

Efisiensi Destilasi Jenis Absorber Kain Menggunakan Kolektor Air Energi Surya

Sekar Widhi Hayuningtyas¹, F. A. Rusdi Sambada²,

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

ABSTRAK

Matahari merupakan salah satu sumber energi panas yang dapat kita peroleh setiap hari dan dapat kita manfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari – hari. Salah satunya untuk memperoleh air bersih melalui proses destilasi. Destilasi merupakan proses untuk mendapatkan air bersih dengan cara menguapkan air yang terkontaminasi kotoran, lalu uap air tersebut mengalami pengembunan. Hasil dari pengembunan uap air tersebut adalah air bersih yang sudah terpisah dari kontaminannya. Jenis destilasi yang dipakai dalam destilasi ini adalah jenis destilasi yang memakai kain sebagai absorbernya. Untuk mempercepat proses destilasi, air terkontaminasi sebelumnya dimasukkan ke dalam kolektor air energi surya untuk dipanaskan. Dengan harapan, air yang sudah panas bila dimasukkan ke dalam alat destilasi dapat mempercepat proses penguapan. Dalam penelitian ini digunakan dua alat yaitu destilasi jenis absorber kain yang diberi variasi dengan penambahan kolektor dan reflektor sebagai alat penelitian dan destilasi jenis absorber kain tanpa kolektor dan reflektor sebagai pembanding. Pada penelitian ini dilakukan 5 variasi. Diantara 3 variasi debit yang dilakukan, efisiensi dan hasil destilasi tertinggi diperoleh oleh variasi 2 dengan debit 3 liter/jam yaitu dengan efisiensi sebesar 16% dan hasil efisiensi 1,35 liter. Hal ini menunjukkan bahwa alat destilasi ini mampu bekerja secara maksimal pada debit 3 liter/jam. Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh variasi 5 yaitu destilasi kain dengan tambahan kolektor dan reflektor dengan luas reflektor 100% yaitu sebesar 20% diikuti dengan hasil destilasi tertinggi sebesar 1,4 liter. Jika pada variasi yang dilakukan memiliki nilai $h_{konveksi} \cdot \Delta T$ yang tinggi maka variasi tersebut memiliki nilai efisiensi dan hasil destilasi yang maksimal akibat tingginya temperatur kaca absorber dan temperatur absorber. Penambahan kolektor dan reflektor mengakibatkan hasil destilasi yang diperoleh menjadi lebih banyak.

Kata kunci: Destilasi, kolektor, efisiensi, reflektor

ABSTRAK

The sun is one of the hot energy sources that we can get every day and we can use it to meet our daily needs. One of them is to obtain clean water through a distillation process. Distillation is the process of obtaining clean water by evaporating water contaminated with dirt, then the moisture is condensed. The result of moisture condensation is clean water that has been separated from the contaminants. The type of distillation used in this distillation is a type of distillation that uses cloth as its absorber. To speed up the distillation process, previously contaminated water is put into a solar energi water collector to be heated. With hope, the hot water when put into a distillation device can speed up the evaporation process. In this study two tools were used, namely distillation of cloth absorber types which were given variations with the addition of collectors and reflectors as research tools and distillation of cloth absorber types without collectors and reflectors as a comparison. In this study 5 variations were carried out. Among the 3 debit variations performed, the efficiency and the highest distillation results were obtained by variation 2 with a flow of 3 liters / hour, with an efficiency of 16% and the efficiency of 1.35 liters. This shows that the distillation device is able to work optimally at a flow of 3 liters / hour. The highest efficiency is produced by variation 5, namely distillation of cloth with the addition of collector and reflector with an area of 100% reflector that is equal to 20% followed by the highest distillation of 1.4 liters. If the variation carried out has a high $h_{konveksi} \cdot \Delta T$ value, the variation has an efficiency value and maximum distillation results due to the high temperature of the glass absorber and temperature absorber. Addition of collectors and reflectors resulted in more distillation results obtained.

Keyword : Distillation, collector, efficiency, reflector

1. PENDAHULUAN (10 PT)

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang meningkat seiring dengan berkembangnya jumlah populasi manusia di dunia. Namun sumber air yang ada seringkali sudah terkontaminasi dengan tanah, garam, bahan kimia, logam berat, dan bakteri yang berbahaya jika dikonsumsi. Kualitas air yang buruk dapat

menyebabkan berbagai penyakit yang dapat membahayakan kesehatan. Akibat penurunan kualitas air, kita harus melakukan suatu proses untuk memisahkan air dari bahan kontaminan agar diperoleh air bersih.

Salah satu cara untuk memperoleh air bersih adalah melalui proses destilasi (penyulingan) menggunakan energi surya. Keuntungan dari destilasi energi surya ini adalah ramah lingkungan, biaya pembuatan dan perawatan yang murah, dan pengoperasian alat yang mudah karena menggunakan teknologi sederhana. Terdapat dua komponen penting dalam alat destilasi yaitu absorber dan kaca penutup. Absorber biasanya berupa bak yang berfungsi untuk menyerap energi surya yang digunakan untuk menguapkan air sehingga terpisah dari bahan kontaminannya. Kaca penutup berfungsi sebagai tempat mengembunnya uap air sehingga dihasilkan air murni. Air hasil destilasi sebenarnya merupakan air murni siap minum, namun alat destilasi harus dibuat memenuhi standar *food grade* agar air dapat langsung dikonsumsi.

Unjuk kerja alat destilasi dinyatakan dengan efisiensi alat dan jumlah air bersih yang dihasilkan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah air bersih yang dihasilkan seperti : keefektifan absorber dalam menyerap energi surya, keefektifan kaca penutup dalam mengembun uap air, debit air yang akan didestilasi dan, temperatur air yang masuk ke dalam alat destilasi.

Absorber harus terbuat dari bahan yang mampu menyerap panas matahari dengan baik. Untuk memaksimalkan penyerapan energi surya, biasanya absorber diberi cat warna hitam. Kaca penutup tidak boleh terlalu tebal karena akan mengakibatkan suhu di dalam kaca penutup terlalu panas sehingga uap air sulit mengalami proses pengembunan. Ketinggian air di dalam bak juga harus dibatasi, karena air yang terlalu tinggi dapat membuat proses penguapan menjadi lebih lama. Temperatur air masuk alat destilasi juga harus dimaksimalkan untuk mempercepat proses penguapan. Untuk menambah temperatur air masuk alat destilasi digunakan kolektor energi surya. Semakin tinggi temperatur air masuk alat destilasi, proses penguapan menjadi lebih cepat, jumlah air yang dihasilkan menjadi lebih banyak.

Dalam penelitian ini dipilih destilasi jenis absorber kain untuk memperoleh hasil penguapan yang maksimal. Dengan memanfaatkan prinsip kapilaritas, diharapkan air terkontaminan akan menyebar ke seluruh permukaan kain dan membentuk lapisan tipis, sehingga area penguapan akan menjadi lebih luas dan mempercepat proses penguapan. Penulis juga mengembangkan variasi melalui kolektor air energi surya yang dikombinasikan dengan reflektor yang berfungsi untuk memanaskan air masukan agar temperaturnya menjadi lebih tinggi untuk mempercepat proses penguapan sehingga kecepatan destilasi meningkat dan jumlah air bersih yang diperoleh menjadi lebih banyak.

Penelitian ini menggunakan dua alat destilasi, alat yang pertama dikombinasikan dengan kolektor energi surya yang nantinya juga akan diberi tambahan reflektor untuk memperbesar area penyerapan panas oleh kolektor, sedangkan alat kedua berfungsi sebagai pembanding. Digunakan tiga variasi debit pada alat destilasi dengan kolektor yaitu sebanyak 2,4 liter/jam, 3 liter/jam, 3,6 liter/jam. Sedangkan debit pada pembanding dibuat konstan yaitu sebesar 3,6 liter/jam.

2. METODE PENELITIAN (10 PT)

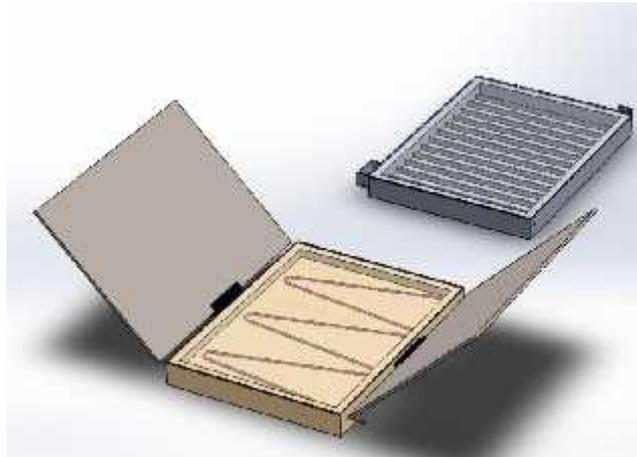
Variabel yang diperlukan antara lain: temperatur absorber alat destilasi (T_w), temperatur kaca absorber (T_c), temperatur sekitar (T_s), temperatur air masuk (T_{in}), temperatur air keluar (T_{out}), jumlah air yang dihasilkan, dan energi surya yang diterima (G), luas alat destilasi yang ditambah luas kolektor dan reflektor (A_c), Debit air masuk (Q). Berikut merupakan langkah penelitian ini secara eksperimen:

1. Menyiapkan alat destilasi yakni alat destilasi jenis kain yang dikombinasikan dengan kolektor dan pada hari penelitian ke empat dan lima akan dikombinasikan dengan reflektor dan alat destilasi jenis kain tanpa kombinasi.
2. Menyiapkan alat-alat ukur yang akan digunakan di antaranya adalah *temperatur sensor, sensor level, solar meter, microcontroller arduino, stopwatch*.
3. Mengatur kemiringan alat dan pembanding sebesar 15 derajat
4. Mencatat temperatur *absorber* alat destilasi (T_w), temperatur kaca (T_c), temperatur lingkungan (T_s), jumlah air destilasi yang dihasilkan (liter) dan energi surya yang diterima (G) tiap jam.
5. Mengatur variasi debit alat destilasi kain yaitu 2,4 liter/jam, 3 liter/jam, dan 3,6 liter/jam
6. Melakukan analisis data dengan persamaan (1).

Dalam penelitian ini terdapat beberapa variabel yang divariasikan seperti debit aliran masuk absorber dan juga penggunaan kolektor. Berikut merupakan daftar variabel yang divariasikan dalam penelitian ini:

1. Debit air masuk absorber 2,4 liter/jam dengan kolektor tanpa reflektor
2. Debit air masuk absorber 3 liter/jam dengan kolektor tanpa reflektor
3. Debit air masuk absorber 3,6 liter/jam dengan kolektor tanpa reflektor
4. Debit air masuk absorber 3,6 liter/jam dengan kolektor dan luas reflektor 50%

5. Debit air masuk absorber 3,6 liter/jam dengan kolektor dan luas reflektor 100%



Gambar 1. Destilasi dengan absorber kain dan kolektor energi surya pipa seri dengan tambahan reflektor

Pengambilan data sebaiknya dilakukan pada saat cuaca sedang cerah agar nilai G yang dihasilkan lebih besar. Pengambilan data menggunakan sensor yang diatur dengan *microcontroller* sehingga dapat dilakukan pengambilan data setiap 10 detik. Terdapat beberapa parameter yang divariasikan, yaitu debit air masuk dalam absorber dan temperatur air masuk absorber dengan menambah penggunaan kolektor dan reflektor. Setelah selesai dilakukan pengambilan data dilakukan analisis untuk mengetahui unjuk kerja alat destilasi.

Unjuk kerja alat destilasi dinyatakan dengan efisiensi alat destilasi. Efisiensi alat destilasi didefinisikan sebagai perbandingan jumlah energi yang digunakan dalam proses penguapan air dengan jumlah total radiasi surya yang diserap oleh absorber dalam waktu tertentu (Ketut : 2011).

$$\eta = \frac{m_d \cdot h_{fg}}{A_c \cdot G \cdot dt} \times 100\% \quad (1)$$

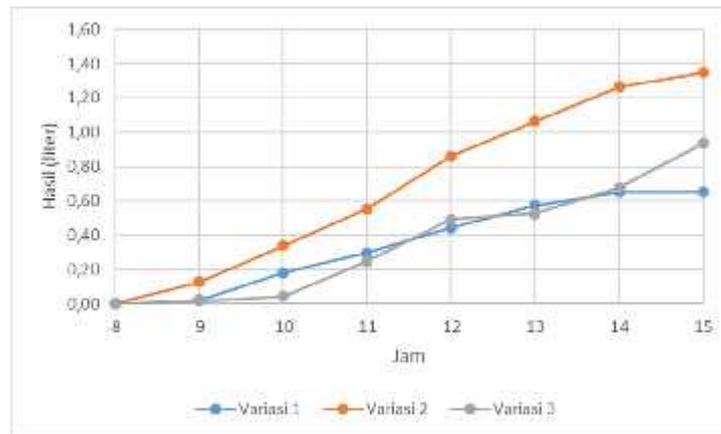
Dimana A_c merupakan luas alat destilasi (m^2), dt merupakan lama waktu pemanasan (detik), G merupakan energi surya yang diterima (W/m^2), h_{fg} merupakan panas laten air (J/kg), m_d merupakan massa air yang dihasilkan (kg).

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian ini, dijelaskan hasil penelitian dan diskusi komprehensif. Hasil dapat disajikan dalam bentuk Setelah dilakukan pengambilan data, data yang diperoleh kemudian diolah untuk dilakukan analisis. Untuk mempermudah proses analisis, kemudian dibuat grafik hubungan antar variabel sebagai berikut :

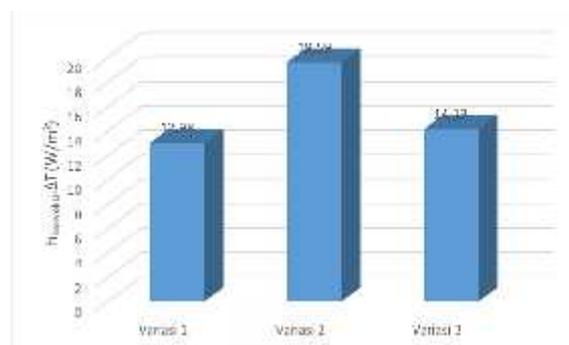


Gambar 2. Perbandingan efisiensi antara destilasi kain dengan kolektor dan tanpa kolektor pada setiap variasi.



Gambar 3. Perbandingan hasil destilasi kain dengan kolektor pada variasi 1, 2, dan 3

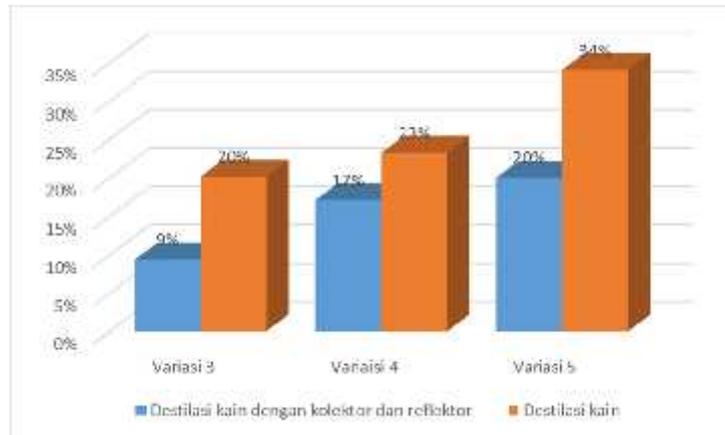
Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa efisiensi destilasi tanpa kolektor lebih tinggi daripada efisiensi destilasi kain dengan kolektor pada variasi 1, 2, dan 3. Efisiensi destilasi kain tanpa kolektor dapat mencapai 54% pada variasi debit 3 liter/jam, sedangkan destilasi kain dengan kolektor hanya mampu mencapai efisiensi 16%. Hal ini diakibatkan luas alat destilasi saat menggunakan kolektor lebih besar daripada saat tidak menggunakan kolektor. Sehingga saat dilakukan analisis dengan persamaan (1) nilai Ac yang lebih besar akan memperkecil nilai efisiensi dan diperoleh efisiensi destilasi tanpa kolektor lebih tinggi daripada destilasi kain dengan kolektor. Diantara ketiga variasi yang dilakukan, variasi 2 dengan debit 3 liter/jam memiliki nilai efisiensi tertinggi dibanding variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa alat destilasi ini mampu bekerja secara maksimal dengan debit 3 liter/jam. Pada variasi 1 dengan debit 2,4 liter/jam alat destilasi dengan kolektor menghasilkan efisiensi sebesar 11%. Hal ini terjadi karena pada saat alat diberi debit kecil membutuhkan waktu lama agar air dapat diserap atau menyebar ke seluruh permukaan kain, sehingga pada bagian kain yang tidak terdapat air tidak terjadi penguapan. Penguapan hanya terjadi apabila terdapat air pada kain yang berfungsi sebagai absorber. Ketika absorber tidak terisi dengan air, absorber akan memantulkan panas yang akan langsung diterima oleh kaca, sehingga temperatur kaca akan meningkat. Akibat peningkatan temperatur kaca, proses pengembunan tidak dapat berlangsung secara maksimal, karena syarat terjadinya pengembunan adalah temperatur kaca yang serendah mungkin. Sedangkan pada variasi 3 dengan debit 3,6 liter/jam mengakibatkan air yang terdapat di dalam absorber terlalu banyak sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama agar terjadi penguapan. Begitu juga dapat dilihat pada gambar 3, hasil air destilasi terbanyak dicapai oleh variasi 2 yaitu pada debit 3 liter/jam yaitu sebanyak 1,35 liter, sedangkan pada variasi 1 jumlah air yang dihasilkan hanya sebanyak 0,65 liter dan pada variasi 3 sebanyak 0,94 liter. Hal ini karena pada variasi debit 3 liter/jam, air yang masuk ke dalam absorber sangat ideal, yaitu tidak terlalu banyak maupun terlalu sedikit sehingga hasil yang diperoleh maksimal. Jika variasi 1 dan variasi 3 dibandingkan, alat destilasi dapat memperoleh hasil yang lebih tinggi pada debit air masuk yang relative besar.



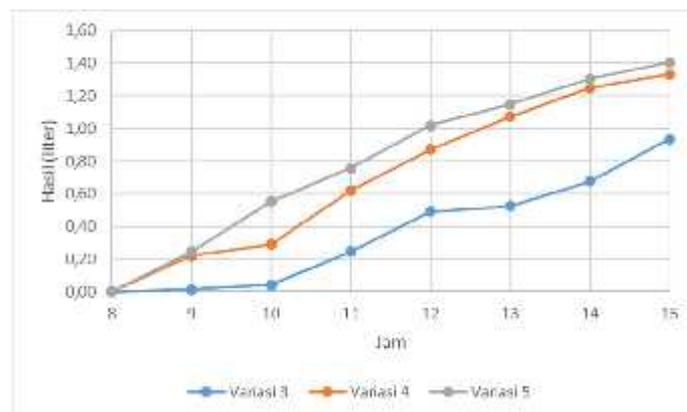
Gambar 4. Perbandingan nilai $h_{konveksi} \cdot \Delta T$ pada variasi 1, 2, dan 3

Pada gambar 4 dapat dilihat nilai $h_{konveksi} \cdot \Delta T$ tertinggi dimiliki oleh variasi 2 yaitu sebesar 19,59 W/m^2 . $h_{konveksi}$ adalah koefisien perpindahan panas konveksi yang merupakan perbandingan antara $q_{konveksi}$ dengan ΔT . ΔT merupakan perbedaan antara temperatur dalam absorber dan temperatur kaca absorber. Besarnya nilai

$h_{\text{konveksi}} \Delta T$ berpengaruh pada efisiensi yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai $h_{\text{konveksi}} \Delta T$ maka nilai efisiensi dan hasil air yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Dapat dilihat pada variasi 2 yang memiliki nilai $h_{\text{konveksi}} \Delta T$ yang tinggi, pada variasi tersebut mampu menghasilkan efisiensi sebesar 16% dan hasil destilasi 1,35 liter yang merupakan hasil tertinggi diantara variasi lainnya. Besarnya nilai $h_{\text{konveksi}} \Delta T$ dipengaruhi oleh besarnya temperatur dalam absorber dan kaca absorber yang mampu dihasilkan.



Gambar 5. Perbandingan efisiensi antara destilasi kain menggunakan kolektor dan reflektor dengan destilasi kain tanpa kolektor dan reflektor pada variasi 3, 4, dan 5.



Gambar 6. Perbandingan hasil antara destilasi kain menggunakan kolektor dan reflektor dengan tanpa kolektor dan reflektor pada variasi debit 3,6 liter/jam.

Berdasarkan pada gambar 5 dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi mampu dihasilkan oleh destilasi kain tanpa tambahan kolektor dan reflektor pada variasi 5 yaitu sebesar 34%, diikuti oleh variasi 4 sebesar 23%, dan variasi 3 sebesar 20%. Sedangkan pada variasi 3 yaitu destilasi kain dengan tambahan kolektor hanya memperoleh efisiensi sebesar 9%, lebih rendah dari efisiensi variasi 4 yaitu destilasi kain dengan tambahan kolektor dan luas reflektor 50% sebesar 17%. Dan pada variasi 5 yaitu destilasi kain dengan tambahan kolektor dan luas reflektor 100% mencapai efisiensi sebesar 20%. Variasi 5 mampu mencapai efisiensi tertinggi karena memiliki hasil destilasi yang maksimal yaitu sebesar 1,40 liter yang dapat dilihat pada gambar 5. Variasi 5 memiliki hasil destilasi tertinggi akibat penambahan kolektor dan reflektor, dan juga reflektor yang digunakan memiliki luasan penuh atau 100%. Kolektor berfungsi untuk memanikkan temperatur air masuk absorber. Air yang akan memasuki absorber, dialirkan terlebih dahulu ke dalam kolektor energi surya untuk dipanaskan. Air yang memiliki temperatur tinggi akan terdorong naik dan dialirkan masuk ke dalam absorber, sehingga air bertemperatur tinggi yang masuk ke dalam absorber akan mempercepat terjadinya penguapan yang terjadi dalam absorber. Sedangkan reflektor berfungsi untuk memantulkan sinar matahari kedalam kolektor sehingga panas yang diperoleh oleh kolektor menjadi lebih banyak dan temperatur air didalam kolektor menjadi lebih tinggi. Ditambah pada variasi 5 ini, luas reflektor yang digunakan adalah penuh atau 100%, sehingga diperoleh hasil air dan efisiensi yang tinggi. Pada variasi 4 diperoleh efisiensi destilasi sebesar 17% dengan hasil air destilasi 1,33 liter. Pada variasi ini digunakan tambahan kolektor dan reflektor dengan luas sebagian atau 50%. Jika dibandingkan dengan variasi 5, dapat disimpulkan bahwa penggunaan reflektor dengan luas penuh dapat

mempengaruhi nilai efisiensi dan hasil yang dicapai oleh alat destilasi. Pada variasi 3, efisiensi yang diperoleh sebesar 9% yang merupakan efisiensi terendah jika dibandingkan dengan variasi 4 dan 5 karena pada variasi 3 memiliki hasil destilasi terendah. Jadi, sebaiknya pada pembuatan destilasi perlu ditambahkan kolektor dan reflektor agar diperoleh hasil dan efisiensi yang terbaik.

4. KESIMPULAN

Dari data yang telah diolah dan dianalisis dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi tertinggi yang mampu dicapai alat destilasi kain dengan menggunakan kolektor dicapai saat menggunakan variasi debit 3 liter/jam yaitu sebesar 16%, namun masih lebih rendah daripada pembandingan yang mampu mencapai nilai 54% akibat adanya penambahan luas kolektor.
2. Hasil destilasi paling maksimal diperoleh oleh variasi 2 dengan debit 3 liter/jam yaitu sebesar 1,35 liter. Hal ini menunjukkan bahwa alat destilasi kain dengan kolektor mampu bekerja dengan maksimal pada debit 3 liter/jam.
3. Jika pada variasi yang dilakukan memiliki nilai $h_{konveksi} \cdot \Delta T$ yang tinggi maka variasi tersebut memiliki nilai efisiensi dan hasil destilasi yang maksimal akibat tingginya temperatur kaca absorber dan temperatur absorber.
4. Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh variasi 5 yaitu destilasi kain dengan menggunakan tambahan kolektor dan luas reflektor 100% yaitu sebesar 20% dengan hasil destilasi 1,40 liter yang merupakan hasil tertinggi dari kelima variasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] Wiranto A. *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita. 1995: 210-211.
- [2] Jain S, Satish P. *Solar Distillation System*. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2015; Vol. 6 No. 11, page:154-157.
- [3] Shuhong L, Yongxin Z. *Study on Performance of Storage Tanks in Solar Water Heater System in Charge and Discharge Progress*. International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry. Freiburg. 2013: 384-393.
- [4] Ajinkya S. *Experimental and Economic Analysis of Concrete Absorber Collector Solar Water Heater with Use of Dimpled Tube*. Pune. 2017: 483-490.
- [5] Hasan E S Fath. *Desalination : A Promising Alternative for Water Provision with Free Energi, Simple Technology and a Clean Environment*. Alexandria: 1998: 45-56.