

SISTEM PERPINDAHAN PANAS *SINGLE BASIN SOLAR STILL* DENGAN MEMVARIASI SUDUT KEMIRINGAN KACA PENUTUP

Irfan Santosa

ABSTRAK

Alat distilator surya tipe *basin* merupakan alat yang berfungsi sebagai pengubah air laut menjadi air tawar dengan tenaga matahari dengan memodifikasi kemiringan kaca penutup untuk dapat memanfaatkan panas laten hasil kondensasi. Dengan memanfaatkan panas laten tersebut, diharapkan uap air yang dihasilkan akan lebih banyak.. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa sistem perpindahan panas dengan memvariasi sudut kemiringan kaca penutup 20° , 30° dan 50° *Single Basin Solar Still*. Dengan memvariasi sudut kemiringan kaca penutup *basin solar still*, diharapkan dapat ditemukan sudut kemiringan kaca penutup yang efektif dan efisien yang lebih banyak produksi air distilasi yang dihasilkan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air pada kemiringan kaca penutup 30° lebih besar yaitu $Q = 9.1872$ W, efisiensi(η)= 27.10%, kemiringan kaca 20° yaitu $Q = 8.9347$ W, efisiensi(η) = 24.85% dan sudut kemiringan 50° mempunyai nilai $Q = 7.1987$ W, efisiensinya(η) = 23.84%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa kemiringan kaca 30° mempunyai produktivitas untuk menghasilkan uap lebih banyak serta laju air distilasi yang tinggi dibandingkan dengan kemiringan kaca 20° dan 50° .

Kata kunci : *Distilasi, Kemiringan Sudut, Single Basin Solar Still, Laju Perpindahan Panas*

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang Masalah

Sistem distilator surya merupakan alat perubah air laut menjadi air tawar yang murah serta ramah lingkungan, karena alat ini tidak membutuhkan peralatan seperti listrik, generator ataupun bahan bakar lainnya. Alat distilator surya tipe *basin* merupakan alat yang hanya mengandalkan pasokan energi dari matahari, karena kita tahu bahwa posisi kita di daerah katulistiwa pancaran sinar matahari begitu bagus dibandingkan dengan posisi di daerah kutub. Karena di daerah khatulistiwa hanya terdapat

musim hujan dan musim kemarau saja.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka sebuah desain dari *solar still* (pemurnian air laut tenaga matahari) tipe *basin still* (peralatan pemurnian air berbentuk bejana) dimodifikasi untuk dapat memanfaatkan panas laten hasil kondensasi. Dengan memanfaatkan panas laten tersebut, diharapkan uap air yang dihasilkan akan lebih banyak.

Untuk mengubah uap air menjadi bersih, maka didesain *basin solar still* dengan kemiringan kaca penutup yang bervariasi antara lain dengan sudut 20° , 30° dan 50° . Hal ini

bertujuan untuk mendapatkan sudut penutup kaca yang efektif untuk terjadinya penguapan serta efisiensi dari desain masing-masing *basin solar still*.

b. Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan diatas maka penelitian difokuskan pada analisa sistem perpindahan panasnya. Penelitian terdahulu hanya memfokuskan pada bidang *absorber*; luasan *basin*; tipe permukaan miring tanpa menyebut sudut kemiringan kaca penutup. Maka dari beberapa perbandingan penelitian diatas dapat dirumuskan:

- c. Bagaimanakah sistem laju perpindahan panas dari masing-masing *Basin Solar Still*
- d. Apakah layak tidak untuk dikonsumsi air tawar hasil proses distilasi setelah dilakukan pengujian komposisi fisika dan kimia di Dinas Kesehatan.

c. Ruang Lingkup Penelitian

Riset ini akan membatasi dengan menggunakan satu jenis *absorber* tertentu yaitu tembaga dan ketebalan tipe kaca tertentu sehingga diharapkan orang dapat mengaplikasikan dan membedakan sistem-sistem distilator yang sudah ada dan lebih efisien.

Kemudian aspek yang akan diteliti adalah :

1. Tinjauan thermal pada alat distilator surya.
2. Pengujian data hasil penelitian.
3. Pengujian air hasil distilasi.

d. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memahami dan mampu menghitung dinamika perpindahan panas dari masing-masing *basin solar still* yang dibedakan sudut kemiringan kaca penutupnya.
2. Mengetahui komposisi fisik dan kimia air hasil distilasi.

Adapun manfaatnya adalah sebagai berikut :

1. Dengan memahami dan menghitung sistem perpindahan panas sehingga didapat sudut kemiringan kaca yang paling banyak memproduksi proses penguapan, maka bisa dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya tentang *basin solar still*.
2. Diharapkan masyarakat dapat membuat sendiri dan bisa mengaplikasikannya untuk kebutuhan air tawar sehari-hari khususnya di daerah pantai.
3. Merupakan energi alternatif yang ramah lingkungan karena tanpa bahan bakar dan sumber energinya didapat dari surya atau matahari.

2. STUDI LITERATUR

a. Penelitian Terdahulu

T.V. Arjunan, *dkk.* melakukan penelitian dengan judul *An Experimental Study on Solar Still With Sponge Liner (International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 4 Number 3 2009 pp 335-361, www.ebscohost.com)*. Penelitian ini membandingkan *basin solar still* dengan yang ditutup dengan *sponge*/busa dibagian luar sisi-sisi basin dan satunya tidak diberi penutup *sponge*/busa. Hasil penelitian menghasilkan bahwa *basin solar still* yang ditutup *sponge*/busa menghasilkan panas lebih besar 15% dibandingkan dengan yang tidak ditutup *sponge*/busa. [17, hal.335-361]

H.S.Aybar & Nedhunchezian, melakukan penelitian dengan judul *A Study an Effect of Water Capacity on the Performance of a Simple Solar Still (International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 4 Number 11 2009 pp 2223-2234, www.ebscohost.com)*. Penelitian ini membahas tentang performansi dari Basin Solar seperti menghitung produktifitas, efisiensi dan internal perpindahan panasnya. [18, hal.2223-2234]

b. Energi dan Availibilitas

Energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya dan energi bisa merupakan sesuatu kemampuan untuk melakukan kerja. Sedangkan *availibilitas* adalah kemampuan sistem untuk menghasilkan kerja yang berguna. Jadi keberadaan *availibitas* lebih realistis, mudah dibuat dan dapat dirasakan kegunaannya. Menurut Termodinamika Pertama, energi bersifat kekal, tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversi dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain. Sedangkan *availabilitas* adalah kemampuan sistem untuk menghasilkan suatu pengaruh yang berguna bagi kebutuhan manusia secara positif. [2, hal.1-2]

Adapun macam energi dikategorikan menjadi berbagai macam yaitu :

1. Energi Mekanik
2. Energi Listrik
3. Energi Elektromagnetik
4. Energi Kimia
5. Energi Nuklir
6. Energi *Thermal* (panas)

Energi *thermal* (panas) merupakan energi yang memanfaatkan surya atau panas matahari. Energi surya adalah sumber energi yang

melimpah ruah, bersih, bebas polusi dan tidak akan habis sepanjang masa, merupakan extra terrestrial energy yang dapat dimanfaatkan melalui konversi langsung seperti pada fotovoltaiik dan secara tidak langsung melalui pusat listrik tenaga *thermal*.

Disamping itu energi surya dapat dimanfaatkan juga untuk :

1. Pemanas air untuk keperluan domestik, komersial maupun industri.
2. Pemanas udara untuk pemanas ruangan dan pengering biji tumbuh-tumbuhan.
3. Distilasi air laut untuk air minum.
4. Untuk pemompaan air.
5. Penggerak *air conditioning*, *refrigerator* ataupun *chiller*.

Pemanfaatan energi thermal surya untuk distilasi air laut telah dilaksanakan di Chili, Amerika Latin pada tahun 1972. Suatu kolam ikan laut seluas 4600m² dibuat di dalam suatu rumah beratap kaca dimana dari energi panas surya dapat diperoleh penguapan dan pengembunan yang akhirnya menghasilkan air murni sebagai air distilat. Bila cuaca terang benderang, matahari terik rumah itu dapat menghasilkan air murni sebanyak 23000 liter setiap harinya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

a. Tempat Penelitian

Penelitian ini adalah merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

b. Metode Penelitian

Langkah penelitian ini akan dilaksanakan dalam 5 (lima) tahap :

1. Membuat seperangkat alat distilator surya model *Single Basin solar still* dengan sudut kemiringan kaca penutup yang berbeda-beda (20⁰, 30⁰, 50⁰).
2. Menguji alat tersebut
3. Menganalisa dinamika perpindahan panasnya.
4. Menguji air tawar yang dihasilkan dari distilasi di Dinas Kesehatan.
5. Melakukan perhitungan dan pengolahan data yang dihasilkan dari penelitian.

c. Perhitungan Perpindahan Panas Pada *Basin Solar Still*

1. Koefisien perpindahan panas radiasi dari air laut ke kaca ($h_{r,l}$).

$$h_{r,l} = 0.9 \sigma (T_w^2 + T_g^2) (T_w + T_g)$$

(W/m² K)

2. Laju perpindahan panas radiasi dari air laut ke kaca (qr,l).

$$qr,l = A h_{r,l} (T_w - T_g) \text{ (W)}$$

3. Koefisien perpindahan panas konveksi dari permukaan air laut ke kaca penutup ($h_{c,l}$).

$$h_{c,l} = 0.884 \times \sqrt{Tw - Tg} + \frac{Pw,s - Pw,g}{268.9 \times 10^3 - Pw,g} \times Tw^{1/3} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

4. Laju perpindahan panas konveksi dari permukaan air laut ke kaca penutup (qc,l).

$$qc,l = A h_{c,l} (Tw - Tg) \text{ (W)}$$

5. Koefisien perpindahan panas konveksi dari kaca ke udara lingkungan ($h_{c,o}$).

$$h_{c,o} = \frac{Nu-k}{L} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

6. Laju perpindahan panas konveksi dari kaca penutup ke udara lingkungan (qc,o).

$$qc,o = A h_{c,o} (Tg - Ta) \text{ (W)}$$

7. Koefisien perpindahan panas radiasi dari kaca ke udara sekeliling ($h_{r,o}$).

$$h_{r,o} = \varepsilon_g \sigma (Tg^2 + Ta^2) (Tg + Ta) \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

8. Laju perpindahan panas radiasi dari kaca penutup ke udara lingkungan (qr,o).

$$qr,o = A h_{r,o} (Tg - Ta) \text{ (W)}$$

9. Koefisien perpindahan panas total yang terjadi pada *solar still* tipe *basin* (U_T).

$$U_T = \frac{1}{hr,1 + hc,1} + \frac{1}{hc,o + hr,o} + \frac{t}{K_{glass}} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

10. Panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam *solar still* tipe *basin* (Q).

$$Q = U_T A (Tw - Ta) \text{ (W)}$$

11. Menghitung konstanta matahari total (G)

$$G = \frac{tx60 \times IT}{10^6}$$

12. Efisiensi *Basin Solar Still* (η).

$$\eta = \frac{md \cdot hfg}{G \cdot A} \times 100\%$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

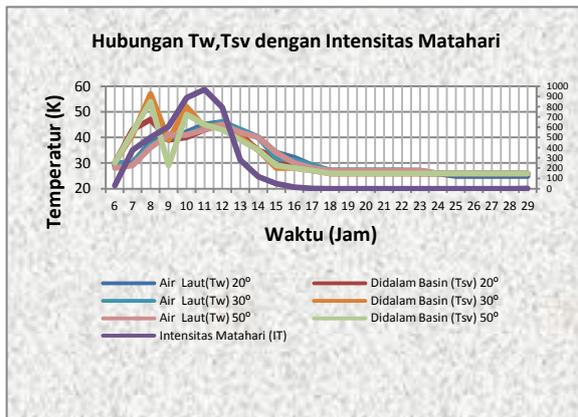
Sedangkan hasil perhitungan perpindahan panas pada masing-masing *basin solar still* adalah pada tabel sebagai berikut :

Faktor perhitungan	Kemiringan Kaca Penutup		
	20 ⁰	30 ⁰	50 ⁰
$h_{r,l}$ (W/m ² K)	5.6623	5.6698	5.6499
$q_{r,l}$ (W)	8.5614	8.3618	4.4951
$h_{c,l}$ (W/m ² K)	2.2282	2.1735	1.6943
$q_{c,l}$ (W)	3.3690	3.2055	1.9479
$h_{c,o}$ (W/m ² K)	5.9551	5.9551	5.9551
$q_{c,o}$ (W)	2.6083	3.1979	2.9013
$h_{r,o}$ (W/m ² K)	5.5715	5.5761	5.5738
$q_{r,o}$ (W)	2.4403	2.9943	2.7155
U_T (W/m ² K)	4.5819	4.5666	4.3925
Q (W)	8.9347	9.1872	7.1897
G kJ/m ²	1467.54	1467.54	1467.54
η (%)	24.85	27.10	23.84

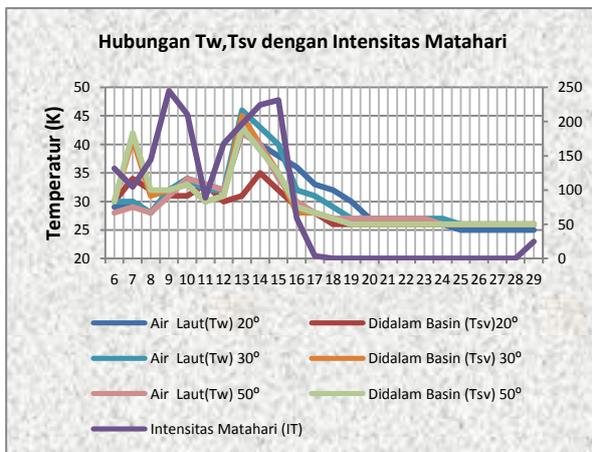
Nilai perhitungan panas yang dibutuhkan untuk proses penguapan dengan sudut kemiringan kaca penutup 30⁰ lebih besar yaitu (Q) = 9.1872 W dan juga

efisiensinya pun juga lebih tinggi yaitu $(\eta) = 27.10\%$ dibandingkan kemiringan kaca penutup sudut 20^0 dan 50^0 .

a. Grafik Hubungan Temperatur Air Laut (T_w), Temperatur Ruang Basin (T_{sv}) dengan Intensitas Matahari.



Gambar.1. Grafik Hubungan T_w , T_{sv} dan IT pada hari I

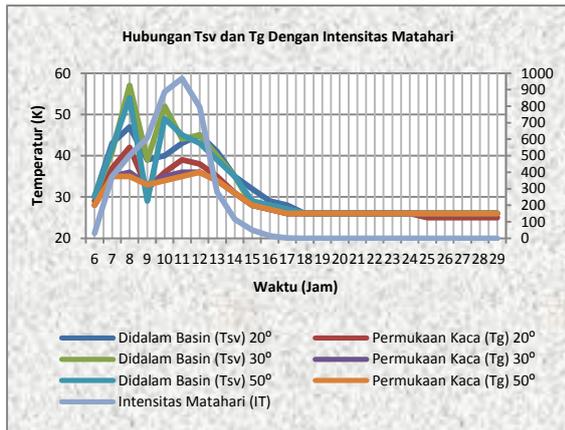


Gambar.2 Grafik Hubungan T_w , T_{sv} dan IT pada hari II

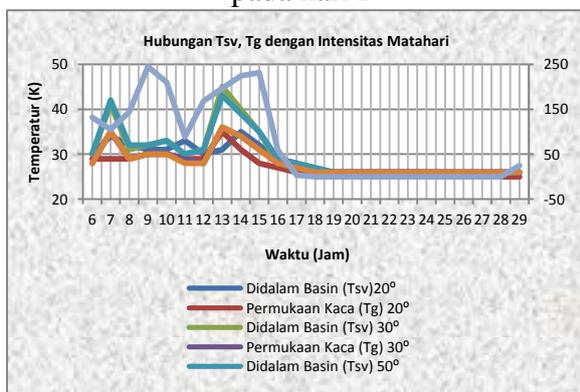
Pada grafik diatas terlihat jelas bahwa terjadinya proses penguapan terjadi adanya gradien temperatur antara temperatur air dengan temperatur diatasnya (ruang basin). Pada sudut kemiringan kaca penutup 30^0 , hari pertama penelitian pada pukul 06.00, temperatur air dan temperatur ruang basin dalam keadaan sama. Tetapi setelah pada pukul 9.00 sampai 14.00 terjadi perbedaan temperatur yang ekstrem antara temperatur air (T_w) dan temperatur ruang basin (T_{sv}), perbedaan ini yang menyebabkan penguapan pada sudut kemiringan kaca penutup 30^0 lebih cepat dibandingkan dengan sudut kemiringan kaca penutup yang lain.

Pada hari kedua pukul 13.00 sampai 15.00 terlihat temperatur air (T_w) untuk kemiringan sudut 30^0 nilainya tinggi dibandingkan dengan temperatur ruang basin (T_{sv}). ini yang menyebabkan pemanasan yang optimal pada sudut 30^0 .

b. Grafik Hubungan Temperatur Air Ruang Basin (T_{sv}), Temperatur Permukaan Kaca (T_g) dengan Intensitas Matahari (IT).



Gambar.3. Grafik Hubungan T_{sv} , T_g dan IT pada hari I



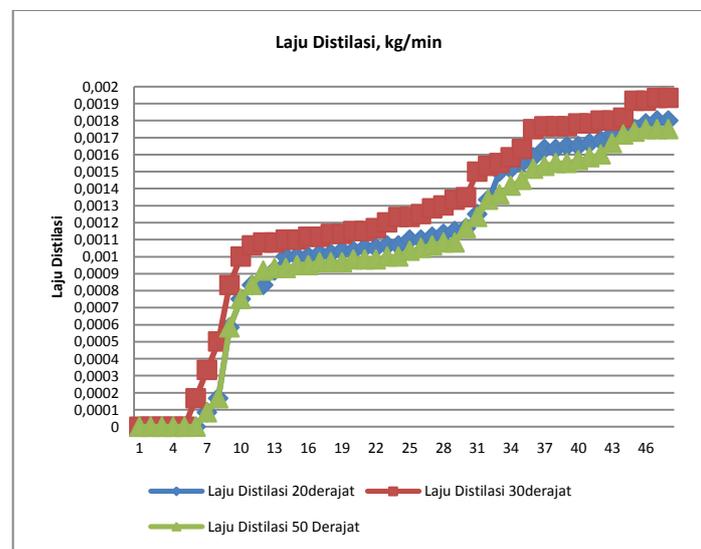
Gambar.4. Grafik Hubungan T_{sv} , T_g dan IT Pada hari II

Pada grafik hubungan antara temperatur ruang basin (T_{sv}) dan temperatur permukaan kaca penutup (T_g) diatas terlihat bahwa pada hari pertama pengujian pada pukul 6.00, nilai T_{sv} dan T_g masih sama, tetapi setelah pukul 08.00 sampai dengan 13.00 wib nilai T_{sv} dan T_g pada kemiringan kaca penutup sudut 30° terjadi selisih nilai yang cukup signifikan. Pada hari kedua selisih antara T_{sv} dan T_g cukup besar, diasumsikan pada siang hari pun terjadi proses pengembunan.

Karena proses pengembunan terjadi akibat dari uap jenuh yang bersentuhan dengan

permukaan yang dingin (suhu $T_g < T_{sv}$) akan terjadi kondensasi pada permukaan bagian bawah plat, hal ini berarti uap jenuh tersebut melepaskan kalor latennya dan karena pengaruh gravitasi kondensat akan mengalir kebawah.

c. Grafik Hubungan Laju Distilasi dengan waktu



Gambar.5. Grafik Hubungan Laju Distilasi dengan waktu (kg/menit)

Dari grafik hubungan laju distilasi air (kg/menit) dengan waktu pengujian bisa dilihat bahwa air hasil distilasi dengan kemiringan kaca penutup 30° mempunyai laju distilasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan kemiringan kaca 20 dan 50° . Ini menunjukkan intensitas pengembunan /kondensat yang cukup besar seiring berjalannya waktu pada kemiringan kaca penutup 30° .

d. Pengujian Air Hasil Distilasi di Dinas Kesehatan

Pengujian air hasil distilasi dilakukan di Dinas Kesehatan Kota Tegal. Adapun parameter-parameter setelah dilakukan pengujian adalah :

1. Persyaratan fisik

Tidak berbau; Jumlah zat padatan terlarut (TDS/ Total Dissolved Solid) 8.67 Mg/liter; Kekeruhan 4.44 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*); Tidak berasa; Suhu air 28.6⁰C dan tidak berwarna.

2. Persyaratan kimia

Unsur-unsur yang terkandung dalam air hasil distilasi adalah Fe = 0.01 Mg/l; Fluorida = - Mg/l; Mangan = 0 Mg/l; Nitrit = 1.13 Mg/l; Nitrat = - Mg/l; pH = 6; Chlorine bebas = 0.07 Mg/l.

Dari parameter-parameter diatas bisa disimpulkan bahwa air hasil distilasi sebenarnya layak untuk diminum (memenuhi persyaratan kualitas air sesuai Permenkes No. 907/Menkes/SK/VII/2002) tanpa harus di masak terlebih dahulu. Hanya saja butuh pengujian selanjutnya untuk mengetahui skala mikrobiotik yang ada dalam air hasil distilasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. KESIMPULAN

Penelitian skala laboratorium tentang Sistem Perpindahan Panas *Single Basin Solar Still* dengan memvariasi sudut kemiringan kaca penutup ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan sistem perpindahan panas pada masing-masing sistem menunjukkan bahwa panas untuk menguapkan air dengan kemiringan kaca penutup sudut 30⁰ nilainya lebih besar dibandingkan dengan yang lain yaitu 9.1872 W dengan efisiensi 27.10%, sedangkan untuk penutup kaca dengan kemiringan 20⁰ yaitu 8.9347 W dengan efisiensi 24.85% dan sudut kemiringan 50⁰ mempunyai nilai 7.1987 W dengan efisiensinya 23.84%.

2. Kemudian hasil pengujian air distilasi di Dinas Kesehatan Kota Tegal menunjukkan bahwa air hasil *distilasi* layak untuk diminum, karena parameter-parameter hasil pemeriksaan masih jauh nilainya dari kadar maksimal yang diperbolehkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang standar baku air minum.

b. SARAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka disarankan :

1. Untuk membuat suatu konstruksi *single basin solar still* dengan memodifikasi sistem baik dengan diberi blower ataupun pipa kondensat sehingga mampu membuat produksi air hasil distilasi dan efisiensi yang dihasilkan cukup tinggi.
2. Diperlukan adanya penelitian lanjut tentang kemiringan sudut kaca penutup, dengan menambah jumlah

sampel ataupun perlakuan sehingga bisa didapatkan sudut kemiringan kaca mana yang paling efisien dan bisa menghasilkan air distilasi yang tinggi, karena kemiringan kaca 30° belum tentu yang paling maksimal bisa saja nilainya antara $30,5^{\circ}$ sampai 31° .

DAFTAR PUSTAKA

1. Agus Mulyono, 2006, *Karakteristik Basin Still Dengan Penurunan Tekanan Ruang Basin Pada Destilasi Air Laut Tenaga Matahari*, Thesis, Universitas Brawijaya
2. Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, Prof., 2006, *Mesin Konversi Energi*, Penerbit : Andi Yogyakarta.
3. Arismunandar, W., 1995, *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramitha Jakarta.
4. Arif Pratisto, 2004, *Cara Mudah mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12*, Penerbit Elex Media Komputindo, Jakarta.
5. Cengel, Y.A., *Heat Transfer*, 1998, Mc.Graw Hill, Nevada.
6. Duffie, John. A, 1991, *Solar Engineering of Thermal Process*, John Willey & Sons, Singapore
7. Frank Kreith, 1991, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, diterjemahkan oleh Arko Prijono, Penerbit Erlangga, Jakarta.
8. James R Welty, 2004, *Dasar-dasar Fenomena Transport Vol 2 Transfer Panas*, Penerbit Erlangga, Jakarta
9. J.P. Holman & E.Jasjfi, 1997, *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

10. Jurnal Ilmu Teknik (Engineering)Unika Atmajaya Vol.14 No.2 Oktober 2002 (halaman 147 – 154), *Pengaruh Plat Absorber Terhadap Panas Pada Alat Distilator.*
11. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol.2 No.2 Desember 2008, *Pengaruh Massa Air Baku Terhadap Performansi Sistem Distilasi.*
12. Ketut Astawa, 2008, *Pengaruh Penggunaan Pipa Kondensat Sebagai Heat Recovery Pada Basin Type Solar Still Terhadap Efisiensi*, Jurnal Teknik Mesin CAKRAM Vol.2 No.1 (34-41). Universitas Udayana Bali.
13. Kusnaedi, 2010, *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*, ISBN 978-979-002-440-3, Penerbit Swadaya, Depok.
14. Muharsono, 1992, *Perbedaan Jenis Bahan Alat Distilasi Air Laut Terhadap Jumlah Air Yang Dihasilkan*, Skripsi, Universitas Diponegoro.
15. Mulyanef, Marsal., dkk, 2006, *Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya menggunakan Kolektor Pelat Datar dengan Tipe Kaca Penutup Miring*, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Padang.
16. Tiwari,G.N & Tiwari, A.K. DR., 2008, *Solar Distillation Practice For Water Desalination Systems*, ISBN: 978 1905740 888, Indian Institute of Technology, New Delhi, India.
17. T.V.Arjunan; H.S.Aybar; & N.Nedunchezian. 2009, *An Experimental Study On Solar Still With Sponge Liner*, International Journal of Applied of Engineering Research ISSN 0973-4562 Vol.4 pp. 335-361, www.ebsco.com (17 Desember 2010, jam 11:36)
18. T.V.Arjunan; H.S.Aybar; & N.Nedunchezian. 2009, *A Study On Effect of Water Capacity on the Performance of a Simple Solar Still*, International Journal of Applied of Engineering Research ISSN 0973-4562 Vol.4 pp. 2223-2234, www.ebsco.com (17 Desember 2010, jam 10:00)
19. Yunus A. Cengel & Michael A.Boles, 2007, *Thermodynamics An Engineering Approach Sixth Edition (SI Units)*, Mc Graw Hill.