

Pengaruh penggunaan pipa kondensat sebagai *heat recovery* pada *basin type solar still* terhadap efisiensi

Ketut Astawa

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pada umumnya *basin type solar still* hanya menggunakan bagian bawah kaca penutup sebagai media kondensasi. Padahal panas yang dilepas dari proses kondensasi ke lingkungan adalah merupakan kerugian panas terbesar dalam sistem distilasi. Pada penelitian ini panas yang dilepas dari proses kondensasi dimanfaatkan, dengan menggunakan media pipa tembaga yang dibenamkan dalam air laut di bawah *heat absorber* sebagai *heat recovery*. Pengujian dilakukan secara bersamaan antara *solar still* yang menggunakan pipa kondensat dengan yang tidak menggunakan pipa kondensat. Diameter pipa kondensat yang digunakan adalah 19 mm, tebal 0,8 mm, panjang 1,8 m berbentuk zig-zag. Luas *solar still* yang diujikan yaitu 0,125 m². Data yang diperoleh dianalisis dengan menghitung kesetimbangan energi panas dan efisiensi yang terjadi pada masing-masing *solar still*. Hasil penelitian menunjukkan terjadi adanya peningkatan energi panas yang dihasilkan *solar still* dari 11,52 Watt tanpa pipa kondensat menjadi 14,61 Watt setelah menggunakan pipa kondensat. Efisiensi tertinggi *solar still* mencapai 44.4 % pada *solar still* yang menggunakan pipa kondensat, sedangkan pada *solar still* tanpa pipa kondensat mencapai 30.4 %, jadi ada peningkatan efisiensi sebesar 46.1%.

Kata kunci: Pipa kondensat, *solar still*, distilasi

Abstract

Solar still basin generally only uses the bottom part of the glass cover as the condensation media. Whereas, the heat released from the condensation process into the environment is the largest heat loss in the distillation system. In this research, the heat released from the condensation process was utilized, by using copper pipe media, which was submerged under the sea water below the heat absorber as the heat recovery. The test was conducted simultaneously between the solar still which used condensate pipe and those which without condensate pipe. The diameter of the condensate pipe was 19 mm, 0.8 mm in thickness, and 1.8 m in length with the zigzag shape. The wide of the tested solar still was 0.125 m². The data was then analyzed by calculation of the heat balance and efficiency that occurred on each solar still. The research results showed that there was improvement on the resulting heat energy of the solar still from 11.52 Watt without condensate pipe into 14.61 Watt after using condensate pipe. The highest efficiency level reached 44.4% on the solar still using condensate pipe, while on the solar still without condensate it reached 30.4 %, so there was an efficiency improvement for about 46.1%.

Keywords: Condensate pipe, solar still, distillation

1. Pendahuluan

Jumlah populasi penduduk di dunia terus bertambah, sehingga kebutuhan air bersih meningkat pula. Walaupun air menutupi sekitar tiga-perempat permukaan bumi, hanya 3% yang merupakan air bersih dari berbagai sumber air, dan tidak semua dari jumlah tersebut layak untuk diminum [1].

Untuk mencukupi kebutuhan akan air minum salah satunya dengan pemurnian air, dan *solar still desalination* (pemurnian air laut tenaga matahari) adalah metode yang paling mudah untuk menyediakan air bersih dari air laut [12].

Pemurnian air laut selama ini menggunakan bahan bakar fosil, sementara ketersediaan bahan bakar tersebut semakin berkurang, maka diperlukan sumber energi yang lain, salah satunya adalah pemurnian air laut *solar power* (tenaga matahari). Yang mendasari penggunaan tenaga matahari karena merupakan *renewable energy* (energi terbarukan), aman, gratis, dan bebas polusi. Tenaga matahari

merupakan solusi yang menjanjikan untuk menghemat biaya.

Jackson dan Van Bavel [9] mengusulkan suatu peralatan penyulingan sederhana, terdiri dari rangka kayu segiempat 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 1,5L/m²/hari.

Lawrence dan Tiwari [11] 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 [5] dan Kharabsheh dan Goswani (2003) , mengemukakan salah satu alasan utama yang melatar belakangi rendahnya efisiensi *solar still* (peralatan pemurnian air tenaga matahari), karena sekitar 30-40% adalah kehilangan panas laten

kondensasi ke lingkungan dan panas laten yang terbuang oleh kondensat.

Sudjito [15] meneliti pentingnya penggunaan *heat-absorber* (media penyerap dan penyimpan panas) radiasi matahari pada *solar still* yang berfungsi merubah energi gelombang elektromagnetik radiasi matahari menjadi energi panas untuk penguapan air laut.

Nita [14] menambahkan bahan batu kerikil diameter 1 cm sebagai *heat absorber*, dari hasil pengamatan diperoleh bahwa dengan 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 [10] melakukan suatu penelitian dengan mengkondisikan temperatur kaca penutup dengan cara mengalirkan air secara berkala dan kontinu di permukaan kaca penutup sampai temperatur terendah yaitu 37°C dengan peningkatan efisiensi 68,66%.

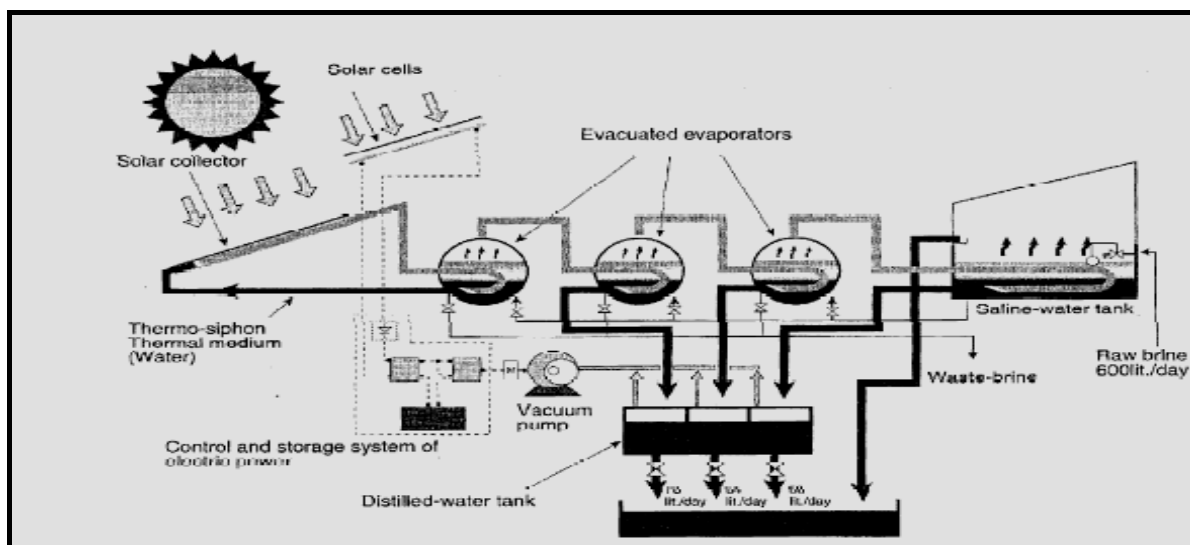
Handoyo [7], penelitian yang dilakukan adalah mengenai pengaruh jarak kaca dan *heat absorber* terhadap panas yang diterima *solar still*. Dalam penelitiannya ini, radiasi matahari terbesar yang mampu diteruskan adalah pada jarak kaca dengan *heat absorber* sejauh 20 cm.

Sebuah desain dari *solar powered desalination* (pemurnian air laut tenaga matahari) tipe *basin still* (peralatan pemurnian air berbentuk bejana) seperti Gambar 1, 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 air bersih tidak hanya menggunakan kaca penutup sebagai media kondensasi tetapi juga menggunakan pipa kondensat yang dibenamkan dalam basin di bawah *absorber*. Hal ini bertujuan agar panas laten yang dilepaskan oleh pipa kondensat dari proses kondensasi dapat digunakan untuk memanaskan air laut dalam *basin*.

Pipa kondensat yang digunakan terbuat dari tembaga karena memiliki sifat konduktivitas termal yang tinggi. Rangka dan dinding *basin* terbuat dari kaca, serta isolasi untuk mengurangi kerugian panas konduksi yang hilang dari *basin* pada bagian bawah dan dinding.

Suatu skema dari rancangan yang diusulkan diperlihatkan dalam Gambar 2. Sebagai penutup *basin still* digunakan *flat glass* (kaca datar) yang bening sehingga radiasi sinar matahari yang masuk dapat langsung mengenai permukaan *heat-absorber*.



Gambar 1. Skema pemurnian air laut sistem MED dari peneliti terdahulu [1]



Gambar 2. Rancangan *basin type solar still* menggunakan pipa kondensat sebagai media pengembunan

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi Alternatif dan Tenaga Surya, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

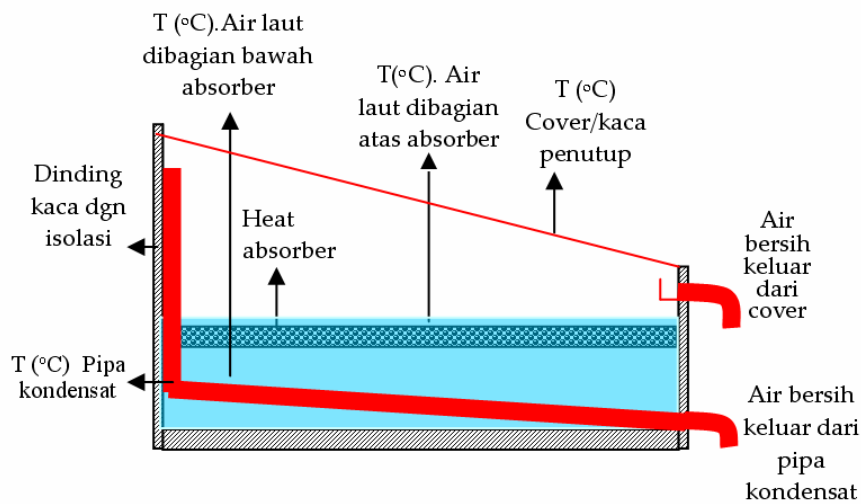
Basin type solar still yang diuji terdiri dari dua buah yaitu satu *solar still* menggunakan pipa kondensat dan satu *solar still* tanpa pipa kondensat sebagai pembanding.

Penampang melintang *solar still* dengan pipa kondensat dan yang tanpa pipa kondensat seperti Gambar 2.

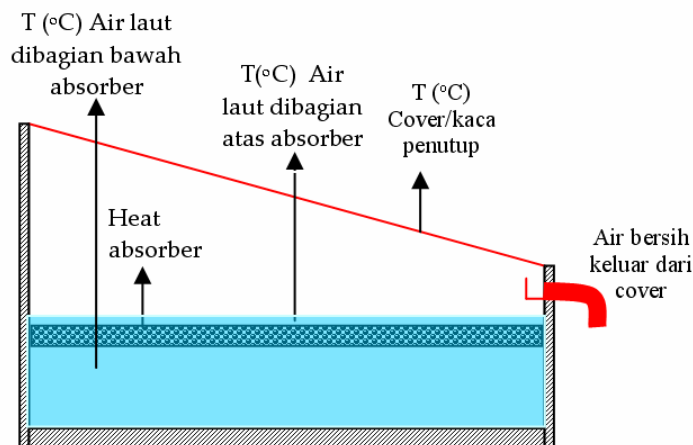
Dimensi dan bahan yang digunakan pada kedua *basin type solar still* adalah:

1. Penutup bagian atas *solar still* terbuat dari kaca transparan dengan tebal 5mm
2. Dinding dan alas terbuat dari kaca dengan tebal 8 mm

3. Dimensi dari *solar still*, panjang 50 cm, lebar 25 cm tinggi bagian depan 16 cm, tinggi bagian belakang 32cm.
4. Heat absorber menggunakan pelat tembaga dengan tebal 0,8 mm, luas 0,125 m² (panjang 50 cm dan lebar 25 cm) dan dilubangi dengan jarak 2 cm dengan diameter 2 mm. Permukaan atas *heat absorber* ditutup batu kerikil berdiameter 1 cm, sedangkan bagian bawah diisolasi.
5. Pipa kondensat terbuat dari pipa tembaga berdiameter luar 1,9 cm, tebal 0,8 mm dengan panjang efektif 1,8 m dan dibentuk zig-zag.
6. Gelas ukur, untuk tempat air bersih hasil kondensasi.
7. Styrofoam, untuk isolasi dinding dan alas dengan tebal 2 cm.

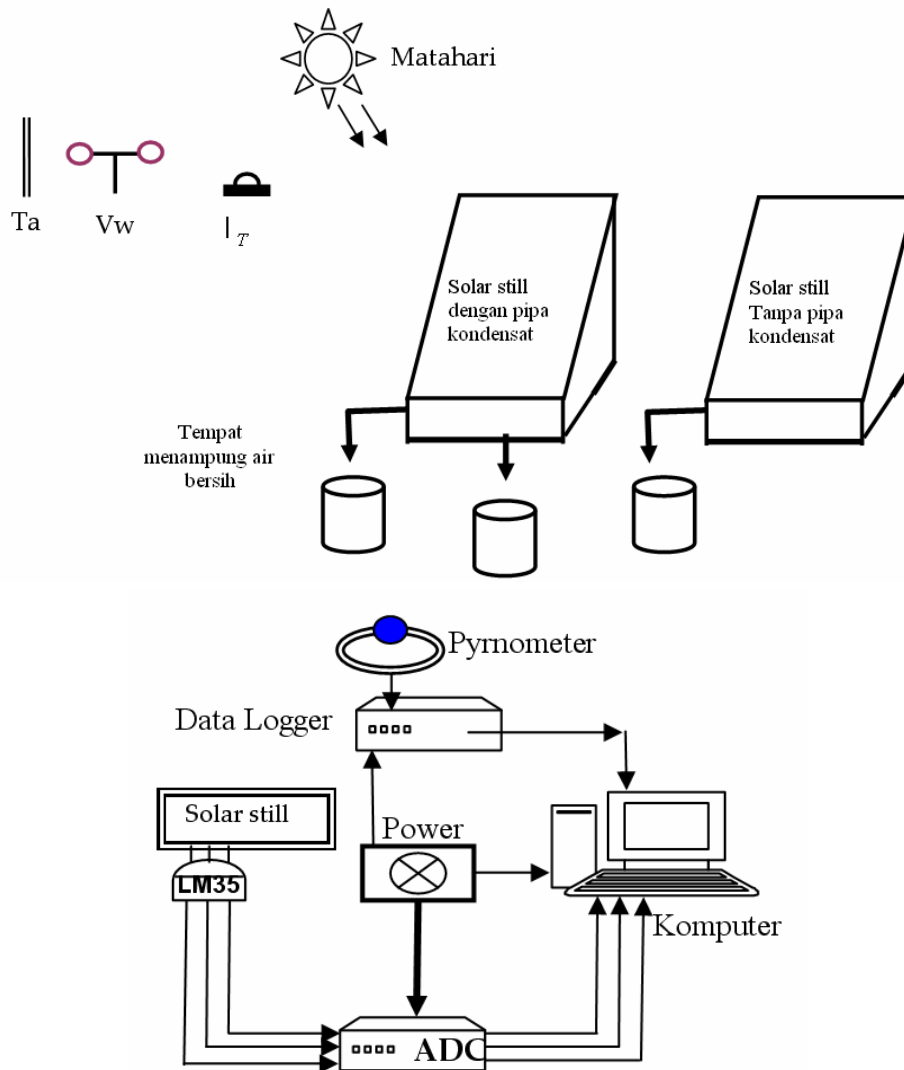


(a). Dengan pipa kondensat



(b). Tanpa pipa kondensat

Gambar 3. Penampang melintang *solar still*



Gambar 3. Instalasi alat uji

Instalasi alat uji dan alat ukur untuk pengujian dan pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 3. Pengukuran temperatur pada *solar still* menggunakan sensor IC-LM35, dimana hasil pengukuran langsung dapat dilihat pada layar monitor komputer. Sensor IC-LM35 ditempelkan pada permukaan kaca penutup dan untuk air di atas *heat absorber* dibenamkan di permukaan air. Sedangkan untuk pengukuran radiasi matahari menggunakan Pyranometer yang dirangkai dengan *data logger* dan komputer yang ada di ruang data Laboratorium Energi Surya. Sebelumnya semua alat telah dikalibrasi.

Pelaksanaan pengujian dilakukan pukul 07.00-17.00 WIB, pengambilan waktu pengujian ini untuk mengetahui pengaruh intensitas radiasi matahari dalam satu hari terhadap unjuk kerja *solar still*, sehingga hasilnya dalam bentuk grafik akan dapat diketahui bagaimana *solar still* dapat bekerja dengan maksimal berdasarkan intensitas radiasi matahari saat itu. Pengujian dilakukan secara bersamaan antara *basin still* yang menggunakan pipa kondensat dengan yang tidak menggunakan pipa kondensat, hal ini

bertujuan untuk dapat membandingkan secara langsung pada kondisi yang sama terhadap efisiensi dan hasil produksi air bersih yang dihasilkan oleh masing-masing *solar still*. Sedangkan produk air bersih yang dihasilkan oleh masing-masing alat juga diukur pada keesokan pagi karena pada saat malam hari proses pengembunan masih terjadi.

Setelah semua peralatan terpasang dan siap untuk diuji, maka langkah pertama adalah memeriksa ketinggian volume air laut dari masing-masing *solar still*, volume air 9 liter. Selanjutnya merangkai *pyranometer* untuk mendapatkan nilai intensitas radiasi matahari setiap pengambilan data.

Pengamatan dan pencatatan data *pyranometer* dan temperatur hasil pengujian dilakukan setiap 15 menit, karena sudah cukup mewakili perolehan data untuk mengetahui grafik dari kecenderungan temperatur terhadap intensitas matahari sesaat.

Selanjutnya data waktu, radiasi matahari total dan temperatur digambarkan ke dalam bentuk grafik

menggunakan *software* komputer (*spreadsheet*) untuk mengetahui kecenderungan data yang terjadi.

Energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air laut dalam *basin* per unit area dari *basin* dapat ditulis dengan cara [3]:

$$Q = U_T \times A \times (T_s - T_a) \tag{1}$$

- U_T : Koefisien perpindahan panas total (W/m^2)
- A : Luas permukaan *basin* (m^2)
- T_s : Temperatur permukaan air diatas *heat absorber* ($^{\circ}C$)
- T_a : Temperatur lingkungan udara luar ($^{\circ}C$)

Untuk mengetahui unjuk kerja dari kedua *solar still*, baik yang menggunakan pipa kondensat maupun tidak, bisa menggunakan persamaan yang telah dikembangkan oleh Beckman dan Duffie[3]:

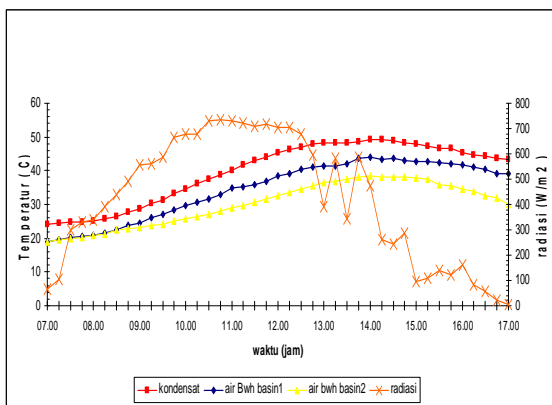
$$\eta_i = \frac{m_D \cdot h_{fg}}{G \cdot A} \times 100\% \tag{2}$$

Dengan:

- m_d : Laju alir massa produk distilasi per hari (kg)
- h_{fg} : Panas laten penguapan dari tabel properti uap dengan temperatur rata-rata air laut bagian atas *heat absorber* (kJ/kg)
- G : Radiasi matahari total perhari (kJ/m^2)
- A : Luas permukaan *basin* (m^2)

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk grafik dan data hasil penelitian hubungan antara temperatur kondensat, temperatur air, *basin type solar still* terhadap radiasi dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

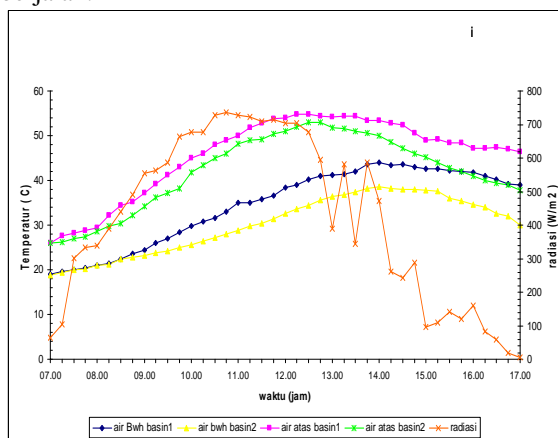


Gambar 4. Grafik hubungan antara temperatur kondensat dan air di bawah absorber pada basin type solar still

Dari Gambar 4 terlihat bahwa temperatur air laut di bawah *heat absorber basin1 (solar still)* yang menggunakan pipa kondensat, garis warna biru tua lebih tinggi daripada temperatur air laut di bawah *heat absorber basin2 (solar still)* tanpa pipa kondensat, garis warna kuning) dan cenderung mengikuti besarnya temperatur pipa kondensat (garis warna merah) yang selama proses kondensasi selalu melepaskan panas, walaupun intensitas radiasi matahari cenderung turun dan berfluktuasi. Hal ini berarti bahwa pipa kondensat mampu melepaskan panas proses kondensasi yang kemudian

dikonveksikan ke air laut yang ada di bawah *heat absorber* sebagai *heat recovery*. Sehingga air laut yang ada di atas *heat absorber* akan lebih panas dan menghasilkan banyak uap dari pada *basin solar still* tanpa pipa kondensat.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa temperatur air laut di bawah *heat absorber basin1 solar still* yang menggunakan pipa kondensat, (garis warna biru tua) dapat menjaga temperatur air laut di atas *heat absorber* pada *basin1* tetap tinggi (garis warna merah muda) walaupun radiasi matahari mulai menurun. Dibandingkan dengan air atas pada *solar still* tanpa pipa kondensat (garis warna hijau) yang cenderung menurun bersamaan dengan turunnya temperatur air bawah absorber *basin2* (garis warna kuning). Hal ini berarti bahwa transfer panas dari air laut di bawah *heat absorber* ke air laut di atas *heat absorber* dapat berjalan.



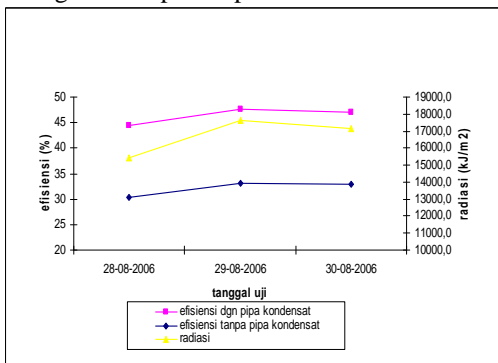
Gambar 5. Grafik hubungan antara temperatur air di atas dan air di bawah absorber pada basin type solar still

Sedangkan dari hasil perhitungan yang diperoleh dari data Tabel 1 terlihat adanya peningkatan jumlah panas yang dihasilkan oleh *basin type solar still* yang menggunakan pipa kondensat dibandingkan dengan jumlah panas yang dihasilkan oleh *basin type solar still* tanpa menggunakan pipa kondensat. Besarnya peningkatan jumlah panas yang terjadi pada contoh perhitungan di atas antara *basin type solar still* dengan pipa kondensat dan yang tidak menggunakan pipa kondensat adalah sebesar 28,7%.

Peningkatan jumlah panas yang terjadi tergantung pada intensitas radiasi matahari pada saat pengujian. Ini artinya, bahwa pipa kondensat dapat melepaskan panas laten hasil kondensasi dengan mengkonveksikan panas dari pipa ke air laut yang ada di bawah *heat absorber* yang kemudian menjadi *heat recovery* untuk air laut yang ada di atas *heat absorber*. Sedangkan *basin type solar still* tanpa pipa kondensat hanya mengandalkan kaca penutup sebagai media kondensasi yang artinya bahwa panas hasil kondensasi dilepas begitu saja ke udara lingkungan. Hasil penghitungan lain yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 2.

Efisiensi *solar still* harian adalah merupakan sebuah karakteristik dengan variabel yang tergantung

dari laju alir massa produk distilasi perhari, panas laten penguapan, dan tingkat intensitas radiasi matahari. Dari hasil perhitungan, diperoleh grafik efisiensi harian dari *basin type solar still* dengan menggunakan pipa kondensat dan tanpa pipa kondensat seperti pada Gambar 6 dan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3.

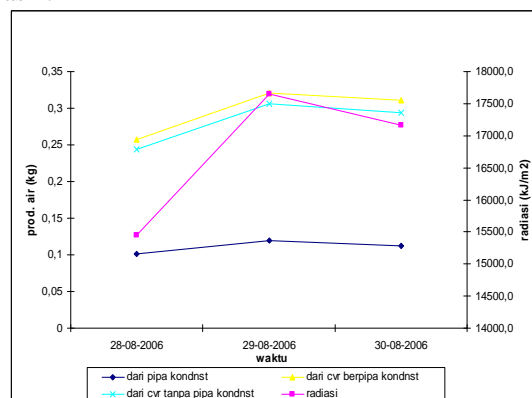


Gambar 6. Grafik hubungan antara kinerja harian *solar still* berdasarkan radiasi harian

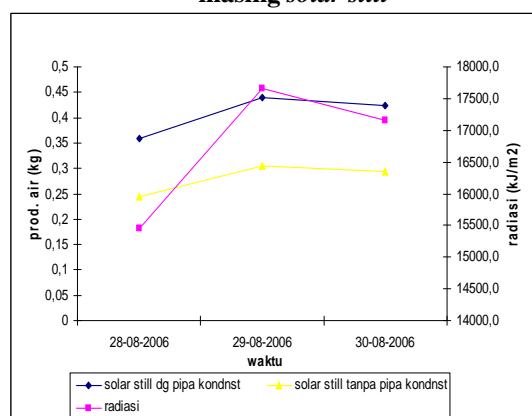
Unjuk kerja dari suatu peralatan *solar still* dapat dilihat pada produksi air bersih yang dihasilkan dan efisiensi dari peralatan itu sendiri, seperti terlihat pada Gambar 7 dan 8 serta Tabel 3.

Efisiensi dari suatu *solar still* adalah perbandingan energi panas untuk menguapkan air laut yang menjadi produk air bersih terhadap besar radiasi matahari yang diterima oleh *solar still* melalui *heat absorber* dalam selang waktu tertentu. Dari hasil perhitungan yang diperoleh, terlihat adanya peningkatan efisiensi dari *basin type solar still* yang menggunakan pipa kondensat besarnya peningkatan efisiensi *solar still* yang tertinggi pada contoh penghitungan diatas adalah sebesar 46,1%. Peningkatan efisiensi solar still juga tergantung pada

intensitas radiasi matahari yang masuk ke dalam basin.



Gambar 7. Grafik perbandingan produksi air dari pipa kondensat dan *cover* pada masing-masing *solar still*



Gambar 8. Grafik perbandingan jumlah total produksi air dari masing-masing *solar still*

Tabel 1. Data hasil pengujian harian *solar still*

Akuisisi data rata harian <i>solar still</i>										Kecepatan angin rata-rata per hari : 4-5 m/s	
No.	Tanggal Uji	BASIN DENGAN PIPA KONDENSAT				BASIN TANPA KONDENSAT			Radiasi Matahari		Temp. Lingk. (°C)
		Temp. Kondensat (°C)	Temp. air bwh (°C)	Temp. air ats (°C)	Temp. cvr ats (°C)	Temp. air bwh (°C)	Temp. air ats (°C)	Temp. cvr atas (°C)	Sesaat (W/m²)	Total (Mj/m²)	
1	28-08-2006	39,7	34,5	45,7	41,5	30,2	42,1	40,8	17161,39	15,4452	26,8
2	29-08-2006	41,9	37,2	48,3	43,4	33,5	44,6	42,7	19613,35	17,8520	26,7
3	30-08-2006	41,6	37,0	48,0	43,1	33,1	44,2	42,3	19064,10	17,1576	26,7

Tabel 2. Hasil perhitungan koefisien perpindahan panas dan panas yang dibutuhkan *basin type solar still*

Basin Type Solar Still dengan menggunakan pipa Kondensat							
Tanggal Uji	$h_{c,s-c}$ (W/m²°C)	$h_{r,s-c}$ (W/m²°C)	$h_{r,c-a}$ (W/m²°C)	$h_{c,c-a}$ (W/m²°C)	U_t (W/m²)	Q (W)	G_T (kJ/m²)
28-8-2006	1,43	6,48	5,79	11,60	5,30	12,29	15445,3
29-8-2006	1,50	6,62	5,84	11,60	5,41	14,61	17652,0
30-8-2006	1,50	6,60	5,83	11,60	5,41	14,40	17157,7

Basin Type Solar Still tanpa pipa Kondensat							
Tanggal Uji	$h_{c,s-c}$ (W/m²°C)	$h_{r,s-c}$ (W/m²°C)	$h_{r,c-a}$ (W/m²°C)	$h_{c,c-a}$ (W/m²°C)	U_t (W/m²)	Q (W)	G_T (kJ/m²)
28-8-2006	0,97	6,35	5,77	11,50	5,0	9,56	15445,3
29-8-2006	1,09	6,48	5,82	11,60	5,15	11,52	17652,0
30-8-2006	1,09	6,46	5,81	11,60	5,17	11,30	17157,7

Tabel 3. Efisiensi harian *basin type solar still*

Basin Type Solar Still dengan menggunakan pipa Kondensat							
Tanggal Uji	h_{fg} (kJ/kg)	m_D (kg)			A (m ²)	G_T (kJ/m ²)	η (%)
		cvr	kondst	total			
28-8-2006	2393,32	0,257	0,101	0,358	0,125	15445,3	44,4
29-8-2006	2387,08	0,321	0,119	0,440	0,125	17652,0	47,6
30-8-2006	2387,80	0,311	0,112	0,423	0,125	17157,7	47,1

Basin Type Solar Still tanpa pipa Kondensat					
Tanggal Uji	h_{fg} (kJ/kg)	m_D (kg)	A (m ²)	G_T (kJ/m ²)	η (%)
28-8-2006	2401,96	0,244	0,125	15445,3	30,4
29-8-2006	2395,96	0,306	0,125	17652,0	33,2
30-8-2006	2396,92	0,294	0,125	17157,7	32,9

Dengan intensitas radiasi matahari yang besar, maka uap air yang dihasilkan juga meningkat. Tetapi tidak selamanya produksi air bersih yang dihasilkan juga meningkat. Karena perlu keseimbangan antara penguapan (evaporasi) dan pengembunan (kondensasi) di dalam basin. Dengan meningkatnya radiasi matahari maka temperatur kaca penutup juga meningkat, sehingga proses pengembunan tidak dapat berjalan dengan baik karena pengembunan memerlukan media permukaan dengan temperatur ideal.

Di sini peran pipa kondensat sangat membantu untuk mengembunan limbah uap yang tidak terkondensasi di bawah permukaan kaca penutup. Selain itu panas yang dilepaskan dari proses pengembunan tidak dilepas begitu saja ke udara lingkungan tetapi dikonveksikan ke air laut yang ada di bawah *heat absorber* sebagai *heat recovery* air laut yang ada di atas *heat absorber*.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil-hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap *basin type solar still* yang menggunakan pipa kondensat dan yang tidak menggunakan pipa kondensat, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Jumlah panas tertinggi dihasilkan oleh *basin type solar still* yang menggunakan pipa kondensat selama pengujian sebesar 14,61 Watt, sedangkan panas tertinggi dihasilkan oleh *basin type solar still* tanpa pipa kondensat selama pengujian sebesar 11,52 Watt sehingga dengan penambahan pipa kondensat terjadi peningkatan jumlah panas dari *basin type solar still* sebesar 26,8%.
2. Efisiensi tertinggi dengan penggunaan pipa kondensat dalam *basin type solar still* sebesar 47,6%, sedangkan efisiensi tertinggi pada *basin type solar still* tanpa menggunakan pipa kondensat sebesar 33,2%, jadi terjadi peningkatan efisiensi peralatan sebesar 46,1%. Peningkatan ini akibat adanya penambahan jumlah produksi air bersih dari pipa kondensat.

Beberapa saran terkait hasil penelitian ini:

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan menghitung besarnya energi yang dilepaskan oleh pipa kondensat. Untuk mengetahui jumlah volume air laut ideal yang akan dipanaskan.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai bentuk pipa kondensat agar proses kondensasi lebih sempurna.

Daftar Pustaka

- [1]. Al-Kharabsheh,S, D. Yogi Goswami, (2003), *Analysis of an inovative water Desalination System Using Low-Grade Solar Heat, Solar Energy and Conversion Laboratory*, Mechanical and Aerospace Engineering Departement,University of Florida.
- [2]. Arismunandar,W.,1995, *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- [3]. Beckman, W.A and Duffie, J. A., 1991, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Wiley, New York.
- [4]. Cengel,Y.A., *Heat Transfer*, 1998, Mc. Graw-Hill, Nevada.
- [5]. Delyannis, E., dan Belessiotis,V., 2001, *Solar Energy and Desalination , Advances in Solar Energy, An Annual Review of Research and Development*, D.Y. Goswami, ed., Vol 14, American Solar Energy Society, Boulder, Colorado.
- [6]. Frank Kreith, 1991, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, diterjemahkan oleh Arko Prijono, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [7]. Handoyo A.E., 2002, *Pengaruh Jarak Kaca ke Heat Absorber Terhadap Panas yang Diterima Suatu Heat Absorber*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Vol.4, No.1., Surabaya.

- [8]. Holman, J.P., 1988, *Perpindahan Kalor*, diterjemahkan oleh Jasjfi E., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [9]. Jackson R.D., Van Bavel C.H.M., 1965, *Solar Distillation of Water from Soil and Plant Material*, a Simple Desert Survival Technique Science, 149, Holland.
- [10]. Jaster B.H., 2002, *Analisis dan Riset Optimasi Temperatur Kaca Penutup Solar Still*, Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- [11]. Lawrence.S.A, Tiwari, G.N., 1990, *Theoretical Evaluation of Solar Distillation Under Natural Circulation with Heat Exchanger*, Energy Conv. Management, America.
- [12]. Lempoy K. A., Sudjito, R. Soenoko, 2003, *Riset Pilot Proyek Basin Tipe Solar Still di Pesisir Probolinggo*, Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya, Vol.X, No. 3 Desember, Malang, hal 198-201.
- [13]. Moh'd S. Abu-jabal, I. Kamiya, Y. Narasaki, 2000, *Proving Test for a solar Desalination System in Gaza-Palestine*, Water Research Center, Al Azhar University of Gaza.
- [14]. Nita C.V., Sudjito, 2004, *Usaha-Usaha Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas Solar Still*, Jurnal Publikasi Ilmiah Program Pasca Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang.
- [15]. Sudjito, 2002, *Penelitian Penyerap Radiasi Matahari Untuk Peralatan Distilasi Air Laut Jenis Solar Still*, Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Brawijaya, Vol.14, No.2 Oktober hal. 147-153.