

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran

Membran berasal dari bahasa Latin “membrana” yang berarti kulit kertas. Saat ini kata “membran” telah diperluas untuk menggambarkan suatu lembaran tipis fleksibel atau film, bertindak sebagai pemisah selektif antara dua fase karena bersifat semipermeabel (Widayanti, N ; 2013).

Proses pemisahan membran berupa perpindahan materi secara selektif karena daya dorong atau penggerak yang berupa perbedaan konsentrasi, tekanan, potensial listrik, atau suhu. Proses pemisahan dengan menggunakan membran ada pemisahan fasa cair-cair umumnya didasarkan atas ukuran partikel dan beda muatan dengan gaya dorong (*diving force*) berupa perbedaan temperatur (ΔT), perbedaan tekanan (ΔP) perbedaan konsentrasi (ΔC), perbedaan energi (ΔE), dan medan listrik. Hasil pemisahan berupa retentat (bagian dari campuran yang melewati membran) (Mulder, 1996).

Berdasarkan asalnya membran dibagi menjadi membran alami dan sintetik. Membran alami biasanya dibuat dari selulosa dan derivatnya seperti selulosa nitrat dan selulosa asetat. Sedangkan contoh membran sintetik seperti poliamida, polisulfon dan polikarbonat (Widayanti, N ; 2013).

Berdasarkan struktur dan prinsip pemisahannya, membran dapat dibagi menjadi :

a. Membran berpori

Membran jenis ini memiliki ruang terbuka atau kosong, terdapat berbagai macam jenis pori dalam membran. Pemisahan menggunakan membran ini berdasarkan ukuran pori. Selektivitas ditentukan lewat hubungan antara ukuran pori dan ukuran partikel yang dipisahkan. Jenis membran ini biasanya digunakan untuk pemisahan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Berdasarkan ukuran kerapatan pori, membran dibagi menjadi tiga, yaitu :

1) Makropori : membran dengan ukuran pori > 50 nm,

- 2) Mesopori : membran dengan ukuran pori antara 2 – 50 nm,
- 3) Mikropori : membran dengan ukuran pori < 2 nm (Mulder, 1996).

b. Membran non-pori

Membran non-pori dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama baik, baik gas maupun cairan. Membran non-pori berupa lapisan tipis dengan ukuran pori kurang dari 0,001 μm dan kerapatan pori rendah. Membran ini dapat memisahkan spesi yang memiliki ukuran sangat kecil yang tidak dapat dipisahkan oleh membran berpori. Membran non-pori digunakan untuk pemisahan gas dan pervaporasi, jenis membran dapat berupa membran komposit atau membran asimetrik, pemisahannya berdasarkan pada kelarutan dan perbedaan kecepatan difusi dari partikel (Mulder, 1996).

c. *Carrier* Membran (membran pembawa)

Mekanisme perpindahan massa pada membran jenis ini tidak ditentukan oleh membran (atau material dari membran) tetapi ditentukan oleh molekul pembawa yang spesifik yang memudahkan perpindahan spesifik terjadi. Ada dua konsep mekanisme perpindahan dari membran jenis ini yaitu : *carrier* tidak bergerak di dalam matriks membran atau *carrier* bergerak ketika dilarutkan dalam suatu cairan. Permselectivitas terhadap suatu komponen sangat tergantung pada sifat molekul *carrier*. Selektivitas yang tinggi dapat dicapai jika digunakan *carrier* khusus. Komponen yang akan dipisahkan dapat berupa gas atau cairan, ionik atau non-ionik.

Berdasarkan geometri porinya, membran dibedakan atas membran asimetrik dan simetrik (Widayanti, N ; 2013).

1) Membran simetrik

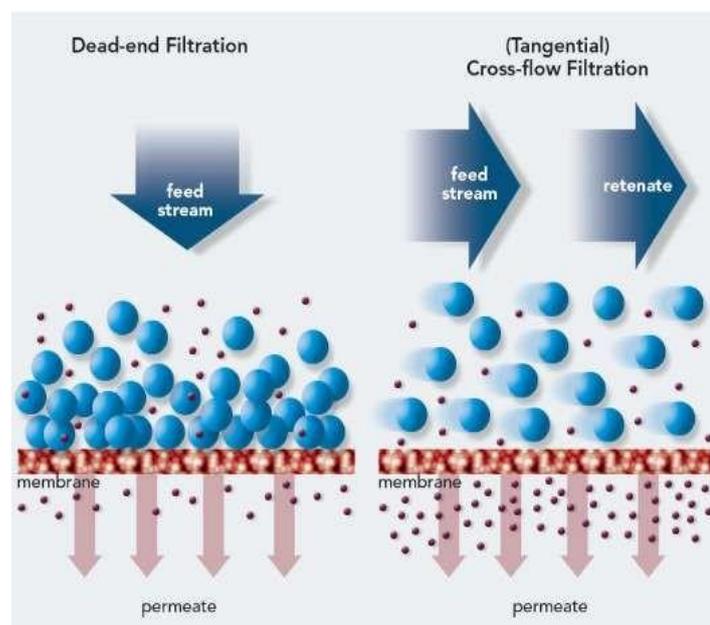
Membran ini mengandung pori dengan ketebalan 10-200 μm . Membran ini memiliki struktur pori yang homogen di seluruh bagian membran. Jenis membran ini kurang efektif karena memungkinkan lebih cepat terjadinya penyumbatan pori dan mengakibatkan *fouling* atau penyumbatan pori pada penggunaannya (Mulder, 1996).

2) Membran asimetrik

Membran ini terdiri dari dua lapisan, yaitu kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 0,1-0,5 μm dan lapisan pendukung berpori besar dengan ketebalan 50-150 μm . Membran asimetrik menghasilkan selektivitas yang lebih tinggi disebabkan oleh rapatnya lapisan atas membran dan mempunyai kecepatan permeasi yang tinggi karena tipisnya membran. Tingginya laju filtrasi pada membran asimetrik ini disebabkan mekanisme penyingkapan permukaan. Partikel yang ditolak tertahan pada permukaan membran (Mulder, 1996). Tingkat pemisahan membran asimetrik jauh lebih tinggi dari pada membran simetrik pada ketebalan yang sama. Hal ini disebabkan karena pada membran simetrik, partikel yang melewati pori akan menyumbat pori-pori membran sehingga penyingkapan membran menurun drastis (Mulder, 1996).

Berdasarkan sistem operasinya dibedakan atas *system dead-end* dan *crossflow*.

Gambaran mengenai *system dead-end* dan *crossflow* dapat dilihat pada gambar 2.1.



(sumber: Widayanti, N; 2013)

Gambar 2.1 Skema Sistem Operasi Membran

Berdasarkan tekanan yang digunakan sebagai gaya, membran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu :

a) Mikrofiltrasi

Membran mikrofiltrasi (MF) dapat dibedakan dari membran *reverse osmosis* (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan ukuran partikel yang dipisahkannya. Pada membran mikrofiltrasi, garam-garam tidak dapat direjeksi oleh membran. Proses filtrasi dapat dilaksanakan pada tekanan relatif rendah yaitu di bawah 2 bar. Membran mikrofiltrasi dapat dibuat dari berbagai macam material baik organik maupun anorganik. Membran anorganik banyak digunakan karena ketahanannya pada suhu tinggi. Beberapa teknik yang digunakan untuk membuat membran antara lain *sintering*, *track atching*, *stretching*, dan *phase inversion* (Widayanti, N ; 2013).

b) Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi berada diantara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 1 μm sampai 1 nm. Ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ultrafiltrasi dan mikrofiltrasi merupakan membran berpori dimana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Ukuran molekul yang dapat lolos melewati membran ultrafiltrasi berkisar antara 10^4 - 10^8 dalton (Mulder, 1996).

c) *Reverse Osmosis*

Membran *reverse osmosis* digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Membran yang lebih *dense* (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) dengan tahanan hidrodinamik yang lebih besar diperlukan pada proses ini. Hal ini menyebabkan tekanan operasi pada osmosis balik akan sangat besar untuk menghasilkan fluks yang sama dengan proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Pada umumnya, membran osmosis balik memiliki struktur asimetrik dengan lapisan atas yang tipis dan padat serta matriks penyokong dengan tebal 50 sampai 150 μm . Tahanan ditentukan oleh lapisan atas yang rapat (Widayanti, N ; 2013).

2.1.1. Membran Ultrafiltrasi

Proses ultrafiltrasi (UF) berada diantara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Ukuran pori membran berkisar antara 0,05 μm sampai 1 nm. Karakteristik membran umumnya dinyatakan dalam *Molecular Weight Cut Off* (MWCO), atau berat molekul yang ditolak oleh membran. Berat Molekul yang dapat ditolak oleh membran ultrafiltrasi berkisar antara 10^4 - 10^8 Dalton. Pada prinsipnya membran ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan makromolekul dan koloid dari larutannya. Membran ini merupakan membran berpori di mana rejeksi zat terlarut sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat zat terlarut relatif terhadap ukuran pori membran. Transport pelarut secara langsung berhubungan dengan besarnya tekanan yang diberikan. Membran ultrafiltrasi mempunyai struktur yang asimetrik dengan lapisan atas yang lebih padat (ukuran pori lebih kecil dan porositas permukaan lebih rendah) sehingga mengakibatkan ketahanan hidrodinamikanya lebih tinggi (Widayanti, N ; 2013).

Secara komersial membran-membran ultrafiltrasi biasanya dibuat dari material-material polimer dan teknik yang digunakan adalah teknik inversi fasa. Polimer yang umum digunakan antara lain polimida, polisulfon, selulosa asetat dan lain sebagainya. Pada prinsipnya proses membran ultrafiltrasi telah banyak digunakan untuk memisahkan molekul-molekul besar dari molekul-molekul kecil. Aplikasinya banyak ditemukan dalam berbagai bidang industri seperti makanan, tekstil, farmasi, industri kertas, dan masih banyak lagi yang lain (Mulder, 1996).

2.1.2. Teknik Pembuatan Membran

Teknik-teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template leaching*, pelapisan (*coating*), dan inversi fasa (Widayanti, N ; 2013).

a. *Sintering*

Sintering adalah teknik yang sangat sederhana, bisa dilakukan baik pada bahan anorganik maupun organik. Bubuk dengan ukuran tertentu dikompresi dan disintering pada temperatur tinggi. Selama sintering antar muka antara partikel

yang berkontak hilang membentuk pori. Teknik ini menghasilkan membran dengan ukuran pori 0,1 sampai 10 μm .

b. Stretching

Stretching adalah suatu metode pembuatan membran dimana film yang telah diekstrusi atau foil yang dibuat dari bahan polimer semi kristalin ditarik searah proses ekstruksi sehingga molekul-molekul kristalnya akan terletak paralel satu sama lain. Jika stress mekanik diaplikasikan maka akan terjadi pemutusan dan terbentuk struktur pori dengan ukuran 0,1 sampai 0,3 μm .

c. Track-Etching

Track-Etching merupakan metode dimana film atau foil ditembak oleh partikel radiasi berenergi tinggi tegak lurus ke arah film. Partikel akan merusak matriks polimer dan membentuk suatu lintasan. Film kemudian dimasukkan ke dalam bak asam atau basa dan matriks polimer akan membentuk goresan sepanjang lintasan untuk selanjutnya membentuk pori silinder yang sama dengan distribusi pori yang sempit.

d. Template-Leaching

Template-Leaching merupakan suatu teknik lain untuk membuat membran berpori yaitu dengan cara melepaskan salah satu komponen (*leaching*). Membran gelas berpori dapat dibuat dengan cara ini.

e. Inversi fasa

Inversi fasa merupakan salah satu metode pembuatan membran. Inversi fasa adalah suatu proses perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Proses pemadatan (*solidifikasi*) ini diawali dengan transisi dari fasa cair ke fasa dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Tahap tertentu selama proses *demixing*, salah satu fasa cair (fasa polimer konsentrasi tinggi) akan memadat sehingga akan terbentuk matriks padat.

2.1.3. Inversi Fasa

Proses pembuatan membran pada umumnya menggunakan metode inversi fasa yaitu perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padatan. Proses pemadatan (*solidifikasi*) ini diawali dengan transisi dari fase satu cairan

menjadi fase dua cairan (*liquid-liquid demixing*). Suatu tahap selama *demixing*, salah satu dari fase cairan tersebut (fase polimer berkonsentrasi tinggi) akan menjadi padat sehingga terbentuk matriks padatan (Widayanti, N ; 2013). Tahapan proses secara umum dalam inversi fasa antara lain: homogenasi, pencetakan, penguapan sebagian pelarut dengan cara waktu penguapan dan dimasukkan ke dalam bak koagulasi. Metode inversi fasa mencakup berbagai macam teknik pengendapan yaitu :

a. Pengendapan dengan penguapan pelarut

Merupakan metode yang paling sederhana. Larutan polimer yang telah dicetak dibiarkan menguap pada suasana *inert* untuk mengeluarkan uap air, sehingga didapatkan membran homogen yang tebal.

b. Pengendapan fase uap

Pada metode ini, membran dibuat dengan cara meletakkan cetakan film yang terdiri dari polimer dan pelarut pada suasana uap dimana fase uap mengandung uap jenuh nonpelarut dan pelarut yang sama dengan cetakan film. Konsentrasi pelarut yang tinggi di fase uap mencegah penguapan pelarut dari cetakan film. Pembentukan membran terjadi karena difusi dari nonpelarut ke dalam cetakan film. Membran yang terbentuk adalah membran berpori tanpa lapisan atas.

c. Pengendapan dengan penguapan terkendali

Metode ini memanfaatkan perbedaan volatilitas antara pelarut dan nonpelarut. Selama pelarut lebih mudah menguap dari nonpelarut maka perubahan komposisi selama penguapan bergerak ke arah kandungan nonpelarut yang lebih tinggi dan konsentrasi polimer yang lebih tinggi. Membran yang terbentuk adalah membran berkulit.

d. Pengendapan Termal

Metode ini membentuk membran dengan cara mendinginkan larutan polimer supaya terjadi pemisahan fase dan penguapan pelarut. Penguapan pelarut sering mengakibatkan terbentuknya membran berkulit untuk mikrofiltrasi. Larutan polimer dengan pelarut tunggal atau campuran lebih diharapkan untuk memudahkan terjadinya pemisahan fasa.

e. *Pengendapan Imersi*

Metode pengendapan imersi adalah metode yang saat ini sering dipakai untuk membuat membran. Larutan polimer dicetak dalam suatu tempat dan dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang mengandung nonpelarut. Membran terbentuk karena pertukaran pelarut dan nonpelarut.

Pembuatan membran Polysulfon dalam penelitian ini menggunakan metode inversi fasa. Satu-satunya persyaratan untuk membuat membran dengan metode ini adalah polimer yang digunakan harus larut pada pelarutnya atau campurannya. Syarat ini dimaksudkan agar dapat terjadi *liquid-liquid demixing*. *Demixing* ini merupakan proses awal pepadatan untuk membentuk membran dan akan terjadi pertukaran pelarut dengan nonpelarut pada membran tersebut. Pertukaran pelarut ini menyebabkan polimer tersebut membentuk matriks padatan dan menjadi membran.

2.1.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Morfologi Membran

a. Jenis Sistem Pelarut nonpelarut

Pemilihan sistem pelarut–nonpelarut sangat mempengaruhi struktur membran yang dihasilkan. Nonpelarut yang digunakan sebagai koagulan harus dapat larut dalam pelarut. Air adalah nonpelarut yang umum digunakan dalam proses inversi fasa. Air adalah nonpelarut yang umum digunakan dalam proses inversi fasa.

Proses pencampuran dapat berlangsung secara sempurna jika komposisi semua bahan penyusun membran mempunyai daya larut yang sama. Di samping itu komposisi total sangat menentukan homogenitas dan kinerja membran.

Kelarutan polimer berkurang dengan bertambahnya massa molekul. Jika suatu polimer dapat larut dalam pelarut yang cocok kemudian ditambahkan bukan pelarut (jika larutan polimer dituangkan ke dalam bukan pelarut yang jumlahnya berlebihan) maka polimer akan mengendap.

b. Pemilihan polimer (jenis polimer)

Merupakan salah satu faktor penting karena akan membatasi jenis pelarut dan

nonpelarut yang digunakan. Pemilihan material membran menjadi penting dengan memperhatikan faktor fouling (efek adsorpsi, karakteristik hidrofilik/ hidrofobik), kestabilan termal dan kimia.

c. Komposisi pelarut

Komposisi pelarut merupakan parameter lain yang sangat mempengaruhi jenis struktur membran yang terbentuk.

d. Komposisi bak koagulasi

Penambahan pelarut ke dalam bak koagulasi adalah parameter lain yang sangat mempengaruhi jenis struktur membran yang terbentuk. Jumlah pelarut maksimum yang dapat ditambahkan ditentukan oleh posisi binodal. Seperti gambar 2.2, saat binodal berganti arah mendekati sumbu polimer/pelarut, maka pelarut yang dapat ditambahkan ke dalam bak koagulasi akan lebih banyak. Jika bak koagulasi hanya mengandung air murni, *instantaneous demixing* akan terjadi karena jalur komposisi awal akan memotong binodal.

e. Komposisi larutan polimer

Komposisi larutan polimer harus tetap berada pada satu fasa sehingga tidak terjadi demixing, sehingga penambahan bahan lain dalam larutan polimer akan mempengaruhi struktur membran. Penambahan air sebagai non pelarut ke dalam larutan polimer menyebabkan terjadinya peristiwa *instantaneous demixing*. Apabila larutan polimer tidak mengandung air pembentukan membran terjadi melalui mekanisme pemisahan tertunda (*delayed demixing*) sehingga diperoleh membran *non porous* (Mulder, 1996).

f. Waktu penguapan larutan dope

Waktu penguapan ini berkaitan dengan berapa kuantitas pelarut yang meninggalkan film polimer ketika proses pembentukan pori-pori membran sedang berlangsung. Dalam hal ini pelarut berfungsi sebagai pembentuk pori. Saat pori terbentuk, pelarut berada dalam pori-pori tersebut kemudian disesak oleh nonpelarut dalam bak koagulasi hingga terjadi solidifikasi. Sebelum solidifikasi, penguapan pelarut menyebabkan pori yang sudah terbentuk menyatu kembali. Semakin lama waktu penguapan, semakin sedikit dan semakin kecil diameter pori yang terbentuk (Kesting, 1971).

g. Penambahan aditif

Aditif memiliki fungsi yang spesifik. Fungsi tersebut meliputi perlindungan terhadap pengaruh lingkungan seperti penolak nyala, penyerap radiasi ultraviolet, antioksidan, antiozon (stabilitas termal dan kimia), mempermudah pemrosesan, memperbaiki kekuatan mekaniknya (Widayanti, N ; 2013). Efek aditif pada larutan casting tergantung pada sejauh mana pengaruh aditif pada tingkat pengendapan dalam hal ini aditif yang dimaksud ialah MSG. Aditif dalam larutan casting meningkatkan tingkat pengendapan, tetapi jika aditif, misalnya untuk benzene ada dalam larutan casting akan cenderung untuk mengurangi tingkat pengendapan (Idris *et al.*,2008).

2.2. Karakterisasi Membran

Karakterisasi pada membran diklasifikasikan menjadi beberapa uji, yaitu :

2.2.1. Fluks Membran

Kinerja suatu membran ditentukan oleh dua parameter, fluks dan selektifitas. Fluks volume adalah jumlah volume permeat yang diperoleh pada operasi membran persatuan waktu dan satuan luas permukaan membran. Permeabilitas akan menentukan harga fluks yang merupakan volume permeat yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Fluks volume dirumuskan pada persamaan 2.1

$$J_v = \frac{V}{A.t} \quad (1)$$

Dimana :

J_v = fluks volume (L/m² .Jam)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan (m²)

t = waktu (Jam)

Aliran selanjutnya sering dinotasikan sebagai fluks yang didefinisikan sebagai volume aliran yang melalui membran per unit area dan waktu. Beberapa satuan SI yang dipakai untuk menyatakan fluks antara lain: L/m² jam dan L/m² hari. Sebelum uji fluks, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap

membran yang akan diuji. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan. Penurunan fluks air akan terjadi karena adanya deformasi mekanik pada matriks membran akibat tekanan yang diberikan. Proses deformasi ini mengakibatkan terjadinya pemadatan pori membran, sehingga nilai fluks menjadi turun (Mulder, 1996).

2.2.2. Selektifitas membran

Selektifitas membran terhadap campuran secara umum dinyatakan oleh satu dari dua parameter yaitu koefisien rejeksi (R) dan faktor pemisahan (α). Campuran larutan encer yang terdiri dari pelarut (sebagian besar air) dan zat terlarut lebih sesuai dengan retensi terhadap terlarut. Zat terlarut sebagian atau secara sempurna ditahan sedang molekul pelarut air dengan bebas melalui membran. Rejeksi dinyatakan dalam persamaan 2.3.

$$R = (1 - C_p/C_f) \times 100\% \quad (3)$$

dimana :

R = koefisien rejeksi

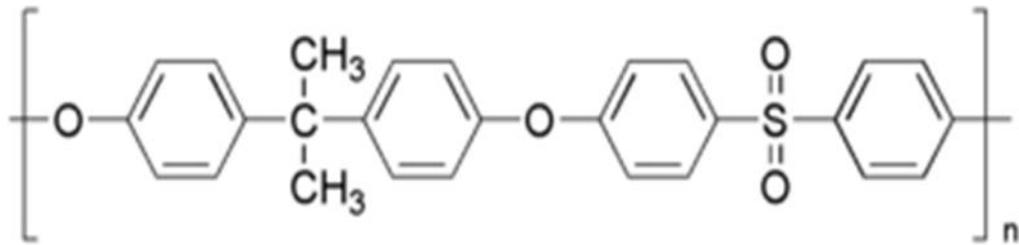
C_p = Konsentrasi permeat

C_f = konsentrasi umpan

R adalah parameter yang tidak berdimensi, sehingga tidak berpengaruh unit konsentrasinya. Nilai R berkisar antara 100% (jika zat terlarut dapat ditahan secara sempurna) dan 0% zat terlarut dan pelarut melalui membran secara bebas (Mulder, 1996).

2.3 Polisulfon

Polisulfon merupakan keluarga polimer termoplastik. Polimer ini dikenal karena ketangguhan dan stabilitas pada suhu tinggi. Polisulfon mengandung subunit aril - SO₂ - aril, ciri yang merupakan kelompok sulfon. *Polysulfones* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Union Carbide. Karena tingginya biaya bahan baku dan pengolahan, *polysulfones* digunakan dalam aplikasi khusus dan sering sebagai pengganti unggul untuk polikarbonat.



(sumber : Gigih Prasetyo, G dkk.; 2013)

Gambar 2.2 Rantai Polimer Polisulfon

Polisulfon merupakan suatu polimer yang memiliki berat molekul besar, mengandung gugus sulfonat dan inti benzene dalam suatu rantai polimer utama. Polisulfon memiliki sifat yang keras, rigid, termoplastis dan punya temperatur transisi gelas (T_g) antara $180^0 - 250^0$ C. Rigiditas rantai secara relative dapat diturunkan dari ketidak lenturan dan keimobilan gugus fenil dan SO_2 , sedangkan kekerasannya muncul karena adanya gugus eter (Gigih Prasetyo, G dkk.; 2013).

Polisulfon bersifat hidrofobik karena mempunyai gugus aromatik pada struktur kimianya dan memiliki kelarutan yang rendah dalam larutan alifatik rendah tetapi masih bisa larut dalam beberapa pelarut polar.

Polisulfon adalah polimer yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran. Hal ini dikarenakan memiliki ketahanan yang baik terhadap temperatur tinggi, rentang pH yang lebar 1 – 13, memiliki resistansi yang baik terhadap klorin, serta mudah dipabrikasi (Gigih Prasetyo, G dkk.; 2013).

2.3.1 Sifat Fisik dan Kimia Polisulfon

- Tahan terhadap panas (termoplastik)
- Kaku dan transparan
- Stabil antara pH 1,5-13
- Tidak larut atau rusak oleh asam-asam encer atau alkali
- Punya kekuatan tarik yang baik

2.4 Limbah Tekstil

Limbah tekstil merupakan limbah cair dominan yang dihasilkan industri tekstil karena terjadi proses pemberian warna (*dyeing*) yang di samping memerlukan bahan kimia juga memerlukan air sebagai media pelarut (Dwioktavia, 2011).

Industri tekstil merupakan suatu industri yang bergerak dibidang garmen dengan mengolah kapas atau serat sintetik menjadi kain melalui tahapan proses : *Spinning* (Pemintalan) dan *Weaving* (Penenunan). Limbah industri tekstil tergolong limbah cair dari proses pewarnaan yang merupakan senyawa kimia sintesis, mempunyai kekuatan pencemar yang kuat. Bahan pewarna tersebut telah terbukti mampu mencemari lingkungan. Zat warna tekstil merupakan semua zat warna yang mempunyai kemampuan untuk diserap oleh serat tekstil dan mudah dihilangkan warna (kromofor) dan gugus yang dapat mengadakan ikatan dengan serat tekstil (auksokrom).

Zat warna tekstil merupakan gabungan dari senyawa organik tidak jenuh, kromofor dan auksokrom sebagai pengaktif kerja kromofor dan pengikat antara warna dengan serat. Limbah air yang bersumber dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam proses produksinya. Di samping itu ada pula bahan baku yang mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air tersebut harus dibuang.

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 warna, sehingga pH larutan menjadi tinggi. Warna air limbah yang masih pekat disebabkan karena tidak semua zat yang digunakan dapat berikatan 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 (Hidayat; 2014).

Lingkungan yang tercemar akan mengganggu kelangsungan hidup makhluk hidup disekitarnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kegiatan industri, air yang telah digunakan (air limbah industri) tidak boleh

langsung dibuang ke lingkungan, tetapi air limbah industri harus mengalami proses pengolahan sehingga dapat digunakan lagi atau dibuang ke lingkungan tanpa menyebabkan pencemaran. Proses pengolahan air limbah industri adalah salah satu syarat yang harus dimiliki oleh industri yang berwawasan lingkungan (Dwioktavia, 2011).

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-tabel berikut:

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Pencelupan

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Suhu	°C	29-35
<i>Biochemical oxygen demand</i> (BOD)	mg/L	159,7 – 168
<i>Chemical oxygen demand</i> (COD)	mg/L	1712,7 – 1793
<i>Total suspended solid</i> (TSS)	mg/L	1233,7 – 1317
pH	-	6,8 – 8,5

Sumber: Rosyadi, 2006

Adapun karakteristik dan baku mutu limbah cair industri tekstil yang ditetapkan untuk wilayah Sumatera Selatan:

Tabel 2.2 Karakteristik dan Baku Mutu Limbah Cair Industri

Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah
<i>Biochemical oxygen demand</i> (BOD)	mg/L	60,0
<i>Chemical oxygen demand</i> (COD)	mg/L	150,0
<i>Total suspended solid</i> (TSS)	mg/L	50,0
pH	-	6,0 – 9,0

Sumber: Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012

2.4.1 Uji Kualitas Air Limbah

2.4.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan terutama disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang bervariasi dari ukuran koloid sampai *disperse* kasar. Kekeruhan di suatu sungai tidak selalu sama setiap tahun, air akan sangat keruh pada musim penghujan karena larian air maksimum dan adanya erosi dari daratan. Kekeruhan ini terutama disebabkan oleh adanya erosi dari daratan.

Pada daerah pemukiman kekeruhan dapat ditimbulkan oleh buangan penduduk dan buangan industri baik yang telah diolah maupun yang belum mengalami pengolahan. Selain disebabkan oleh bahan-bahan tersebut, kekeruhan juga disebabkan oleh liat dan lempung, buangan industri dan mikroorganisme (Saeni,1989). Pengaruh utama dari kekeruhan adalah terjadinya penurunan penetrasi cahaya matahari secara tajam. Penurunan ini akan mengakibatkan aktivitas fotosintesis dari fitoplankton menurun (Koessoebiono, 1979).

2.4.1.2 Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH menyatakan intensitas kemasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi ion hidrogennya, pH tidak mengukur seluruh kemasaman atau seluruh alkalinitas (Soemarwoto, 1987). Menurut Saeni (1989), nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Adanya karbonat, hidroksida, dan bikarbonat menaikkan kebasaan air. Sedangkan adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan kemasaman. Perairan yang bersifat asam lebih banyak dibandingkan dengan perairan alkalis. Nilai pH air dapat mempengaruhi jenis dan susunan zat dalam lingkungan perairan dan mempengaruhi tersedianya unsur hara, serta toksitas dari unsur-unsur renik.

Pada $pH < 4$, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Namun ada sejenis algae yaitu *Chlamydomonas acidophila* mampu bertahan pada $pH = 1$ dan algae *Euglena* pada $pH 1,6$.

Pengaruh nilai pH pada komunitas biologi perairan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan

Nilai pH	Pengaruh
6,0 – 6,5	1. Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun
5,5 – 6,0	2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak 1. Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos Semakin tampak 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti
5,0 – 5,5	1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar 2. Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak
4,5 – 5,0	1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar 2. Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak

Sumber : Modifikasi Baker *et al.*, 1990

2.4.1.3 Warna

Menurut Siburian, P (2006), warna air terdiri dari dua macam yaitu; warna sejati (*true color*) yang disebabkan oleh adanya bahan-bahan terlarut, dan warna semu (*apparent color*), selain disebabkan oleh adanya bahan-bahan terlarut, juga disebabkan oleh adanya bahan-bahan tersuspensi, termasuk diantaranya yang bersifat koloid. Warna air di alam sangat bervariasi, misalnya air di rawa-rawa berwarna kuning, coklat atau kehijauan. Air sungai biasanya berwarna kuning kecoklatan karena mengandung lumpur. Sedangkan air buangan yang mengandung besi dan tanin dalam jumlah tinggi berwarna coklat kemerahan. Warna air yang tidak normal, biasanya menunjukkan adanya pencemaran terhadap

air tersebut.

Baku mutu air adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang ada atau harus ada unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam air pada sumber air tertentu sesuai dengan peruntukannya. Baku mutu air ini ditetapkan pemerintah berdasarkan peraturan undang-undang dengan mencantumkan pembatasan konsentrasi dari berbagai parameter kualitas air. Baku mutu air berlaku untuk lingkungan perairan suatu badan air, sedangkan baku mutu limbah berlaku untuk limbah cair yang akan masuk ke perairan.