

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Definisi Membran**

Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semi permeabel 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 (Kesting, RE, 2000).

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 *permeat* (Heru pratomo, 2003).

### **2.2. Klasifikasi Membran**

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

#### **2.2.1. Berdasarkan morfologinya**

Dilihat dari morfologinya, membran dapat digolongkan dalam dua bagian (Kesting, RE, 2000) 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  $\mu m$  dan lapisan pendukung sublayer yang berpori dengan ukuran antara 50-150  $\mu m$ .

#### 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  $\mu m$ . 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.

#### 2.2.2. Berdasarkan kerapatan pori

Dilihat kerapatan porinya, membran dapat dibedakan dalam dua bagian (Kesting, RE, 2000) yaitu :

##### a. Membran rapat (Membran tak berpori)

Membran rapat ini mempunyai kulit yang rapat dan berupa lapisan tipis dengan ukuran pori dari 0,001  $\mu m$  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 tipe polimer yang digunakan.

##### b. Membran berpori

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

#### 2.2.3. Berdasarkan fungsinya

Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena adanya gaya dorongan ( $\Delta P$ ) yang mengakibatkan adanya perpindahan massa melalui membran. Berdasarkan fungsinya membran dibagi menjadi tujuh macam, yaitu membran yang digunakan pada proses *reverse osmosis*, ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, dialisa, dan elektrodialisa (Wenten, 1995).

a. *Reverse Osmosis*

*Reverse osmosis* merupakan proses perpindahan pelarut dengan gaya dorong perbedaan tekanan, dimana beda tekanan yang digunakan harus lebih besar dari beda tekanan osmosis. Ukuran pori pada proses osmosa balik antara 1-20  $\mu m$  dan berat molekul solut yang digunakan antara 100-1000. Dengan adanya pengembangan membran asimetris proses osmosis balik menjadi sempurna, terutama digunakan untuk memproduksi air tawar dari air laut.

b. Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi mempunyai dasar kerja yang sama dengan osmosa balik, tetapi berbeda dengan ukuran porinya. Untuk ultrafiltrasi ukuran diameter pori yang digunakan yaitu 0,01-0,1  $\mu m$  dengan BM solut antara 1000-500.000 g/mol. Proses pemisahannya ukuran molekul yang lebih kecil dari diametr pori akan menembus membran, sedangkan ukuran molekul yang lebih besar akan tertahan oleh membran.

c. Mikrofiltrasi

Milkrofiltrasi mempunyai prinsip kerja yang sama dengan ultrafiltrasi, hanya berbeda pada ukuran molekul yang akan dipisahkan. Pada mikrofiltrasi ukuran molekul yang akan dipisahkan 500-300.000  $\text{\AA}$ , dengan BM solut dapat mencapai 500.000 g/mol, karena itu proses mikrofiltrasi sering digunakan untuk menahan partikel-partikel dalam larutan suspensi.

d. Dialisa

Dialisa merupakan proses perpindahan molekul (zat terlarut atau solut) dari suatu cairan ke cairan lain melalui membran yang diakibatkan adanya perbedaan potensial kimia dari solut. 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.

#### e. Elektrodialisa

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

#### f. 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 penggunaan energi relatif rendah.

### **2.2.4. 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.

### 2.2.5. Berdasarkan bentuknya

Berdasarkan bentuknya membran dapat dibagi menjadi dua macam (Rautenbach, 1997), 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

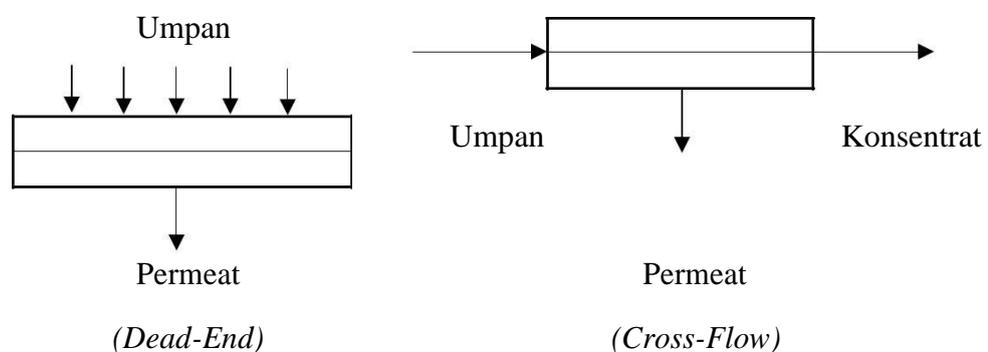
Membran spiral bergulung yaitu membran datar yang tersusun bertingkat kemudian digulung dengan pipa sentral membentuk spiral.

#### c. 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. Tipe Aliran Umpan



Sumber : Kimura S, 1995 .

Gambar 1. Tipe proses pemisahan

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

## **2.4. Karakteristik membran**

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

### **2.4.1. 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 erikat dengan membran, akan menyebabkan rantai polimer b ebas bergerak, sehingga molekul semakin mudah menembus membran polimer melewati ruang kosong antara rantai polimer dengan rantai lainnya.

### **2.4.2. 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.

### 2.4.3. Ketebalan Membran

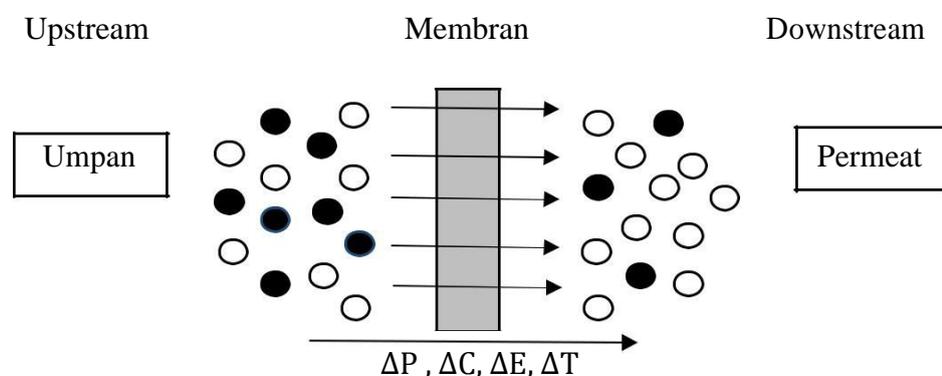
Ketebalan membran merupakan salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran. Ketebalan membran *polysulfon* diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 50-150  $\mu m$  (Rautenbach, 1997).

### 2.4.4. Luas Membran

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

## 2.5. 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 2. berikut :



Gambar 2. Proses Pemisahan dengan Membran (Mulder, M, 1996)

*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 ( $\Delta P$ ), perbedaan konsentrasi ( $\Delta C$ ), perbedaan energi ( $\Delta E$ ), perbedaan temperatur ( $\Delta T$ ).

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses pemisahan dengan membran meliputi :

- a. Interaksi membran dengan larutan
- b. Tekanan
- c. Temperature , dan
- d. Konsentrasi polarisasi

Dalam penggunaannya, pemilihan membran didasarkan kepada 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, di mana dalam kondisi yang identik, jenis molekul tertentu akan berpindah dari satu fasa fluida ke fasa lainnya di sisi lain membran dalam kecepatan yang berbeda-beda, sehingga membran bertindak sebagai filter yang sangat spesifik, di mana 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 [ $\alpha$ ] (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 flux, dan. Nilai selektivitas dan produktivitas sangat bergantung pada jenis membran.

## 2.6. 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
6. Mudah untuk melakukan *up-scaling*
7. 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 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*.

## 2.7. Kinerja Membran

Kinerja atau efisiensi membran ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi.

### 2.7.1. Fluks

Fluks didefinisikan sebagai banyaknya spesi yang dapat menembus membran tiap satuan luas membran persatuan waktu. Fluks ditentukan oleh jumlah pori membran. Fluks demikian dinyatakan sebagai fluks volume ( $J_v$ ) yang dinyatakan sebagai berikut (Mulder, M, 1996) :

$$J_v = v / A \times t$$

Dimana:

$$J_v = \text{Fluks volume (ml/cm}^2 \cdot \text{det)}$$

$$V = \text{volume permeat (ml)}$$

$$A = \text{Luas membran (cm}^2\text{)}$$

$$t = \text{waktu tempuhan (det)}$$

### 2.7.2. Rejeksi

Rejeksi didefinisikan sebagai fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran. Rejeksi ditentukan oleh ukuran pori membran. Rejeksi yang

diamati adalah rejeksi yang tidak melibatkan molekul yang menempel pada membran atau tanpa terjadi akumulasi. Rejeksi dinyatakan sebagai berikut (Mulder, M, 1996):

$$R = 1 - \frac{c_p}{c_f} \times 100\%$$

Dimana:

$R$  = Koefisien rejeksi(%)

$C_p$  = Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

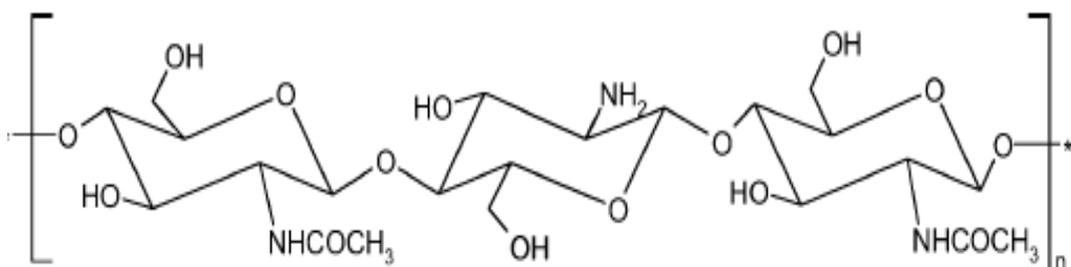
$C_f$  = Konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Harga rejeksi bergantung pada berat molekul zat terlarut yang digunakan, bila  $R = 100\%$ , berarti membran tersebut menolak sempurna zat terlarut atau menahan sempurna zat terlarut, sehingga hampir tidak ada zat terlarut yang berhasil menembus pori membran.

## 1.8. Bahan Pembuatan Membran Komposit

### 1.8.1. Kitosan

Kitosan ditemukan pertama kali oleh C. Rouget pada tahun 1859 dengan cara mereaksikan kitin dengan kalium hidroksida pekat. Kitosan adalah biopolimer kationik polisakarida dari kopolimer linier  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopiranosose dan  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopiranosose (Moller dkk., 2004). Struktur kimia kitosan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur kimia kitosan (Moller dkk., 2004)

Dalam tahun 1934, Rigby mendapatkan dua paten, yaitu penemuan mengenai pembuatan kitosan dari kitin dan pembuatan film dari serat kitosan. Penggunaan kitin dan kitosan meningkat pada tahun 1940-an dan semakin berkembang pada tahun 1970-an seiring dengan diperlukannya bahan alami dalam berbagai bidang industri. Sejak saat itu, penelitian tentang kitosan semakin berkembang pesat. Perkembangan aplikasi kitosan disebabkan polisakarida ini bukan hanya terdapat secara melimpah di alam, tetapi memiliki sifat tidak beracun, dapat terurai di alam (*biodegradable*), dan merupakan bahan yang terbarukan (*renewable*) (Kaban, 2009).

Kulit *Crustaceae* (kepiting, udang, lobster) sebagai limbah industri pangan merupakan sumber utama yang dapat digunakan untuk memproduksi kitosan dari kitin dalam skala besar. Secara umum proses pembuatan kitosan meliputi tiga tahap, yaitu : (i) deproteinasi, (ii) demineralisasi, dan (iii) deasetilasi. Proses deproteinasi bertujuan mengurangi kadar protein dengan menggunakan larutan alkali encer dan pemanasan yang cukup. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk mengurangi kadar mineral ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan menggunakan asam konsentrasi rendah untuk mendapatkan kitin. Sedangkan proses deasetilasi bertujuan menghilangkan gugus asetil dari kitin melalui pemanasan dalam larutan alkali kuat dengan konsentrasi tinggi (Hassan dan Nawawi, 2008). Proses deasetilasi menggunakan alkali pada suhu tinggi akan menyebabkan terlepasnya gugus asetil ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) dari molekul kitin. Gugus amida dari kitin akan berikatan dengan ion hidrogen yang bermuatan positif sehingga membentuk gugus amina bebas,  $-\text{NH}_2$  (Mekawati dkk., 2000).

Perbedaan antara kitin dan kitosan terdapat pada derajat deasetilasinya. Kitosan memiliki derajat deasetilasi 80–90% tetapi dari kebanyakan publikasi menyebutkan bahwa istilah kitosan digunakan apabila derajat deasetilasinya diatas 70%. Kitin umumnya memiliki derajat deasetilasi kurang dari 10% (Rahayu dan Purnavita, 2007). Kualitas dan nilai ekonomi kitosan ditentukan oleh derajat deasetilasinya. Semakin tinggi derajat deasetilasinya semakin tinggi kualitas dan harga jual kitosan.

Kitosan memiliki sifat tidak larut dalam air dan larutan alkali, tetapi

mudah larut dalam larutan asam organik seperti asam formiat, asam asetat, dan asam sitrat (Mekawati dkk., 2000). Karena memiliki gugus amino, kitosan merupakan polielektrolit kationik (pKa 6,5), hal yang sangat jarang terjadi secara alami. Karena sifatnya yang basa ini, maka kitosan (i) dapat larut dalam media asam encer membentuk larutan yang kental, (ii) membentuk kompleks yang tidak larut dalam air dengan polielektrolit anion, dan (iii) dapat digunakan sebagai pengkhelet ion logam berat (Kaban, 2009)

Pada saat ini, kitosan banyak diaplikasikan diberbagai industri, seperti untuk koagulan, adsorben dan membran. Karena sifatnya yang baik dalam pembentukan film, pelekatan (*adhesion*) yang kuat pada suatu material, biokompatibel, hidrofilik, dan mudah untuk dimodifikasi secara kimia karena mempunyai gugus hidroksil yang reaktif dan gugus fungsional amino, kitosan mempunyai prospek yang bagus untuk digunakan sebagai media dehidrasi ethanol (Uragami, 2005). Keberadaan kitosan yang melimpah di Indonesia merupakan daya tarik lain dari penggunaan kitosan.

### **1.8.2. Polivinil Alkohol**

*Polivinil Alkohol* merupakan polimer yang sangat menarik karena memiliki karakter yang sesuai untuk aplikasi dalam bidang farmasi dan biomedis. Polimer ini paling umum digunakan karena salah satu sifatnya yaitu hidrofilik. Sifat mekanik dari PVA merupakan sifat yang menarik terutama dalam preparasi hidrogel. PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hidroksil yang tidak beraturan. Monomernya yaitu vinil alkohol yang tidak berada dalam bentuk stabil, tetapi berada dalam keadaan tautomer dengan asetaldehid (wang *et al.* 2004).

Menurut penelitian Irwan Noezar dkk (2008) mengenai pembuatan membran PVA, membran tersebut memiliki sifat yang sangat mudah berinteraksi dengan air. Hal ini disebabkan karena gugus fungsional yang dimilikinya berupa gugus OH<sup>-</sup> sehingga membran bersifat hidrofilik. Molekul-molekul air akan berinteraksi dengan membran melalui pembentukan ikatan hidrogen. Gugus

hidroksil yang terdapat pada rantai polimer akan menyebabkan membran PVA bersifat Polar. Sifat Hidrofilik dan kepolaran membran akan menentukan selektivitas dan fluks membran. PVA dagang biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). Mutu PVA dagang yang baik ditentukan oleh derajat hidrolisisnya. Derajat hidrolisis berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya, maka kelarutannya akan semakin rendah (Hasan dan Peppas 2000). PVA dengan derajat hidrolisis 98,5% atau lebih dapat dilarutkan dengan air pada suhu 70°C. Dalam pembuatan hidrogel Kitosan-PVA, PVA dilarutkan dalam larutan Kitosan pada suhu 80°C selama 5 menit (Wang, dkk.2004)

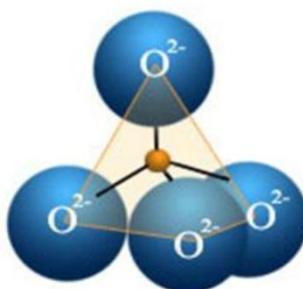
### 2.8.3. Silika / Kuarsa

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $SiO_2$  (*silicon dioxida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan *fledsfar* yang mengandung kristal-kristal silika ( $SiO_2$ ) (Bragmann and Goncalves, 2006; Della *et al*, 2002). Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C dan bila pemanasan dilakukan pada suhu 1470°C dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, 1989). Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Iler, 1979).

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Silika terbentuk melalui ikatan kovalen yang kuat serta memiliki struktur dengan empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral di sekitar atom pusat yaitu atom silikon. Gambar 4. memperlihatkan struktur silika tetrahedral.

Pasir Silika (kwarsa) selain untuk filter air, juga digunakan sebagai bahan baku gelas, kaca, bahan campuran semen, blasting pipa (sand blasting) dan lainnya. Pasir silika juga digunakan untuk menyaring lumpur, tanah dan partikel besar/kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.

Selain kitosan, silika sering dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan membrane. Sebagai contoh, sintesis dan karakterisasi proton exchange membrane kitosan-nanosilika (Windasari Trisna Siniwi, 2014), sintesis membrane komposit kitosan-silika sebagai adsorben zat warna tekstil (Aji Tetuko, 2016), dan sintesis membran komposit alumina silica untuk pemisahan gas methanol-etanol (Kurniasari, 2012).



Gambar 4. Struktur silika tetrahedral

Sumber: Anonim B, 2013

#### 2.8.4. Polietilen Glikol

Polietilen Glikol merupakan adalah molekul sederhana dengan struktur molekul liner atau bercabang. Pada suhu ruang, PEG dengan bobot molekul dibawah 700 bebentuk cair, sedangkan yang memiliki bobot 700-900 berbentuk semi padat, dan PEG yang memiliki bobot 900-1000 berbentuk padatan. PEG larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti toluene, aseton, metanol, dan metil klorida (Fadillah, 2003). PEG secara dagang dibuat dari hasil reaksi antara etilena oksida dengan air atau reaksi antara etilena glikol dengan sejumlah kecil katalis natrium klorida, dan jumlah etilen glikol menentukan bobot molekul PEG.

Menurut hasil penelitian Fadillah (2003), interaksi konsentrasi PEG dengan seelulosa asetat menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata terhadap ukuran pori-pori membran. Fluks membran akan bertambah dengan bertambahnya konsentrasi PEG dan berkurangnya konsentrasi selulosa asetat. Nilai fluks membran selulosa-kitosan semakin meningkat dengan peningkatan konsentrasi.

## 2.9. Limbah Cair Kelapa Sawit

Kelapa sawit memiliki potensi menghasilkan minyak sekitar 7 ton/hektar. Namun perlu diperhatikan pula limbah yang ditimbulkan bila tidak dilaksanakan dengan baik. Limbah industri dapat digolongkan kedalam tiga golongan yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas yang dapat mencemari lingkungan. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) berkisar 5 ton limbah cair dengan BOD 20.000 - 60.000 mg/l dalam 1 ton CPO, atau 600-700 liter/ton dari tandan buah segar (TBS) yang diolah. Limbah ini merupakan sumber pencemaran yang potensial bagi manusia dan lingkungan, sehingga pabrik dituntut untuk mengolah limbah melalui pendekatan teknologi pengolahan limbah (*end of the pipe*).

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, 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 (Kardila, 2011).

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 (*biological oxygendemand*) dan COD (*chemicaloxygen demand*) yang tinggi. Apabila limbah cair ini langsung dibuang

keperairan dapat mencemari lingkungan. Jika limbah tersebut langsung dibuang ke perairan, maka sebagian akan mengendap, 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 (Kardila, 2011).

Limbah cair industri kelapa sawit yang paling utama adalah POME atau *Palm Oil Mill Effluent*. Sedangkan limbah padatnya terdiri dari tandan kosong, pelepah, batang dan serat *mesocarp*. Serat *mesocarp* dan tandan kosong merupakan limbah yang diperoleh ketika proses produksi berlanjut, sementara pelepah dihasilkan ketika dilakukan pemangkasan pelepah. Limbah batang sawit dihasilkan ketika proses replantasi, penggantian tanaman tua dengan tanaman yang lebih muda.

Tabel 1. Standar Baku Mutu Limbah 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

Sumber : Peraturan Gubernur Sumatra Selatan Nomor 8 tahun 2012

POME memiliki kandungan organik yang sangat tinggi, sehingga jika dibuang langsung ke lingkungan akan menimbulkan masalah pencemaran yang cukup berat serta emisi gas rumah kaca (GRK). Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut pengolahan limbah cair ini dapat dilakukan dengan teknologi membran.

POME yang dipakai untuk diaplikasikan pada membran, berasal dari kolam 4 PT. Guthrie Pecconina Indonesia Rantau Panjang Kab. Musi Banyuasin yang sudah mengalami proses pengendapan selama 2 minggu.