

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Industri Karet

Industri karet dalam mengolah karet mentah menjadi produk (*crumb rubber*) menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan dan menjadi penyebab tingginya polusi apabila tidak diolah terlebih dahulu. Adapun polusi yang ditimbulkan dapat berupa polusi udara(bau) dan polusi air apabila kadar limbah yang dibuang ke lingkungan belum memenuhi standart baku mutu lingkungan yang telah ditentukan. Limbah yang dikeluarkan oleh industri crumb rubber berasal dari berbagai sumber yaitu dari proses pencucian pada tahap pemecahan, penggilingan dan peremahan. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan keruh dan berbau, mengandung padatan organik yang tinggi, serta padatan tersuspensi maupun terlarut.

Agar limbah karet dapat dibuang melalui saluran air umum tanpa membahayakan lingkungan, air limbah industry karet harus diolah terlebih dahulu. Prinsip pengolahan air limbah adalah memisahkan partikel partikel berbahaya atau tidak diinginkan dari air atau mengubahnya menjadi zat zat yang dapat dimanfaatkan. Diantaranya yaitu dengan mengontrol derajat keasaman, menurunkan kadar COD dan TSS dari limbah tersebut sehingga memenuhi standar baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Limbah Cair Industri Karet

Parameter	Kadar Pencemar (mg/l)
COD	200
BOD	60
TSS	100
NH3	5
Nitrogen	10

(Sumber : BLMC. PERATURAN Permen LH No. P.68/Menlh/Setjen/KUM/8/2016)

Tabel 2.2 Standar Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Karet Sumatera Selatan

Parameter	Beban Pencemaran (kg/ton)
COD	8
BOD	2,4
TSS	4
NH3	0,2
Nitrogen	0,4

(Sumber : Per-Gub No.8 tahun 2012)

Pengolahan limbah cair yang sering digunakan oleh industri berbeda-beda tergantung dari jenis industri dan luas lahan yang tersedia. Secara umum cara pengolahan yang digunakan oleh industri adalah pengolahan secara kimia, pengolahan sistem ponding dan pengolahan sistem lumpur aktif. Pengolahan cara kimia merupakan cara yang umum dan sederhana, menggunakan bahan kimia sebagai bahan penggumpal lumpur. Pengolahan ini dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia seperti Tawas, Soda Ash, Kapur, KaustikSodadan polymer.

2.1.1. Pengolahan Limbah Crumb Rubber

Industri pengolahan karet alam banyak menghasilkan limbah cair karena penggunaan air yang cukup besar dalam proses produksinya, terutama dalam proses pencucian karet. Karakteristik limbah cair yang dihasilkan keruh dan berbau, mengandung padatan organik yang tinggi, serta padatan tersuspensi maupun terlarut. Limbah cair crumb rubber merupakan limbah organik yang dapat diolah secara biologi. Prinsip pengolahan biologis adalah menyisihkan senyawa organik terlarut, yang melibatkan mikroba aktif untuk kontak dengan air limbah, agar mikroba tersebut dapat mengkonsumsi impuritas (pencemar) sebagai makanannya (Indriyati dan Susanto, J.P., 2009).

Pengolahan limbah cair industri maupun domestik saat ini umumnya menggunakan proses lumpur aktif, prosesnya relatif sederhana dan tidak membutuhkan teknologi yang tinggi (Widjaja dkk., 2009). Lumpur aktif yang digunakan merupakan biakan campuran dari limbah crumb rubber itu sendiri.

Lumpur aktif biakan campuran yang dimaksud disini adalah lumpur aktif yang di dalamnya mengandung berbagai macam mikroorganisme, karena lumpur aktif diperoleh dari limbah lumpur dari pabrik crumb rubber itu sendiri. Lumpur aktif (activated sludge) adalah suatu gabungan flok (massa) yang mengandung beberapa mikroba yang heterogen yang terdiri dari berbagai bakteri, yeast, jamur dan protozoa, dan juga “organic matter” serta “slime material”. Umumnya lumpur aktif mempunyai komposisi 70% - 90% bahan organik dan 10% bahan anorganik. Struktur flok lumpur aktif cenderung bermuatan negatif sebagai hasil interaksi kimia-fisika antara mikroorganisme (khususnya bakteri), partikel organik (oksida silikat, fosfat, besi), polimer eksoseluler dan berbagai kation. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO₂, H₂O, NH₄ dan sel biomassa baru. Proses ini menggunakan udara yang disalurkan melalui pompa blower atau melalui aerase mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki pengendapan (Sari, F.R. dkk., 2013).

2.2. Teknologi Membran

Secara definitif membran memiliki arti sebagai lapisan tipis yang berada di antara dua fasa dan berfungsi sebagai pemisah yang selektif. Pemisahan pada membran bekerja berdasarkan perbedaan koefisien difusi, perbedaan potensial listrik, perbedaan tekanan, atau perbedaan konsentrasi. Membran memiliki sifat semipermeabel, yang berarti membran dapat menahan spesi-spesi lain dengan ukuran lebih kecil. Sifat selektif membran inilah yang biasanya digunakan dalam proses pemisahan.

Pada saat ini teknologi membrane telah berkembang pesat baik untuk skala laboratorium maupun untuk skala komersial. Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Larutan yang mengandung komponen yang tertahan tersebut disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat. Filtrasi menggunakan membrane selain berfungsi sebagai sarana

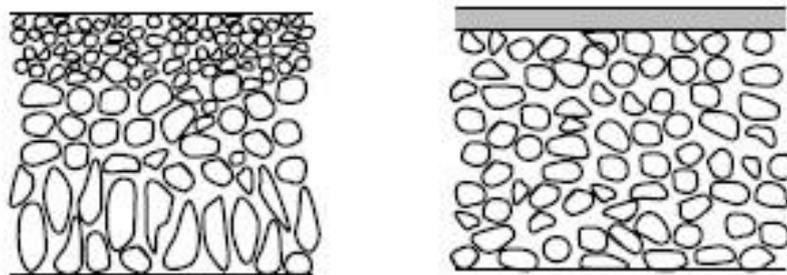
pemisahan juga berfungsi sebagai sarana pemekatan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membrane tersebut.

Teknologi membran mempunyai beberapa keunggulan yaitu proses pemisahannya berlangsung pada suhu kamar, dapat dilakukan secara kontinu, sifatnya bervariasi, dapat diatur sesuai kebutuhan, membran yang dihasilkan dapat digunakan kembali dan ramah lingkungan karena tidak menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan. Membran juga dapat berfungsi sebagai filter yang sangat spesifik, dikarenakan hanya molekul-molekul tertentu saja yang bisa melewati membran sedangkan sisanya akan tertahan di permukaan membran.

Proses pemisahan dengan membran mempunyai kemampuan memindahkan salah satu komponen berdasarkan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Perpindahan yang terjadi karena adanya gaya dorong (driving force) dalam umpan yang berupa beda tekanan (ΔP), beda konsentrasi (ΔC), beda potensial listrik (ΔE) dan beda temperatur (ΔT) serta selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi.

2.2.1. Struktur Membran

Membran dapat memiliki struktur simetrik dan asimetrik. Membran simetrik memiliki struktur lapisan yang homogen sedangkan membran asimetrik memiliki struktur yang heterogen. Perbedaan struktur membran simetrik dan asimetrik ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur membran asimetrik Loeb-Sourirajan (kiri) dan asimetrik komposit (kanan)

Membran asimetrik *Loeb-Sourirajan* memiliki ukuran pori yang bervariasi, dengan distribusi pori terkecil di bagian atas dan semakin ke bawah ukuran pori semakin membesar. Sedangkan membran asimetrik komposit merupakan perpaduan lapisan polimer yang sangat tipis (0,1-1 μm) yang terletak di atas lapisan

polimer tebal (100-200 μm). Pada umumnya lapisan tipis berupa lapisan *dense* yang menentukan kinerja membran, dan lapisan tebal berupa lapisan berpori yang menentukan besarnya laju pemisahan.

Saat ini membran asimetrik banyak digunakan untuk membran dengan gaya dorong berupa perbedaan tekanan, seperti membran ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, osmosis balik, atau pemisahan gas, proses-proses yang membutuhkan laju perpindahan yang tinggi dan stabilitas mekanik yang baik. Keuntungan dari membran asimetrik ialah permukaan membran akan menahan partikel yang tidak dapat melewatinya dan partikel ini dapat dihilangkan dengan mengalirkan air atau larutan umpan sejajar dengan permukaan membran. Membran asimetrik pertama kali dibuat dari polimer selulosa asetat, menghasilkan laju alir yang 10 hingga 100 kali lebih tinggi daripada membran simetrik. Metode yang biasa digunakan untuk pembuatan membran asimetrik ada dua, yaitu metode inversi fasa dan pembentukan struktur komposit. Metode yang lebih sering digunakan ialah metode inversi fasa.

2.2.2. Metode Pembuatan Membran

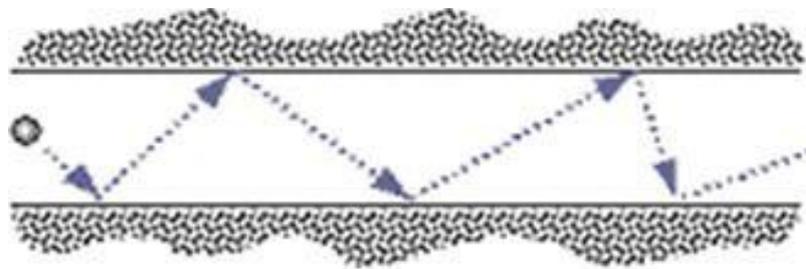
Kinerja membrane sangat bergantung pada karakteristik membrane dan karakteristik tersebut diperoleh melalui material dan Teknik preparasi yang berbeda. Material yang digunakan dalam pembuatan membrane dapat berupa polimer, senyawa inorganic (keramik, zeolite, logam, kaca atau karbon), cairan atau kombinasi ketiga bahan menjadi membrane *mixed-matrix*. Berbagai bahan sintetik dapat digunakan untuk membuat membrane. Bahan tersebut dapat berupa materi organic (polimer) ataupun materi anorganik (keramik, gelas, logam). Tujuan dari pembuatan membrane adalah memodifikasi bahan tersebut dengan proses yang tepat untuk menghasilkan tipe membrane yang sesuai untuk proses pemisahan yang diinginkan. Secara umum terdapat beberapa proses pembuatan membrane yaitu proses *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *phase inversion* dan *coating*.

Dalam aplikasinya, membrane biasa digunakan dalam bentuk modul-modul yang merupakan satuan unit terkecil dari unit membrane. Konfigurasi modul secara umum dapat dibedakan menjadi konfigurasi membrane tubular dan membrane lembaran.

2.3. Membran Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi merupakan proses pemisahan menggunakan membran berpori asimetrik berdasarkan mekanisme *sieving* untuk memisahkan partikel berukuran 200 – 100.000 Da dari larutan. Membran ultrafiltrasi dapat dikelompokkan bersama membran nanofiltrasi dan mikrofiltrasi, yang membedakan ketiga membran tersebut hanyalah ukuran partikel yang ditahannya. Pada ketiga jenis membran tersebut, cairan umpan bertekanan dialirkan dan dikontakkan dengan membran. Pelarut dan komponen tertentu kemudian berdifusi menembus membran, sementara zat sisanya tertahan atau terbawa keluar. Molekul yang berukuran lebih besar dari pori membran akan tertahan, sementara partikel yang lebih kecil akan melewatinya, sehingga faktor yang paling berpengaruh terhadap rejeksi membran adalah ukuran dan bentuk molekul relatif terhadap ukuran pori membran.

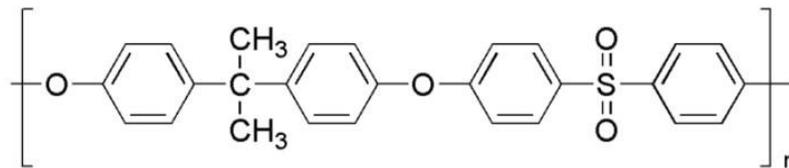
Membran ultrafiltrasi merupakan salah satu jenis membran berpori dengan ukuran pori antara 1-100 nm. Sistem transport fluida yang terjadi pada membran ultrafiltrasi adalah sistem aliran difusi Knudsen. Aliran Knudsen merupakan sistem difusi yang terjadi ketika fluida melalui suatu sistem dengan diameter yang jauh lebih kecil dari panjang aliran. Difusi terjadi karena molekul sering berbenturan dengan dinding pori.



Gambar 2.2 Sistem aliran difusi Knudsen

2.4. Polisulfon

Polisulfon merupakan suatu polimer yang dihasilkan dari reaksi antara di-p-diklorodifenil sulfon dengan garam sodium dari bisfenol-A yang bersifat hidrofobik. Polisulfon memiliki berat molekul repeat unity yang besar yaitu 443 g/mol dan tahan terhadap panas (termoplastik) hingga 190°C. Struktur polisulfon ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.2 Struktur kimia polisulfon

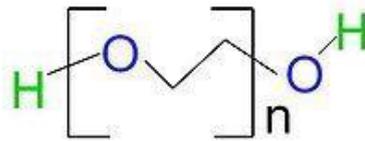
Polisulfon banyak digunakan sebagai bahan pembuat membran karena memiliki struktur yang rigid, kuat, transparan, stabil pada pH antara 1 sampai 13, kekuatan tarik yang baik, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap asam, alkali, dan elektrolit. Selain itu polisulfon juga mudah untuk diproduksi, dengan ukuran pori yang dapat diatur hingga 40 nm. Material polisulfon juga telah banyak diaplikasikan pada pemisahan gas murni maupun campuran seperti pemisahan CO₂ dari campuran CO₂/CH₄ karena memiliki kekuatan mekanik yang baik, stabilitas kimia yang baik, dan relatif murah .

2.5. Polietilen Glikol (PEG)

Polietilen Glikol merupakan polimer yang terbentuk dari reaksi antar etilen oksida dengan air, dengan bermacam-macam Panjang rantai dan berat molekul. PEG yang umum digunakan adalah PEG 200, 400, 600, 1000, 1500, 1540, 3350, 4000, 6000 dan 8000. Pemberian nomor menunjukkan berat molekul rata-rata dari masing-masing polimernya. Polietilen Glikol yang memiliki berat molekul rata-rata 200, 400, 600 berupa cairan bening tidak berwarna dan yang mempunyai berat molekul rata-rata lebih dari 1000 berupa lilin putih, padat dan kekerasannya bertambah dengan bertambahnya berat molekul.

PEG banyak digunakan karena memiliki sifat stabil dan inert, tidak mudah terurai, serta rentang titik leleh dan kelarutan yang luas. Penambahan polietilen

glikol dapat meningkatkan kinerja membrane dengan meningkatkan fluks air murni, permeabilitas hidrolik dan porositasnya.



Gambar 2.4 Struktur Kimia Polietilen Glikol

2.6. 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).

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

B. 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).

2.7. Kinerja Membran

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

A. 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:

$$J_v = \frac{V}{A \times t}$$

Dimana:

J_v = fluks volume ($L/m^2 \cdot jam$)

V = volume permeat (L)

A = luas membran (m^2)

t = waktu tempuhan (jam)

B. 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 :

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\%$$

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.