

STUDY DAN KOMPILASI DATA TENTANG  
DESALINASI AIR INDUSTRI

Oleh :

Ir. Karsini

ABSTRACT

Study and data compilation about industrial water desalination will be described in this paper. The experiments have been made on brackish waters, carried out by Industrial Research Institute in Jakarta. Prototype of electrodialysis apparatus has also been studied by Industrial Research Institute.

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi manusia, hewan dan tanaman. Kebutuhan air untuk industri tidak berbeda sifat-sifatnya seperti halnya untuk air minum.

Cara yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air dari suatu sumber air secara tradisional adalah dengan memisahkan kotoran dan garam-garam yang terlarut didalamnya. Salah satu sumber air yang jumlahnya relatif tetap adalah air laut yang terdapat diseluruh dunia, dan berguna untuk memenuhi kebutuhan air disepanjang daerah pantai. Sumber lain adalah air payau yang terdapat didarat. Air payau mengandung garam yang terlarut kira-kira sepersepuluh dari garam yang terlarut dalam air laut. Air laut mengandung garam yang terlarut kira-kira 35.000 mg/ltr, sedangkan air payau 1.000 sampai 3.000 mg/ltr dan terlalu asin

untuk konsumsi. Tetapi garam-garam yang terlarut dalam air payau cenderung pada kandungan Calcium Sulphate atau Bicarbonate, sehingga seringkali mempersulit presipitasi.

Sebelum digunakan untuk keperluan industri, irigasi atau air minum, maka air laut atau air payau harus dipisahkan dari garam-garam yang terlarut. Pemisahan garam adalah tidak sesederhana seperti pemisahan pasir, lumpur dan partikel-partikel lainnya. Air asin mengandung garam-garam organik dan an-organik yang terlarut didalamnya, yang mempunyai sifat-sifat physis dan khemis tertentu, yang mana garam-garam tersebut dapat dipisahkan dengan bermacam-macam cara. Dalam proses pemisahan garam ini dikenal istilah desalinasi. Desalinasi merupakan suatu istilah yang umum digunakan untuk pemisahan zat-zat padat yang terlarut dalam air. Dan sistim ini telah dikembangkan untuk mengubah air laut atau air payau menjadi air tawar atau air yang dapat diminum dan digunakan untuk keperluan industri. Dalam proses desalinasi tersebut, perlu dipilih cara yang paling praktis dan ekonomis. Dalam hal ini, metode yang dianggap sesuai adalah elektrodialisa dengan "ion-exchange processes".

## II. SIFAT-SIFAT ELEKTRO-KIMIA

Senyawa-senyawa garam, asam dan basa merupakan electrolyte. Dalam larutan, maka electrolyte akan terurai menjadi ion-ion. Karena adanya ion-ion, maka larutan electrolyte dapat dilalui arus listrik. Karena dilalui arus listrik, maka menyebabkan larutan mengalami perubahan kimia.

Yang mengangkut listrik adalah ion-ion yang terdapat didalam larutan tersebut.

Bila kita mengalirkan listrik melalui larutan, umpamanya garam-garam logam, maka banyaknya logam yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya arus listrik yang mengalir. Sedangkan banyak sedikitnya zat yang terbentuk pada elektrode, tergantung dari ( berbanding langsung dengan ) banyak sedikitnya aliran listrik yang dipakai dan lamanya elektrolisa.

Selain itu, banyaknya zat yang terurai ternyata berbanding langsung dengan berat equivalentnya pada arus dan waktu yang sama.

Karena arus listrik yang melalui larutan tersebut sama, maka ternyata berat zat yang mengendap berbanding sebagai berat equivalent masing-masing logam.

Perlu diperhatikan pula, bahwa kecepatan gerakan ion-ion tergantung dari :

1. Muatan ion-ion.

Makin besar muatannya, maka makin cepat gerakan ion-ion.

2. Beda potensial.

Makin besar beda potensial suatu elektrode, maka makin cepat gerakan ion-ion.

### III. MEMBRAN

#### A. JENIS MEMBRAN

Pemilihan membran yang sesuai menurut penggunaannya, adalah merupakan persoalan yang utama dalam percobaan elektrodialisa. Disamping itu juga perlu diperhatikan permeabilitas dan tingkat

kekuatan membran.

Ada beberapa macam membran dan cara pembuatannya :

1. Membran organik.

Antara lain dapat dibuat dengan cara mendepositkan cellulose yang diregenerasikan pada tenunan-tenunan kain atau felts, atau dengan memperlakukan kain dalam larutan cellulose, dengan reagensia pelarut (seperti misalnya larutan garam ammoniacal cupric atau sodium hydroxide). Dengan demikian akan terbentuk lapisan semi permeable pada permukaan tenunan kain.

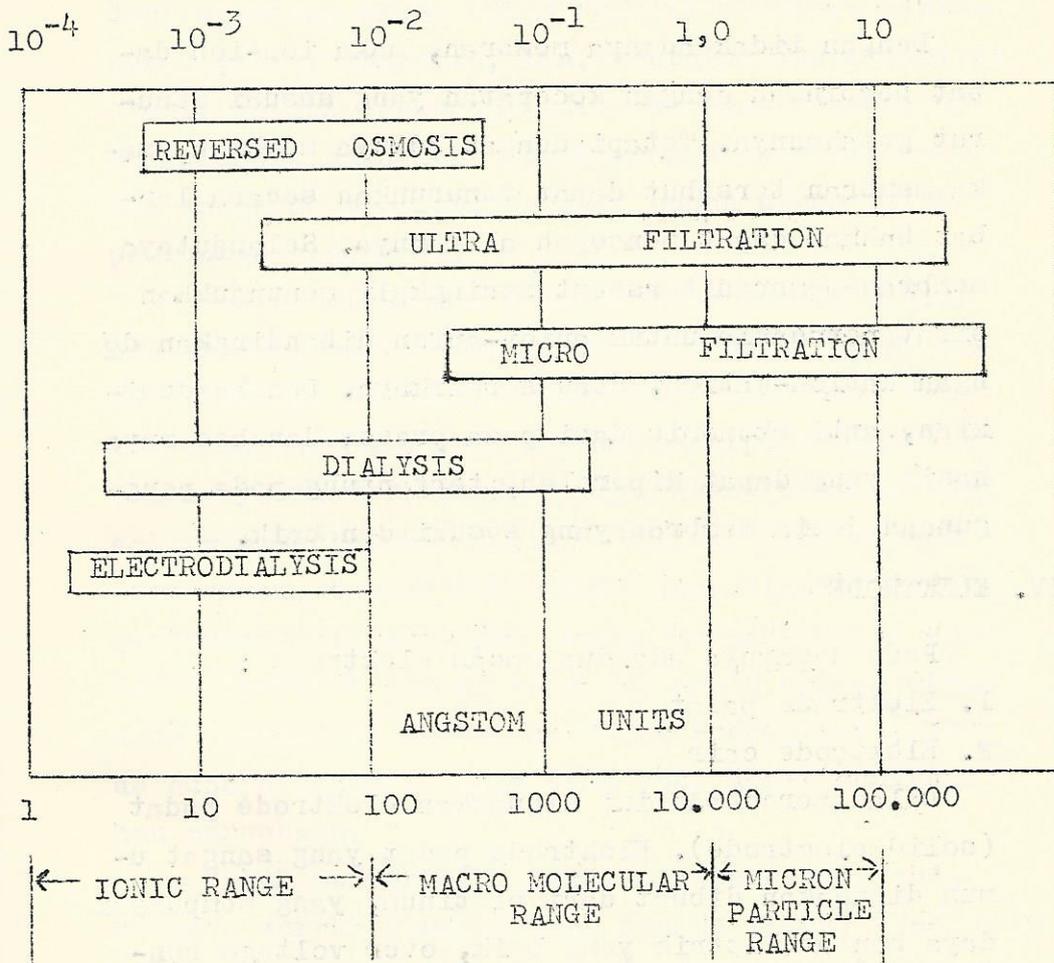
Membran-membran dari jenis protein juga telah dibuat, antara lain dari kulit-kulit binatang.

2. Membran an-organik.

Membran ini telah dapat dihasilkan dengan cara mendepositkan ferrocyanida-ferrocyanida dari copper, nickel, iron atau hydrated alumina pada cellulose yang diregenerasikan. Ada juga membran yang dibuat dari silica yang dipresipitaskan untuk elektrolisa suspensi kasar, juga dari kanvas atau felts yang porous. Membran-membran yang hanya mengeluarkan ion-ion positif disebut membran yang selektif untuk anions, dan tidak tembus untuk cations. Membran membran dari jenis protein dan membran-membran dari silica yang dipresipitaskan adalah anion-permeable. Biasanya film-film cellulose yang diregenerasikan adalah tidak selektif. Tetapi jika suatu membran non-selektif diletakkan di muka kathode, maka hanya akan ditembus oleh cations. Karena dalam keadaan ini anions tidak

akan berpindah.

Berdasarkan besarnya pori-pori membran, maka dapat dibedakan bermacam-macam membran sesuai dengan penggunaannya, seperti yang dapat ditunjukkan dalam bagan dibawah ini :



"SIZE RANGE OF VARIOUS MEMBRANE SEPARATIONS"

Dan sekarang telah berkembang membran-membran plastik, yang menunjukkan kekuatan mekanis yang lebih besar dan menaikkan resistensi khemis, tetapi selektifitasnya kurang baik.

#### B. FUNGSI MEMBRAN

Dengan tidak adanya membran, maka ion-ion dapat berpindah dengan kecepatan yang sesuai menurut gerakannya. Tetapi dengan adanya membran, maka membran tersebut dapat menurunkan secara lambat bahkan dapat mencegah alirannya. Selanjutnya membran-membran tersebut seringkali menunjukkan sifat permeable untuk anion-anion dibandingkan dengan kation-kation, atau sebaliknya. Dengan demikian, arti ekonomis dari pada proses dan besarnya hasil yang dapat diperoleh, tergantung pada penggunaan jenis membran yang sesuai dan baik.

#### IV. ELEKTRODE

Pada dasarnya ada dua macam elektrode :

1. Elektrode padat
2. Elektrode cair

Dalam percobaan ini digunakan elektrode padat (solid electrode). Elektrode padat yang sangat umum digunakan dibuat dari platinum, yang mempunyai daya hantar listrik yang baik, over voltage rendah, untuk ion-ion pada umumnya, dapat digunakan dalam berbagai macam bentuk, beratnya tetap dan tidak bereaksi dengan udara (oksidasi). Adanya perubahan kimia lain, tidak akan mempengaruhi maksud percobaan.

Platinum dapat menjadi kuat dengan adanya campuran base metals dalam kadar tertentu yang didepo-

sitkan pada platinum tersebut, seperti misalnya zinc. Cara yang umum untuk melindungi platinum adalah melapisinya, terutama sekali dengan metal lainnya seperti misalnya copper.

Elektrode-elektrode lain juga telah dibuat dari beberapa macam bahan seperti misalnya platinumized glass, graphite, tin, tantalum dan stainless steel. Tetapi terkecuali jika keadaan ekonomi memungkinkan, maka lebih baik menggunakan platinum dan campuran platinum sebagai bahan utama untuk pembuatan elektrode.

Bentuk elektrode yang pertama sekali dibuat adalah dari suatu lempeng platina untuk salah satu elektrode (biasanya cathode), dalam mana dapat terkumpul deposit yang berat. Elektrode yang lain (biasanya anode), terdiri dari kawat platina tunggal yang seringkali dililit-lilitkan/dilingkarkan, tetapi seringkali juga diganti dengan ram kawat jala atau jala kasa. Bentuk-bentuk elektrode tersebut sampai sekarang masih sering digunakan meskipun terbentuk suatu precipitate, karena adanya deposit dalam dish yang dapat mengacaukan percobaan.

Untuk memperbaiki percobaan tersebut, pada umumnya mereka menggantikan dengan fisher electrodes dalam bentuk ram kawat silinder yang konsentris, yang biasa digunakan sebagai cathode. Penggunaan elektrode-elektrode ram kawat atau kasa yang sesuai untuk melindungi sebagian besar permukaan elektrode tiap satuan berat platinum yang digunakan untuk electro-depositions.

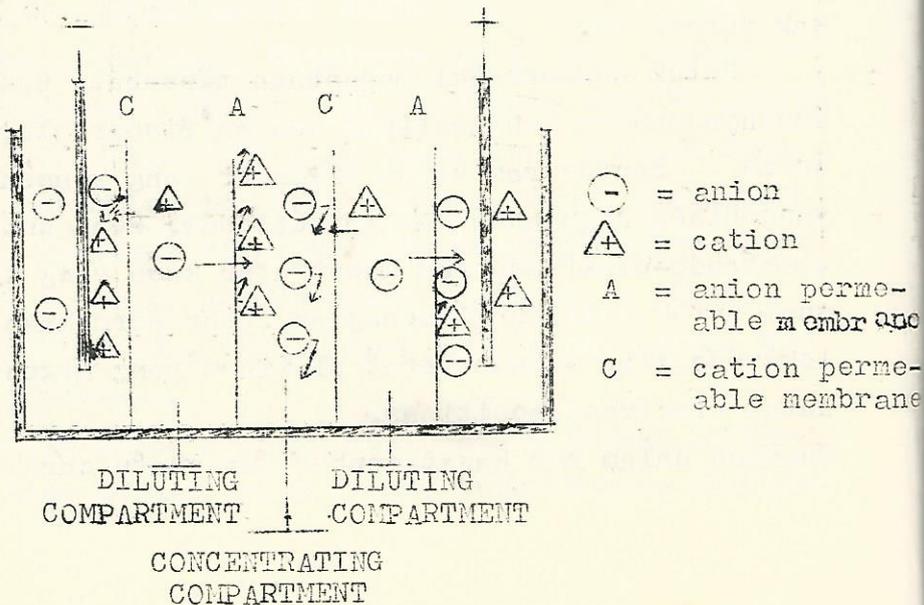
Ruangan dalam ram kawat memberikan suatu cara

yang mudah untuk sirkulasi cairan dengan adanya tenaga penggerak, tetapi ram kawat atau kasa itu sendiri seringkali secara mekanis kurang kuat untuk digunakan setiap hari dalam percobaan laboratorium.

Anode-anode dari perak dapat juga digunakan, terutama untuk determinasi halogen-halogen. Solid silver iodide, bromide atau chloride membentuk suatu adherent deposit pada elektrode, yang menjadi kering dan berat.

### V. DESALINASI SECARA ELECTRODIALYSIS

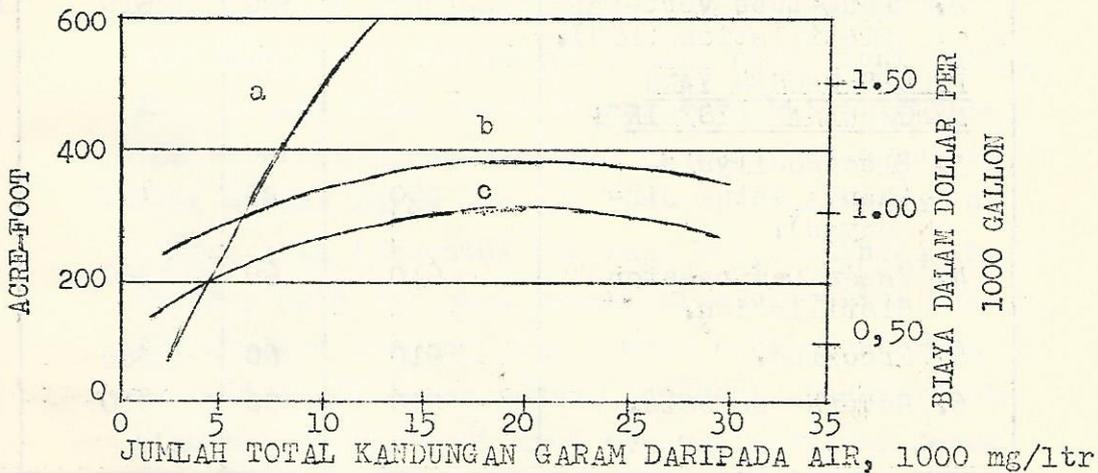
Electrodialysis adalah suatu proses pemisahan ionized materials dari air dengan menggunakan membran-membran cation dan anion permeable, yang disusun secara berselang-seling diantara dua elektrode. Dengan cara ini ion-ion dipisahkan secara elektro-kimia. Selanjutnya ion-ion tersebut akan mendiffusi karena adanya tenaga listrik melalui membran-membran cation dan anion permeable. Pada dasarnya, prinsip daripada electrodialysis dapat ditunjukkan seperti tersebut dibawah ini :



Jika ada tekanan listrik, maka ion-ion akan bergerak mengalir melewati suatu sel yang berisi air asin. Ion-ion positif (cations) akan keluar dan berpindah ke elektrode negatif, sedangkan ion-ion negatif (anions) keluar dan berpindah ke elektrode positif. Jika membran-membran cation dan anion permeable diletakkan secara berselang-seling diantara elektode, maka ion-ion akan memekat dalam bagian sel-sel yang berselang-seling sebagai larutan garam pekat (brine), dan bagian yang lebih encer (air tawar) akan terletak diantaranya.

Biaya pemisahan garam dengan cara electrodiagnosis adalah seimbang atau sebanding dengan jumlah garam dalam air. Karena biaya yang sangat tinggi, maka electrodialysis tidak cocok untuk perlakuan air laut, tetapi hanya cocok untuk perlakuan air payau. Gambaran mengenai perkiraan biaya desalting sebagai fungsi daripada kandungan garam dapat ditunjukkan seperti dibawah ini :

"GRAFIK PERKIRAAN BIAYA DESALTING PADA TAHUN 1970"



Note :

- a = ELECTRODIALYSIS
- b = DISTILLATION (SMALL PLANT)
- c = DISTILLATION (LARGE PLANT)

Ternyata, bahwa perkiraan biaya desalting untuk masing-masing proses adalah berbeda. Demikian juga kebutuhan energy untuk beberapa macam proses desalting adalah berbeda. Daftar mengenai kebutuhan energy untuk beberapa macam proses desalting berdasarkan perkembangan teknologi tahun 1964 dan diharapkan dapat berlaku sampai tahun 1980 adalah seperti tersebut dalam tabel dibawah ini :

"KEBUTUHAN ENERGY UNTUK 6 (ENAM) MACAM PROSES DESALTING"

MACAM PROSES	Energy yang diperlukan (per-1000 gallon dari air yang dihasilkan).			
	Tehnologi Th 1964		Perkiraan untuk Tehnologi Th 1980	
	BTU x 10 <sup>-3</sup>	Kw-Hr	BTU x 10 <sup>-3</sup>	Kw-Hr
<u>PROSES-PROSES YANG MENGGUNAKAN PANAS :</u>				
1. Multi stage flash distillation.	1020	300	610	180
2. Long-tube vertical distillation (LTU).	1020	300	610	180
<u>PROSES-PROSES YANG MENGGUNAKAN LISTRIK :</u>				
3. Electrodilysis. (hanya untuk air-payau).	250	25	150	15
4. Vapor compression distillation.	610	60	360	35
5. Freezing.	610	60	360	35
6. Reverse osmosis.	510	50	310	30

Dari angka-angka yang tersebut dalam tabel menunjukkan adanya kemajuan teknologi seperti yang diharapkan.

Mengenai persoalan yang pada umumnya dijumpai dalam desalinasi dengan cara electrodialysis ini yaitu adanya pengotoran membran, terutama anionic membrane. Adanya zat-zat padat yang tersuspensi, dan adanya pertumbuhan psilogi juga akan tampak menyebabkan pengotoran membran. Keadaan ini akan lebih cepat tampak dalam air yang asam atau basa, yaitu diluar pH 6,0 - 8,5. Dengan adanya pengotoran membran tersebut, maka makin lama membran akan kehilangan kapasitas. Oleh karena itu maka perlu diadakan perlakuan pendahuluan terlebih dahulu secara intensif sebelum air dilewatkan melalui membran, misalnya dengan cara pengendapan terlebih dahulu.

Suatu sistim electrodialysis yang sederhana dengan dua membran (tiga sel), maka akan sangat tidak efisien. Karena tiap-tiap coulomb dari tenaga listrik akan memisahkan 1 mole equivalent air, dan hanya mengangkut 1 mole equivalent garam. Akan tetapi jika dalam bejana tersebut ditempatkan beberapa pasang membran (secara berselang-seling antara garam dan air tawar), maka dengan demikian akan terbentuk beberapa sel, sehingga tiap-tiap mole air akan mengalami elektrolisa dan menyebabkan pengangkutan 1 mole equivalent pada tiap-tiap sel dalam bejana tersebut. Dengan demikian maka efisiensi arus secara teoritis, kenaikannya sebanding dengan kenaikan jumlah sel-sel. Dalam praktek, efisiensi arus dapat diamati dengan besarnya resistensi listrik pada bagian da-

lam dari bejana pada tiap-tiap sel. Terutama resistensi sel-sel yang berselang-seling, dan yang berisi air tawar. Untuk mengurangi resistensi, sebetulnya unit operasi dapat disusun dengan sel-sel yang dibuat setipis mungkin.

#### VI. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses desalinasi yang dapat diharapkan paling praktis dan ekonomis untuk perlakuan air payau adalah dengan cara electro dialysis.
2. Dalam percobaan electro dialysis, maka pemilihan membran yang sesuai dengan penggunaannya adalah penting.
3. Pada umumnya elektrode yang paling baik untuk percobaan ini terbuat dari bahan platinum.
4. Makin tipis sel-sel didalam bejana (makin banyak pasangan membran yang berselang-seling), maka efisiensi arus makin naik (resistensi listrik pada tiap-tiap sel semakin berkurang).

#### DAFTAR PUSTAKA

1. HAMMER, M.J., 1975. Water and Waste-Water Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York.
2. LINSLEY, R.K., 1972. Water Resources Engineering. Mc Graw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
3. PARKER, H.W., 1975. Waste Water Systems Engineering. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs., New Jersey.
4. LUND, H.F., 1971. Industrial Pollution Control Hand-Book. Mc Graw-Hill Book, Co., New York.