BAB II
PENGERTIAN DASAR TENTANG OSMOSIS BALIK

2.1. TEORI OSMOSIS

Osmosis balik atau *reverse osmosis* yang akhir-akhir ini makin dikenal bagi perlakuan air, dilaksanakan dengan dengan memberikan tekanan (lebih tinggi dari pada tekanan osmosis) atas larutan, sehingga air murni melewati membran semipermeabel ke sisi yang encer. Ini merupakan proses fisis yang memisahkan zat yang terlarut dari pelarutnya. Membran hanya dilewati pelarut, sedangkan terlarutnya, baik elektrolit maupun organik, akan ditolak (*reject*).

Berdasarkan teknologi osmosis balik air baku dimasukan ke piranti bejana yang berisi membran semi permeable. Air disebut permeat yang melintasi membran, sedangkan kotoran ditolak (direjeksi) ke konsentrat (pekatan). Osmosis balik di operasikan secara berkelanjutan.

Osmosis balik dapat mengurangi PTT (Padatan Total Terlarut) air baku sampai 99% yang secara lazim rijeksi 95% dapat dicapai. Rejeksi bakteri, virus dan pirogen oleh membran dapat mencapai 100%, kecuali ada kebocoran pada seal mekanis atau terjadi kerusakan pada membran. Air laut PTT 50.000 ppm pun menurut hasil yang sudah dilakukan setelah perlakuan memadai, dapat diubah dan menghasilkan air yang dapat diminum. (Ref. No. 2 Hal. 151).

Osmosis balik memurnikan air PTT (Padatan Total Terlarut) diatas 200 ppm, bagi penggunakan dengan prasyarat murni biologis (bebas organisme), misalnya di bidang farmasi, kedokteran dan elektronika, osmosis balik dapat mengganti kedudukan distilasi, dengan biaya lebih murah dan lebih cepat operasinya. Metode osmosis balik merupakan cara paling murah untuk menawarkan air laut, seperti yang dipergunakan di kapal laut, rig-rig

pengeboran minyak lepas pantai, atau hotel dan villa yang letaknya dipesisir pantai. Energi metode osmosis balik praktis hanya energi yang digunakan untuk pemompaan yang tak ada perubahan fasa. Biaya operasi hanya untuk proses perlakuan.

2.2. KONSEP DASAR TEORI OSMOSIS BALIK

Kosep dasar metode osmosis balik energi yang diperlukan adalah untuk pemompaan, sedang besarnya tekanan osmosis larutan adalah :

$$P = \{1{,}12\ (T + 273)\ \Sigma mi\}$$

Dimana :

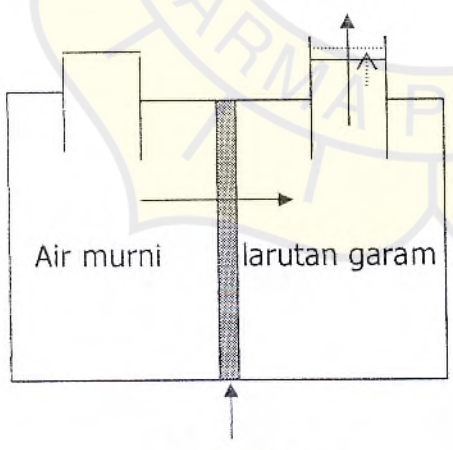
P = tekanan osmosis (kg/cm^2)

T = suhu (^oC)

Σmi = Jumlah molalitas segenap kandungan ionik/nonionik di larutan.

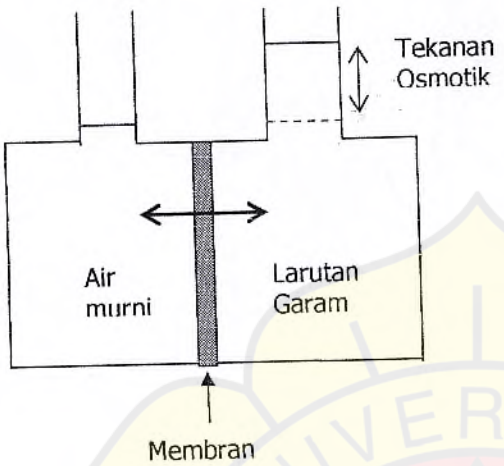
Tekanan osmosis meningkat sesuai konsentrasi. Dalam hal air alam (dalam natrium khlorida), setiap kenaikan mg/liter (ppm) akan meningkatkan tekanan osmosis sekitar 0,01 psi (0,142 kg/cm^2). (Ref. No. 2)

Hubungan osmosis balik seperti terpampang pada sketsa gambar dibawah berikut ini :



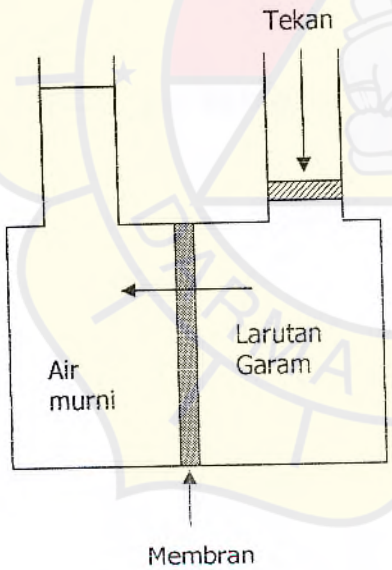
Bila dua cairan yang berbeda diitempatkan dalam bejana yang dibatasi oleh membran, maka cairan pelarut akan masuk ke cairan larutan dengan melewati membran.

Gambar 2.1.
Hubungan osmosis balik



Cairan pelarut(air murni) menerobos membran hingga larutan (garam) menjadi encer sampai titik equilbrium.
Perbedaan antara kedua level permukaan cairan disebut titik keseimbangan tekanan osmotik.

Gambar 2.2.
Keseimbangan tekanan osmotik



Tekanan diberikan / melawan tekanan osmotik pada larutan garam, cairan pelarut menembus membran, sistem ini disebut proses "osmosis balik / reverse osmosis".

Gambar 2.3.
Proses osmosis balik

Sumber : Ref. No. 6 Hal. 548

Sebenarnya istilah osmosis balik atau *reverse osmosis* merupakan salah kaprah, karena pemberian tekanan untuk mengimbangi tekanan osmosis tersebut hanya mengakibatkan aliran pelarut (air tersebut), bukan zat terlarutnya. Istilah yang tepat sebetulnya adalah *piezoosmosis.*

Analisis teoritis osmosis balik biasanya diungkapkan secara termodinamika proses tak-reversibel, tetapi gaya dorong persamaan fluknya (beda potensial, dan lain-lain) dinyatakan dalam termodinamika keadaan setimbang. Diterapkan juga termodinamika setimbang sekaitan keseimbangan lokalnya.

Penyederhanaan persamaan didapat sebagai berikut :

$Fw = Pw \times (A/\tau) \times (<p - <\pi)$ (Ref. No. 2 Hal. 158)

Dimana : Fw = fluksi air

Pw = koeffisien permeabilitas membran bagi air

A = luas membran

τ = tebal membran

Untuk garam yang alirannya difusif sebanding dengan beda konsentrasi yang melintasi membran. Jadi menambah tekanan akan mempercepat aliran air, tetapi aliran garamnya tetap dan mutu produknya meningkat. Perbandingan luas membran yang berbanding terkbalik dengan tebal membran menunjukan pentingnya perencanaan dan kostruksi membran yang aktif. Sebaliknya fluks air merosot bila salinitas umpan bertambah, dikarenakan tekanan osmosisnya bertambah.

Persentase rejeksi garam menentukan mutu produk. Hal ini dapat dibuktikan sebagai berikut :

Rejeksi garam = 100 – lewatan garam (Ref. No. 2)

= {(C umpan -- C produk) / (C umpan)} x 100%.

Bila membrannya berporositas lebih kecil maka makin banyak zat/kotoran organik dalam air yang dapat dihilangkan. Batas lewatan itu disebut MWC atau *Moleculer Weight Cut-off* (batas berat molekul). Zat yang BM-nya

diatas MWC akan tercampak, tak dapat melewati (*permeasi*) membran. Begitu pula dengan bahan kimia sintetis organik atau SOC (*Synthetic Organic Chemical*) yang merupakan pencemar berbahaya dalam air akibat industri, terlebih lagi air yang berada pada permukaan. Badan Lingkungan Hidup Amerika Serikat mensyaratkan agar tidak ada SOC dalam air minum. Itulah sebabnya teknologi membran lazim menetapkan MWC 100, artinya SOC yang BM-nya diatas 100 tidak ikut masuk ke air minum. Makin lama batas MWC ini cenderung diperkecil.

2.3. MEMBRAN OSMOSIS BALIK

Membran osmosis balik dibuat dari berbagai bahan seperti CA (Selulosa Asetat), CDA (Selulosa Di Asetat), CTA (Selulosa tri Asetat), PA (Poliamida), poliamida aromatis, polieteramida, polieteramina, polieterurea, polifenilene oksida, polifenelin bibenzimidazol, dan sebagainya. Membran komposit film tipis terbuat dari berbagai bahan polimer untuk substratnya ditambah polimer lapisan fungsional di atasnya. Pemilihan polimernya, baik komopolimer, kopopolimer, polimer blok, polimer graft, modifikasi, blend dan sebagainya, sangat banyak (ribuan) jenisnya, dan itupun masih harus dilihat pula cara pembuatan, distribusi berat molekul, pralakuan bahan dan lain-lain yang mempengaruhi sifat akhir produk membrannya.

C.E. reid dari Florida, lalu Loeb/Sourirajan (1962) membuat membran CA asimetrik, terus diikuti kalangan Du Pont dengan kriteria membran osmosis balik-nya antara lain :

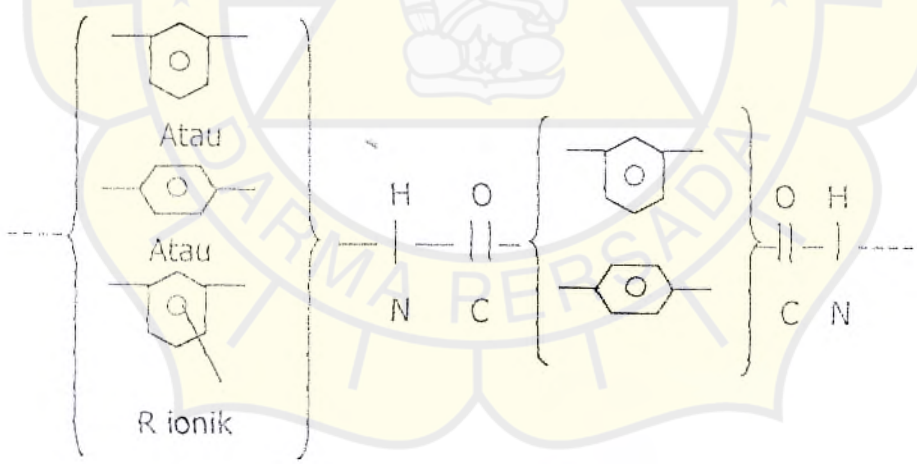
a. Rejeksi garam baik, fluks (aliran) air baik.
b. Tipis namun kuat (struktur asimetrik)
c. Fabrikasi bernisbah luas/volum besar (HFF, film tipis).
d. Ranah operasi luas, kandungan ion air, tekanan, suhu.
e. Awet beroperasi.
f. Tahan serangan kimia dan biologis.

g. Luwes untuk aneka kebutuhan dan kondisi.

h. Semurah mungkin.

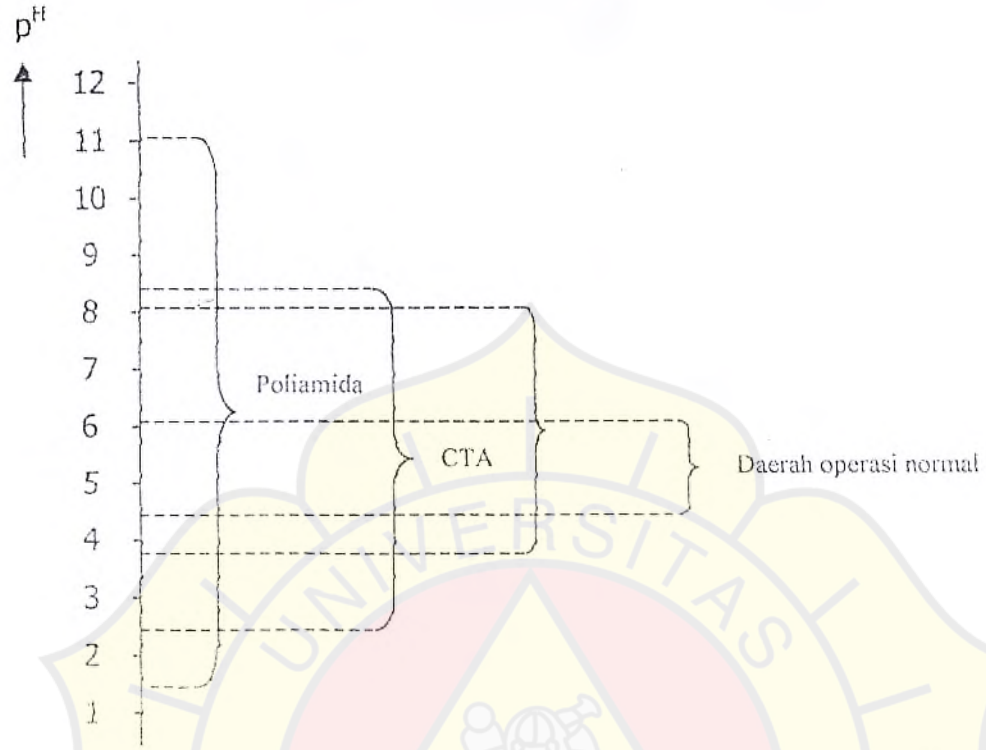
Jenis-jenis polimer permeator yang dikenal dikelompokan menjadi berbagai macam, seperti polimer sintetis, organik, tertaut-nitrogen, aromatik, linier, polimer kondensasi termasuk polihidrazida aromatik, poliamida aromatik. Jumlah dan jenis gugusnya (meta/para), kedudukan gugus ionik dan lain-lain dimainkan menurut sifat akhir.

Kimia membran CA makin banyak asetilnya, makin besar rejeksi garam dan lebih rendah fluks airnya. Membran selulosis lebih murah dan tahan khlor (kurang 1 ppm) tetapi mudah terserang biologis, terhidrolisis, atau CA menjadi selulosa dan asam asetat karena air, apalagi bila p^H ekstrim (tinggi/rendah), dan airnya agak panas, maka perlu pralakuan asam atas airnya.



Gambar **2.4.**

Struktur molekul poliamida aromatik



Gambar 2.5.
Batas operasi p^H (maks/min) aneka membran

Hal serupa juga untuk menerangkan daerah kerja membran PA, TFC dan sebagaainya. Persoalan ketahanan biologis/kimia merupakan hal yang utama dalam pemilihan bahan.

2.4. Selulosa Asetat.

Penggunaan selulosa asetat jika dilihat dari segi keuntungan dan kerugiannya antara lain adalah sebagai berikut :

Keuntungannya :

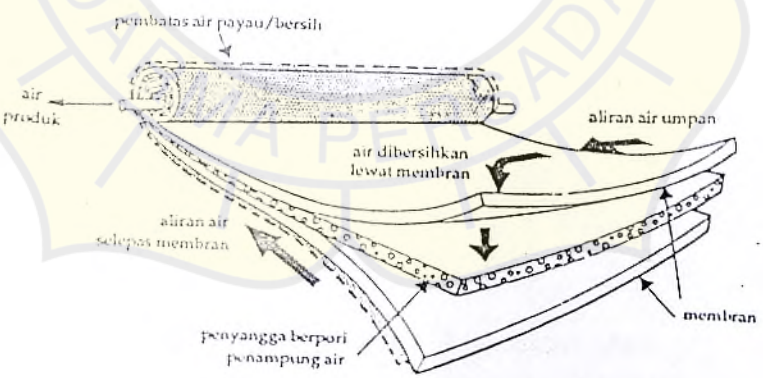
- Tahan terhadap klorin (10.000 ppm hours).
- Biaya produksi rendah (hanya dengan satu langkah pengerjaan).

Kerugian :

- Dalam struktur tebal cenderung rusak dibawah pengoperasian bertekanan tinggi secara terus menerus.
- Mudah untuk terhidrolis oleh asam dan alkali (pengoperasian terbatas pada ph 4,5 s/d 7,5).
- Mudah rusak oleh mahluk hidup (bakteri, alga, dll).
- Tidak mampu melewatkan air dan membuang garam pada
- Tekanan dibawah 300 psi.
- Sensitif terhadap peningkatan temperatur.

Struktur pembuatannya adalah :

- Selulosa diasetat dalam struktur lembaran (sheet form).
- Contohnya bisa dilihat pada gambar 2.6. yang merupakan produk dari FILMTEC tipe FT 30 dalam bentuk modul (membran osmosis balik yang telah dirakit dalam satu unit).



Gambar 2.6.

Cartridge osmosis balik Lilit - **Spiral**

2.5. Membran Poliamid.

Membran poliamid termasuk dalam senyawa aromatik jenuh, dengan struktur poliamid linier.

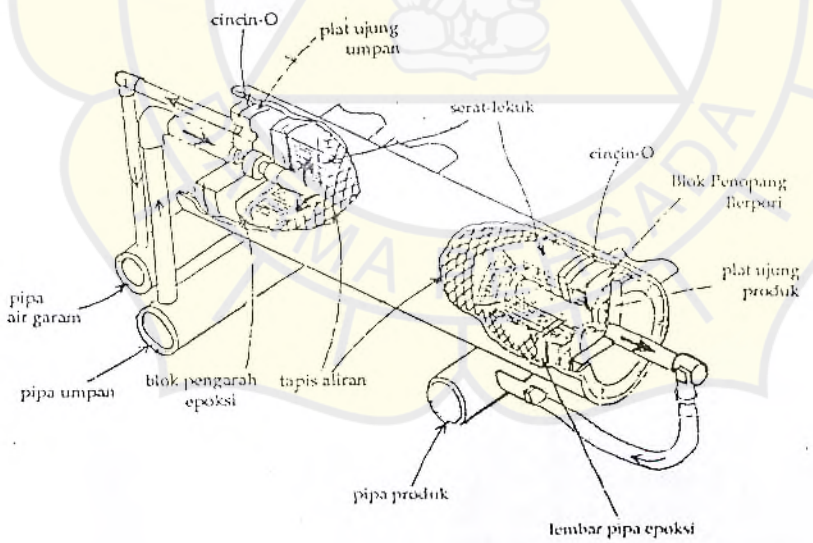
Keuntungannya :

- Sangat tahan terhadap air.
- Kemampuan membuang garam lebih baik dari pada selulosa asetat.
- Tahan terhadap mahluk hidup (bakteri, alga, dll).

Kerugiannya :

- Tidak tahan terhadap klorin.
- Membran mengalami perekatan bila melebihi batas umur pengoperasian (air yang
- dihasilkan mengalami penurunan 20 % bila melebihi 3 tahun pengoperasian).

Contoh produk dalam bentuk modul bisa dilihat pada gambar 2.4. tipe disc-tube dari ROCHEM dan gambar 2.7. tipe hollow fibre dari MARINCO.



Gambar 2.7.

Konstruksi permeator hollow fiber