

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Tekstil

Limbah tekstil mengandung bahan-bahan yang berbahaya bila dibuang ke lingkungan, terutama daerah perairan. Sebagian besar bahan yang terdapat dalam limbah tekstil adalah zat warna, terutama zat warna sintetik. Zat warna sintetik merupakan molekul dengan sistem elektron terdelokalisasi dan mengandung dua gugus yaitu kromofor dan auksokrom. Kromofor berfungsi sebagai penerima elektron, sedangkan auksokrom sebagai pemberi elektron yang mengatur kelarutan dan warna. Saat ini, terdapat bermacam-macam jenis zat warna sintetik yang penggunaannya disesuaikan dengan jenis serat yang akan dicelup, ketahanan warna yang dikehendaki, faktor-faktor teknis dan ekonomis lainnya. Pada proses pewarnaan, zat warna yang biasa digunakan pada umumnya tidak akan masuk seluruhnya kedalam bahan tekstil, sehingga efluen yang dihasilkan masih mengandung residu zat warna. Hal inilah yang menyebabkan efluen tekstil menjadi berwarna-warni dan mudah dikenali pencemarannya apabila dibuang langsung keperairan umum. Masalah lingkungan yang utama dalam industri tekstil adalah limbah dari proses pencelupan. Zat warna, logam berat dan konsentrasi garam yang tinggi merupakan polutan air (Dewi, 2009).

Air limbah pencelupan zat warna reaktif umumnya mempunyai pH tinggi (>9), berwarna tua dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) 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 berdiskasi 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.

Penggolongan zat warna tekstil berdasarkan cara pencelupannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggolongan Zat Warna Menurut Sifat dan Cara Pencelupannya

No	Golongan Zat Warna	Sifat
1	Zat warna <i>direct</i>	Mempunyai daya ikat dengan serat selulosa, pencelupan dilakukan secara langsung dalam larutan dengan zat-zat tambahan yang sesuai.
2	Zat warna <i>mordant</i>	Mempunyai daya ikat yang lemah dengan serat. Pada proses pencelupan biasanya dilakukandengan penambahan krom pada zat warna sehingga membentuk kompleks logam.
3	Zat warna <i>reactive</i>	Mempunyai gugus reaktif yang dapat membentuk ikatan kovalen kuat dengan serat selulosa, protein, poliamida dan polyester, dilakukan pada suhu rendah dan tinggi.
4	Zat warna penguat	Mempunyai daya ikat yang kuat dengan serat. Selulosa, warna terbentuk dalam serat setelah ditambahkan garam penguatnya.
5	Zat warna asam	Memiliki daya ikat yang kuat dengan serat protein dan poliamida. Pencelupan dilakukan pada kondisi asam dan secara langsung ditambahkan pada serat
6	Zat warna basa	Memiliki daya ikat yang kuat dengan serat protein. Pencelupan dilakukan pada kondisi basa dan secara langsung ditambahkan pada serat.
7	Zat warna belerang	Memiliki daya ikat yang kuat dengan serat selulosa. Pada gugus sampingnya mengandung belerang yang mampu berikatan kuat dengan serat.

(Sumber: Zille, 2005)

Kandungan zat-zat pencemar dalam limbah tekstil tergantung pada proses yang dilakukan yaitu proses pemintalan benang, penenunan dan pencelupan. Pemintalan benang adalah proses pembuatan benang dari serat dari kapas, serat poliester atau bahan lainnya.

Karakteristik limbah cair yang dihasilkan industri tekstil sangat erat hubungannya dengan bahan-bahan yang digunakan dalam tahapan proses

pembuatan tekstil. 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 dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Karakteristik Air limbah Pencelupan

Parameter	Jumlah kandungan	Satuan
Suhu	29 – 35	°C
pH	6,8 – 8,5	-
COD	1712,7 – 1793	mg/l
BOD	159,7 – 168	mg/l
TSS	1233,7 - 1317	mg/l

Sumber: Rosyadi, 2011

Tabel 3. Karakteristik dan Baku Mutu Limbah Cair Industri

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
<i>Biochemical oxygen demand (BOD)</i>	mg/L	60
<i>Chemical oxygen demand (COD)</i>	mg/L	150
<i>Total suspended solid (TSS)</i>	mg/L	50
pH	-	6,0-9,0
Fenol total	mg/L	0,5
Krom total	mg/L	1,0
Amonia total	mg/L	8,0
Sulfida	mg/L	0,3
Minyak dan lemak	mg/L	3,0

Sumber : KepMen LH No. 51/MENLH/10/1995

2.2 Pengolahan Limbah Tekstil Secara Fisika dan Kimia

Pengolahan limbah tekstil dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Proses fisika yang digunakan dalam pengolahan limbah adalah proses penyaringan dan adsorpsi. Penyaringan merupakan proses pemisahan padat-cair melalui suatu alat penyaring, sedangkan proses adsorpsi dilakukan dengan penambahan adsorben seperti zeolit, karbon aktif, serbuk gergaji. Pengolahan limbah cair dengan cara adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran partikel, pH dan lama waktu kontak antara adsorben dengan bahan pencemar.

Pengolahan limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, dan zat organik beracun dengan menambahkan bahan kimia tertentu. Salah satu contoh pengolahan limbah secara kimia adalah koagulasi. Prinsip koagulasi adalah penambahan koagulan seperti MgSO pada limbah sehingga terjadi interaksi antara bahan pencemar dengan koagulan membentuk endapan.

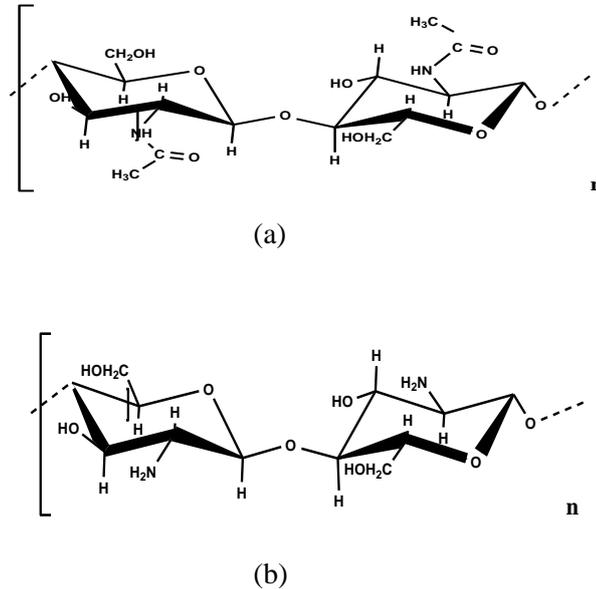
2.3 Pengolahan Limbah Tekstil Secara Biologi

Pengkajian biodegradasi zat warna tekstil secara biologi lebih banyak diarahkan dengan menggunakan bakteri dan jamur. Beberapa bakteri pada kondisi anaerob dilaporkan mampu untuk mendegradasi zat warna azo di antaranya *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Flavobacterium* sp. Sebaliknya, ada beberapa bakteri yang dilaporkan mampu mendegradasi zat warna azo pada kondisi aerob diantaranya adalah *Plesiomonas* sp. dan *Vibrio* sp. (Sastrawidana, 2012). Pada kondisi anaerob degradasi zat warna tekstil menggunakan bakteri lebih cepat dibandingkan dengan kondisi aerob, namun kelemahannya yaitu menghasilkan amina aromatik yang bersifat lebih toksik dibandingkan dengan zat warna azo itu sendiri. Hasil uji toksisitas menunjukkan degradasi limbah tekstil pada kondisi anaerob lebih toksik dibandingkan dengan limbah awal (Sastrawidana, 2012).

2.4 Kitin dan Kitosan

Kitin merupakan golongan homopolisakarida yang mempunyai berat molekul tinggi dan merupakan polimer linier dari N-asetil-D-glukosamin yang dirangkai oleh ikatan $\beta(1,4)$ dengan komposisi molekul $[(C_8H_{13}NO_5)_n]$ sedangkan kitosan adalah N-deasetilasi turunan kitin dengan komposisi molekul $[(C_6H_{11}NO_4)_n]$ (Chandumpai *et al.*, 2004). Struktur kitin dan kitosan keduanya identik dengan struktur molekul selulosa dimana ikatan yang terjadi antar monomernya terangkai dengan ikatan glikosida pada posisi $\beta-1,4$. Perbedaan ikatan ketiga senyawa polimer tersebut adalah gugus hidroksil pada atom karbon

nomor 2, pada kitin digantikan oleh gugus asetamida (NHCOCH_3). Dalam molekul kitosan pada posisi tersebut ditempati oleh gugus amina.



Gambar 1. Struktur Kitin (a) dan Kitosan (b) (Murniati, 2007)

Sifatnya yang *biocompatible* dan *biodegradable*, kitosan telah banyak diaplikasikan dalam berbagai industri. Dalam industri pangan misalnya, kitosan dapat dimanfaatkan dalam pengawetan pangan, bahan pengemas, penstabil dan pengental, anti oksidan serta penjernih pada produk minuman.

Derajat deasetilasi adalah parameter mutu kitosan yang menunjukkan persentase gugus asetil yang dapat dihilangkan pada kitin. Semakin tinggi derajat deasetilasi maka gugus asetil yang hilang dari kitosan tersebut semakin banyak, sehingga jumlah amina yang reaktif juga semakin banyak (NH_2). Bila derajat deasetilasi kitosan rendah akan mengakibatkan efektifitas kitosan menjadi rendah, karena semakin banyak gugus asetil dalam kitosan maka interaksi antar ion dan ikatan hidrogen dari kitosan akan semakin lemah.

Kitosan merupakan senyawa yang tidak larut dalam air, larutan basa kuat, sedikit larut dalam HCl dan HNO_3 , 0,5% H_3PO_4 sedangkan dalam H_2SO_4 tidak larut. Kitosan tidak beracun dan mudah terdegradasi. Kitosan banyak digunakan oleh berbagai industri farmasi, kesehatan, biokimia, bioteknologi, pangan,

pengolahan limbah, kosmetik, agrobisnis, industri tekstil, industri pengkayuan, industri kertas dan industri elektronika. Aplikasi khusus berdasarkan sifat yang di punyainya antara lain untuk pengolahan limbah cair terutama bahan bersifat sebagai resin penukar ion untuk minimalisasi logam-logam berat, mengkoagulasi minyak/lemak, serta mengurangi kekeruhan, penstabil minyak, rasa dan lemak dalam produk industri pangan (Rismana, 2004).

2.5 Sifat-sifat Kitosan

Kitosan adalah padatan amorf putih yang tidak larut dalam alkali dan asam mineral kecuali pada keadaan tertentu. Keterlarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 1%, asam format 10% dan asam sitrat 10%. Kitosan tidak dapat larut dalam asam piruvat, asam laktat dan asam-asam anorganik pada pH tertentu, walaupun setelah dipanaskan dan diaduk dengan waktu yang relatif lama. Keterlarutan kitosan dalam larutan asam format atau asam asetat dapat membedakan kitosan dan kitin karena kitin tidak dapat larut dalam keadaan pelarut asam tersebut.

Kitosan memiliki sifat unik yang dapat digunakan dalam berbagai cara serta memiliki kegunaan yang beragam, antara lain sebagai bahan perekat, aditif untuk kertas dan tekstil, penjernih air minum, serta untuk mempercepat penyembuhan luka, dan memperbaiki sifat pengikatan warna.

1. Sifat kationik

- a. Jumlah muatan positif tinggi: satu muatan per unit gugus glukosamin, jika banyak material muatan negatif (seperti protein) maka muatan positif kitosan berinteraksi kuat dengan permukaan negatif
- b. Flokulan yang baik: gugus NH_3 berinteraksi dengan muatan negatif dari koloid.
- c. Mengikat ion-ion logam (Fe, Cu, Cd, Hg, Cr, Ni, Pb, dan U)

2. Sifat biologi

- a. Dapat terdegradasi secara alami
- b. Polimer alami
- c. Nontoksik

3. Sifat kimia

- a. Linier poliamin (poli D-glukosamin) yang memiliki gugus amino yang baik untuk reaksi kimia dan pembentukan garam dengan asam
- b. Gugus amino yang reaktif
- c. Gugus hidroksil yang reaktif (C₃-OH, C₆-OH) yang dapat membentuk senyawa turunannya. Beberapa turunan kitosan yaitu n-karboksialkil kitosan, asetil kitosan dan kitosan glukon.

4. Sifat larutan kitosan (kationik amin, NH₃)

- a. Larut dalam larutan asam
- b. Berbentuk larutan kental
- c. Berbentuk gel
- d. Larutan dalam campuran alkohol-air

2.6 Klasifikasi membran

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

2.6.1 Berdasarkan morfologinya

Dilihat dari morfologinya, membran dapat digolongkan dalam dua bagian yaitu:

a. Membran Asimetrik

Membran asimetrik adalah membran yang terdiri dari lapisan tipis yang merupakan lapisan aktif dengan lapisan pendukung dibawahnya. Ukuran dan kerapatan pori untuk membran asimetris tidak sama, dimana ukuran pori dibagian kulit lebih kecil dibandingkan pada bagian pendukung. Ketebalan lapisan tipis antara 0,2-1,0 μm dan lapisan pendukung sublayer yang berpori dengan ukuran antara 50-150 μm .

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 μm . 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 di dalam pori.

2.6.2 Berdasarkan Kerapatan Pori

Dilihat kerapatan porinya, membran dapat dibedakan dalam dua bagian yaitu:

a. Membran rapat (Membran tak berpori)

Membran rapat ini mempunyai kulit yang rapat dan berupa lapisan tipis dengan ukuran pori dari $0,001 \mu m$ 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 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, *hyperfiltrasi*. Selektifitas membran ini ditentukan oleh ukuran pori dan pengaruh bahan polimer.

2.6.3 Berdasarkan Fungsinya

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

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 yaitu 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. *Flowrate* permeabilitasnya $0,05-1,4 L/m^2 \cdot jam$ dan tekanan 10-100 bar.

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 μm 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. *Flowrate* permeabilitasnya 10-50 L/m².jam dan tekanan 1-5 bar.

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 γ , dengan BM solut dapat mencapai 500.000 g/mol, karena itu proses mikrofiltrasi sering digunakan untuk menahan partikel-partikel dalam larutan suspensi. Untuk mikrofiltrasi ukuran diameter pori yang digunakan yaitu 0,1-1 μm . *Flowrate* permeabilitasnya >50 L/m².jam dan tekanan 0,1-2 bar.

d. Nanofiltrasi

Nanofiltrasi merupakan proses yang terjadi akibat perbedaan tekanan untuk memisahkan solute berukuran lebih besar dari larutan dengan menggunakan membran semipermeable. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan larutan sepanjang permukaan membran dengan memanfaatkan beda tekanan. Filtrasi membran aliran crossflow menggunakan laju alir yang besar untuk meningkatkan laju permeate dan mengurangi kemungkinan terjadinya fouling. Partikel solute yang terejeksi (misal: garam terlarut) terpisah bersama dengan arus aliran yang keluar dan tidak terakumulasi di permukaan membran. Pori pada membran nanofiltrasi tidak bisa diamati dengan menggunakan mikroskop, walaupun begitu air masih bisa melewati membran sedangkan garam multivalen dan bahan organik dengan BM rendah akan terejeksi. Untuk mikrofiltrasi ukuran diameter pori yang digunakan yaitu > 2 nm. *Flowrate* permeabilitasnya >50 L/m².jam dan tekanan 10-25 bar.

2.6.4 Berdasarkan strukturnya

Berdasarkan strukturnya, membran dibedakan menjadi dua golongan yaitu:

a. Membran Homogen

Membran Homogen merupakan membran yang tidak berpori, mempunyai sifat sama setiap titik, tidak ada internal layer dan dalam perpindahan tidak ada hambatan

b. Membran Heterogen

Membran Heterogen adalah suatu membran berpori atau tidak berpori, tersusun secara seri dari tipe yang berbeda, sehingga dalam perpindahan mengalami hambatan.

2.6.5 Berdasarkan bentuknya

Berdasarkan bentuknya membran dapat dibagi dibagi menjadi dua macam yaitu:

a. Membran Datar

Membran datar mempunyai penampang lintas besar dan lebar. Pada operasi membran datar terbagi atas:

1. Membran datar yang terdiri dari satu lembar saja;
2. Membran datar bersusun yang terdiri dari beberapa lembar tersusun bertingkat dengan menempatkan pemisah antara membran yang berdekatan.

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).

2.7 Karakteristik membran

Untuk mendapatkan membran yang baik perlu dilakukan karakterisasi yang meliputi fungsi dan efisiensi membran yaitu permeabilitas dan permselektivitas. Morfologi mikrostruktur membran dapat dilihat dengan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

2.7.1 Permeabilitas

Permeabilitas merupakan ukuran kecepatan dari suatu spasi untuk menembus membran. Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran pori, tekanan yang diberikan serta ketebalan membran. Permeabilitas dinyatakan sebagai suatu besaran fluks yang didefinisikan sebagai jumlah permeat yang melewati satu satuan luas membran dalam suatu waktu tertentu dengan adanya gaya penggerak berupa tekanan (Mulder, 1996 dalam Tesis Meriatna, 2008).

a. 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.

b. Ketebalan Membran

Ketebalan membran merupakan salah satu karakterisasi membran yang diukur untuk mengetahui laju permeasi membran. Ketebalan membran diukur dengan menggunakan mikrometer. Ukuran ketebalan membran menurut standar ultrafiltrasi adalah 50-150 μm . Pengukuran ketebalan membran dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara basah dan cara kering. Pengukuran dengan cara basah yaitu membran yang akan diukur ketebalannya dilapisi dengan aluminium foil kemudian mengukurnya pada lima titik secara acak, sedangkan pengukurann

dengan cara kering adalah mengukur membran secara langsung. Hasil yang didapat adalah ketebalan rata-rata dari kelima titik tersebut.

2.7.2 Permselectivitas

Permselectivitas dapat digunakan untuk mengetahui daya membran dalam menahan suatu partikel. Sifat ini tergantung pada interaksi antara membran dengan partikel tersebut, ukuran pori membran, dan ukuran partikel yang akan melewati pori membran. Perselectivitas dinyatakan sebagai koefisien rejeksi, dilambangkan dengan R yaitu fraksi konsentrasi zat yang tertahan oleh membran. Semakin besar R berarti semakin selektif membran tersebut dalam melewatkan partikel partikel dalam larutan umpan (Mulder, 1996 dalam Tesis Meriatna, 2008).

2.8 Kinerja Membran

Kinerja atau efisiensi membran ditentukan oleh dua parameter yaitu fluks dan rejeksi (Sumber: *Mulder, 1996 dalam LA Dewi, 2009*).

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:

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

dimana :

- J_v = fluks volume ($L/m^2 \cdot jam$)
- V = volume permeat (L)
- A = luas membran (m^2)
- t = waktu tempuhan (jam)

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:

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

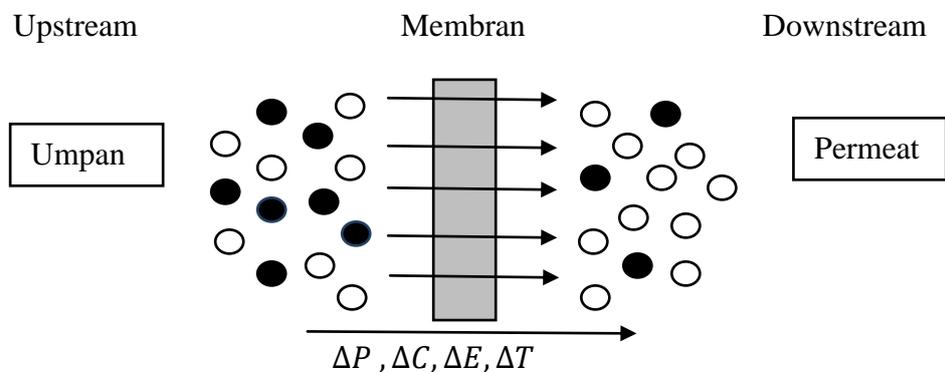
dimana :

- 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 adazat terlarut yang berhasil menembus pori membran.

2.9 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.



Sumber: Mulder, 1996 dalam LA Dewi, 2009.

Gambar 2. Proses Pemisahan dengan Membran

Upstream merupakan sisi umpan terdiri dari bermacam-macam molekul (komponen) yang akan dipisahkan, sedangkan *downstream* adalah sisi permeat yang merupakan hasil pemisahan. Pemisahan terjadi karena adanya gaya dorong (*driving force*) sehingga molekul-molekul berdifusi melalui membran yang disebabkan adanya perbedaan tekanan (ΔP), perbedaan konsentrasi (ΔC), perbedaan energi (ΔE), perbedaan temperatur (ΔT).

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

- a. Interaksi membran dengan larutan;
- b. Tekanan;
- c. Temperatur, 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 (untuk sistem senyawa organik cair atau campuran gas). Produktivitas didefinisikan sebagai volume/massa yang mengalir melalui membran per satuan luas membran dan waktu, dan dinyatakan dalam parameter fluks, dan. Nilai selektivitas dan produktivitas sangat bergantung pada jenis membran.

2.10 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
4. Umumnya dioperasikan dalam kondisi sedang (bukan pada tekanan dan temperatur tinggi) dan sifat membran mudah untuk dimodifikasi
5. Mudah untuk melakukan *up-scaling*
6. Tidak memerlukan aditif

Dalam pengoperasiannya, perlu juga diperhatikan hal-hal berikut:

- Penyumbatan/*fouling*

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 dihindari, walaupun membran sudah melalui proses *pre-treatment*. Jenis *fouling* yang terjadi sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk di antaranya 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 membrane, sedangkan cara untuk menyingkirkan fouling adalah dengan *flushing* atau *chemical cleaning*.

- Umur membran yang singkat
- Selektivitas yang rendah

Selektivitas adalah keberhasilan pemisahan komponen, dinyatakan dalam parameter *retention* (untuk sistem larutan), atau faktor pemisahan θ untuk sistem senyawa organik cair atau campuran gas)

2.11 Membran Kitosan

Kata membran berasal dari bahasa latin *membrana* yang berarti potongan kain. Membran adalah suatu lapisan yang memisahkan dua fasa dimana perpindahan massanya dapat diatur dan hanya dapat dilewati oleh ion-ion tertentu. Komponen aktif membran adalah suatu senyawa bermuatan atau netral yang mampu membentuk senyawa kompleks dengan ion-ion secara reversibel dan membawanya melalui membran organik. Senyawa seperti ini disebut ionofor atau pembawa ion (*ion carrier*). Membran disebut juga selaput dan bersifat semi permeabel yang memungkinkan lewatnya jenis molekul tertentu. Membran dapat berupa padatan atau campuran dan berfungsi sebagai media pemisah yang selektif berdasarkan perbedaan koefisien difusifitas, muatan listrik maupun perbedaan kelarutan.

Membran banyak banyak digunakan dalam proses pemisahan, pemurnian dan pemekatan suatu larutan. Keunggulan pemisahan dengan menggunakan membran antara lain hemat energi, serta mampu memisahkan larutan-larutan yang peka terhadap suhu.

Pada umumnya membran yang sering digunakan adalah membran yang terbuat dari selulosa asetat yang termasuk turunan polimer alam. Bahan dasar dari membran selulosa asetat adalah selulosa sedangkan kitosan adalah suatu polimer alam yang mempunyai struktur mirip selulosa serta dapat dibentuk menjadi film tipis. Selulosa merupakan polimer alam yang mempunyai struktur rantai yang linier seperti batang dan molekul infleksibel, bersifat hidrofilik, namun tidak larut

dalam air hal ini disebabkan sifat kristalin dari ikatan hidrogen antara gugus hidroksilnya.

Membran kitosan adalah membran pengkompleks pertama dari polimer alam dan telah digunakan untuk menarik unsur-unsur logam transisi dalam jumlah renik dari larutan garamnya. Membran kitosan lebih mudah diperoleh dibandingkan dengan membran kitin karena keterlarutannya yang tinggi terhadap asam asetat 1% sehingga mudah untuk mendapatkan membrannya setelah pelarutnya diuapkan, namun karena ketahanan sobeknya rendah untuk kegunaan tertentu sering ditambahkan polimer penguat seperti polivinil klorida (PVC), PVA, poliester dan N-metilon nilon (Meriatna, 2008).