

URAIAN UMUM TENTANG TEKNOLOGI DESALINASI

Ari Nugroho ¹⁾

ABSTRAK

URAIAN UMUM TENTANG TEKNOLOGI DESALINASI. Desalinasi, seperti yang didiskusikan dalam makalah ini, adalah suatu proses yang memisahkan kadar garam dari air tawar. Proses ini dapat dilakukan dalam beberapa cara, tapi tujuannya adalah sama, yaitu mendapatkan air bersih dari air laut atau air payau. Kualitas air ini ditentukan oleh *total dissolve solid* (TDS) yang mempunyai satuan *part per million* (ppm) yang dinyatakan dengan makin kecil ppm, maka makin baik kualitas air yang dihasilkan. Dalam makalah ini disajikan analisis umum teknologi desalinasi yang umum digunakan akhir-akhir ini, juga disajikan jenis air, pengoperasian dan perawatan, serta perbandingan umum instalasi desalinasi. Pada dasarnya, teknologi desalinasi dibagi dalam 2 jenis, yaitu *thermal desalination* yang terdiri dari *Multi Effect Distillation* (MED) dan *Multi Stage Flash* (MSF), serta *membrane desalination* yaitu *Reverse Osmosis* (RO). Kedua jenis teknologi ini dibedakan dari sumber energinya, thermal desalination memperoleh sumber energi dari panas buangan suatu sumber panas, sedangkan membrane desalination menggunakan energi listrik untuk menggerakkan pompa dan *membrane semipermeable*. Dalam proses thermal terjadi distilasi (penyulingan), yang mendidihkan air masukan dan kemudian mengkondensasikan uap yang terjadi. Proses ini menghasilkan air bersih (distilat) dengan kadar garam sangat rendah, sekitar 10 ppm. Sedang proses membran memanfaatkan membran semi permeable guna memisahkan air bersih terhadap garam yang terlarut. Air bersih yang diperoleh dengan teknologi ini mengandung kadar garam berkisar antara 350-500 ppm.

ABSTRACT

GENERAL OVERVIEW OF DESALINATION TECHNOLOGY. Desalination, as discussed in this journal, refers to a water treatment process that removes salts from water. Desalination can be done in a number of ways, but the result is always the same : fresh water is produced from brackish or seawater. The quality of distillate water is indicated by the contents of Total Dissolved Solid (TDS) in it, the less number of TDS contents in it, the highest quality of distillate water it has. This article describes the general analysis of desalination technologies, the varies of water, operation and maintenance of the plant, and general comparison between desalination technologies. Basically, there are two common technologies are being used, i.e. thermal and membrane desalination, which are Multi Effect Distillation (MED), Multi Stage Flash (MSF) and Reverse Osmosis (RO), respectively. Both technologies differ from the energy source. Thermal desalination needs heat source from the power plant, while membrane desalination needs only the electricity to run the pumps. In thermal desalination, the vapour coming from boiling feedwater is condensate, this process produces the lowest saline water, about 10 part per million (ppm). The membrane technology uses semipermeable membrane to separate fresh water from salt dissolve. This technology produces the fresh water about 350-500 ppm.

¹⁾ Staf Bidang Penerapan Sistem Energi P2EN

I. PENDAHULUAN

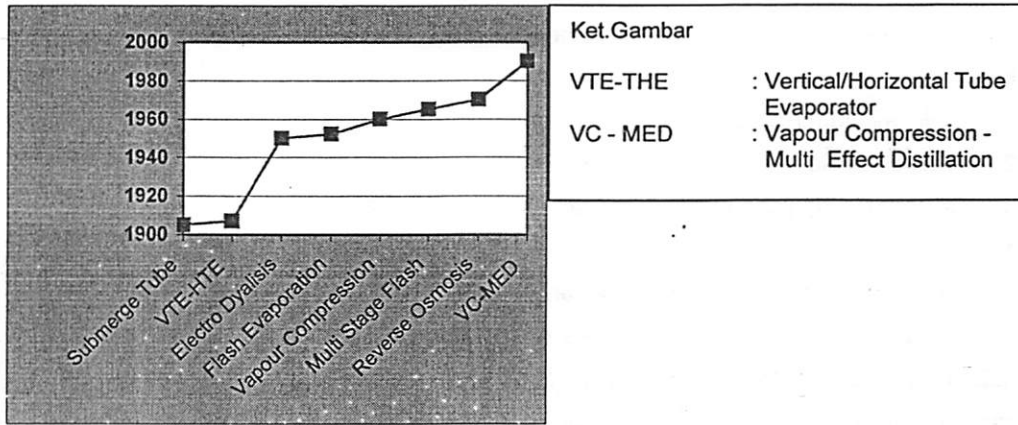
Makalah ini menyajikan secara singkat analisis umum tentang beberapa teknologi desalinasi yang digunakan dewasa ini, pemilihan teknologi desalinasi yang tepat untuk digunakan harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti salinitas, kualitas air bersih yang diinginkan, sumber energi yang akan digunakan untuk produksi air, debit air yang diperlukan, faktor ekonomi, keandalan, serta kemudahan operasi dan perawatannya.

Seperti kita ketahui, air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Manusia mengkonsumsi air untuk minum, makan, mandi dan sebagai bahan penunjang kegiatan guna memenuhi kebutuhannya. Komposisi air di bumi ini adalah 94 persen merupakan air laut dan 6 persen adalah air tawar, 27 persen air tawar terdapat di glasier dan 72 persen merupakan air tanah. Secara keseluruhan, air menempati 70 % dari permukaan bumi. Ditinjau dari macamnya terdapat 3 jenis air, yaitu : air tawar, payau dan asin. Air payau ialah air yang terdapat didaerah yang terkena pasang surut laut, misalnya di daerah muara sungai dan rawa-rawa. Air tawar dengan padatan tersuspensi atau *Total Dissolve Solid* (TDS) dengan kandungan maksimal 500 *Part Per Million* (ppm) dapat langsung dikonsumsi manusia, namun air payau dan air laut tidak dapat, karena mempunyai TDS lebih dari 3000 ppm, maka dari itu harus terlebih dahulu diproses sehingga memenuhi syarat sebagai air minum. Berdasarkan TDS yang terkandung di dalamnya air dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu air laut 20000-50000 ppm, air payau (*brackish water*) 3000-20000 ppm, fresh water < 1000 ppm dan air buangan desalinasi (*brine*) 10000-30000 ppm.¹⁾

Namun demikian, dewasa ini kita tidak bisa hanya bergantung pada sumber-sumber air yang layak untuk digunakan secara konvensional mengingat kerusakan lingkungan yang parah akhir-akhir ini menambah kesulitan kita untuk mendapatkannya. Guna memecahkan masalah ini, teknologi desalinasi merupakan solusi yang dapat diandalkan karena bahan baku yang digunakan berupa air laut dan air payau yang tersedia melimpah di bumi ini.

II. SEJARAH PROSES DESALINASI

Sejarah teknologi desalinasi dimulai di awal abad ke 19, yang dimulai dengan teknologi submerge tube. Dalam kurun waktu 40 tahun perkembangannya tidak begitu menonjol. Teknologi desalinasi ini justru cepat berkembang ketika perang dunia kedua meletus di awal tahun 1940. Ketika itu dibutuhkan pasokan air minum bagi prajurit yang berada di daerah terpencil dan kesulitan untuk mendapatkan air minum.¹⁾



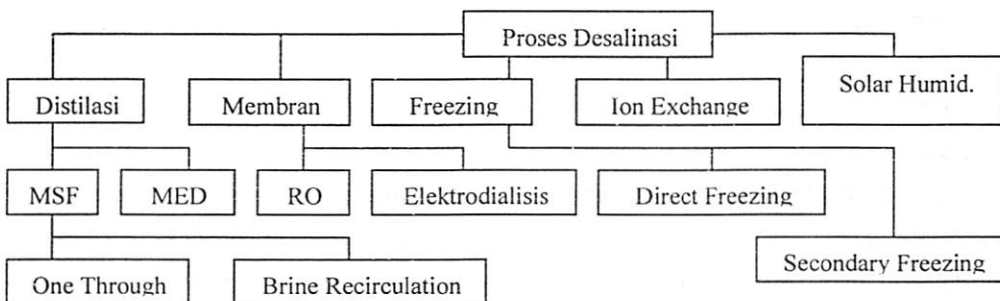
Gambar.1 Sejarah Perkembangan Teknologi Desalinasi ¹⁾

Pada akhir tahun 1960, instalasi desalinasi jenis thermal sudah dapat menghasilkan air bersih sebanyak 8000 m³/hari atau 2 mgd. (1m³ = 4000 mgd USA). Di awal tahun 1970, teknologi membran seperti *electro dialysis* dan *reverse osmosis* mulai berkembang dan menarik perhatian, serta dapat bersaing dengan teknologi sebelumnya. Hal ini disebabkan kemampuan dan keeluasannya dalam beroperasi untuk memenuhi kebutuhan air minum di daerah perkotaan, industri dan pariwisata. ¹⁾

III. JENIS DESALINASI

Desalinasi air laut memisahkan air tawar dari air laut. Proses desalinasi dapat dilakukan dengan distilasi atau *reverse osmosis*. Pemisahan air tawar dari air laut atau air payau merupakan perubahan fase air, sedangkan *reverse osmosis* memisahkan air tawar dengan menggunakan perbedaan tekanan dan semi *permeable membrane*. Di samping peralatan yang spesifik untuk tiap instalasi desalinasi, peralatan-peralatan lain yg umum terdapat pada suatu instalasi desalinasi adalah : sistem hisapan air laut/air baku, termasuk pompa penghisap, saringan (*screen*) dan sarangan (*filter*), jaringan pipa air produk desalinasi, tangki penampungan (*storage tank*), peralatan penerima dan pembagi aliran listrik (*panel distribution box*). ²⁾

Secara skematis berbagai jenis teknologi distilasi dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar 2. Skema Jenis Proses Desalinasi ²⁾

Pemilihan proses teknologi desalinasi didasarkan pada beberapa faktor, antara lain:

1. Salinitas (kadar zat terlarut air masukan)
2. Kualitas air bersih yang diinginkan
3. Sumber energi yang akan digunakan untuk produksi air
4. Debit air yang diperlukan
5. Faktor ekonomi, keandalan, kemudahan operasi dan perawatannya.

Teknologi desalinasi termal jenis *Multi Stage Flash (MSF)*, *Multi Effect Distillation (MED)* dan *Multi Vapour Compression (MVC)* dapat memurnikan air dari kadar 55000 ppm menjadi sekitar 10 ppm, sedangkan proses membran jenis *Reverse Osmosis (RO)* dengan sekali proses dapat menghasilkan air tawar dengan TDS berkisar antara 350-500 ppm.³⁾

Pada proses distilasi air laut/air baku dipanasi agar air tawar yang terkandung di dalamnya mendidih dan menguap, kemudian uapnya di embunkan untuk memperoleh air tawar. Proses distilasi ini dapat menghasilkan air tawar berkualitas tinggi dibandingkan dengan kualitas air tawar yang dihasilkan oleh proses lain. Pada tekanan 1 atm air akan mendidih dan menguap pada suhu 100° C, namun air di dalam alat penguap (*evaporator*) mendidih dan menguap pada suhu kurang dari 100° C bila tekanan di dalam *evaporator* diturunkan dibawah 1 Atm atau dalam keadaan *vacuum*. Penguapan air memerlukan panas penguapan berupa panas latent yang terkandung dalam uap yang dihasilkan. Sebaliknya pada saat uap menyembur panas latentnya dilepaskan yang dapat memanasi air laut/baku umpan sebagai pemanasan pendahuluan (*preheating*) atau menguapkannya.⁴⁾

Pada proses distilasi, air laut/air baku digunakan sebagai bahan air umpan pembuatan air tawar maupun sebagai media pendingin, dengan jumlah yang diperlukan kurang dari 8-10 kali dari jumlah air tawar yang dihasilkan. Uap dari ketel uap atau sumber lain digunakan sebagai pemanas dengan tekanan 2-3,5 kg/cm dan penjalan ejector dengan tekanan 10-12 kg/cm. Pada umumnya jumlah uap untuk pemanasan antara 1/8 sampai 1/6 dari jumlah air tawar yang dihasilkan, perbandingan antara jumlah air tawar yang dihasilkan dengan jumlah uap yang diperlukan disebut *performance ratio (PR)* dalam proses reverse osmosis atau *Gained Output Ratio (GOR)* dalam proses distilasi.²⁾

Masalah yang umum terdapat pada proses distilasi ialah terjadinya pengkerakan dan korosi pada bagian bagian peralatan. Timbulnya lapisan kerak pada pipa-pipa penukar panas evaporator menyebabkan turunnya kemampuan pemindahan panas yang berakibat menurunnya jumlah air tawar yang dihasilkan, pada keadaan yang demikian instalasi perlu dimatikan untuk pelaksanaan pembersihan kimia (*chemical cleaning*). Untuk mencegah atau menghambat proses pengkerakan itu perlu dilakukan proses *treatment* yang tepat dan teratur. Terjadinya korosi pada bagian peralatan sudah pasti

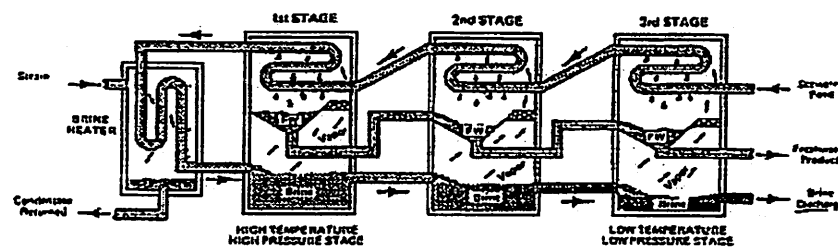
akan mengganggu pengoperasian instalasi, selain menurunnya hasil produk air tawar, untuk perbaikannya pun memerlukan waktu dan biaya yang tinggi, oleh sebab itu di dalam desainnya diperlukan material yang sesuai dengan kondisi pengoperasiannya.²⁾

IV. JENIS- JENIS TEKNOLOGI DESALINASI

IV.1. Distilasi

IV.1.1. Multi Stage Flash (MSF)

Dalam proses MSF, air laut disalurkan ke dalam *vessel* yang dinamakan *brine heater* untuk dipanaskan, Proses pemanasan dilakukan dengan cara menyempatkan uap panas yang keluar dari turbin pada pembangkit listrik. Air laut yang sudah dipanaskan kemudian dialirkan ke *vessel* berikutnya yang dinamakan *stage*. Di tempat ini tekanan dikondisikan menjadi lebih rendah dari stadium sebelumnya. Perubahan tekanan akan menyebabkan air laut yang masuk menjadi mendidih secara mendadak (*flashing*) dan menyebabkan terjadinya uap air (*water vapour*).³⁾

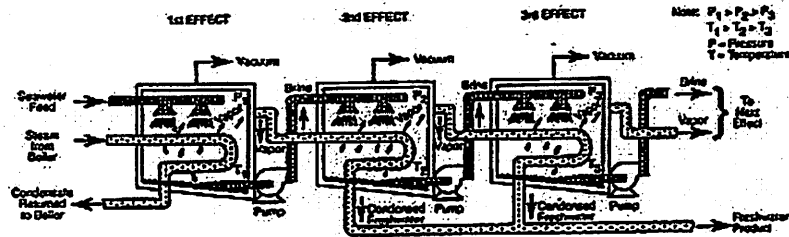


Gambar 3. Proses teknologi desalinasi jenis MSF

Proses ini akan terus berlanjut pada stage berikutnya sampai air menjadi dingin dan tidak menghasilkan uap air lagi. Biasanya stadium ini berjumlah 15 sampai 25. Penambahan jumlah stage akan menambah *capital cost* dan menambah rumit pengoperasian. Uap air yang dihasilkan dari flashing ini dikondensasi pada tabung yg ada pada tiap *stage*. Tabung ini juga berfungsi sebagai alat untuk mengalirkan air laut masukan ke dalam *brine heater*. Pada proses kondensasi ini juga akan menghangatkan air laut masukan, sehingga jumlah energi yang dibutuhkan untuk memanaskan air laut masukan di *brine heater* menjadi lebih kecil. Kapasitas dari instalasi ini 4000 – 57000 m³/hari (1 – 15 mgd). Suhu maksimum (*Top Brine Temperatur*) dari air laut yang keluar dari brine heater adalah 90 – 110 °C, Menambahkan suhu akan menambah kinerja dari instalasi ini, tetapi dilain pihak juga akan merugikan, sebab akan mempercepat proses pembentukan *scaling* dan korosi dari permukaan logam.⁵⁾

IV.1.2. Multi Effect Distillation (MED)

Pada teknologi desalinasi jenis MED (*Multi Effect Distillation*) digunakan prinsip evaporasi dan kondensasi. Cara kerja dari teknologi ini adalah dengan cara menyemprotkan (*spray*) air laut masukan pada permukaan evaporator. Permukaan evaporator ini biasanya berbentuk tabung (*tubes*) yang dilapisi film tipis (*thin film*) untuk mempercepat pendidihan dan penguapan.⁵⁾

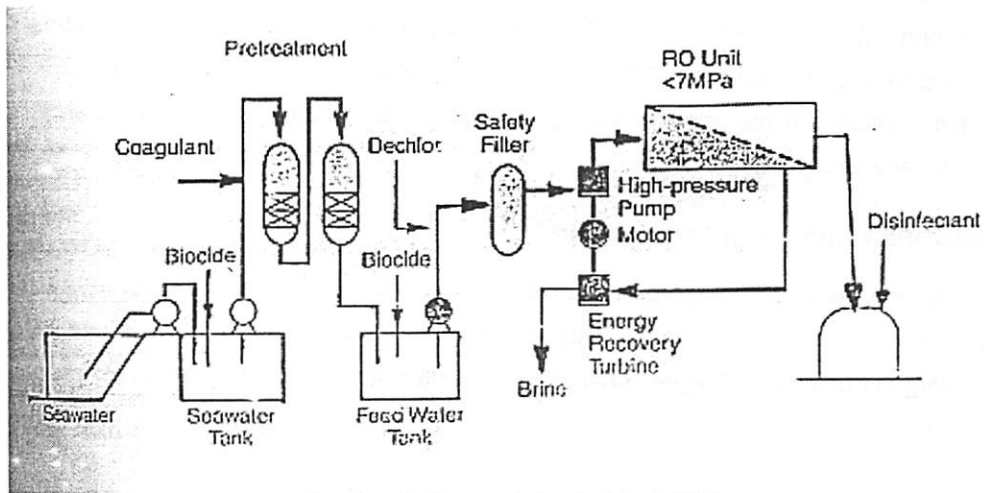


Gambar 4. Proses teknologi desalinasi jenis MED

Proses penguapan pertama terjadi dengan menggunakan uap panas buangan dari pembangkit listrik/boiler yang keluar dari turbin. Uap itu memberikan panas untuk proses desalinasi dan sekaligus juga terkondensasi menjadi air yang kemudian dikembalikan lagi ke boiler pada pembangkit listrik. Uap yang dihasilkan pada proses terakhir dikondensasikan pada *heat exchanger* yang terpisah yang dinamakan final condenser. Temperatur pada setiap efek dari MED diatur oleh sistem hampa udara yang terpisah. Dalam perkembangannya, akhir-akhir ini digunakan alat *thermal vapour compression* yang berguna untuk mengurangi jumlah efek dari MED untuk memproduksi air tawar dalam jumlah yang sama. Umumnya instalasi desalinasi ini terdiri dari 8-16 efek. Efisiensi thermal dari proses ini tergantung dari jumlah efek yang digunakan. Kapasitas air tawar yang dihasilkan oleh MED berkisar antara 2000 – 20.000 m³/hari (0.5 – 5 mgd).⁵⁾

IV.2. Membran Reverse Osmosis (RO)

Bila air tawar dan air laut dipisahkan oleh suatu dinding *semi permeable membrane* maka air tawar akan meresap menembus dinding pemisah itu ke bagian air laut, peristiwa ini disebut 'peristiwa osmosis'. Air tawar akan terus menembus dinding pemisah itu ke bagian air laut walau tidak diberi tekanan. Kekuatan efektif pendorong penembusan itu dinamakan *osmotic pressure*. Penembusan akan berhenti dengan sendirinya pada kondisi perimbangannya (*equilibrium*) di *osmotic pressure* tertentu. Besar *osmotic pressure* tergantung dari karakteristik membran, suhu dan kepekatan air laut/air baku. Pada sistem RO ini air laut diberi tekanan agar terjadi hal kebalikannya, yaitu air tawar yang terkandung di dalam air laut keluar menembus dinding pemisah (*membrane*) maka peristiwa itu dinamakan peristiwa *reverse osmosis*.⁴⁾



Gambar 5. Proses teknologi jenis RO

Jumlah air masukan yang dibuang menjadi brine pada proses ini berkisar antara 20 – 70 %, hal ini tergantung dari kadar garam air masukan, tekanan dan jenis membran. Sistem RO terdiri beberapa komponen penting yaitu *pre treatment*, *high pressure pump*, *membrane assembly* dan *post treatment*. *Pre treatment* sangat penting pada proses RO, hal ini berguna untuk mencegah dan mengurangi penumpukan garam dan pertumbuhan biota laut pada membran. Biasanya proses *pre treatment* ini terdiri dari :

1. *Chlorinasi*, guna pengendalian mikro organisme
2. *Coagulant* dan media filtrasi, untuk menurunkan padatan.
3. *Scale inhibitor*, untuk menghambat pengkerakan pada membran
4. *Final cartridge filter*, sebagai pengaman
5. *Sodium bisulfit*, untuk mengimbangi *chlorine*

Pada proses ini, tekanan yang diberikan oleh pompa pada air laut masukan (*feed water*) adalah sebesar 54 – 80 bar (800 – 1180 psi) , sedangkan bila menggunakan air payau (*brackish water*) sebagai air umpan, tekanan yang diberikan adalah sebesar 15 – 25 bar (225 – 375 psi).²¹

Bagian inti dari instalasi RO adalah *RO module*, yang berbentuk suatu bejana tekan silindris berisi beberapa ratus ribu serat fibre sehalus rambut yang bagian dalamnya berlubang (*fine hollow fiber*). Dengan demikian suatu *RO module* mempunyai luas permukaan dinding membrane yang besar dan dapat menghasilkan air tawar dalam jumlah besar. Air umpan masuk ke dalam lubang lubang halus serat fiber. Karena ditekan air tawar akan merembes keluar dari dinding fiber menjadi produk air tawar, sedangkan sisanya yang kental dan disebut *brine* terbuang keluar melalui *throat valve* yang juga berfungsi sebagai pengatur tekanan pada saluran masuk ke RO modul agar selalu konstan.²¹

Perlakuan akhir terhadap produk air adalah injeksi alkali untuk menaikkan pH sesuai yang diperlukan, dan *chlorinasi* bila produk airnya digunakan untuk air minum. Padatan terlarut dan tersuspensi (TDS) produk air dari proses RO ini adalah antara 300-600 ppm, namun bila dikehendaki TDS yang lebih rendah, dapat digunakan instalasi yang dipasang secara seri.²¹

V. PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN

Dalam pemilihan teknologi desalinasi yang cocok untuk digunakan, salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan adalah aspek pengoperasian dan perawatan. Hal ini berguna untuk perhitungan biaya ekonomi yang disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan.

Tabel 1. Pengoperasian dan perawatan berbagai jenis teknologi desalinasi²¹

No.	Uraian	MSF	MED	RO
1	Chemical treatment	Ya	Ya	Ya
2	Ball cleaning	Ya	Tidak	Tidak
3	Ganti suku cadang	Ya	Ya	Tidak
4	Chemical cleaning	Ya	Sedikit	Tidak
5	Ganti membran	Tidak	Tidak	Ya
6	Bersihkan membran	Tidak	Tidak	Ya
7	Ganti elemen filter	Tidak	Tidak	Ya

Tabel 1 memperlihatkan 3 macam teknologi desalinasi jenis MSF, MED dan RO. Pada jenis MSF hampir semua perawatan harus dilakukan untuk pengoperasiannya, namun tidak memerlukan perawatan khusus untuk membran, karena tidak terdapat membrane dalam proses ini. Perawatan pada jenis MED lebih mudah dari proses MSF karena tidak memerlukan *ball cleaning* dan hanya sedikit membutuhkan *chemical cleaning*. Pada RO dibutuhkan perawatan untuk membran, seperti penggantian membran elemen filter serta pembersihannya, walaupun pada RO tidak dilakukan *ball cleaning*, penggantian suku cadang dan *chemical cleaning*, namun sangat membutuhkan *pre-treatment* untuk menjaga pengoperasian membrannya.²¹

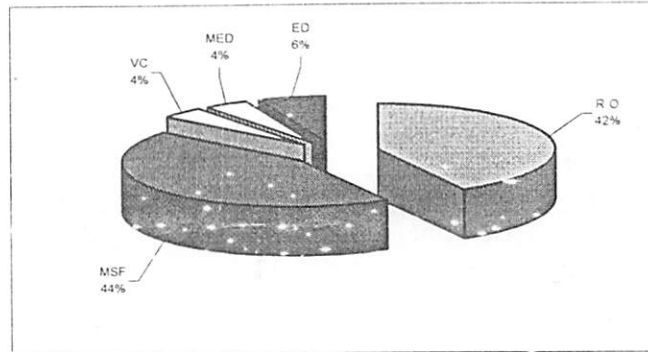
VI. PERBANDINGAN UMUM TEKNOLOGI DESALINASI

Selain dari pertimbangan pengoperasian dan perawatan, perlu juga dipertimbangkan aspek lainnya dari instalasi desalinasi seperti kapasitas, sumber energi, aspek teknis, kegunaan dan lain-lain.

Tabel 2. Perbandingan Umum Teknologi Desalinasi ²¹

No	Kriteria	MSF	MED	RO
1	Kapasitas (Ton/hari)	500-60000	40-9000	5-24000
2	Hanya perlu tenaga listrik	Tidak	Tidak	Ya
3	Uap sebagai sumber panas	Ya	Ya	Tidak
4	Air panas sbg sumber panas	Tidak	Ya	Tidak
5	Kemurnian produk air (TDS-ppm)	5	25	500
6	Konsumsi tenaga listrik Kwh/T	3-5	1,5-2,5	5-10
7	Tekanan uap pemanas kg/cm ²	2	8	-
8	Tekanan uap penjalan ejector kg/cm ²	6-10	6-8	-
9	Gained output ratio (GOR) air/uap	5-8	6-8	-
10	Kondisi air baku kotor/keruh	Dapat	Dapat	Tidak
11	Kondisi air baku berubah-ubah	Dapat	Dapat	Sulit
12	Memerlukan chemical cleaning	Jarang	Sedang	Ya
13	Instalasi di dalam/di luar ruangan	Di luar	Di luar	Di dalam
14	Untuk hotel dan kawasan wisata	Tidak	Dapat	Cocok
15	Untuk pelayanan umum skala kecil	Dapat	Cocok	Cocok
16	Untuk pelayanan umum skala besar	Dapat	Tidak	Cocok
17	Untuk kilang minyak, petro kimia dan pembangkit tenaga listrik	Cocok	Dapat	Tidak

Tabel 2 menunjukkan bahwa teknologi desalinasi jenis MSF mempunyai kapasitas terbesar dalam memproduksi air bersih per harinya, disusul kemudian oleh jenis MED dan RO. Dalam pengoperasiannya MSF membutuhkan uap panas sebagai sumber panas, sedangkan MED membutuhkan air panas sebagai sumber panasnya. Lain halnya dengan RO, teknologi ini hanya perlu tenaga listrik untuk pengoperasiannya, namun demikian dalam perkembangannya akhir – akhir ini teknologi RO juga memanfaatkan panas buangan untuk menghangatkan air masukan pada RO, teknologi ini dinamakan *Contiguous Reverse Osmosis*. Teknologi RO membutuhkan konsumsi listrik tertinggi yang digunakan untuk menghasilkan air bersih per ton nya yaitu sekitar 5-10 Kwh, diikuti oleh MSF dan MED. Dalam penggunaannya, teknologi RO cocok digunakan untuk industri pariwisata dan perhotelan serta pelayanan umum skala kecil dan besar, sedangkan untuk kilang minyak, petrokimia dan pembangkit tenaga listrik lebih cocok digunakan teknologi MSF dan MED.²¹



Gambar 6. Pangsa Pasar Teknologi Desalinasi ⁴⁾

Kapasitas terpasang dari instalasi desalinasi di seluruh dunia pada tahun 1998 adalah 22,7 juta m³/hari, di mana 85% dari instalasi ini masih beroperasi. Berarti sejak tahun 1990 ada penambahan sejumlah 70%.⁴⁾

Sampai saat ini teknologi desalinasi telah digunakan hampir di 100 negara dan 75% dari kapasitas desalinasi didominasi oleh 10 negara. Hampir separuh dari kapasitas desalinasi ini digunakan di Timur Tengah dan Afrika Utara. Saudi Arabia, dengan teknologi desalinasi jenis termal yang mengambil porsi 24% dari total kapasitas dunia dan berada di peringkat pertama dalam penggunaan desalinasi ini. Urutan kedua pengguna desalinasi ini adalah Amerika Serikat, yaitu sekitar 16 %, dengan teknologi yang digunakan adalah jenis RO untuk mengolah air payau.¹⁾

Secara keseluruhan, teknologi desalinasi yang digunakan akhir-akhir ini didominasi oleh MSF dan RO, kedua proses ini menguasai 86% dari total kapasitas dunia dan 14% sisanya menggunakan proses MED, ED dan VC. Berdasarkan dari data di atas, kapasitas terpasang dari proses termal dan membran cukup seimbang, namun karena banyak instalasi yang sudah usang, yang kebanyakan adalah jenis termal, diperkirakan bahwa penggunaan jenis membran sekarang lebih banyak beroperasi di bandingkan dengan jenis termal.¹⁾

VII. KESIMPULAN

Secara garis besar terdapat 2 jenis teknologi desalinasi, yaitu desalinasi thermal dan desalinasi membrane, desalinasi thermal membutuhkan energi berupa panas buangan dari pembangkit untuk sumber energinya, sedangkan desalinasi jenis membrane hanya membutuhkan listrik untuk menjalankan pompanya. Desalinasi jenis thermal terdiri dari Multi Effect Distillation (MED) dan Multi Stage Flash (MSF). Pada teknologi MED uap dikondensasi didalam pipa-pipa *feedwater*, sedangkan pada jenis MSF uap dikondensasi diluar pipa-pipa *feedwater*. Pada teknologi jenis membran, tidak terjadi proses kondensasi, air tawar yang dihasilkan dalam proses ini terjadi karena peristiwa osmosis yang dibalik, dan dibutuhkan media berupa membran *semipermeable*. Ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan untuk memilih teknologi desalinasi yang akan digunakan, seperti salinitas, kualitas air bersih yang diinginkan, sumber energi yang akan digunakan untuk produksi air, debit air yang diperlukan, faktor ekonomi, keandalan, kemudahan operasi dan perawatannya. Bila kita tinjau dari makalah ini, dapat disimpulkan bahwa teknologi jenis MSF menduduki pangsa pasar pertama sebagai teknologi yang banyak digunakan akhir-akhir ini. Walaupun demikian, hal ini bukan merupakan suatu acuan mutlak, karena pada akhirnya penggunaan teknologi yang tepat akan sangat bergantung dari kegunaan dan kondisi lingkungan masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

1. BUROS, O.K., The ABCs Of Desalting, International Desalination Association
2. DARMADI, ARIEF., Presentasi Instalasi Desalinasi Sacakura, Jakarta, November 1999.
3. DJOKOLELONO, MURSID., Laporan Akhir Penelitian Ekonomi Pabrik Listrik dan Air Bersih Bagi Madura, November 2002.
4. WANGNICK, KLAUS., 1998 IDA Worldwide Desalting Plants inventory Report No.15, International Desalination Assosiation, June 1998.
5. IAEA -TECDOC-1186., Examining the Economics of Sea water Desalination using DEEP code, International Atomic Energy Agency, December 2000.