

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

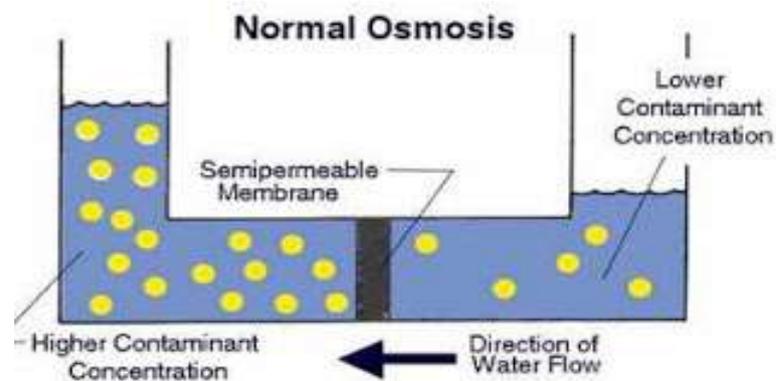
#### **2.1. Pengertian Proses Reverse Osmosis (RO)**

Apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan konsentrasi pekat dipisahkan oleh membran semipermeabel, maka larutan dengan konsentrasi yang encer akan terdifusi melalui membran semi permeabel tersebut masuk ke dalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Fenomena ini dikenal sebagai proses osmosis. Apabila pada suatu sistem osmosis tersebut, diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui membran *semi-permeable*, sedangkan garamnya tetap tertinggal di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat. Proses tersebut dinamakan *Reverse Osmosis* (Nusa Idaman Said, 2009).

*Reverse Osmosis* (RO) adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Membran seleksi itu harus bersifat selektif atau bisa memilah yang artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion.

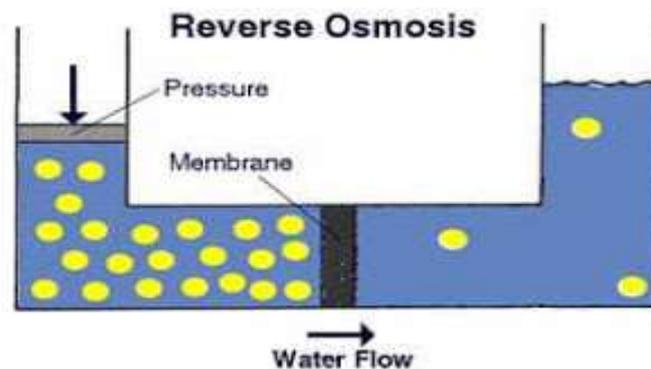
Osmosis terbalik dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada bagian larutan dengan konsentrasi tinggi menjadi melebihi tekanan pada bagian larutan dengan konsentrasi rendah. Sehingga larutan akan mengalir dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Proses perpindahan larutan terjadi melalui sebuah membran yang semipermeabel dan tekanan yang diberikan adalah tekanan hidrostatik (*Shun Dar Lin, 2001*).

Proses ini mensyaratkan bahwa tekanan tinggi akan diberikan pada sisi konsentrasi tinggi membran, biasanya 2-17 bar (30-250 psi) untuk air tawar dan payau, dan 40-82 bar (600-1200 psi) untuk air laut, yang memiliki sekitar 27 bar (390 psi) tekanan osmotik alam yang harus diatasi.



**Gambar 1** Proses Osmosis Normal

(<https://airisiulangro.wordpress.com/reverse-osmosis/>, 04 Agustus 2018)



**Gambar 2** Proses Reverse Osmosis

(<https://airisiulangro.wordpress.com/reverse-osmosis/>, 04 Agustus 2018)

## 2.2. Pengantar Membran

Membran dapat didefinisikan sebagai selaput/film tipis yang bertindak sebagai pembatas selektif antar dua fasa atau lebih oleh sebab sifat Semipermeable yang dimilikinya (Wenten, 2002). Secara fisik membran dapat berwujud cair atau gas, fungsinya sebagai agen pemisah dengan selektifitas berdasarkan perbedaan koefisien difusifitas, potensial listrik, atau solubilitas. Gaya dorong proses pemisahan melalui membran antara lain perbedaan gaya tekan, konsentrasi, temperatur, atau potensial listrik.

Teknologi membran yang pertama kali muncul dalam skala industri adalah *Reverse Osmosis* (RO), *Mikrofiltrasi* (MF), *Ultrafiltrasi* (UF), *Nanofiltrasi* (NF), *Elektrodialisis* (ED), *Membrane Elektrolisis* (MEL), dan *Difusi Dialisis* (DD), serta dialisis. Ketujuh membran diatas adalah generasi membran pertama. Sedangkan membran *Gas Separation* (GS), *Vapour Permeation* (VP), *Pervaporasi* (PV), dan *Membrane Contactor* (MC) sebagai generasi lanjutan berada dalam tahap pengembangan ke arah industrial (Mulder, 1996).

**Tabel 1** Proses pemisahan dengan membran berdasarkan gaya dorongnya

Beda Tekanan	Beda Konsentrasi	Beda Temperatur	Beda potensial listrik
Mikrofiltrasi	Pervaporasi	Thermo osmosis	Elektrodialisis
Ultrafiltrasi	Pemisahan gas	Distilasi membran	Elektro-osmosis
Nanofiltrasi	Permeasi uap		Membran
<i>Reverse osmosis</i>	Dialisis		elektrolisis
Piezodialisis	Dialisis – difusi Carrier-mediated transport		

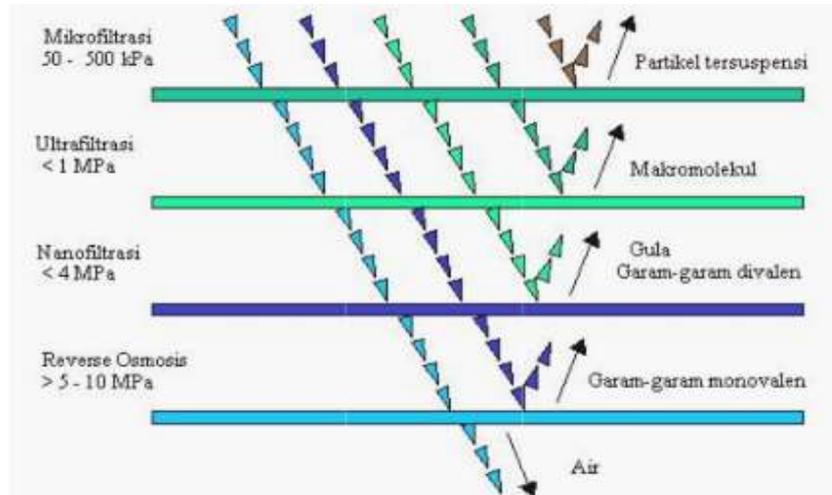
(Wenten, 2004 pemisahan dengan membran berdasarkan gaya dorongnya)

### 23 Prinsip Dasar Membran

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

Membran memfasilitasi zat secara spesifik untuk berpindah dari satu sisi ke sisi yang lainnya. Gambar 3 memperlihatkan bahwa membran yang menggunakan beda tekan sebagai *driving force* memiliki selektivitas berdasarkan besarnya pori. *Reverse osmosis* memiliki pori terkecil sehingga

hanya air (molekul dalam ukuran nanometer) yang dapat melewati membran tersebut.

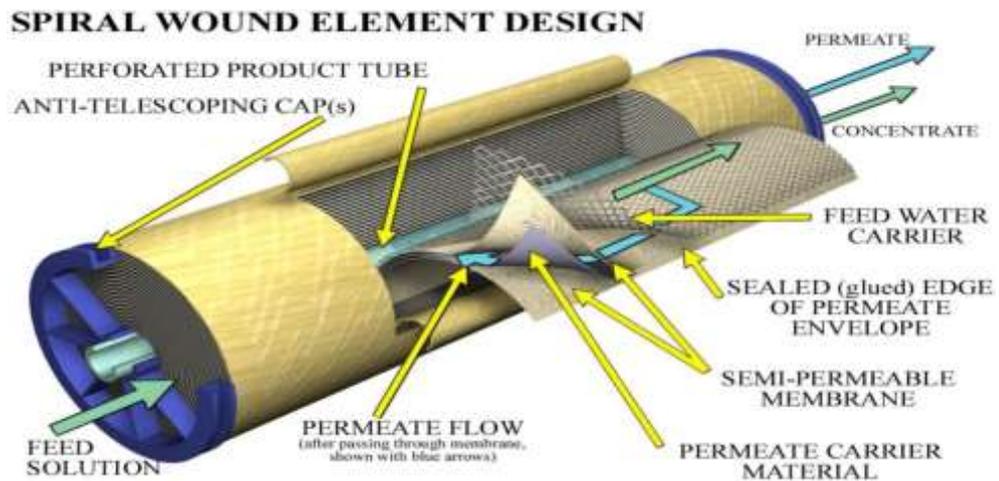


**Gambar 3** Selektivitas molekul pada membran dengan beda tekan sebagai *driving force*  
(<http://digilib.itb.ac.id>, 04 Agustus 2018)

## 2.4. Material Membran

Membran *Reverse Osmosis* memiliki ukuran pori persepuluhribu micron dan dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen dan koloid yang tertahan oleh struktur mikro yang berfungsi sebagai penyaring (Metcalf and Eddy, 2004). Semakin kecil ukuran pori membran maka tekanan operasi yang digunakan akan semakin tinggi (Misran, 2012). Dengan teknologi membran perlu adanya perawatan antara lain pembersihan dan penggantian membran secara rutin (Casban, 2017).

Termasuk dalam membran *inorganik* adalah membran keramik, *glassy membrane*, *metallic membrane*, ziolit. Materialnya dapat berasal dari  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , dan  $ZrO$ . Jenis membran ini memiliki keunggulan dalam hal ketahanan temperatur dan kekuatan gaya. Namun aplikasinya sangat terbatas karena harganya mahal. Berbeda dengan membran sintesis, membran biologis memiliki struktur yang paling rumit diantara semua jenis membran. Penyebab kerumitan membran tersebut adalah fungsi yang spesifik untuk tiap jenis membran. Oleh karena itu membran biologis jarang digunakan dalam teknologi industrial (Mulder, 1996).



**Gambar 4** Material Membran *Reverse Osmosis* (RO)  
<https://dubaifilter.com/pages/reverse-osmosis-membranes>, 04 Agustus 2018)

## 2.5. Membran Reverse Osmosis

Membran semipermeabel pada aplikasi reverse osmosis terdiri dari lapisan tipis polimer pada penyangga berpori (*fabric support*). Membran untuk kebutuhan komersial harus memiliki sifat permeabilitas yang tinggi terhadap air. Selain itu, membran juga harus memiliki derajat semipermeabilitas yang tinggi dalam arti laju transportasi air melewati membran harus jauh lebih tinggi dibandingkan laju transportasi ion-ion yang terlarut dalam umpan. Membran juga harus memiliki ketahanan (stabil) terhadap variasi pH dan suhu. Kestabilan dari sifat-sifat tersebut dalam periode waktu dan kondisi tertentu dapat didefinisikan sebagai umur membran yang biasanya berkisar antara 3-5 tahun. Terdapat dua jenis polimer yang dapat digunakan sebagai membran *Reverse Osmosis*: selulosa asetat (CAB) dan komposit poliamida (CPA).

Pada aplikasi *reverse osmosis*, konfigurasi modul. Pada konfigurasi *spiral wound* dua buah lembaran membran dipisahkan oleh saluran kolektor permeat dan membentuk daun (*leaf*). Perakitannya adalah dengan dilem pada tiga sisi dan sisi yang keempat (dekat pipa berlubang) dibiarkan terbuka sebagai saluran permeat keluar. Kemudian material yang digunakan sebagai

*feed/brine spacer* disatukan dengan *leaf*. Beberapa lembaran *leaf* kemudian digulung mengelilingi tabung permeal plastik. Tabung ini merupakan tabung berlubang yang berfungsi untuk mengumpulkan permeal dari *leaf*. Elemen membran *spiral wound* yang digunakan dalam industri memiliki panjang 100-150 cm (40-60 in) dan diameter 10-20 cm (4-8 in). Sementara itu, RO untuk rumah tangga memiliki panjang 25-100 cm dengan diameter 5-10 cm. Air umpan/ brine mengalir pada elemen secara aksial masuk melalui *feed spacer* lalu keluar melalui keluaran *brine* secara paralel menuju permukaan membran.

## **2.6. Komponen – Komponen Utama Mesin Reverse Osmosis (RO)**

Adapun beberapa komponen dalam mesin *Reverse Osmosis* (RO) untuk mendukung berjalannya proses produksi air tawar dikapal adalah sebagai berikut :

### 1. Resin Tank (filter sedimen 5 mikron)

Merupakan suatu filter bentuk tabung dengan ukuran filter 5 mikron. Filter dengan ukuran ini efektif untuk menyingkirkan kotoran, karat dan partikel pasir, yang mempengaruhi rasa, bau dan warna air.

Menyaring air laut langsung dari pompa ejector di kapal terhadap partikel - partikel yang besar atau >5 mikron, seperti pasir, debu, rambut, lumpur atau endapan-endapan lainnya secara fisika.

Umur filter : 3 – 9 bulan tergantung dari kondisi air yang disaring

Pemasangan : terbalik tidak jadi masalah.



**Gambar 5** Resin Tank (filter sedimen 5 mikron)  
(<https://indonesian.alibaba.com>, 04 Agustus 2018)

## 2. Filter Sedimen 1 Mikron (security filter)

Penggunaan filter ini adalah guna melindungi membran *Reverse Osmosis* dan secara efektif mening-katkan kemampuannya dalam menyingkirkan/ menolak 95 % TDS (*Total Dissolve Solids*).

Filter ini mampu untuk menyingkirkan 99% *chlorine* dan bahan kimia yang bersifat organik. Juga berfungsi baik dalam mengurangi rasa, bau dan warna yang mengganggu. Menyingkirkan fungisida, pestisida, insectisida, dan herbisida.



**Gambar 6** Filter sedimen 1 mikron (*security filter*)  
(<https://id.aliexpress.com>, 04 Agustus 2018)

### 3. 1<sup>st</sup> Membran *Reverse Osmosis* (RO)

Berupa membran *Thin Film Composite* (TFC), membran berkualitas tinggi yang mampu mengalirkan 50 galon air minum berkualitas per hari. Membran ini mampu menyingkirkan kontaminan berbahaya seperti *lead, cooper, barium, chromium, mercury, sodium, cadnium, fluoride, nitrite, nitrate, dan selenium*. Menyingkirkan *bakteria, E.Coli, giardia, cryptosporidium*, dan lain-lain.



**Gambar 7** 1<sup>st</sup> Membran *Reverse Osmosis* (RO)  
(PT. SOECHI LINES MT. SC. PIONEER XXXV, 27 September 2017)

### 4. 2<sup>nd</sup> Membran *Reverse Osmosis* (RO)

Ada 8 pcs membran pada tahap ini, dan akan membuang semua bau dan rasa yang tidak di inginkan dan meningkatkan kualitas air.



**Gambar 8** 2<sup>nd</sup> Membran *Reverse Osmosis* (RO)  
(<https://www.wateryfilters.com/>, 04 Agustus 2018)

### 5. *Post Carbon Filter*

Filter ini membuang semua rasa dan bau yang tidak diinginkan dan meningkatkan kualitas air minum yang dihasilkan.



**Gambar 9** *Post Carbon Filter*

(<https://www.reverseosmosisrevolution.com>, 04 Agustus 2018)

### 6. *High Pressure Pump Reverse Osmosis (RO)*

Merupakan pompa dengan tekanan tinggi yang digerakkan menggunakan elektro motor induksi yang di sambungkan dari kopling shaft motor dengan pompa. Pompa ini merupakan jenis pompa piston yang berguna untuk menekan air laut masuk ke 1<sup>st</sup> membran.



**Gambar 10** *High Pressure Pump Reverse Osmosis (RO)*

(<http://magnacleaning.blogspot.com/2013/09/high-pressure-pumps-by-hawk-magna.html>, 04 Agustus 2018)

**Spesifikasi**

Tipe	: YKK 400 – 2TH
Tegangan	: 6 kVolt (Y)
Arus	: 30,3 A
Daya	: 280 kW
Faktor Kerja	: 0,9319 pf
Frekuensi	: 50 Hz
Kecepatan	: 2975 rpm
Massa	: 3150 kg
Debit Air	: 195 m <sup>3</sup> /h
Tekanan Kerja	: 3.5 – 7 Mpa (35 – 70 bar)



**Gambar 11** *High Pressure Pump Secondary RO*

(<https://dir.indiamart.com/vadodara/multistage-pumps.html>, 04 Agustus 2018)

**Spesifikasi**

Tegangan	: 380 – 390 V
Arus	: 37Y A
Daya	: 37 kW
Faktor Kerja	: 0,89 pf

Frekuensi	: 50 Hz
Kecepatan	: 2950 rpm
Massa	: 305 kg
Tekanan Kerja	: 1,3 Mpa (13 bar)

#### 7. Elektro Motor

Berfungsi untuk menggerakkan high pressure pump RO dengan adanya fly wheel pada shaft motor yang di hubungkan dengan V-belt pada fly wheel high pressure pump sehingga pompa dapat berjalan dan sistem *Reverse Osmosis* dapat beroperasi.