



**APLIKASI MEMBRAN NILON UNTUK FILTRASI JUS JERUK:  
UJI PERMEABILITAS, TOTAL PADATAN TERLARUT  
SUKROSA DAN STRUKTUR MORFOLOGI**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Siti Nur Fa'idah**  
**NIM 131810201020**

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



**APLIKASI MEMBRAN NILON UNTUK FILTRASI JUS JERUK:  
UJI PERMEABILITAS, TOTAL PADATAN TERLARUT  
SUKROSA DAN STRUKTUR MORFOLOGI**

**SKRIPSI**

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

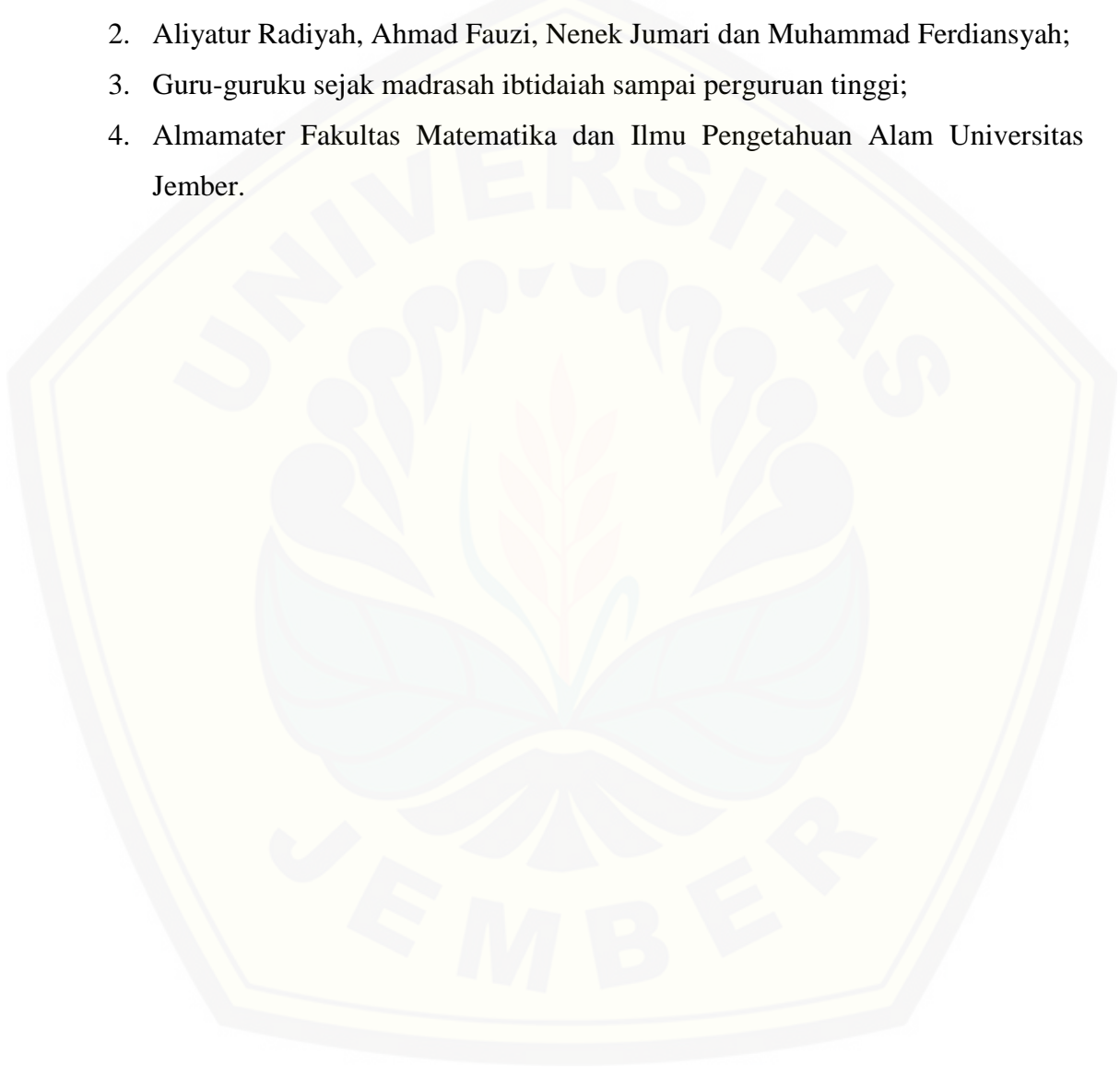
Oleh  
**Siti Nur Fa'idah**  
**NIM 131810201020**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya Bapak Yatiman dan Almarhumah Ibu Rifatya tercinta yang selalu memberikan do'a restu, semangat dan kepercayaan;
2. Aliyatur Radiyah, Ahmad Fauzi, Nenek Jumari dan Muhammad Ferdiansyah;
3. Guru-guruku sejak madrasah ibtidaiah sampai perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



**MOTO**

*“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi, dan apa yang ada diantara keduanya tanpa hikmah”*

(terjemahan surat Shad ayat 27)<sup>\*)</sup>

*“Selalu ada harapan bagi mereka yang sering berdoa dan selalu ada jalan bagi mereka yang sering berusaha”*



---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Siti Nur Fa'idah

NIM : 131810201020

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Aplikasi Membran Nilon untuk Filtrasi Jus Jeruk: Uji Permeabilitas, Total Padatan Terlarut Sukrosa dan Struktur Morfologi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, 11 Juli 2018

Yang menyatakan,

Siti Nur Fa'idah

NIM 131810201020

**SKRIPSI**

**APLIKASI MEMBRAN NILON UNTUK FILTRASI JUS JERUK:  
UJI PERMEABILITAS, TOTAL PADATAN TERLARUT  
SUKROSA DAN STRUKTUR MORFOLOGI**

Oleh

Siti Nur Fa'idah  
NIM 131810201020

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wenny Maulina, S.Si., M.Si.  
Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Aplikasi Membran Nilon untuk Filtrasi Jus Jeruk: Uji Permeabilitas, Total Padatan Terlarut Sukrosa dan Struktur Morfologi” karya Siti Nur Fa’idah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Wenny Maulina, S.Si., M.Si  
NIP 198711042014042001

Supriyadi, S.Si., M.Si.  
NIP 198204242006041003

Anggota II

Anggota III,

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 195911211991031002

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D.  
NIP 196203111987021001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP 196102041987111001



## RINGKASAN

**Aplikasi Membran Nilon untuk Filtrasi Jus Jeruk: Uji Permeabilitas, Total Padatan Terlarut Sukrosa dan Struktur Morfologi;** Siti Nur Fa'idah, 131810201020; 2018: 64 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

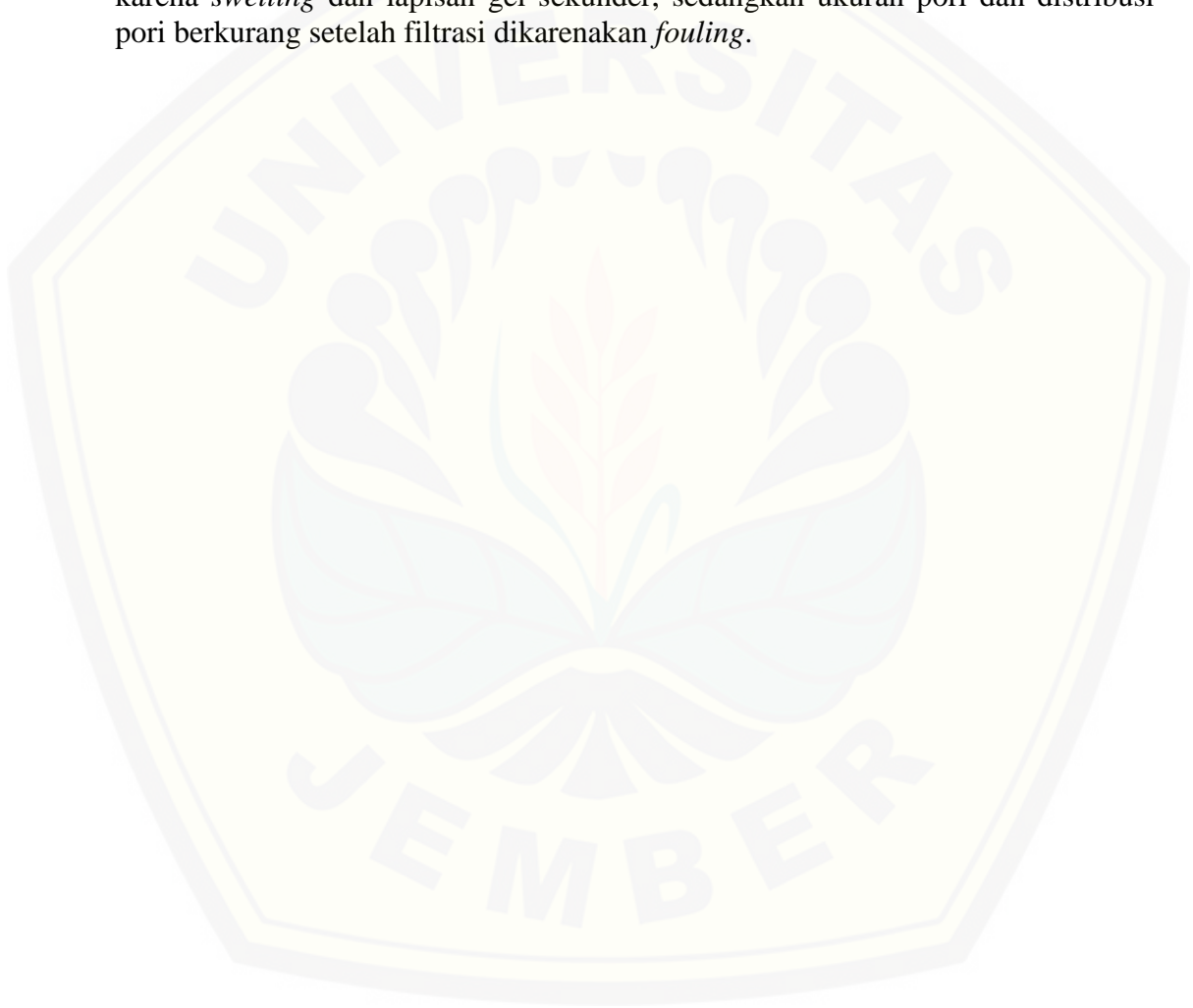
Jeruk siam yang lebih dikenal dengan sebutan jeruk semboro merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan di Kabupaten Jember. Badan Pusat Statistik tahun 2013 mendata bahwa Kabupaten Jember berhasil memproduksi 11.894 ton buah jeruk. Tingginya angka produktivitas jeruk siam tidak diimbangi dengan perkembangan nilai jual produk yang signifikan. Hal ini dikarenakan masyarakat Jember hanya menjual jeruk dalam bentuk buah saja, selain itu apabila hasil panen melimpah dan tidak ditangani dengan tepat dapat menyebabkan buah rusak dan busuk sehingga dapat merugikan petani. Salah satu upaya meningkatkan nilai ekonomis buah jeruk yaitu menjadikannya sebagai minuman sari buah. Seiring dengan perkembangan teknologi membran telah berhasil disintesis membran filtrasi, salah satunya membran nilon yang memiliki sifat fisik, kimia dan mekanik yang baik. Kelebihan teknologi membran di bidang filtrasi yaitu tidak terdapat tambahan bahan kimia sehingga dihasilkan minuman sari buah yang lebih murni serta dapat meringkas tahapan penjernihan dan pasteurisasi dalam pembuatan minuman sari buah secara konvensional menjadi satu tahapan yaitu filtrasi menggunakan membran nilon. Kekurangan dari teknologi membran yaitu adanya kecenderungan terjadi *fouling* membran yang dapat mempengaruhi kinerja membran.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengaplikasikan membran nilon pada proses filtrasi jus jeruk melalui pengukuran permeabilitas membran berupa nilai fluks dan koefisien rejeksi, pengukuran nilai total padatan terlarut sukrosa dan struktur morfologi membran sebelum dan setelah proses filtrasi. Kegiatan penelitian dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu tahap pertama sintesis membran, tahap kedua filtrasi jus jeruk dengan metode *dead end*, tahap ketiga adalah pengukuran fluks, koefisien rejeksi, nilai total padatan terlarut sukrosa, dan struktur morfologi membran. Sintesis membran nilon terdiri dari empat fraksi massa yaitu 16% (membran A), 18% (membran B), 19% (membran C), dan 20% (membran D). Masing-masing fraksi massa dilarutkan ke dalam larutan asam klorida (HCl) 25% sebanyak 20 mL dan aseton sebanyak 2 mL. Membran nilon yang telah dibuat kemudian diaplikasikan untuk filtrasi jus jeruk dengan menggunakan metode *dead end* dan divariasikan menggunakan tiga tekanan yang berbeda. Setelah itu dilakukan pengujian permeabilitas (fluks dan koefisien rejeksi membran), total padatan terlarut sukrosa menggunakan *refractometer* dan struktur morfologi membran menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Hasil penelitian memberikan informasi bahwa penambahan tekanan dan fraksi massa tidak selalu meningkatkan fluks sari buah jeruk yang dihasilkan. Membran B menghasilkan fluks sari buah jeruk terbesar yaitu 7,9 L/m<sup>2</sup>jam.



Koefisien rejeksi membran terbaik dihasilkan oleh membran C yaitu 4,8%. Hasil filtrasi dari penelitian ini terdiri dari *permeate* dan *retentate*. *Permeate* yang dihasilkan membran A tekanan 2,5 bar, membran B tekanan 2,0 bar, membran C tekanan 1,5 bar, dan membran D tekanan 1,5 bar memberikan nilai total padatan terlarut yang tinggi yaitu 10,6%, 10,2%, 10,4%, dan 9,8%. Persentase brix *permeate* dalam penelitian ini belum memenuhi SNI minuman sari buah jeruk namun sudah berada dalam golongan sedang (*average*). Membran nilon yang dibuat dapat digunakan untuk proses penjernihan maupun pemekatan. Berdasarkan karakterisasi SEM, terdapat perubahan struktur morfologi membran sebelum dan setelah proses filtrasi. Ketebalan membran meningkat setelah filtrasi karena *swelling* dan lapisan gel sekunder, sedangkan ukuran pori dan distribusi pori berkurang setelah filtrasi dikarenakan *fouling*.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Aplikasi Membran Nilon untuk Filtrasi Jus Jeruk: Uji Permeabilitas, Total Padatan Terlarut Sukrosa dan Struktur Morfologi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

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

1. Ibu Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
3. Ibu Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Ratri Dwi Aniza Nurul Islami, Muhammad David, Muhammad Subhan, Jamaluddin, Ahmad Imam Qulyubi, Riza Umami, Vita Fatimah J.A, Amalia Kurnia Dewi, serta teman-teman Fisika angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat;
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Jember, Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	5
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Tumbuhan Jeruk</b> .....	6
<b>2.2 Membran</b> .....	9
2.2.1 Perkembangan Teknologi Membran .....	9
2.2.2 Membran Nilon .....	11
2.2.3 Teknik Pembuatan Membran .....	13
2.2.4 Permeabilitas Membran.....	14
<b>2.3 Refractometer</b> .....	16

2.4 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	18
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	20
3.1 Rancangan Penelitian.....	20
3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	21
3.3 Variabel dan Skala Pengukuran.....	21
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah.....	22
3.5 Metode Analisis Data .....	26
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	28
4.1 Permeabilitas Membran .....	28
4.1.1 Fluks .....	28
4.1.2 Koefisien Rejeksi Membran.....	34
4.2 Nilai Total Padatan Terlarut Sukrosa .....	36
4.3 Struktur Morfologi Membran.....	40
4.3.1 Hasil Sintesis Membran Nilon .....	40
4.3.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM .....	42
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	48
<b>LAMPIRAN</b> .....	52

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Klasifikasi jeruk siam berdasarkan massa buah.....	7
2.2 Padatan terlarut (% brix) untuk minuman sari buah .....	8
2.3 Indeks bias refraktif beberapa jus buah dan sayur terkalibrasi dalam % sukrosa atau % brix.....	8
2.4 Rentang tekanan pada membran filtrasi.....	11
4.1 Hasil pengukuran fluks akuades pada masing-masing membran dengan tekanan berbeda .....	28
4.2 Hasil pengukuran fluks sari buah jeruk pada masing-masing membran dengan tekanan berbeda .....	29
4.3 Nilai koefisien rejeksi membran nilon pada filtrasi jus jeruk pada tekanan 2,0 bar .....	35
4.4 Hasil uji nilai total padatan terlarut sukrosa (% brix) masing-masing fraksi massa dan tekanan yang berbeda .....	37
4.5 Ketebalan membran menggunakan <i>thickness gauge</i> .....	42

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Jeruk siam .....	6
2.2 Pertumbuhan pasar membran .....	10
2.3 Sistem arah aliran.....	12
2.4 Contoh grafik fluks terhadap waktu.....	15
2.5 Prinsip kerja <i>refractometer</i> .....	17
2.6 Peralatan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	18
2.7 Contoh visualisasi struktur morfologi membran komposit nilon arang menggunakan SEM .....	19
3.1 Diagram alir penelitian .....	23
4.1 Fluks akuades pada fraksi massa dan tekanan yang berbeda.....	28
4.2 Fluks sari buah jeruk pada fraksi massa dan tekanan yang berbeda....	29
4.3 Grafik perubahan fluks sari buah jeruk berdasarkan perubahan waktu.....	32
4.4 Grafik fluks dan koefisien rejeksi membran pada filtrasi jus jeruk tekanan 2,0 bar .....	35
4.5 Hasil filtrasi sari buah jeruk menggunakan membran nilon .....	36
4.6 Nilai total padatan terlarut sukrosa pada masing-masing membran ....	38
4.7 Membran nilon.....	41
4.8 Ketebalan (penampang melintang) membran nilon .....	43
4.9 Struktur morfologi membran nilon perbesaran 2500X .....	44
4.10 Struktur morfologi membran nilon perbesaran 4000X .....	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Hasil pengukuran volume <i>permeate</i> akuades pada berbagai fraksi massa dan tekanan operasi filtrasi.....	52
4.2 Hasil pengukuran volume <i>permeate</i> sari buah jeruk pada berbagai fraksi massa dan tekanan operasi yang berbeda.....	53
4.3 Hasil pengukuran fluks sari buah jeruk pada masing-masing membran .....	54
4.4 Perhitungan koefisien rejeksi membran.....	55
4.5 Perhitungan dan ralat pengukuran ketebalan membran nilon menggunakan <i>thickness gauge</i> .....	57
4.8 Perhitungan dan ralat pengukuran ketebalan membran nilon menggunakan SEM.....	59
4.9 Perhitungan dan ralat pengukuran ukuran pori membran nilon menggunakan SEM.....	62



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jeruk merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan di Kabupaten Jember. Menurut Badan Pusat Statistik berdasarkan sensus pertanian tahun 2013, jumlah pohon jeruk yang ditanam di Kabupaten Jember setiap tahunnya semakin bertambah dan terdata bahwa Kabupaten Jember berhasil memproduksi 11.894 ton buah jeruk. Berdasarkan data tersebut Kabupaten Jember menduduki peringkat kedua penghasil jeruk terbesar di Jawa Timur setelah Banyuwangi. Komoditas jeruk yang dibudidayakan di Kabupaten Jember merupakan jenis jeruk siam dengan sebutan jeruk semboro. Sebutan ini diambil dari nama kecamatan pertama penanam jeruk di Kabupaten Jember yaitu Kecamatan Semboro. Produktivitas jeruk siam di Kabupaten Jember sangat besar, akan tetapi rata-rata masyarakat yang membudidayakan jeruk siam hanya menjual jeruk yang dihasilkan dalam bentuk buah jeruk sehingga perkembangan nilai jual produk yang dihasilkan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Selain itu, apabila hasil panen melimpah dan tidak ditangani dengan tepat dapat menyebabkan buah rusak dan busuk sehingga dapat merugikan petani. Oleh karena itu perlu dilakukan terobosan teknologi guna menghasilkan produk olahan jeruk siam agar nilai ekonomis produk meningkat. Salah satu upaya meningkatkan nilai ekonomis dari buah jeruk yaitu menjadikannya sebagai minuman sari buah, terlebih lagi minuman sari buah telah populer dikonsumsi sebagai minuman ringan.

Sari buah adalah cairan yang diproses dari buah-buahan segar melalui proses mekanis, sehingga memiliki aroma, warna dan cita rasa yang sama dengan buah aslinya (Novestiana dan Hidayanto, 2015). Pada pembuatan minuman sari buah harus memperhatikan Standar Nasional Indonesia (SNI) agar kualitas sari buah yang dihasilkan memiliki mutu yang baik. Terdapat empat tahapan umum dalam pembuatan minuman sari buah yaitu penghancuran, penjernihan, pasteurisasi dan pengemasan. Selain empat tahapan tersebut, apabila sari buah yang dihasilkan akan dibuat untuk skala produksi, maka dibutuhkan proses

pemekatan untuk menghasilkan sari buah dengan nilai total padatan terlarut sukrosa yang tinggi.

Seiring dengan perkembangan teknologi membran, telah berhasil disintesis beberapa membran filtrasi, diantaranya membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan *reverse osmosis*. Membran-membran tersebut telah berhasil diaplikasikan pada beberapa proses filtrasi, misalnya proses filtrasi nira tebu dengan menggunakan membran polisulfon (Warsa, 2006), filtrasi minuman sari buah nanas dengan menggunakan membran selulosa asetat (Juansah *et al.*, 2009) dan filtrasi sari buah jeruk serta produk olahan lainnya dengan menggunakan membran polisulfon (Djajasukmana, 2011).

Aplikasi teknologi membran di bidang filtrasi khususnya pada filtrasi jus buah memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari aplikasi teknologi membran diantaranya tidak terdapat tambahan bahan kimia sehingga dihasilkan sari buah yang lebih murni. Selain itu, secara sistematis pembuatan sari buah menggunakan teknologi membran memiliki tahapan pembuatan yang ringkas daripada melalui pembuatan konvensional dikarenakan tahapan penjernihan dan pasteurisasi dapat diringkas menjadi satu tahapan yaitu filtrasi menggunakan membran nilon. Kemudian proses pemekatan yang biasa dilakukan secara konvensional dengan menggunakan energi panas dapat digantikan dengan menggunakan membran. Pemekatan dengan menggunakan membran dapat dilakukan di dalam suhu ruang. Hal ini dapat menghindari kerusakan senyawa bioaktif dalam minuman sari buah apabila dikenai panas yang berlebih, sehingga dapat dihasilkan mutu sari buah yang lebih baik. Selain kelebihan di atas, terdapat pula kekurangan dari teknologi membran yaitu adanya kecenderungan terjadinya *fouling* membran. *Fouling* merupakan proses terkumpulnya semua komponen dalam permukaan maupun dalam pori suatu membran sehingga dapat menurunkan laju fluks (Ardiansyah dan Kusumo, 2013). Berdasarkan kekurangan dan kelebihan teknologi membran dalam proses filtrasi maka dilakukan penelitian tentang pengaplikasian membran nilon pada proses filtrasi untuk mengetahui permeabilitas membran, struktur morfologi membran dan total padatan terlarut

yang dihasilkan. Pada penelitian ini membran nilon diaplikasikan untuk filtrasi jus jeruk.

Membran nilon adalah membran yang terbuat dari nilon. Nilon merupakan salah satu polimer yang dapat dibuat menjadi membran karena terdiri dari struktur amida pada setiap unit ulangnya sehingga nilon disebut juga senyawa poliamida (Suhendi, 2007). Nilon bersifat semikristalin dan memiliki sifat fisik, kimia dan mekanik yang baik sehingga nilon tepat dijadikan sebagai bahan pembuat membran. Membran nilon dibuat dengan menggunakan metode inversi fasa. Teknik inversi fasa merupakan proses perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padat dalam sistem yang terkendali (Apipah, 2013).

Membran nilon dapat dikategorikan menjadi membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi. Kategori membran ultrafiltrasi berdasarkan pada koefisien permeabilitas yang dimiliki oleh membran nilon. Kategori membran mikrofiltrasi berdasarkan pada ukuran pori membran. Fanani *et al.* (2014) menyatakan bahwa membran nilon memiliki ukuran pori (0,3 – 5,4)  $\mu m$  dan ukuran pori tersebut berada pada rentang ukuran pori mikrofiltrasi. Membran mikrofiltrasi memiliki ukuran pori (0,05 – 10)  $\mu m$  dan dapat digunakan untuk proses pemurnian untuk menghasilkan minuman sari buah yang murni dari pengotor seperti pektin, hesperitin, naringin dan lain-lain. Selain itu, membran mikrofiltrasi juga dapat digunakan untuk memfilter bakteri dan virus. Dengan demikian, membran nilon dapat meringkas proses pemurnian dan pasteurisasi dalam satu proses filtrasi pada pembuatan minuman sari buah (Aspiyanto, 2002).

Kualitas membran untuk proses filtrasi akan diuji berdasarkan permeabilitas membran berupa nilai fluks dan koefisien rejeksi serta struktur morfologi membran. Fluks merupakan seberapa banyak volume *permeate* yang berhasil melewati suatu membran dalam satuan waktu tertentu, sedangkan koefisien rejeksi membran merupakan kemampuan membran dalam menahan atau meloloskan zat tertentu (Mulder, 1996). Membran nilon dengan fluks terbesar dan nilai total padatan terlarut sukrosa yang baik akan dikarakterisasi struktur morfologinya melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM). Karakterisasi melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan pada membran nilon

sebelum dan setelah proses filtrasi. Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk mengetahui ketebalan, keseragaman pori dan ukuran rata-rata diameter pori membran nilon yang dihasilkan. Selain itu, fluks membran akan menurun seiring bertambahnya waktu filtrasi diakibatkan oleh adanya *fouling*. Hal ini juga menjadi salah satu faktor perlunya pengujian melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui pengaruh *fouling* pada struktur morfologi membran yang telah digunakan untuk filtrasi. Kualitas hasil filtrasi akan diukur berdasarkan nilai total padatan terlarut sukrosa. Nilai total padatan terlarut sukrosa hasil filtrasi diukur dalam skala persentase brix menggunakan *refractometer*. Persentase brix menunjukkan kadar gula sukrosa yang terkandung di dalam 100 mL sari buah sehingga semakin tinggi nilai persentase brix maka semakin besar kandungan sukrosa di dalam sari buah. Nilai total padatan terlarut sukrosa yang dihasilkan selanjutnya dibandingkan dengan nilai total padatan terlarut sukrosa berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) minuman sari buah dan tabel indeks bias refraktif buah dan sayur terkalibrasi untuk mengetahui kualitas minuman sari buah yang dihasilkan dalam penelitian ini. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas membran nilon yang dihasilkan dalam penelitian sebagai suatu filter sehingga berguna dalam pengembangan dan pengaplikasian membran selanjutnya, khususnya pada filtrasi jus jeruk untuk mendapatkan sari buah jeruk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana permeabilitas membran yang ditinjau melalui nilai fluks dan koefisien rejeksi yang dihasilkan pada proses filtrasi jus jeruk menggunakan membran nilon?
2. Berapakah nilai total padatan terlarut sukrosa sari buah jeruk hasil filtrasi jus jeruk menggunakan membran nilon?
3. Bagaimana struktur morfologi membran nilon sebelum dan setelah proses filtrasi berdasarkan karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM)?



### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Nilon yang digunakan dalam penelitian ini merupakan benang nilon merek *Trade Mark*.
2. Variasi tekanan yang digunakan pada proses filtrasi sebesar 1,5 bar, 2,0 bar dan 2,5 bar dengan fraksi massa 16%, 18%, 19% dan 20%.
3. Struktur morfologi membran sebelum dan setelah proses filtrasi diuji pada sampel yang menghasilkan nilai fluks terbesar dan total padatan terlarut sukrosa yang tinggi.
4. Penelitian dilakukan di dalam suhu ruang.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengaplikasikan membran nilon pada proses filtrasi jus jeruk melalui pengukuran permeabilitas membran berupa nilai fluks, koefisien rejeksi, nilai total padatan terlarut sukrosa hasil filtrasi jus jeruk dan struktur morfologi membran sebelum dan setelah proses filtrasi.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Melalui penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemajuan bioteknologi khususnya pada teknologi membran filtrasi.
2. Aplikasi membran dalam proses filtrasi jus jeruk diharapkan dapat menjadi suatu terobosan dalam teknologi pangan yang ramah lingkungan karena tidak ada tambahan bahan kimia dan limbah yang dihasilkan dari proses ini. Selain itu, proses pembuatan membran yang mudah dan biaya produksi yang rendah menjadikan membran mudah diproduksi.
3. Melalui penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis dari buah jeruk.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tumbuhan Jeruk

Tumbuhan jeruk berasal dari Asia Tenggara, India, China, Australia dan Selandia Baru. Tumbuhan jeruk merupakan salah satu tumbuhan hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Terdapat berbagai jenis tumbuhan jeruk, diantaranya jeruk keprok (*Citrus sinensis*), jeruk siam (*Citrus nobilis*) dan jeruk manis (*Citrus reticulata*). Jeruk siam merupakan jenis tumbuhan jeruk yang banyak dikembangkan dan paling luas penyebarannya di Indonesia. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut, diantaranya tumbuhan jeruk siam dapat tumbuh di daerah dataran rendah sampai dengan daerah berketinggian 700 meter dari permukaan laut, suhu optimum berkisar (25 – 30) °C, kedalaman air tanahnya tidak lebih dari 1,5 m pada musim kemarau dan tidak boleh kurang dari 0,5 m pada musim hujan (Wijaya *et al.*, 2015).

Klasifikasi botani tumbuhan jeruk sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rutales
Keluarga	: Rutaceae
Genus	: Citrus
Spesies	: <i>Citrus sp</i>



Gambar 2.1 Jeruk siam (Sumber: Oktora, 2016)

Tumbuhan jeruk merupakan salah satu jenis tumbuhan hortikultura yang dikembangkan di Kabupaten Jember seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Jeruk yang dibudidayakan sebagian besar adalah jeruk siam dengan varietas jeruk siam lokal dan memiliki ciri-ciri berwarna hijau tua untuk buah muda dan kuning semburat hijau untuk buah yang sudah matang. Daging buah berwarna oranye dengan rasa manis segar sedikit asam. Jeruk siam dapat diklasifikasikan menjadi empat kelas berdasarkan massa tiap buah (Oktora, 2016). Klasifikasi ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) jeruk keprok 3165:2009 dikarenakan Badan Standardisasi Nasional (BSN) belum memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk jeruk siam. Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi jeruk siam berdasarkan massa buah.

Tabel 2.1 Klasifikasi jeruk siam berdasarkan massa buah

Kelas	Massa (g)	Diameter (mm)
A	$\geq 151$	$\geq 71$
B	101-150	61-70
C	51-100	51-60
D	$\leq 50$	40-50

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2009)

Buah jeruk siam mengandung gizi yang baik. Gizi yang terkandung di dalam jeruk siam diantaranya kalori 44 kal, protein 0,8 g, lemak 0,3 g, karbohidrat 10,9 g, kalsium 33 mg, fosfor 23 mg, zat besi 0,4 mg, vitamin B 0,07 mg, vitamin C 31 mg dan air 87,3 g. Gizi jeruk siam tersebut diukur dalam setiap 100 g buah jeruk. Berdasarkan kandungan vitamin C yang terdapat di dalam buah jeruk menjadikan jeruk sebagai antioksidan yang dapat mencegah kerusakan sel akibat aktivitas molekul radikal bebas (Astutik, 2015).

Buah jeruk siam dapat diolah menjadi sari buah untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Sari buah merupakan sari yang didapat dari buah melalui proses mekanik dan memiliki warna serta cita rasa yang sama dengan buah aslinya. Sari buah dapat pula didefinisikan sebagai cairan yang diperoleh dari bagian buah yang dapat dimakan, dihancurkan, dijernihkan, dengan atau tanpa pasteurisasi dan dikemas untuk dapat dikonsumsi langsung. Berdasarkan definisi tersebut, pembuatan dasar minuman sari buah secara konvensional terdiri dari



penghancuran buah, penjernihan, pasteurisasi dan pengemasan. Dalam pembuatan sari buah harus memperhatikan Standar Nasional Indonesia tentang minuman sari buah agar minuman sari buah yang dihasilkan memiliki mutu yang baik (Novestiana dan Hidayanto, 2015). Standar Nasional Indonesia (SNI) minuman sari buah dapat diukur melalui kandungan total padatan terlarut sukrosa dan ditunjukkan dalam Tabel 2.2. Selain itu terdapat tabel indeks bias refraktif beberapa jus buah dan sayur terkalibrasi dalam % sukrosa atau % brix ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Padatan terlarut (% brix) untuk minuman sari buah

No	Jenis Buah	Padatan Terlarut (% brix)
1	Anggur ( <i>Vitis vinifera</i> )	Minimal 12,0
2	Apel ( <i>Pyrus malus</i> )	Minimal 10,5
3	Asam ( <i>Tamarindus indica</i> )	Minimal 13,0
4	Delima ( <i>Punica granatum</i> )	Minimal 12,0
5	Jambu Biji Merah ( <i>Psidium guajava</i> var. <i>Pink guava</i> )	Minimal 8,5
6	Jeruk ( <i>Citrus sinensis</i> )	Minimal 11,2
7	Leci ( <i>Litchi chinensis</i> )	Minimal 10,0
8	Mangga ( <i>Mangifera indica</i> )	Minimal 11,0
9	Markisa ( <i>Pasiflora edulis</i> )	Minimal 11,0
10	Melon ( <i>Cucumis melo. L</i> )	Minimal 12,0
11	Nanas ( <i>Ananas comosus</i> )	Minimal 10,0
12	Sirsak ( <i>Annona muricata L.</i> )	Minimal 10,0
13	Strawberi ( <i>Fragaria x. Ananassa</i> )	Minimal 7,5
14	Mengkudu ( <i>Morinda citrifolia</i> )	Minimal 16,0

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional, 2014)

Tabel 2.3 Indeks bias refraktif beberapa jus buah dan sayur terkalibrasi dalam % sukrosa atau % brix

Jenis Buah	Kualitas (% brix)			
	Buruk ( <i>Poor</i> )	Sedang ( <i>Average</i> )	Baik ( <i>Good</i> )	Sangat baik ( <i>Excellent</i> )
Apel	6	10	14	18
Alpukat	4	6	8	10
Pisang	8	10	12	14
Cherry	6	8	14	16
Anggur	6	10	14	18
Lemon	4	6	8	12
Mangga	4	6	10	14
Jeruk	6	10	16	20
Pepaya	6	10	18	22

(Sumber: Indonesia Customs and Excise Laboratory Bulletin, 2016)

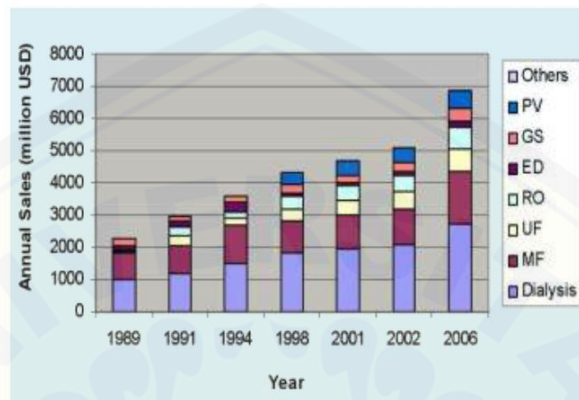
## 2.2 Membran

### 2.2.1 Perkembangan Teknologi Membran

Penelitian Abbe Nolet pada tahun 1748 telah menciptakan kata osmosis untuk menjelaskan air yang dapat diserap melalui suatu sekat dan menjadi awal penelitian tentang membran. Penelitian tentang membran terus dilakukan baik melalui bahan organik dan anorganik, hingga akhirnya pada tahun 1907 Bechold berhasil mensintesis membran yang berasal dari coolodin atau nitroselulosa serta dilakukan pengujian membran berdasarkan kualitas ukuran pori yang ditinjau dari uji ada tidaknya gelembung udara, hingga akhirnya pada tahun 1930 membran yang berasal dari nitroselulosa dengan ukuran mikropori berhasil diproduksi secara komersial. Dua puluh tahun kemudian barulah membran yang berasal dari polimer berupa selulosa asetat diterapkan dalam proses mikrofiltrasi. Membran pertama kali diaplikasikan dalam uji air minum pada akhir perang dunia ke-II untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Eropa dan Milipore Cooperation menjadi produsen pertama membran mikrofiltrasi. Sejak tahun 1960 membran modern mulai dikembangkan namun pada saat itu membran masih kurang selektif dalam hal pemisahan serta biaya produksi mahal. Membran *reverse osmosis* bebas defeks, fluks tinggi, memiliki kekuatan mekanik bagus dan diaplikasikan dalam desalinasi air serta diproduksi secara komersial baru berhasil diciptakan pada tahun 1960 melalui penelitian Loeb Sourirajan. Penelitian ini juga menjadi faktor utama dalam pengembangan membran ultrafiltrasi, mikrofiltrasi serta elektrodialisis. Perkembangan membran dalam bidang industri juga diikuti pada perkembangan membran dalam bidang kesehatan dan kemudian pada tahun 1980 tercipta membran yang diproduksi untuk pemisahan gas (Baker, 2004).

Sejak tahun 1960 teknologi membran telah diaktivasi riset secara intensif untuk dikomersialisasi lebih lanjut. Pada abad ke-20 membran polimer telah banyak digunakan pada pengolahan air dan limbah, pangan, bioteknologi, farmasi, medis, kimia, dan pembangkit energi. Permintaan pasar dunia akan membran terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan ini diproyeksikan meningkat 8,6% setiap tahun menjadi \$15,1 milyar pada tahun 2012. Negara-negara maju maupun berkembang yang memiliki industri besar namun kekurangan air lokal seperti

negara Rusia, India dan China diperkirakan mengalami penguatan permintaan membran. Aplikasi membran dalam bidang pemurnian air, pembuangan limbah industri dan regulasi keamanan pangan menjadi faktor dalam meningkatnya permintaan pasar akan membran (Wenten *et al.*, 2010).



Gambar 2.2 Pertumbuhan pasar membran (Sumber: Wenten *et al.*, 2010)

Gambar 2.2 menunjukkan pertumbuhan pasar membran berdasarkan banyaknya penjualan setiap tahunnya. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa permintaan pasar akan membran terus meningkat setiap tahunnya sejak tahun 1989 sampai tahun 2006. Jenis membran yang terjual terdiri dari berbagai jenis, seperti membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, *reverse osmosis*, elektrodialisis, dan lain sebagainya.

Teknologi membran memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan teknologi membran diantaranya proses pemisahan pada membran dapat terjadi secara berkelanjutan, konsumsi energi rendah, proses membran dapat secara mudah dikombinasikan dengan proses pemisahan lainnya, proses pemisahan tidak dibatasi pada kondisi tertentu, sifat membran merupakan suatu variabel yang dapat diubah-ubah dan dapat diatur, serta teknologi membran tidak membutuhkan penambahan zat aditif. Kekurangan teknologi membran yaitu terjadinya konsentrasi polarisasi atau adanya *fouling* pada membran, usia membran yang relatif sebentar, serta selektivitas dan fluks yang terjadi pada membran rendah (Mulder, 1996).

### 2.2.2 Membran Nilon

Membran adalah suatu lapisan tebal atau tipis yang berfungsi sebagai penghalang yang selektif di antara dua fasa. Fasa pertama adalah *feed* atau larutan pengumpan yaitu komponen atau partikel yang akan dipisahkan dan terdiri dari satu atau lebih campuran partikel. Fasa kedua adalah *permeate* yaitu hasil pemisahan berupa bagian-bagian yang dilewatkan oleh membran. Pada proses pemisahan menggunakan membran dihasilkan pula *retentate*. *Retentate* merupakan bagian yang ditahan oleh membran. Proses pemisahan dapat terjadi karena adanya gaya dorong berupa perbedaan konsentrasi ( $\Delta C$ ), tekanan ( $\Delta P$ ), suhu ( $\Delta T$ ) dan potensial listrik ( $\Delta E$ ) (Mulder, 1996; Siburian, 2006).

Salah satu penyebab proses pemisahan pada membran yaitu melalui gaya dorong berupa perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan pada proses pemisahan ini sangat dipengaruhi oleh ukuran dan distribusi pori membran. Jenis membran yang berbeda menunjukkan tekanan yang berbeda pula seperti terlihat pada Tabel 2.4 (Azizah, 2008).

Tabel 2.4 Rentang tekanan pada membran filtrasi

Jenis Membran	Rentang Tekanan (bar)	Rentang Permeabilitas ( $L \cdot m^{-2} \cdot jam \cdot bar^{-1}$ )
Mikrofiltrasi	0,1 – 2,0	> 50
Ultrafiltrasi	1,0 – 5,0	10 – 50
Nanofiltrasi	5,0 – 20	1,4 – 12
Reverse Osmosis	10 – 200	0,05 – 1,4

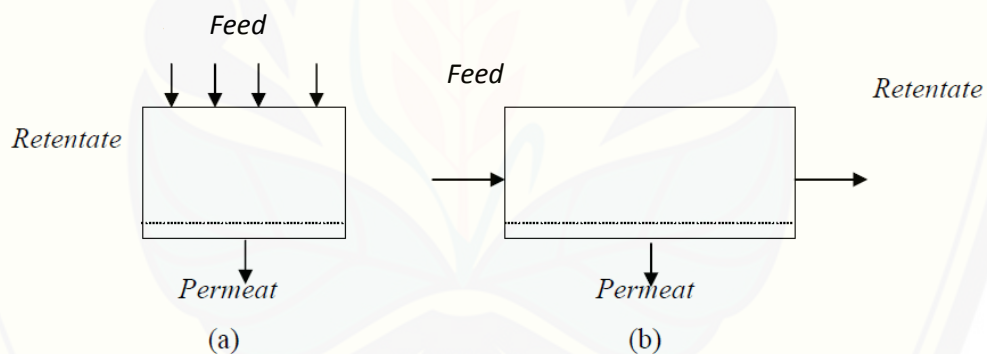
(Sumber: Mulder, 1996)

Membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan *reverse osmosis* merupakan membran berpori yang digunakan untuk proses filtrasi. Membran mikrofiltrasi dapat melakukan filtrasi dengan ukuran diameter pori 0,05  $\mu m$  sampai 10  $\mu m$  dan dapat memisahkan partikel tersuspensi dengan ukuran diameter 0,1  $\mu m$  sampai 10  $\mu m$ . Membran ultrafiltrasi dapat melakukan filtrasi dengan ukuran diameter pori 1 sampai 100 nm. Proses pemisahan pada membran ultrafiltrasi yaitu melalui tekanan hidrostatis memaksa cairan menembus membran sehingga dapat memisahkan padatan tersuspensi dan pelarut dengan berat molekul tinggi tertahan, sedangkan air dan pelarut dengan berat molekul



rendah melewati membran. Membran nanofiltrasi secara umum digunakan untuk *softening* (penyisihan kation polivalen) seperti pada pemisahan air dengan jumlah total padatan terlarut yang sedikit seperti air permukaan dan air tanah. Membran nanofiltrasi mempunyai ukuran pori kurang dari 2 nm. *Reverse osmosis* (RO) merupakan membran berukuran pori kurang dari 2 nm yang diaplikasikan untuk menyisihkan molekul dan ion besar dari suatu larutan (Wenten *et al.*, 2010).

Terdapat dua sistem arah aliran yang secara umum digunakan pada membran filtrasi yaitu arah aliran sistem *dead end* dan arah aliran sistem *cross flow*. Arah aliran yang digunakan pada sistem *dead end* adalah tegak lurus terhadap membran, sedangkan pada sistem *cross flow* memiliki arah aliran yang sejajar dengan membran. Arah aliran pada sistem *dead end* cenderung menyebabkan *fouling* dikarenakan *retentate* tertahan pada permukaan membran. Perbedaan arah aliran pada sistem *dead end* dan *cross flow* dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Siburian, 2006).



Gambar 2.3 Sistem arah aliran (a) sistem *dead end*; (b) sistem *cross flow* (Sumber: Siburian, 2006)

Secara umum membran terdiri dari dua macam yaitu membran alami dan membran sintesis. Membran alami adalah membran yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Membran sintesis dapat dibuat dari bahan polimer seperti selulosa asetat, selulosa triasetat, aromatik poliamida, poliamida, polibenzimidazole, polisulfon dan polimer sintesis lainnya. Seiring dengan perkembangan teknologi telah berhasil disintesis membran yang berasal dari nilon. Nilon merupakan salah satu polimer dalam kelompok senyawa poliamida karena memiliki gugus amida pada setiap unit ulangnya (Fanani *et al.*, 2014).

Membran nilon adalah membran yang terbuat dari nilon. Nilon adalah bahan yang berasal dari polimer sintesis. Nilon merupakan serat sintesis pertama yang berhasil dikembangkan dari senyawa poliamida. Serat nilon memiliki kekuatan tarik dan elastisitas yang baik sehingga banyak diaplikasikan dalam pembuatan tali, karet ban dan pakaian. Nilon mewakili hampir 25% dari produksi total serat dan sekitar 40% dari semua plastik teknik. Nilon terdiri dari berbagai jenis. Nilon yang banyak diproduksi adalah nilon 6 dan nilon 66, selebihnya hanya dipakai pada aplikasi-aplikasi yang lebih khusus (Stevens, 2007).

Nilon memiliki sifat fisik, kimia dan mekanik yang baik. Sifat fisik yang dimiliki nilon diantaranya bersifat semikristalin, kuat, apabila dibakar terlihat meleleh namun tidak menyala. Sifat kimia yang dimiliki nilon yaitu tahan terhadap derajat keasaman (pH) ekstrim, suhu tinggi, klor dan air garam. Kemudian sifat mekanik yang dimiliki nilon diantaranya memiliki elastisitas yang besar yaitu apabila diregang sampai 8% benang akan kembali pada panjang semula (Apipah, 2013). Berdasarkan kelebihan-kelebihan nilon di atas maka nilon merupakan bahan yang tepat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan membran sintesis.

### 2.2.3 Teknik Pembuatan Membran

Membran dapat dibuat melalui beberapa teknik pembuatan, diantaranya *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *phase inversion*, *sol-gel process*, *vapour deposition* dan *solution coating*. Salah satu teknik pembuatan membran yang umum digunakan pada bahan polimer yaitu *phase inversion* atau inversi fasa. Teknik inversi fasa yaitu suatu proses perubahan bentuk polimer yang terkendali dari bentuk cair ke padat. Perubahan bentuk polimer yang melalui dua fasa ini yaitu dari fasa cair ke fasa padat merupakan dasar dari pembuatan membran melalui teknik inversi fasa. Terdapat dua lapisan yaitu lapisan aktif dan lapisan penyangga berstruktur asimetrik yang akan dihasilkan pada fasa padat akibat pengaruh penguapan pada saat pencetakan. Lapisan aktif merupakan lapisan yang kontak langsung dengan materi dan bersifat selektif terhadap berbagai materi umpan, sedangkan lapisan penyangga berfungsi untuk menyangga lapisan aktif

dan mengandung lebih banyak pori dibandingkan dengan lapisan aktif. Pemilihan sistem pelarut dan non pelarut dalam proses pembuatan membran sangat berpengaruh terhadap membran yang dihasilkan (Siburian, 2006; Sofyana *et al.*, 2011).

#### 2.2.4 Permeabilitas Membran

##### a. Fluks

Kemampuan dan kualitas suatu membran dalam melakukan proses pemisahan dapat ditinjau melalui permeabilitas membran. Permeabilitas membran merupakan seberapa banyak volume yang melewati suatu membran dalam satuan waktu dan luasan tertentu yang dapat dilihat dari fluks. Fluks adalah kecepatan aliran yang melewati membran dihitung dengan persamaan

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

$J_v$  : Fluks fluida (L/m<sup>2</sup> jam)

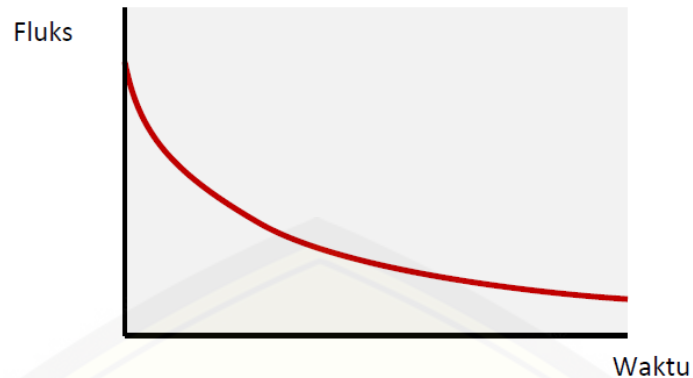
$V$  : Volume *permeate* (L)

$t$  : Waktu (jam)

$A$  : Luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)

Permeabilitas membran dipengaruhi oleh beberapa parameter operasi, diantaranya tekanan operasi, suhu operasi, kecepatan *feed* dan waktu filtrasi. Peningkatan tekanan operasi dapat memberikan efek positif terhadap fluks, namun juga dapat lebih meningkatkan formasi lapisan *fouling* (Conidi *et al.*, 2015). *Fouling* membran merupakan peristiwa konsentrasi polarisasi atau proses terkumpulnya semua komponen dalam permukaan maupun dalam pori suatu membran sehingga dapat menurunkan laju fluks yang terjadi seiring dengan bertambahnya waktu filtrasi (Ardiansyah dan Kusumo, 2013). *Fouling* membran dapat pula didefinisikan sebagai perubahan *irreversible* yang terjadi pada membran akibat dari interaksi fisik atau kimia antara membran dengan komponen yang ada di dalam aliran proses. Gambar 2.4 merupakan grafik fluks terhadap waktu.





Gambar 2.4 Contoh grafik fluks terhadap waktu (Sumber: Wenten *et al.*, 2013)

Wenten *et al.* (2013) menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya *fouling*, diantaranya:

a. Sifat dan bahan penyusun membran

Membran yang terbuat dari bahan yang memiliki sifat hidrofilisitas yaitu dapat memblokir air namun menyerap bahan yang hidrofobik memiliki tingkat penyebab *fouling* yang tinggi.

b. Struktur morfologi membran

Ukuran pori pada suatu membran menentukan partikel yang dapat melewati atau tertahan oleh membran. Apabila ukuran partikel sama besar dengan ukuran pori atau bahkan lebih besar dari ukuran pori maka dapat menyebabkan penyumbatan pada membran.

c. Sifat zat terlarut

Kemungkinan terjadinya *fouling* sangat tinggi apabila membran diaplikasikan pada umpan yang mengandung garam. Hal ini dikarenakan membran dapat diikat secara langsung oleh garam akibat interaksi muatan dengan bahan lainnya.

d. Rekayasa proses

Rekayasa proses dapat berupa penggunaan suhu dalam proses pemisahan. Suhu yang digunakan pada proses pemisahan harus sesuai dengan karakteristik umpan yang digunakan. Secara umum fluks yang tinggi dapat dihasilkan melalui peningkatan suhu, namun hal tersebut juga dapat

menurunkan fluks pada umpan yang mengandung *whey* keju. Bentuk lain dari rekayasa proses yaitu sistem arah aliran yang digunakan pada proses filtrasi.

b. Koefisien rejeksi membran

Permeabilitas membran dapat pula ditinjau melalui koefisien rejeksi. Koefisien rejeksi menunjukkan kemampuan membran dalam memisahkan satu jenis komponen dari yang lainnya atau kemampuan membran dalam melakukan penolakan terhadap suatu komponen. Koefisien rejeksi diukur berdasarkan persamaan 2.2.

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f}\right) \times 100\% \quad (2.2)$$

$c_p$  : Konsentrasi zat terlarut di dalam *permeate* (% brix)

$c_f$  : Konsentrasi zat terlarut di dalam umpan (*feed*) (% brix)

$R$  : Koefisien rejeksi (%)

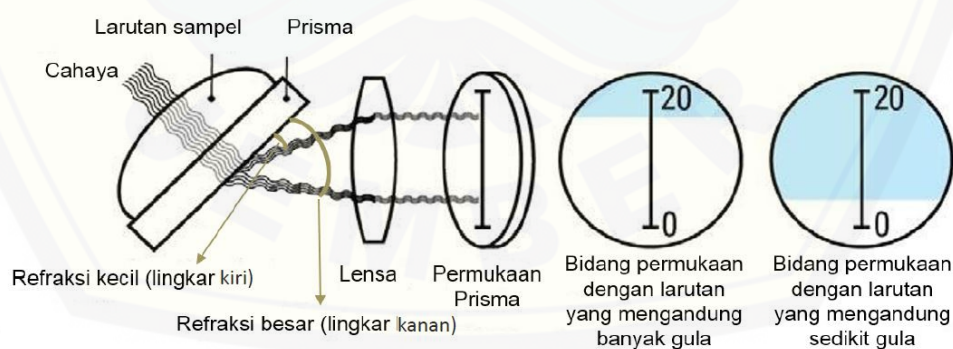
Nilai koefisien rejeksi bervariasi antara 0 – 100%. Nilai koefisien rejeksi 100% menunjukkan pemisahan sempurna dan nilai 0% menunjukkan tidak ada pemisahan yang berarti seluruh partikel larutan melewati membran secara bersama-sama. Ukuran pori membran dapat mempengaruhi nilai koefisien rejeksi. Membran yang memiliki ukuran pori lebih kecil akan memberikan tolakan yang lebih besar daripada membran yang memiliki pori lebih besar (Mulder, 1996).

### 2.3 Refractometer

*Refractometer* merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur besarnya konsentrasi padatan terlarut sukrosa yang terdapat di dalam suatu campuran larutan dan menentukan indeks bias. *Refractometer* mengukur padatan terlarut sukrosa dalam satuan persentase brix. Brix didefinisikan sebagai konsentrasi massa sukrosa yang terkandung di dalam massa larutan sukrosa 100 mL. Semakin tinggi persentase brix maka semakin manis larutan tersebut (Hidayanto *et al.*, 2010).

*Refractometer* terdiri dari beberapa jenis, diantaranya *hand refractometer* dan digital *refractometer*. Prinsip kerja *refractometer* memanfaatkan proses

pembiasan cahaya ketika melewati suatu larutan. Berdasarkan hukum Snellius, ketika cahaya datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat maka kecepatannya akan berkurang dan menghasilkan sudut refraksi yang kecil, sebaliknya jika cahaya datang dari medium rapat ke medium kurang rapat maka kecepatannya akan bertambah dan menghasilkan sudut refraksi yang besar. Gambar 2.5 menunjukkan prinsip kerja dari *refractometer*. Berdasar pada gambar 2.5 cahaya masuk menuju sampel dan melewati prisma kemudian menghasilkan sudut refraksi. Jika sampel merupakan larutan dengan konsentrasi rendah, maka menghasilkan sudut refraksi lebar karena perbedaan refraksi dari prisma dan sampel yang besar. Jika sampel merupakan larutan dengan konsentrasi tinggi, maka menghasilkan sudut refraksi yang kecil karena perbedaan refraksi prisma dengan sampel kecil. Kemudian cahaya menjalar berdasarkan sudut refraksi dan difokuskan oleh lensa sebelum diterima oleh permukaan prisma. Permukaan prisma berfungsi sebagai papan *reticle* (skala). Jika sinar berasal dari sudut refraksi kecil, maka sinar yang terbaca pada papan *reticle* (skala) besar. Sebaliknya jika sinar berasal dari sudut refraksi besar, maka sinar yang terbaca pada papan *reticle* (skala) kecil. Papan *reticle* (skala) inilah yang akan menunjukkan nilai brix dari sampel (Indonesia Customs and Excise Laboratory Bulletin, 2016; Ihsan dan Wahyudi, 2010).



Gambar 2.5 Prinsip kerja *refractometer* (Sumber: Indonesia Customs and Excise Laboratory Bulletin, 2016)

#### 2.4 Scanning Electron Microscope (SEM)

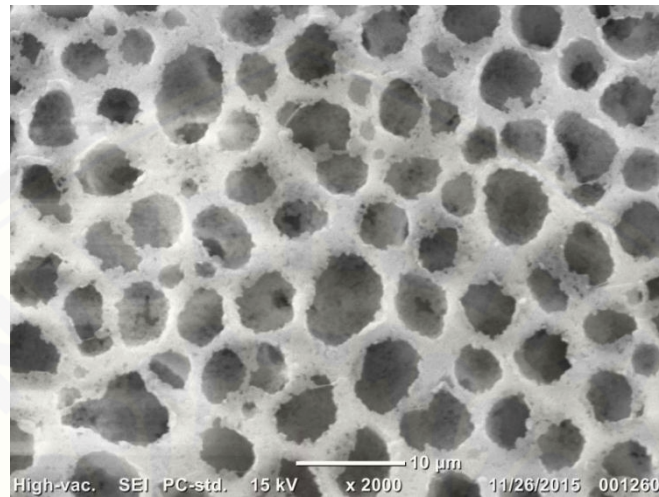
*Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk mengimplementasikan sebuah citra gambar. SEM biasa digunakan untuk melihat struktur morfologi dari suatu material dan memberikan hasil foto berupa gambar topografi yang menampilkan semua tonjolan, lekukan maupun lubang permukaan. Terdapat beberapa kelebihan dari SEM, diantaranya memiliki kedalaman bidang pandang yang lebih luas, karakteristik pencitraan tiga dimensi, resolusi yang tinggi, ketajaman fokus gambar serta memiliki derajat perbesaran yang besar (Wijayanti, 2009).



Gambar 2.6 Peralatan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Sumber: Wijayanti, 2009)

Komponen utama dari SEM terdiri dari tiga pasang lensa elektromagnetik, dua pasang *scan coil* (koil pemindai), sumber elektron dan *imaging detector*. Tiga pasang lensa elektromagnetik berfungsi untuk memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil. Dua pasang *scan coil* berfungsi sebagai alat pemindai berkas elektron dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Sumber elektron yang digunakan dalam SEM berupa filamen dari bahan kawat tungsten sehingga dapat menghasilkan berkas elektron. *Imaging detector* berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar. Prinsip kerja SEM yaitu elektron dengan energi kinetik yang tinggi dipancarkan oleh sumber elektron mengenai sampel. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel. Sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan

elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT) (Sujatno *et al.*, 2015). Gambar 2.7 merupakan contoh hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada sampel berupa membran sintesis yang terbuat dari nilon-arang.



Gambar 2.7 Contoh visualisasi morfologi membran komposit nilon-arang menggunakan SEM (Sumber: Maulina, 2016)



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental yaitu mengaplikasikan membran nilon pada proses filtrasi jus jeruk kemudian dilakukan penelitian tentang permeabilitas membran, total padatan terlarut sukrosa, dan struktur morfologi membran. Pengukuran permeabilitas membran berdasarkan pada fluks dan koefisien rejeksi. Pengukuran total padatan terlarut hasil filtrasi jus jeruk berdasarkan konsentrasi sukrosa. Pengukuran struktur morfologi membran berdasarkan ketebalan, distribusi pori dan ukuran pori membran sebelum dan setelah filtrasi. Secara umum terdapat tiga tahapan dalam penelitian ini yaitu tahap pertama sintesis membran, tahap kedua filtrasi jus jeruk dengan metode *dead end*, tahap ketiga adalah pengukuran fluks, koefisien rejeksi membran, total padatan terlarut sukrosa hasil filtrasi jus jeruk dan struktur morfologi membran.

Proses sintesis membran dilakukan di Laboratorium Biofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Proses filtrasi jus jeruk dengan metode *dead end* dilakukan di Laboratorium Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Pengukuran nilai total padatan terlarut sukrosa menggunakan *refractometer* dilakukan di Laboratorium *Center for Development of Advanced Sciences and Technology* (CDAST), Universitas Jember dan karakterisasi membran berdasarkan struktur morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Laboratorium Biosains, Politeknik Negeri Jember. Pelaksanaan kegiatan penelitian dimulai dari bulan November 2017 sampai Juni 2018.

Penelitian diawali dengan studi pustaka dari berbagai sumber yang merupakan langkah observasi terhadap topik kegiatan yang diteliti. Kemudian dilanjutkan dengan tahap persiapan alat dan bahan yang digunakan. Setelah semua alat dan bahan tersedia, selanjutnya dilakukan sintesis membran nilon. Membran nilon yang telah disintesis kemudian digunakan untuk filtrasi jus jeruk. Membran

yang digunakan untuk proses filtrasi diukur fluks, koefisien rejeksi, nilai total padatan terlarut sukrosa dan struktur morfologi.

### 3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer karena data tersebut diperoleh langsung dari hasil eksperimen. Jenis data penelitian yang digunakan yaitu data kuantitatif. Data kuantitatif tersebut berupa nilai fluks yang dihasilkan pada berbagai variasi tekanan, koefisien rejeksi membran yang dihitung berdasarkan hasil perbandingan pengukuran konsentrasi *feed* dan *permeate* melalui *refractometer*, nilai total padatan terlarut sukrosa dalam skala persentase brix yang diukur dengan menggunakan *refractometer* dan ukuran ketebalan serta pori membran yang dihasilkan dari *Scanning Electron Microscope* (SEM)

### 3.3 Variabel dan Skala Pengukuran

Variabel pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

- a. Massa benang nilon untuk pembuatan membran  
Fraksi massa yang digunakan adalah 16%, 18%, 19% dan 20% atau 5,0 g, 5,5 g, 6,0 g dan 6,5 g.
- b. Variasi tekanan yang digunakan pada proses filtrasi  
Variasi tekanan yang digunakan adalah 1,5 bar, 2,0 bar dan 2,5 bar.
- c. Waktu filtrasi selama satu jam.
- d. Nilai fluks membran dalam satuan L/m<sup>2</sup> jam.
- e. Volume *feed* sampel jus jeruk sebanyak 100 mL.

Variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu variabel tetap, berubah, dan terikat. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah volume *feed* jus jeruk sebesar 100 mL dan waktu filtrasi selama satu jam. Variabel berubah dalam penelitian ini yaitu fraksi massa membran nilon dan tekanan filtrasi. Fraksi massa yang digunakan adalah 16%, 18%, 19% dan 20% dan tekanan operasi filtrasi yang digunakan adalah 1,5 bar, 2,0 bar, dan 2,5 bar. Sedangkan variabel terikat dalam



penelitian ini adalah nilai fluks, koefisien rejeksi membran, nilai total padatan terlarut sukrosa dan struktur morfologi membran.

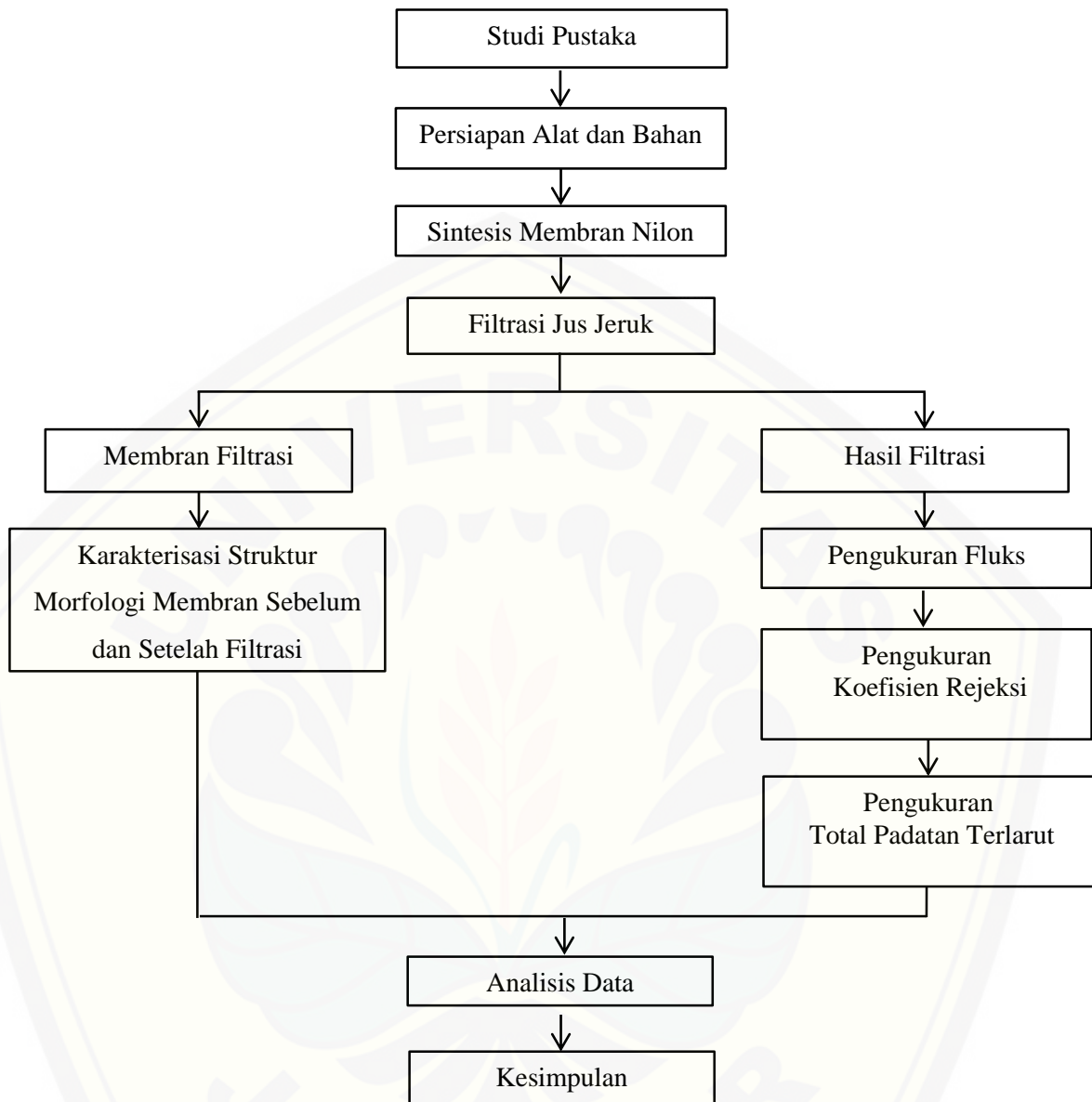
Skala pengukuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu skala pengukuran rasio. Skala pengukuran rasio digunakan untuk membandingkan fluks jus jeruk, koefisien rejeksi membran, total padatan terlarut sukrosa dan struktur morfologi membran. Skala pengukuran rasio pada fluks jus jeruk yaitu membandingkan nilai fluks akuades dengan nilai fluks jus jeruk. Skala pengukuran rasio pada koefisien rejeksi yaitu membandingkan antar nilai koefisien rejeksi membran yang dihasilkan. Skala pengukuran rasio pada pengukuran nilai total padatan terlarut sukrosa yaitu membandingkan nilai total padatan terlarut sukrosa hasil filtrasi jus jeruk berupa sari buah jeruk dengan nilai total padatan terlarut sukrosa berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) minuman sari buah yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 serta tabel indeks bias refraktif buah dan sayur terkalibrasi pada Tabel 2.3 dan skala pengukuran rasio pada struktur morfologi membran yaitu membandingkan ketebalan, keseragaman pori dan diameter rata-rata pori membran sebelum dan setelah proses filtrasi.

### **3.4 Kerangka Pemecahan Masalah**

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini dijabarkan dalam beberapa tahapan kegiatan penelitian. Adapun tahapan-tahapan penelitian digambarkan melalui diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.

#### **3.4.1 Tahap Persiapan Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya neraca digital, cawan petri, gelas ukur, gelas *beaker*, *magnetic stirrer*, pipet tetes, pipet volumetrik, plat kaca, nampan, *aluminium foil*, *orange juicer*, saringan, kertas saring, Milwaukee MA871 *Refractometer*, satu set alat filtrasi module flat sistem *dead end*, serta *Scanning Electron Microscope* (SEM) Hitachi TM 3030. Bahan yang digunakan diantaranya benang nilon, asam klorida (HCl), aseton, akuades, dan buah jeruk.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.4.2 Tahap Sintesis Membran Nilon

Proses sintesis membran nilon dibuat dengan menggunakan metode inversi fasa yaitu perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padat. Proses sintesis membran menggunakan fraksi massa benang nilon sebanyak 16%, 18%, 19% dan 20% atau 5,0 g, 5,5 g, 6,0 g dan 6,5 g. Masing-masing fraksi massa dilambangkan dengan abjad untuk memudahkan pelabelannya. Membran A merepresentasikan fraksi massa 16%, membran B merepresentasikan fraksi massa

18%, membran C merepresentasikan fraksi massa 19%, dan membran D merepresentasikan fraksi massa 20%. Benang nilon tersebut kemudian dilarutkan ke dalam larutan asam klorida (HCl) 25% sebanyak 20 mL dan aseton 2 mL. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 350 rpm selama  $\pm 1$  jam hingga larutan homogen. Larutan dicetak pada plat kaca dan diratakan menggunakan batang silinder spatula agar menjadi lapisan tipis. Membran yang sudah dicetak dimasukkan ke dalam nampan berisi akuades secara perlahan dan direndam selama 10 menit. Proses ini bertujuan untuk melepas membran dari plat kaca. Membran nilon yang terbentuk kemudian dikeringkan selama  $\pm 12$  jam untuk selanjutnya digunakan dalam filtrasi.

#### 3.4.3 Tahap Filtrasi Jus Jeruk

Membran yang telah disintesis kemudian diaplikasikan untuk filtrasi jus jeruk. Membran dari hasil sintesis membran dibentuk lingkaran dengan diameter 5,5 cm. Sistem arah aliran yang digunakan pada proses filtrasi dalam penelitian ini adalah *dead end*. Filtrasi dilakukan dalam berbagai tekanan yaitu 1,5 bar, 2,0 bar, dan 2,5 bar. Filtrasi dilakukan selama 60 menit. Proses filtrasi diawali dengan pembuatan *feed* dari jus jeruk menggunakan *orange juicer*. Jus jeruk pada penelitian ini dibuat dari buah jeruk segar yang diperas dengan menggunakan *orange juicer*. Hasil perasan tersebut kemudian disaring menggunakan saringan untuk memisahkan jus jeruk dari biji jeruk dan pengotor-pengotor lain yang berukuran besar. Jus jeruk yang dihasilkan merupakan *feed* dalam penelitian. Jus jeruk hanya dibuat untuk *feed* dalam satu kali proses filtrasi. *Feed* tersebut diukur nilai total padatan terlarut sukrosa. Setelah itu membran diaplikasikan pada proses filtrasi jus jeruk. Proses filtrasi dilakukan dengan meletakkan 100 mL jus jeruk ke dalam satu set alat filtrasi module flat sistem *dead end*. Hasil filtrasi berupa *permeate* sari buah jeruk ditampung dalam gelas ukur dan volume *permeate* diukur setiap 5 menit sehingga dalam sekali proses filtrasi dihasilkan 12 data volume *permeate*. Data tersebut digunakan untuk menentukan nilai fluks sari buah. Selain itu, *permeate* dan *retentate* sari buah jeruk yang dihasilkan selama 60

menit yaitu dalam sekali proses filtrasi dengan tekanan tertentu diukur nilai total padatan terlarut sukrosanya.

#### 3.4.4 Tahap Pengukuran

Tahap pengukuran dibagi menjadi empat, yaitu:

a. Tahap pengukuran fluks sari buah jeruk

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran nilai fluks sari buah jeruk. Nilai fluks sari buah jeruk diperoleh melalui perhitungan dari banyaknya volume yang berhasil melewati membran dalam waktu dan tekanan tertentu. Perhitungan menggunakan persamaan 2.1.

b. Tahap pengukuran koefisien rejeksi

Nilai koefisien rejeksi diperoleh melalui perhitungan perbandingan persentase konsentrasi sukrosa pada *permeate* dan *feed*. Perhitungan menggunakan persamaan 2.2.

c. Tahap pengukuran total padatan terlarut sukrosa

Alat yang digunakan untuk menentukan nilai total padatan terlarut adalah *refractometer*. Tahap pengujian total padatan terlarut sukrosa dilakukan untuk mengetahui kadar gula sukrosa yang terdapat di dalam suatu larutan yang ditunjukkan dalam skala persentase brix. Pengukuran dilakukan pada setiap larutan *feed*, *permeate* dan *retentate* dalam tekanan tertentu. Pengukuran dilakukan dengan meneteskan dua sampai tiga tetes larutan jus jeruk pada permukaan prisma. Setelah itu prisma ditutup menggunakan kaca prisma dan permukaan prisma tersebut harus bebas dari gelembung udara. Kemudian hasil pengukuran dapat dilihat secara langsung di layar *refractometer* karena *refractometer* tipe Milwaukee merupakan *refractometer* digital sehingga hasilnya langsung ditampilkan di layar.

d. Tahap karakterisasi struktur morfologi membran melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Karakterisasi membran melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk mengetahui ketebalan membran, keseragaman pori dan ukuran rata-rata diameter pori membran nilon yang dihasilkan. Karakterisasi dilakukan

dengan mengambil sampel dari membran seluas  $\pm 25 \text{ mm}^2$  kemudian sampel tersebut diletakkan di dalam meja sampel dan akan dipindai oleh sinar elektron yang telah diarahkan oleh coil pemindai dan hasil dari pemindaian ditampilkan pada layar monitor.

### 3.5 Metode Analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini mengacu pada tiga data kuantitatif yang dihasilkan. Data kuantitatif pertama adalah permeabilitas membran berupa nilai fluks dan koefisien rejeksi membran. Data kuantitatif nilai fluks fluida yang dihasilkan membran nilon pada berbagai variasi tekanan dan direpresentasikan dalam grafik hubungan antara tekanan dengan fluks dan antara waktu dengan fluks. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa fluks sari buah mengalami peningkatan dengan bertambahnya tekanan dan mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu filtrasi (Wicaksana, 2012). Pada penelitian ini akan diamati dan dianalisa kecenderungan fluks pada berbagai tekanan. Selain itu, sebagai kontrol dalam penelitian untuk mengetahui apakah membran dapat berfungsi dengan baik untuk proses filtrasi, maka di awal percobaan dilakukan proses filtrasi dengan menggunakan akuades dan dilanjutkan dengan menggunakan jus jeruk. Data kuantitatif koefisien rejeksi membran pada berbagai fraksi massa dan tekanan direpresentasikan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara fluks dengan rejeksi membran. Sofyana *et al.* (2011) menyatakan bahwa peningkatan tekanan operasi mampu meningkatkan fluks fluida namun menurunkan koefisien rejeksinya.

Data kedua berupa nilai total padatan terlarut sukrosa hasil filtrasi jus jeruk dalam skala persentase brix. Persentase brix yang dihasilkan dari penelitian ini akan dibandingkan dengan persentase brix untuk minuman sari buah berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Data kuantitatif yang diperoleh akan direpresentasikan dalam bentuk tabel. Adapun acuan persentase brix untuk minuman sari buah berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3719:2014 dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3



Data ketiga pada penelitian ini berupa visualisasi struktur morfologi membran sebelum dan setelah proses filtrasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Visualisasi dari SEM yang diukur adalah ketebalan pori, keseragaman pori dan ukuran rata-rata diameter pori membran. Gambar 2.7 merupakan contoh visualisasi struktur morfologi suatu membran menggunakan SEM.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berikut beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian aplikasi membran nilon untuk filtrasi jus jeruk: uji permeabilitas, total padatan terlarut sukrosa dan struktur morfologi:

1. Permeabilitas membran yang ditinjau dari nilai fluks sari buah jeruk dan koefisien rejeksi membran menghasilkan bahwa penambahan tekanan operasi dan penambahan fraksi massa benang nilon tidak selalu memberikan pengaruh pada peningkatan fluks fluida sari buah jeruk. Nilai fluks sari buah jeruk terbesar dihasilkan oleh membran B sebesar 7,9 % dan nilai koefisien rejeksi membran terbaik dihasilkan membran C sebesar 4,8%.
2. Berdasarkan nilai total padatan terlarut sari buah jeruk hasil filtrasi jus jeruk menggunakan membran nilon menunjukkan bahwa membran A tekanan 2,5 bar, membran B tekanan 2,0 bar, membran C tekanan 1,5 bar, dan membran D tekanan 1,5 bar memberikan nilai total padatan terlarut yang tinggi yaitu 10,6%, 10,2%, 10,4%, dan 9,8% pada *permeate*.
3. Berdasarkan karakterisasi SEM, struktur morfologi membran sebelum dan setelah filtrasi mengalami perubahan. Ketebalan membran meningkat setelah filtrasi karena *swelling* dan pembentukan lapisan gel sekunder, sedangkan ukuran pori dan distribusi pori berkurang setelah filtrasi dikarenakan adanya *fouling*.

### 5.2 Saran

Saran penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu jus jeruk yang digunakan sebagai *feed* sebaiknya terdiri dari satu sampel saja untuk semua proses filtrasi agar seragam. Pada pengambilan data perlu dilakukan pengulangan agar data yang dihasilkan presisi. Kemudian pada karakterisasi struktur morfologi membran menggunakan SEM seharusnya dilakukan pada semua membran dan pengukuran tiap sampel dilakukan pada semua sisi membran agar data yang diperoleh lebih akurat. Membran nilon yang telah digunakan untuk filtrasi tidak perlu dicuci agar

hasil karakterisasi pada permukaan membran yang tertutup oleh sari buah jeruk dapat terlihat dengan jelas.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Apipah, E. R. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Membran Nilon yang Berasal dari Limbah Benang. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Ardiansyah dan A.B. Kusumo. 2013. Karakteristik penurunan flux pada filtrasi larutan humic acid dengan membran mikrofiltrasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (2): 267-274.
- Aspiyanto. 2002. Penerapan Teknologi Membran di Bidang Pangan. *Prosiding Seminar Tantangan Penelitian Kimia dalam Era Biologi dan Super Informasi*. 17 September 2002. Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia: 224-248
- Astrini, N., L. Anah, dan A. Haryono. 2016. Pengaruh metilen bisakrilamid (MBA) pada pembuatan superabsorben hidrogel berbasis selulosa terhadap sifat penyerapan air. *Jurnal Kimia Kemasan*. 38 (1): 15-20.
- Astutik, F. F. 2015. Karakteristik Organoleptik, Fisik dan Kimia Jeruk Siam (*Citrus nobilis var. microcarpa*) Semboro pada Suhu dan Lama Penyimpanan. *Skripsi*. Jember: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Azizah, F. 2008. Kajian Sifat Listrik Membran Selulosa Asetat yang Direndam dalam Larutan Asam Klorida dan Kalium Hidroksida. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2013. *Sensus Pertanian Jumlah Rumah Tangga Usaha Hortikultura Strategis yang Diusahakan dan Wilayah*. September. Jakarta : Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *Standar Nasional Indonesia (SNI) Jeruk Keprok*. Jakarta: BSN Gd. Manggala Wanabakti.

- Badan Standardisasi Nasional. 2014. *Standar Nasional Indonesia (SNI) Minuman Sari Buah*. Jakarta: BSN Gd. Manggala Wanabakti.
- Baker, R. W. 2004. *Membrane Technology and Application*. 2<sup>nd</sup> Edition. California: John Wiley & Sons Ltd.
- Carvalho, L. M. J., dan C. A. B. Silva. 2010. Clarification of pineapple juice by microfiltration. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 30 (3): 828-832.
- Conidi, C., F. Destiani, dan A. Cassano. 2015. Performance of Hollow Fiber Ultrafiltration Membranes in the Clarification of Blood Orange Juice. *Beverages Journal*. 1: 341-353.
- Djajasukmana, R. B. 2011. Teknik perakitan unit filtrasi membran dan pengujian kinerjanya terhadap jus jeruk dan olahan produk lainnya. *Buletin Teknik Pertanian*. 16 (1): 37-41.
- Fahrizal dan R. Fadhil. 2014. Kajian fisiko kimia dan daya terima organoleptik selai nanas yang menggunakan pektin dari limbah kulit kakao. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 6 (3): 65-68.
- Fanani, A., W. A. Nugroho, dan Y. Hendrawan. 2014. Analisa pengaruh variasi penambahan massa nilon pada preparasi membran nilon terhadap karakteristik fisik membran. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2 (3): 218-224.
- Fane, A. G., R. Wang, dan M. X. Hu. 2015. Synthetic Membranes for Water Purification: Status and Future. *Angewandte Chemie International Edition*. 54 (1): 3368-3386.
- Hidayanto, E., A. Rofiq, dan H. Sugito. 2010. Aplikasi portable brix meter untuk pengukuran indeks bias. *Berkala Fisika*. 13 (4): 113-118.
- Ihsan, F. dan A. Wahyudi. 2010. Teknik analisis kadar sukrosa pada buah pepaya. *Buletin Teknik Pertanian*. 15 (1): 10-12.



- Indonesia Customs and Excise Laboratory Bulletin. 2016. *Nilai Brix untuk Menentukan Kualitas pada Buah-Buahan*. 4 (01). Juni. Halaman 11. Jakarta.
- Juansah, J., K. Dahlan, dan F. Huriati. 2009. Peningkatan mutu sari buah nanas dengan memanfaatkan sistem filtrasi aliran dead end dari membran selulosa asetat. *MAKARA SAINS*. 13 (1): 94-100.
- Maulina, W. 2016. Kajian membran komposit nilon-arang melalui karakterisasi FTIR dan SEM. *JPFK*. 2 (1) : 56-60.
- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membran Technology*. Second Edition. London: Kluwer Academic Publisher.
- Novestiana, T. R. dan E. Hidayanto. 2015. Penentuan indeks bias dari konsentrasi sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) pada beberapa sari buah menggunakan portable brixmeter. *Youngster Physics Journal*. 4 (2): 173-180.
- Oktora, A. 2016. Penggunaan Data Absorban Kulit Jeruk Siam Jember Pada Panjang Gelombang Ultraviolet Cahaya Tampak untuk Membedakan Buah Jeruk Berdasarkan Tingkat Kesegaran. *Skripsi*. Bandar Lampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Siburian, M.P. 2006. Kajian Efektivitas Membran Polisulfon untuk Desinfeksi Air. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sihotang, T.Y. 2014. Kajian Membran Nilon pada Proses Filtrasi Bertahap Sistem Cross Flow untuk Desalinasi Air Payau. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Sofyana, S. Mulyati., F. W. Adly, dan Z. Maghfirah. 2011. Studi pengaruh pelarut terhadap kinerja membran selulosa asetat pada proses klarifikasi nira tebu secara ultrafiltrasi. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. 24 (1): 28-35.
- Stevens, M. P. 2007. *Polymer Chemistry: An Introduction*. California: Oxford University Press, Inc. Terjemahan oleh Iis Sopyan. 2007. *Kimia Polimer*. Cetakan kedua. Jakarta: PT. Perca.

- Suhendi, A. 2007. Pencirian Membran Mikrofiltrasi Nilon-6. *Skripsi*. Bogor: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- Sujatno, A., R. Salam., Bandriyana, dan A. Dimiyati. 2015. Studi *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. 9 (2): 44-50.
- Suprihatin, M. Romli, dan A. Ismayana. 2004. Penerapan membran filtrasi dari selulosa asetat dan chitosan untuk produksi bersih pada industri pulp dan kertas. *Jurnal Teknik Industri*. 13(3): 75-82.
- Warsa, I. W. 2006. Kajian pengaruh fouling pada pemurnian nira tebu. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (1): 22-25.
- Wenten, I.G., Khoiruddin, P.T.P. Aryanti, dan A.N. Hakim. 2010. *Diktat Kuliah Pengantar Teknologi Membran*. Bandung: Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Wenten, I.G., A. N. Hakim, Khoiruddin, dan P. T. P. Aryanti. 2013. *Diktat Kuliah Polarisasi Konsentrasi dan Fouling pada Membran*. Bandung: Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Wicaksana. I.P. 2012. Filtrasi Ekstrak Sari Buah Jeruk Pontianak dan Melon Menggunakan Membran Polisulfon. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Wijaya, N. T. A., R. K. Dewi, dan N. G. Ustriyana. 2015. Kontribusi usahatani jeruk siam (*Citrus nobilis*) terhadap pendapatan rumah tangga di Poktan Gunung Mekar, Desa Taro, Kecamatan Tegallalang, Kabupaten Gianyar. *E-Jurnal Agribisnis dan Agrowisata*. 4 (2): 117-125.
- Wijayanti, D.L.C. 2009. Sintesis dan Kajian Sifat Listrik Membran Kitosan dengan Variasi Konsentrasi Kitosan. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.

## LAMPIRAN

4.1 Hasil pengukuran volume *permeate* akuades pada berbagai fraksi massa dan tekanan operasi filtrasi

Tekanan (bar)	Menit ke	Volume akuades (mL)			
		A	B	C	D
1,5	5	0,8	0,2	0,0	0,0
	10	3,2	0,4	0,4	0,1
	15	7,8	1,2	1,0	0,2
	20	13,6	2,4	1,8	0,7
	25	20,2	4,4	2,6	1,2
	30	27,2	7,4	4,1	1,8
	35	34,0	10,7	5,7	2,4
	40	40,8	14,0	7,2	3,2
	45	46,8	17,3	8,7	4,0
	50	53,4	21,6	10,2	5,0
	55	60,0	25,4	11,7	6,0
	60	66,6	29,2	13,1	7,0
2,0	5	2,0	0,0	0,0	0,1
	10	6,1	1,2	0,0	0,2
	15	13,8	3,2	0,8	0,4
	20	24,0	6,3	2,4	1,4
	25	33,7	10,0	4,0	2,4
	30	43,6	14,0	5,6	3,6
	35	53,4	17,8	7,2	4,8
	40	63,2	22,0	8,8	5,9
	45	72,8	25,8	10,4	7,1
	50	82,4	30,0	12,0	8,4
	55	92,0	34,4	13,0	9,6
	60	101,6	38,7	15,4	10,8
2,5	5	7,2	3,2	0,2	0,2
	10	22,2	9,8	1,8	1,0
	15	37,2	17,4	4,2	2,2
	20	52,2	24,9	7,3	4,0
	25	67,2	32,2	10,8	6,2
	30	81,2	39,6	14,5	8,3
	35	95,2	46,9	18,2	10,6
	40	105,8	54,0	22,2	12,9
	45	119,3	61,5	26,2	15,1
	50	132,8	68,7	30,2	17,2
	55	146,3	77,5	34,0	19,2
	60	159,3	85,7	37,6	21,2

4.2 Hasil pengukuran volume *permeate* sari buah jeruk pada berbagai fraksi massa dan tekanan operasi filtrasi

Tekanan (bar)	Menit ke	Volume sari buah jeruk (mL)			
		A	B	C	D
1,5	5	0,0	0,0	0,0	0,0
	10	1,0	0,1	0,0	0,6
	15	2,3	0,8	0,0	2,0
	20	4,0	1,9	0,0	3,4
	25	5,2	3,0	0,8	4,8
	30	6,3	4,0	1,8	6,0
	35	7,3	5,0	2,7	7,2
	40	8,2	6,0	3,6	8,2
	45	9,1	6,8	4,5	9,2
	50	10,0	7,7	5,4	10,2
	55	10,8	8,6	6,1	11,2
	60	11,6	9,4	6,8	12,1
2,0	5	0,9	0,2	0,0	0,0
	10	2,3	1,8	0,0	1,0
	15	3,4	3,3	1,0	2,0
	20	4,4	5,0	2,2	3,0
	25	5,2	6,3	3,3	4,0
	30	6,0	7,5	4,3	5,0
	35	6,8	8,6	5,2	6,0
	40	7,6	9,6	6,0	6,9
	45	8,2	10,8	6,8	7,8
	50	9,0	11,7	7,6	8,6
	55	9,7	12,6	8,4	9,4
	60	10,4	13,4	9,2	10,1
2,5	5	1,4	0,0	0,0	0,8
	10	2,1	2,1	1,2	1,8
	15	4,6	3,4	2,8	2,8
	20	6,0	4,6	4,0	3,7
	25	7,0	5,6	5,2	4,6
	30	8,0	6,4	6,2	5,5
	35	9,0	7,3	7,0	6,4
	40	9,9	8,2	7,7	7,3
	45	10,8	9,0	8,3	8,2
	50	11,6	9,7	8,9	9,0
	55	12,1	10,2	9,5	9,8
	60	12,6	11,2	10,1	10,6

4.3 (a) Hasil pengukuran fluks sari buah jeruk pada masing-masing membran tekanan 1,5 bar

Waktu (Menit)	Fluks Sari Buah Jeruk (L/m <sup>2</sup> jam)			
	Membran A	Membran B	Membran C	Membran D
5	0,0	0,0	0,0	0,0
10	4,0	0,4	0,0	2,0
15	3,1	2,0	0,0	3,3
20	3,0	1,9	0,0	2,5
25	1,7	1,6	1,0	2,0
30	1,3	1,0	1,0	1,4
35	1,0	1,0	0,9	1,2
40	0,8	0,9	0,8	0,9
45	0,7	0,6	0,7	0,8
50	0,6	0,6	0,6	0,7
55	0,5	0,6	0,4	0,6
60	0,5	0,5	0,4	0,5

4.3 (b) Hasil pengukuran fluks sari buah jeruk pada masing-masing membran tekanan 2,0 bar

Waktu (Menit)	Fluks Sari Buah Jeruk (L/m <sup>2</sup> jam)			
	Membran A	Membran B	Membran C	Membran D
5	6,0	1,0	0,0	0,0
10	4,9	5,6	0,0	4,0
15	2,6	3,5	2,0	2,0
20	2,0	3,0	2,1	2,0
25	1,0	1,8	1,6	1,0
30	1,0	1,4	1,0	1,0
35	0,8	1,1	0,9	1,0
40	0,7	0,9	0,7	0,8
45	0,5	0,9	0,6	0,7
50	0,6	0,6	0,6	0,6
55	0,4	0,6	0,5	0,5
60	0,4	0,5	0,5	0,4



4.3 (c) Hasil pengukuran fluks sari buah jeruk pada masing-masing membran tekanan 2,5 bar

Waktu (Menit)	Fluks Sari Buah Jeruk (L/m <sup>2</sup> jam)			
	Membran A	Membran B	Membran C	Membran D
5	10,0	0,0	0,0	6,0
10	2,0	7,4	4,2	4,0
15	5,9	3,1	3,8	2,0
20	2,5	2,1	2,1	2,0
25	1,0	1,0	1,7	1,0
30	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,0	0,9	0,8	0,9
40	0,8	0,8	0,6	0,8
45	0,7	0,6	0,5	0,7
50	0,6	0,5	0,4	0,6
55	0,3	0,3	0,4	0,5
60	0,3	0,6	0,4	0,5

4.4 Perhitungan koefisien rejeksi membran

a. Membran A

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi } feed = 9,3\%$$

$$\text{Konsentrasi } permeate = 8,6\%$$

Ditanya : Koefisien rejeksi membran?

Penyelesaian:

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

$$R = \left(1 - \frac{8,6\%}{9,3\%}\right) \times 100\%$$

$$R = 7,5\%$$

Jadi koefisien rejeksi membran yang dihasilkan oleh membran A adalah 8%.

b. Membran B

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi } feed = 11,2\%$$

$$\text{Konsentrasi } permeate = 10,2\%$$

Ditanya : Koefisien rejeksi membran?

Penyelesaian:

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

$$R = \left(1 - \frac{10,2\%}{11,2\%}\right) \times 100\%$$

$$R = 8,9\%$$

Jadi koefisien rejeksi membran yang dihasilkan oleh membran B adalah 8,9%.

c. Membran C

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi } feed = 10,4\%$$

$$\text{Konsentrasi } permeate = 9,9\%$$

Ditanya : Koefisien rejeksi membran?

Penyelesaian:

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

$$R = \left(1 - \frac{9,9\%}{10,4\%}\right) \times 100\%$$

$$R = 4,8\%$$

Jadi koefisien rejeksi membran yang dihasilkan oleh membran C adalah 4,8%.

d. Membran D

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi } feed = 9,8\%$$

$$\text{Konsentrasi } permeate = 9,2\%$$

Ditanya : Koefisien rejeksi membran?

Penyelesaian:

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

$$R = \left(1 - \frac{9,2\%}{9,8\%}\right) \times 100\%$$

$$R = 6,0\%$$

Jadi koefisien rejeksi membran yang dihasilkan oleh membran D adalah 6%.

4.5 Perhitungan ketebalan dan ralat pada pengukuran ketebalan membran menggunakan *thickness gauge*

a. Sebelum filtrasi

Membran	$d$ ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{d}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta d$ ( $\mu\text{m}$ )	$(\bar{d} \pm \Delta d)$ $\mu\text{m}$
A	160	194,3	9,5	(194,3 $\pm$ 9,5)
	200			
	210			
	210			
	230			
	180			
	170			
B	170	198,6	8,8	(198,6 $\pm$ 8,8)
	170			
	230			
	190			
	200			
	220			
	210			
C	235	204,3	9,0	(204,3 $\pm$ 9,0)
	210			
	185			
	210			
	230			
	190			
	170			
D	210	202,3	11,3	(202,3 $\pm$ 11,3)
	240			
	175			
	185			
	225			
	160			
	225			

## b. Setelah filtrasi

Membran	$d$ ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{d}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta d$ ( $\mu\text{m}$ )	$(\bar{d} \pm \Delta d)$ $\mu\text{m}$
A	190	207,1	9,2	$(207,1 \pm 9,2)$
	180			
	240			
	240			
	200			
	210			
	190			
B	190	202,9	11,5	$(202,9 \pm 11,5)$
	190			
	260			
	180			
	180			
	190			
	230			
C	190	216,4	7,1	$(216,4 \pm 7,1)$
	235			
	200			
	230			
	230			
	200			
	230			
D	160	229,3	34,1	$(229,3 \pm 34,1)$
	175			
	180			
	190			
	290			
	200			
	410			

## Keterangan

$d$  = ketebalan membran

$\bar{d}$  = rata-rata ketebalan membran

$\Delta d$  = error ketebalan membran

4.8 Perhitungan ketebalan dan ralat pada pengukuran ketebalan membran menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* pada membran B tekanan 2 bar

a. Sebelum filtrasi

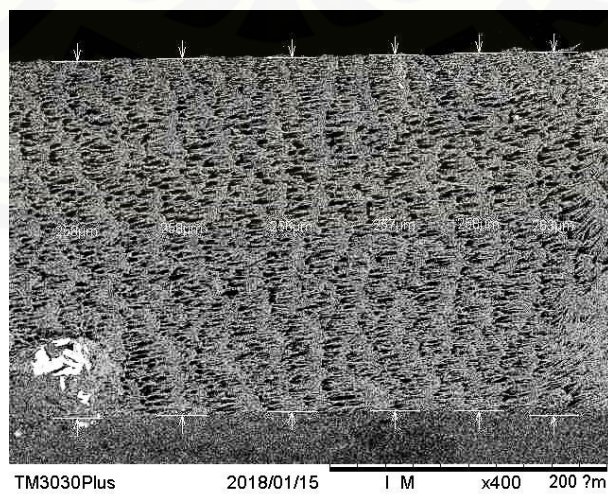
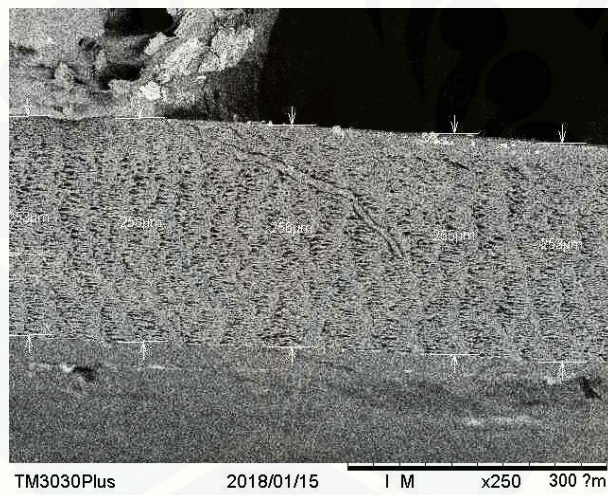
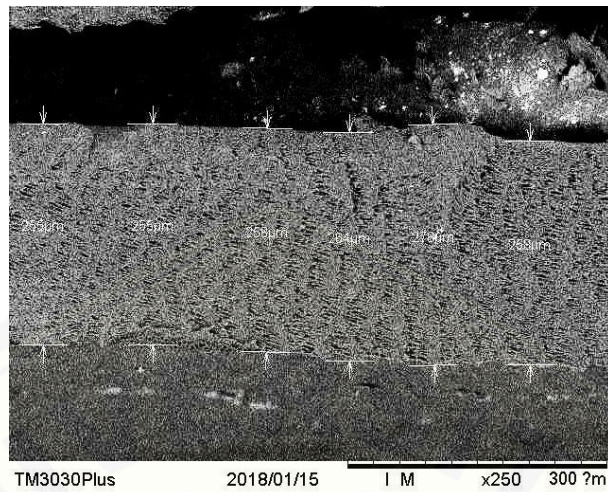
Pengukuran ke-	$d$ ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{d}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta d$ ( $\mu\text{m}$ )	$(\bar{d} \pm \Delta d)$ $\mu\text{m}$
1	258	259	1,45	$(259 \pm 1,45)$
2	258			
3	256			
4	257			
5	258			
6	263			
7	265			
8	255			
9	264			
10	258			
11	278			
12	258			
13	253			
14	258			
15	256			
16	255			
17	253			

b. Setelah filtrasi

Pengukuran ke-	$d$ ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{d}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta d$ ( $\mu\text{m}$ )	$(\bar{d} \pm \Delta d)$ $\mu\text{m}$
1	266	267	1,17	$(267 \pm 1,17)$
2	260			
3	268			
4	263			
5	260			
6	258			
7	269			
8	267			
9	269			
10	272			
11	276			
12	272			
13	269			
14	264			
15	264			
16	265			
17	270			

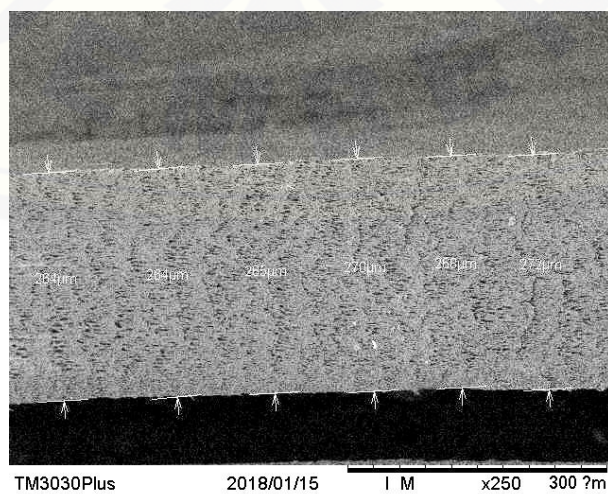
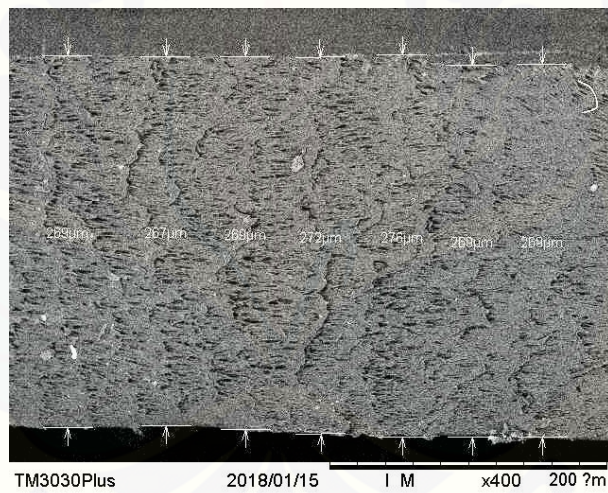
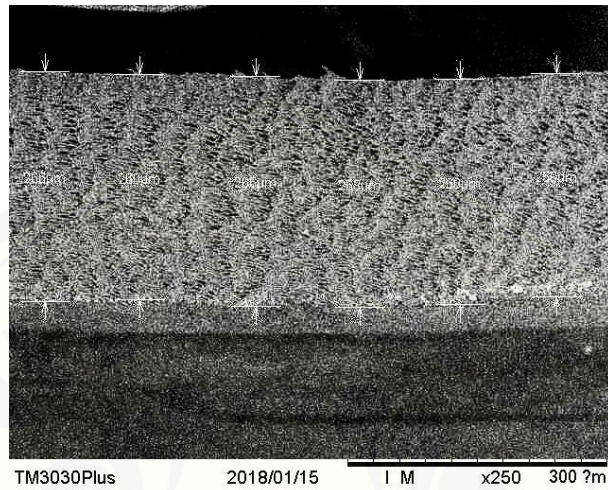


➤ Ketebalan membran nilon sebelum filtrasi





- Ketebalan membran nilon setelah filtrasi jus jeruk



4.9 Perhitungan ukuran pori dan ralat pada pengukuran ukuran pori membran menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* pada membran B tekanan 2 bar

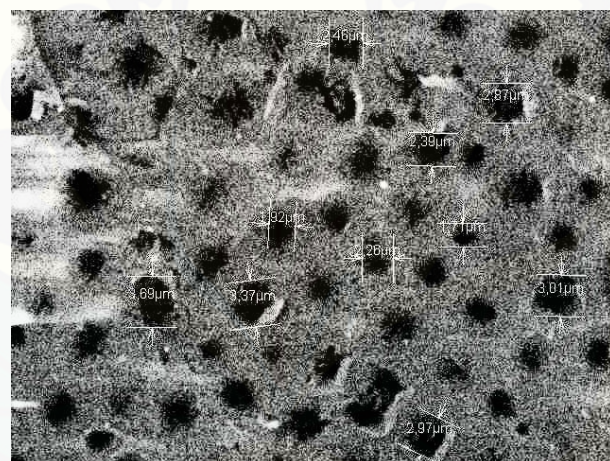
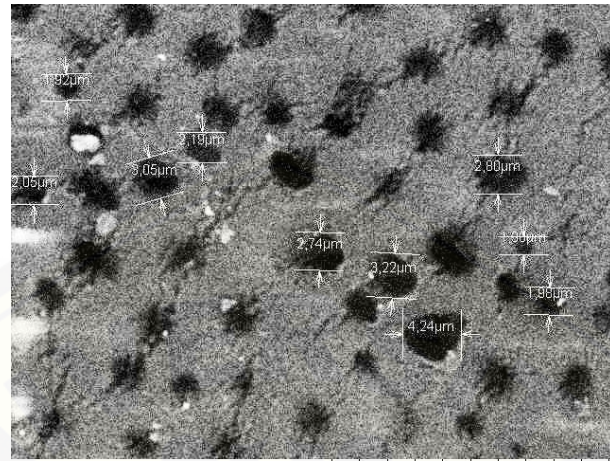
a. Sebelum filtrasi

Pengukuran ke-	$d$ ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{d}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta d$ ( $\mu\text{m}$ )	$(\bar{d} \pm \Delta d)$ $\mu\text{m}$
1	2,46	2,59	0,70	$(2,59 \pm 0,70)$
2	4,24			
3	1,30			
4	1,92			
5	2,26			
6	1,71			
7	3,01			
8	3,37			
9	3,69			
10	2,97			
11	1,92			
12	2,05			
13	3,05			
14	2,19			
15	2,74			

b. Setelah filtrasi

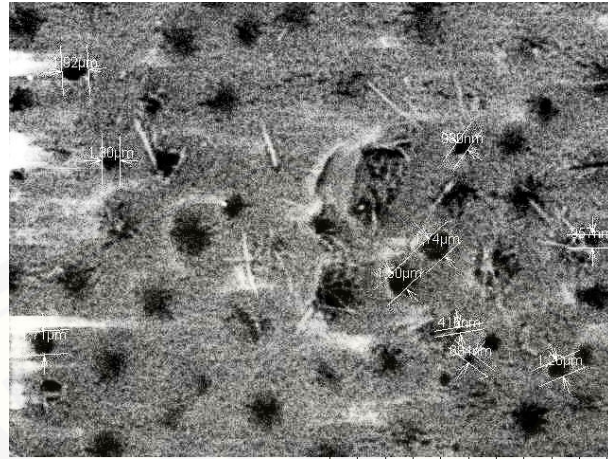
Pengukuran ke-	$d$ ( $\mu\text{m}$ )	$\bar{d}$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta d$ ( $\mu\text{m}$ )	$(\bar{d} \pm \Delta d)$ $\mu\text{m}$
1	1,92	2,00	0,30	$(2,00 \pm 0,30)$
2	1,30			
3	1,71			
4	0,98			
5	1,74			
6	1,50			
7	0,42			
8	0,67			
9	1,28			
10	0,96			
11	4,70			
12	3,08			
13	3,70			
14	2,64			
15	3,35			

➤ Ukuran pori membran nilon sebelum filtrasi

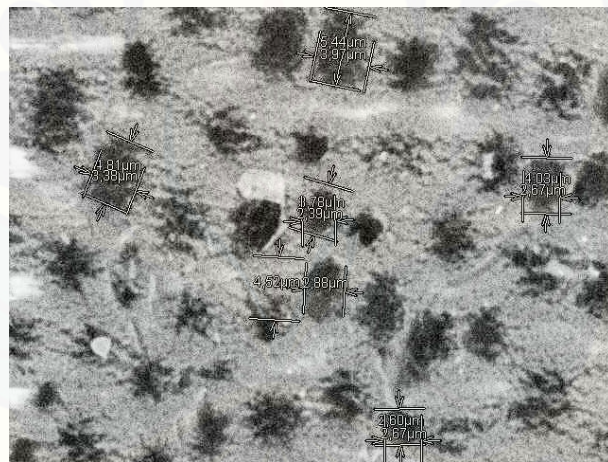




- Ukuran pori membran setelah filtrasi jus jeruk



TM3030Plus 2018/01/15 1 M x4,0k 20 ?m



TM3030Plus 2018/01/15 1 M x4,0k 20 ?m