

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

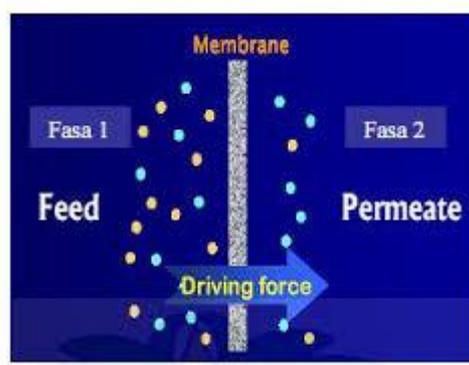
2.1 Tinjauan Umum Tentang Membran

Teknologi membran memiliki banyak keunggulan. Keunggulan tersebut yaitu pemisahan dengan membran tidak membutuhkan zat kimia tambahan dan juga kebutuhan energinya sangat minimum. Beberapa material membran terus dikembangkan untuk menghasilkan membran yang baik dalam proses fitrasi diantaranya membran keramik (Mulder, 1996). Saat ini, aplikasi dari membran keramik telah mengalami peningkatan yang pesat dikarenakan membran keramik memiliki kemampuan yang baik dalam proses pemisahan serta stabilitas termal dan mekanik (Hristov et al., 2012).

Membran berfungsi untuk 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 disebut konsentrat dan larutan yang mengalir disebut permeat (Iqbal dkk, 2015).

2.2 Kinerja Membran

Menurut Nasir, Subriyer 2011 kinerja atau efisiensi perpindahan didalam membran ditentukan oleh dua parameter yaitu:



Sumber : Hanum, Farida. (2009)

Gambar 1 . Skema proses pemisahan dengan membrane

a. Permeabilitas

Permeabilitas sering disebut juga sebagai kecepatan permeat atau *fluks* adalah jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas membran dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan. Pada proses filtrasi nilai *fluks* yang umum dipakai adalah *fluks* volume larutan umpan yang dapat melewati membran persatuan satuan waktu persatuan luas membran. Faktor 8 yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas larutan serta tekanan dari luar.

b. Selektifitas

Selektifitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu alat membran keramik menahan suatu suspensi atau melewati suatu suspensi tertentu lainnya. Faktor yang mempengaruhi selektifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, larutan umpan dan ukuran pori.

Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektifitas membran adalah koefisien rejeksi (R), yaitu fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran.

Menurut Scott dan Hughes, 1996 yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya :

1. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. Pada pembuatan membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus.

2. Bentuk Membran

Membran dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, bentuk datar, bentuk tabung dan bentuk serat berongga

3. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan mempengaruhi pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori.

4. Karakteristik Larutan

Karakteristik larutan ini mempunyai pengaruh terhadap permeabilitas membran.

5. Parameter Operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi

2.3 Jenis-Jenis membran

Menurut Mulder (1996), berdasarkan jenis pemisahan dan strukturnya, membran dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

a. *Porous* membran.

Pemisahan berdasarkan atas ukuran partikel dari zat-zat yang akan dipisahkan. Hanya partikel dengan ukuran tertentu yang dapat melewati membran sedangkan sisanya tertahan. *Porous* membran digunakan pada microfiltrasi dan ultrafiltrasi.

b. Non-porous membran.

Dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama, baik gas maupun cairan. Pada *non-porous* membran, tidak terdapat pori seperti halnya porous membran. Perpindahan molekul terjadi melalui mekanisme difusi. Jadi, molekul terlarut didalam membran, baru kemudian berdifusi melewati membran tersebut.

c. *Carrier* membran

Pada *carrier* membran, perpindahan terjadi dengan bantuan *carrier molecule* yang mentransformasikan komponen yang diinginkan untuk melewati membran. *Carrier molecule* memiliki afinitas yang spesifik terhadap salah satu komponen sehingga pemisahan dengan selektifitas yang tinggi dapat tercapai.

2.4 Membran Keramik

Membran keramik adalah suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Membran keramik memiliki karakteristik yang memungkinkan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang meliputi kapasitas

yang baik, konduktivitas panas rendah, tahan korosi, keras, kuat namun agak rapuh.



Sumber : Dokumentasi

Gambar 2. Membran Keramik

Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termalnya terhadap senyawa kimia, degradasi biologis ataupun mikroba. Sifat-sifatnya menunjukkan keunggulan bila dibandingkan dengan membran yang terbuat dari senyawa polimer, dan relatif mudah untuk dibersihkan dengan cleaning agent. Ketahanan terhadap zat kimia menyebabkan membran keramik banyak digunakan pada processing makanan, produk bioteknologi dan farmasi (Nasir, Subriyer, 2011).

Material bahan baku membran sangat bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya salah satunya adalah silika. Silika merupakan bahan yang menarik untuk penggunaan bahan baku membran anorganik karena struktur silikanya relative stabil dalam rentang temperature yang luas hingga 1000 °C. (Puspayana, Dwi Rukmana dan Aliya Damayanti, 2013)

Kekurangan teknologi membran lainnya adalah fluks dan selektifitas, karena pada proses membran umumnya terjadi fenomena fluks berbanding terbalik dengan selektivitasnya. Semakin tinggi fluks seringkali berakibat menurunnya selektivitas dan sebaliknya. Sedangkan hal yang diinginkan dalam proses berbasis membran adalah mempertinggi fluks dan selektivitas (Nasir, Subriyer, 2011).

2.5 Metode Pembuatan Membran Keramik

Menurut Ismaniar (2014), membran keramik yang akan digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan metoda yang sama seperti pembuatan keramik. Secara garis besar langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan keramik adalah :

1. **Pemilihan bahan dasar (*raw material selection*)**

Pada tahapan ini, bahan dasar dipilih berdasarkan kebutuhan. Beberapa hal yang dipertimbangkan adalah karakteristik dari material yang ingin dihasilkan, biaya dan kemudahan dalam memperoleh bahan tersebut. Bahan dasar kemudian diolah lebih lanjut hingga siap untuk diproses menjadi powder.
2. **Pembuatan Powder (*Powder Preparation*)**

Umumnya bahan dasar pembuatan keramik selalu dalam bentuk powder. Terdapat beberapa keuntungan dari dibuatnya powder, diantaranya untuk memperkecil ukuran partikel dan memodifikasi distribusi ukurannya. Powder harus dibuat dengan ukuran sekecil mungkin karena kekuatan mekanik dari keramik berbanding terbalik dengan ukuran powder. Pembuatan powder dapat dilakukan dengan menggunakan penggerusan manual seperti mortar atau ball mill.
3. **Pencampuran**

Bahan baku atau sampel yang sudah menjadi powder dilakukan proses pencampuran bahan baku sehingga homogen dengan bantuan sedikit air.
4. **Pencetakan**

Pencetakan dilakukan dengan menggunakan pencetak khusus untuk membuat membran keramik, kemudian dilakukan proses pengeringan.
5. **Pengeringan**

Pengeringan pembuatan membran ini dilakukan dalam dua tahap yaitu dengan bantuan sinar matahari dan pemanasan dengan suhu tinggi.

2.6 Bahan Dasar Membran Keramik

1. **Tempung)**

Tanah liat memiliki sifat paling stabil dan paling tahan erosi. Agar tanah liat dapat digunakan untuk membentuk benda keramik maka harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:



Sumber : Dokumentasi

Gambar 3. Tanah Liat

a) Sifat Plastis

Sifat plastis berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan sehingga benda yang dibentuk tidak akan mengalami keretakan, pecah atau berubah bentuk.

b) Memiliki kemampuan bentuk

Tanah liat juga harus memiliki kemampuan bentuk yaitu kualitas penompang bentuk selama proses pembentukan berlangsung yang berfungsi sebagai penyangga.

c) Susut kering dan susut bakar

Tanah liat yang terlalu plastis biasanya memiliki persentase penyusutan lebih dari 15%, sehingga apabila tanah liat tersebut dibentuk akan memiliki resiko retak dan pecah yang tinggi.

d) Suhu kematangan (vitrifikasi)

Suhu bakar keramik berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu keadaan benda keramik yang telah mencapai kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk.

e) Porositas

Fluks membran keramik secara langsung berhubungan dengan porositas, dimana membran keramik yang bagus adalah membran dengan porositas tinggi tetapi tidak menurunkan kekuatan mekanik membran tersebut. (Nasir, S dkk, 2013)

2. Zeolit

Zeolit (*Zeinlithos*) atau berarti juga batuan mendidih, di dalam riset-riset kimiawan telah lama menjadi pusat perhatian. Setiap tahunnya, berbagai jurnal penelitian di seluruh dunia, selalu memuat pemanfaatan zeolit untuk berbagai aplikasi, terutama yang diarahkan pada aspek peningkatan efektivitas dan efisiensi proses industry. Struktur zeolit sejauh ini diketahui bermacam-macam, tetapi secara garis besar strukturnya terbentuk dari unit bangun primer, berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder polihedral dan membentuk polihendra dan akhirnya unit struktur zeolit (Sinly Evan Putra. 2007).

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serbaguna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion.



Sumber : Sinly Evan Putra. 2007

Gambar 4. zeolit

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H_2O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H_2O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran

rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi (Sinly Evan Putra, 2007).

3. Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium oksida atau yang lebih sering disebut titania adalah keluarga (IV) oksida yang merupakan semikonduktor dengan celah terlarang 3,0 untuk rutil dan 3,2 eV untuk fasa anatase (Hoffmann et al., 1995; Fujishima et al., 1999). Secara kimia titanium dioksida dituliskan dengan lambang TiO_2 . Senyawa ini biasa digunakan sebagai pigmen pada cat tembok (Braun et al., 1992), tabir surya (Zallen and Moret, 2006) pasta gigi (Yuan and Chen, 2005) solar sel, sensor, perangkat memori serta sebagai fotokatalis.



Gambar 5. Titanium Oksida

4. Pasir Aktif

Di alam, pasir aktif ditemukan dengan kemurnian yang bervariasi bergantung kepada proses terbentuknya disamping adanya material lain yang ikut selama proses pengendapan. Material pengotor tersebut bersifat sebagai pemberi warna pada pasir aktif, dan dari warna tersebut dapat diperkirakan derajat kemurniannya. Pada umumnya, di alam, pasir kuarsa ditemukan dengan ukuran butir bervariasi dalam distribusi yang melebar, mulai dari fraksi halus (0,06 mm) sampai dengan ukuran kasar (2 mm). (Prayogo Teguh, 2012).

Pasir Aktif adalah untuk menghilangkan kandungan besi (Fe), Tembaga (Cu), dan menghilangkan sedikit Mangan (Mn^{2+}) dan warna kuning pada air tanah atau sumber air lainnya. Fe dan Mn dalam air biasanya diturunkan dengan cara aerasi air pada $\text{pH} > 7$ sehingga kedua logam ini mengendap sebagai oksidanya.

Baik pasir silica maupun pasir aktif banyak digunakan pada system penyaringan air secara konvensional dan dapat memperbaiki kualitas fisik air seperti kekeruhan.



Gambar 6. Pasir Aktif

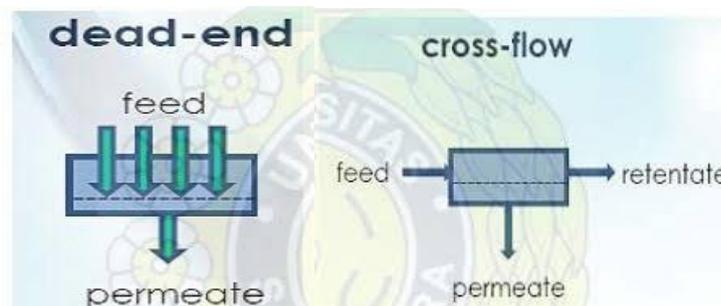
2.7 Karakteristik Membran Keramik

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi membran berpori, yaitu mikroskop elektron, metode gelembung udara (bubble point), dan pengukuran permeasi (Scott et al, 1996). Scanning Elektron Microscope (SEM) dan Transmission Elektron Microscope (TEM) adalah alat yang dapat digunakan untuk pengamatan langsung. Pada TEM, sampel yang disiapkan sangat tipis sehingga elektron dapat menembusnya kemudian hasil dari tembusan elektron tersebut yang diolah menjadi gambar. Kelemahan yang dihadapi adalah karena karena sampel yang diperlukan sangat tipis, maka diperlukan waktu yang lama untuk preparasi dan kekhawatiran terjadi kerusakan struktur sampel. Sedangkan pada SEM sampel tidak ditembus oleh elektron sehingga hanya pendaraan hasil dari tumbukan elektron dengan sampel yang ditangkap oleh detektor dan diolah. Penggunaan SEM lebih mudah karena sampel yang diperlukan tidak setipis sampel yang digunakan pada TEM.

2.8 Proses Pemisahan Dengan Membran

Teknologi pemisahan menggunakan membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses pemisahan konvensional lain seperti distilasi dan evaporasi. Keunggulan yang dimiliki antara lain:

1. Pemisahan berdasarkan ukuran molekul, sehingga pemisahan dapat beroperasi pada temperatur rendah. Hal ini dapat menghindari kerusakan zat pelarut maupun partikel terlarut yang sensitif terhadap panas.
2. Pemakaian energi yang relatif rendah, karena biasanya pemisahan menggunakan membran tidak melibatkan perubahan fase, namun temperatur yang dibutuhkan jauh lebih rendah dari pada titik didih larutan akan dipisahkan.
3. Tidak menggunakan zat kimia dan tidak ada tambahan produk
4. Bersifat modular, artinya di scale-up dengan memperbanyak unitnya.
5. Dapat digabungkan dengan jenis operasi lainnya (Wenten,2011)



Sumber : Hanum, Farida. (2009)

Gambar 7. Pola aliran dalam membrane

2.8.1 Prinsip pemisahan dengan membran

Pada prinsipnya proses pemisahan dengan menggunakan membran adalah proses pemisahan antara pelarut dan zat terlarut. Pelarut dipisahkan dari zat terlarut yang akan tertahan pada membran dan disebut dengan konsentrat, sedangkan pelarut akan lolos melalui membran dan dinamakan permeat. Kecepatan aliran komponen yang dipisahkan bergantung kepada jenis gaya pendorong dan karakteristik membran. Jenis gaya pendorong yang ada pada pemisahan dengan menggunakan membran yaitu perbedaan tekanan perbedaan konsentrasi dan perbedaan temperatur (Hanum, Farida, 2016).

2.8.2 Klasifikasi Membran

Pada umumnya membran dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu kategori berdasarkan bentuk, kategori berdasarkan fungsi, dan kategori berdasarkan bentuk aliran dengan penjelasan sebagai berikut (Nasir, Subrayer 2011) :

Berdasarkan bentuknya membran dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

- a. Membran datar
 1. Membran datar yang memiliki satu lembar saja
 2. Membran datar yang tersusun bertingkat-tingkat
 3. Membran spiral bergulung
- b. Membran Tubular
 1. Membran serat berongga (diameter 5mm)
 2. Membran Kapiler (diameter 0,5-5,0 mm)
 3. Membran tubular (diameter >5 mm)

Berdasarkan fungsinya membran dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis yaitu sebagai berikut (Hanum,2009) :

1. Membran mikrofiltrasi dan membrane ultrafiltrasi
2. Membran osmosis balik
3. Nanofiltrasi
4. Membran dialis dan Membran elektrodialisis

2.8.3 Limbah

Air limbah Industri merupakan sumber pencemaran air yang sangat potensial. Pada konsentrasi yang tinggi, limbah tersebut menyebabkan kontaminasi bakteriologis serta beban nutrien yang berlebihan (eutrophication). Limbah industri anorganik lebih sulit untuk dikontrol dan mempunyai potensi bahaya yang lebih besar. Industri kimia berbahaya mengeluarkan limbah berbahaya yang mengandung senyawa yang bersifat racun (toxic material) serta logam berat yang bersifat toksik. Air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya.

Industri tersebut selain menghasilkan produk yang bermanfaat, juga menghasilkan produk samping berupa limbah yang berbahaya dan beracun. Limbah beracun yang dihasilkan industri antara lain dapat berupa logam berat. Menurut beberapa literatur terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumi

ini yang telah teridentifikasi sebagai jenis logam berat. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan (Nusa Idaman Said, 2010).

Industri yang menghasilkan limbah logam berat banyak dijumpai saat ini. Berbagai macam industri yang dimaksud seperti pelapisan logam, peralatan listrik, cat, pestisida dan lainnya. Kegiatan tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama pencemaran air oleh limbah logam. Keberadaan logam tembaga dalam perairan dapat menyebabkan bahaya bagi kesehatan manusia, hewan, maupun tumbuhan. Apabila melebihi ambang batas maksimum maka akan terjadi proses bioakumulasi logam dalam tubuh makhluk hidup seperti ikan, udang, dan biota perairan lainnya. Logam Cu dalam bentuk metallo-protein dapat mengalami reaksi oksidasi reduksi dari Cu^{2+} menjadi Cu^{+} yang dapat mengubah struktur dan fungsi protein pada organisme hidup (Aryani, 2014).

Zat buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi industri maupun rumah tangga, yang kehadirannya tidak dikehendaki karena tidak memiliki nilai ekonomis disebut limbah. Limbah tersebut dapat mengandung logam berat yang dapat mengkontaminasi dan berpotensi merusak sumber-sumber air tawar seperti bendungan, danau, sungai dan sumur. Selain itu, logam berat juga merupakan suatu polutan konservatif yang tidak dapat didegradasi oleh bakteri maupun reaksi lainnya

Tembaga adalah logam yang ditemukan sebagai unsur atau berasosiasi dengan tembaga dan perak. Tembaga ini terdapat dalam jumlah yang relatif besar dan ditemukan selama pemisahan dari bijihnya (*coal*) pada elektrolisis dan pemurnian tembaga (Hartati, 1996). Berbagai jenis logam dalam bentuk mineral yaitu Cu, As, Pb, Zn, Fe, Hg. Unsur ini merupakan salah satu hasil sampingan dari proses pengolahan bijih logam non-besi terutama emas, yang mempunyai sifat sangat beracun dengan dampak merusak lingkungan (Callahan, dkk, 2006).

Selain itu, berbagai peraturan yang membatasi keberadaan tembaga di lingkungan telah dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang, seperti Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, konsentrasi tembaga yang diperbolehkan yaitu 10,0 mg/L. Kemudian jenis logam berat yang tergolong memiliki tingkat toksisitas tinggi antara lain adalah Hg, Cd, Cu, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn, dan Mn. Berdasarkan Peraturan tersebut disebutkan bahwa unsur-unsur di atas merupakan senyawa yang tergolong Bahan Berbahaya dan Beracun.