

## **BASIN SOLAR STILL DENGAN TUTUP KACA BERPENDINGIN UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI**

*M. Syafwansyah Effendi<sup>1</sup>, Noor Rahman<sup>2</sup>, Ahmad Hendrawan<sup>3</sup>*

*Program Studi Teknik Alat Berat Politeknik Negeri Banjarmasin<sup>1</sup>*

*msyafwansyah@poliban.ac.id<sup>1</sup>*

*nunur77@yahoo.com<sup>2</sup>*

*Ahendra\_72@yahoo.com<sup>3</sup>*

### **ABSTRACT**

*This study is to test how much efficiency by making the top glass cooled with fluid flowing. It aims to make a large heat difference between the top cover glass and the heat in the basin. The research method used is experimental by testing this modified prototype dibandingkan with previous data without cooling on the top cover glass. The data variables tested with statistics are measured temperatures under heat absorber which is then processed by statistical test t-Test Paired Sample for Means. The data variables tested with statistics are measured temperatures under heat absorber which is then processed by statistical test t-Test Paired Sample for Means. The results of this study conclude that from the t-Test Paired Sample for Means test there is a significant difference from both prototypes. The efficiency obtained with refrigerated glass cover is 48.8374% while the non-coolant is 36.6704%, then there is an increase efficiency as much as 12.47% better in basing by using a cooled glass lid*

**Keywords:** *Basin Solar Still, Heat Absorber, Refrigerated Glass, . Efficiency*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini adalah menguji seberapa besar efisiensinya dengan membuat kaca penutup atas berpendingin dengan fluida yang mengalir. Hal ini bertujuan untuk membuat perbedaan panas yang besar antara kaca penutup atas dengan panas dalam basin, sehingga memungkinkan memperbaiki efisiensi dari prototipe ini. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan menguji prototipe ini yang sudah dimodifikasi dibandingkan dengan data sebelumnya yang tanpa pendingin pada kaca penutup atas. Variabel data yang diuji dengan statistik adalah temperatur yang terukur di bawah heat absorber yang kemudian diolah dengan uji statistik *t-Test Paired Sample for Means*. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa dari uji t *t-Test Paired Sample for Means* ada perbedaan yang signifikan dari kedua prototip. Efisiensi yang didapat dengan tutup kaca berpendingin adalah 48,8374% sedangkan yang tanpa pendingin adalah 36,6704%, maka terjadi peningkatan efisiensi sebanyak 12,47 % lebih baik pada basing dengan menggunakan tutup kaca berpendingin

**Kata kunci :** Basin Solar Still, Heat Absorber, Kaca Berpendingin, Efisiensi

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Laju konsumsi air bersih di dunia meningkat dua kali lipat setiap 20 tahun, melebihi dua kali laju pertumbuhan manusia. Beberapa pihak memperhitungkan bahwa pada tahun 2025, permintaan air bersih akan melebihi persediaan hingga mencapai 56% (Shofinita, 2009 dalam Safitri, 2011). Di sisi lain, pencemaran air permukaan (sungai dan danau) yang disebabkan oleh limbah industri dan pertanian serta limbah domestik dalam jumlah besar membatasi ketersediaan sumber air bersih (Fath, *et al.*, 2008).

Sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut, namun kualitasnya sangat buruk karena mengandung kadar garam atau *TDS (Total Dissolved Solid)* sangat tinggi (Yuan, *et al.*, 2011). Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu caranya adalah dengan menerapkan teknologi pengolahan air laut. Proses pengolahan air laut menjadi air tawar tersebut dikenal sebagai proses desalinasi (Deng, *et al.*, 2010).

Seluruh proses desalinasi jelas memerlukan energi untuk menyisahkan garam dari air laut. Jika desalinasi dilakukan dengan teknologi konvensional akan memerlukan pembakaran bahan bakar fosil dalam jumlah besar (produksi air bersih sebesar 1000m<sup>3</sup>/hari memerlukan 10.000 ton minyak per tahun), sementara ketersediaan bahan bakar tersebut semakin berkurang, maka diperlukan sumber energi lain, salah satunya adalah pemurnian air laut dengan tenaga matahari (Yilmaz dan Soylemez, 2012).

Jumlah populasi pendudukan di dunia terus bertambah, sehingga kebutuhan air bersih terus meningkat pula. Walaupun kita ketahui bahwa air menutupi sekitar tiga perempat permukaan bumi, dan hanya 3% yang merupakan air bersih dari berbagai sumber air, dan itupun tidak semua dari jumlah tersebut layak untuk diminum (Al-Kharabsheh S dan Yogi Goswami, 2003)

Selanjutnya menurut prediksi Badan Pusat Statistik (BPS) bahwa pada 2015 jumlah penduduk Indonesia melonjak menjadi 247,5 juta jiwa. Pertambahan penduduk tersebut berbanding lurus dengan kebutuhan air, dan diprediksi menjadi 9.391 miliar m<sup>3</sup> atau naik 47 persen dari tahun 2000. Padahal ketersediaan air cenderung menurun setiap tahunnya, salah satu kasus di daerah padat penduduk di pulau Jawa, ketersediaan air hanya 1.750 m<sup>3</sup> per kapita per tahun, jauh di bawah standar kecukupan yaitu 2.000 m<sup>3</sup> per kapita per tahun. Permasalahan ini apabila tidak ditanggulangi, dipastikan Indonesia akan mengalami kelangkaan air bersih pada 2015. Diperkirakan, ketersediaan air pada tahun tersebut hanya 1.200 m<sup>3</sup> per kapita per tahun. (Agustiar, 2007)

Untuk memenuhi kebutuhan air terutama di daerah pesisir tersebut berbagai teknik pengolahan air asin/payau telah dilakukan antara lain: *reverse osmosis (RO)*, *electrodialisis*, *destilasi transfer membrane*, *ion exchange*, dan penguapan/evaporasi. Akan tetapi teknik pengolahan air payau tersebut dari segi ekonomis masih terlalu mahal, karena masih menggunakan bahan bakar fosil, sementara ketersediaan bahan bakar tersebut semakin berkurang, maka dalam hal ini diperlukan sumber energi yang lain, salah satunya adalah pemurnian air laut dengan tenaga matahari (*solar power*). (Karnaningroem, N. 1990)

Berkenaan dengan pemanfaatan sumber energi tersebut Hardjasoemantri, K.(2002) mengemukakan bahwa Undang Undang No 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan lingkungan Hidup (UUPLH) Pasal 4 mempunyai arti yang sangat penting dalam kaitannya dengan pemakaian sumberdaya tak terbarukan (*non renewable resource*), sehingga aspek-aspek seperti kehematan, daya guna serta hasil guna menjadi mutlak diperhatikan, disamping aspek daur ulang (*recycling*) yang senantiasa harus diusahakan dengan menggunakan bermacam-macam teknologi.

Jackson dan Van Bavel (1965) mengusulkan suatu peralatan penyulingan sederhana, terdiri dari rangka kayu segi empat yang bagian samping dan atasnya ditutup dengan kaca. Permukaan tanah merupakan dasar dari peralatan, dengan demikian peralatan dapat digunakan di atas tanah yang basah akibat hujan serta air buangan. Hasil maksimum yang didapat dari peralatan ini hanya 1,5 liter/m<sup>2</sup>/hari.

Lawrence dan Tiwari (1990) meneliti, ada faktor yang sangat berpengaruh pada jumlah intensitas radiasi matahari, yaitu letak geografis suatu tempat. Tidak semua tempat di suatu wilayah memiliki intensitas radiasi matahari yang sama.

Delyanis dan Belessiotis (2001) dan Kharabsheh dan Goswani (2003), mengemukakan salah satu alasan utama yang melatar belakangi rendahnya efisiensi *solar still* (peralatan pemurnian air tenaga surya) karena sekitar 30-40% adalah kehilangan panas laten kondensasi kelingkungan dan panas laten yang terbangun oleh kondensat.

Nita (2004) menambahkan bahan batu kerikil diameter 1 cm sebagai *heat absorber*, dari hasil pengamatan diperoleh bahwa adanya batu kerikil akan menambah luas permukaan penguapan dan pemantulan radiasi matahari secara acak. Selain itu akan menambah volume penyimpanan energi panas oleh *solar still*.

Jaster (2002) melakukan suatu penelitian dengan mengkondisikan temperatur kaca penutup dengan cara mengalirkan air secara berkala dan kontinyu di permukaan kaca penutup sampai temperatur terendah yaitu 37°C dengan peningkatan efisiensi 68,66%.

Handoyo (2002), penelitian yang dilakukan adalah mengenai pengaruh jarak kaca dan *heat absorber* terhadap panas yang diterima *solar still*. Dalam penelitiannya ini, radiasi matahari terbesar yang mampu diteruskan adalah pada jarak kaca dengan *heat absorber* sejauh 20 cm.

Hirmawan dkk (2009) Melakukan penelitian guna memecahkan permasalahan penyediaan air tawar (air bersih) di kawasan pesisir, yang dalam penelitian ini lokasi dilakukan di kawasan Pantai Paranggupito Kabupaten Wonogiri, melalui proses destilasi air laut menjadi air tawar dengan menggunakan energi panas yang berasal dari energi surya dan pembakaran sekam padi. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil, pasir laut dan arang, sementara peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah distilator bersistem kolektor pelat datar dengan bahan kolektor divariasi dengan tiga material (kerikil, pasir laut, arang). Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain distilator air laut terbaik sesuai hasil penelitian adalah distilator dengan kolektor panas terbuat dari arang dan dengan sistem 2 lapis kaca bertenaga surya, dimana dengan distilator ini dapat menghasilkan uap air 9,58 % sampai dengan 53,3 % dari air laut umpan

dan mampu mengembunkan 16,3 % sampai dengan 42,1 % potensi uap air tersebut.

Taufik Akhirudin (2007) melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui dan membandingkan produktivitas dari tiga desain alat distilator air laut berbasis tenaga surya, menentukan produktivitas terbaik dari tiga desain alat distilator berbasis tenaga surya, menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat, mengetahui kualitas air yang dihasilkan dari proses kerja alat destilasi air laut berbasis tenaga surya. Hasil yang didapatkan adalah Kualitas air yang dihasilkan memiliki salinitas nol, parameter warna 0,432-0,787 Unit PtCo, kekeruhan 0,4-2,0 NTU, nilai pH 7,8-8,2, rasa tawar (normal) dan bau normal (tidak berbau). Hasil uji kualitas air telah memenuhi syarat standar air minum menurut SNI 01-3553-1996.

### **Permasalahan**

Dari hasil-hasil penelitian terdahulu permasalahan yang mendasar pada basin solar still adalah berapa besar fisiensinya dari model-model yang dikembangkan. Salah satu hasil penelitian ini yang telah dikembangkan oleh penulis adalah dengan menambahkan solar collector sebagai pemanas awal dan pipa kondensat sebagai heat recovery dan hasilnya menang terjadi peningkatan dari efisiensi dibandingkan dengan yang tanpa penambahan peralatan tersebut. Hal ini memunculkan sebuah usulan baru, yaitu bagaimana kalau solar colecctor ini diperbaiki desainnya dan dimaksimalkan fungsinya tidak saja sebagai pemanas awal tapi juga difungsikan untuk memanaskan air bawah heat absorber menggantikan fungsi atau membantu pipa kondensat sebagai heat rocovery. Dari usulan ini seberapa besar pengaruhnya terhadap peningkatan efisiensi.

### **Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji seberapa besar efisiensinya dengan menambahkan solar collector yang sudah diperbaiki tidak saja sebagai pemanas awal tapi juga panasnya ditrasfer ke bagian bawah heat absorber. Luaran dari penelitian ini adalah menghasilkan suatu prototipe basin solar still dengan indikator performance yang lebih baik dari sebelumnya serta tekonologi tepat guna yang bisa dimanfaatkan untuk pengolahan air bersih. Disamping itu juga akan dipresentasikan diseminar nasional dan dipublikasikan di jurnal ilmiah nasional.

### **Urgensi Penelitian**

Kebutuhan air minum adalah mutlak bagi kehidupan masyarakat. Air adalah nutrisi paling utama bagi manusia. Sekitar 70% berat tubuh manusia sehat berupa air. Untuk bisa bertahan hidup, maka setiap manusia wajib mengonsumsi dua liter air minum setiap hari. Tubuh yang kekurangan cairan disebut dehidrasi dan bisa mengakibatkan kematian. Namun, seiring meningkatnya populasi, konsumsi air minum pun meningkat pula. Padahal, kuantitas air minum yang dikategorikan layak dikonsumsi manusia terbatas. Sekitar 99,3% air di dunia berupa air laut dan hanya 0,7% yang berupa air tawar. Bahkan, kuantitasnya tampak kian berkurang.

Krisis air bersih kerap terjadi di berbagai tempat di Indonesia. Tidak hanya di daerah perkotaan, tetapi juga di daerah-daerah terpencil (Fadjar Adrianto dan Arif Hatta 2009).

Melimpah ruahnya tenaga matahari yang terus memancar di seluruh Indonesia tak perlu menimbulkan rasa khawatir bahwa Indonesia akan kehabisan energi dan harus mengimpor dari negara lain. Persediaan alamiah energi panas matahari yang *sustainable* telah lebih dari cukup jika dimanfaatkan secara maksimal (Sugeng Abdulah, 2005).

Hardjasoemantri, K.(2002) mengatakan bahwa pengendalian sumber daya secara bijaksana tidak hanya ditujukan kepada penghematana sumber daya tak terbarukan, akan tetapi juga kepada pencarian sumber daya alternatif lainnya guna memperoleh energi. Sumber daya lainnya dapat berupa biogas, biomassa, energi angin (*wind energy*), *OTEC (Ocean Thermal Energy Concersion)*, energi nuklir, energi solar (*solar energy*), dan lain-lain.

Salah satu bentuk pemanfaatan sumber daya alternatif adalah upaya memanfaatkan energi *solar* untuk memproduksi air tawar menggunakan destilator tenaga surya. Destilator tenaga surya merupakan sebuah alat penyulingan sederhana, murah dan mudah dibuat. Tetapi informasi tentang efisiensi dan *performance* (unjuk kerja) alat ini nyaris tidak tersedia. Di beberapa tempat, destilator tenaga surya dapat menghasilkan air minum (*portable water*) dengan biaya yang kompetitif dibanding dengan metode konvensional. Kemampuan destilator jenis ini dalam menghasilkan air minum banyak dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari, temperatur, ukuran luas ruang pemanas dan model/desain. (Brinkworth ,1976)

Syafwansyah dkk (2012) meneliti pengaruh penggunaan preheater pada basil solar still tipe penutup miring terhadap efisiensi, berhasil menngkatkan efisiensi 1,667 % dibandingkan dengan tanpa preheater.

Syafwansyah dkk (2015) mendesain destilator basin type solar still yang dilengkapi dengan solar collector sebagai pemanas awal dan pipa kondensat sebagai heat recovery, berhasil menaikan efisiensi basin sebesar 33,268%.

Berdasarkan kajian-kajian penelitian-penelitian yang berkaitan dengan pengembangan distilator *basin type solar still* menjadi sangat penting untuk melanjutkan dan mengembangkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan pada distilator *basin type solar still* untuk memperbaiki peningkatan efisiensinya. Pada penelitian ini mengusulkan sebuah prototipe dan mengujinya dengan membuat sistem pendinginan pada permukaan kaca penutup dengan tujuan untuk memperbesar perbedaan temperatur permukaan heat absorber dengan bagian kaca penutup, sehingga memungkinkan terjadi perbaikan efisiensi yang lebih baik lagi

## **METODE PENELITIAN**

### **Konsep Dasar**

Pada rencana penelitian berikutnya di tahun ke 3 ini adalah mengembangkan destilator surya tetap dengan menggunakan solar collector tidak saja sebagai pemanas awal, tapi juga berfungsi sebagai penjaga panas pada bagian bawah heat absorber tapi dimodifikasi dengan membuat kaca penutup atas berpendingin,

dengan tujuan membuat perbedaan yang tinggi temperature dalam basin dengan dengan permukaan kaca penutup. Disamping itu juga membuat fluida pemindah panas dari solar collector bersirkulasi

### Pengukuran Variabel

Pengujian dilakukan secara bersamaan pada Basin Solar Still yang dilengkapi dengan heat exchanger dan preheater serta pendingin kaca penutup atas dan tanpa heat exchanger dan preheater serta pendingin kaca penutup atas pada kondisi yang sama. Pengujian dilakukan mulai jam 09 sampai dengan jam 17.00 dan mencatat setiap 15 menit variabel yang diukur. Variabel yang diukur dalam penelitian in volume produksi kondensat, tempetur permukaan kaca basin, air bawah absorber, air kondensat, heat absorber, heat exchanger dan radiasi matahari.

### Pengolahan Data

Pengolahan data dengan uji statistik yaitu beda rata-rata uji t pada perbandingan dari temperatur bawah absorbe serta volume produksi air kondensat. Perhitungan statistik dengan menggunakan software SPSS versi 23.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Statistik

Pengujian ini dengan uji sampel berpasangan dengan level kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Rumusan hipotesis null dan alternatif adalah sebagai berikut :

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Menerima  $H_0$  jika t hitung lebih kecil dari t tabel dan menolak  $H_0$  jika t hitung lebih besar dari t tabel. Berdasarkan pada t tabel dengan alpha 5% uji dua arah atau 2,5% Hasil output SPSS adalah sebagai berikut :

Table 1. Paired Samples Statistics

|                       | Mean    | N  | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|-----------------------|---------|----|----------------|-----------------|
| Pair 1 fluid cooling  | 51,2485 | 33 | 11,52915       | 2,00697         |
| Without fluid cooling | 57,5333 | 33 | 13,53086       | 2,35542         |

Table 2 Paired Samples Correlations

|  | N  | Correlation | Sig. |
|--|----|-------------|------|
| Pair 1 fluid cooling & Without fluid cooling | 33 | ,923        | ,000 |

Table 3, Paired Samples Test

|  | Mean     | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference |          | t      | df | Sig. (2-tailed) |
|--|----------|----------------|-----------------|---|----------|--------|----|-----------------|
|  |          |                |                 | Lower                                     | Upper    |        |    |                 |
|  |          |                |                 | Paired Differences                        |          |        |    |                 |
| Pair 1 fluid cooling - Without fluid cooling | -6,28485 | 5,28661        | ,92028          | -8,15940                                  | -4,41030 | -6,829 | 32 | ,000            |

Dari hasil tersebut diatas terlihat bahwa rata-rata temperatur di bawah absorber dengan tutup kaca berpendingin 51,2485 dengan deviasi standar 11,529 dan tanda tutup kaca berpendingin 57,533 dengan deviasi standar 13,5308 Hasil korelasi menunjukkan nilai sebesar 0,923 dengan signifikansi 0,000 yang berarti ada hubungan erat antar sampel atau korelasi sangat signifikan secara statistik. Rata-rata perbedaan temperatur bawah absorber keduanya adalah -6,28485, dengan deviasi standar sebesar 5,28661. Hasil perhitungan t statistik menghasilkan nilai sebesar -6,829 dengan signifikansi 0,000. Dengan hasil signifikansi sebesar 0,000 bisa diambil keputusan untuk menolak  $H_0$  karena level signifikansinya lebih kecil dari alpha (0,025). Hasil t hitung lebih kecil dari t tabel Dengan hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa perbedaan keduanya menyebabkan perbedaan dalam peningkatan temperatur bawah absorber yang berarti juga ada perbedaan dalam efisiensi

### Perbandingan Besaran Efisiensi

Efisiensi dihitung dengan persamaan, bisa menggunakan persamaan yang telah dikembangkan oleh Beckman dan Duffie [6]:

$$\eta_i = \frac{m_D \cdot h_{fg}}{G \cdot A} \times 100\%$$

$m_D$  : Laju alir massa produk distilasi perhari (kg)

$h_{fg}$  : Panas laten penguapan rata-rata air bagian atas (kJ/m<sup>2</sup>)

$G$  : Radiasi matahari total per hari (kJ/m<sup>2</sup>)

$A$  : Luas permukaan basin (m<sup>2</sup>)

Table 4 Perbandingan Efisiensi

| No | Tanggal Uji | hg (kJ/kg) | Basin     | Kondensat (kg) | A (m <sup>2</sup> ) | Gr (W/m <sup>2</sup> ) | $\eta_i$ (%) |
|----|-------------|------------|-----------|----------------|---------------------|------------------------|--------------|
| 1. | 08-Okt-15   | 2.594      | Pendingin | 0,12           | 0,36                | 1770,5                 | 48,8374      |
| 2. | 08-Okt-15   | 2.597      | Tanpa     | 0,09           | 0,36                | 1770,5                 | 36,6704      |

### KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa dari uji t *t-Test Paired Sample for Means* ada perbedaan yang signifikan dari kedua prototip. Efisiensi yang didapat dengan tutup kaca berpendingin adalah 48,8374% sedangkan yang tanpa pendingin adalah 36,6704%, maka terjadi peningkatan efisiensi sebanyak 12,47 % lebih baik pada basing dengan menggunakan tutup kaca berpendingin

### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kharabsheh S. D., Yogi Goswami, *Analysis of an Inovative Water Desalination System Using Low-Grade Solar Heat, Solar Energy and Conversion Laboratory*, Mechanical and Aerospace Engineering Department, University of Florida, 2003
- Agustiar, D.R., *Indonesia Terancam Kekurangan Air Bersih*, Tempo interaktif.com, <http://www.tempointeraktif.com> 12 Februari 2012, 2007
- Brinkworth, BJ, *Solar energy for man*, Comton Press, 1976,
- Beckman, W.A and Duffie, J. A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, Wiley, New York. 1991,

- Deng, R., Xie, L., Lin, H., Liu, J., Han, W., *Integration of Thermal Energy and Seawater Desalination*. Energy 36 (2010) pp 4368-4374, 2010.
- Delyanis, E dan Belessiotis V., *Solar Energy and Desalination, Advances in Solar Energy, An Annual Review of Research and Depolepment*. D.Y. Goswami, Ed., Vol 14, Amerecan Solar Energy Society, Boulder Clorado, 2001,\
- Fath, H.E.S., Elsherbiny, S.M., Hassan, A.A., Rommel, M., Wieghaus, M., Koschikowski, J., Vatansever, M. *PV and Thermally Driven Small Scale, Stand Alone Solar Desalination Systems with Very Low Maintenance Needs*. Desalination225 (2008) pp 58-69. 2008.
- Handoyo A.E., *Pengaruh Jarak Kaca ke Heat Absorber Terhadap Panas yang diterima Suatu Heat Absorber*, Jurnal Teknik Mesin Universita Kristen Petra, Vol 4, No.1. 2002,
- Hermawan, Dwi Aries, Supriyadi, *Destilasi air laut menjadi air tawaar dengan memanfaatkan energi surya dan pembakaran sekam padi di Paranggupito Kabupaten Wonogiri*. <http://www.lppm.uns.ac.id>, 25 Feb,2010, 2009
- Jaster B.H., *Analisis dan Riset Optimasi Temperatur Kaca Penutup Solar Still*, Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya Malang, 2002
- Jackson R.R., Van Bavel C.H.M., *Solar Distillation of Water from Soil and Plant Material*, a Simple Desert Survival Tecnique Science, 149, Holand, 1965,
- Lawrence S.A., Tiwari, GN, *Theorical Evaluation of Solar Distillation Under Natural Circulation with Heat Exchanger*, Energy Convention. Management America, 1990,
- Nita C.V., Sudjito, *Usaha-usaha Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas Solar Still*, Jurnal Publikasi Ilmiah Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang, 2004
- Safitri, Mifta Ardianti. *Penelitian Kualitas dan Kuantitas Air Destilat dengan Pengembangan Multiple Trays Tilted Still (Studi: Penambahan Kolektor Kain Hitam)*. Tugas Akhir Program Sarjana Teknik Lingkungan ITB, 2011.
- Sugeng Abdullah, 2005, *Pemanfaatan Distilator Tenaga Surya (Solar Energy) Untuk Memproduksi Air Laut*. Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Taufik Akhirudin ,*Desain Alat Destilasi Air Laut Berbasis Tenaga Surya Sebagai Alternatif Penyedian Air Bersih*, file://E:/Download/desain-alat-destilasi-air-laut-berbasis.html, 27 Mei 2010, 2007,
- Yuan, G., Wang, Z., Li, H., dan Li, X. *Experimental Study of A Solar Desalination System Based on Humidification-Dehumidification Process*. Desalination 277 (2011) pp 92-98. 2011
- Yilmaz, Ibrahim Halil dan Soylemez, Mehmet Sait..*Design and Computer Simulation on Multi-Effect Evaporation Seawater Desalination System Using Hybrid Renewable Energy Sources in Turkey*. Desalination 291 (2012) pp 23-40. 2012