

POLA GRAFIK RADIASI MATAHARI TERHADAP DESTILAT REMOVAL SALINITAS HASIL FLASH EVAPORATION

oleh : Setyo Purwoto*)

Abstrak

Penurunan kadar garam dapat dilakukan secara destilasi dalam ruang kaca tertutup dengan memanfaatkan intensitas radiasi matahari untuk durasi tertentu pada suatu hari menurut posisi geografis tertentu. Destilasi dilakukan dengan cara evaporasi air sampel setebal 0,42 cm pada ruang kaca tertutup, dimana bak evaporasi bahan kaca ray-ban seluas 108.544 cm² ditutup dengan atap bahan kaca bening berbentuk prisma. Volume (produk) hasil destilat antara 775 – 1012 ml/hari dimana range intensitas radiasi matahari yang diterima berkisar antara 616 – 720 W/m². Disimpulkan bahwa : penurunan kadar garam sebesar 99,71 % (sebagai klorida), pola grafik yang dibentuk oleh intensitas radiasi matahari yang diterima tidak identik dengan produk destilat hasil kondensasi.

Kata Kunci :

intensitas matahari, destilasi, removal salinitas, flash evaporation

PENDAHULUAN

Air alami mengandung garam terlarut di dalamnya dengan kadar yang bervariasi. Hanya air hujan yang kemungkinan berkadar garam kecil, tergantung dari asal udaranya. Selain air alami, air emisi industri juga

berpotensi asin hingga tidak dapat digunakan lagi jika tidak diolah terlebih dahulu. Adapun tipe air menurut kadar garam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Saline Water (Air Garam)

Tipe Air	Kadar Garam (mg/L)
Air payau	Hingga 10.000
Air laut	Hingga 50.000
Konsentrat dari instalasi pengolahan air	Hingga 250.000
Buangan dari scrubber pada proses desulfurisasi dalam flue-gas	Hingga 40.000
Air buangan dari menara pendingin	Hingga 5.000
Air buangan industri	Hingga 50.000
Air limbah sumur tinja	Hingga 40.000

Sumber : (Heitmann, 1990)

Di daerah pesisir kandungan garam relatif lebih tinggi dibanding dengan dataran tinggi. Intrusi air laut menyebabkan kadar garam air tanah menjadi tinggi. Menurut Barus (2001), salinitas air payau antara 0,5 hingga 30 ‰. Ukuran kelarutan garam dapat dinyatakan dalam TDS, untuk rentang 1000 hingga 10.000 mg/L merupakan tipe air payau (Montgomery, 2005). Pada suatu titik sampel di daerah Lamongan Jawa timur, dijumpai kadar klorida sebesar 3000 ppm, Na⁺ = 2000 ppm, Mg⁺⁺ = 278 ppm, Ca⁺⁺ = 407 ppm, Fe (tot) = 0,088 ppm, dan TDS = 3600 ppm. Penelitian yang dilakukan

Narmasari, (2005) menunjukkan hasil : Cl⁻ berkisar antara 1.200 – 6.200 mg/L, sedangkan kandungan kesadahan totalnya antara 500 – 3.700 mg/L (untuk lokasi Kenjeran, Surabaya). Penelitian pendahuluan menurut Purwoto, (2006) untuk sampel pesisir Sidoarjo menunjukkan hasil : kadar klorida antara 2.500 – 6.500 mg/L sedang TDS berkisar dari 4.600 – 12.000 mg/L.

*) Dosen Teknik Lingkungan
Universitas PGRI Adi Buana – Surabaya

Dari ketiga contoh di atas semuanya tidak memenuhi syarat sebagai air bersih apalagi sebagai air minum. Sebab kriteria air minum, untuk kandungan Cl^- maksimum 250 mg/L, Na^+ = 200 mg/L, TDS = 1000 mg/L, dan kesadahan total sebesar 500 mg/L

(PerMenKes No. 907/29 Juli 2002). Temuan salah satu komposisi air payau yang dilaporkan oleh Heitman, (1990) disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Tipe Komposisi Air Payau

Kandungan ion (mg/L)	Air payau			
	1	2	3	4
Sodium Na^+	886	125	630	900
Kalsium Ca^{++}	118	316	116	250
Magnesium Mg^{++}	72	69	15	70
Klorida Cl^-	131	67	1054	1450
Sulfat SO_4^{2-}	1943	900	115	590
Bikarbona HCO_3^-	473	357	78	210
Kesadahan $CaCO_3$	590	1073	354	912
Mangan Mg^{++}	1	0,1	0	0,1
Fluorida F^-	-	-	2	0,1
Besi Fe^{++}	2	1	0	9,4
Potassium K^+	16	13	0	5
Nirat NO_3^-	6,3	19	9	1
Silikat SiO_3^{2-}	-	-	17	-
TDS	3643	1800	2076	3475
pH	7,6	7,9	8,1	7,3
Suhu ($^{\circ}C$)	21	21	21	21
COD	10	7,9	-	7

Sumber : (Heitman, 1990)

Desalinasi adalah suatu proses reduksi (pengurangan) kandungan garam mineral yang terdapat dalam air. Berbagai teknologi desalinasi saat ini telah berkembang, seperti penguapan, pembekuan, pengendapan, teknik separasi dengan filter membran dan elektrodialisis. Meskipun demikian penelitian dan pengembangan secara intensif dalam

teknologi desalinasi air payau hanya proses MSF dan MED serta RO yang memiliki pencapaian penggunaan komersial dalam skala yang luas. Beberapa teknologi desalinasi yang populer diperlihatkan pada table 3.

Tabel 3. Macam Macam Proses Desalinasi

Proses	Istilah	Keterangan
distilasi	MED	Multi Effect Distillation (Distilasi multi Efek)
	MSF	Multi Stage Flash (Distilasi Flas Multi Tahap)
Membran	SA-RO	Stand Alorie Reverse Osmosis (Osmosis Balik Mandiri)
	C-RO	(Contiguous Reverse Osmosis (Osmosis Balik Serumah)
Hibrida	MED/RO	Multi Effect Distillation dengan Reverse osmosis
	MSF/RO	Multi Stage Flash dengan reverse osmosis

(sumber : www.batan.com)

Penggunaan membran, RO, dan elektrodialisis terkendala pada proses yang rumit, biaya yang tinggi serta dibutuhkan energi yang besar.

Menurut Heitmann (1990), proses reduksi kepekatan garam dapat dilakukan dengan cara : 1). Reverse Osmosis (R O), 2). Elektrodialisis, 3). Destilasi transfer

membran, 4). Ion Exchange, dan 5). Penguapan.

Penguapan merupakan cara menghilangkan kandungan garam dengan menggunakan pemanasan. Cara ini dapat dilakukan dengan pemanas api, menggunakan alat pemanas (*heater*), dan pemanfaatan sinar matahari. Ketika air

dipanaskan oleh sinar matahari, permukaan molekul-molekul air memiliki cukup energi untuk melepaskan ikatan molekul air tersebut dan kemudian terlepas yang akhirnya mengembang sebagai uap air yang tidak terlihat di atmosfer (Holman, 1988).

Evaporasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan sinar matahari yang ditangkap air di dalam ruang kaca. Selain mudah didapat juga tidak menimbulkan radiasi (Dinata, 1998). Didukung oleh Haryudo (2003), bahwa energi matahari telah tersedia secara alamiah hingga sangat ekonomis dalam pemanfaatan kebutuhan pemanasan. Terutama di Indonesia yang merupakan daerah lintasan equator, matahari dapat dimanfaatkan setiap hari (Soedarto, 2004). Transfer kalor yang dikenakan pada air akan dilanjutkan dengan transfer massa dalam wujud uap. Uap yang bergerak ke atas ditangkap dinding kaca yang kemudian terjadi kondensasi (pengembunan). Hasil pengembunan merambat mengikuti dinding kaca turun ke bawah dan ditangkap dalam suatu wadah yang merupakan air destilat (Potter, 2004). Destilasi air laut atau air payau dapat dilakukan dengan cara evaporasi menggunakan kolektor surya yang berasal dari matahari (Dinata, 1996). Desalinasi secara penguapan dapat menggunakan energi surya dalam sebuah tanki *flash evaporation* (Dinata UGS dkk., 2006).

Menurut Triatmodjo (1996), jika zat cair berada dalam ruang tertutup, maka molekul molekul zat cair mempunyai energi tinggi yang akan dapat meninggalkan zat cair dan berubah dalam kondisi uap yang bergabung dengan udara di atasnya. Sedangkan Harto (1993), menambahkan bahwa penguapan akan terjadi karena adanya perbedaan tekanan uap air antara permukaan dan udara di atasnya. Penguapan akan berlangsung sampai tekanan di atas zat cair di bawah tekanan uap jenuh zat cair tersebut pada temperatur yang diberikan. Jika kelembaban telah mencapai 100% maka penguapan akan terhenti.

Faktor faktor yang mempengaruhi penguapan :

1. *Temperatur*. Untuk dapat berlangsungnya penguapan diperlukan

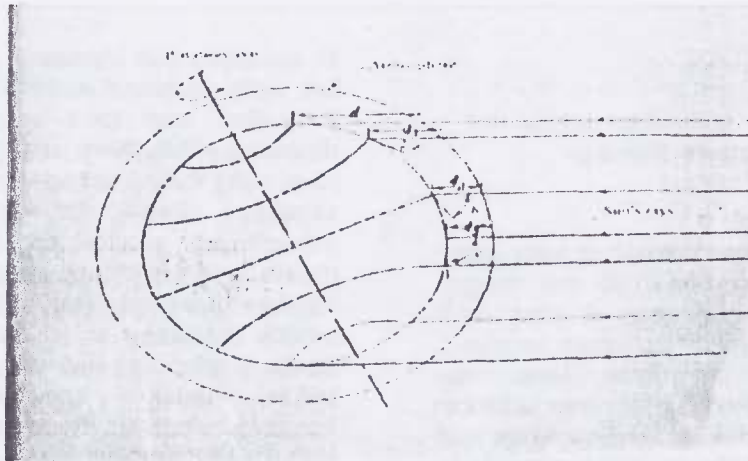
sumber panas. Kalor yang diperlukan untuk penguapan 1 gram air sebesar 540 kalori (Daryanto, 2000). Sedangkan untuk menaikkan suhu 1°C air yang massanya 1 gram dibutuhkan energi sebesar 1 kalori (Holman, 1988).

2. *Angin*. Tiupan angin akan membantu bergesernya molekul air untuk berpindah tempat hingga tekanan udara berubah. Hal ini akan membuat berlangsungnya penguapan terus menerus.
3. *Konsentrasi zat*. Salinitas air menyebabkan menurunnya laju penguapan yang sebanding dengan kadar salinitas tersebut. Air payau yang mengandung garam x% akan mempunyai potensi menurunkan laju penguapan sebesar x% pula (Harto, 1993).

Radiasi Matahari

Intensitas Radiasi Matahari (*solar radiation*) merupakan satu bentuk radiasi termal yang mempunyai distribusi panjang gelombang yang khusus. Intensitasnya sangat bergantung pada kondisi atmosfer, saat dalam tahun/bulan dan sudut tampa sinar matahari di permukaan bumi. Irradiasi total surya ialah 1395 W/m^2 bilamana bumi berada pada jarak rata-ratanya dari matahari. Angka ini disebut solar constant (Holman, 1988). Menurut Soewarno (2000), dari matahari dipancarkan sinar gelombang pendek (0,4 – 0,8 μm). Panas yang dipancarkan oleh matahari ke bumi besarnya tergantung dari beberapa faktor. Hal inilah yang menyebabkan intensitas panas radiasi matahari yang diterima pada permukaan bumi sangat bervariasi. Faktor yang mempengaruhi intensitas radiasi matahari ke bumi adalah : pergerakan bumi, lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi, kelembaban udara, lokasi geografis, posisi matahari, dan waktu matahari (Soewarno, 2000)

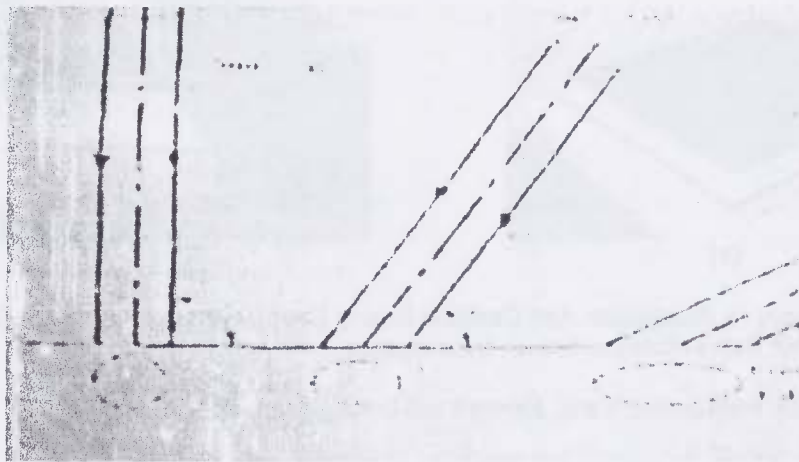
Posisi penyinaran radiasi matahari ke bumi tampak dipengaruhi oleh adanya ekliptika (bidang yang membentuk sudut terhadap ekuator) sebesar $23,5^\circ$ sebagaimana tampak pada Gambar 1. (Soewarno, 2000).



Gambar 1. Arah Penyinaran Matahari Terhadap Bumi Akibat Eklitika

Soewarno (2000), menjelaskan bahwa radiasi matahari dikategorikan menjadi 4 yaitu : *direct solar radiation*, *global solar radiation*, *sky radiation*, dan *reflected solar radiation*. Dalam perhitungan evaporasi pada umumnya menggunakan global radiation, karena radiasi global merupakan jumlah energi langsung yang dihamburkan oleh atmosfer dan partikel partikel yang

mengapung di atmosfer seperti awan, debu, asap dan sebagainya yang diterima oleh satuan luas permukaan horisontal di permukaan bumi. Sinar matahari yang datang tegak lurus permukaan bumi akan memberikan energi yang lebih besar dibanding bila sinar datang miring (sebagai gambaran pada Gambar 2)



Gambar 2. Ring yang Terbentuk Pada Permukaan Bumi
(Miller and Thompson, 1970 dalam Soewarno, 2000)

Pengukuran intensitas radiasi matahari di permukaan bumi meliputi radiasi matahari global. Intensitas radiasi matahari menyatakan jumlah energi matahari yang sampai pada satu satuan luas permukaan bumi dalam satu satuan waktu tertentu (Soewarno, 2000). Di Indonesia insolasi sekitar 200 W/m^2 (Jurnal Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat ITB, 2003).

- 1) Mengukur besarnya removal salinitas (penurunan kadar garam) hasil destilasi dalam ruang kaca tertutup atas pengaruh intensitas matahari.
- 2) Menentukan model grafik antara produk destilasi dengan intensitas radiasi matahari yang diterima pada suatu hari dengan durasi penyinaran 7 jam.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

MATERI DAN METODE

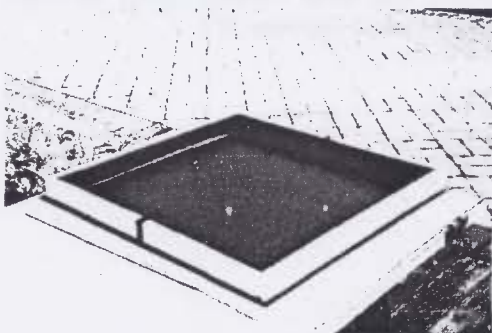
Untuk dapat menghasilkan destilat dari air garam yang optimum dilakukan percobaan sebagai berikut :

Flash Evaporation

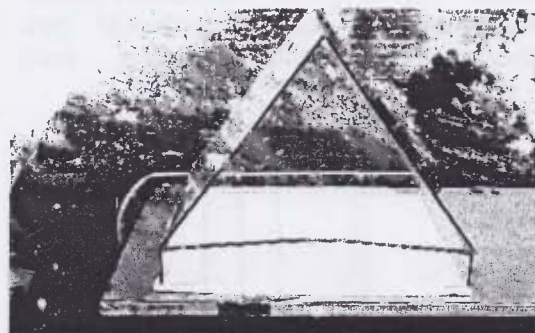
Bak penguap dengan bahan kaca hitam (*rayban*) berukuran 60 X 60 cm dengan ketinggian 5 cm diletakkan di atas meja dengan diberi penyekat sterofoam setebal 2 cm sebagai isolator panas. Meja atau panggung digunakan untuk memudahkan penampungan produk, juga kemudahan saat penyetulan permukaan air garam sebagai air baku agar bisa rata, serta menjaga keamanan rumah kaca. Ketinggian meja sekitar 50 cm di atas tanah. Posisi meja dibuat bebas dari keteduhan sejak pukul 07.30 hingga 16.00. Bak penguap diisi air garam sebanyak 1,5 liter. Setelah diatur muka air menjadi sejajar terhadap dasar bak, maka didapatkan ketebalan air 0,42 cm.

Di sekeliling bak dipasang gabus setebal 2 cm yang berfungsi sebagai isolator panas. Kemudian atap kaca yang bersudut 60° dipasang (ditutupkan) dengan posisi atap kaca yang miring sebagai bentuk prisma di sebelah utara dan selatan. Untuk menampung produk, pada talang outlet dipasang selang yang disalurkan ke botol sebagai penampungan. Botol penampung produk diletakkan di bagian bawah dari bak penguap dan ditempatkan pada tempat yang teduh untuk menghindari adanya kemungkinan terjadinya penguapan.

Rangkaian pemasangan eksperimen ini dilakukan secara serentak dan selesai jam 08.00. Produk (hasil penguapan) diukur volumenya pada pukul 15.00 dengan menggunakan botol ukur yang telah distandarisasi volumenya menggunakan gelas ukur. Eksperimen dilakukan pada kondisi cuaca sepenuhnya tak berawan. Rangkaian alat destilasi ruang tertutup dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. Rangkaian Alat Destilasi Ruang Kaca Tertutup (sudut atap 60°)

a). Bak evaporasi, bahan kaca *rayban*

b). Atap rumah kaca, bahan kaca bening berbentuk prisma

Penurunan kadar garam diasumsikan sebagai penurunan konsentrasi C_i dan analisis dilakukan secara *Argentometri*.

Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari

Pengukuran intensitas radiasi matahari dilakukan dengan menggunakan alat pengukur intensitas *piranometer* pada posisi 3 m di atas permukaan tanah dalam satuan W/m^2 . Pengukuran intensitas dilakukan mulai jam 06.00 hingga 18.00 tiap selang waktu 30 menit. Kemudian dilakukan editing data untuk rentang waktu pukul 08.00 hingga 15.00 sebagaimana penelitian dilakukan, yang akhirnya diperoleh intensitas rata-rata harian dalam satuan W/m^2 . (BMG Juanda, Surabaya)

HASIL DAN PEMBAHASAN

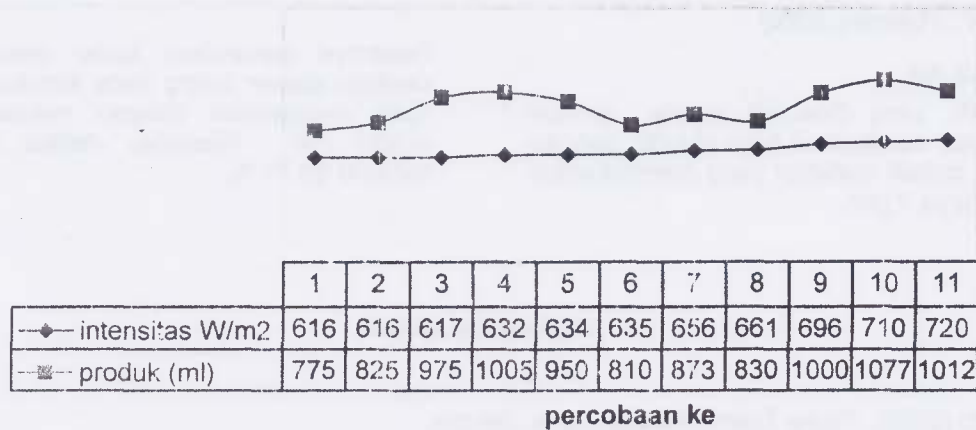
Setelah dilakukan eksperimen dengan pengulangan sebanyak 11 kali dengan hari yang berbeda (intensitas matahari berbeda pula), diperoleh produk destilat berkisar antara 775 ml hingga 1012 ml per hari (7 jam penyinaran) dengan kisaran intensitas radiasi matahari antara 616 hingga 720 W/m^2 . Data hubungan antara produk destilasi hasil eksperimen yang dipadukan dengan intensitas radiasi matahari disajikan pada tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Hubungan Produk Destilasi dengan Intensitas Radiasi Matahari

Perc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Intensitas W/m ²	616	616	617	632	634	635	656	661	696	710	720
Produk (ml)	775	825	975	1005	950	810	873	830	1000	1077	1012

Kenaikan intensitas radiasi matahari diikuti oleh naiknya produk destilat, namun linieritasnya tidak identik antara keduanya. Pada gambar 4 tampak adanya fluktuasi

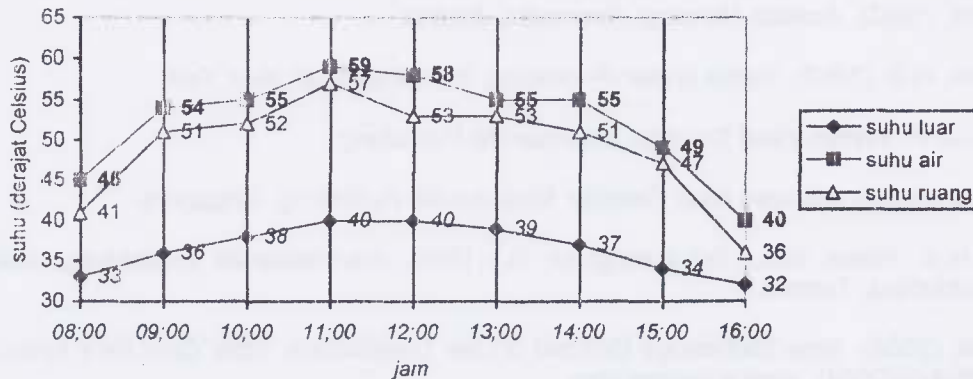
untuk produk destilat, sedangkan intensitas radiasi matahari kecenderungannya lebih linier.



Gambar 4. Grafik Hubungan Produk Destilasi dengan Intensitas Radiasi Matahari

Radiasi sinar matahari masuk dalam sistem flash evaporation diterima oleh air sampel, diteruskan dengan induksi kalor oleh molekul air, yang kemudian terjadi evaporasi. Proses evaporasi tergantung dari lepasnya molekul molekul air akibat panas yang diterimanya. Keberhasilan penguapan dapat dipengaruhi

oleh adanya perbedaan suhu antara : suhu air, suhu ruang, dan suhu luar dari sistem flash evaporation. Kondisi perbedaan suhu tersebut dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Perbedaan Suhu Air, Suhu Ruang Dan Suhu Luar Pada Proses Evaporasi Dalam Flash Evaporation

Penurunan kadar garam dalam destilasi hasil evaporasi pada flash evaporation sangat signifikan. Dari salinitas awal antara 2500

hingga 6500 ppm Turun hingga 10 – 18 ppm. (lihat tabel 5).

Tabel 5. Removal Klorida Hasil Evaporasi

Asal sampel	Kadar klorida (mg/L)		Removal (%)
	Bahan baku	produk	
Gebang I	6500	18	99,72
Gebang II	6500	14	99,78
Gebang III	6500	12	99,82
Kalang Anyar	2550	10	99,61
Sawohan	2500	10	99,60
Rata rata			99,71

(Sumber : Purwoto, 2006)

KESIMPULAN

Pola grafik yang dibentuk antara produk destilat hasil kondensasi tidak identik dengan intensitas radiasi matahari yang diterima untuk durasi selama 7 jam.

Besarnya penurunan kadar garam hasil destilasi dalam ruang kaca tertutup secara flash evaporation dengan memanfaatkan energi dari intensitas radiasi matahari sebesar 99,71 %.

DAFTAR RUJUKAN

- Daryanto (2000). *Fisika Teknik*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Dinata, U.G.S. (1998) *Teknologi Distilasi Air Laut Flash Evaporation Menggunakan Energi Matahari untuk Penyediaan Air Tawar*. Lab. Konversi Energi, Universitas Andalas-Padang. www.FDIB.com.
- Dinata, U., Kurniawan, J., Havendri, A. (2006) Experimental Analysis of Flash Evaporation Desalinations. *Mechanical Engineering Development Energy Conversion Laboratory*, Andalas University. www.FDIB.com. uyung@gmx.de
- Harto, Sri. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia, Jakarta.
- Heitmann, H.G. (1990). *Saline Water Processing*. VCH Publisher, New York.
- Holman, J. P. (1988). *Heat Transfer*. McGraw-Hill Publishing.
- Kern, D.Q. (1988). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Publishing, Singapore.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., Tchobanoglous, G. (1985). *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Publishing, Toronto.
- Potter, M. (2004). New Technology for Point of Use Desalination. *Solar Dew*. New York City (26/April/2004). www.solardew.com.
- Potter, M. (2004) New Technology for Point of Use Desalination. *Solar Dew*. New York City (26/April/2004). www.solardew.com.

Purwoto, S. (2006) Desalinasi Air Payau Secara Penguapan Dalam Ruang Kaca. Tesis, Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

Soedarto (2004) Penyediaan Air Tawar Menggunakan Teknologi Distilasi Air Laut Flash Evaporation Bertenaga Surya. *Jurnal Sain dan Teknologi*, ISSN : 1693-0351. Vol 2 No 2 Agustus 2004.

Soelasmono, K., (1988). Pengaruh Angin Terhadap Penghapusan Panas Pada Kaca. PUSLIT, ITS, Surabaya.

Soewarno (2000). *Hidrologi Operasional Jilid I* . Citra Aditya Bakti, Bandung