

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A Pengertian Umum Tentang Membran Filtrasi

Membran merupakan salah satu teknologi alternatif yang banyak digunakan pada saat ini, terutama dalam proses pemisahan dan pemurnian. Teknologi membran ini digunakan sebagai pengganti dari proses pemisahan konvensional yang masih banyak digunakan. Hal ini disebabkan karena teknologi membran ini lebih ramah lingkungan dan juga hemat dalam penggunaan energi. Teknologi membran berkembang dengan pesat, dan seiring dengan berjalannya waktu metode ini mengalami beberapa penyempurnaan. Membran merupakan lapisan tipis antara dua fasa fluida yang bersifat penghalang (barrier) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran berbeda, serta membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya.

Oleh karena itu, membran tergolong sebagai clean technology. Selain itu pemisahan dapat berlangsung kontinyu dan tidak terlalu banyak membutuhkan energi (Mulder, 1996). Pada saat ini, penelitian tentang pemanfaatan polimer alam sebagai membran sedang berkembang, mengingat keteruraiannya yang relatif tinggi di alam. Salah satu jenis polimer alam yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan membran adalah PVA.

Filtrasi Membran adalah penyaringan dengan menggunakan membran. Membran adalah lapisan (lembar) tisu natural atau sintesis yang mempunyai dinding “semi permeable” sehingga dapat memisahkan substansi yang ditekan/dipompakan melalui membran tersebut.

Filtrasi membran yang pada umumnya digunakan adalah; filtrasi mikro, filtrasi ultra (UF) dan reverse osmosi (RO).

Berdasarkan fungsinya membran dibagi menjadi tujuh macam, yaitu membran yang digunakan pada proses reverse osmosis, nanofiltrasi, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dialisa, elektrodialisa dan pervaporasi.

B. Definisi Membran

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 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/filtrate), hasil pemisahan disebut sebagai permeat.

Kekurangan teknologi membran antara lain : fluks (hasil akhir air bersih keluaran membran) dan selektifitas (kemampuan membran untuk menyaring) karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena fluks berbanding terbalik dengan selektifitas. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektifitas dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi fluks dan selektifitas.

C Klasifikasi Membran

Membran yang digunakan dalam pemisahan molekul dapat diklasifikasikan berdasarkan morfologi, kerapatan pori, fungsi, struktur, dan bentuknya.

D 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 simetrik 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 asimetrik dengan lapisan kulit yang rapat pada suatu permukaan. Struktur demikian mengakibatkan solute didalam umpan tertahan dipermukaan membran dan mencegah terjadinya pemblokiran didalam pori.

E 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 sertatipe polimer yang digunakan.

b. Membran Berpori

Membran ini mempunyai ukuran lebih besar dari 0,001 dan kerapatan pori yang lebih tinggi. Membran berpori ini sering digunakan untuk proses ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dan hiperfiltrasi. Selektifitas membran ini ditentukan oleh ukuran pori dan pengaruh bahan polimer

F Berdasarkan Fungsinya

Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya gaya dorong (ΔP) yang mengakibatkan adanya perpindahan massa melalui membran. Berdasarkan fungsinya membran dibagi menjadi tujuh macam, yaitu membran yang digunakan pada proses reverse osmosis, nanofiltrasi, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dialisa, elektrodialisa dan pervaporasi.

a. Reverse Osmosis

Reverse osmosis merupakan proses perpindahan pelarut dengan gaya dorong dan perbedaan tekanan, dimana beda tekan yang digunakan harus lebih besar dari beda tekansosis. Ukuran pori pada proses reverse osmosis 0,0001-0,001 mikron dan berat molekul solute yang digunakan antara ≤ 100 g/mol. Dengan adanya pengembangan membran asimetris, proses reverse osmosis menjadi sempurna, terutama digunakan untuk memproduksi air tawar dari air laut.

b. Nanofiltrasi

Nanofiltrasi adalah proses pemisahan jika ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi tidak dapat mengolah air seperti yang diharapkan. Nanofiltrasi dapat menghasilkan proses pemisahan yang sangat terjangkau secara ekonomis. Tetapi Nanofiltrasi belum dapat mengolah mineral terlarut, warna dan salinasi air, sehingga air hasil olahan (permeat) masih mungkin mengandung ion monovalen dan larutan dengan pencemar yang memiliki berat molekul rendah seperti alkohol. Ukuran pori pada nanofiltrasi 0,001-0,01 mikron dan berat molekul solute yang digunakan antara 100-1000 g/mol.

c. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi mempunyai dasar kerja yang sama dengan reverse osmosis, tetapi berbeda dengan ukuran porinya. Untuk ultrafiltrasi ukuran diameter pori yang digunakan yaitu 0,01-0,1 mikron dengan BM solute antara 1000-500.000 g/mol. Proses pemisahannya ukuran molekul yang lebih kecil dari diameter pori akan menembus membran, sedangkan ukuran molekul yang lebih besar akan tertahan oleh membran.

d. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi mempunyai prinsip kerja yang sama dengan ultrafiltrasi, hanya berbeda pada ukuran pori membran. Pada mikrofiltrasi ukuran diameter pori yang digunakan $\geq 0,1$ mikron dengan BM solute dapat mencapai ≥ 500.000 g/mol. Karena itu proses mikrofiltrasi sering digunakan untuk menahan partikel-partikel dalam larutan suspensi.

e. Dialisa

Dialisa merupakan proses perpindahan molekul (zat terlarut atau solute) dari suatu cairan ke cairan lain melalui membran yang diakibatkan adanya perbedaan potensial kimia dari solute. Membran dialisa berfungsi untuk memisahkan larutan koloid yang mengandung elektrolit dengan berat molekul kecil. Proses secara dialisa sering digunakan untuk pencucian darah pada penderita penyakit ginjal.

f. Elektrodialisa

Elektrodialisa merupakan proses dialisa dengan menggunakan bantuan daya dorong potensial listrik. Elektro dialisa berlangsung relatif lebih cepat dibandingkan dengan dialisa. Pemakaian utamanya adalah desalinasi (penurunan kadar garam) dari juice.

g. Pervaporasi

Pervaporasi merupakan proses perpindahan massa melalui membran dengan melibatkan perubahan fasa didalamnya dari fasa cair ke fasa uap. Gaya dorong proses pervaporasi adalah perbedaan aktifitas pada kedua sisi membran yang menyebabkan terjadinya penguapan karena tekanan parsial lebih rendah daripada tekanan uap jenuh. Pada umumnya selektifitas pervaporasi adalah tinggi, proses

pervaporasi sering digunakan untuk memisahkan campuran yang tidak tahan panas dan campuran yang mempunyai titik azeotrop. Proses pemisahan secara pervaporasi menggunakan membran non pori/dense dan asimetris. Keunggulan proses pervaporasi yaitu penggunaan energi relatif rendah.

G 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 tipe yang berbeda, sehingga dalam perpindahan mengalami hambatan.

H 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.

3. Membran Spiral

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

4. Membran Tubular

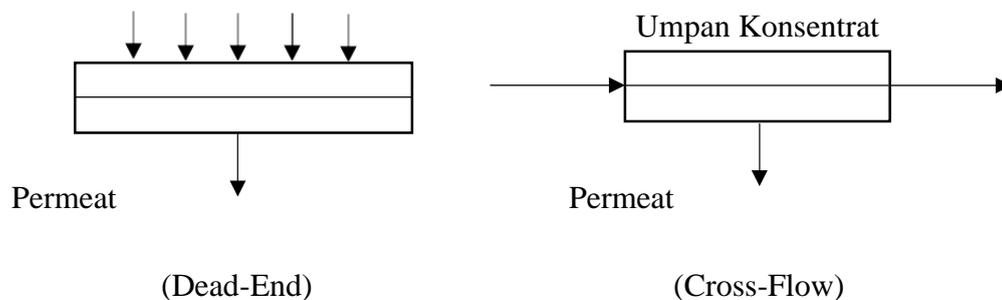
Membran tubular adalah membran yang membentuk pipa memanjang.

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)

I Tipe Aliran Umpan

Pada dasarnya ada dua tipe konfigurasi aliran pada proses pemisahan menggunakan membran yaitu tipe aliran melintas (Dead-End) dan aliran silang (Cross-Flow). Perbedaan kedua tipe proses pemisahannya dapat dilihat pada gambar 0.1 berikut:



Gambar 0.1 Tipe Proses Pemisahan

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

J Karakteristik Membran

Untuk memahami proses pemisahan dengan membran, akan ditentukan karakteristik membran yang hubungannya dengan sifat dan struktur membran seperti kandungan air, ukuran pori, jumlah pori, luas membran, dan ketebalan membran.

K 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 penetrasi 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.

L 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.

M Ketebalan Membran

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

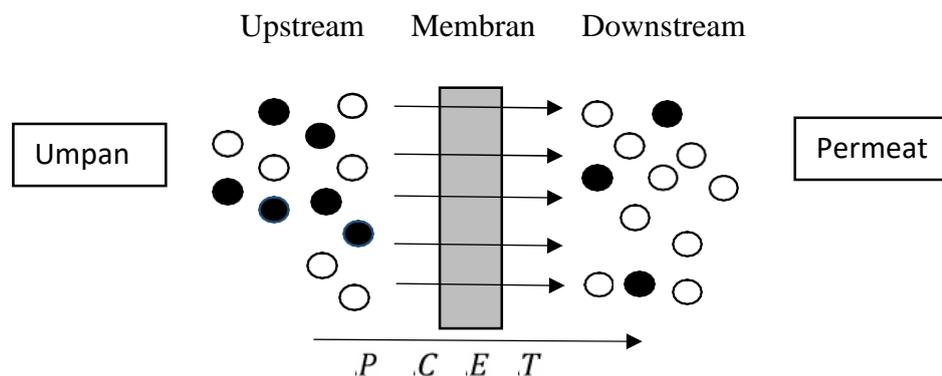
N Luas Membran

Luas membran yang telah dibuat disesuaikan dengan luas modul membrandari rancangan alat, dimana pengukuran panjang dan lebar membran ini dilakukan secara manual dengan menggunakan mistar.

O Prinsip Pemisahan Dengan Membran

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:



Gambar 0.2 Proses Pemisahan dengan Membran (Mulder, M, 1996).

Maka akan terjadi upstream dan downstream. Upstream merupakan sisi umpan terdiri dari bermacam-macam molekul (komponen) yang akan dipisahkan, sedangkan downstream adalah sisi permeat yang merupakan hasil pemisahan. Pemisahan terjadi karena adanya gaya dorong (driving force) sehingga molekul- molekul berdifusi melalui membran yang disebabkan adanya perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC), perbedaan energi (ΔE), perbedaan temperatur (ΔT). Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses pemisahan dengan membran meliputi:

- a. Interaksi membran dengan larutan
- b. Tekanan
- c. Temperatur
- d. Konsentrasi polarisasi

Dalam penggunaannya, pemilihan membran didasarkan pada sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Stabil terhadap perubahan temperatur
- b. Mempunyai daya tahan terhadap bahan-bahan kimia
- c. Kemudahan untuk mendeteksi kebocoran
- d. Kemudahan proses penggantian
- e. Efisiensi pemisahan

Prinsip proses pemisahan dengan membran adalah pemanfaatan sifat membran, dimana dalam kondisi yang identik, jenis molekul tertentu akan berpindah dari satu fasa fluida ke fasa lainnya. Disisi lain membran dalam kecepatan yang berbeda-beda, sehingga membran bertindak sebagai filter yang sangat spesifik, dimana satu jenis molekul akan mengalir melalui membran, sedangkan jenis molekul yang berbeda akan tertangkap oleh membran. Driving force yang memungkinkan molekul untuk menembus membran antara lain adanya perbedaan suhu, tekanan atau konsentrasi fluida. Driving force ini dapat dipicu antara lain dengan penerapan tekanan tinggi, atau pemberian tegangan listrik.

Terdapat dua faktor yang menentukan efektivitas proses filtrasi dengan membran : faktor selektivitas dan faktor produktivitas. Selektivitas adalah keberhasilan pemisahan komponen, dinyatakan dalam parameter Retention (untuk sistem larutan), atau faktor pemisahan [α] (untuk sistem senyawa organik cair atau campuran gas). Produktivitas didefinisikan sebagai volume/massa yang mengalir melalui membran per satuan luas membran dan waktu, dan dinyatakan dalam parameter fluks. Nilai selektivitas dan produktivitas sangat bergantung pada jenis membran.

P Membran Ultrafiltrasi

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 tekan 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 antarlain yaitu memerlukan energi

yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah discaleup 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.

Q Keunggulan Dan Kelemahan Teknologi Membran

Jika dibandingkan dengan teknologi pemisahan lainnya, keunggulan dari teknologi membran antara lain adalah :

1. Proses pemisahan dapat dilaksanakan secara berkesinambungan (continuous).
2. Konsumsi energi umumnya rendah.
3. Dapat dengan mudah dipadukan dengan teknologi pemisahan lainnya (hybrid).
4. Umumnya dioperasikan dalam kondisi sedang (bukan pada tekanan dan temperatur tinggi) dan sifat membran mudah untuk dimodifikasi.
5. Mudah untuk melakukan up-scaling.
6. Tidak memerlukan aditif.

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

1. Penyumbatan/fouling.
2. Umur membran yang singkat.
3. 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 dilakukan, 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.

R Kerangka Teori

Input	Proses	Output
Air Limbah	Pengolahan Air Limbah	Air Limbah Terolah

S Kerangka Konsep

Input	Proses	Output
Kadar Coliform	Pengolahan Air Limbah	Kadar Coliform Terolah

Membran Mikrofiltrasi tahap 1
Membran Mikrofiltrasi tahap 2
Mengetahui jumlah air tahap 3