

# ANALISIS KINERJA KOLEKTOR DESTILASI SURYA TEKANAN VAKUM DENGAN KACA PENUTUP TUNGGAL DAN GANDA<sup>1)</sup>

Jamal, Sri Suwasti<sup>2)</sup>

**Abstrak:** Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kolektor surya dengan kaca penutup tunggal dan ganda pada proses destilasi air laut bertena surya dengan variasi kondisi tekanan ruang kolektor dibawah tekanan atmosfer atau bertekanan vakum. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan volume kondensat yang terbentuk dan besarnya efisiensi kolektor destilasi surya. Penelitian ini dilaksanakan dengan observasi langsung untuk pengumpulan data. Penelitian dilakukan dengan menggunakan kolektor destilasi surya dengan variasi jumlah kaca penutup kolektor dan variasi tekanan vakum dalam ruang kolektor. Pengujian dilaksanakan mulai pukul 08.00 hingga 17.00 wita dengan melakukan pencatatan data setiap 30 menit, kecuali data besar volume kondensat yang diukur pada pukul 08.00 WITA pada hari berikutnya. Berdasarkan penelitian dan analisis data yang dilakukan, diperoleh bahwa penurunan tekanan vakum meningkatkan kuantitas kondensat dan efisiensi kolektor. Pengujian dua lapis kaca penutup, tekanan 0 cmHg kondensatnya 15 ml dan efisiensinya 0,70%, tekanan -4 cmHg kondensatnya 40 ml dan efisiensinya 2,06%, tekanan -8 cmHg kondensatnya 47 ml dan efisiensinya 2,69%, dan tekanan -12 cmHg kondensatnya 91 ml dan efisiensinya 3,94%. Penggunaan kaca 12 mm pada tekanan -12 cmHg, untuk satu lapis kaca penutup menghasilkan kuantitas kondensat dan efisiensi lebih besar baik dari pada dua lapis kaca. Hal ini dapat dilihat pada pengujian tekanan vakum satu lapis kaca kondensatnya 160 ml dan efisiensinya 7,17%, untuk dua lapis kaca kondensatnya 91 ml dan efisiensinya 3,94%.

**Kata Kunci:** Destilasi, surya, vakum.

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Memiliki luas wilayah 5.193.252 km<sup>2</sup>, dua per tiga luas wilayahnya merupakan lautan, yaitu sekitar 3.288.683 km<sup>2</sup>. Sehingga Indonesia juga memiliki julukan sebagai benua maritim (Informasi Seputar Bencana (ISB), 2008).

Ironinya (di tengah kepuangan air laut itu) ternyata masih ada beberapa tempat yang mengalami kekurangan air, terutama mengenai ketersediaan air bersih. Akibatnya, di tempat seperti itu air menjadi barang eksklusif. Masyarakatnya harus membeli untuk mendapatkan air bersih (ISB, [ampl.or.id], 2008).

Ketersediaan air laut yang berlimpah belum dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat pesisir pantai atau masyarakat kepulauan

---

<sup>1</sup> Penelitian Hibah Bersaing, Tahun 2012

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

terpencil, air laut yang memiliki kadar garam yang tinggi sehingga tidak dapat dikonsumsi langsung diperlukan proses khusus untuk mendapatkan air bersih yang layak konsumsi dari air laut.

Seluruh air di permukaan bumi ini asin (kecuali air hujan) tapi kadarnya berbeda-beda. Air yang di minum juga mengandung garam tapi sangat sedikit sekali sehingga tak terasa oleh lidah. Kalau air laut kadar garamnya sangat tinggi, sehingga tidak layak dikonsumsi (Palomar, 2010).

Kadar garam (salinitas) bervariasi pada setiap lautan. Rata-rata salinitas Samudera sekitar 3,5%. Salinitas laut tertinggi terdapat di Laut Merah, Teluk Persia, kadar garamnya 4 %. Diperkirakan kadar garam laut di Bumi kita ini sekitar  $5 \times 10^{16}$  ton garam (Palomar, 2010).

Untuk menghasilkan air minum dari air laut diperlukan proses pemurnian yang biasa disebut destilasi air laut. Dibeberapa negara maju telah memanfaatkan metode destilasi air laut ini untuk memenuhi kebutuhan akan air tawar.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kolektor surya dengan kaca penutup tunggal dan ganda pada proses destilasi air laut bertenaga surya dengan variasi kondisi tekanan ruang kolektor dibawah tekanan atmosfer atau bertekanan vakum.

## A. Destilasi Air Laut

Destilasi (penyulingan) air laut telah dilaksanakan selama bertahun-tahun. Teknologi penyulingan air untuk mendapatkan air tawar dari air kotor atau dari air laut intinya adalah menguapkan air laut dengan cara dipanaskan, yang kemudian uap air tersebut diembunkan sehingga didapatkan air tawar (Abdullah, 2005).

Proses destilasi meliputi proses penyerapan energi radiasi matahari yang menembus kaca destilator oleh air yang akan didestilasi. Energi radiasi matahari merupakan sinar inframerah yaitu salah satu komponen penyusun sinar matahari. Wisnubroto (2004), sinar matahari memiliki panjang gelombang ( $\lambda$ ) antara 0,15 – 4  $\mu\text{m}$ , dan yang mampu menembus kaca transparan hanya panjang gelombang ( $\lambda$ ) antara 0,32 – 2  $\mu\text{m}$ , yang membawa energi panas radiasi.

Pada proses selanjutnya, dalam sistim rumah kaca, energi panas radiasi akan terakumulasi sehingga suhu semakin tinggi. Pertambahan panas terjadi karena perubahan panjang gelombang dari 0,32 – 2  $\mu\text{m}$  menjadi 3 - 80  $\mu\text{m}$ , akibatnya tidak mampu menembus kaca untuk keluar ruang rumah kaca sehingga terjadi penumpukan energi panas radiasi. Fenomena ini disebut efek rumah kaca (*Green house effect*) yaitu kondisi suhu udara dalam rumah kaca lebih tinggi dari udara lingkungan luar (Wisnubroto, 2004).

Jumlah energi panas radiasi yang terkumpul dalam rumah kaca, bergantung pada lama penyinaran matahari yang akan menentukan jumlah energi panas yang mampu menguapkan air. Pada daerah tropis yakni daerah dekat equator sampai dengan  $23,5^{\circ}\text{LU}$  lama penyinarannya lebih besar dari 12 jam (Lakitan, 2004).

Proses penguapan berlangsung jika air (cair) menerima energi. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air adalah sebesar  $0,495 \text{ J.m}^{-3}.\text{K}^{-1}$ , yang disebut panas laten untuk evaporasi (*latent heat of vaporization*). Jumlah energi untuk menguapkan 1 gram air pada  $20^{\circ}\text{C}$  adalah 586 cal, untuk mencairkan 1 gram es pada  $0^{\circ}\text{C}$  diperlukan energi 80 cal (Lakitan, 2004).

Pada proses penguapan air terjadi perubahan bentuk dari cair menjadi gas, otomatis terjadi perubahan berat jenis (BJ) dari air tersebut. Berat jenis air dalam bentuk uap (BJ uap) lebih kecil dibandingkan dalam bentuk cair (BJ cair). Ketika terjadi proses penguapan maka unsur penyusun air alam dan berbagai impurities (berupa unsur logam, garam, bahan padat, dan lain-lain) yang memiliki BJ lebih besar dari BJ uap air akan tertinggal sebagai refinat atau residu (Abdullah, 2005).

## **B. Perkembangan Penelitian**

Abdullah (2005) melakukan penelitian destilasi air laut menggunakan kolektor destilasi yang terdiri dari sebuah bak air yang memiliki saluran masuk tempat air laut memasuki ruangan kolektor. Kolektor tersebut yang berbentuk bak ditutup dengan kaca satu lapis yang berfungsi untuk mengumpulkan panas, sehingga semakin lama ruang dalam kolektor akan semakin panas sehingga terjadi proses penguapan dimana uap akan menempati seluruh ruang kolektor, ketika uap air yang dihasilkan mendekati kaca penutup maka akan terjadi kondensasi akibat penyerapan energi secara konveksi dari aliran fluida (udara) diluar kolektor. Proses kondensasi inilah yang menghasilkan titik-titik air (embun) yang selanjutnya akan mengalir melewati kaca penutup yang dipasang miring dan mengalir menuju saluran yang telah disediakan dan dikumpulkan di wadah penampungan.

Selanjutnya penelitian destilasi air laut mengalami perkembangan untuk meningkatkan kinerja dari kolektor destilasi air laut, salah satu bentuk perkembangan adalah dengan menurunkan tekanan dalam ruang kolektor sehingga mengalami kondisi vakum seperti yang dilakukan Mulyono (2006). Bentuk penelitian yang dilakukan Mulyono (2006) adalah dengan menurunkan tekanan dalam ruang kolektor, tujuan dari menurunkan tekanan dalam ruang kolektor adalah untuk menurunkan temperatur penguapan dari air laut. Hasil yang diperoleh adalah semakin kecil tekanan dalam ruang kolektor maka air tawar hasil destilasi akan semakin meningkat jumlahnya.

Bentuk lain perkembangan kolektor destilasi air laut adalah menggunakan kaca berlapis pada penutup kolektor seperti penelitian yang dilakukan oleh Mulyanef (2006), dalam penelitiannya Mulyanef (2006) menguji kolektor destilasi dengan memvariasikan jumlah lapisan kaca penutup kolektor yaitu satu lapis, dua lapis dan empat lapis kaca, tujuan dari penggunaan kaca berlapis adalah untuk mendapatkan kondisi jumlah lapisan terbaik yang memungkinkan untuk menghimpun energi radiasi sinar matahari. Hasil yang diperoleh Mulyanef (2006) adalah penggunaan penutup kolektor dengan dua lapis kaca menyebabkan terjadi peningkatan kinerja dibandingkan menggunakan satu lapis kaca, tetapi ketika jumlah lapisan kaca penutup kolektor

ditingkatkan menjadi empat maka kinerja kolektor justru akan menurun sehingga kondisi terbaik dalam penelitian ini adalah menggunakan penutup kolektor dengan dua lapis kaca.

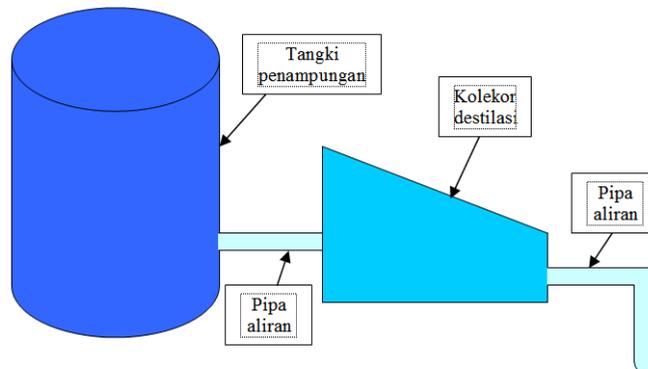
Kondisi yang sama dari penelitian Mulyanef (2006) adalah yang dilakukan oleh Prasetya (2009). Dalam penelitiannya Prasetya (2009) menguji kolektor destilasi dengan memvariasikan jumlah lapisan kaca penutup kolektor yaitu satu lapis kaca dan dua lapis kaca. Hasil yang diperoleh Prasetya (2009) adalah kondisi terbaik dari penelitian dengan menggunakan dua lapis kaca.

Kondisi penelitian ini dilakukan pula oleh Himawan (2009). Dalam penelitiannya Himawan (2009) menguji kolektor destilasi dengan satu lapis kaca dan dua lapis kaca penutup kolektor. Hasil yang diperoleh Himawan (2009), adalah penggunaan penutup kolektor dengan dua lapis kaca menyebabkan terjadi peningkatan kinerja dibandingkan satu lapis kaca.

Dari hasil penelitian sebelumnya maka, penelitian ini menggunakan kolektor destilasi surya yang dikondisikan dibawah tekanan atmosfer (tekanan vakum) dengan satu dan dua lapis kaca penutup kolektor. Adapun variasi lain yang diberikan dalam penelitian ini adalah dengan memvariasikan tekanan vakum dalam ruang kolektor destilasi surya tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

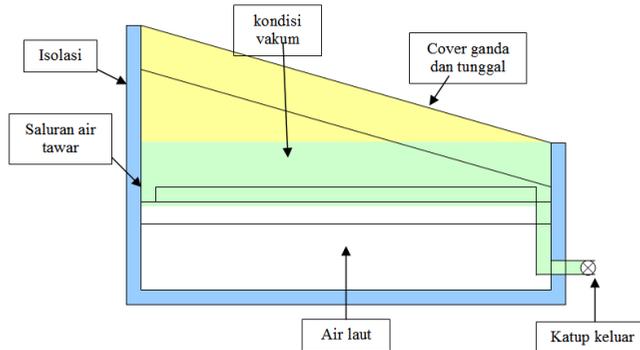
Metode penelitian dilakukan secara desain dan eksperimental yang dilakukan dalam tiga tahap, yaitu dimulai dengan rancang bangun kolektor destilasi surya, dari rancang bangun kemudian dilakukan pengujian kinerja kolektor destilasi surya, yang selanjutnya hasil pengujian yang diperoleh akan dievaluasi yang merupakan akhir dari proses penelitian.



Gambar 1. Rangkaian sistem pengujian destilasi surya

Komponen kolektor destilasi yang didesain secara garis besarnya, terdiri dari kolektor destilasi ; rangka penopang kolektor; kaca penutup kolektor satu (tebal 12mm) dan dua (tebal 12mm dan 5mm) lapis; isolasi pipa saluran dan kolektor; dan

saluran air dan pipa aliran air; serta wadah penampungan air laut dan air tawar hasil destilasi.



Gambar 2. Komponen pengujian kolektor destilasi surya

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium energi alternatif jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung, dilakukan pengujian langsung pada destilator surya kondisi tekanan vakum dengan kaca penutup tunggal dan ganda.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan kolektor destilasi surya skala laboratorium dengan memvariasikan tekanan dalam ruang kolektor dengan besar tekanan di bawah tekanan atmosfer (tekanan vakum).

Pengujian dilaksanakan mulai pukul 08.00 hingga 17.00 wita dengan melakukan pencatatan data setiap 30 menit, kecuali data besar volume kondensat karena jika dilakukan pengukuran setiap 30 menit maka akan mengganggu kondisi vakum ruang kolektor. Besar volume kondensat akan diukur pada pukul 08.00 WITA pada hari berikutnya.

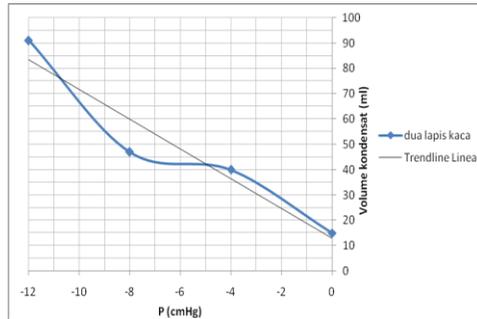
Pengujian kinerja dari kolektor destilasi surya kondisi vakum dengan kaca penutup tunggal dan ganda dilakukan untuk mendapatkan volume kondensat yang terbentuk dan besarnya efisiensi kolektor destilasi surya untuk berbagai kondisi tekanan vakum.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian

Dari gambar 3. terlihat bahwa untuk pengujian kolektor destilasi kondisi tekanan tidak vakum menggunakan dua lapis kaca (tebal 12 mm pada bagian bawah dan 5 mm pada bagian atas), yang dilakukan dari pukul 08.00 sampai 17.00 WITA, kemudian didiamkan selama semalam diperoleh volume kondensat 15 ml. Untuk kondisi dan perlakuan pengujian yang sama maka pada tekanan vakum -4 cmHg diperoleh volume kondensat 40 ml. Pada kondisi tekanan vakum -8 cmHg diperoleh

volume kondensat 47 ml. Pada kondisi tekanan vakum -12 cmHg diperoleh volume kondensat 91 ml.

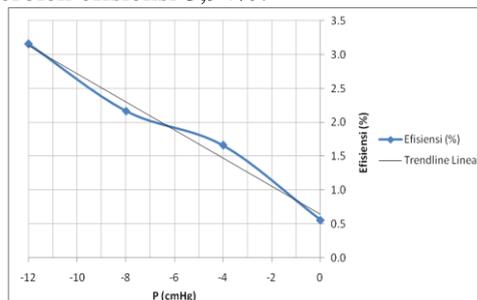


Gambar 3. Grafik hubungan tekanan dengan dengan volume kondensat

Dilakukan pula pengujian kolektor destilasi dengan kondisi tekanan vakum -12 cmHg menggunakan satu lapis kaca (tebal 12 mm), yang dilakukan dari pukul 08.00 sampai 17.00 WITA, kemudian didiamkan selama semalam diperoleh volume kondensat 160 ml.

## B. Pembahasan

Dari hasil pengolahan data pengujian yang ditampilkan pada gambar 4. terlihat bahwa untuk dua lapis kaca (tebal kaca 12 mm pada bagian bawah dan 5 mm pada bagian atas) dengan kondisi tidak vakum diperoleh efisiensi 0,70%, pada kondisi vakum dengan tekanan -4 cmHg diperoleh efisiensi 2,06%, pada kondisi vakum dengan tekanan -8 cmHg diperoleh efisiensi 2,69%, dan pada kondisi vakum dengan tekanan -12 cmHg diperoleh efisiensi 3,94%.



Gambar 4. Grafik hubungan tekanan dengan dengan efisiensi

Adapun hasil pengolahan data pengujian untuk satu lapis kaca (tebal kaca 12 mm) dengan kondisi tekanan vakum -12 cmHg dengan diperoleh efisiensi 7,17%, sedangkan untuk dua lapis kaca diperoleh efisiensi 3,94%.

Dari hasil di atas dapat terlihat bahwa penggunaan tekanan vakum meningkatkan volume destilasi dan efisiensi kolektor surya, hal ini terlihat pada hasil pengolahan data kaca dobel tanpa vakum dan dengan kondisi vakum.

Dari hasil pengujian terlihat pula bahwa semakin kecil tekanan vakum menghasilkan volume kondensat dan efisiensi kolektor yang semakin besar, hal ini terlihat pada hasil pengujian kaca dobel dengan tekanan -4 cmHg, -8 cmHg dan -12 cmHg.

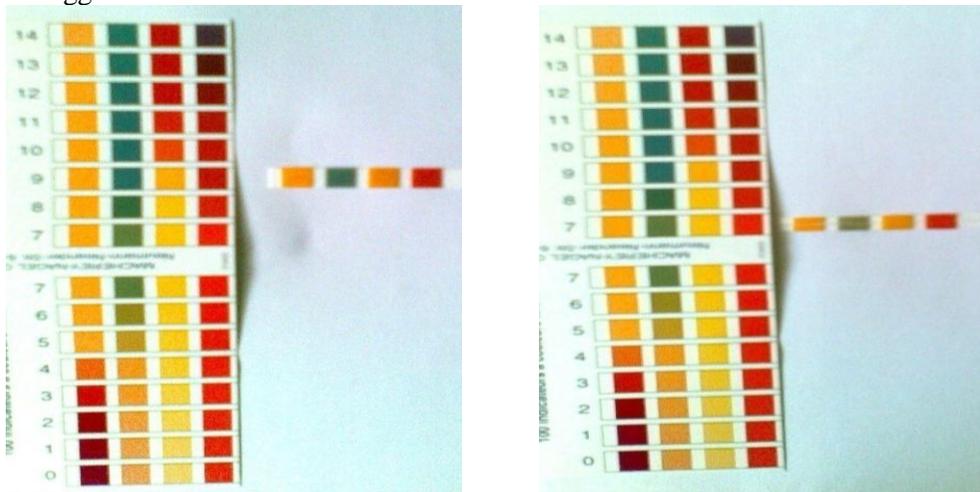
Hasil pengujian juga diperoleh bahwa untuk ketebalan kaca 12 mm penggunaan satu lapis kaca menghasilkan volume kondensat dan efisiensi kolektor yang lebih baik dibandingkan dua lapis kaca, hal ini terlihat pada hasil pengujian tekanan vakum -12 cmHg dengan satu lapis kaca dan dengan dua lapis kaca pada tekanan yang sama.

### C. Hasil Pengujian Kualitas Air Destilasi

Pada dasarnya, nilai pH menunjukkan apakah air memiliki kandungan padatan rendah atau tinggi. pH dari air murni adalah 7. Secara umum, air dengan pH lebih rendah dari 7 dianggap asam dan nilai pH lebih besar dari 7 dianggap basa. Nilai pH normal untuk air permukaan biasanya antara 6,5-8,5 dan air tanah dari 6-8,5. Tinggi atau rendah pH air dipengaruhi oleh senyawa atau kandungan dalam air tersebut.

pH air minum mineral yang sesuai standar DEPKES adalah antara 6,5-8,5 sedangkan pH air minum murni adalah antara 5,0-7,5. Namun untuk air minum pH yang paling ideal adalah 7,0 yang dikatakan sebagai pH netral.

Pengujian kualitas air dilakukan dengan pengujian pH sebelum dan setelah proses destilasi menggunakan kertas lakmus. Gambar 5. menunjukkan hasil pengujian pH menggunakan kertas lakmus.



a. Sebelum destilasi

b. Setelah destilasi

Gambar 5. Hasil pengujian pH air menggunakan kertas lakmus.

Pengujian pH air laut sebelum proses destilasi diperoleh nilai pH sekitar 9. Hasil pengujian pH air hasil destilasi diperoleh nilai pH sekitar 7, sehingga air tawar yang diperoleh dari hasil destilasi tersebut netral dan layak untuk dikonsumsi.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **A. Kesimpulan**

1. Penurunan tekanan vakum meningkatkan kuantitas hasil destilasi dan meningkatkan efisiensi kolektor. Hal ini dapat dilihat pada pengujian untuk dua lapis kaca penutup, kondisi tidak vakum efisiensinya 0,70%, tekanan vakum -4 cmHg diperoleh efisiensinya 2,06%, tekanan vakum -8 cmHg efisiensinya 2,69%, tekanan vakum -12 cmHg efisiensinya 3,94%.
2. Untuk ketebalan kaca 12 mm penggunaan satu lapis kaca penutup menghasilkan volume destilasi dan efisiensi lebih besar baik dari pada dua lapis kaca. Hal ini dapat dilihat pada pengujian tekanan vakum -12 cmHg, satu lapis kaca efisiensinya 7,17%, untuk dua lapis kaca efisiensinya 3,94%.
3. Pengujian destilasi surya mampu mengurangi kadar garam air laut dengan hasil pengujian pH air laut sebelum destilasi diperoleh nilai pH sekitar 9, sedangkan setelah destilasi diperoleh nilai pH sekitar 7.

##### **B. Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian dengan melakukan pengujian kolektor destilasi dengan tekanan vakum yang lebih kecil lagi.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan mengkombinasikan pengujian dengan penggunaan heat absorber dan kondisi tekanan vakum.

#### **V. Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini dapat terlaksana berkat bantuan berbagai pihak, untuk itu tim penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. DP2N DIKTI DEPDIKNAS yang telah memberikan dana penelitian hibah bersaing Melalui DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan nomor kontrak 65/PL10.21/SP/2012 Tanggal 16 Pebruari 2012.
2. Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Staf.
3. Pimpinan dan Staf UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Pimpinan dan Staf Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### **VI. DAFTAR PUSTAKA**

Abdullah, S. 2005. *Pemanfaatan Distilator Tenaga Surya (Solar Energy) Untuk Memproduksi Air Tawar Dari Air Laut*, Thesis. Jogjakarta: UGM.

Himawan, dkk. 2009. *Destilasi Air Laut Menjadi Air Tawar Dengan Memanfaatkan Energi Surya Dan Pembakaran Sekam Padi Di Paranggupiti Kabupaten Wonogiri*: Jurnal Internet. Universitas Sebelas Maret: LPPM UNS.

- Informasi Seputar Bencana, [ampl.or.id]. 2008. *Desalinasi: Menguapkan Air Laut Menjadi Air Bersih*: Internet. <http://bacatanda.woodpress.com/2008/01/24/desalinasi-menguapkan-air-laut-menjadi-air-bersih/>: 11 April 2011.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-dasar klimatologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Mulyanef, dkk. 2006. *Sistem Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar Dengan Tipe Penutup Kaca Miring*: Internet. <http://cahyadi.start4all.com/files/2008/06/icci2006s2pp13.pdf>: 13 April 2011.
- Mulyono, A. 2006. *Karakteristik Basin Still Dengan Penurunan Tekanan Ruang Basin Pada Destilasi Air Laut Tenaga Matahari*: Internet. <http://ppsub.ub.ac.id/perpustakaan/abstraksi/tesis/agus-mulyono---Karakteristik-Basin-Still-Dengan-Penurunan-Tekanan-Ruang-Basin-Pada-destilasi-air-laut-tenaga-matahari.pdf>: 12 April 2011.
- Palomar. 2010. *Mengapa Air Laut Asin*: Internet. <http://www.beritaiptek.com>, 11 April 2011.
- Prasetya. 2009. *Perencanaan Dan Pembuatan Sistem Destilasi Air Laut*, Skripsi. Surabaya: Universitas Petra.
- Wisnubroto, S. 2004. *Meteorologi Pertanian Indonesia*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.