

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Tentang Membran

Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori berbentuk seperti tabung atau film tipis, bersifat semifermiabel yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molecular (spesi) dalam suatu sistem larutan. Spesi yang memiliki ukuran yang lebih besar dari porimembran akan tertahan sedangkan spesi dengan ukuran yang lebih kecil dari pori membran akan lolos melalui pori membran. Kemudian membran untuk dilewati oleh suatu spesi dinyatakan dengan koefisien permeabilita. Pada poros pemisahan, selektifitas pemisahan dinyatakan dengan koefisien rejeksi. Besaran ini dipengaruhi oleh karakteristik membran. Karakteristik solute yang akan dipisahkan dan karakteristik prose itu sendiri (Notodarmojo, suprihanto dan Anne Deniva,2004).

Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran yang lebih besar dari pori-pori membran dan melewati komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permiat. Filtrasi dengan menggunakan membran selain berfungsi sebagai sarana pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suasana larutan yang dilewatkan pada membran tersebut (Agustina,S. Dkk : 2010).

2.2 Jenis-Jenis membran

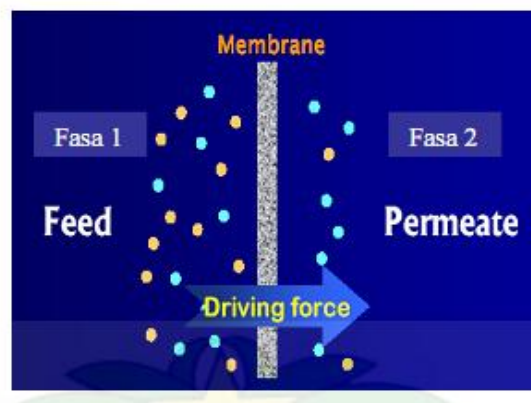
Berdasarkan jenis pemisahan dan strukturnya, membran dapat dibagi menjadi 3 kategori :

- a. Porous membran. Pemisahan berdasarkan atas ukuran partikel dari zat-zat yang akan dipisahkan. Hanya partikel dengan ukuran tertentu yang dapat melewati membran sedangkan sisanya tertahan. Berdasarkan klasifikasi dari IUPAC, pori dapat dikelompokan menjadi *macroporos* (>50mm) mesopores (2-50mm) dan s (<2mm). Porous membran digunakan pada *microfiltrasi* dan *ultrafiltrasi*.

- b. Non-porous membran. Dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama, baik gas maupun cairan. Pada non-porous membran, tidak terdapat pori seperti halnya porous membran. Perpindahan molekul terjadi melalui mekanisme difusi. Jadi, molekul terlarut didalam membran, baru kemudian berdifusi melewati membran tersebut.
- c. Carrier membran. Pada carrier membran, perpindahan terjadi dengan bantuan carrier molecule yang mentransformasikan komponen yang diinginkan untuk melewati membran. Carrier molecule memiliki afinitas yang spesifik terhadap salah satu komponen sehingga pemisahan dengan selektivitas yang tinggi dapat tercapai.

2.3 Kinerja Membran

Menurut Nasir, Subriyer 2011 kinerja atau efisiensi perpindahan didalam membran ditentukan oleh dua parameter yaitu:



Sumber : Farida Hanum (2011)

Gambar 1 . skema proses pemisahan dengan membran

a. Permeabilitas

Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau fluks adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Pada proses filtrasi nilai fluks yang umum dipakai adalah fluks volume larutan umpan yang dapat melewati membran persatuan satuan waktu persatuan luas membran. Faktor

yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas arutan serta tekanan dari luar.

b. Selektifitas

Selektifitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu alat membran keramik menahan suatu suspensi atau melewati suatu suspensi tertentu lainnya. Faktor yang mempengaruhi selektifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, larutan umpan dan ukuran pori.

Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektifitas membran adalah koefisien rejeksi (R), yaitu fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran.

Menurut Scott dan Hughes, 1996 yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya :

1. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. pada pembuatan membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus. Sebagai contoh untuk membran protein kedelai yang dihidrolisis menggunakan ukuran membran 5000 MWCO, 10.000 MWCO dan 50.000 MWCO.

2. Bentuk Membran

Membran dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, bentuk datar, bentuk tabung dan bentuk serat berongga

3. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan mempengaruhi pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori.

4. Karakteristik Larutan

Karakteristik larutan ini mempunyai pengaruh terhadap permeabilitas membran. karakteristik larutan ini mempunyai efek pada permeability membran.

5. Parameter Operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi.

2.4 Membran Keramik

Membran keramik dibentuk dari kombinasi logam (aluminium, titanium, zirconium) dengan non logam dalam bentuk oksida, nitrida atau karbida. Contohnya adalah membran alumina atau zirkonia. Membran gelas juga biasa digolongkan kedalam membran keramik. Namun tampilan fisiknya yang berbeda membuatnya dimasukkan kedalam golongan tersendiri, selain itu ada perbedaan pada teknik pembuatannya. Membran gelas biasanya dibuat dari silika. Sedangkan membran berbasis zeolit berasal dari lempung zeolit memiliki struktur rangka berpori mirip sangkar.



Gambar 2. Membran Keramik

Aplikasi membran keramik dapat diketahui dari namanya bahwa membran digunakan untuk memisahkan suatu zat dari kumpulannya berdasarkan perbedaan ukuran partikel. Untuk lebih sederhana mungkin bisa dibayangkan proses penyaringan air. Proses ini menjadi demikian penting saat ini karena beberapa solusi untuk masalah pemisahan biasanya menghasilkan masalah baru. Salah satu contoh dari masalah yang paling populer mungkin adalah proses pengolahan limbah.

Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya terhadap senyawa kimi, degradasi biologis ataupun mikroba. Sifat-sifat menunjukkan keunggulan bila dibandingkan dengan membran yang terbuat dari senyawa polimer, dan relatif mudah untuk dibersihkan dengan cleaning agent. Ketahanan

terhadap zat kimia menyebabkan membran keramik banyak digunakan pada processing makanan, produk bioteknologi dan farmasi (Nasir, Subriyer 2011).

Kekurangan membran keramik terutama timbul dari proses preparasinya dimana sangat sulit mencapai kualitas produk akhir yang reproducible. Hal ini karena pada dasarnya sifat brittle dari membran keramik membuatnya lebih mahal daripada system membran polimer. Selain itu harga sistem membran meningkat signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan sifat-sifat produk, antara lain porositas, ukuran pori, reproducibility, dan reliability. Kekurangan teknologi membran lainnya : fluks dan selektifitas karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena fluks berbanding terbalik dengan selektivitasnya. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektivitas dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi fluks dan selektivitas (Nasir, Subriyer 2011).

2.4.1 Metode Pembuatan Membran Keramik

Membran Keramik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah dibuat dengan metoda yang sama seperti pembuatan keramik. Secara garis besar langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan keramik adalah :

1. Pemilihan bahan dasar (*raw material selection*)

Pada tahapan ini, bahan dasar dipilih berdasarkan kebutuhan. Beberapa hal yang dipertimbangkan adalah karakteristik dari material yang ingin dihasilkan, biaya dan kemudahan dalam memperoleh bahan tersebut. Bahan dasar kemudian diolah lebih lanjut hingga siap untuk diproses menjadi *powder*.

2. Pembuatan Powder (*powder preparation*)

Umumnya bahan dasar pembuatan keramik selalu dalam bentuk *powder*. Terdapat beberapa keuntungan dari dibuatnya *powder*, diantaranya untuk memperkecil ukuran partikel dan memodifikasi distribusi ukurannya. Pembuatan powder dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan penggerusan manual seperti mortar atau *ball mill*.

3. Pencampuran

Setelah bahan baku atau sampel sudah menjadi powder dilakukan proses pencampuran bahan baku sehingga homogen dengan bantuan sedikit air.

4. Pencetakan dilakukan dengan menggunakan pencetak khusus untuk membuat membran keramik kemudian dilakukan proses pengeringan.

5. Pengeringan

Dalam pembuatan membran ini dilakukan tiga tahap proses pengeringan yang mana tahap pertama dengan bantuan sinar matahari, pemanasan dengan suhu tinggi.

2.4.2 Bahan Dasar Membran Keramik

1. Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat memiliki sifat paling stabil dan paling tahan tererosi. Agar tanah liat dapat digunakan untuk membentuk benda keramik maka harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:



Sumber : www.google.com

Gambar 3. Tanah Liat berbentuk serbuk

1. Sifat Plastis

Sifat plastis berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan sehingga benda yang dibentuk tidak akan mengalami keretakan, pecah atau berubah bentuk.

2. Memiliki kemampuan bentuk

Tanah liat juga harus memiliki kemampuan bentuk yaitu kualitas penompang bentuk selama proses pembentukan berlangsung yang berfungsi sebagai penyangga.

3. Susut kering dan susut bakar

Tanah liat yang terlalu plastis biasanya memiliki persentase penyusutan lebih dari

15%, sehingga apabila tanah liat tersebut dibentuk akan memiliki resiko retak dan pecah yang tinggi.

4. Suhu kematangan (vitriifikasi)

Suhu bakar keramik berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu keadaan benda keramik yang telah mencapai kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk.

5. Porositas

Fluks membran keramik secara langsung berhubungan dengan porositas, dimana membran keramik yang bagus adalah membran dengan porositas tinggi. tetapi tidak menurunkan kekuatan mekanik membran tersebut.

2. Zeolit

Zeolit (*Zeinlithos*) atau berarti juga batuan mendidih, di dalam riset-riset kimiawan telah lama menjadi pusat perhatian. Setiap tahunnya, berbagai jurnal penelitian di seluruh dunia, selalu memuat pemanfaatan zeolit untuk berbagai aplikasi, terutama yang diarahkan pada aspek peningkatan efektivitas dan efisiensi proses industry. Struktur zeolit sejauh ini diketahui bermacam-macam, tetapi secara garis besar strukturnya terbentuk dari unit bangun primer, berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder polihedral dan membentuk polihendra dan akhirnya unit struktur zeolit (Sinly Evan Putra. 2007).



Sumber : Sinly Evan Putra, 2007

Gambar.4 zeolit

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H_2O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H_2O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara

reversibel. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi (Sinly Evan Putra. 2007).

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak.

2.4.3 Karakteristik Membran

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi membran berpori, yaitu mikroskop elektron, metode gelembung udara (bubble point), dan pengukuran permeasi (Scott et al, 1996). Scanning Elektron Microscope (SEM) dan Transmission Elektron Microscope (TEM) adalah alat dapat digunakan untuk pengamatan langsung. Perbedaan mendasar dari TEM dan SEM adalah pada cara bagaimana elektron yang ditembakkan pada pistol elektron mengenai sampel. Pada TEM, sampel yang disiapkan sangat tipis sehingga elektron dapat menembusnya kemudian hasil dari tembusan elektron tersebut yang diolah menjadi gambar. Kelemahan yang dihadapi adalah karena karena sampel yang yang diperlukan sangat tipis, maka diperlukan waktu yang lama untuk preparasi dan kekhawatiran terjadi kerusakan struktur sampel. Sedangkan pada SEM sampel tidak ditembus oleh elektron sehingga hanya pendaraan hasil dari tumbuhan elektron dengan sampel yang ditangkap oleh detektor dan diolah. Penggunaan SEM lebih mudah karena sampel yang diperlukan tidak setipis sampel yang digunakan pada TEM.

Sifat mekanik dan struktur pori termasuk parameter dalam penentuan karakteristik membran. Sifat fisik mekanik dan struktur pori sangat dipengaruhi oleh jenis bahan pembuat dan proses pembuatan membran. Sedangkan kinerja membran pada saat pengoperasian terutama ditentukan oleh distribusi dan ukuran pori membran (Mallevalle et al, 1996). Sebelum uji fluks air, terlebih dahulu dilakukan kompaksi juga dapat membuat pori membran menjadi lebih seragam, lembaran membran menjadi lebih kaku, dan juga untuk memperoleh harga fluks air yang konstan pada tekanan operasional yang diberikan (Mahendran et al, 2004)

Kinerja atau efisiensi proses membran ditentukan oleh dua parameter, yaitu selektivitas dan fluks/laju permeasi (L/m^2 jam atau kg/m^2 atau mol/m^2 .jam) atau koefisien permeabilitas (L/m^2 .jam.bar). Fluks adalah jumlah permeat yang dihasilkan pada operasi membran persatuan luas permukaan membran dan persatuan waktu. Fluks dapat dinyatakan sebagai berikut (Mulder,1996):

$$J_v = V / (A.t) \quad (1)$$

Dimana : j_v = fluks volume (L/m^2 .jam)

t = waktu (jam)

A = luas permukaan membran (m^2)

V = volume permeat (L)

Fluks merupakan salah satu parameter kinerja membran yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (i) parameter operasional seperti konsentrasi umpan, suhu, laju alir, dan tekanan, (ii) sifat-sifat fisik larutan umpan, dan (iii) faktor desain. Kenaikan konsentrasi umpan menyebabkan fluks akan turun. Perubahan konsentrasi umpan akan merubah harga viskositas, densitas, dan diffusifitas larutan umpan. Demikian juga, peningkatan suhu dapat menaikkan fluks baik pada daerah yang dikendalikan oleh tekanan atau yang dikendalikan oleh perpindahan massa. Fluks dapat juga dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas. Nilai permeabilitas untuk membran dalam melewati pelarut. Koefisien permeabilitas untuk membran jenis proses ultrafiltrasi berada pada kisaran $0,5 m^3/m^2$.hari.bar ($20 L/m^2$.jam .bar) – $5 m^3/m^2$.hari.bar ($200 L/m^2$.jam.bar) (Wenten,1999).

Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran menahan atau melewati suatu molekul. Selektivitas membran tergantung pada interaksi antar permukaan dengan molekul, ukuran molekul, dan ukuran pori

membran. Selektivitas umumnya dinyatakan oleh satu dari dua parameter, yaitu retensi/rejeksi (R) atau faktor pemisahan (α). Menurut Mulder 1996 nilai rejeksi suatu zat padat terlarut (solute) dinyatakan sebagai berikut :

$$R(\%) = \left(1 - \frac{C_{permeat}}{C_{umpan}}\right) \times 100\%$$

Dimana : R = persentasi tahanan

C permeat = konsentrasi partikel dalam permeat

C umpan = konsentrasi partikel dalam umpan

Nilai R bervariasi antara 0 – 100%, dimana R 100% artinya terjadi pemisahan sempurna, dalam hal ini membran semi permeabel ideal sedangkan nilai R 0% berarti partikel semua lolos dari membran. Suatu fenomena umum yang sering ditemukan dalam suatu proses pemisahan dengan membran, yaitu apabila fluks membran besar maka rejeksi juga akan rendah, demikian pula sebaliknya jika rejeksi tinggi maka fluks juga akan rendah. Biasanya membran yang baik memiliki porositas permukaan yang tinggi (fraksi pori/luas permukaan) dan distribusi ukuran pori yang sesempit mungkin sehingga perlu dilakukan suatu optimasi terhadap perlakuan membran untuk mendapatkan fluks dan rejeksi yang tinggi (Mulder, 1996)

Parameter membran dapat ditentukan berdasarkan nilai rejeksi suatu zat padat terlarut yang diketahui berat molekulnya. Berat molekul mempunyai hubungan linear dengan jari-jari atau ukuran pori membran. Pengukuran rejeksi padatan (Solute Rejection Measurements) biasanya dinyatakan sebagai Molecular Weight Cut Off (MWCO) dan banyak digunakan untuk mengkarakterisasi membran ultrafiltrasi. MWCO didefinisikan sebagai bobot molekuler suatu zat terlarut yang 80%-90% dapat direjeksi oleh membran. (Scott dan Hughes, 1996 ; Mahendran et al., 2004)

2.5 Proses Pemisahan Dengan Membran

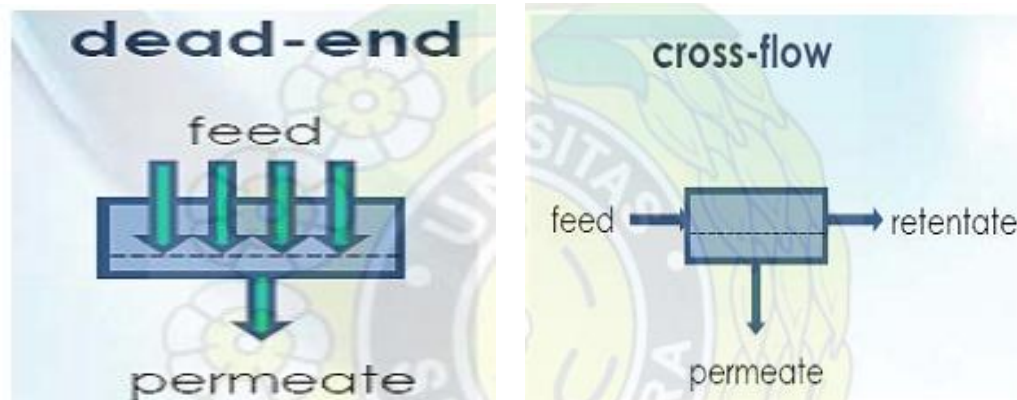
Teknologi membran telah tumbuh dan berkembang dinamis sejak pertama kali dikomersilkan oleh Sartorius-Walke di Jerman pada tahun 1927, khususnya untuk membrane mikrofiltrasi. Pengembangan dan aplikasi teknologi ini semakin beragam dan penemuan-penemuan baru pun semakin banyak dipublikasikan. Teknologi membran pada akhirnya menjadi salah satu teknologi alternatif yang

paling kompetitif saat ini akibat adanya permintaan alternatif yang paling kompetitif saat ini akibat adanya permintaan yang sangat besar terutama untuk aplikasi proses desalinasi.

Saat ini teknologi pemisahan membran sedang menjadi topik menarik baik kalangan industri maupun lembaga riset dan pengembangan. Teknologi ini berkembang sejalan dengan perkembangan ilmu polimer dan penemuan *Scanning electron microscope* (SEM). Perkembangan teknologi membran berlangsung cepat dimulai ketika beberapa ilmuwan dan insinyur kimia menemukan kemungkinan penggunaan *reverse osmosis* (RO) untuk proses desalinasi air laut dan air payau dengan tujuan hemat energy. Program ini meraih sukses dan diikuti sukses lain ketika proses ini juga berhasil diaplikasikan untuk proses pemisahan dengan skala yang lebih besar yaitu untuk pengolahan limbah cair industri (Cheryn, 1986)

Teknologi pemisahan menggunakan membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses pemisahan konvensional lain seperti distilasi dan evaporasi. Keunggulan yang dimilikii antara lain:

1. Pemisahan berdasarkan ukuran molekul, sehingga pemisahan dapat beroperasi pada temperatur rendah (temperatur ambient). Hal ini dapat menghindari kerusakan zat pelarut maupun partikel terlarut yang sensitif terhadap panas.
2. Pemakaian energi yang relatif rendah, karena biasanya pemisahan menggunakan membran tidak melibatkan perubahan fase, namun temperatur yang dibutuhkan jauh lebih rendah dari pada titik didih larutan akan dipisahkan.
3. Tidak menggunakan menggunakan zat kimia dan tidak ada tambahan produk
4. Bersifat modular, artinya di *scale-up* dengan memperbanyak unitnya.
5. Dapat digabungkan dengan jenis operasi lainnya (Wenten, 2011)



Sumber : Farida Hanum , 2011

Gambar 5. Pola aliran dalam membran

2.5.1 Prinsip pemisahan dengan membran

Pada prinsipnya proses pemisahan dengan menggunakan membran adalah proses pemisahan antara pelarut dan zat terlarut. Pelarut dipisahkan dari zat terlarut yang akan tertahan pada membran dan disebut dengan konsentrat, sedangkan pelarut akan lolos melalui membran dan dinamakan permeat.

Kecepatan aliran komponen yang dipisahkan bergantung kepada jenis gaya pendorong dan karakteristik membran. Jenis gaya pendorong yang ada pada pemisahan dengan menggunakan membran yaitu perbedaan tekanan perbedaan konsentrasi dan perbedaan temperatur (Hanum, Farida. 2009).

2.5.2 Klasifikasi Membran

Pada umumnya membran dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu kategori berdasarkan bentuk, kategori berdasarkan fungsi, dan kategori berdasarkan bentuk aliran dengan penjelasan sebagai berikut (Nasir,Subrayer 2011):

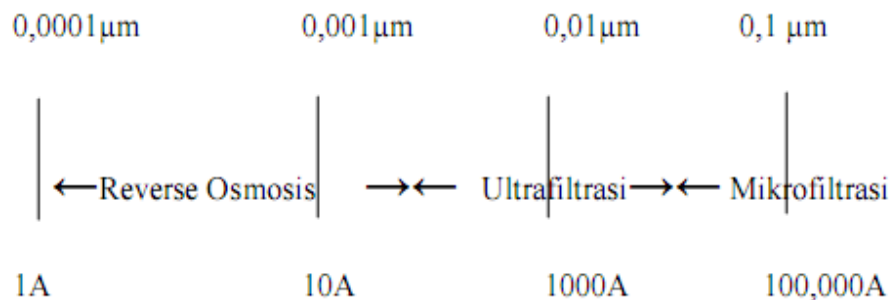
Berdasarkan bentuknya membran dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

- a. Membran datar
 - Membran datar yang memiliki satu lembar saja
 - Membran datar yang tersusun bertingkat-tingkat
 - Membran spiral bergulung
- b. Membran Tubular
 - Membran serat berongga (diameter<0,5mm)

- Membran kapiler (diameter 0,5-5,0mm)
- Membran tubular (diameter >5mm)

Berdasarkan fungsinya membran dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis yaitu sebagai berikut (Hanum,2009) :

- Membran mikrofiltrasi
- Membran ultrafiltrasi
- Membran osmosis balik
- Nanofiltrasi
- Membran dialis
- Membran elektrodialis



Sumber : Farida Hanum, 2011

Gambar 6. Ukuran pori membran mikrofiltrasi ,ultrafiltrasi,dan osmosis balik

Menurut Siti Agustina Dkk 2010 Teknologi Membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain :

- Pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu.
- Konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah.
- Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (hybride processing)
- Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan
- Mudah dalam scale up.
- Tidak perlu adanya bahan tambahan.
- Molekul membran bervariasi sehingga mudah diadaoptasikan pemakaiannya.

2.6 Limbah

Limbah adalah suatu sampah dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1 dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik. Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit telah mendorong tumbuhnya industri-industri pengolahan, diantaranya pabrik minyak kelapa sawit (PMKS) yang menghasilkan crude palm oil (CPO). PMKS merupakan industri yang sarat dengan residu pengolahan. PMKS hanya menghasilkan 25-30% produk utama berupa 20-23% CPO dan 5-7% inti sawit (kernel). Sementara sisanya sebanyak 70-75% adalah residu hasil pengolahan berupa limbah (William, 2011)

Limbah perkebunan kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan dari sisa tanaman yang tertinggal pada saat pembukaan areal perkebunan, peremajaan dan panen kelapa sawit. Limbah ini digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, cair, gas (Kurniaty, Elly 2008).

a. Limbah Padat

Salah satu jenis limbah padat industri kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit dan cangkang kelapa sawit. Limbah padat mempunyai ciri khas pada komposisinya

b. Limbah Cair

Limbah Cair ini berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi dan dari hidrosilikon. Lumpur (sludge) disebut juga lumpur primer yang berasal dari proses klarifikasi merupakan salah satu limbah cair yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit, sedangkan lumpur yang telah mengalami proses sedimentasi disebut lumpur sekunder.

c. Limbah Gas

Selain limbah padat dan cair, industri pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah bahan gas. Limbah bahan gas ini antara lain gas cerobong dan uap air buangan pabrik kelapa sawit.

2.6.1 Limbah Cair Pabrik kelapa Sawit

Limbah cair industri kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan(sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon. Limbah cair industri minyak kelapa sawit mengandung bahan organik yang sangat tinggi, sehingga kadar bahan pencemaran akan semakin tinggi (Kardila. V, 2011).

Limbah cair industri minyak kelapa sawit mengandung bahan organik yang sangat tinggi yaitu BOD 25.000 mg/l, dan COD 48.000 mg/l sehingga kadar bahan pencemaran akan semakin tinggi. Oleh sebab itu untuk menurunkan kandungan kadar bahan pencemaran diperlukan degradasi bahan organik. Secara umum dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair industri kelapa sawit adalah tercemarnya badan air penerima yang umumnya sungai karena hampir setiap industri minyak kelapa sawit berlokasi didekat sungai. Limbah cair industri kelapa sawit bila dibiarkan tanpa diolah lebih lanjut akan terbentuk ammonia, hal ini disebabkan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut terurai dan membentuk ammonia. Terbentuk ammonia ini akan mempengaruhi kehidupan biota dan dapat menimbulkan bau busuk (Aswir, 2006)

Limbah cair pabrik kelapa sawit ini umumnya bersuhu tinggi 70-80°C, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupakoloid dan residu minyak dengan BOD (*biological oxygendemand*) dan COD (*chemicaloxygen demand*) yang tinggi. Apabila limbah cair ini langsung dibuang keperairan dapat mencemari lingkungan. Jika limbah tersebut langsung dibuang keperairan, maka sebagian akan mngendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan dapat merusak ekosistem perairan. Sebelum limbah cair ini dapat dibuang ke lingkungan harus terlebih dahulu diolah agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (Kg/ton)
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan lemak	25	0,0063
Nitrogen total (sebagai N)	50,0	0,125
Nikel (Ni)		0,5 mg/l
Kobal (Co)		0,6 mg/l
Ph		6,0-9,0
Debit Limbah Maksimum	2,5 m ³ per ton produk minyak sawit (CPO)	

*Peraturan Gubernur Sumatra Selatan Nomor 8 tahun 2012

2.6.2 Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (PKS)

Teknik pengolahan limbah cair yang biasanya diterapkan di PKS adalah (Kardila, Vaine 2011):

1. Kolom pengumpulan (fat fit)

Kolam ini berguna untuk menampung cairan-cairan yang masih mengandung minyak yang berasal dari air kondensat dan stasiun klarifikasi.

2. Kemudian dimasukkan ke unit deoiling ponds untuk dikutip minyaknya dan diturunkan suhunya dari 70-80°C melalui menara atau bak pendingin

3. Kolam Pengasaman

Pengasaman bertujuan agar limbah cair yang mengandung bahan organik lebih mudah mengalami biodegradasi dalam suasana anaerobik. Waktu penahanan hidrolisis (WHP) limbah cair dalam kolam pengasaman ini lebih dari 5 hari. Limbah dinetralkan terlebih dahulu dengan menambahkan kapur tohor hingga mencapai pH antara 7,0-7,5.

4. Kolam anaerobik primer

Pada proses memanfaatkan mikroba dalam suasana anaerobik atau aerobik untuk merombak BOD dan biodegradasi bahan organik menjadi senyawa asam dan gas. WHP dalam kolam ini mencapai 40 hari.

5. Kolam anaerobik sekunder

Adapun WHP limbah dalam kolam ini mencapai 20 hari. Kebutuhan lahan untuk kolam anaerobik primer dan sekunder mencapai 7 hektar untuk PKS dengan kapasitas 30 ton TBS/jam

6. Kolam pengendapan

Kolam pengendapan ini bertujuan untuk mendapatkan lumpur- lumpur yang terdapat dalam limbah cair. Ini merupakan pengolahan terakhir sebelum limbah dialirkan ke badan air dan diharapkan pada kolam ini limbah sudah memenuhi standar baku mutu air sungai (Pedoman pengelolaan limbah industri kelapa sawit).

2.6.2 Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Pengolahan minyak kelapa sawit menghasilkan hasil samping berupa jangjangan kosong, *solid* basah, cangkang, serabut, dan effluent/limbah cair yang dikenal dengan istilah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) (Irfaan, Hulman.2009)

By product dari kegiatan pengolahan PKS masing-masing memiliki potensi untuk dimanfaatkan sehingga mempunyai nilai ekonomi yang tidak sedikit. Potensi dan pemanfaatan limbah pengolahan PKS disajikan pada Tabel 2. (PT. SP, 2000)

Tabel 2 . Jenis, potensi, dan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit

Jenis	Potensi per ton TBS (%)	Manfaat
Tandan kosong	23,0	Pupuk kompos, pulp kertas, papan partikel, energy
Wet Dekanter Solid	4,0	Pupuk,kompas,makanan ternak
Cangkang	6,5	Arang,karbon aktif,papan partikel
Serabut (fiber)	13,0	Energi, pulp kertas,papan partikel
Limbah Cair	50,0	Pupuk air irigasi
Air kondensat		Air umpan boiler

Sumber (PT. SP,2000)