

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Teknologi 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).

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 beberapa bentuk, diantaranya bentuk datar dan bentuk tabung.

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.

### 2.2 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, namun agak rapuh.



*Sumber: Hasil Pembuatan Membran Keramik, 2019*

Gambar 2.1. 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).

### 2.3 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.

### 2.4 Bahan Dasar Pembuatan Membran Keramik

Berikut merupakan bahan-bahan dasar yang dibutuhkan dalam pembuatan membran keramik, yaitu tanah liat, bentonit, zeolit, titanium dioksida dan pasir silika.

## 1. Tanah Liat

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: Ismaniar, 2014*

Gambar 2.2. Tanah Liat berbentuk serbuk

### 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

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. Bentonit



*Sumber: Dokumentasi, 2019*  
Gambar 2.3. Bentonit

Bentonit dalam perdagangan dikenal dengan istilah clay yang mengandung monmorilonit. Di dalam bentonit terdapat kandungan utama berupa mineral monmorilonit sekitar 80%, memiliki warna yang bervariasi dari putih ke kuning, hijau zaitun hingga coklat kebiruan. Selain itu kandungan lain di dalam bentonit merupakan zat pengotor dari beberapa jenis mineral yaitu kwarsa, kalsit, dan klorit (Utracki, *et. al*, 2004).

Berdasarkan jenisnya, bentonit terbagi menjadi 2 yaitu:

### 1. Na-Bentonite-Swelling Bentonite (Tipe Wyoming)

Pada umumnya Na-bentonit memiliki daya untuk mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan dalam air. Dalam keadaan kering bentonit akan berwarna putih atau cream sedangkan dalam keadaan basah atau terkena di sinar matahari maka akan berwarna mengkilap. Mineral ini biasanya sering digunakan untuk lumpur pemboran, penyumbat kebocoran pada bendungan, sebagai bahan pencampur dalam pembuatan cat, bahan baku farmasi hingga sebagai perekat pasir ceta di industri pengecoran logam.

### 2. Ca-Bentonite-Non Swelling Bentonite

Pada Ca-bentonit kemampuan penyerapan air dan mengembang itu cukup rendah serta tidak mampu untuk tetap tersuspensi di dalam air. Bentonit berdasarkan kandungan aluminium silikat hydrous dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu activated clay dan fuller's earth. Activated clay adalah lempung yang kurang memiliki daya pemucat, sedangkan fuller's earth dipergunakan dalam pulling atau pembersih bahan wool atau lemak.

Berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya, bentonit memiliki unsur kimia seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dalam Bentonit

Senyawa	Na-Bentonit (%)	Ca-Bentonit (%)
SiO <sub>2</sub>	61,3-61,4	62,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,8	17,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,9	5,3
CaO	0,6	3,68
MgO	1,3	3,3
K <sub>2</sub> O	0,4	0,55
Na <sub>2</sub> O	2,2	0,5
H <sub>2</sub> O	7,2	7,22

(Sumber: Puslitbang Tekmira, 2005)

Bentonite biasanya ada yang berbentuk butiran/serbuk dengan ukuran 200 – 300 mesh, berwarna putih kekuning-kuningan atau juga ada yang berwarna kecoklatan, tidak berbau dan kadar airnya berkisar 15%.

Biasanya bentonit digunakan untuk pengecoran pasir, lumpur bor, pengeboran logam, absorben, sebagai campuran berbagai komposit, bahan makanan untuk unggas dan hewan peliharaan, penjernihan, kosmetik maupun obat-obatan. Bentonit merupakan jenis adsorben yang sering digunakan yang berfungsi untuk zat pemutih (bleaching) dan katalis.

### 3. Zeolit



Sumber: Sinly Evan Putra, 2007

Gambar 4. 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 serba guna. Sifat - sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion. Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H<sub>2</sub>O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H<sub>2</sub>O 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).

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak.

#### 4. Titanium Dioksida

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) juga bisa disebut Titania atau Titanium (IV) oksida merupakan bentuk oksida dari titanium secara kimia dapat dituliskan TiO<sub>2</sub>. Senyawa ini dimanfaatkan secara luas dalam bidang anatas sebagai pigmen, bakterisida, pasta gigi, fotokatalis dan elektroda dalam sel surya (R. Argazzi dan C. A. Bignozzi, 2002).



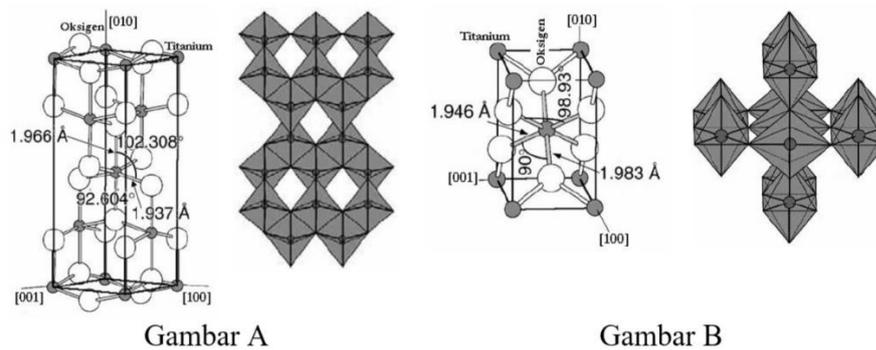
*Sumber: Dokumentasi, 2019*

Gambar 2.5. Titanium Dioksida

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dapat dihasilkan dari reaksi antara senyawa titanium tetraklorida ( $\text{TiCl}_4$ ) dan  $\text{O}_2$  yang dilewatkan melalui lorong silika pada suhu  $700^\circ\text{C}$ . Senyawa  $\text{TiO}_2$  bersifat amfoter, terlarut secara lambat dalam  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  pekat, membentuk kristal sulfat dan menghasilkan produk titanat dengan alkali cair. Sifat senyawa  $\text{TiO}_2$  adalah tidak tembus cahaya, mempunyai warna putih, lembam, tidak beracun, dan harganya relatif murah. Titanium dioksida dapat dihasilkan dari proses sulfat ataupun klorin (O. Carp dkk, 2004).

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) memiliki tiga fase struktur kristal, yaitu anatas, rutil, brookit. Akan tetapi hanya anatas dan rutil saja yang keberadaannya di alam cukup stabil (M.R. Hoffmann dkk, 1995). Kemampuan fotoaktivitas semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dipengaruhi oleh morfologi, luas permukaan, kristanilitas dan ukuran partikel. Anatas diketahui sebagai kristal titania yang lebih fotoaktif daripada rutil. Hal ini disebabkan harga  $E_g$   $\text{TiO}_2$  jenis anatas yang lebih tinggi yaitu sebesar 3,2 eV sedangkan rutil sebesar 3,0 eV. Harga  $E_g$  yang lebih tinggi akan menghasilkan luas permukaan aktif yang lebih besar sehingga menghasilkan fotoaktivitas yang lebih efektif (A. Fujishima dkk, 1999).

Bentuk titanium dioksida yang stabil adalah rutil, dimana bentuk lain titanium dioksida berubah pada suhu tinggi. Rutil mempunyai struktur kristal mirip dengan anatas, dengan pengecualian bahwa Ti-O oktahedral patungan 4 sisi bukan 4 sudut. Struktur rutil dan anatas dapat digambarkan sebagai rantai oktahedral  $\text{TO}_6$  kedua struktur kristal dibedakan oleh distorsi oktahedral dan pola susunan rantai oktahedralnya. Penataan tersebut menghasilkan terbentuknya rantai yang tersusun dalam simetri empat lipat seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 (Endang, Palupi, 2006).



Sumber: Endang, Palupi, 2006  
Gambar 2.6. Anatase (A) dan Rutile (B)

Perbandingan sifat struktur TiO<sub>2</sub> jenis rutil dan anatase dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Perbandingan sifat TiO<sub>2</sub> jenis rutil dan anatase

Sifat	Rutil	Anatase
Bentuk kristal	Tetragonal	Tetragonal
Tetapan kisi a	4,58 Å	3,78 Å
Tetapan kisi c	2,95 Å	4,49 Å
Berat jenis	4,2	3,9
Indeks bias	2,71	2,52
Kekerasan	6,0-7,0	5,5-6,0
Permitivitas	114	31
Titik didih	1858 °C	Berubah jadi rutil pada suhu tinggi

Sumber: (eprints.uny.ac.id, 2012)

Serbuk TiO<sub>2</sub> dengan struktur rutil paling luas penggunaannya karena indeks biasnya yang tinggi, warna yang kuat, dan sifat kimianya yang inert. Struktur anatase lebih baik untuk aplikasi sel surya berbasis sensitiser zat warna pada lapis tipis TiO<sub>2</sub>.

## 5. Pasir Silika

Silika (SiO<sub>2</sub>) adalah salah satu unsur hara yang dibutuhkan tanaman, terutama padi dan tanaman lain yang bersifat akumulator Si. Silika juga merupakan unsur kedua terbesar di kerak bumi, dan sebagian besar Si terdapat di dalam tanah. Silika termasuk unsur nonesensial sehingga perannya kurang mendapat perhatian. Namun Si berperan dalam meningkatkan fotosintesis dan resistensi tanaman terhadap cekaman biotik (serangan hama dan penyakit) dan abiotik (kekeringan, salinitas, alkalinitas, dan cuaca ekstrim) (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2010).



Sumber: Dokumentasi, 2019

Gambar 2.7. Pasir Silika

Silika secara alami terkandung dalam pasir, kerikil, dan batu-batuan. Serbuk silika diperoleh dari pasir alam dengan metode ekstraksi padat-cair (leaching) seperti yang diperoleh di daerah Pantai Bancar, Tuban, Jawa Timur. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh kandungan silika quartz sebesar 71,3% yang berbentuk amorf (Ramadhan dkk., 2014).

Silika memiliki sifat non konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degresi termal yang baik (Hildayati et al., 2009). Secara teoritis, unsur silika mempunyai sifat menambah kekuatan lentur adonan keramik dan kekuatan produk keramik. Penguatan badan keramik terjadi karena adanya pengisian ruang kosong yang ditinggalkan akibat penguapan dari proses pembakaran adonan dengan leburan silika sedemikian rupa hingga produk menjadi lebih rapat (Hanafi dan Nandang, 2010).

Tabel 2.3. Karakteristik Silika Amorf (Surdia dkk, 2000)

Nama lain	Silikon Dioksida
Rumus Molekul	SiO <sub>2</sub>
Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	2,6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair (°C)	1610
Titik didih (°C)	2230
Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73-75
Resistivitas (m)	>10 <sup>14</sup>
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur kristal	Kristobalit, Tridimit, Kuarsa

## 2.5 Karakteristik Membran

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. Perbedaan mendasar dari TEM dan SEM adalah pada cara bagaimana electron yang ditembakkan pada pistol elektron mengenai sampel.

Pada TEM, sampel yang disiapkan sangat tipis sehingga elektron dapat membusnya 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 tumbuhan elektron dengan sampel yang ditangkap oleh detektor dan diolah. Penggunaan SEM lebih mudah karena sampel yang diperlukan tidak setipis sampel yang digunakan pada TEM.

Sifat mekanik dan struktur pori termasuk parameter dalam penentuan karakteristik membran. Sifat fisik mekanik dan struktur pori sangat dipengaruhi oleh jenis bahan pembuat dan proses pembuatan membran. Sedangkan kinerja membran pada saat pengoperasian terutama ditentukan oleh distribusi dan ukuran pori membran (Mallevalle et al, 1996). Sebelum uji fluks air, terlebih dahulu dilakukan kompaksi juga dapat membuat pori membran menjadi lebih seragam, lembaran membran menjadi lebih kaku dan juga untuk memperoleh harga fluks air yang konstan pada tekan operasional yang diberikan (Mahenddran et al, 2004).

Kinerja atau efisiensi proses membran ditentukan oleh dua parameter, yaitu selektivitas dan fluks/laju permeasi ( $L/m^2.jam$  atau  $kg/m^2$  atau  $mol/m^2.jam$ ) atau koefisien permeabilitas ( $L/m^2.jam.bar$ ). Fluks adalah jumlah permeat yang dihasilkan pada operasi membran persatuan luas permukaan membran dan persatuan waktu. Fluks dapat dinyatakan sebagai berikut (Mulder, 1996):

$$J = V / (A.t) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

J = fluks volume (L/menit.m<sup>2</sup>)

t = waktu (menit)

A = luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)

V = volume permeat (L)

Fluks merupakan salah satu parameter kinerja membran yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu parameter oprasional seperti konsentrasi umpan, suhu, laju alir, dan tekanan, sifat-sifat fisik larutan umpan dan faktor desain. Kenaikan konsentrasi umpan menyebabkan fluks akan turun. Perubahan konsentrasi umpan akan merubah harga viskositas, densitas, dan diffusifitas larutan umpan. Demikian juga, peningkatan suhu dapat menaikkan fluks baik pada daerah yang dikendalikan oleh tekanan atau yang dikendalikan oleh perpindahan massa. Fluks dapat juga dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas. Nilai permeabilitas untuk membran dalam melewati pelarut. Koefisien permeabilitas untuk membran jenis proses ultrafiltrasi berada pada kisaran 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari.bar (20 L/m<sup>2</sup>.jam.bar) – 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari.bar (200 L/m<sup>2</sup>.jam.bar) (Wenten, 1999).

Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran menahan atau melewati suatu molekul. Selektivitas membran tergantung pada interaksi antar permukaan dengan molekul, ukuran molekul dan ukuran pori membran. Selektivitas umumnya dinyatakan oleh satu dari dua parameter, yaitu retensi/rejeksi (R) atau faktor pemisahan ( $\alpha$ ). Menurut Mulder (1996), nilai rejeksi suatu zat padat terlarut (solute) dinyatakan sebagai berikut :

$$R(\%) = (1 - C_{permeat} / C_{umpan}) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

R(%) = persentasi tahanan

C permeat = konsentrasi partikel dalam permeat

C umpan = konsentrasi partikel dalam umpan

Nilai R bervariasi antara 0 – 100%, dimana R 100% artinya terjadi pemisahan sempurna, dalam hal ini membran semi permeabel ideal sedangkan nilai R 0% berarti semua partikel lolos dari membran. Suatu fenomena umum yang sering

ditemukan dalam suatu proses pemisahan dengan membran, yaitu apabila fluks membran besar maka rejeksi juga akan rendah, demikian pula sebaliknya jika rejeksi tinggi maka fluks juga akan rendah. Biasanya membran yang baik memiliki porositas permukaan yang tinggi (fraksi pori/luas permukaan) dan distribusi ukuran pori yang sesempit mungkin sehingga perlu dilakukan suatu optimasi terhadap perlakuan membran untuk mendapatkan fluks dan rejeksi yang tinggi (Mulder, 1996).

## **2.6 Proses Pemisahan Pada 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).

### **2.6.1 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 temperature (Hanum Farida, 2009).

### 2.6.2 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 elektrodialis

Menurut Siti Agustina Dkk 2010 Teknologi Membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses lain, antara lain :

1. Pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu.
2. Konsumsi energi umumnya relatif lebih rendah.
3. Proses membran dapat mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (hybride processing).
4. Pemisahan dapat dilakukan dalam kondisi yang mudah diciptakan.
5. Mudah dalam scale up.
6. Tidak perlu adanya bahan tambahan.
7. Molekul membran bervariasi sehingga mudah diadaoptasikan pemakaiannya.

## 2.7 Logam Timbal (Pb)



Sumber: wikipedia.com

Gambar 2.8. Logam Timbal (Pb)

Timbal (Pb) termasuk dalam kelompok logam berat golongan IVA dalam Sistem Periodik Unsur kimia, mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2, berbentuk padat pada suhu kamar, bertitik lebur 327,46 °C dan memiliki berat jenis sebesar 11,34 g/cm<sup>3</sup>. Pb jarang ditemukan di alam dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa dengan molekul lain, misalnya dalam bentuk PbBr<sub>2</sub> dan PbCl<sub>2</sub>.

Logam Pb banyak digunakan sebagai bahan pengemas, saluran air, alat-alat rumah tangga dan hiasan. Dalam bentuk oksida timbal digunakan sebagai pigmen/zat warna dalam industri kosmetik dan glase serta industri keramik yang sebagian diantaranya digunakan dalam peralatan rumah tangga. Dalam bentuk aerosol anorganik dapat masuk ke dalam tubuh melalui udara yang dihirup atau makanan seperti sayuran dan buah-buahan. Logam Pb tersebut dalam jangka waktu panjang dapat terakumulasi dalam tubuh karena proses eliminasinya yang lambat. Setiap liter bensin dalam angka oktan 87 dan 98 mengandung 0,70g senyawa Pb Tetraetil dan 0,84g Tetrametil Pb. Setiap satu liter bensin yang dibakar jika dikonversi akan mengemisikan 0,56g Pb yang dibuang ke udara (Librawati, 2005).

Tabel 2.3 Sifat-sifat fisika Timbal (Pb)

Sifat Fisika Timbal	Keterangan
Nomor atom	82
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	11,34
Titik lebur (°C)	327,46
Titik didih (°C)	1.749
Kalor peleburan (kJ/mol)	4,77
Kalor penguapan (kJ/mol)	179,5
Kapasitas pada 25 °C (J/mol K)	26,65
Konduktivitas termal 25 °C (W/m K)	35,5
Ekspansi termal 25 °C (µm/m K)	28,9
Kekerasan (skala Brinell=Mpa)	38,6

Sumber: digilib.unila.ac.id, 2017

Timbal (Pb) mempunyai sifat persisten dan toksik serta dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Absorpsi timbal di dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Darmono, 2001)

Menurut Winarno (1993), Pb merupakan racun syaraf (neuro toxin) yang bersifat kumulatif, destruktif dan kontinu pada sistem haemofilik, kardiovaskuler dan ginjal. Anak yang telah menderita tokisisitas timbal cenderung menunjukkan gejala hiperaktif, mudah bosan, mudah terpengaruh, sulit berkonsentrasi terhadap lingkungannya termasuk pada pelajaran, serta akan mengalami gangguan pada masa dewasanya nanti yaitu anak menjadi lamban dalam berfikir, biasanya orang akan mengalami keracunan timbal bila ia mengonsumsi timbal sekitar 0,2 sampai 2mg/hari.

## **2.8 Limbah**

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 (*euthrophication*). 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).

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.

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 timbal yang diperbolehkan yaitu 0,5 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.

## **2.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)**

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar electron akan memantulkan kembali berkas electron atau dinamakan berkas electron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron yang dipantulkan dengan intensitas

tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Ayu, 2013).



Sumber: Lab. Forensik POLDA Palembang, 2019

Gambar 2.9. Alat SEM Alat SEM Tescan Vega3

Aplikasi dari teknik SEM-EDS ialah sebagai berikut:

1. Topografi untuk menganalisa permukaan dan tekstur (kekerasan, dan reflektivitas).
2. Morfologi untuk menganalisa bentuk dan ukuran dari suatu sampel.
3. Komposisi untuk menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.

Sedangkan kelemahan dari aplikasi teknik SEM ini antara lain:

1. Memerlukan kondisi yang vakum.
2. Hanya menganalisa permukaan.
3. Sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapis logam seperti emas.

## 2.10 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam AAS, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi

kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).



Sumber: Laboratorium Teknik Kimia POLSRI  
Gambar 2.10. Seperangkat Alat AAS 932 Plus

Cara kerja SSA berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Jika radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi, setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi.

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian SSA untuk analisis unsur-unsur logam. Untuk membentuk uap atom netral dalam keadaan/tingkat energi dasar yang siap menyerap radiasi dibutuhkan sejumlah energi. Energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakaran campuran gas asetilen-udara atau asetilen- $N_2O$ , tergantung suhu yang dibutuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom bebas pada tingkat energi dasar (ground state). Disini berlaku hubungan yang dikenal dengan hukum Lambert-Beer yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif secara SSA.

Bagian-bagian AAS adalah sebagai berikut (Day, 1986).

a. Lampu katoda

Lampu katoda merupakan sumber cahaya pada AAS. Lampu katoda memiliki masa pakai atau umur pemakaian selama 1000 jam. Lampu katoda pada setiap unsur

yang akan diuji berbeda-beda tergantung unsur yang akan diuji, seperti lampu katoda Cu, hanya bisa digunakan untuk pengukuran unsur Cu. Lampu katoda terbagi menjadi dua macam, yaitu :

Lampu Katoda Monologam : Digunakan untuk mengukur 1 unsur.

Lampu Katoda Multilogam : Digunakan untuk pengukuran beberapa logam sekaligus.

b. Tabung gas

Tabung gas pada AAS yang digunakan merupakan tabung gas yang berisi gas asetilen. Gas asetilen pada AAS memiliki kisaran suhu  $\pm 20000$  K, dan ada juga tabung gas yang berisi gas  $N_2O$  yang lebih panas dari gas asetilen, dengan kisaran suhu  $\pm 30000$  K. Regulator pada tabung gas asetilen berfungsi untuk pengaturan banyaknya gas yang akan dikeluarkan, dan gas yang berada di dalam tabung. Spedometer pada bagian kanan regulator merupakan pengatur tekanan yang berada di dalam tabung. Gas ini merupakan bahan bakar dalam Spektrofotometri Serapan Atom

c. *Burner*

*Burner* merupakan bagian paling terpenting di dalam main unit, karena burner berfungsi sebagai tempat pencampuran gas asetilen, dan aquabides, agar tercampur merata, dan dapat terbakar pada pemantik api secara baik dan merata. Lobang yang berada pada burner, merupakan lobang pemantik api.

d. Monokromator

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga akan dilewatkan melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator dalam alat SSA akan memisahkan, mengisolasi dan mengontrol intensitas energi yang diteruskan ke detektor. Monokromator yang biasa digunakan ialah monokromator difraksi grating.

e. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka. Fungsi detektor adalah mengubah energi sinar menjadi energi listrik, dimana energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data. Detektor AAS tergantung pada jenis monokromatornya, jika

monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali, detektor yang digunakan adalah barrier layer cell. Tetapi pada umumnya yang digunakan adalah detektor photomultiplier tube. Photomultiplier tube terdiri dari katoda yang dilapisi senyawa yang bersifat peka cahaya dan suatu anoda yang mampu mengumpulkan elektron. Ketika foton menumbuk katoda maka elektron akan dipancarkan, dan bergerak menuju anoda. Antara katoda dan anoda terdapat dinoda-dinoda yang mampu menggandakan elektron. Sehingga intensitas elektron yang sampai menuju anoda besar dan akhirnya dapat dibaca sebagai sinyal listrik. Untuk menambah kinerja alat maka digunakan suatu mikroprosesor, baik pada instrumen utama maupun pada alat bantu lain seperti autosampler.

f. Sistem pembacaan

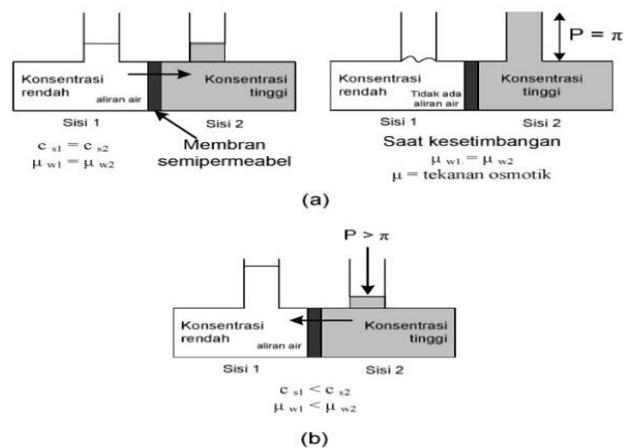
Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.

g. *Ducting*

*Ducting* merupakan bagian cerobong asap untuk menyedot asap atau sisa pembakaran pada AAS, yang langsung dihubungkan pada cerobong asap bagian luar pada atap bangunan, agar asap yang dihasilkan oleh AAS, tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Asap yang dihasilkan dari pembakaran pada spektrofotometry serapan atom (AAS), diolah sedemikian rupa di dalam ducting, agar asap yang dihasilkan tidak berbahaya.

## 2.11 Reverse Osmosis

Reverse osmosis adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis merupakan fenomena pencapaian kesetimbangan antara dua larutan yang memiliki perbedaan konsentrasi zat terlarut, dimana kedua larutan ini berada pada satu bejana dan dipisahkan oleh lapisan semipermeabel. Kesetimbangan terjadi akibat perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi. Saat kesetimbangan konsentrasi dicapai maka terdapat perbedaan tinggi larutan yang dapat didefinisikan sebagai tekanan osmosis seperti yang terlihat pada Gambar 1.a (William, M.E., 2003).



Sumber: William, M.E., 2003

Gambar 2.11. Skema fenomena osmosis dan reverse osmosis

Prinsip dasar reverse osmosis adalah memberi tekanan hidrostatis yang melebihi tekanan osmosis larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah seperti yang terlihat pada Gambar 1.b. Prinsip reverse osmosis ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak diinginkan dan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi (William, M.E., 2003).

## 2.12 Tingkat Kekeruhan Air

Tingkat kekeruhan air biasa disebut Turbiditas. Turbiditas pada air disebabkan adanya materi suspensi, seperti tanah liat/lempung, endapan lumpur, partikel organik yang koloid, plankton dan organisme mikroskopis lainnya (NN vol 2, 1998).



Sumber : Laboratorium Teknik Kimia POLSRI

Gambar 2.12. Alat Turbidimeter

Turbiditas biasanya diukur dengan turbidimeter yang berprinsip pada spektroskopi absorpsi dan yang diukur adalah absorpsi akibat partikel yang

tercampur. Turbiditas juga biasa diukur dengan turbidimeter atau nephelometer yang berprinsip pada hamburan sinar dengan peletakan detektor pada sudut  $90^\circ$  dari sumber sinar dan yang diukur adalah hamburan cahaya oleh campurannya (Khopkar, 1990).

Tingkat kekeruhan atau turbiditas ini ditunjukkan dengan satuan pengukuran Nephelometric Turbidity Units (NTU). Berdasarkan ketentuan dari badan kesehatan dunia (WHO), batas maksimum tingkat kekeruhan air minum yang memenuhi syarat adalah 5 NTU (NN vol 1, 1988).