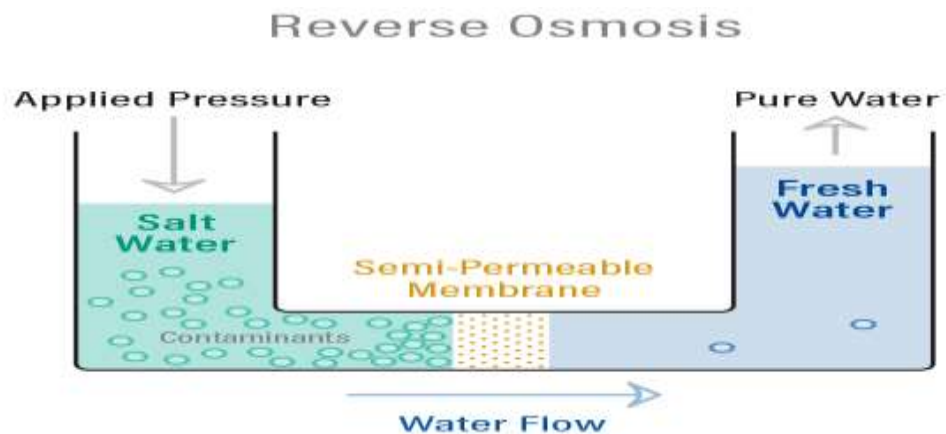


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENGERTIAN REVERSE OSMOSIS (RO)

Reverse osmosis adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis merupakan fenomena pencapaian kesetimbangan dua larutan yang memiliki perbedaan konsentrasi zat terlarut, dimana kedua larutan ini berada pada suatu bejana dan di pisahkan oleh lapisan *semipermeable*. Kesetimbangan terjadi akibat perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi. (D.Ariyanti, IN.Widiasa 2011)



Gambar 2.1 Skema Reverse Osmosis

(Sumber : Bisa kimia 2017)

Sistem air tawar (Domestic fresh water system) merupakan salah satu system di kapal yang berfungsi untuk memenuhi semua kebutuhan air tawar di kapal yang mana air tawar di kapal digunakan untuk makan, minum, mandi, mencuci baju, pendinginan mesin dan kebutuhan lainnya di kapal. Air yang digunakan adalah air yang baik, bersih dan menyehatkan sehingga peningkatan kualitas air sangat penting di kapal (Teknik Kontruksi Kapal baja jilid 2.hal 285-289)

2.2 SEJARAH REVERSE OSMOSIS

Proses osmosis melalui membrane semipermeable pertama kali di amati pada tahun 1748 oleh Jean Antoine Nollet. Selama 200 tahun berikutnya osmosis hanya sebuah fenomena yang di amati di laboratorium. *In 1949 the University of California at Los Angeles* (UCLA). Pada tahun 1949 di *University of California at Los Angeles* (UCLA) menyelidiki pertama desalinasi air laut dengan menggunakan membrane semipermeable. Para peneliti dari ketua UCLA dan *University of Florida* Berhasil di produksi air tawar dari air laut pada pertengahan 1950-an, tetapi fluks terlalu rendah untuk komersial. Pada tahun 2001, sekitar 15.200 tanaman desalinasi di operasi atau dalam tahap perencanaan di seluruh dunia.

Semipermeabel membrane kumparan digunakan *desalinization*. Secara formal, reverse osmosis adalah proses memaksa pelarut dari konsentrasi zat terlarut tinggi melalui membrane semipermeable kepada daerah konsentrasi terlarut rendah dengan menerapkan tekanan yang melebihi tekanan osmotik. Selaput digunakan untuk reverse osmosis memiliki lapisan penghalang yang padat dalam matriks polimer di mana sebagian besar terjadi pemisahan. Dalam kebanyakan kasus, membran ini di rancang untuk hanya mengijinkan air melewati lapisan padat ini sementara mencegah bagian zat terlarut (misalnya garam ion).

Proses ini memerlukan tekanan yang tinggi akan di berikan pada konsentrasi tinggi sisi membran, biasanya 2-17 Bar (30-250 psi) untuk air tawar dan payau, dan 40-70 bar (600-1000 psi) untuk air laut, yang memiliki sekitar 24 bar (350psi) tekanan osmotik alam yang harus di atasi. Proses ini terkenal karena penggunaannya dalam desalinasi (mengeluarkan garam dari air laut untuk mendapatkan air tawar) , tapi sejak awal 1970-an ini juga telah di gunakan untuk memurnikan air bersih untuk keperluan medis, industry, dan domestic aplikasi.

Osmosis menggambarkan bagaimana pelarut bergerak antara dua solusi yang di pisahkan oleh membrane semipermeable untuk mengurangi konsentrasi perbedaan antara solusi. Ketika dua larutan dengan konsentrasi yang berbeda terlarut dicampur, jumlah total zat terlarut dalam dua solusi akan terdistribusi secara merata di jumlah total pelarut dari kedua solusi. Alih-alih mencampur dua

solusi bersama-sama, mereka dapat di letakan dalam dua kompartemen dimana mereka dipisahkan dari satu sama lain dengan membran semipermeable. Membrane semipermeable tidak membolehkan zat terlarut untuk berpindah dari satu kompartemen ke yang lain, tetapi memungkinkan pelarut untuk bergerak. Karena kesetimbangan tidak dapat dicapai oleh pergerakan zat terlarut dari kompartemen dengan konsentrasi terlarut tinggi kepada orang dengan konsentrasi terlarut rendah, itu bukan dicapai dengan pergerakan pelarut dari daerah-daerah konsentrasi terlarut rendah ke daerah-daerah konsentrasi zat terlarut tinggi. Ketika pelarut bergerak jauh dari daerah konsentrasi rendah, hal itu menyebabkan daerah ini menjadi lebih terkonsentrasi. Di sisi lain ketika pelarut bergerak ke daerah-daerah konsentrasi tinggi, konsentrasi terlarut akan berkurang.

Dalam reverse osmosis, dalam setiap yang sama seperti yang di osmosis, tekanan diberikan ke kompartemen dengan konsentrasi tinggi. Dalam kasus ini ada dua gaya yang mempengaruhi gerakan air tekanan yang disebabkan oleh perbedaan dalam konsentrasi zat terlarut antara dua kompartemen (tekanan osmotik) dan tekanan eksternal. (ionicshexa.2010)

2.3 TEORI DASAR REVERSE OSMOSIS

Bila dalam bejana dimasukkan dua larutan yang berbeda konsentrasi dan dipisahkan oleh suatu sekat yang dapat dilalui oleh cairan (membrane semi permeable), maka akan terjadi perpindahan cairan dari konsentrasi rendah menuju konsentrasi yang lebih tinggi. Perpindahan akan berlangsung hingga tercapai kesetimbangan, hal ini dapat terlihat dengan adanya perbedaan tinggi larutan sebelum dan sesudahnya. Peristiwa ini disebut osmosis. Besarnya tekanan untuk menghasilkan perbedaan tinggi disebut tekanan osmosis atau osmotic pressure (π). Tekanan osmosis spesifik untuk setiap cairan (larutan), tergantung dari konsentrasi dan jenis larutan.

Untuk memperoleh larutan dengan konsentrasi lebih rendah maka diperlukan driving force untuk melawan tekanan osmosis tersebut, agar terjadi aliran balik atau osmosa balik (Inggris = *Reverse Osmosis*). Sehingga

dalam sistem ini diperlukan tekanan yang cukup tinggi, hingga mencapai 60 kg/cm².

Membran RO terbuat dari lembaran-lembaran yang berbeda pada setiap lapisannya. Dengan ukuran pori-pori terkecil hingga 0,0001 micron, membuat membrane mampu menyaring partikel besar maupun kecil hingga seukuran bakteri dalam air.

Komponen-komponen akan terpisah berdasarkan ukuran dan bentuknya, dengan bantuan tekanan dan selaput *semi-permeable*. Hasil pemisahan berupa retentate (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan permeate (bagian dari campuran yang melewati membran). Bahan membran yang digunakan biasanya adalah selulosa asetat, komposit, poliamida, dan lain-lain, dengan modul tubular, spiral wound, flat sheet, atau hollow fiber.

Desalinasi dengan teknologi RO menggunakan bahan kimia antara lain Asam Sulfat (H₂SO₄), Anti scalant, SMBS (Sodium Meta Bi-Sulfit), NaOCl, dan Sodium Hidroksida (NaOH) untuk membantu pengaturan pH, penghilang kerak, dan pembunuh bakteri, alga, serta microorganisma.

2.4 KOMPONEN UTAMA SISTEM REVERSE OSMOSIS

2.4.1 High Pressure Pump

Fungsi utama *high pressure pump* atau pompa tekanan tinggi adalah untuk memenuhi distribusi air pada lokasi dengan jarak atau ketinggian tertentu yang secara teknis sulit di jangkau, Pompa air *high pressure* juga di fungsikan sebagai penambah tekanan air dari *sea chest* menuju pipa-pipa distribusi.



Gambar 2.2 *high pressure pump*
(Sumber : *Manual book pompa vertical*)



Gambar 2.3 *high pressure pump jenis cat pump*
(Sumber : *Cat pump.com*)

2.4.2 Sand Filter

Filtrasi pasir adalah proses di mana pengolahan air diwujudkan dengan sifat 'berpori' dari lapisan pasir yang memerangkap partikel yang ada dalam air. Berbagai proses fisik / biologis lainnya juga terjadi dalam saringan pasir yang selanjutnya menghilangkan air dari berbagai zat (deferrisasi, demanganisasi, penghilangan amonium).



Gambar 2.4 sand filter

(Sumber : Data Pribadi Penulis)

2.4.3 Fine Filter

Menurut (Alam,2008,p.36-38). Fine filter berfungsi untuk penyaringan flock-flock melayang (*haxlus*) yang tersuspensi didalam air, karena tidak menutup kemungkinan air hasil penyaringan pada filter konvensional masih mengandung flock-flock halus. Pada sistem Reverse Osmosis air hasil penyaringan dari filter konvensional masih harus melalui proses penyaringan dengan media sediment,media ini berfungsi untuk penyaringan *flock - flock* melayang yang tersuspensi didalam air, karena tidak menutup kemungkinan air hasil penyaringan pada filter konvensional masih mengandung *flock - flock* yang tersuspensi.



Gambar 2.5 Fine filter

(Sumber : ReverseOsmosis.com)



Gambar 2.6 Tabung fine filter
(Sumber : Data Pribadi Penulis)

2.4.4 Membran

Membran RO atau biasa disebut Membran Reverse Osmosis adalah membran yang terbuat dari selaput semipermeable yang dapat diisi ulang yang berfungsi untuk menyaring atau memfilter air dari kandungan logam, virus atau bakteri sehingga menghasilkan air murni bebas dari pencemaran.

Membran ini dapat menurunkan tds (total dissolved solid) karena mempunyai ukuran pemfilteran yang sangat halus yaitu mencapai 1/ mikron atau setara dengan sehelai rambut di bagi satu juta. Dengan ukuran sekecil ini maka virus, bakteri dan kandungan logam akan tersaring dimana ukuran membran ro jauh lebih kecil dari ukuran virus, bakteri dan kandungan logam.



Gambar 2.7 Membran
(Sumber : Data Pribadi Penulis)

Jenis-Jenis Membran Reverse Osmosis terbagi menjadi beberapa bagian berdasarkan keperluannya:

1. Berdasarkan Total Dissolve Solid (TDS) Input

a. Tap Water Membran: Sesuai namanya, membrane jenis ini diperuntukan untuk mengolah air keran menjadi air yang siap dikonsumsi. Biasanya membrane jenis ini digunakan pada instalasi rumah tangga. Batas maksimum TDS yang masuk untuk Tap Water Membrane adalah 500 mg/l. TDS adalah singkatan dari Total Dissolve solid yang dalam bahasa Indonesia berarti jumlah zat padat terlarut. Zat atau partikel padat terlarut yang di temukan dalam air berupa natrium (garam), kalsium, magnesium, kalium, karbonat, nitrat, bikarbonat, klorida dan sulfat. (PT. CHEMINUSA, 2006).

b. Brackish Water Membran : Jenis membrane yang satu ini, banyak digunakan oleh Perusahaan Pembuat RO untuk instalasi water treatment pada dunia Industri. Hal ini dikarenakan range kekuatan pemisahan membrane ini memiliki tingkat yang cukup tinggi. Range Dari Brackish Water Membrane adalah diangka TDS Max mg/l. Sehingga banyak orang yang menyebut membran ini sebagai membran RO untuk air payau.

c. Sea Water Membran: Sea Water Membran (Membran SW). Sesuai namanya membrane jenis ini memiliki kekuatan untuk memisahkan air dengan kadar garam yang setingkat air laut ataupun senilai mg/l. Bahkan beberapa produsen membrane mengklaim dapat memisahkan air murni dari cairan yang memiliki TDS hingga mg/l. Dalam aplikasinya membran jenis ini banyak digunakan untuk SW RO yang biasa diinstal oleh perusahaan Pembuat RO di kapal-kapal laut, maupun di pengeboran lepas pantai. Intinya ditempat dimana kadar garamnya tinggi lebih tepat jika menggunakan membrane jenis SW ini.

2. Berdasarkan Komponen Penyusun Ada dua jenis membran Ro berdasarkan jenis komponen penyusunnya, jenis membrane tersebut antara lain :

a. Membran CA Membran Jenis CA atau Cellulose Based membran, merupakan membran RO yang pertama kali digunakan. Membrane jenis ini dibuat dengan mereaksikan antara Cellulosa dengan Acetic Anhidrat. Sehingga menghasilkan Acetylated Cellulose

Membrane jenis ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan Membran RO dari PA (Polyamide). Yakni membrane jenis ini memiliki permukaan separasi yang lebih luas, dan juga lebih kuat terhadap serangan Chlorine. Kelemahan dari membrane CA ini adalah suhu pemisahan maksimum adalah 35°C, serta harus dijaga pada rentang ph 4-6. Selain itu membrane jenis ini juga dapat dengan mudah mengalami hidrolisis.

b. Membran PA Polyamide membran atau membrane PA. adalah membran RO yang paling banyak digunakan secara luas. Membran jenis ini biasa disebut juga sebagai membran TFC (Thin Film Composite) membran, yang berarti membran dengan lapisan film yang tipis. Kelebihan membran jenis ini adalah mampu memberikan salt rejection yang lebih tinggi dari jenis CA, yakni 95,5% membran jenis ini juga memiliki rentang ph pemisahan yang cukup lebar yakni 2-12.

3. Jenis Membran Berdasarkan Preassure Yang Digunakan : Berdasarkan jenis pressure, ada dua jenis membrane yang dikenal. Yakni High Pressure Membran dan Low Pressure membran.

a. High Pressure Membran

Adalah membran yang memerlukan pressure yang cukup tinggi agar dapat menghasilkan permeate yang baik. Pressure yang diperlukan berkisar diatas 8-15 bar. Biasanya High pressure membran digunakan untuk air dengan TDS yang cukup tinggi, seperti Air laut maupun air payau. Efek dari penggunaan High Pressure membran adalah konsumsi energi yang cukup tinggi.

b. Low Pressure Membran atau Low Cost Energy Membran

Adalah jenis membran yang mampu menghasilkan air dengan kemurnian tinggi, namun dengan konsumsi energi yang rendah. Seperti yang di-install oleh Cheminusa pada beberapa project. Dengan menggunakan Low Pressure Membran, customer dapat tetap mendapatkan jumlah permeate yang cukup banyak namun konsumsi energi yang dibutuhkan tetap rendah. Hal ini terjadi

karena dalam proses pemisahannya, tekanan yang digunakan cukup 4 bar atau kurang, sehingga tidak diperlukan energy yang banyak dalam menghasilkan permeate.

2.4.5 Salinity meter

Salinity meter adalah alat pengukur kadar garam yang terlarut dalam Air. Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini, secara definisi, kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5%, ia disebut *brine*.

Faktor – faktor yang mempengaruhi salinitas :

1. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
2. Curah hujan, makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi.

Air laut secara alami merupakan air *saline* dengan kandungan garam sekitar 3,5%. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30%. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya.

Yang paling tawar adalah di timur Teluk Finlandia dan di utara Teluk Bothnia, keduanya bagian dari Laut Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, di mana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit

masuk air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi.

Salah satu alat yang paling populer untuk mengukur salinitas dengan ketelitian tinggi ialah *salinity meter* yang bekerjanya didasarkan pada daya hantar listrik. Makin besar salinitas, makin besar pula daya hantar listriknya. Selain itu telah pula dikembangkan pula alat STD (*salinity temperature depth recorder*) yang apabila diturunkan ke dalam laut dapat dengan otomatis membuat kurva salinitas dan suhu terhadap kedalaman di lokasi tersebut.

Prinsip kerja Salinity meter :

Seperti yang disebutkan penjelasan di atas, prinsip kerja salinity meter didasarkan pada konduktivitas listrik pada air. Dalam pengukurannya, salinity meter menggunakan sifat dari air, yaitu air sebagai konduktor listrik yang baik. Misalnya dalam pengukuran salinitas air laut, diketahui bahwa air laut berisi banyak kotoran seperti natrium klorida, magnesium klorida, kalsium klorida dan sebagainya.

Ion-ion klor membantu dalam konduksi dan karenanya kotoran ini meningkatkan konduktivitas air. Saalinity meter menggunakan satu set elektroda untuk mengukur konduktivitas sinyal yang diumpankan ke meter yang dikalibrasi untuk memberikan bacaan kepada pengguna. Ada juga kompensasi sistem suhu yang diperlukan untuk menyesuaikan kondisi salinity meter dengan air yang diukur. Hal ini diperlukan karena konduktivitas air tidak hanya bervariasi dengan kotoran tetapi variasi terhadap suhu juga.

Kenaikan terjadi sekitar 2,2% untuk setiap kenaikan derajat tunggal suhu. Dapat dilihat juga alarm audio visual yang aktif setelah nilai preset salinitas tercapai