

## Karakteristik Destilasi Air Energi Surya Jenis Absorber Kain Dengan Penukar Kalor

Mikael Roni<sup>1</sup>, F.A. Rusdi Sambada<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma  
Korespondensi : Mikaelroni45@gmail.com<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan, terutama bagi manusia. Sebagai makhluk hidup, manusia membutuhkan air sebagai penunjang hidupnya. Penggunaan air yang utama adalah sebagai air minum. Air dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel, cairan tubuh, pengatur suhu tubuh dan sebagai pelarut. Oleh karena itu, air yang dikonsumsi harus terbebas dari zat-zat lain yang berbahaya bagi tubuh manusia. Untuk mengatasi permasalahan air bersih dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu dengan menggunakan alat destilasi energi surya jenis *absorber* kain. Pada penelitian ini akan diteliti pengaruh debit aliran pendinginan kaca dan penggunaan penukar kalor pada unjuk kerja destilasi. Penukar kalor yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis aliran berlawanan. Fungsi penukar kalor adalah untuk menaikkan temperatur air yang akan masuk ke *absorber* dengan memanfaatkan air pendinginan kaca sebagai pemanas. Tujuan penelitian ini adalah (1) membuat model alat destilasi air energi surya jenis jenis absorber kain, (2) menganalisis pengaruh debit aliran pendinginan kaca terhadap hasil destilasi dan efisiensi yang dihasilkan alat destilasi air energi surya jenis *absorber* kain dan (3) menganalisis pengaruh penggunaan alat penukar kalor terhadap hasil destilasi dan efisiensi yang dihasilkan alat destilasi air energi surya jenis absorber kain. Alat destilasi air energi surya jenis *absorber* kain pada penelitian ini bervariasi: (1) tanpa penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 3 liter/jam, (2) tanpa penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 5 liter/jam, (3) menggunakan penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 3 liter/jam, dan (4) menggunakan penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 5 liter/jam. Hasil penelitian pada variasi pertama menghasilkan efisiensi 21,6% dan air destilasi 0,202 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada variasi kedua menghasilkan efisiensi 20,3% dan air destilasi 0,177 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada variasi ketiga menghasilkan efisiensi 25,8% dan air destilasi 0,230 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada variasi keempat menghasilkan efisiensi 25,1% dan air destilasi 0,200 liter/m<sup>2</sup>.jam.  
Kata kunci: destilasi air, energi surya, *absorber*, penukar kalor

### ABSTRACT

*Water is a chemical that is very important for life, especially for humans. As living beings, humans need air as a life support. The water used is as drinking water. Water in the human body as a cell, body fluid, body temperature regulator and as a solvent. Therefore, the water consumed must be free from other substances that are harmful to the human body. To overcome the problem of clean water can be done in several ways, one of which is by using a solar energy distillation device type wick absorber. In this study will be examined the effect of glass cooling flow discharge and the use of heat exchanger in the performance of distillation. The heat exchanger used in this study is the opposite type of flow. The heat exchanger function is to raise the temperature of the water that will enter the absorber by utilizing glass cooling water as a heater. The purpose of this study were (1) to make a model of solar energy water distillation equipment, (2) analyze the effect of cooling the glass flow to distillation and the resulting efficiency of solar energy water distillation equipment types fabric absorber and (3) analyze the use of heat exchanger against distillation results and the efficiency produced by the water absorber type solar energy distillation apparatus. The solar energy water distillation device because the fabric absorber in this study varied: (1) without heat exchanger with 3 liter/hour glass cooling water flow, (2) without heat exchanger with discharge of glass cooling water flow of 5 liter/hour, (3) using heat exchanger with a flow rate of 3 liter/hour of glass cooling water flow, and (4) using a heat exchanger with a flow rate of 5 liter/hour of glass cooling water flow. The results of the first variation resulted in an efficiency of 21.6% and distilled water 0.202 liter/m<sup>2</sup>.hour. In the second variation, it produces an efficiency of 20.3% and distilled water 0.177 liter/m<sup>2</sup>.hour. In the third variation, it produces an efficiency of 25.8% and distilled water 0.230 liter/m<sup>2</sup>.hour. In the fourth variation, the efficiency is 25.1% and distilled water is 0.200 liter/m<sup>2</sup>.hour.  
Keywords: distillation of water, solar energy, absorber, heat exchanger*

### 1. PENDAHULUAN

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan, terutama bagi manusia. Sebagai makhluk hidup, manusia membutuhkan air sebagai penunjang hidupnya. Penggunaan air yang utama adalah sebagai air minum. Air dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel, cairan tubuh, pengatur suhu tubuh dan sebagai pelarut. Oleh karena itu, air yang dikonsumsi harus terbebas dari zat-zat lain yang berbahaya bagi tubuh manusia. Untuk

mengatasi permasalahan air bersih didaerah-daerah terpencil dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu dengan menggunakan alat destilasi energi surya jenis *absorber* kain.

Unjuk kerja dari alat destilasi energi surya dapat diukur dari efisiensi dan air destilasi yang dihasilkan. Banyak faktor yang mempengaruhi efisiensi dari alat destilasi energi surya diantaranya yaitu ke absorptivitas *absorber* dalam menyerap panas, keefektifan kaca dalam mengembunkan uap air, jumlah debit air di alat destilasi, dan temperatur awal air yang masuk kedalam destilator. *Absorber* yang digunakan harus memiliki absorptivitas energi surya yang baik. Untuk meningkatkan absorptivitas pada umumnya absorber berwarna hitam, hal ini karena warna hitam mempunyai nilai absorptivity sebesar 0,97 [1]. Kaca penutup tidak boleh terlalu panas, karena jika temperatur kaca terlalu tinggi maka uap air akan sulit untuk mengembun didinding kaca. Air yang masuk kedalam destilator diusahakan memiliki suhu yang tinggi untuk mempercepat proses penguapan. Semakin cepat proses penguapan maka hasil destilasi akan semakin banyak dan efisiensi dari alat destilasi energi surya juga akan meningkat.

Alat destilasi energi surya terdapat beberapa jenis, salah satunya yaitu alat destilasi energi surya jenis *absorber* kain. Alat destilasi energi surya jenis *absorber* kain memanfaatkan energi panas dari matahari. Alat destilasi energi surya jenis *absorber* kain memiliki dua komponen utama yaitu *absorber* kain dan kaca sebagai penutup. Kain merupakan tempat air yang akan diuapkan dan kaca penutup merupakan tempat air yang sudah tidak mengandung zat-zat berbahaya diembunkan, sehingga dihasilkan air bersih.

Beberapa penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi unjuk kerja alat destilasi air energi surya diantaranya: Pengaruh temperatur udara sekitar, jumlah energi surya yang diterima alat destilasi [2], pengaruh bahan dan bentuk absorber [3], pengaruh tebal dan kemiringan kaca penutup [4] dan penelitian pendinginan kaca pada alat destilasi air energi surya jenis absorber kain dengan kaca tunggal mendapatkan adanya laju alir massa air pendingin optimum sebesar 1,5 m/s dibawah atau di atas nilai optimum tersebut akan menyebabkan turunnya unjuk kerja [5].

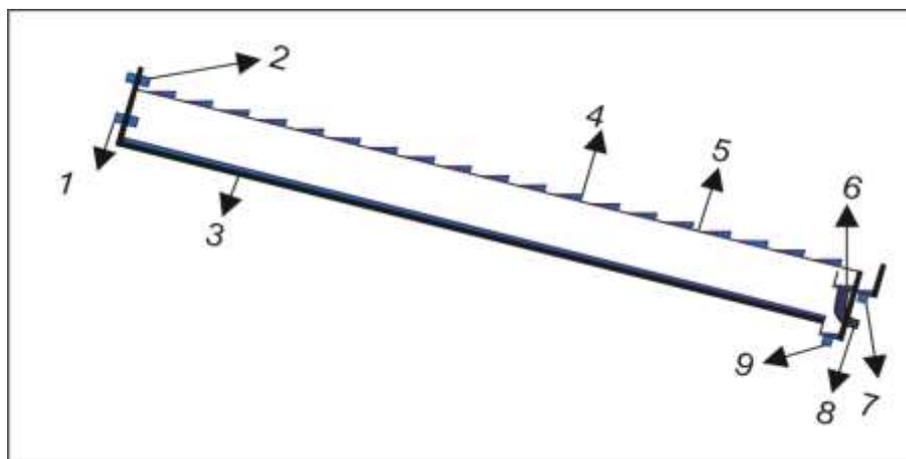
Permasalahan dari alat destilasi air energi surya jenis *absorber* kain saat ini yaitu rendahnya efisiensi yang dihasilkan. Penelitian ini akan meneliti pengaruh debit aliran pendinginan kaca dan penggunaan alat penukar kalor. Penukar kalor yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis aliran berlawanan. Fungsi penukar kalor adalah untuk menaikkan temperatur air yang akan masuk ke *absorber* dengan memanfaatkan air pendinginan kaca sebagai pemanas.

Tujuan penelitian ini adalah (1) membuat model alat destilasi air energi surya jenis jenis *absorber* kain, (2) menganalisis pengaruh debit aliran pendinginan kaca terhadap hasil destilasi dan efisiensi yang dihasilkan alat destilasi air energi surya jenis *absorber* kain dan (3) menganalisis pengaruh penggunaan penukar kalor terhadap hasil destilasi dan efisiensi yang dihasilkan alat destilasi air energi surya jenis *absorber* kain.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bervariasi: (1) tanpa penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 3 liter/jam, (2) tanpa penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 5 liter/jam, (3) menggunakan penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 3 liter/jam, dan (4) menggunakan penukar kalor dengan debit aliran air pendingin kaca 5 liter/jam. Pada keempat kondisi yang divariasikan, memiliki debit di *absorber* 3 liter/jam. Pada kaca diberikan sekat untuk menampung air yang digunakan untuk mendinginkan kaca. Di setiap sekat kaca dapat menampung air sebanyak 250 ml.

Alat destilasi yang digunakan pada penelitian ini memiliki luas destilator 76 cm x 117 cm. Tinggi sekat kaca pendinginan yaitu 0,5 cm (Gambar 1). Pada penelitian ini, air yang akan masuk ke *absorber* dan kaca menggunakan aliran paksa dengan pompa. Untuk mengatur debit aliran air pendinginan kaca dan debit aliran air ke *absorber* menggunakan keran.



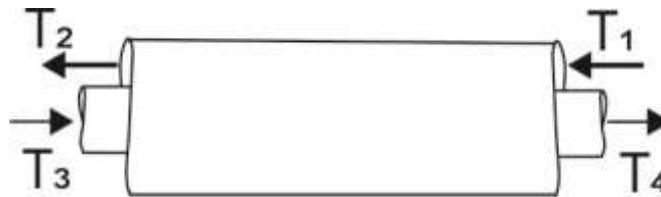
Gambar 1. Skema destilator.

Keterangan untuk alat destilasi (Gambar 1) yaitu saluran masuk air yang akan didestilasi (1), saluran masuk air pendingin kaca (2), absorber (3), sekat kaca (4), kaca (5), talang air destilasi (6), saluran keluar air pendingin kaca (7), saluran keluar air destilasi (8) dan saluran keluar air panas yang tidak terdestilasi (9).

Dalam pengambilan data secara eksperimen, ada beberapa variabel yang digunakan untuk analisis. Variabel tersebut adalah: temperatur *absorber* ( $T_w$ , °C), temperatur kaca ( $T_c$ , °C) dan jumlah air destilasi yang dihasilkan ( $m_d$ , liter/m<sup>2</sup>). Langkah-langkah penelitian secara eksperimen adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat destilasi tanpa penukar kalor.
2. Mempersiapkan alat-alat ukur yang akan digunakan di antaranya adalah *temperature sensor*, *sensor level*, *solar meter*, *microcontrollel adruino*, gelas ukur dan *stopwatch*.
3. Mengatur debit yang masuk ke *absorber* sebesar 3 liter/jam dan debit pendingin kaca 4 liter/jam.
4. Mencatat temperatur *absorber* dan temperatur kaca setiap 10 menit selama dua jam.
5. Melakukan pengulangan langkah 2, 3 dan 4 pada variasi debit pendinginan kaca 6 liter/jam.
6. Menyiapkan alat destilasi dengan menambahkan alat penukar kalor.
7. Melakukan pengulangan langkah 2, 3 dan 4 pada variasi debit pendinginan kaca 4 liter/jam dan 6 liter/jam.

Pada penelitian ini dilakukan didalam ruangan dengan memanfaatkan energi panas dari lampu *infrared* sebagai pengganti energi surya, hal ini dikarenakan cuaca yang mendung.



Gambar 2 Skema model aliran di penukar kalor.

Keterangan untuk penukar kalor (Gambar 2) yaitu temperatur air panas masuk ( $T_1$ ), temperatur air panas keluar ( $T_2$ ), temperatur air dingin masuk ( $T_3$ ) dan temperatur air dingin keluar ( $T_4$ ).

Efisiensi destilator didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dalam proses penguapan air dengan jumlah radiasi surya yang datang selama waktu tertentu. Efisiensi aktual dari destilator dapat dihitung dengan persamaan[6]:

$$\eta_{Aktual} = \frac{m_d \cdot h_{fg}}{A_c \cdot G_T \cdot dt} \quad (1)$$

Dengan  $A_c$  adalah luas alat destilasi (m<sup>2</sup>),  $dt$  adalah lama waktu pemanasan (detik),  $G_T$  adalah energi surya yang datang (W/m<sup>2</sup>),  $h_{fg}$  adalah panas laten laten air (J/kg) dan  $m_d$  adalah massa uap air (liter).

Massa uap air ( $m_d$ ) dapat diperkirakan dengan persamaan matematis berikut [6]:

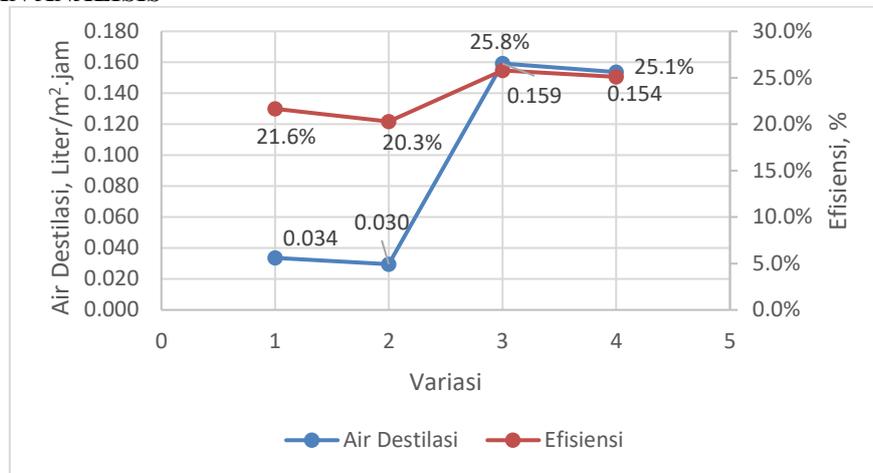
$$m_g \cdot h_{fg} = 16,27 \cdot 10^{-3} \cdot q_{konv} \left( \frac{p_w - p_c}{T_w - T_c} \right) \quad (2)$$

$$q_{konveksi} = 8,84 \cdot 10^{-4} \left[ T_w - T_c + \frac{p_w - p_c}{268,9 \cdot 10^3 - p_w} \cdot T_w \right]^{1/3} \cdot (T_w - T_c) \quad (3)$$

dengan  $q_{uap}$  adalah bagian energi matahari yang digunakan untuk proses penguapan (W/m<sup>2</sup>),  $q_{konv}$  adalah bagian energi matahari yang hilang karena konveksi (W/m<sup>2</sup>),  $P_w$  dan  $P_c$  adalah tekanan parsial uap air (N/m<sup>2</sup>),  $T_w$  adalah temperatur air (°C) dan  $T_c$  adalah temperatur kaca penutup (°C).

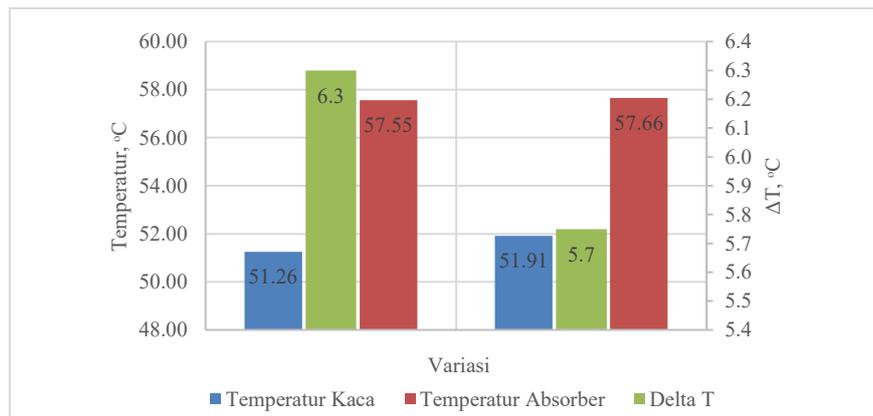
Energi panas ( $G_T$ ) yang terukur termokopel dari lampu sebesar 663 w/m<sup>2</sup>. Karena perbedaan *temperature* benda hitam antara lampu dan matahari, maka energi panas lampu yang terukur dibagi dengan perbandingan temperatur benda hitam matahari dengan temperatur benda hitam lampu.

**3. HASIL DAN ANALISIS**

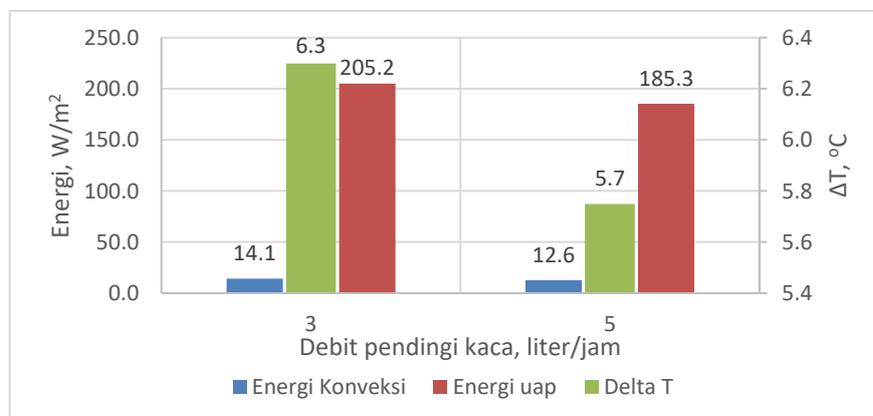


Gambar 3 Hasil analisis

Dari analisis menggunakan Persamaan (1), pada Gambar 3 hasil penelitian pada variasi pertama menghasilkan efisiensi 21,6% dan air destilasi 0,034 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada variasi kedua menghasilkan efisiensi 20,3% dan air destilasi 0,030 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada variasi ketiga menghasilkan efisiensi 25,8% dan air destilasi 0,159 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada variasi keempat menghasilkan efisiensi aktual 25,1% dan air destilasi 0,154 liter/m<sup>2</sup>.jam.

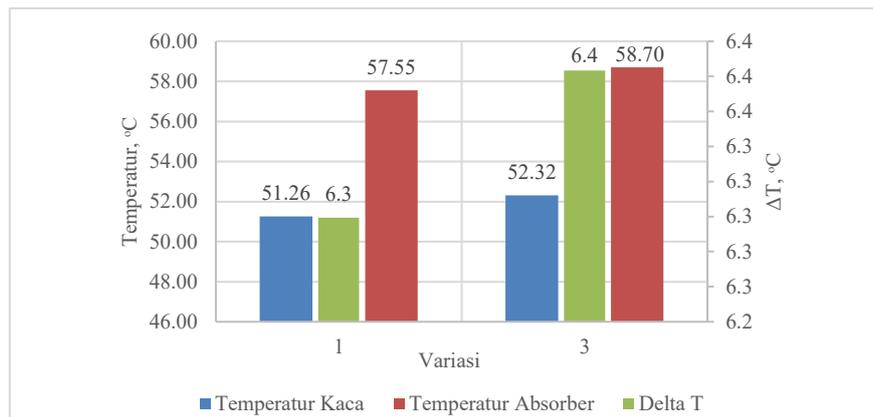


Gambar 4 Perbandingan temperatur kaca, absorber dan ΔT dari destilator tanpa penukar kalor

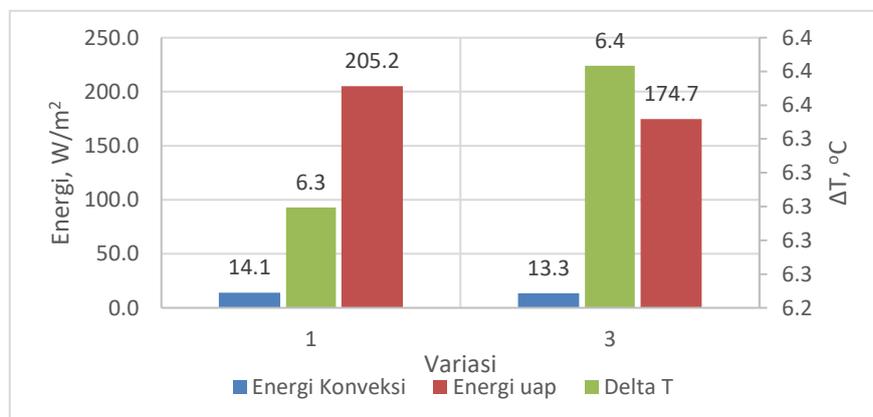


Gambar 5 perbandingan energi konveksi, energi uap dan ΔT pada destilator tanpa penukar kalor

Pada debit pendinginan kaca 3 liter/jam dapat menghasilkan air destilasi lebih banyak dibandingkan pada debit pendinginan kaca 5 liter/jam. Pada debit pendinginan kaca 5 liter/jam memiliki temperatur kaca dan temperatur *absorber* yang lebih rendah dibandingkan pada debit pendinginan kaca 3 liter/jam (Gambar 4). Terjadinya penurunan temperatur kaca dan temperatur *absorber* dikarenakan air pendingin kaca pada debit pendinginan kaca 5 liter/jam menyerap panas dari destilator. Terjadinya penurunan temperatur kaca pada debit pendinginan kaca 5 liter/jam mengakibatkan pengembunannya lebih cepat, tetapi dengan temperatur *absorber* yang juga mengalami penurunan mengakibatkan selisih temperaturnya mengecil sehingga uap yang dihasilkan lebih sedikit. Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa terjadinya penurunan energi konveksi dan energi uap akibat dari mengecilnya selisih temperatur kaca dan temperatur *absorber*. Energi konveksi dan energi uap adalah energi yang membantu dalam penguapan. Mengecilnya energi yang membantu dalam penguapan menyebabkan uap yang dihasilkan lebih sedikit. Meskipun pada debit pendinginan kaca 5 liter/jam memiliki pengembunan yang lebih baik, dengan uap yang dihasilkan lebih sedikit menjadi penyebab air destilasi yang dapat dihasilkan lebih sedikit dari pada debit pendinginan kaca 3 liter/jam.

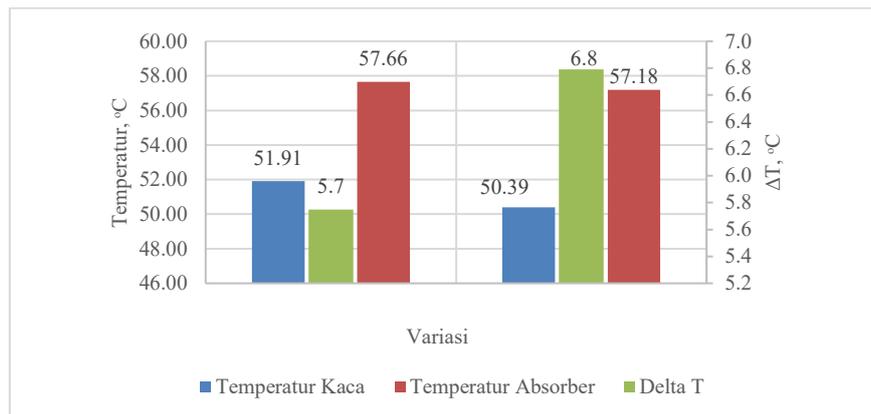


Gambar 6 perbandingan temperatur kaca, temperatur *absorber* dan  $\Delta T$  pada debit 3 liter/jam

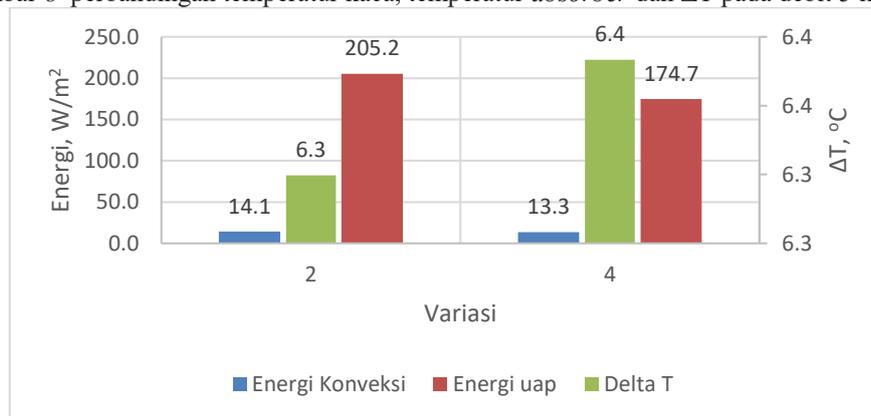


Gambar 7 perbandingan energi konveksi, energi uap dan  $\Delta T$  pada debit 3 liter/jam

Pada debit pendinginan kaca 3 liter/jam dengan penukar kalor menghasilkan air destilasi yang lebih banyak dibandingkan pada debit pendinginan kaca 3 liter/jam tanpa penukar kalor. Penambahan penukar kalor menyebabkan kenaikan temperatur kaca dari 51,26°C menjadi 52,32°C dan juga kenaikan temperatur *absorber* dari 57,55°C menjadi 58,70°C (Gambar 6). Terjadinya kenaikan temperatur kaca pada alat destilasi dengan penukar kalor dikarenakan selain menyerap panas dari energi lampu, kaca juga menyerap panas dari dalam destilator. Membesarnya selisih Temperatur kaca dan temperatur *absorber* menyebabkan membesarnya energi konveksi dan energi uap sehingga uap air yang dihasilkan lebih banyak (Gambar 7). Pada saat uap air yang dihasilkan lebih banyak maka air yang diembunkan akan lebih banyak. Terjadinya kenaikan air destilasi dikarenakan kenaikan temperatur kaca dan temperatur *absorber* dengan selisih temperatur yang membesar.



Gambar 8 perbandingan temperatur kaca, temperatur *absorber* dan  $\Delta T$  pada debit 5 liter/jam



Gambar 9 perbandingan energi konveksi, energi uap dan  $\Delta T$  pada debit 5 liter/jam

Sama halnya dengan debit pendinginan kaca 3 liter/jam, pada debit pendinginan kaca 5 liter/jam dengan penukar kalor terjadi kenaikan temperatur kaca dan temperatur *absorber* (Gambar 8). Kenaikan temperatur kaca dan temperatur *absorber* dengan selisih temperatur kaca dan temperatur *absorber* yang membesar menjadi penyebab membesarnya energi konveksi dan energi uap (gambar 9). Dengan membesarnya energi konveksi dan energi uap menyebabkan uap air yang dihasilkan lebih banyak, sehingga air destilasi yang dihasilkan akan lebih banyak.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Model alat destilasi air energi surya jenis jenis absorber kain dapat bekerja dengan baik
2. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa alat destilasi pada debit aliran air pendinginan kaca 4 liter/jam dihasilkan efisiensi 21,6% dan air destilasi 0,202 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada debit aliran air pendinginan kaca 6 liter/jam dengan efisiensi 20,3% dan air destilasi 0,177 liter/m<sup>2</sup>.jam.
3. Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa alat destilasi dengan penambahan penukar kalor pada debit 4 liter/jam dihasilkan efisiensi 25,8% dan air destilasi 0,038 liter/m<sup>2</sup>.jam. Pada debit aliran air pendinginan kaca 6 liter/jam menghasilkan efisiensi 25,1% dan air destilasi 0,033 liter/m<sup>2</sup>.jam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Yunus A., 1998. *Heat Transfer: A Practical Approach*. McGraw hill, Boston.
- [2] Arunkumar, T. et al., 2010. Study of thermo physical properties and an improvement in production of distillate yield in pyramid solar still with boosting mirror. *Indian Journal of Science and Technology*, 3(8), pp.879-84.
- [3] Mona M. Naim, M.A.A.E.K., 2002. Non-conventional solar stills Part 1. Nonconventional solar stills with charcoal particles as absorber medium. *Desalination*, 153, pp.55-64.
- [4] Ahmed Z Al-Garni, A.H.K.F.S.a.F.A. et al., 2011. Effect of glass slope angle and water depth on productivity of double slope solar still. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 70, pp.884-90.
- [5] Janarthanan, B., Chandrasekaran, J. & Kumar, S., 2006. Performance of floating cum tilted-wick type solar still with the effect of water flowing over the glass cover. *Desalination*, 190, pp.51-62.
- [6] Arismunandar, Wiranto, 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Pradnya Paramita, Jakarta.