

BAB II

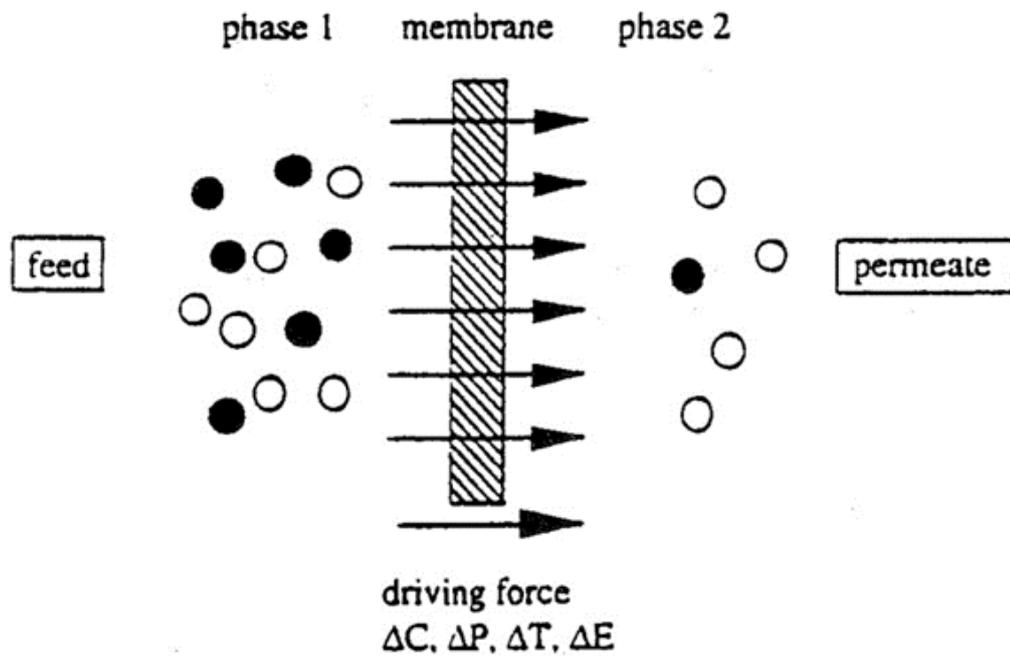
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran

Membran merupakan penghalang yang bersifat permeabel dan selektif antara dua fase. Fase pertama adalah umpan (feed), sementara fase kedua adalah hasil pemisahan (permeate) sebagai air bersih. Proses pemisahan pada membran terjadi dengan cara perpindahan material melewati membran dengan proses transpor aktif dan pasif. Transpor aktif adalah perpindahan material yang akan dipisahkan secara langsung, sedangkan transpor pasif dapat digerakkan oleh perbedaan tekanan, konsentrasi, atau perbedaan temperatur di antara kedua sisi membran (Mulder 1996). Struktur membrane dapat homogen dan heterogen dan dapat berukuran tebal atau tipis. Ketebalan dan struktur membran tersebut yang menyebabkan membrane memiliki fungsi yang berbeda-beda dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses pemisahan (Mulder, 1996).

Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semipermeable yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (spesi) dalam suatu sistem larutan. Spesi yang memiliki ukuran yang lebih besar dari pori membran akan tertahan sedangkan spesi dengan ukuran yang lebih kecil dari pori membran akan lolos menembus pori membran. Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya perbedaan ukuran pori, bentuk, serta struktur kimianya. Membran demikian biasa disebut sebagai membran semipermeable, artinya dapat menahan spesi tertentu, tetapi dapat melewatkan spesi yang lainnya. Fasa campuran yang akan dipisahkan disebut umpan (feed), hasil pemisahan disebut sebagai permeate.

Proses pemisahan dengan menggunakan media membran, dapat terjadi karena membran mempunyai sifat selektifitas yaitu kemampuan untuk memisahkan suatu partikel dari campurannya. Hal ini dikarenakan partikel memiliki ukuran lebih besar dari pori membran. Untuk lebih jelasnya mengenai proses pemisahan dengan menggunakan membran dapat dilihat pada gambar berikut:



Sumber : Mulder, 1996)

Gambar 1. Skema pemisahan dengan membran

2.2 Teknologi Membran

Saat ini proses pemisahan konvensional seperti distilasi, kristalisasi, dan ekstraksi dilakukan menggunakan bantuan membran. Membran dipilih karena memiliki beberapa keuntungan, yaitu proses pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu, konsumsi energi yang rendah, dapat dengan mudah digabungkan dengan proses pemisahan lain, kondisi operasi pemisahan (tekanan dan temperatur) lunak, mudah digunakan pada skala industri, karakteristik membran dapat ditentukan, serta tidak memerlukan tambahan zat lain (Anita,2013).

Proses membran adalah proses pemisahan pada tingkat molekuler atau partikel yang sangat kecil. Proses pemisahan dengan membran dimungkinkan karena membran mempunyai kemampuan memindahkan salah satu komponen lebih cepat daripada komponen lain berdasarkan perbedaan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Perpindahan dapat terjadi oleh adanya gaya dorong (driving force) dalam umpan yang berupa beda tekanan (ΔP), beda konsentrasi (ΔC), beda potensial listrik (ΔE), dan beda temperatur (ΔT) serta selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi (R). Hasil pemisahan berupa permeat (bagian dari campuran yang melewati membran). (Mulder, 1996).

Teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain:

1. Pemisahan dapat dilakukan secara kontinu;
2. Konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah;
3. Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid processing*);
4. Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan;
5. Mudah dalam *scale up*; tidak perlu adanya bahan tambahan; dan
6. Material membran bervariasi sehingga pemakaiannya mudah diadaptasikan;

Namun demikian, dalam pengoperasiannya, perlu juga diperhatikan hal-hal berikut :

- Penyumbatan/fouling.
- Umur membran yang singkat.
- Selektivitas yang rendah.

Fouling atau penyumbatan merupakan masalah yang sangat umum terjadi, yang terjadi akibat kontaminan yang menumpuk di dalam dan permukaan pori membran dalam waktu tertentu. Fouling tidak dapat dielakkan, walaupun membran sudah melalui proses pre-treatment. Jenis fouling yang terjadi sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk diantaranya kualitas umpan, jenis membran, bahan membran, dan perancangan serta pengendalian proses. Tiga jenis fouling yang sering terjadi pada membran adalah fouling akibat partikel, biofouling, dan scaling. Kontaminasi ini menyebabkan perlunya beban kerja lebih tinggi, untuk menjamin kapasitas membran yang berkesinambungan. Pada titik tertentu, beban kerja yang diterapkan akan menjadi terlalu tinggi, sehingga proses tidak lagi ekonomis. Fouling dapat diminimalisasi dengan cara menaikkan pH sistem, menerapkan sistem backwash, serta penggunaan zat disinfektan untuk mencegah bakteri yang dapat menyerang membran. Sedangkan cara untuk menyingkirkan fouling adalah dengan flushing atau chemical cleaning.

- Kekurangan teknologi membran antara lain fluks permeasi dan selektivitas membran pada umumnya terjadi fenomena bahwa

fluks permeasi berbanding terbalik dengan selektifitas membran. Semakin tinggi fluks permeasi seringkali berakibat menurunnya selektifitas membran dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi fluks permeasi dan selektifitas membran.

2.3 Klasifikasi Membran

2.3.1 Berdasarkan Asalnya

Membran berdasarkan asalnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Membran alamiah, yaitu membran yang terdapat di dalam sel makhluk hidup.
- b. Membran sintetis, yaitu membran buatan berdasarkan sifat sifat membran alamiah sehingga memiliki sifat dan proses pemisahan yang mirip dengan membran alamiah.

2.3.2 Berdasarkan Morfologinya

Dilihat dari morfologinya, membran dapat digolongkan dalam dua bagian yaitu :

a. Membran Asimetrik

Membran asimetrik adalah membran yang terdiri dari lapisan tipis yang merupakan lapisan aktif dengan lapisan pendukung dibawahnya. Ukuran dan kerapatan pori untuk membran asimetris tidak sama, dimana ukuran pori dibagian kulit lebih kecil dibandingkan pada bagian pendukung. Ketebalan lapisan tipis antara 0,2-1,0 dan lapisan pendukung sublayer yang berpori dengan ukuran antara 50-150 .

b. Membran Simetrik

Membran simetris adalah membran yang mempunyai ukuran dan kerapatan pori yang sama disemua bagian, tidak mempunyai lapisan kulit. Ketebalannya berkisar antara 10-200 . Membran ultrafiltrasi terdiri atas struktur asimetris dengan lapisan kulit yang rapat pada suatu permukaan. Struktur demikian mengakibatkan solut didalam umpan tertahan dipermukaan membran dan mencegah terjadinya pemblokiran didalam pori.

2.3.3 Berdasarkan kerapatan pori

Dilihat kerapatan porinya, membran dapat dibedakan dalam dua bagian yaitu :

a. Membran rapat (Membran tak berpori)

Membran rapat ini mempunyai kulit yang rapat dan berupa lapisan tipis dengan ukuran pori dari 0,001 dengan kerapatan lebih rendah. Membran ini sering digunakan untuk memisahkan campuran yang memiliki molekul-molekul berukuran kecil dan ber BM rendah, sebagai contoh untuk pemisahan gas dan pervaporasi. Permeabilitas dan selektifitas membran ini ditentukan oleh sifat serta type polimer yang digunakan.

b. Membran berpori

Membran ini mempunyai ukuran lebih besar dari 0,001 dan digunakan untuk proses ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, hyperfiltrasi. kerapatan pori yang lebih tinggi. Membran berpori ini sering Selektifitas membran ini

2.3.4 Berdasarkan bentuknya

Berdasarkan bentuknya membran dapat dibagi menjadi dua macam yaitu :

a. Membran Datar

Membran datar mempunyai penampang lintas besar dan lebar. Pada operasi membran datar terbagi atas :

1. Membran datar yang terdiri dari satu lembar saja
2. Membran datar bersusun yang terdiri dari beberapa lembar tersusun bertingkat dengan menempatkan pemisah antara membran yang berdekatan.

b. Membran spiral

Membran spiral bergulung yaitu membran datar yang tersusun bertingkat kemudian digulung dengan pipa sentral membentuk spiral.

b. Membran Tubular

Membran tubular adalah membran yang membentuk pipa memanjang. Membran jenis ini terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Membran serat berongga ($d < 0,5$ mm)
2. Membran kapiler (d 0,5-5,0 mm)
3. Membran tubular ($d > 5,0$ mm)

2.3.5 Berdasarkan Tekanan yang Digunakan Sebagai Gaya

a). Mikrofiltrasi

Membran mikrofiltrasi (MF) dapat dibedakan dari membran reverse osmosis (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkannya. Pada membran

mikrofiltrasi, garam-garam tidak dapat direjeksi oleh membran. Proses filtrasi dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu di bawah 2 bar. Membran mikrofiltrasi

dapat dibuat dari berbagai macam material baik organik maupun anorganik.

Membran anorganik banyak digunakan karena ketahanannya pada suhu tinggi.

Beberapa teknik yang digunakan untuk membuat membran antara lain sintering, track atching, stretching, dan phase inversion (Wenten, 2000).

b). Ultrafiltrasi

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

c). Reverse Osmosis

Membran reverse osmosis (osmosis balik) digunakan untuk memisahkan zat terlarut

yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. hal ini menyebabkan tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Untuk itu pada umumnya, membran osmosis balik memiliki sruktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150 μm . Tahanan

ditentukan oleh lapisan atas yang rapat (Wenten, 2000).

2.3.6 Berdasarkan jenis

Dilihat dari jenisnya membran dibagi menjadi 2, yakni:

a. Membran non komposit

Membran non komposit merupakan media berpori yang tersusun dari satu polimer yang memiliki karakteristik yang kurang baik, seperti selektifitas yang dimilikinya relatif rendah.

b. Membran komposit

Membran komposit merupakan membran asimetrik yang terdiri dari lapisan berpori rapat dan lapisan pendukung dengan material yang berbeda. Membran ini dapat memberikan suatu kinerja yang optimal terhadap selektifitas, laju permeasi dan kestabilan termal.

2.3.7 Berdasarkan strukturnya

Berdasarkan strukturnya, membran dibedakan menjadi dua golongan (Mulder, 1996), yaitu :

a. Membran Homogen

Membran Homogen merupakan membran yang tidak berpori, mempunyai sifat sama setiap titik, tidak ada internal layer dan dalam perpindahan tidak ada hambatan.

b. Membran Heterogen

Membran Heterogen adalah suatu membran berpori atau tidak berpori, tersusun secara seri dari type yang berbeda, sehingga dalam perpindahan mengalami hambatan.

2.4 Material Membran

Proses pembuatan membran sintetis dapat dilakukan dengan menggunakan bahan material organik maupun anorganik. Material organik berupa polimer selulosa asetat, polikarbonat dan polisulfon sedangkan material anorganik berupa keramik, kaca dan logam (Scott, 1995). Pelarut yang digunakan pada sintesis membran tergantung polimer yang digunakan, membran polisulfon yang di sintesis pada penelitian ini menggunakan pelarut N,N-dimetilacetamida (DMAc) dengan

penambahan zat aditif polietilen glikol (PEG) serta berbagai keasaman pada non pelarut (HCl, akuades dan NaOH).

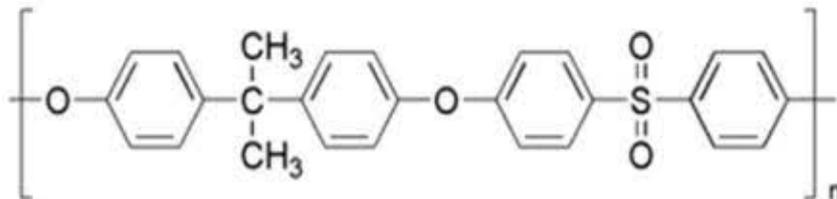
2.4.1 Polisulfon

Polisulfon merupakan polimer yang paling banyak dalam teknologi membran karena memiliki kestabilan kimia dan termal yang cukup baik. Polisulfon bersifat hidrofobik karena mempunyai gugus aromatik pada struktur kimianya dan memiliki kelarutan yang rendah dalam larutan alifatik tetapi masih bisa larut dalam pelarut polar. Sifat hidrofobik tersebut yang menyebabkan permeabilitasnya untuk sistem larutan air tidak terlalu baik.

Keuntungan menggunakan polisulfon, yaitu tahan terhadap panas dan kaku. Stabil antara pH 1,5 – 13. Batasan temperatur kisaran 75°C – 125°C, resistansi yang tinggi (asam mineral, alkali, dan garam). Polisulfon memiliki densitas 1,24 g/cm³, transisi glas 190 – 230°C, parameter kelarutan 10,5 (Cal/cm³)^{0,5} dan kelarutan dalam air 20°C sebesar 0,8 g/100mL.

Berikut ini merupakan sifat fisis dan kimia dari polimer polisulfon, yakni:

- Tahan terhadap panas (termoplastik)
- Kaku dan transparan
- Stabil antara pH 1,5-13
- Tidak larut atau rusak oleh asam-asam encer atau alkali
- Punya kekuatan tarik yang baik



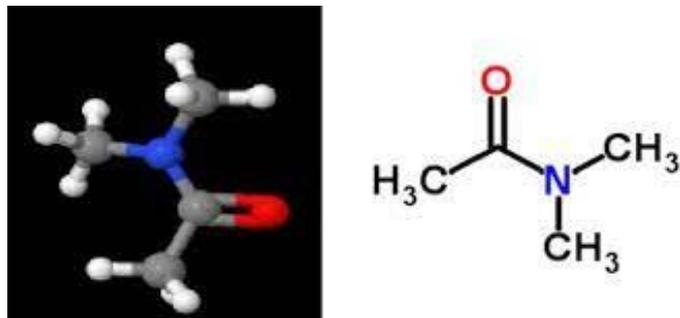
Gambar 2. Struktur Polisulfon

2.4.2 Dimetilacetamida (DMAc)

DMAc banyak dipilih sebagai zat pelarut pada pembuatan membran, dikarenakan struktur dan karakteristik membran yang terbentuk dipengaruhi oleh zat pelarut ini (Puntoajeng, 2006). Dalam berbagai teknik pembuatan membran DMAc banyak di pilih sebagai media pelarutnya karena nilai kelarutannya yang tinggi yaitu 22.1 Mpa 12 . Jenis polimer yang digunakan dalam pembuatan membran seperti PES, sangat sulit untuk menjadi larutan homogen jika dicampur dengan bahan aditif lainnya, oleh sebab itu DMAc dipilih sebagai jenis pelarut yang dapat membuat campuran antara polimer PES dan bahan aditif menjadi larutan yang homogen. Karena dilihat dari nilai kelarutannya yang di miliki DMAc yang tinggi (Putoajeng, 2006). Karakteristik yang dimiliki N-Dimethylacetamide DMAc NO N-Dimethylacetamide DMAc

1. Bentuk Cairan tak berwarna
2. Titik lebur $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
3. Titik didih pada 1013 hPa $165\text{ }^{\circ}\text{C}$
4. Massa jenis 0.9366 g/cm^3
5. Sifat kelarutan larut pada semua jenis pelarut
6. Tekanan uap pada $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1.76 hPa
7. Tekanan uap pada $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 6.52 hPa
8. Indeks kelarutan -0.77
9. Titik nyala pada kondisi terbuka $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
10. Titik nyala pada kondisi tertutup $63\text{ }^{\circ}\text{C}$
11. Kemudahan zat dapat menyala $490\text{ }^{\circ}\text{C}$

Sumber: SIDS Initial Assessment Report N-Dimethylacetamide DMAc 2001



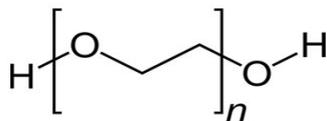
Gambar 3. Struktur ikatan kimia N-Dimethylacetamide

2.4.3 Polietilen Glikol PEG

Polimer sintetis seperti polietilen digunakan sebagai bahan dasar untuk penyusunan membran sintetik. Polimer ini dapat menunjukkan pengaruhnya pada sifat mekanik kekuatan, stabilitas kimia dan termal dari ester selulosa. Polietilen glikol digunakan karena bahan hidrofiliknya (Nurkhamidah et al., 2019).

Polietilen glikol merupakan polimer larut air, tidak berbau dan kekentalannya berbeda-beda tergantung jumlah n yang maksimumnya berjumlah 180. Polimer dengan berat molekul rendah disebut dietil glikol ($n=2$) dan tetra etil glikol ($n=4$), sedangkan polimer dengan berat molekul yang tinggi disebut polietilena glikol (Mudmainah, 2017). Oleh karena nilai n yang bervariasi, sehingga berat molekul dari PEG dapat berkisar antara 150-10.000. Dimana berat molekul 150-700 berbentuk cairan dan berat molekul 1.000-10.000 berbentuk padatan (Sari, 2017). Peningkatan berat molekul aditif PEG juga memberikan kecenderungan yang sama terhadap karakteristik membran yang dihasilkan (Safiah et al, 2018).

Polietilen glikol dipilih dan menonjol karena biayanya yang rendah dan biokompatibilitas yang baik serta dapat menjadi agen pembentuk pori pada membran (Vinodhini et al., 2017)



Gambar 4. Struktur ikatan kimia Polietilen Glikol

2.5 Proses Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi adalah proses membran yang sifatnya berada diantara mikrofiltrasi dan nanofiltrasi. Ukuran pori membran yang digunakan berkisar antara 0,05 μm (pada sisi mikrofiltrasi) hingga 1 μm (pada sisi nano filltrasi). Semua garam terlarut dan molekul yang lebih keil akan melewati membran, sedangkan koloid , protein, kontaminan mikrobiologi, molekul organik berukuran besar akan tertahan. Ada dua produk dan UF yang permeat, yang mengandung komponen yang kecil yang sanggup melewati membrandan retentat yang mengandung endapan (Mulder, 1996).

Operasi membran dapat diartikan sebagai proses pemisahan dua atau lebih komponen dari aliran fluida melalui suatu membran. Membran berfungsi sebagai penghalang (Barrier) tipis yang sangat selektif diantara dua fasa, hanya dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membran (Mulder, 1996). Proses membran melibatkan umpan (cair dan gas), dan gaya dorong (driving force) akibat perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC) dan perbedaan energi (ΔE). Proses membran Ultrafiltrasi (UF) merupakan upaya pemisahan dengan membran yang menggunakan gaya dorong beda tekanan sangat dipengaruhi oleh ukuran dan distribusi pori membran. Proses pemisahan terjadi pada partikel-partikel dalam rentang ukuran koloid. Membran ini beroperasi pada tekanan antara 1-5 bar dan batasan permeabilitasnya adalah 10–50 l/m².jam.bar. Terapan teknologi membran ini untuk dapat menghasilkan air bersih dengan syarat kualitas air minum. Air baku dimasukkan ke bejana yang berisi membran semi permeabel, dengan memberikan tekanan. Ini merupakan proses fisis yang memisahkan zat terlarut dari pelarutnya. Membran hanya dilalui pelarut, sedangkan terlarutnya, baik elektrolit maupun organik, akan ditolak (rejeksi), juga praktis untuk menghilangkan zat organik. Kontaminan lainnya seperti koloid akan tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring (sieve) molekul BM nominal. Membran yang dipakai untuk ultrafiltrasi mempunyai struktur membran berpori dan asimetrik. Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum antara lain yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya

modular sehingga mudah discale up dan tidak butuh kondisi ekstrim (temperatur dan pH). Walaupun demikian, membran mempunyai keterbatasan seperti terjadinya fenomena polarisasi konsentrasi, fouling, yang menjadi pembatas bagi volume air terolah yang dihasilkan dan juga keterbatasan umur membran

2.6 Teknik Pembuatan Membran

Teknik-teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template leaching*, pelapisan (*coating*), dan inversi fasa (Widayanti, N; 2013).

a. *Sintering*

Sintering adalah teknik yang sangat sederhana, bisa dilakukan baik pada bahan anorganik maupun organik. Bubuk dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Selama *sintering* antar muka antara partikel yang berkontak hilang membentuk pori. Teknik ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1 sampai 10 μm .

b. *Stretching*

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

c. *Track-Etching*

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

d. Template-Leaching

Template-Leaching merupakan suatu teknik lain untuk membuat membran berpori yaitu dengan cara melepaskan salah satu komponen (leaching). Teknik ini dapat digunakan untuk membuat membran gelas berpori.

e. Inversi fasa

Proses pembuatan membran pada umumnya menggunakan metode inversi fasa yaitu perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padatan. Proses pemadatan (solidifikasi) ini diawali dengan transisi dari fase satu cairan menjadi fase dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Suatu tahap selama *demixing*, salah satu dari fase cairan tersebut (fase polimer berkonsentrasi tinggi) akan menjadi padat sehingga terbentuk matriks padatan (Widayanti, N ; 2013). Teknik inversi fasa mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mudah dilakukan, pembentukan pori dapat dikendalikan dan dapat digunakan berbagai macam polimer (Wenten, I. G. 2000). Tahapan proses secara umum dalam inversi fasa antara lain: homogenasi, pencetakan, penguapan sebagian pelarut selama waktu penguapan dan dimasukkan ke dalam bak koagulasi. Metode inversi fasa mencakup berbagai macam teknik pengendapan yaitu :

a) Pengendapan dengan penguapan pelarut

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

b) Pengendapan fase uap

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

c) Pengendapan dengan penguapan terkendali

Metode ini memanfaatkan perbedaan volatilitas antara pelarut dan non pelarut. Selama pelarut lebih mudah menguap dari non pelarut maka perubahan komposisi

selama penguapan bergerak ke arah kandungan non pelarut yang lebih tinggi dan konsentrasi polimer yang lebih tinggi. Membran yang terbentuk adalah membran berkulit.

d) Pengendapan Termal

Metode ini membentuk membran dengan cara mendinginkan larutan polimer supaya terjadi pemisahan fase dan penguapan pelarut. Penguapan pelarut sering mengakibatkan terbentuknya membran berkulit untuk mikrofiltrasi. Larutan polimer dengan pelarut tunggal atau campuran lebih diharapkan untuk memudahkan terjadinya pemisahan fasa.

e) Pengendapan Imersi

Metode pengendapan imersi adalah metode yang saat ini sering dipakai untuk membuat membran. Larutan polimer dicetak dalam suatu tempat dan dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang mengandung non pelarut. Membran terbentuk karena pertukaran pelarut dan non pelarut.

Pembuatan membran komposit dalam penelitian ini menggunakan metode pengendapan imersi. Satu-satunya persyaratan untuk membuat membran dengan metode ini adalah polimer yang digunakan harus larut pada pelarutnya atau campurannya. Syarat ini dimaksudkan agar dapat terjadi *liquid-liquid demixing*. *Demixing* ini merupakan proses awal pematatan untuk membentuk membran dan akan terjadi pertukaran pelarut dengan non pelarut pada membran tersebut. Pertukaran pelarut ini menyebabkan polimer tersebut membentuk matriks padatan dan menjadi membran.

2.7 Parameter yang Mempengaruhi Struktur Membran

a. Pemilihan Pelarut dan Non Pelarut

Pemilihan pelarut dan non pelarut merupakan salah satu variabel utama pada proses presipitasi imersi, pelarut dan non pelarut harus saling melarutkan. Umumnya air yang dipilih sebagai non pelarut walaupun non pelarut lain dapat digunakan, sebagai contoh pada penelitian Zhao Song et al., (2014) yang menggunakan larutan asam-basa yaitu HCl dan NaOH sebagai non pelarut dalam bak koagulasi. Pembuatan membran polisulfon (PSf) yang menggunakan N,N-dimetilacetamida (DMAc) sebagai pelarut dan polietilen glikol sebagai zat aditif,

dengan berbagai keasaman non pelarut dalam larutan bak koagulasi.

b. Pemilihan Polimer

Pemilihan polimer sangat berpengaruh karena penggunaan pelarut atau non pelarut pada fase inversi sangat terbatas. Pemilihan polimer akan berdampak terhadap fouling dan stabilitas suhu serta kimia dari membran yang dihasilkan. PAN, PSF dan PES merupakan jenis polimer yang dapat digunakan untuk membuat membran ultrafiltrasi dengan DMAc sebagai pelarut, non pelarutnya HCl, NaOH dan air.

c. Konsentrasi Polimer

Kenaikan konsentrasi pada larutan casting akan menyebabkan kenaikan konsentrasi polimer pada interface, mengakibatkan membran yang dihasilkan akan memiliki ukuran pori yang semakin kecil dan fluks yang rendah.

d. Komposisi Bak Koagulasi

Struktur membran yang terbentuk akan berpengaruh pada penambahan pelarut pada bak koagulasi. Semakin besar konsentrasi pelarut di dalam bak koagulasi berdampak pada penurunan konsentrasi polimer pada interface, sehingga dihasilkan membran dengan ukuran pori semakin besar (Mulder, 1996).

e. Penambahan aditif

Aditif memiliki fungsi yang spesifik. Fungsi tersebut meliputi perlindungan terhadap pengaruh lingkungan seperti penolak nyala, penyerap radiasi ultraviolet, antioksidan, antiozon (stabilitas termal dan kimia), mempermudah pemrosesan, memperbaiki kekuatan mekaniknya (Smallman dan Bhisop, 2000). Efek aditif pada larutan casting tergantung pada sejauh mana pengaruh aditif pada tingkat pengendapan dalam hal ini aditif yang dimaksud ialah PEG. Aditif dalam larutan casting meningkatkan tingkat pengendapan, tetapi jika aditif, misalnya untuk benzene ada dalam larutan casting akan cenderung untuk mengurangi tingkat pengendapan (Idris et al., 2008).

2.8 Karakterisasi Membran

Karakterisasi pada membran diklasifikasikan menjadi beberapa uji, yaitu :

2.8.1 Fluks Membran

Kinerja suatu membran ditentukan oleh dua parameter, fluks dan selektifitas. Fluks volume adalah jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan membran. Permeabilitas akan menentukan harga fluks yang merupakan volume permeat yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu.

Rumus mencari fluks volume:

$$Jv = \frac{V}{A.t}$$

(Sumber: Mulder, M. 1996)

Keterangan:

Jv = fluks volume (L/m² .Jam)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan (m²)

t = waktu (Jam)

2.8.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Karakterisasi morfologi membran menggunakan SEM untuk mengetahui struktur permukaan penampang lintang dan struktur pori membran. Analisis scanning electron microscope menghasilkan sampel dengan resolusi yang tinggi. Batas resolusi SEM adalah 0,01 – 10 μm sedangkan SEM yang lebih kompleks memiliki batas resolusi hingga 0,05 μm (Mulder 1996).

SEM (Scanning Elektron Microscope) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energy tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang

terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas elektron yang berintensitas tertinggi itu. Ketika dilakukan pengamatan terhadap material, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron yang berintensitas tertinggi di scan keseluruhan permukaan material pengamatan. Karena luasnya daerah pengamatan kita dapat membatasi lokasi pengamatan yang kita lakukan dengan melakukan zoon – in atau zoon – out.

SEM (Scanning Elektron Microscope) memiliki resolusi yang lebih tinggi dari pada mikroskop optic. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang memiliki elektron lebih pendek dari pada gelombang optic. Karena makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. SEM mempunyai depthoffield yang besar, yang dapat memfokuskan jumlah sampel yang lebih banyak pada satu waktu dan menghasilkan bayangan yang baik dari sampel tiga dimensi (Anonim, 2012).

2.8.3 Kandungan air

Kandungan air merupakan tingkat kemampuan polimer untuk menyerap air. Sifat ini ditunjukkan oleh adanya gugus yang bersifat hidrofilik dalam rantai polimer. Polimer yang banyak mengandung gugus hidroksil akan bersifat hidrofilik. Kandungan air ini akan mempengaruhi difusivitas penetran melalui membran karena semakin banyak yang terikat dengan membran, akan menyebabkan rantai polimer bebas bergerak, sehingga molekul semakin mudah menembus membran polimer melewati ruang kosong antara rantai polimer dengan rantai lainnya.

2.8.4 Ukuran dan jumlah pori

Pada proses pemisahan menggunakan membran ukuran dan jumlah pori merupakan faktor yang harus dipertimbangkan agar memenuhi standar ultrafiltrasi. Ukuran pori akan menentukan sifat selektifitas membran, yaitu kemampuan dari membran untuk menahan molekul-molekul zat terlarut, sehingga tidak ada yang lolos menembus pori membran. Sedangkan jumlah pori menentukan sifat permeabilitas membran yaitu kemudahan membran untuk

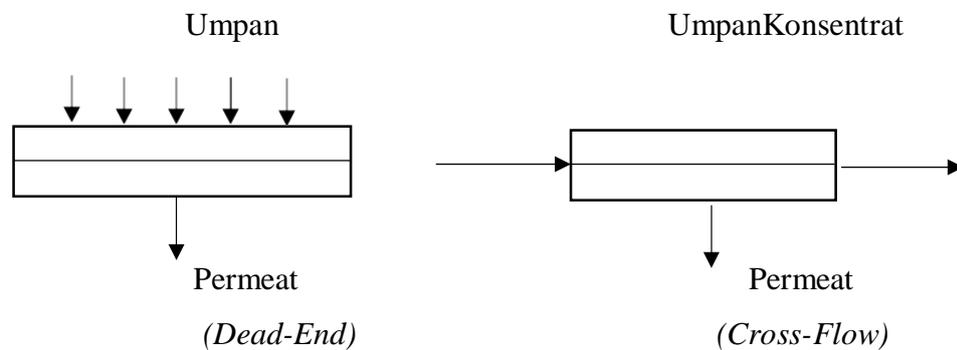
melewatkan molekul- molekul air, dimana jika permeabilitas membran yang dihasilkan tinggi, maka membran layak digunakan.

2.8.5 Ketebalan membran

Ketebalan membran merupakan salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran. Ketebalan membran diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 1-3mm (Ma'ruf, et. al. 2015).

2.9 Tipe aliran membran

Pada dasarnya ada dua type konfigurasi aliran pada proses pemisahan menggunakan membran yaitu type aliran melintas (*Dead-End*) dan aliran silang (*Cross-Flow*). Perbedaan kedua type proses pemisahannya dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 5. type proses pemisahan (Kimura, S, 1995)

Pada filtrasi aliran melintas, umpan dialirkan tegak lurus ke permukaan membran sehingga partikel terakumulasi dan membentuk suatu lapisan pada permukaan membran, hal ini berdampak terhadap penurunan *fluks* dan *rejeks*

Pada type aliran silang (*Cross-Flow*), umpan mengalir sepanjang permukaan membran sehingga hanya sebagian yang terakumulasi.