

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Tentang Membran

Membran merupakan suatu media berpori berbentuk seperti tabung atau film tipis, bersifat semipermeabel yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekular (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 melalui pori membran. Kemudian membran yg dilewati oleh suatu spesi dinyatakan dengan koefisien permeabilitas. 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 permeat. 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

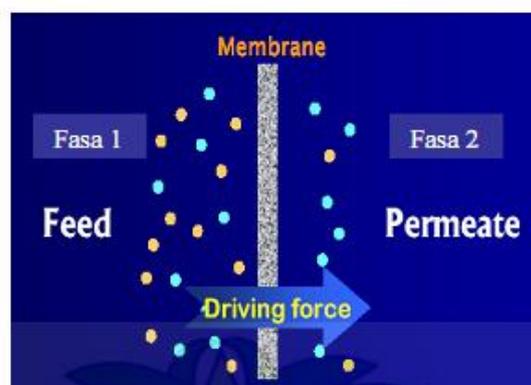
Menurut Mulder (1996), berdasarkan jenis pemisahan dan strukturnya, membran dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- 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. 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 selektifitas yang tinggi dapat tercapai.

2.3 Kinerja Membran

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



Sumber : Hanum, Farida. (2009)

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.

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.

5. Parameter Operasional

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

2.4 Membran Keramik

Keramik adalah suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Keramik memiliki karakteristik yang memungkinkan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang meliputi kapasitas yang baik, konduktivitas panas rendah, tahan korosi, keras, kuat namun agak rapuh. Disamping karakteristik tersebut, keramik juga memiliki sifat kelistrikan yang meliputi insulator, semikonduktor, sifatnya dapat magnetik dan non magnetik. Umumnya senyawa keramik lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia dibandingkan elemennya. Bahan baku keramik yang umumnya dipakai adalah felspar, Ball clay, kwarsa, kaolin dan air.



Gambar 2. Membran Keramik

Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya terhadap senyawa kimia, degradasi biologis ataupun mikroba. Sifat-sifatnya 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).

Selain membutuhkan lahan yang tidak terlalu luas, keunggulan membran yang lain terdapat pada material bahan baku membran. Material bahan baku membran sangat bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya salah satunya adalah silika. Silika merupakan bahan yang menarik untuk penggunaan bahan baku membran anorganik karena struktur silikanya relative stabil dalam rentang temperature yang luas hingga 1000 °C. (Puspayana, Dwi Rukmana dan Aliya Damayanti, 2013)

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 sistem 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 adalah 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

Menurut Ismaniar (2014), membran keramik yang akan digunakan dalam penelitian ini 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. *Powder* harus dibuat dengan ukuran sekecil mungkin karena kekuatan mekanik dari keramik berbanding terbalik dengan ukuran *powder*. Pembuatan powder dapat dilakukan dengan menggunakan penggerusan manual seperti mortar atau *ball mill*.

3. Pencampuran

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

4. Pencetakan

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

5. Pengeringan

Pengeringan pembuatan membran ini dilakukan dalam dua tahap yaitu dengan bantuan sinar matahari dan pemanasan dengan suhu tinggi.

2.4.2 Bahan Dasar Membran Keramik

1. Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat memiliki sifat paling stabil dan paling tahan erosi. 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. (Nasir, S. dkk: 2013)

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 industri. 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).

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serbaguna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion.



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).

3. Abu Terbang Batubara (*Fly Ash*)

Pemanfaatan limbah abu terbang batubara menjadi suatu produk merupakan salah cara dalam mengatasi limbah yang dihasilkan. Selain dapat meningkatkan nilai ekonomisnya, proses pemanfaatan limbah abu terbang juga mengurangi jumlah dan dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat sekarang ini, pemanfaatan abu terbang batubara sering digunakan sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton, karena mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan seperti alumina dan silika sehingga sesuai digunakan sebagai bahan baku konstruksi (Hidayat,2009).

Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Secara kimia abu batubara merupakan mineral alumino silikat yang banyak mengandung unsur-unsur Ca, K, dan Na disamping juga mengandung sejumlah kecil unsur C dan N. Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya (Nasir,S. dkk: 2013).

4. Pasir Silika

Di alam, pasir kuarsa ditemukan dengan kemurnian yang bervariasi bergantung kepada proses terbentuknya disamping adanya material lain yang ikut selama proses pengendapan. Material pengotor tersebut bersifat sebagai pemberi warna pada pasir kuarsa, dan dari warna tersebut dapat diperkirakan derajat kemurniannya. Pada umumnya, di alam, pasir kuarsa ditemukan dengan ukuran butir bervariasi dalam distribusi yang melebar, mulai dari fraksi halus (0,06 mm) sampai dengan ukuran kasar (2 mm). (Prayogo Teguh,2012).

5. Serbuk Besi

Salah satu daerah tambang pasir besi di pesisir Selatan Pulau Jawa adalah daerah Kutuarjo, Kabupaten Purworejo yang pengelolaannya dilakukan oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) PT Aneka Tambang . Pasir besi daerah ini mempunyai kandungan besi (Fe) yang relatif lebih rendah yaitu 49,41 s/d 49,61 % dibandingkan daerah lainnya (ANTAM,2001). Pasir besi tersusun atas beberapa mineral utama antara lain magnet, ilminite, hematit, dan kwarsa. Dalam proses penambangannya, eksplorasi dilakukan dengan menyemprotkan air bertekanan tinggi kedalam deposit pasir besi yang kemudian dilakukan penyeleksian dengan metode magnetik sedikit (Priambodo,Anang 2013).

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. 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 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 tumbukan 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 (Mallevialle et al, 1996).

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):

$$J_v = V / (A.t)$$

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 parameter oprasional seperti konsentrasi umpan, suhu, laju alir, dan tekanan, sifat-sifat fisik larutan umpan, dan (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 $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \cdot \text{bar}$ ($20 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$) – $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \cdot \text{bar}$ ($200 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{bar}$) (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 :

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

Dimana : R = persentasi tahanan

C permeat = konsentrasi partikel dalam permeat

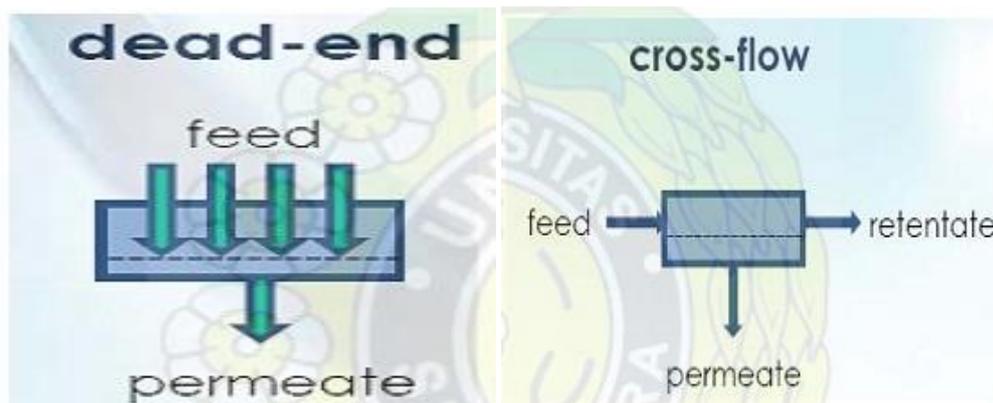
C umpan = konsentrasi partikel dalam umpan

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).

2.5 Proses Pemisahan Dengan Membran

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

1. Pemisahan berdasarkan ukuran molekul, sehingga pemisahan dapat beroperasi pada temperatur rendah. 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 oprasi lainya (Wenten,2011)



Sumber : Hanum, Farida. (2009)

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 dan membrane ultrafiltrasi
- Membran osmosis balik
- Nanofiltrasi
- Membran dialis dan Membran elektrodialis

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

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

2.6 Limbah

Limbah adalah 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. Kandungan bahan organik lumpur juga tinggi yaitu pH berkisar 3-5

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 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. (Azwir, 2006)

Limbah cair pabrik kelapa sawit ini umumnya bersuhu tinggi 70-80°C, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan BOD dan COD yang tinggi. Apabila limbah cair ini langsung dibuang ke perairan dapat mencemari lingkungan. Sebelum limbah cair ini dibuang ke lingkungan harus terlebih dahulu diolah agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Indusri Minyak Kelapa Sawit

Parameter	Kadar (mg/l)	Maksimum Beban Maksimum (Kg/ton)	Pencemaran
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. Kemudian dimasukkan ke unit *deoiling ponds* untuk dikutip minyaknya dan diturunkan suhunya dari 70-80°C melalui menara atau bak pendingin.

2. Kolam Pengasaman

Pada proses ini digunakan mikroba untuk menetralsir keasaman cairan limbah. 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. Kemudian sebelum diolah di unit pengolahan limbah kolam anaerobik, limbah dinetralkan terlebih dahulu dengan menambahkan kapur tohor hingga mencapai pH antara 7,0-7,5.

3. Kolam anaerobik primer

Pada proses memnafaatkan 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.

4. 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 kapasita 30 ton TBS/jam.

5. Kolam pengendapan

Kolam ini bertujuan untuk mendapatkan lumpur- lumpur yang terdapat dalam limbah cair. WHP limbah kolam ini berkisar 2 hari. Biasanya ini merupakan pengolahan terakhir sebelum limbah dialirkan kebadan air dan diharapkan pada kolam ini limbah sudah memenuhi standar baku mutu air sungai . (Pedoman pengelolaan limbah industri kelapa sawit).

2.6.3 Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Pengolahan minyak kelapa sawit menghasilkan hasil samping berupa janjangan 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)