

Destilasi Air Energi Surya Kain Bersekat Dengan Kipas Pendingin Kaca Penutup

Joshua Abhimukti .Y¹, F.A. Rusdi Sambada²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma
Korespondensi : jyogarino@gmail.com

ABSTRAK

Air mengandung berbagai macam mineral, tidak menutup kemungkinan air juga mengandung zat berbahaya di dalamnya. Air bersih yang terbebas dari kontaminasi dapat diperoleh dengan berbagai cara, salah satunya melalui proses destilasi. Destilasi dilakukan dengan dua proses utama, yaitu penguapan dan pengembunan. Penguapan memerlukan energi panas yang salah satu sumbernya adalah energi surya. Alat destilasi energi surya memiliki dua bagian utama, yaitu absorber sebagai peninjau proses penguapan dan penutup alat yang berfungsi untuk mengembunkan uap air. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi alat dengan memaksimalkan proses pengembunan pada model alat destilasi air energi surya jenis absorber kain bersekat. Pada model alat ini dilengkapi dengan Heat Exchanger (HE) untuk membatu proses penguapan dengan memanaskan terlebih dahulu air yang akan masuk ke absorber. Percobaan dilakukan selama 2 jam di dalam laboratorium Mekanika Fluida Universitas Sanata Dharma, dengan menambahkan kipas angin sebagai bentuk pendinginan pada kaca alat destilasi, serta menggunakan 6 buah lampu infrared sebagai pengganti energi panas matahari. Terdapat 3 variasi kecepatan angin yang akan diuji yaitu 0 m/s, 2 m/s, dan 3.5 m/s. Debit air masuk alat destilasi ditetapkan sebesar 3 liter/jam. Hasil yang diperoleh bahwa dengan kecepatan angin 0 m/s, dapat menghasilkan air destilasi 0.4 liter dan efisiensi aktual 58%, diikuti dengan kecepatan angin 2 m/s sebesar 0.48 liter serta efisiensi aktual 71% dan kecepatan angin 3.5 m/s sebesar 0.47 liter dengan efisiensi aktualnya 69%.

Kata kunci : Destilasi energi surya, absorber kain, pendingin angin, efisiensi

ABSTRACT

Water contains various kinds of minerals, possibly its also contains harmful substances in it. We can go through various ways to obtain clean water that is free from any contamination, one of them is through the distillation process. Distillation is consist with two main processes, evaporation and condensation. Evaporation requires heat energy, one of the source is solar energy. The solar energy distillation device has two main parts, there are absorber for evaporation process and the cover which function is to condense the water vapor. This study intents to improve the efficiency of the device by maximizing the condensation process with using fabric insulated type - solar energy water distillation device model. This device model is equipped with a Heat Exchanger (HE) to maximize the evaporation process by preheating the water that will enter the absorber. The experiment last for 2 hours in the Fluid Mechanics laboratory of Sanata Dharma University, by adding fans as a form of cooling the glass of distillation equipment, and using 6 infrared lights as a substitute for solar thermal energy. There are 3 variations of wind speed to be tested, those are 0 m / s, 2 m / s, and 3.5 m / s. Flow of the water running through the device are sets 3 liters/hour. The results obtained that with a 0 m / s wind speed, can produce 0.4 liters of distillation water and actual efficiency of 58%, followed by 2 m / s wind speed which can produce 0.48 liters and actual efficiency of 71% and 3.5 m / s wind speed which can produce 0.47 liters with actual efficiency of 69%.

Key words : Solar energy distillation, fabric insulated absorber, wind cooling , efficiency

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan manusia yang penting, terutama untuk minum. Tidak semua daerah di Indonesia memiliki sumber air yang layak konsumsi, seperti masyarakat yang tinggal di daerah pantai. Sumber air yang ada sering kali telah terkontaminasi dengan tanah, bahan kimia, terutama garam (air laut). Air dalam kondisi tersebut tentu tidak dapat digunakan secara langsung, untuk itu air tersebut harus dimurnikan terlebih dahulu. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperoleh air yang bebas dari kontaminasi adalah dengan cara destilasi. Dalam destilasi air hanya ada dua proses yang di lakukan yaitu penguapan dan pengembunan. Proses penguapan adalah proses perubahan fase air menjadi uap yang berarti zat pengotor akan tertinggal, dan proses pengembunan adalah proses dimana uap air terkondensasi menjadi air murni yang layak konsumsi. Ada berbagai jenis alat destilasi air, salah satunya adalah yang memanfaatkan energi surya.

Unjuk kerja suatu alat destilasi energi surya ditentukan oleh jumlah massa air bersih yang dapat dihasilkan. Beberapa faktor yang akan mempengaruhi efisiensi alat destilasi diantaranya: daya serap panas *absorber*, luas permukaan *absorber*, temperatur air yang masuk kedalam alat destilasi, lama waktu pemanasan, kemampuan kaca penutup untuk mengembunkan uap, dan jumlah massa/volume air yang terdapat pada alat destilasi. Jumlah massa/volume air dalam alat destilasi tidak boleh terlalu besar karena akan menghambat proses penguapan. Alat destilasi energi surya yang umum digunakan adalah yang berjenis absorber kain bersekat. Lapisan kain memungkinkan air yang mengalir akan memenuhi tiap bagian sekat secara merata, sehingga penguapan akan mudah terjadi. Penambahan penukar panas (HE) juga dapat membantu proses penguapan dengan memanaskan terlebih dahulu air yang akan masuk ke absorber. HE yang digunakan akan memanfaatkan air limbah dari absorber yang memiliki temperatur tinggi untuk memanaskan air dari sumber yang temperaturnya lebih rendah. Hal ini akan mempengaruhi massa?volume air yang masuk absorber sehingga penguapan akan lebih mudah terjadi.

Cara untuk meningkatkan daya serap panas umumnya *absorber* dicat dengan warna hitam, dan kaca pada bagian penutup juga harus jernih agar tidak menghalangi cahaya yang masuk. Kaca yang tidak banyak menyerap panas dapat membantu proses kondensasi dari uap air, sehingga lebih banyak air yang akan mengembun. Proses pendinginan kaca dapat dilakukan dengan banyak hal salah satunya menggunakan kipas angin. Langkah ini masih belum banyak diteliti, sehingga masih perlu ditinjau lebih dalam untuk mengetahui kenaikan hasil air destilasi dan efisiensi aktualnya.

2. METODE PENELITIAN

Dalam pengambilan data secara eksperimen, beberapa variabel yang digunakan untuk analisis akan diukur. Variabel-variabel tersebut adalah : temperatur *absorber* dalam model destilasi (T_w , °C), temperatur kaca (T_c , °C), energi panas lampu (G_T , W/m²), jumlah hasil air destilasi yang dihasilkan (m_d , liter), luasan alat destilasi (A_c , m²) dan debit kain (debit masuk alat destilasi ; Q , liter/jam), Secara terinci, langkah penelitian ini secara eksperimen adalah :

1. Menyiapkan alat destilasi yakni alat destilasi jenis kain bersekat (Gambar 1).
2. Mempersiapkan alat-alat ukur yang akan digunakan di antaranya adalah *temperature sensor*, *sensor level*, *solar meter*, *anemometer*, *microcontroller adruino*, gelas ukur, dan *stopwatch*.
3. Mengatur debit aliran air yang masuk ke alat sebesar 3 liter/jam.
4. Mencatat temperatur *absorber* dalam model destilasi (T_w), temperatur kaca (T_c), jumlah air destilasi yang dihasilkan (m_d) dan energi panas dari lampu *infrared* (G_T) tiap 10 menit selama 2 jam.
5. Melakukan pengulangan langkah 2,3 dan 4 dengan variasi kecepatan angin pendingin kaca sebesar 0 m/s, 2 m/s, dan 3.5 m/s.
6. Melakukan analisis data dengan persamaan (1).

Terdapat 3 variasi pengambilan data, yaitu : variasi pertama dengan mengatur kecepatan angin pendingin kaca sebesar 0 m/s, variasi kedua dengan mengatur kecepatan angin pendingin kaca sebesar 2 m/s, dan variasi ketiga dengan mengatur kecepatan angin pendingin kaca sebesar 3.5 m/s. Dari variasi tersebut kemudian akan dibandingkan antara variasi 1 dengan 2, variasi 1 dengan 3 dan variasi 2 dengan 3. Pengambilan data dari tiap variasi dilakukan selama 2 jam dan pencatatan data dilakukan dengan sensor yang diatur dengan mikrokontroler, sehingga dapat dilakukan pengambilan data tiap menit. Analisis data dan pembahasan tentang fenomena yang terjadi dilakukan dengan pembuatan grafik perbandingan kenaikan hasil air per 10 menit selama 2 jam pengambilan data untuk setiap variasinya. Setelah pengumpulan data dan analisis data selesai, penelitian dilanjutkan dengan penyusunan hasil data serta melakukan pengolahan, penarikan kesimpulan dan saran.



Gambar 1. Model alat destilasi jenis absorber kain bersekat.

Efisiensi alat destilasi energi surya didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang digunakan dalam proses penguapan air dengan jumlah radiasi surya yang datang selama waktu tertentu (Arismunandar, 1995). Efisiensi alat destilasi terdiri dari efisiensi teoritis dan aktual. Efisiensi teoritis (η_{teoritis}) didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang dipakai untuk menaikkan temperatur sejumlah massa air dalam alat destilasi berdasarkan data teorinya (menggunakan energi panas matahari). Sedangkan efisiensi aktual (η_{aktual}) didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang dipakai untuk menaikkan temperatur sejumlah massa air dalam alat destilasi berdasarkan pengambilan data penelitian (menggunakan energi panas lampu). Efisiensi aktual (η_{aktual}) dapat dihitung dengan persamaan 1 :

$$\eta_{\text{aktual}} = \frac{m_d \cdot h_{fg} \cdot 1000^{\text{J/KJ}}}{A_c \cdot \int_0^t G_T dt} \% \quad (1)$$

M_d adalah hasil air destilasi (liter), h_{fg} adalah panas laten penguapan (kJ/kg), A_c adalah luasan permukaan media destilasi (m^2), G_T adalah energi panas dari lampu *infrared* (W/m^2), dt adalah lama waktu pemanasan (detik).

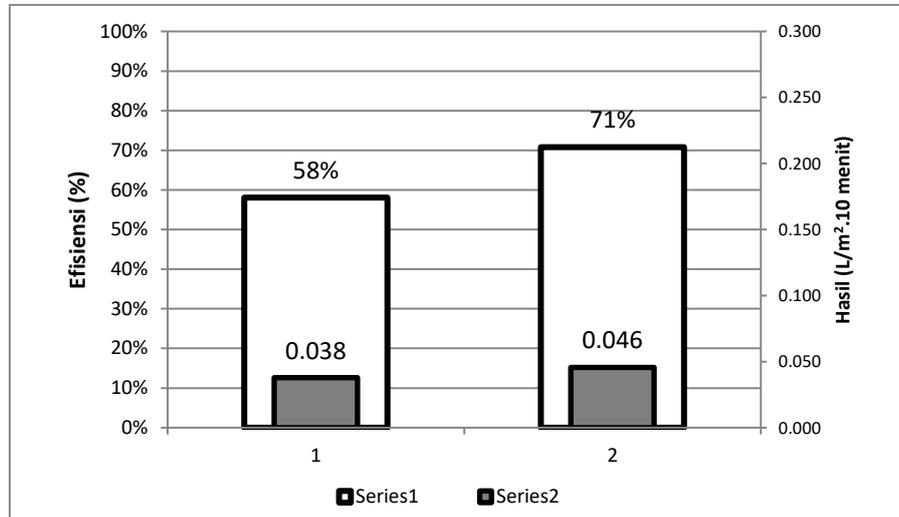
Kita juga dapat mengetahui seberapa besar koefisien perpindahan panas konveksi (h_{konveksi}) yang terjadi pada alat destilasi menggunakan persamaan 2:

$$h = \frac{q_{\text{konveksi}}}{\Delta T} \text{ W/m}^2 \text{ K} \quad (2)$$

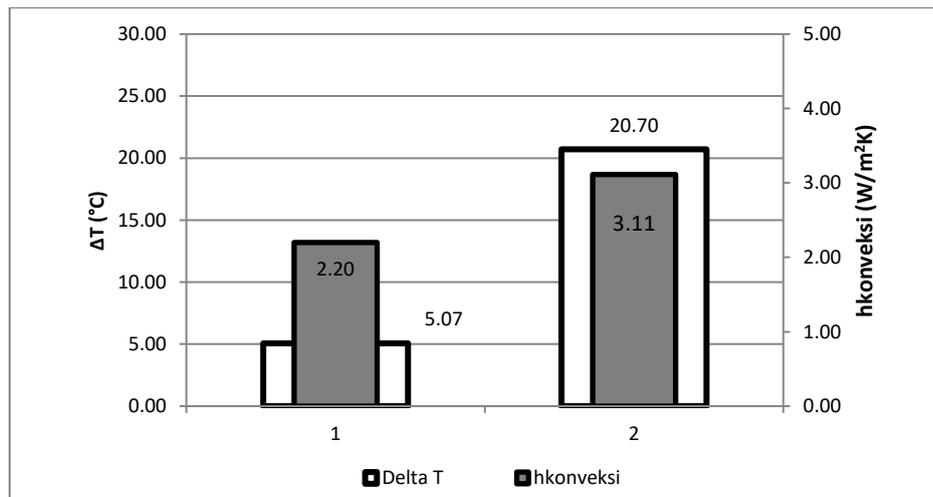
q konveksi adalah energi panas yang diserap oleh alat destilasi (W/m^2), ΔT adalah selisih temperatur *absorber* dan kaca penutup (K).

HASIL DAN ANALISIS

Data dari penelitian yang diperoleh, kemudian diolah dengan *Microsoft Excel* dan dianalisis menggunakan persamaan (1) dan (2). Analisis akan lebih mudah dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara variabel seperti Gambar 2 sampai 5.

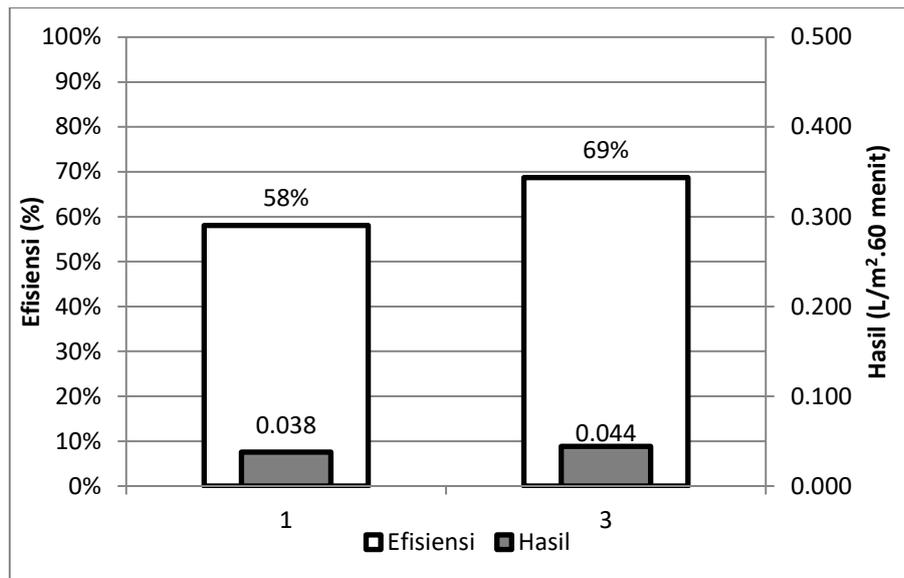


Gambar 2. Grafik perbandingan efisiensi (%) dengan hasil air destilasi (liter) antara variasi 1 dan 2 selama 120 menit pengambilan data.

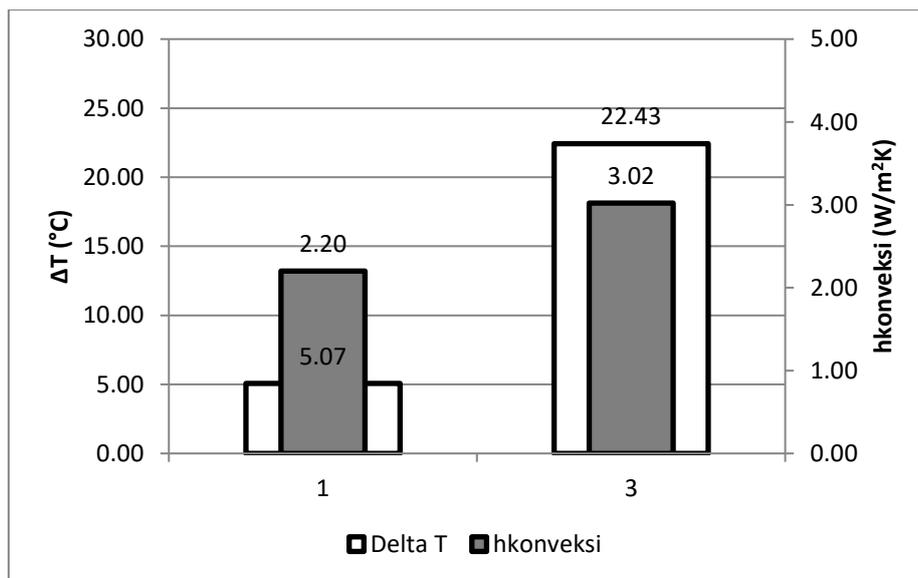


Gambar 3. Grafik Perbandingan Delta T (K) dengan h konveksi (W/m²K) antara variasi 1 dan 2 selama 120 menit pengambilan data.

Gambar 2 menunjukkan perbedaan efisiensi yang signifikan. Pada variasi 1 efisiensi 58% dan variasi 2 efisiensi 71% yaitu 13% selisihnya. Hal ini terjadi seiring dengan kenaikan jumlah air hasil destilasi dari sebanyak 0.038 L/m².10 menit menjadi sebanyak 0.046 L/m². 10 menit. Ini berkaitan dengan keterangan pada Gambar 3. Selisih temperatur antara variasi 1 dan variasi 2 juga mengalami kenaikan yang signifikan, karena adanya pendinginan pada permukaan kaca. Tanpa adanya pendinginan (variasi 1) temperatur kaca maupun *absorber* menjadi sangat tinggi, kelebihannya adalah proses penguapan dapat maksimal tetapi kaca yang panas justru akan menghambat proses pengembunan dan nilai selisih temperatur juga menjadi kecil. Kaca dengan temperatur lebih rendah memudahkan uap air untuk berkondensasi dan selisih temperatur yang besar menyebabkan kenaikan pada koefisien perpindahan panas alat.

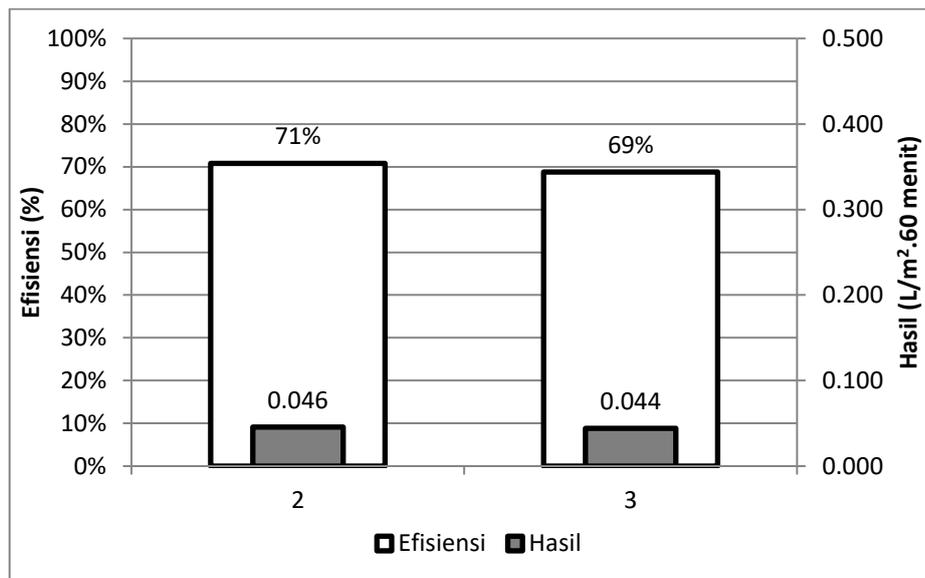


Gambar 4. Grafik perbandingan efisiensi (%) dengan hasil air destilasi (liter) antara variasi 1 dan 3 selama 120 menit pengambilan data.

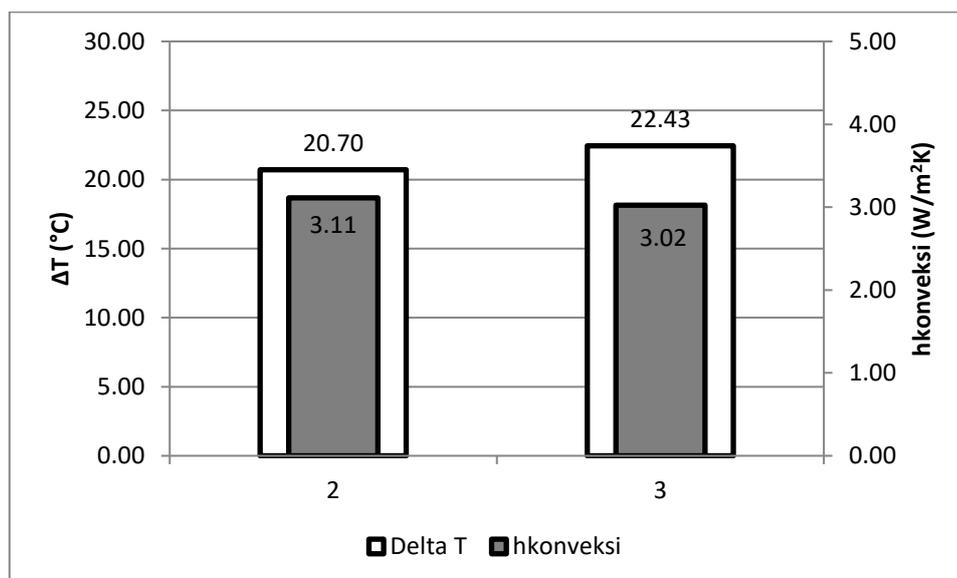


Gambar 5. Grafik Perbandingan Delta T (K) dengan h konveksi (W/m²K) antara variasi 1 dan 3 selama 120 menit pengambilan data.

Gambar 4 menunjukkan adanya kenaikan efisiensi yang signifikan pada variasi 1 dan 3. Selisih besar efisiensinya yaitu 11%. Jumlah air yang dihasilkan juga bertambah dari sebanyak 0.038 L/m²·10 menit menjadi sebanyak 0.044 L/m²·10 menit. Hal ini disebabkan karena pada variasi 3 digunakan kecepatan angin pendingin kaca yang paling besar, yaitu 3.5 m/s, sehingga kaca dapat menjadi lebih dingin dan selisih temperaturnya menjadi yang paling tinggi yaitu 22.43K tentu koefisien perpindahan panas konveksi juga turut naik.



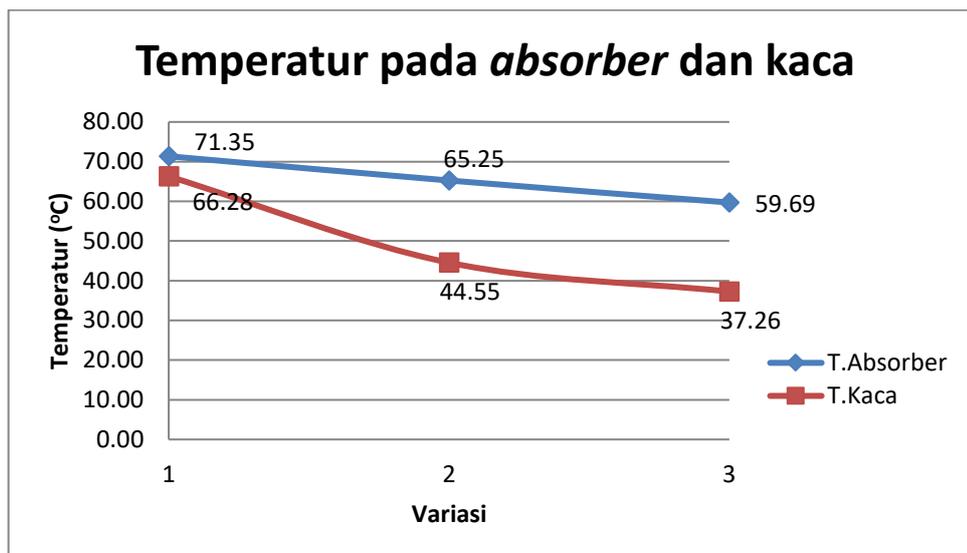
Gambar 6. Grafik perbandingan efisiensi (%) dengan hasil air destilasi (liter) antara variasi 2 dan 3 selama 120 menit pengambilan data.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Delta T (K) dengan h konveksi (W/m²K) antara variasi 2 dan 3 selama 120 menit pengambilan data.

Gambar 6 menunjukkan adanya penurunan nilai efisiensi pada variasi 2 dan 3. Terjadi penurunan sebesar 2% terhadap efisiensi karena hasil air destilasi yang menurun dari sebanyak 0.046 L/m².10 menit menjadi sebanyak 0.044 L/m². 10 menit. Padahal selisih temperatur (Delta T) pada variasi 3 lebih besar daripada variasi 2 seiring dengan naiknya kecepatan angin pendingin. Penurunan juga terjadi pada nilai koefisien perpindahan konveksi, pada variasi 2 sebesar 3.11 W/m²K dan pada variasi 3 sebesar 3.02 W/m²K.

Ini menunjukkan bahwa kenaikan nilai selisih temperatur akibat pendinginan kaca tidak berbanding lurus dengan kenaikan efisiensi dan hasil air destilasi yang dihasilkan. Naiknya nilai selisih temperatur bisa terjadi karena temperatur kaca yang menurun akibat pendinginan atau temperatur *absorber* yang semakin panas akibat perpindahan konveksi yang bagus.



Gambar 8. Grafik perbandingan temperatur *absorber* dan temperatur kaca pada variasi 1, variasi 2, dan variasi 3.

.Pada gambar 8 menunjukkan adanya kenaikan nilai selisih temperatur dari variasi 1 sampai variasi 3. Jika kita bandingkan antara variasi 2 dan variasi 3 maka selisih temperatur terbesar adalah variasi 3, namun temperatur absorber pada variasi 2 lebih tinggi daripada variasi 3. Tentu hal ini berdampak pada proses penguapan yang menjadi kurang maksimal karena air yang mengalir pada absorber tidak menerima cukup panas untuk dapat menguap.

Kecepatan angin pada pendinginan kaca tentu berpengaruh pada efisiensi alat ini dan terbukti pada variasi 2 dan variasi 3 terdapat kenaikan efisiensi yang signifikan dari variasi 1. Namun pada variasi 3 yang memiliki kecepatan angin pendingin paling tinggi justru menghambat proses destilasi karena temperatur absorber menjadi menurun sehingga proses penguapan air menjadi terhambat dan efisiensi juga menjadi turun.

3. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa dengan kecepatan angin 0 m/s, dapat menghasilkan air destilasi 0.4 liter dan efisiensi aktual 58%, diikuti dengan kecepatan angin 2 m/s sebesar 0.48 liter serta efisiensi aktual 71% dan kecepatan angin 3.5 m/s sebesar 0.47 liter dengan efisiensi aktualnya 69%.
2. Penambahan kipas pendingin kaca penutup berdampak signifikan pada efisiensi aktual alat destilasi energi surya
3. Semakin besar kecepatan angin yang diaplikasikan maka berdampak pada penurunan efisiensi karena temperatur absorber yang menurun

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa teknik mesin universitas sanata dharma yang telah membantu menyiapkan segala keperluan selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed, Husham M, dkk. 2010. *Solar Water Distillation With A Cooling Tube. Renewable Energy Congress*.
- [2] Jansen, Ted. J. 1995. "Teknologi Rekayasa Surya". Bandung: PT Pradnya Paramita.
- [3] Khalifa, A. N. and Hamood, A. M., "Experimental Validation and Enhancement of Some Solar Still Performance Correlations". *Desalination and Water Treatment*, ISSN 1944-3994, vol. 4, Pages, 311-315, (2009).
- [4] Medugu, D. W., L. G. Ndatuwong. 2009. *Theoretical Analysis of Water Distillation Using Solar Still. Physical Sciences*. 4(11):705-712.
- [5] Wicaksono, Retta Tri. 2013. "Destilasi Air Energi Surya Vertikal Dengan Solar Tracker". *Skripsi. Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta*.