

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aquadest

Aquadest merupakan air hasil destilasi atau penyulingan, dapat disebut juga air murni (H_2O), karena hampir tidak mengandung mineral. Sedangkan air mineral merupakan pelarut yang universal. Air tersebut mudah menyerap atau melarutkan berbagai partikel yang ditemuinya dan dengan mudah menjadi terkontaminasi. Dalam siklusnya di dalam tanah, air terus bertemu dan melarutkan berbagai mineral anorganik, logam berat dan mikroorganisme. Jadi, air mineral bukan aquadest karena mengandung banyak mineral. Sifat-sifat penting pada aquadest dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat - sifat penting pada aquadest

Sifat	Efek dan Kegunaan
Pelarut yang baik	Transport zat- zat makanan dan bahan buangan yang dihasilkan proses biologi
Konstanta dielektrik paling tinggi di antara cairan murni lainnya	Kelarutan dan ionisasi dari senyawa ini tinggi dalam larutannya
Transparan terhadap cahaya tampak dan sinar yang mempunyai panjang gelombang lebih besar dari untraviolet	Tidak berwarna, mengakibatkan cahaya yang dibutuhkan untuk fotosintesis mencapai kedalaman tertentu.
Tegangan permukaan lebih tinggi daripada cairan lainnya	Faktor pengendali dalam fisiologi, membentuk fenomena tetes dan permukaan.
Bobot jenis tertinggi dalam bentuk cairan (fasa cair) pada $4^{\circ}C$ Panas penguapan lebih tinggi daripada lainnya.	Air beku (es) mengapung, sirkulasi vertical menghambat stratifikasi badan air. Stabilitas dari temperature organisme dan wilayah geografis
Kapasitas kalor lebih tinggi dibandingkan dengan cairan lain kecuali ammonia	Temperatur stabil pada titik beku

Sumber: (Achmad, 2004)

2.1.1 Standar Kualitas Aquadest

Beberapa organisasi telah menetapkan standar kualitas untuk air murni atau aquadest berdasarkan penggunaan yang dimaksudkan. Standar kualitas aquadest antara lain adalah ASTM (*American Society for Testing and Materials*), NCCLS (*National Committee for Clinical Laboratory Standards*), ISO (*International Organization for Standardization*), EP y USP (*Pharmacopea Europea y Pharmacopea Americana*).

Tabel 2.2. ASTM D1193-91 *American Society for Testing and Materials*
Standard Specification for Reagent Water

Parameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
Electrical Conductivity Max. ($\mu\text{S}/\text{cm}$ at 25°C)	0,056	1,0	4,0	5,0
Electrical Resistivity ($\text{M}\Omega\text{-cm}$ at 25°C)	18,2	1,0	0,25	0,2
pH at 25°C	-	-	-	5,0 - 8,0
TOC max. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	10	50	200	n/a
Sodium max. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1	5	10	50
Total Silica max. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3	3	500	n/a
Chlorides max. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1	5	10	50
Endotoxins IU/ml	< 0.03	< 0.25	-	-

Tipe I.

Air pereaksi harus disiapkan dengan distilasi atau proses yang sama lainnya, diikuti dengan pemolesan unggul campuran dari bahan penukar ion dan filter membran 0,2 μm . Air umpan pada tahap akhir harus memiliki konduktivitas maksimum 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tipe II.

Air reagen harus disiapkan dengan distilasi untuk menghasilkan distilat yang memiliki konduktivitas kurang dari 1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Proses pertukaran ion, distilasi, atau *reverse osmosis* diperlukan sebelum proses distilasi jika kemurnian tidak dapat dicapai dengan distilasi tunggal.

Tipe III.

Jenis air reagen harus disiapkan dengan distilasi, pertukaran ion, proses *reverse osmosis* yang kontinyu, atau kombinasi dari ketiga proses tersebut, diikuti dengan proses membrane filter 0,45 μm

Tipe IV.

Air reagen dapat dibuat dengan distilasi, pertukaran ion, elektrodaisasi kontinyu, *reverse osmosis*, atau kombinasi keduanya.

Tabel 2.3. *National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS)*

Parameter	Type I	Type II	Type III
Bacteria (CFU/ml)	< 10	< 1000	NA
Ph	NA	NA	5,0 - 8,0
Resistivity (MΩ.cm @ 25°C)	> 10*	> 1	> 0,1
Silica (mg/L)	< 0,05	< 0,1	< 1
Total Solids (mg/L)	0,1	1	5
Total Oxidisable Organic Carbon (mg/L)	< 0,05	< 0,2	< 1
Particulate matter	< 0.2 μm		

Tipe I.

Metode pengujian yang memerlukan ketelitian maksimum yaitu serpan atom dan spektrofotometer emisi nyala, prosedur enzimatik yang peka terhadap jejak logam, prosedur kromatografi sensitivitas tinggi, dan prosedur elektro-phoretik. Air tipe I harus bebas dari partikel yang lebih besar dari 0,2 μm. Tahanan tipe I harus diukur in-line.

Tipe II.

Pengujian laboratorium umum selain dari percobaan tipe I

Tipe III.

Pembilasan awal dari gelas dan air umpan untuk menghasilkan air dengan kualitas lebih tinggi

Tabel 2.4. *ISO 3696 Water for analytical laboratory use - Specification and test methods*

Parameter	Degree 1	Degree 2	Degree 3
pH at 25°C	N/A	N/A	5,0 - 7,5
Electrical conductivity (μS/cm 25°C, max).	0,1	1,0	5,0
Oxidizable matter. Oxigen (O) (content mg/L. max)	N/A	0,08	0,4
Absorbance at 254 nm and 1 cm optical path length. Absorbance units, max.	0,001	0,01	Not specified
Residue after evaporation at 110°C mg/kg, max	N/A	1	2
Silica content (SiO ₂) (mg/L., max)	0,01	0,02	Not specified

Menentukan persyaratan untuk 3 tingkatan analisis bahan kimia anorganik. Tidak berlaku untuk analisis jejak organik, analisis biologi/medis. Bahan tersebut harus berupa cairan bening dan tidak berwarna. Mengklasifikasikan menurut isinya, bebas kontaminan ionik, organik, anorganik, atau koloid yang sangat rendah. Menentukan pH dan konduktivitas, uji batas untuk bahan teroksidasi dan untuk silika reaktif, pengukuran absorbansi dan penentuan residu setelah penguapan pada 110°C.

Tabel 2.5. *Pharmacopoeia*

Parameter	EP	USP
Nitrates	<0,2 ppm	-
Heavy Metals	<0,1 ppm	-
TOC	<500 µg/L C	<500 µg/L C
Conductivity	<1,1 µS/cm a 20°C	<1.3 µS/cm a 25°C
Bacteria	<100 CFU/ml	<100 CFU/ml

Beberapa *Pharmacopoeia* telah menetapkan persyaratan untuk air. Di antara yang paling terkenal adalah USP (*United States Pharmacopoeia*) Dan EP (*European Pharmacopoeia*). Farmakope juga menetapkan kriteria kemurnian (kandungan mikrobiologis dan pirogen) untuk air steril dan air untuk injeksi.

2.2 Aquabidest

Aquabidest merupakan hasil distilasi dari aquadest yang telah dihilangkan zat pengotornya. Zat pengotor yang dihilangkan diantaranya adalah garam, logam berat, bakteri, dan berbagai macam bahan-bahan lainnya. Aquabidest memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, sehingga biasa digunakan sebagai pelarut diberbagai bidang, seperti bidang industri bahan kimia, farmasi, dan juga proses penelitian (Achmad, 2004).

2.3 Teknologi Membran dalam Pengolahan Air

Perkembangan teknologi dalam pengolahan air telah berkembang demikian pesatnya, yang mana diharapkan dapat menjadi jawaban untuk sebagian dari permasalahan yang ada dalam pengolahan air bersih. Salah satu teknologi yang dikembangkan adalah teknologi penyaringan atau filtrasi dengan

menggunakan membran. Teknologi menggunakan membran sebenarnya bukanlah suatu teknologi yang baru ditemukan, karena membran itu sendiri telah digunakan semenjak lebih dari 50 tahun yang lalu (Said, 2009).

Adapun jenis membran yang tersedia saat ini dibagi menjadi 4 kelompok besar disesuaikan dengan ukuran dari tingkat penyaringan atau sering disebut dengan istilah 'Filtration degree', Tingkat-tingkat penyaringan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Mikro Filtrasi (Micro Filtration, MF).
- Ultra filtrasi (Ultra Filtration, UF).
- Nano Filtrasi (Nano Filtration, NF).
- Osmosis Balik (Reverse Osmosis, RO).

Sesuai dengan nama dan tingkatan dari tipe filtrasi diharapkan akan didapatkan air olahan dengan tingkat kualitas tertentu pula. Misalnya dengan menggunakan proses penyaringan ultra filtrasi (UF) dengan derajat penyaringan sekitar 0,1 sampai 0,01 micron, diharapkan sebagian besar dari padatan tersuspensi (suspended material) akan tersaring. Dengan menggunakan proses penyaringan osmosis balik (reverse osmosis, RO) dapat digunakan untuk mengolah air laut menjadi air tawar (Said, 2009).

2.3.1 Mikro Filtrasi

Mikro filtrasi menggunakan membran mikroporous yang mempunyai ukuran pori efektif berkisar antara 0,07–1,3 μm (mikron), dan umumnya mempunyai ukuran pori aktual 0,45 μm . Ukuran partikel yang dapat dihilangkan dengan proses mikro filtrasi berkisar antara 0.05 sampai 1 μm . (Wenten, 2015)

Aliran melalui membran mikroporus dapat terjadi dengan menggunakan yang tekanan rendah, tetapi umumnya untuk aplikasi pengolahan air minum atau air limbah dilakukan dengan memberikan sedikit tekanan untuk meningkatkan produksi (fluks). Membran mikro filtrasi dapat menyaring atau menghilangkan partikel dengan ukuran sampai 0,1 – 0,2 μm . Dalam hal ini mikro filtrasi dapat digunakan untuk menghilangkan kekeruhan, alga, bacteria, cysta giardia, oocysta cryptosporodium dan seluruh material padatan. Mikro filtrasi sering juga

digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi atau koloid di dalam air limbah (Said, 2009).

2.3.2 Ultra Filtrasi

Ultrafiltrasi (UF) merupakan proses pemisahan menggunakan membran dengan ukuran pori-pori berkisar antara 0,1-0,001 μm (mikron). Biasanya, membran UF akan menghilangkan kotoran dari zat yang mempunyai berat molekul tinggi, material koloid, serta molekul polimer organik atau anorganik. Zat organik dengan berat molekul rendah dan ion-ion seperti natrium, kalsium, magnesium klorida, serta sulfat tidak dapat dipisahkan oleh Membran UF. Karena hanya zat dengan berat molekul tinggi yang dapat dihilangkan atau dipisahkan, maka perbedaan tekanan osmotik di permukaan Membran UF diabaikan (Said, 2009).

Tekanan operasi rendah sehingga cukup untuk mencapai tingkat fluks yang tinggi dari membran ultrafiltrasi. Fluks membran UF didefinisikan sebagai jumlah air yang disaring atau diproduksi per satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Umumnya fluks dinyatakan sebagai galon per meter persegi per hari (GFD) atau sebagai meter kubik per meter persegi per hari. Membran ultrafiltrasi (UF) dapat memiliki fluks sangat tinggi tetapi dalam banyak aplikasi praktis fluks bervariasi antara 50 sampai 200 GFD pada tekanan operasi sekitar 50 psig. Sedangkan, membran reverse osmosis (RO) hanya memproduksi antara 10-30 GFD pada 200-400 psig (Notodarmojo,dkk 2011).

Ultrafiltrasi, seperti reverse osmosis, adalah proses pemisahan secara aliran lintas (cross-flow). Air yang akan diolah dialirkan secara tangensial sepanjang permukaan membran, sehingga menghasilkan dua aliran. Aliran air yang masuk dan meresap melalui membran disebut aliran air olahan (permeate). Jumlah dan kualitas air olahan akan tergantung pada karakteristik membran, kondisi operasi, serta kualitas air bakunya. Aliran lainnya yaitu aliran air buangan (reject) atau disebut concentrate, dimana di dalam aliran air buangan mengandung zat atau kotoran yang telah dipisahkan oleh membran sehingga konsentrasinya menjadi lebih pekat. Oleh karena itu di dalam pemisahan secara aliran silang (cross-flow), membran itu sendiri tidak bertindak

sebagai kolektor ion, molekul, atau koloid tetapi hanya bertindak sebagai penghalang (Notodarmojo,dkk 2011).

Di dalam proses penyaringan dengan menggunakan filter konvensional, media penyaring atau filter cartridge, hanya menghilangkan padatan tersuspensi dengan menjebak kotoran dalam pori-pori media filter. Oleh karena itu filter ini bertindak sebagai deposit dari padatan tersuspensi dan harus sering dibersihkan atau diganti. Filter konvensional umumnya digunakan untuk pengoalahan awal sebelum proses pengolahan dengan sistem membran, yaitu untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang relatif besar, sedangkan proses penyaringan dengan membran digunakan untuk menghilangkan partikel dan padatan terlarut.

Di dalam proses ultra filtrasi, untuk beberapa aplikasi, tidak menggunakan filtrasi awal (prefilter) sehingga modul ultrafiltrasi digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau material emulsi koloid. Berbagai bahan telah digunakan untuk membran ultrafiltrasi secara komersial, tetapi yang paling banyak dipakai adalah polysulfone dan selulosa asetat (Said, 2009).

2.3.3 Nano Filtrasi

Nano filtration (NF) adalah filtrasi membran cross-flow. Dalam air yang mengandung campuran beberapa jenis ion, ion monovalen cenderung menembus (melewati) membran sedangkan jenis ion divalen atau multivalent sangat mungkin akan dipisahkan pada antar muka (interface) membran. Oleh karena beberapa jenis ion, yakni ion monovalen dapat masuk melalui membran, perbedaan potensial kimia antara kedua larutan lebih kecil maka memerlukan daya pendorong yang lebih rendah. Oleh karena itu, tekanan operasi Nano Filtrasi (NF) hanya berkisar antara 7-40 bar (Said, 2009).

Membran NF umumnya dicirikan oleh kemampuan untuk memisahkan jenis ion divalen, umumnya magnesium sulfat ($MgSO_4$) atau kalsium klorida ($CaCl_2$). Oleh karena terdapat banyak variabilitas di dalam aplikasi NF, retensi $MgSO_4$ umumnya berkisar antara 80% hingga 98%. Nano-filtrasi umumnya dipilih untuk pemisahan apabila aplikasi reverse osmosis (RO) dan ultrafiltrasi bukanlah pilihan yang tepat. Nano filtration dapat digunakan untuk aplikasi pemisahan mineral (demineralization), penghilangan warna, dan desalinasi (Said, 2009).

2.3.4 Reverse Osmosis (RO)

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 (Yoshi & Widiassa, 2016).

Prinsip dasar *reverse osmosis* adalah memberi tekanan hidrostatis yang melebihi tekanan osmosis larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dan larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah. Prinsip reverse osmosis ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak diinginkan dan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Yoshi & Widiassa, 2016).

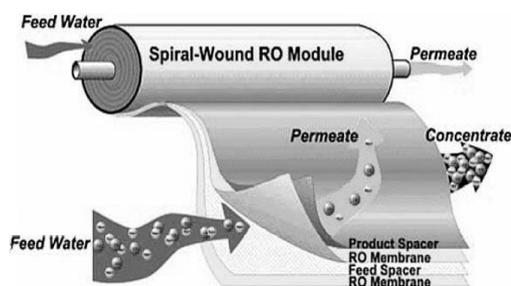
Keunggulan proses osmosis balik antara lain yakni pengopersiannya dilakukan pada suhu kamar, tanpa instalasi pembangkit uap, mudah untuk memperbesar kapasitas, serta pengoperasian alat relatif mudah. Teknologi ini sangat cocok untuk digunakan di wilayah dimana tidak terdapat atau sedikit sekali sumber air tawar misalnya untuk daerah pesisir dan pulau-pulau kecil (Nasir dkk 2014).

2.3.4.1 Membran Reverse Osmosis (RO)

Proses reverse osmosis menggunakan tekanan tinggi agar air bisa melewati membran, di mana kerapatan membran reverse osmosis ini adalah 0,0001 mikron. Jika air mampu melewati membran reverse osmosis, maka air inilah yang akan kita pakai, tapi jika air tidak bisa melewati membran semipermeable maka akan terbuang pada saluran khusus.

. Proses Reverse osmosis untuk pemurnian air tidak membutuhkan energi termal. Aliran air dengan sistem Reverse osmosis dapat diatur dengan pompa tekanan tinggi. Pemurnian air tergantung pada berbagai faktor termasuk ukuran membran, ukuran pori membran, suhu, tekanan operasi dan luas permukaan membran. (Montgomery, J.M. 1985).

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 permeat plastik. Tabung ini merupakan tabung berlubang yang berfungsi untuk mengumpulkan permeat dari leaf. Elemen. Modul membran *spiral wound* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber: Wenten, 2015

Gambar 2.1. Modul Membran *spiral wound*

Membran spiral wound yang digunakan 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.

2.3.4.2 Karakteristik Membran

Karakteristik membran dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat membran yang dihasilkan. Dengan karakteristik ini akan memberikan sejauh mana efisiensi dan efektifitas yang dapat diperoleh dari membran yang telah dibuat. Ada beberapa macam teknik yang bisa digunakan untuk mengetahui karakteristik membran, namun yang umum digunakan hanya 2, yaitu permeabilitas dan permeselektifitas.

2.3.4.2.1 Permeabilitas

Permeabilitas menyatakan ukuran kecepatan suatu spesi tertentu untuk melewati membran. Membran yang baik adalah membran yang mempunyai

permeabilitas yang besar. Metode permeabilitas digunakan dengan asumsi daya kapilaritas melalui pori membran, ukuran pori dapat dihitung melalui fluks yang melalui membran pada temperatur konstan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Hagen-Poiseuille: } j = \frac{\epsilon r^2 \Delta P}{8\eta r \Delta x}$$

Dimana j adalah fluks fluida melalui membran dengan driving force $\Delta P/\Delta X$, ΔP merupakan perbedaan tekanan (N/m^2) dan ΔX adalah ketebalan membran (m). Faktor pembanding terdiri dari jari – jari r (m), viskositas cairan μ (pa.s), porositas permukaan membran ϵ ($= n \pi r^2/\text{luas permukaan}$) dan faktor tortuosity τ . Metode ini sangat mudah, fluks fluida melalui membran dihitung sebagai fungsi tekanan. Pada saat tekanan minimum, pori terbesar menjadi permeable, pori yang lebih kecil masih bersifat impermeable. Tekanan minimum sangat tergantung pada tipe material membran (sudut kontak), tipe permeat (tegangan permukaan) dan ukuran pori. Persamaan yang cukup sederhana untuk menyatakan permeabilitas adalah :

$$j = \frac{V}{A.t}$$

Dimana: V adalah volume Permeat (liter)

t adalah selang waktu pengambilan permeat (jam)

A adalah luas permukaan membran (m^2)

2.3.4.2.2 Permselectivitas

Permselectivitas adalah kemampuan membran untuk menahan atau melewatkan suatu spesi tertentu. Untuk membran berpori permselectivitas ditentukan oleh batas berat molekul yang dapat ditahan. Pada proses ultrafiltrasi kemampuan membran dinyatakan dengan kemampuan untuk menahan molekul yang mempunyai ukuran spesifik. Hal ini diukur dengan rejeksi (R) yang dapat ditulis:

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

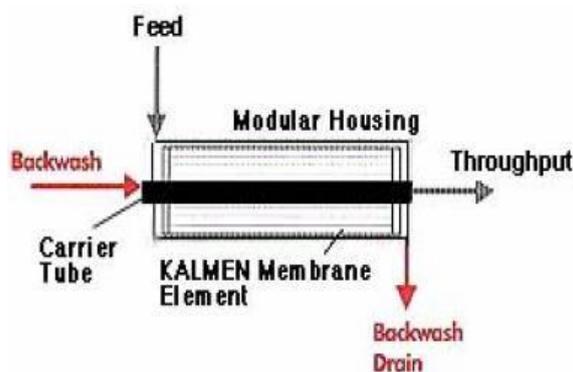
Dimana: C_p adalah konsentrasi Permeat

C_f adalah konsentrasi feed

2.3.4.3 Pengolahan *Reverse Osmosis*

Pada tahun 1748, Ilmuwan Perancis Abbe Nollett, menemukan peristiwa *reverse osmosis* yang alami. Proses pengolahan air laut ini terjadi ketika aliran air melalui suatu membran semi permeabel ke larutan konsentrat yang kemudian airnya menjadi tawar. Lebih dari 200 tahun kemudian, peristiwa ini telah dikenali sebagai cara untuk mengolah / pengolahan air laut, air payau, atau air yang berwarna.

Cara Kerja *Reverse Osmosis*: Daya penggerak di belakang reverse osmosis memberikan tekanan hidrostatik yang berbeda. Tanpa adanya pengaruh dari tekanan luar, air payau seperti yang terlihat pada gambar akan menerobos membran untuk menetralkan/menawarkan/pemurnian air laut yang mengandung garam melalui proses osmosis. Perbedaan pada permukaan air dalam kaitan dengan perpindahan ini disebut dengan *osmotic pressure head*, dan tekanan hidrostatik yang menyebabkan kenaikan pada permukaan air adalah *osmotic pressure*. Dalam beberapa kasus air laut yang mempunyai kandungan garam tinggi, tekanan osmotis dapat menjadi sebesar 1000 psi. Skema dalam proses desalinasi dengan menggunakan metode *Reverse Osmosis* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber: Said, 2009

Gambar 2.2. Skema dalam proses desalinasi dengan metode RO

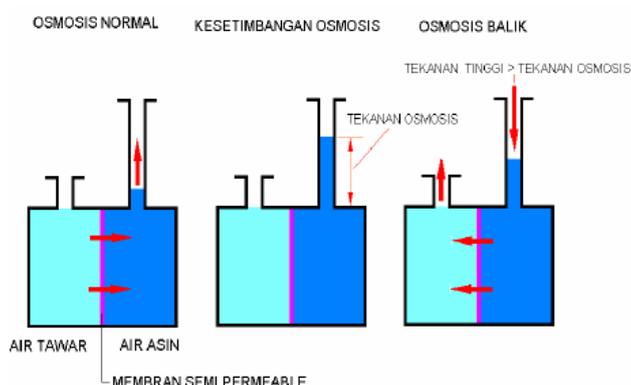
2.3.4.4 Prinsip Kerja *Reverse Osmosis*

2.3.4.4.1 Proses Osmosis

Terdapat dua jenis larutan yang berbeda diletakkan secara berdampingan dan diantara kedua jenis larutan itu diletakkan *membrane semipermeable* sebagai

pembatas. Pada wadah sebelah kiri disebut *concentrated solution*, yaitu larutan dengan kadar garam tinggi. Sedangkan pada wadah sebelah kanan disebut *dilute solution*, yaitu larutan dengan kadar garam rendah. Fungsi membran semipermeabel diletakkan ditengah kedua larutan tersebut untuk mencegah terjadinya percampuran diantara kedua larutan tersebut. Membran semipermeabel adalah membran yang bisa dilewati oleh molekul air tetapi tidak bisa dilewati molekul garam. Proses osmosis merupakan proses alamiah yang terjadi sebagai upaya untuk menyeimbangkan konsentrasi garam pada kedua sisi.

Proses osmosis ini akan menyebabkan ketinggian permukaan air pada *concentrated solution* akan menjadi lebih tinggi daripada permukaan pada *dilute solution*. Secara alamiah air akan memberikan tekanan dari permukaan air yang lebih tinggi (*concentrated solution*) menuju ke permukaan air yang lebih rendah (*dilute solution*). Tekanan yang terjadi inilah biasa kita disebut sebagai *osmotic pressure*. Pada ketinggian air tertentu di *concentrated solution*, besarnya *osmotic pressure* ini akan menyebabkan proses osmosis berhenti. Prinsip dasar proses osmosis dan proses osmosis balik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: Said, 2009

Gambar 2.3. Prinsip dasar proses osmosis balik (*Reverse Osmosis*)

Teknologi penjernihan air yang umum dikenal sejak lama antara lain adalah Disinfektansi (dimasak, Chlorinisasi, Ozonisasi, Sinar Ultra Violet), Destilasi, Mikrofiltrasi, dan Filterisasi (*Activated Alumina, Activated Carbon, Anion & Cation Exchange*). Metoda *Reverse Osmosis* (RO) dikembangkan sejak tahun 1950an dalam rangka mencari metoda yang ekonomis untuk desalinasi air laut. Metoda ini yang juga dikenal sebagai "*hyperfiltration*" ini kemudian terus

dikembangkan untuk membuang hampir semua kontaminan dari air yang akan diolah.

Proses *reverse osmosis* pada prinsipnya adalah kebalikan proses osmosis. Dengan memberikan tekanan larutan dengan kadar garam tinggi (*concentrated solution*) supaya terjadi aliran molekul air yang menuju larutan dengan kadar garam rendah (*dilute solution*). Pada proses ini molekul garam tidak dapat menembus *membrane semipermeable*, sehingga yang terjadi hanyalah aliran molekul air saja. Melalui proses ini, kita akan mendapatkan air murni yang dihasilkan dari larutan berkadar garam tinggi. Inilah prinsip dasar *reverse osmosis*. Berdasarkan penjelasan sederhana diatas, dalam proses *reverse osmosis* minimal selalu membutuhkan dua komponen yaitu adanya tekanan tinggi (*high pressure*) dan *membrane semipermeable*. Itulah alasan kenapa pada mesin *reverse Osmosis* modern, *membrane semipermeable* dan pompa tekanan tinggi (*high pressure pump*) menjadi komponen utama yang harus ada.

Proses dari teknologi *Reverse Osmosis* menggunakan membran semi-permeabel yang diameternya lebih kecil dari 0.0001 mikron (500,000 kali lebih kecil dibandingkan dengan sehelai rambut atau sama dengan penyaring mikron, berfungsi membuang berbagai kotoran, bahan mikro, bakteri, virus dan sebagainya) dan diberikan tekanan tinggi agar proses penyaringan dapat berjalan. Proses ini dapat menghilangkan partikel garam dan partikel-partikel pencemar lainnya dimana ukuran dari partikel-partikel tersebut lebih besar dari membran *Reverse Osmosis*. Karena itu, *Reverse Osmosis* disebut sebagai metode pemurnian air yang paling efektif. Standar kualitas air baku untuk air umpan unit *Reverse Osmosis* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Standar kualitas air baku untuk air umpan unit *Reverse Osmosis*

No	Parameter	Satuan	Air baku
1	Warna	Pt. Co Scale	100
2	Bau	-	Relative
3	Kekeruhan	NTU	20
4	Besi	mg/liter	2,0
5	Mangan	mg/liter	1,3
6	Khlorida	mg/liter	4000
7	Bahan Organik	mg/liter	40
8	TDS	mg/liter	12000

Sumber: Sutrisno, 1996.

Alat pengolahan air dengan sistem RO ini mempunyai fungsi untuk mengolah air payau menjadi air tawar dengan cara filtrasi tingkat molekul. Pemanfaatan teknologi ini akan memberikan kemudahan bagi manusia untuk mendapatkan air bersih yang diperoleh dari pengolahan air payau. Manfaat lainnya yang dapat dinikmati oleh manusia dengan diterapkannya pengolahan air sistem RO berupa peningkatan mutu kualitas air hasil olahan. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Paduan Kualitas Air Hasil Pengolahan Sistem RO

<i>Recovery</i>		Air Perkotaan		Air Payau		Air Laut	
		75%		50%		30%	
Tekanan		40 Bar		40-50 Bar		60 Bar	
Parameter	Satuan	Air Baku	Air Hasil	Air Baku	Air Hasil	Air Baku	Air Hasil
Conduct	μS/cm	753	13	14190	193	48900	920
TDS	Ppm	665	6,0	8898	104	34340	430
Na	Ppm	49	1,3	2368	39	9600	161
K	Ppm	5,8	0,1	80	2	34	0,8
Ca	Ppm	113	0,4	107	0,24	327	1,6
Mg	Ppm	10,6	0,04	294	0,48	1,360	3,4
Cl	Ppm	142	3,3	4,32	61	20,21	239
SO ₄	Ppm	106	-	607	-	2590	2,4
Si	Ppm	25	0,3	0,3	-	0,1	-

Sumber : Sutrisno, 1996.

2.3.4.5 Keunggulan dan Kekurangan Sistem *Reverse Osmosis* (RO)

2.3.4.5.1 Keunggulan Sistem *Reverse Osmosis* (RO)

1. Ukuran filter/membrane yang sangat halus 0,0001 mikron yang mampu membuang seluruh bahan pencemar air seperti kimia, biologis, fisik, bakteri, virus hingga logam berat.
2. Mampu membuang zat polutan berbahaya hingga air menjadi murni 99,9%. Hal ini polutan atau logam berat tidak dapat dihilangkan dengan sistem pengolahan air minum yang lama misalnya pendidihan, ultra violet, ozonisasi dll.
3. Hemat Ruangan. Untuk memasang alat RO dibutuhkan ruangan yang cukup hemat.

4. Mudah dalam pengoperasian karena dikendalikan dengan sistem panel dan instrumen dalam sistem pengontrol dan dapat dioperasikan pada suhu kamar.
5. Kemudahan untuk memperbesar kapasitas (Wenten, 2015).

2.3.4.5.2 Kekurangan Sistem *Reverse Osmosis* (RO)

Meskipun alat pengolah air sistem RO tersebut mempunyai banyak keuntungan akan tetapi dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk operasi. Hal ini dimaksudkan agar alat tersebut dapat digunakan secara baik dan awet. Untuk menunjang operasional sistem RO diperlukan biaya perawatan. Biaya tersebut diperlukan antara lain untuk bahan kimia, bahan bakar, penggantian media penyaring, servis dan biaya operator (Wenten, 2015).

2.4 Ion Exchange

Ion exchange atau resin penukar ion dapat didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi yang mengandung ikatan silang (crosslinking) serta gugus-gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan. Sebagai zat penukar ion resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung (swelling), kapasitas penukaran dan selektivitas penukaran. (Zainudin dkk 2017)

Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekuivalen, dengan melihat kondisi tersebut maka dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas. Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu harus tahan terhadap air.
2. Kapasitas yang tinggi, yaitu resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
3. Kestabilan fisik yang tinggi, yaitu resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis tekanan hidrostatis cairan serta tekanan osmosis (Said, 2009).

