

Peningkatan Efisiensi Distilasi Air Energi Surya Jenis Bak Menggunakan Pengapung Silinder Berkain

Alexander Franclean^{a*}, FA. Rusdi Sambada^{b*}

^{a,b} Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

*sambada@usd.ac.id

Abstract

Basin type solar water distillation has a problem, namely low efficiency. One of the factors causing the low efficiency of basin type solar water distillation is the long evaporation process. The long evaporation process is caused by the large mass of water in the distillation bath. Enlarging the absorber area with materials with capillary properties, such as cloth, is one way to increase efficiency. Enlarging the absorber area can be done by adding a cloth cylinder float. This study aims to increase the efficiency of tub-type solar energy water distillation using a cylindrical cloth float. The study was conducted indoors using a distillation model with an area of 0.1 m². As a solar energy simulator, heating lamps are used. The variables that varied in this study were the mass of water in the tub of 0.6 kg, 1 kg and 1.5 kg, and the number of cloth floats was 3, 6 and 12. Data were collected every 10 seconds for 2 hours using sensors and microcontrollers for each variation. The variables measured were absorber temperature, TA (°C), cover glass temperature, TK (°C) and the volume of water produced, m (litres). The results showed that the variation of the number of floats as many as 12 pieces with a mass of water in the tub as much as 0.6 kg produced the most distilled water, namely 99 ml for 2 hours or 0.47 litres/(hour.m²) with an efficiency of 42%.

Keywords: Distillation; Absorber; Cloth Cylinder; Water mass; Efficiency

Abstrak

Distilasi air energi surya jenis bak memiliki masalah yaitu efisiensi yang rendah. Salah satu faktor penyebab rendahnya efisiensi pada distilasi air energi surya jenis bak adalah proses penguapan yang cukup lama. Proses penguapan yang lama disebabkan oleh besarnya massa air dalam bak distilasi. Memperbesar luasan absorber dengan bahan yang mempunyai sifat kapilaritas seperti kain adalah salah satu cara meningkatkan efisiensi. Memperbesar luas absorber dapat dilakukan dengan cara menambahkan pengapung silinder berkain. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi distilasi air energi surya jenis bak menggunakan pengapung silinder berkain. Penelitian dilakukan di dalam ruangan menggunakan model distilasi dengan luas 0,1 m². Sebagai simulator energi surya digunakan lampu pemanas. Variabel yang divariasikan pada penelitian ini adalah massa air dalam bak sebesar 0,6 kg, 1 kg dan 1,5 kg serta jumlah pengapung berkain sebanyak 3, 6 dan 12 buah pengapung, Pengambilan data dilakukan tiap 10 detik selama 2 jam untuk tiap variasi menggunakan sensor dan mikrokontroler. Variabel yang diukur adalah temperatur absorber, TA (°C), temperatur kaca penutup, TK (°C) dan volume air yang dihasilkan, m (liter). Hasil penelitian menunjukkan, variasi jumlah pengapung sebanyak 12 buah dengan massa air dalam bak sebanyak 0,6 kg menghasilkan air distilasi terbanyak yakni 99 ml selama 2 jam atau 0,47 liter/(jam.m²) dengan efisiensi sebesar 42%

Kata Kunci: Distilasi; Absorber; Silinder berkain; Massa air; Efisiensi

1. Pendahuluan

Kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang mulai muncul di banyak tempat salah satunya pada masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai (Astawa dkk, 2011).

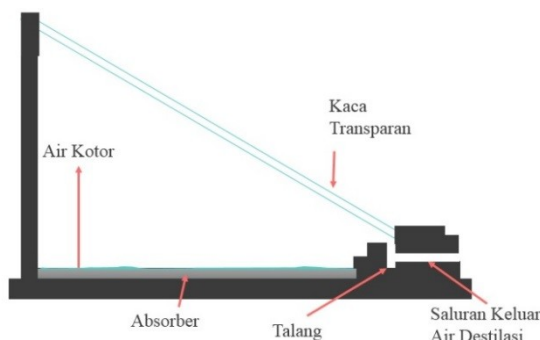
Terdapat beberapa cara menjernihkan air yang terkontaminasi termasuk air laut, salah satunya dengan distilasi energi surya. Prinsip kerja distilasi energi surya adalah dengan

menguapkan air terkontaminasi kemudian mengembunkan hasil penguapan tersebut. Zat kontaminan tidak akan ikut menguap, sedangkan uap yang mengembun adalah air bersih yang layak minum. Distilasi air energi surya jenis bak masih memiliki masalah yaitu rendahnya efisiensi karena proses penguapan kurang efektif. Faktor yang mempengaruhi efisiensi distilasi air energi surya diantaranya keefektifan absorber dalam menyerap energi

surya, keefektifan kaca dalam mengembunkan uap air dan jumlah massa air yang besar di bak distilasi (Puja & Sambada, 2012).

Memperbesar luasan absorber dengan bahan yang mempunyai sifat kapilaritas seperti kain merupakan salah satu cara meningkatkan efektifitas proses penguapan. Kain yang digunakan pada penelitian ini adalah kain katun. Kain katun merupakan kain yang memiliki kapilaritas yang baik (Alaian dkk, 2016). Memberikan pengapung berkain pada alat distilasi diharapkan dapat mempercepat proses penguapan.

Penelitian dengan memberi sumbu kain bersip pada permukaan absorber. Dapat meningkatkan unjuk kerja dengan kenaikan efisiensi sekitar 55% dibandingkan dengan distilasi jenis bak tanpa modifikasi (konvensional) (Alaian et al., 2016). Penelitian distilasi air energi surya jenis bak menggunakan kain bergelombang dengan dan tanpa reflektor (Omara, Kabeel, Abdullah, & Essa, 2016) dapat meningkatkan produktivitas air sekitar 90%. Rata-rata efisiensi harian untuk absorber kain bergelombang sekitar 49,3%. Produktivitas air dari absorber bergelombang dengan kain dan reflektor meningkatkan efisiensi sekitar 145,5% dengan rata-rata efisiensi harian sekitar 59%.



Gambar 1. Distilasi air energi surya jenis bak

Jumlah massa air dalam bak distilasi jenis bak umumnya cukup besar sehingga laju penguapan air menjadi rendah. Rendahnya laju penguapan ini berdampak pada efisiensi dan hasil yang rendah (Purwadianto, Sambada, & Ketut Puja, 2017). Sifat kapilaritas kain dapat dimanfaatkan untuk memperluas permukaan absorber sehingga air dapat menguap lebih cepat karena jumlah massa air persatuan luas tiap waktu menjadi lebih sedikit

Komponen utama yang terdapat pada alat distilasi energi surya jenis bak terdiri dari bak air dan kaca penutup (Gambar 1). Kaca penutup digunakan untuk menerima energi surya yang datang serta untuk tempat proses pengembunan, sementara bak air selain

digunakan untuk penampung air distilasi juga berfungsi sebagai absorber untuk menyerap energi surya.

Air dapat menguap karena mendapat energi panas dari surya yang diserap absorber. Panas berpindah secara konveksi dari absorber ke air. Proses pemanasan ini menyebabkan terjadinya pemisahan molekul air dengan partikel pencemar (Aburideh et al., 2012). Molekul air akan berubah fase dari fase cair menjadi fase uap. Uap air yang terbentuk merupakan air bersih, karena tidak lagi mengandung zat-zat kontaminan. Uap air naik dan bersentuhan dengan kaca, karena temperatur kaca bagian luar lebih rendah dari temperatur bagian dalam distilasi, maka uap air akan terkondensasi pada permukaan kaca bagian dalam. Akibat kemiringan kaca, embun tersebut akan mengalir menuju tempat penampung sebagai air bersih hasil distilasi

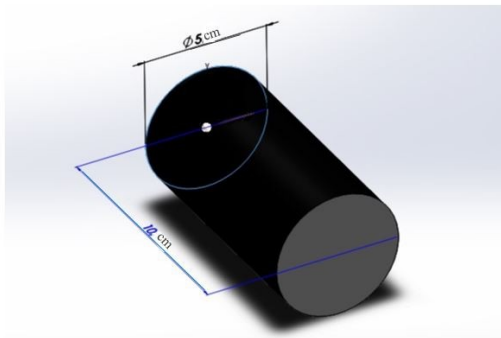
Dua proses utama dalam distilasi air energi surya, adalah penguapan, dan pengembunan. Penguapan adalah perubahan keadaan zat cair menjadi uap pada temperatur di bawah titik didih zat cair. Penguapan terjadi pada permukaan zat cair, beberapa molekul dengan energi kinetik yang paling besar melepaskan diri ke fase gas. Akibatnya energi kinetik rata-rata molekul zat cair akan turun sehingga temperturnya juga akan turun (Pabiban, Namas, & Sarifudin, 2019). Salah satu faktor yang dapat meningkatkan laju penguapan adalah memperbesar luasan absorber dengan menggunakan bahan yang mempunyai sifat kapilaritas seperti kain. Pada penelitian ini menggunakan pengapung berkain untuk memperbesar luasan absorber.

2. Metode Penelitian

Model distilasi pada penelitian ini terbuat dari kayu, dengan ukuran 32 cm x 32 cm dan ketebalan 1,2 cm. Bak distilasi yang juga berfungsi sebagai absorber terbuat dari aluminium dengan ukuran 30 cm x 30 cm. Seluruh sisi-sisi dinding pada distilasi dilapisi dengan silikon hitam, yang berfungsi sebagai isolator. Kemiringan kaca distilasi 15° dengan ketebalan 3 mm. Penelitian ini menggunakan silinder aluminium untuk mengapungkan kain. Ukuran pengapung silinder yang digunakan berdiameter 5 cm dengan panjang 10 cm.

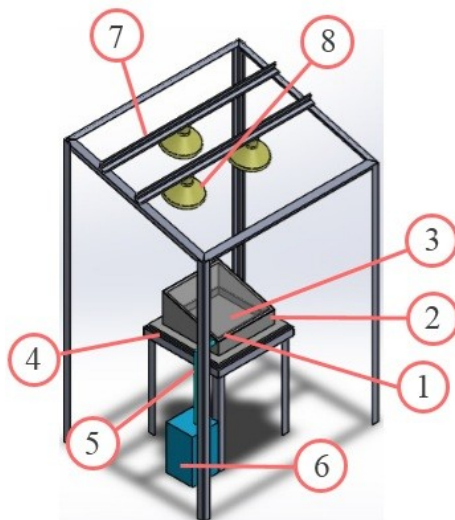
Pengambilan data dilakukan di dalam ruangan menggunakan lampu pemanas. Lampu pemanas yang digunakan sebanyak 3 buah dengan masing-masing lampu memiliki daya secara total setara dengan energi panas surya sebesar 375 W. Lampu dipasang dalam rangka besi yang diposisikan sejajar dengan kemiringan kaca. Skema alat pada Gambar 3 terdiri dari : (1) kaca penutup, (2) alat distilasi

jenis bak, (3) bak absorber, (4) dudukan alat distilasi, (5) saluran keluar air distilasi, (6) penampung air bersih, (7) rangka pendukung, (8) lampu pemanas.



Gambar 2. Pengapung silinder berkain

Analisis yang dilakukan dibagi dalam dua bagian. Pertama analisis efek jumlah massa air dalam bak terhadap hasil dan efisiensi dan kedua analisis efek jumlah pengapung terhadap hasil dan efisiensi distilasi.



Gambar 3. Skema alat distilasi

Parameter yang divariasikan pada penelitian ini adalah : jumlah massa air dalam bak sebanyak 0,6 kg , 1 kg dan 1,5 kg serta jumlah pengapung yang digunakan sebanyak 3, 6 dan 12 buah pengapung.

Pada penelitian ini variabel yang diukur adalah, temperatur absorber, TA (°C), temperatur kaca penutup, TK (°C) dan volume air yang dihasilkan, m (liter). Temperatur diukur menggunakan Dallas Semiconductor Temperature Sensor (TDS), yang dioperasikan oleh mikrokontroler Arduino. Hasil air distilasi tiap 10 detik diukur dengan sensor level air. Intensitas lampu pemanas diukur dengan solarmeter yang dikalibrasi.

Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang

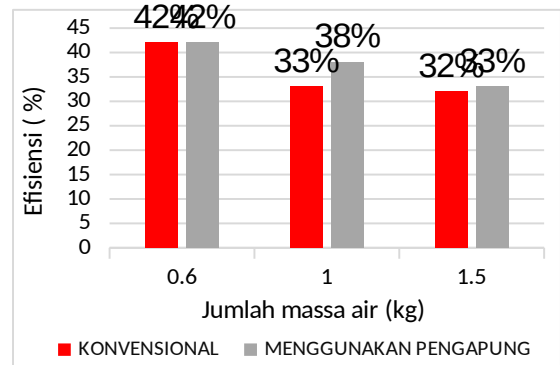
digunakan dalam proses penguapan air dengan jumlah radiasi panas yang datang (Arismunandar, 1995) :

$$\eta = \frac{m \times h_{fg}}{A_c \times G \times \Delta t} \times 100\% \quad (1)$$

dengan m adalah hasil air distilasi (kg), h_{fg} adalah panas laten penguapan (kJ/kg), A_c adalah luasan absorber (m^2), G adalah radiasi energi panas lampu pemanas (W/m^2), dan Δt adalah lama waktu pemanasan (detik).

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 4 menunjukkan perbandingan efisiensi variasi 12 pengapung dan konvensional pada massa air 0,6 kg , 1 kg , 1,5 kg. Efisiensi pada Gambar 9 merupakan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 1. Dari Gambar 9 tersebut, nilai efisiensi terbesar di peroleh variasi air 0,6 kg sebesar 42%, sedangkan peningkatan efisiensi antara konvensional dan variasi 12 pengapung berkain yang terbaik diperoleh pada variasi massa air 1 kg mencapai 16%.



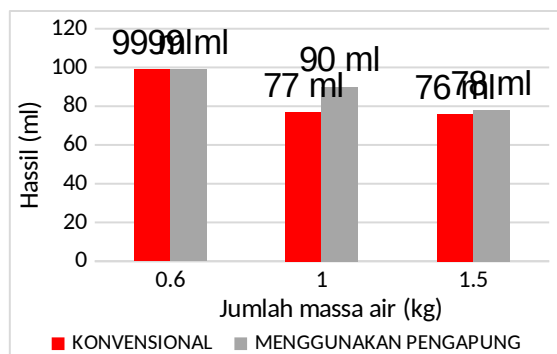
Gambar 4. Efisiensi distilasi pada variasi massa air

Gambar 5 menunjukkan perbandingan hasil distilasi menggunakan pengapung dengan konvensional (tanpa pengapung) pada variasi massa air 0,6 kg , 1 kg dan 1,5 kg. Gambar 4 dan 5 menunjukkan hasil yang sama pada variasi massa air dalam bak 0,6 kg hasil mencapai 99 ml (0,47 liter/jam. m^2) dan peningkatan terbaik dari perbandingan konvensional dengan variasi 12 pengapung diperoleh pada variasi massa air 1 kg mencapai 16%. Pada variasi massa air 0,6 kg konvensional maupun variasi 12 pengapung mendapat nilai hasil yang sama besar. Hal ini disebabkan pada variasi 12 pengapung silinder berkain, air yang dipanasi pada suatu saat lebih kecil tetapi karena pengapung terkontak langsung dengan air membuat panas yang ada pada pengapung sebagian pindah ke air sekitar. Rugi-rugi panas ini

berbanding lurus dengan penguapan yang terjadi. Efisiensi alat distilasi air energi surya sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain beda temperatur antara kaca dan absorber (ΔT).

Beda temperatur antara kaca dan absorber (ΔT), yang tinggi menunjukkan potensi penguapan, dan pengembunan yang baik. Temperatur absorber yang lebih tinggi dari temperatur kaca akan membantu meningkatkan laju penguapan, dan meningkatkan hasil dari distilasi (Abdenacer & Nafila, 2007). Temperatur kaca yang lebih rendah dari temperatur absorber akan mempercepat perpindahan uap dari absorber ke kaca. Temperatur kaca yang rendah mengindikasikan bahwa sedikitnya uap yang mengembun, besarnya massa air yang dipanasi pada suatu saat menjadikan sedikitnya air yang menguap. Hal ini yang membuat nilai ΔT yang tinggi masih menjadi potensi penguapan, dan pengembunan yang baik. Gambar 6 menunjukkan nilai selisih rata-rata temperatur antara temperatur absorber, dan temperatur kaca tiap 10 menit selama 2 jam pengambilan data.

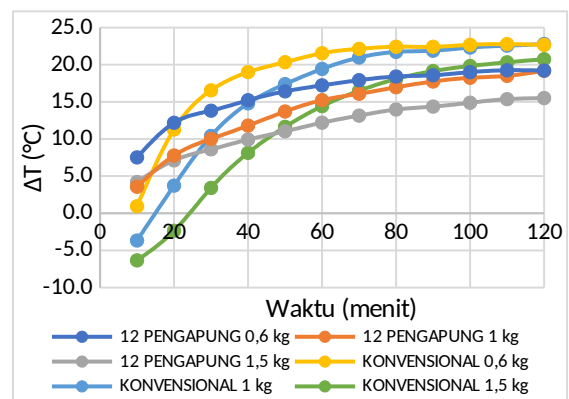
Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai ΔT konvensional 1,5 kg pada menit-menit awal menunjukkan nilai negatif. Hal ini dikarenakan temperatur kaca lebih tinggi dari temperatur absorber. Tingginya temperatur kaca dibandingkan temperatur absorber pada distilasi konvensional 1,5 kg dikarenakan air yang dipanasi pada suatu saat besar, sehingga membutuhkan waktu untuk memanaskan air dalam bak. Pada menit ke 20, ΔT sudah bernilai positif yang mana temperatur absorber memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur kaca. Gambar 6 juga menunjukkan nilai ΔT tertinggi di peroleh konvensional 0,6 kg dibandingkan semua variasi, hal ini berbanding lurus dengan hasil distilasi yang dihasilkan.



Gambar 5. Hasil distilasi pada semua variasi massa air

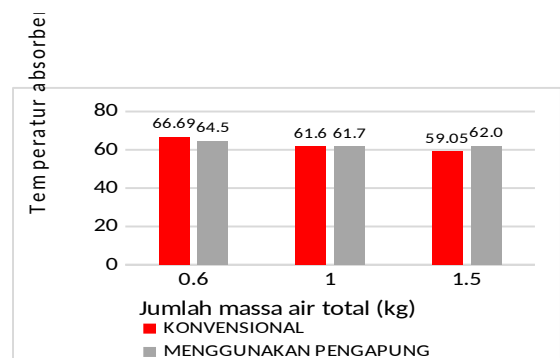
Gambar 7 menunjukkan nilai rata-rata dari temperatur absorber pada massa air dalam bak sebesar 0,6 kg adalah yang tertinggi

dibandingkan variasi massa air dalam bak 1 kg dan 1,5 kg, hal ini dikarenakan massa air yang dipanasi pada bak distilasi lebih kecil. Lain halnya dengan perbandingan temperatur absorber antara distilasi konvensional dan distilasi dengan 12 pengapung. Pada variasi massa air 0,6 kg temperatur absorber distilasi konvensional lebih tinggi dibandingkan distilasi dengan 12 pengapung. Hal ini disebabkan nilai absorptivitas bak lebih tinggi dari pada kain dan juga dikarenakan ketinggian air 0,6 kg merupakan yang terendah, sehingga membuat panas yang ada pada bak cepat pindah ke air. Temperatur absorber semakin tinggi maka akan mempercepat laju penguapan. Laju penguapan yang tinggi, akan meningkatkan hasil detilasi.



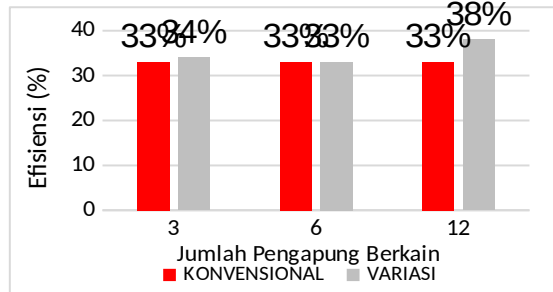
Gambar 6. Beda temperatur (ΔT) pada variasi jumlah massa air

Analisis kedua dilakukan pada variasi jumlah pengapung yang digunakan. Jumlah pengapung akan menentukan jumlah massa air yang dipanasi pada absorber pada suatu saat. Jumlah massa air pada absorber yang dipanasi pada suatu saat, pada distilasi konvensional tiap variasi adalah 1 kg, pada distilasi dengan 3 pengapung adalah 0,84 kg. pada distilasi dengan 6 pengapung adalah 0,68 kg dan dengan 12 pengapung adalah 0,36 kg.

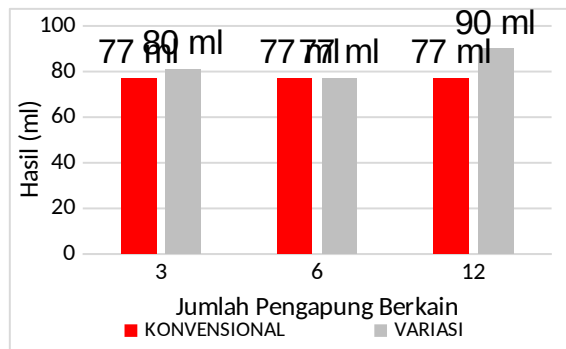


Gambar 7. Temperatur absorber pada variasi jumlah massa air

Gambar 9 menunjukkan efisiensi terbaik diperoleh pada distilasi dengan 12 pengapung dibandingkan dengan konvensional dan semua variasi lainnya. Pada variasi distilasi dengan 3 pengapung diperoleh hasil efisiensi yang lebih baik dibanding variasi jumlah 6 pengapung.

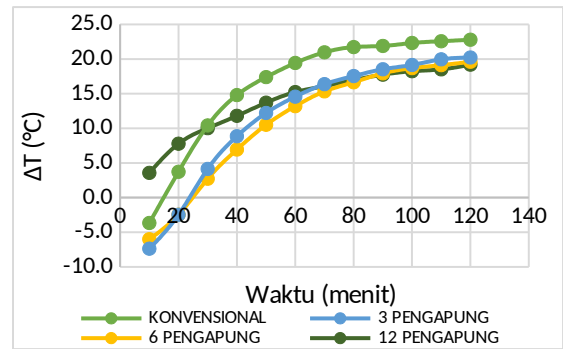


Gambar 9. Efisiensi distilasi pada variasi jumlah pengapung silinder



Gambar 10. Hasil distilasi pada variasi jumlah pengapung silinder berkain

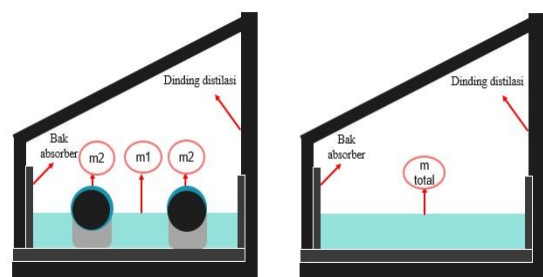
Efisiensi berbanding lurus dengan hasil air distilasi. Oleh karena itu, pada Gambar 10 hasil air distilasi pada variasi 12 pengapung merupakan yang terbaik mencapai 90 ml (0,42 liter/jam.m²) dan peningkatan hasil dari konvensional kenaikan mencapai 16%, hal ini dikarenakan semakin banyak pengapung menjadikan massa air yang dipanasi pada suatu saat semakin kecil, hal ini membuat air cepat menguap dan hasil akan lebih baik. Pada distilasi dengan 3 pengapung dan 6 pengapung peningkatan dari konvensional tidak mencapai 10% hal ini menunjukkan penggunaan pengapung silinder berkain tidak banyak berpengaruh terhadap hasil dan efisiensi alat distilasi.



Gambar 11. Beda temperatur (ΔT) pada variasi jumlah pengapung silinder

Gambar 11 menunjukkan ΔT dengan kecenderungan yang selalu meningkat untuk seluruh variasi, akan tetapi, pada beberapa menit pertama pengambilan data, untuk distilasi dengan 3 pengapung, 6 pengapung dan konvensional, temperatur absorber jauh lebih rendah dari pada temperatur kaca. Hal ini ditunjukkan dengan nilai ΔT yang berada di bawah sumbu horizontal. Pada Gambar 11 juga menunjukkan ΔT tertinggi diperoleh pada distilasi konvensional dan nilai terendah justru diperoleh dari distilasi dengan variasi 12 pengapung.

Temperatur kaca yang lebih rendah dari temperatur absorber akan mempercepat perpindahan uap dari absorber ke kaca. Temperatur kaca yang rendah mengindikasikan bahwa sedikitnya uap yang dipanasi pada suatu saat menjadikan sedikitnya air yang menguap. Hal ini yang menyebabkan ΔT konvensional tinggi tapi mendapat hasil distilasi yang rendah.



Gambar 12. Perbandingan massa air yang tertampung pada kain dengan massa air di dalam bak distilasi

Kain pada pengapung yang digunakan memiliki pori-pori yang berfungsi menampung air. Untuk 1 kain pengapung dapat menampung sekitar 5,5 gram air ketika mengapung, sedangkan di dalam bak absorber menampung air sebanyak 1 liter atau 1000 gram. Untuk menguapkan 5,5 gram air akan lebih cepat dibandingkan menguapkan 1000 gram air. Untuk

menguapkan 1000 gram air membutuhkan waktu yang lebih lama, karena dalam 1000 gram air memiliki jumlah massa air yang lebih besar untuk dipanaskan dibandingkan dengan 5,5 gram air. Ilustrasi perbandingan massa air yang tertampung pada kain pengapung (m²) dengan massa air total di dalam bak distilasi dapat dilihat pada Gambar 12.

Ketika jumlah pengapung ditambahkan, maka jumlah kain yang menampung massa air sekitar 5,5 gram akan lebih banyak. Bagian kain yang menampung air sekitar 5,5 gram tersebut akan menguap lebih cepat dari air yang berada di sekitar pengapung di dalam bak distilasi. Ketika air pada pori-pori kain sudah menguap, kain akan kembali menyerap air di sekitar kain pengapung di dalam bak distilasi dan air kembali mengisi pori-pori kain.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada variasi jumlah massa air di bak dengan 12 pengapung silinder berkain, hasil terbaik diperoleh pada jumlah massa air 0,6 kg. Hasil yang diperoleh selama 2 jam sebesar 99 ml (0,47 liter/jam.m²) dengan efisiensi sebesar 42%.
2. Pada variasi jumlah pengapung silinder berkain yang digunakan, hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan 12 pengapung silinder berkain. Hasil yang diperoleh selama 2 jam sebesar 90 ml (0,42 liter/jam.m²) dengan efisiensi sebesar 38%.

Daftar Pustaka

- Abdenacer, P. K., & Nafila, S. (2007). *Impact of temperature difference (water-solar collector) on solar-still global efficiency. Desalination, 209(1–3 SPEC. ISS.), 298–305.* <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.04.000>
- Aburideh, H., Deliou, A., Abbad, B., Alaoui, F., Tassalit, D., & Tigrine, Z. (2012). *An experimental study of a solar still: Application on the sea water desalination of Fouka. Procedia Engineering, 33, 475–484.* <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1227>
- Alaian, W. M., Elnegiry, E. A., & Hamed, A. M. (2016). *Experimental investigation on the performance of solar still augmented with pin-finned wick. DES, 379, 10–15.* <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.10.010>
- Arismunandar, W. (1995). *Teknologi Rekayasa Surya. Jakarta: Pradnya Paramita.*

- Astawa, K., Sucipta, M., & Artha Negara, I. P. G. (2011). *Analisa Performansi Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra, 5(Distilasi), 8.*
- I Gusti Ketut Puja, F. R. S., & 1. (2012). *Unjuk Kerja Distilasi Air Energi Surya. Energi Dan Manufaktur, 5(1), 83.*
- Jansen, T. J. (1985). *Solar Engineering Technology. Michigan: Prentice-Hall.*
- Mulyanef, M., Burmawi, B., & Muslimin, K. (2015). *Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih Dan Garam Dengan Distilasi Tenaga Surya. Jurnal Teknik Mesin ISSN...,4(1),25–29.* Retrieved from <http://ejournal.itp.ac.id/index.php/tmesin/article/viewFile/276/270>
- Omara, Z. M., Kabeel, A. E., Abdullah, A. S., & Essa, F. A. (2016). *Experimental investigation of corrugated absorber solar still with wick and reflectors Desalination, 381, 111–116.* <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.12.001>
- Pabiban, D., Namas, M., & Sarifudin, K. (2019). *Rancang Bangun Sistem Distilasi Surya Tipe Parabolic Untuk Menurunkan Kadar Salinitas Air Laut. Jurnal Ilmiah Flash, 2(2), 131.* Purwadianto, D., Kusbandono, W., & Sambada, F. A. R. (2017). *Pemodelan dan Analisis Termal distilasi Air Energi Surya dengan Kaca Penutup Berpenampung Air. 12(2), 104–114.* <https://doi.org/10.32511/jiflash.v2i2.34>