

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Definisi Membran**

Membran didefinisikan sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semipermeabel 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 membrandan 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 permselektifitas membran ini ditentukan oleh sifat serta type 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, hyperfiltrasi. 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 ( $P$ ) 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  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$  dengan BM solut 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.

c. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi 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  $\gamma$ , 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 juice.

#### 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 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.

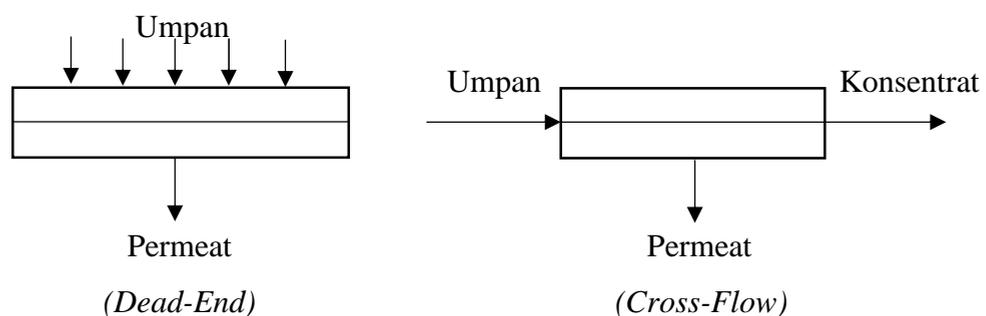
c. Membran Tubular

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. Type aliran Umpan

Pada dasarnya ada dua type konfigurasi aliran pada proses pemisahan menggunakan membran yaitu type aliran melintas (*Dead-End*) dan aliran silang (*Cross-Flow*). Perbedaan kedua Type proses pemisahannya dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut (Kimura, S, 1995).



Gambar 2.1 Type proses pemisahan (Kimura, S, 1995)

Pada filtrasi aliran melintas, umpan dialirkan tegak lurus ke permukaan membran sehingga partikel terakumulasi dan membentuk suatu lapisan pada permukaan membran, hal ini berdampak terhadap penurunan *fluks* dan *rejeksi*. Pada type 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, ukuran 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 berikatan dengan membran, akan menyebabkan rantai polimer lebih mudah 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

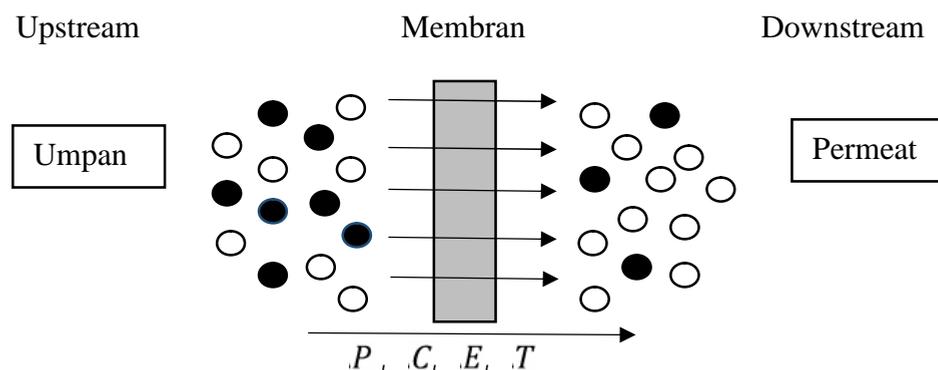
Ketebalan membran merupakan salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran. Ketebalan membran polysulfon diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 50-150  $\mu m$  (Rautenbach, 1997).

### 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 berikut :



Gambar 2.2. Proses Pemisahan dengan Membran (Mulder, M, 1995)

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 ( $P$ ), perbedaan konsentrasi ( $C$ ), perbedaan energi ( $E$ ), perbedaan temperature ( $T$ ).

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 membrane . *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. 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 di antara 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 ( $P$ ), perbedaan konsentrasi ( $C$ ) dan perbedaan energi ( $E$ ).

Proses membran Ultrafiltrasi (UF) merupakan upaya pemisahan dengan membran yang menggunakan gaya dorong beda tekanan sangat dipengaruhi oleh ukuran dan distribusi pori membran (Mallevalle, 1996). 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  $l/m^2 \cdot jam \cdot bar$

Terapan Teknologi Membran ini untuk dapat menghasilkan air bersih dengan syarat kualitas air minum. Air baku dimasukkan ke bejana yang berisi membran semipermeabel, dengan memberikan tekanan. Ini merupakan proses fisika yang memisahkan zat terlarut dari pelarutnya. Membran hanya dilalui pelarut, sedangkan terlarutnya, baik elektrolit maupun organik, akan ditolak (rejeksi), juga praktis untuk menghilangkan zat organik. Kontaminan lainnya seperti koloid akan tertahan oleh struktur pori yang berfungsi sebagai penyaring (sieve) molekul BM

nominal. Membran yang dipakai untuk ultrafiltrasi mempunyai struktur membran berpori dan asimetrik. Keunggulan membran dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional dalam pengolahan air minum antara lain (Wenten, 1996) yaitu memerlukan energi yang lebih rendah untuk operasi dan pemeliharaan, desain dan konstruksi untuk sistem dengan skala kecil, peralatannya modular sehingga mudah di-scale up dan tidak butuh kondisi ekstrim (temperatur dan pH). Walaupun demikian, membran mempunyai keterbatasan seperti terjadinya fenomena polarisasi konsentrasi, fouling, yang menjadi pembatas bagi volume air terolah yang dihasilkan dan juga keterbatasan umur membra

## 2.7. Keunggulan dan kelemahan Teknologi Membran

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

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

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

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

*Fouling* atau penyumbatan merupakan masalah yang sangat umum terjadi, yang terjadi akibat kontaminan yang menumpuk di dalam dan permukaan pori membran dalam waktu tertentu. *Fouling* tidak dapat dielakkan, walaupun membran sudah melalui proses pre-treatment. Jenis *fouling* yang terjadi sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk diantaranya kualitas umpan, jenis membran, bahan membran, dan perancangan serta pengendalian proses.

Tiga jenis *fouling* yang sering terjadi pada membran adalah *fouling* akibat partikel, biofouling, dan *scaling*. Kontaminasi ini menyebabkan perlunya beban kerja lebih tinggi, untuk menjamin kapasitas membran yang berkesinambungan. Pada titik tertentu, beban kerja yang diterapkan akan menjadi terlalu tinggi, sehingga proses tidak lagi ekonomis. *Fouling* dapat diminimalisasi dengan cara menaikkan pH sistem, menerapkan sistem *backwash*, serta penggunaan zat disinfektan untuk mencegah bakteri yang dapat menyerang membran. Sedangkan cara untuk menyingkirkan *fouling* adalah dengan *flushing* atau *chemical cleaning*.

## 2.8. Kinerja Membran pada proses Ultrafiltrasi

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

### 2.8.1. 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, 1995) :

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$J_v$  = Fluks volume (ml/cm<sup>2</sup>.det)

$V$  = volume permeat (ml)

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

$t$  = waktu tempuhan (det)

### 2.8.2. 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, 1995) :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

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.

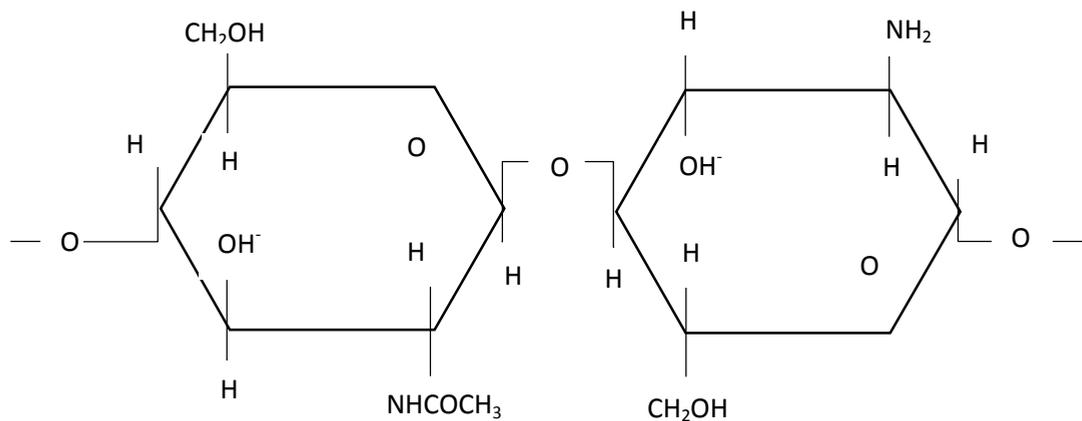
## 2.9. Membran Komposit Kitosan-PVA

Membran Komposit merupakan membran asimetri yang terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan pendukung yang berpori dan lapisan aktif dari material yang berbeda (Hariyanti R.S, 2008). Pada penelitian Indah Fajarwati (2012) telah dibuat Membran Komposit yang terbuat dari bahan baku Kitosan dan Polivinil Alkohol (PVA).

### 2.9.1 Kitosan

Kitosan adalah produk deasetilasi kitin yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (2-amino-2-deoksi- $\beta$ -D-Glukosa), memiliki rumus molekul  $[\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4]_n$  dengan bobot molekul  $2,5 \times 10^5$  Dalton.

Kitosan berbentuk serpihan putih kekuningan, tidak berbau dan tidak berasa. Di bawah ini merupakan struktur kitosan (Purwantiningsih, 2009).



Gambar 2.3 Struktur Kitosan

Keberadaan gugus amina pada kitosan menyebabkan kitosan larut dalam asam. Pelarutan Kitosan dalam asam akan membentuk larutan kental yang dapat digunakan untuk pembuatan gel dalam berbagai variasi seperti butiran, membran, ataupun serat (Jin dkk. 2004)

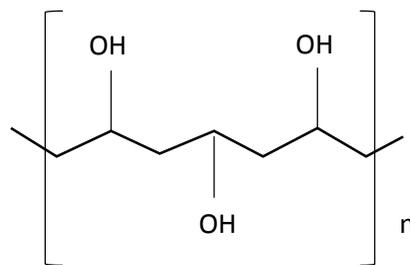
Optimasi yang dilakukan pada pembuatan membran kitosan oleh Aryanto (2002) menggunakan pelarut asam asetat, asam sitrat dan asam formiat dengan konsentrasi 10% pada konsentrasi kitosan 1, 3, 5 dan 7 % memperlihatkan bahwa pelarut dan konsentrasi yang digunakan dalam pembuatan membran adalah konsentrasi 7 % dan asam asetat.

Pembuatan membran Kitosan dapat dimodifikasi dengan menggunakan bahan tambahan yang dapat meningkatkan stabilitas dan karakter membran, bahan yang biasa digunakan sebagai penstabil membran antara lain glutaraldehid dan genipin

(Jin dkk.2004), keduanya merupakan agen pertautan silang pada kitosan. Polimer lain juga dapat ditambahkan pada larutan kitosan untuk pembentukan karakter gel pada membran, polimer tersebut antara lain adalah PVA (Wang,dkk .2004)

### 2.9.2 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). Struktur PVA dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2.4 Struktur Polivinil Alkohol

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.

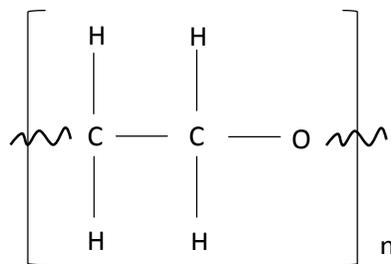
PVA dagang biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular

yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). Mutu PVA dagang yang baik ditentukan oleh derajat hidrolisinya. 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).

### 2.9.3 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. Struktur dari PEG dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.5 Struktur PEG

Menurt 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

PEG (Yang dkk.2001).

### **2.10. Zat warna tekstil**

Sejak 2500 tahun sebelum masehi penggunaan zat warna untuk mewarnai bahan tekstil telah dikenal dinegeri Cina, India dan Mesir. Pada saat pewarnaan bahan tekstil dikerjakan dari warna yang berasal dari alam seperti daun-daunan, buah-buahan dan tanah serta binatang (Djufri R, 1976).

Pewarna organik pertama yang dibuat oleh manusia adalah mauveine. Pewarna sintetik ini ditemukan oleh **William Henry** Perkin pada tahun 1856. Sejak itu, berbagai jenis pewarna sintetik berhasil disintesis. Pewarna sintetik secara cepat menggantikan peran dari pewarna alami sebagai bahan pewarna. Hal ini disebabkan karena biaya produksinya yang lebih murah, jenis warna yang lebih banyak, dan kemampuan pewarnaan yang lebih baik.

Secara umum, pewarna sintetik digolongkan berdasarkan komposisi kimianya yaitu zat warna asam, zat warna basa, zat warna direct, zat warna mordant, zat warna belerang, zat warna baja, zat warna disperse, zat warna reaktif, zat warna naftol, zat warna pigmen, dan zat warna oksidasi (Djufri, R, 1976).

#### **2.10.1. Zat Warna Asam**

Zat Warna Asam merupakan garam Natrium dari asam-asam organik seperti asam karboksilat dan digunakan dalam suasana asam. Gugus pembawa warna (kromofor) pada zat warna ini merupakan anion, sehingga zat warna ini disebut zat warna anionic.

#### **2.10.2. Zat Warna Basa**

Zat Warna Basa merupakan garam-garam klorida atau oksalat dari basa-basa organik seperti amonium. Karena gugus pembawa utamanya berupa kation, sehingga zat warna ini kadang-kadang zat warna ini disebut zat warna kationik.

#### **2.10.3. Zat Warna Direct**

Zat Warna Azo terdiri dari senyawa azo yang biasa digunakan untuk mewarnai serat-serat selulosa.

#### **2.10.4. Zat Warna Mordant**

Zat Warna ini tidak mempunyai daya tembus terhadap serat tekstil, tetapi dapat bersenyawa dengan oksida-oksida logam yang tidak membentuk senyawa yang tidak larut dalam air.

#### **2.10.5. Zat Warna Belerang**

Zat Warna Belerang merupakan senyawa organik kompleks yang mengandung belerang pada system kromofor dan auksokromnya. Warna-warna yang dihasilkan dari pewarnaan dengan zat warna biasanya suram.

#### **2.10.6. Zat Warna Bejana**

Zat Warna Bejana merupakan zat warna yang larut dalam air bila bereaksi dengan senyawa-senyawa yang pereduksi seperti NaOH dan NaHSO<sub>3</sub>.

#### **2.10.7. Zat Warna Disperse**

Zat Warna Disperse merupakan zat warna yang digunakan untuk mewarnai serat-serat yang bersifat hidrofobik.

#### **2.10.8. Zat Warna Reaktif**

Zat Warna Reaktif, dapat bereaksi dengan serat tekstil terutama serat selulosa dan serat protein sehingga ketahanan warnanya sangat baik. Kereaktifan zat warna ini bermacam-macam, sebagian dapat digunakan pada suhu rendah sedangkan yang lain harus dipergunakan pada suhu tinggi.

#### **2.10.9. Zat Warna Naftol**

Zat Warna Naftol merupakan zat warna yang biasa yang biasa digunakan untuk mewarnai selulosa dengan warna-warna cerah.

#### 2.10.10. Zat Warna Pigmen

Zat Warna Pigmen merupakan zat warna yang dapat mewarnai tekstil setelah dicampur dengan resin sebagai pengikat. Karena adanya resin tersebut maka bahan-bahan yang dihasilkan dan pewarnaan dengan zat warna ini biasanya kaku dan kurang baik.

#### 2.10.11. Zat Warna Oksidasi

Zat Warna Oksidasi merupakan senyawa antara dengan berat molekul rendah yang pencelupannya dilakukan pada suasana asam untuk membentuk molekul berwarna yang lebih besar dan tidak larut.

### 2.11. Limbah Cair Pencelupan Kain Tenun

Air buangan (limbah) pencelupan kain tenun sebagian besar mengandung bahan-bahan kimia zat warna, sehingga jika dibuang ke air akan mengakibatkan terjadinya perubahan kualitas air dan mengganggu kelestarian sungai yang selalu digunakan masyarakat (Bahri, 1993 ).

Pengolahan limbah cair ini cukup rumit karena banyaknya zat warna dan zat-zat warna pembantu pencelupan yang digunakan, sehingga agar tidak mencemari air lingkungan, pengolahannya pun harus sesuai dengan karakteristik dari air limbah itu sendiri. Adapun karakteristik dari air limbah pencelupan adalah:

**Tabel 2.1 Kriteria kualitas standar air limbah**

Parameter	Unit	Baku Mutu Limbah Tekstil (mg/l)
BOD	mg/l	60
COD	mg/l	150
TSS	mg/l	50
Minyak/lemak	mg/l	3,0
Krom,Total	mg/l	1,0

Fenol	mg/l	0,5
Sulfida	mg/l	0,3
Amonia, Total	mg/l	8,0
Warna	-	
pH	-	6,0-9,0

Sumber : Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 mengenai baku mutu limbah cair industri tekstil.

Air limbah pencelupan zat warna reaktif umumnya mempunyai pH tinggi (>9), berwarna tua dan COD nya cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena proses pencelupan tersebut digunakan alkali untuk proses fiksasi zat warna, sehingga pH larutan menjadi tinggi. Warna air limbah yang masih pekat disebabkan karena tidak semua zat yang digunakan dapat berdisosiasi dengan serat, sedangkan COD yang cukup tinggi disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang terkandung dalam limbah tersebut, seperti sisa zat warna, zat pembasah, dan pembantu yang digunakan.

## 2.12. Parameter Limbah Cair

### 2.12.1. Padatan tersuspensi Total (TSS)

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter >1µm) yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori 0,45µm (Effendi, 2003). TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

*Total Suspended Solid* (TSS), adalah salah satu parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air. Pengukuran TSS berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Umumnya, filter yang digunakan memiliki ukuran pori 0,45µm. Nilai TSS dari contoh air biasanya ditentukan dengan cara menuangkan air dengan volume tertentu, biasanya dalam ukuran liter, melalui sebuah filter dengan ukuran pori-pori tertentu. Sebelumnya, filter ini ditimbang dan kemudian beratnya akan dibandingkan dengan berat filter setelah dialirkan air setelah mengalami

pengeringan. Berat filter tersebut akan bertambah disebabkan oleh terdapatnya partikel-partikel tersuspensi yang terperangkap dalam filter tersebut. Padatan yang tersuspensi ini dapat berupa bahan-bahan organik dan anorganik. Satuan TSS adalah miligram per liter (mg/l).

Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Nilai TSS umumnya semakin rendah ke arah laut. Hal ini disebabkan padatan tersuspensi tersebut disuplai oleh daratan melalui aliran sungai. Keberadaan padatan tersuspensi masih bisa berdampak positif apabila tidak melebihi toleransi sebaran suspensi bakumutu kualitas perairan yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu 70 mg/l.

### 2.12.2. Derajat Keasaman (pH)

Pescod (1973) mengatakan bahwa nilai pH menunjukkan tingginya rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa (Barus, 2002). Selanjutnya beliau menambahkan bahwa nilai pH perairan dapat berfluktuasi karena dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis, respirasi organisme akuatik, suhu dan keberadaan ion-ion di perairan tersebut.

Penentuan pH merupakan sesuatu yang paling penting dan paling sering digunakan pada kimia air. pH digunakan pada penentuan alkalinitas,  $\text{CO}_2$ , serta dalam kesetimbangan asam-basa. Pada temperatur yang diberikan, intensitas atau karakter dasar suatu larutan diindikasikan oleh pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan pH dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa, dan warna. Pada proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga sampai rentang dimana organisme partikulat terlibat. Skala pH berkisar antara 0 – 14. Klasifikasi nilai pH adalah sebagai berikut :

- a. pH 7 menunjukkan keadaan netral
- b.  $0 < \text{pH} < 7$  menunjukkan keadaan asam
- c.  $7 < \text{pH} < 14$  menunjukkan keadaan basa (alkalis)

Air adalah bahan pelarut yang baik sekali, maka dibantu dengan  $\text{pH}$  yang tidak netral, dapat melarutkan berbagai elemen kimia yang dilaluinya. Pengukuran  $\text{pH}$  dapat dilakukan menggunakan kertas lakmus, kertas  $\text{pH}$  universal, larutan indikator universal (metode Colorimeter) dan  $\text{pH}$  meter (metode Elektroda Potensiometri). Pengukuran  $\text{pH}$  penting untuk mengetahui keadaan larutan sehingga dapat diketahui kecenderungan reaksi kimia yang terjadi serta pengendapan materi yang menyangkut reaksi asam basa (Effendi, 2003).

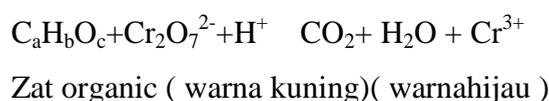
Elektroda hidrogen merupakan *absolut standard* dalam penghitungan  $\text{pH}$ . Karena elektroda hidrogen mengalami kerumitan dalam penggunaannya, ditemukanlah elektroda yang dapat dibuat dari gelas yang memberikan potensial yang berhubungan dengan aktivasi hidrogen tanpa gangguan dari ion-ion lain. Penggunaannya menjadi metode standard dari pengukuran  $\text{pH}$ . Pengukuran  $\text{pH}$  di atas 10 dan pada temperatur tinggi sebaiknya menggunakan elektroda gelas spesial. Alat-alat yang digunakan pada umumnya distandarisasi dengan larutan *buffer*, dimana nilai  $\text{pH}$  nyadi diketahui dan lebih baik digunakan larutan *buffer* dengan  $\text{pH}$  1–2 yang mendekati nilai  $\text{pH}$  contoh air,  $\text{pH}$  juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai  $\text{pH}$ , semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam ( $\text{pH}$  rendah) bersifat korosif.  $\text{pH}$  juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada  $\text{pH}$  rendah (Novotny, 1994).

### 2.12.3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD menyatakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Hariyadi, 2001). Pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan dalam mengoksidasi air sampel (Boyd, 1982). Bila BOD memberikan gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai secara biologis (bahan organik mudah urai, *biodegradable organic matter*), maka COD memberikan gambaran jumlah total bahan organik

yang mudahurai maupun yang sulit terurai (*nonbiodegradable*) (Hariyadi, 2001).

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD, namun perbandingan antara angka COD dengan angka BOD dapat ditetapkan. Angka perbandingan yang semakin rendah menunjukkan adanya zat-zat yang bersifat racun dan berbahaya bagi mikroorganisme (Alaerts dan Santika, 1984). Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan-bunga yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini bahan-bunga organik yang teroksidasi oleh kalium bichromat atau  $K_2Cr_2O_7$  digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Oksidasi terhadap bahan-bunga organik akan mengikuti reaksi berikut ini:



Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalisator perak sulfat ( $Ag_2SO_4$ ) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan-bunga organik diperkirakan ada unsure klorida yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut (Wardhana, 1995).

Klorida dapat mengganggu karena akan ikut teroksidasi oleh kalium bichromat sesuai dengan reaksi berikut ini :



Dengan penambahan merkuri sulfat ( $HgSO_4$ ) pada sampel, sebelum penambahan reagen lainnya. Ion bergabung dengan anion klorida membentuk merkuri klorida, sesuai reaksi di bawah ini :



Dengan adanya ion  $\text{Hg}^{2+}$  ini, konsentrasi ion  $\text{Cl}^-$  menjadi sangat kecil dan tidak mengganggu oksidasi zat organik dalam tes COD. Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi maka zat pengoksidasi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang tersisa sudah direfluks.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang tersisa dalam larutan tersebut digunakan untuk menentukan berapa oksigen yang telah terpakai. Sisa  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  tersebut ditentukan melalui titrasi dengan ferro ammonium sulfat (FAS), di mana reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Indicator ferroindigo digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau-biru larutan berubah menjadi coklat-merah. Sisa  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dalam larutan blanko adalah  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dapat dioksidasi oleh  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Alaerts, 1987).

+

