

Efek Cuaca Pada Kinerja Distilasi Air Energi Surya Dengan Kaca Ganda

Rusdi Sambada^{1,2}, Sudjito Soeparman², Widya Wijayanti² dan Eko Siswanto²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

² Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Corresponding Author: Rusdi Sambada

Telp: 085225507885

E-mail: sambada@usd.ac.id.

Abstrak: Produktivitas air bersih untuk minum dan efisiensi dari distilasi air energi surya konvensional umumnya rendah. Peningkatan produktivitas dan efisiensi distilasi air energi surya konvensional dapat dicapai dengan menaikkan temperatur air masuk. Pada penelitian ini temperatur air masuk distilasi air energi surya dinaikkan dengan cara yang lebih sederhana dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini temperatur air masuk dinaikkan dengan memanfaatkan panas penguapan menggunakan kaca ganda. Kaca ganda adalah dua kaca yang disusun sejajar, satu di atas yang lain dengan jarak antara kaca sebesar 2 mm. Kaca bawah merupakan kaca penutup alat distilasi berukuran 1m². Air dimasukkan dialirkan diantara kaca bawah dan kaca atas sebelum masuk ke dalam alat distilasi. Selama mengalir diantara kaca, air menerima energi panas penguapan sehingga temperaturnya naik. Pada distilasi air energi surya konvensional, energi panas penguapan merupakan energi yang tidak dimanfaatkan dan terbuang ke lingkungan. Cuaca merupakan faktor alam yang sangat berpengaruh pada produktivitas dan efisiensi distilasi air energi surya. Pada cuaca yang cerah energi surya yang diterima alat distilasi air energi surya lebih besar dibandingkan pada cuaca yang berawan atau mendung. Jumlah energi surya yang diterima berpengaruh pada produktivitas dan efisiensi alat distilasi air energi surya. Penelitian ini bertujuan mengungkapkan efek cuaca terhadap produktivitas dan efisiensi distilasi air energi surya dengan kaca ganda. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen pada lima variasi energi surya sebesar 383, 452, 484, 509 dan 596 W/m². Sebuah distilasi air energi surya konvensional digunakan sebagai pembandingan produktivitas dan efisiensi yang dihasilkan distilasi air energi surya kaca ganda. Hasil penelitian menunjukkan kinerja distilasi air energi surya dengan kaca ganda lebih baik dibandingkan distilasi air energi surya konvensional. Distilasi air energi surya dengan kaca ganda menghasilkan rata-rata produktivitas sebesar 35,6% dan rata-rata efisiensi sebesar 32,6% lebih baik pada variasi cuaca dengan besar energi surya antara 383 sampai 596 W/m².

Kata Kunci: Efek Cuaca, Produktivitas Distilasi, Efisiensi Distilasi, Panas Penguapan

1. PENDAHULUAN

Penjernihan air dengan distilasi air energi surya merupakan cara yang mudah dan murah untuk mendapatkan air bersih dan sehat terutama di daerah terpencil [1]. Hal terpenting dari disain distilasi air energi surya adalah mudah dibuat dan dioperasikan serta efisien dalam menghasilkan air bersih [2]. Efisiensi distilasi air energi surya konvensional umumnya masih rendah sehingga produktivitasnya juga rendah [1]. Penelitian distilasi air energi surya umumnya dilakukan untuk meningkatkan efisiensi [3]. Penyebab utama efisiensi yang rendah adalah kerugian panas.

Pada distilasi air energi surya ada beberapa kerugian panas yakni kerugian panas pada sisi masuk, sisi keluar dan sisi atas. Kerugian panas pada sisi masuk disebabkan temperatur air masuk yang lebih rendah dibandingkan temperatur air di absorber. Kerugian panas sisi keluar disebabkan adanya air yang tidak menguap dan keluar sebagai air buangan yang panas. Kerugian energi panas pada sisi atas berasal dari energi panas penguapan yang dilepas uap air ke lingkungan melalui kaca penutup pada proses penguapan. Hal penting dari disain distilasi air energi surya agar menghasilkan efisiensi yang tinggi adalah dapat meminimalkan kerugian panas dan memaksimalkan energi panas yang terperangkap [4]. Parameter yang mempengaruhi besarnya energi panas yang terperangkap diantaranya adalah temperatur air masuk dan temperatur air di absorber [5], [6]. Semakin besar temperatur air masuk dan temperatur air di absorber semakin besar energi panas yang

terperangkap. Sivakumar menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi temperatur air masuk dan temperatur air di absorber [7]. Beberapa penelitian bertujuan meminimalkan kerugian panas pada sisi masuk dengan meningkatkan temperatur air masuk.

Sathyamurthy [8] meneliti penggunaan kolektor pemanas air untuk menaikkan temperatur air masuk. Peningkatan produksi yang diperoleh sebesar 36%. Beberapa peneliti memanfaatkan kerugian panas pada sisi keluar untuk meningkatkan energi panas yang terperangkap. Kabel [9] dan Samuel [10] memanfaatkan air buangan yang keluar dari distilasi air energi surya sebagai air masuk. Peningkatan produksi yang diperoleh sebesar 46.23% [9] dan 25.75% [10] dibandingkan distilasi air energi surya konvensional. El-Agouz [11], [12] mesirkulasikan air buangan pada sisi keluar sebagai air masukan menggunakan pompa. Kenaikkan produksi sebesar 57.2% [11] terhadap distilasi air energi surya konvensional diperoleh secara simulasi dan sebesar 53% [12] diperoleh secara eksperimen.

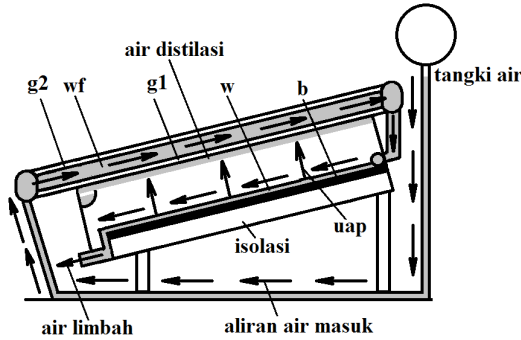
Penggunaan kolektor atau air buangan dari kerugian panas pada sisi keluar untuk menaikkan temperatur air masuk menyebabkan disain distilasi air energi surya menjadi kompleks. Pada distilasi air energi surya dengan kaca ganda (DGW) yang digunakan di penelitian ini, temperatur air masuk dinaikkan dengan memanfaatkan energi panas pengembunan. Energi panas pengembunan merupakan kerugian panas pada sisi atas. Pada distilasi air energi surya konvensional, energi panas pengembunan ini terbuang ke lingkungan dan tidak dimanfaatkan. Dengan kata lain disain DGW yang diusulkan dapat meningkatkan energi terperangkap melalui peningkatan temperatur air masuk dengan cara yang lebih mudah dan sederhana dari penelitian sebelumnya.

Salah satu faktor yang menentukan temperatur air di absorber adalah cuaca. Pada cuaca yang cerah energi surya yang diterima alat distilasi air energi surya lebih besar dibandingkan pada cuaca yang berawan atau mendung. Beberapa penelitian bertujuan meningkatkan temperatur air di absorber. Omara [1] meneliti penggunaan berbagai bentuk reflektor pada berbagai jenis distilasi air energi surya untuk menaikkan temperatur air di absorber. Modifikasi bentuk absorber pada distilasi air energi surya dengan *groove*, *fin*, *baffles* dan partisi dapat memperlama waktu pemanasan air di absorber sehingga temperatur air di absorber meningkat [4]. Hasil penelitian Nagarajan [13] menunjukkan penggunaan *baffles* pada distilasi air energi surya dapat meningkatkan produksi 1.68 kali dibanding tanpa *baffles*. Sharon [14] meneliti penggunaan partisi basin pada distilasi air energi surya. Produksi naik 19.76% dibandingkan distilasi air energi surya konvensional. Penggunaan beberapa material kain absorber diteliti oleh Hansen [3]. Sifat-sifat kain mempengaruhi temperatur air di absorber. Hasil terbaik sebesar 4.28 liter/hari diperoleh dengan bahan absorber *water coral fleece*. Penelitian ini bertujuan mengungkapkan efek cuaca terhadap produktivitas dan efisiensi distilasi DGW. Distilasi air energi surya konvensional (CW) dibuat sebagai pembanding kinerja DGW karena faktor cuaca.

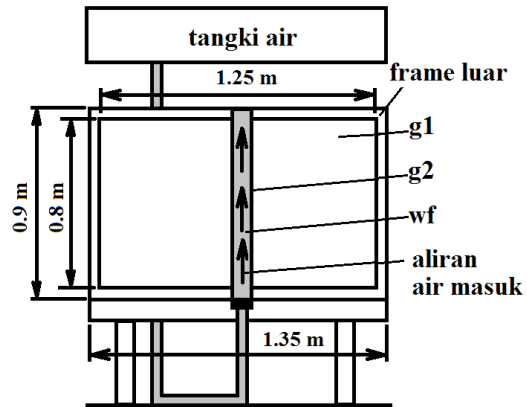
2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Eksperimen dilakukan pada dua model distilasi air energi surya DGW dan CW. Skema model DGW ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Bagian bagian utama DGW adalah kaca atas (g2), kaca bawah (g1), absorber kain (b) dan frame luar. Kaca atas (g2) dan kaca bawah (g1) mempunyai tebal 3 mm. Luas kaca atas lebih kecil dibanding kaca bawah yakni 10% dari luas kaca bawah. Posisi kaca atas ada ditengah kaca bawah. Kain absorber berwarna hitam. Isolasi terbuat dari bahan isolasi serat kaca dengan nilai konduktivitas termal 0.043 W/m.K. DGW dan CW mempunyai panjang 1.25 m, lebar 0.8 m, kemiringan model 15°, absorbtivitas kaca penutup 0.09 dan reflektivitas kaca penutup 0.05. Jarak kaca atas (g2) dan kaca bawah (g1) pada DGW adalah 2 mm. Air masuk pada DGW mengalir melalui celah antara kaca atas (g2) dan kaca bawah (g1). Air masuk mengalir dari bagian bawah kaca penutup ke bagian atas kaca

penutup, kemudian masuk ke absorber. Air masuk menerima panas pengembunan dari uap yang mengembun pada permukaan dalam kaca bawah (g1) sehingga temperatur air masuk meningkat.

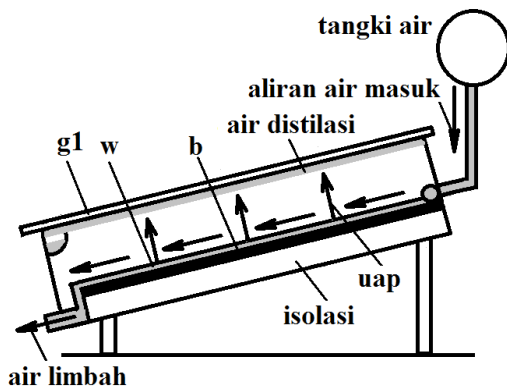


Gambar 1. Distilasi DGW (samping)

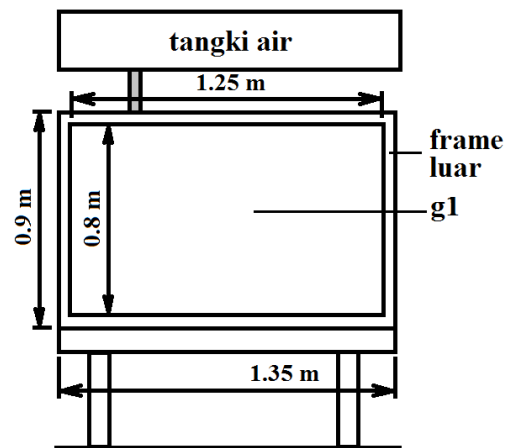


Gambar 2. Distilasi DGW (depan)

Skema CW ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Bagian-bagian utama CW adalah sama dengan DGW kecuali tidak adanya kaca atas (g2). CW hanya mempunyai satu kaca (g1). Air masuk model CW berasal dari tangki air yang dialirkan langsung ke absorber bagian atas dan mengalir ke bagian bawah absorber (Gambar 3). Air masuk pada CW tidak mengalami pemanasan sebelum masuk absorber sehingga temperatur air masuk CW lebih rendah dibandingkan temperatur air masuk DGW. Temperatur air masuk CW sekitar 29°C.



Gambar 3. Distilasi CW (samping)



Gambar 4. Distilasi CW (depan)

Eksperimen dilakukan selama lima hari, selama delapan jam per hari dari jam 8 pagi sampai dengan jam 4 sore. Variasi energi surya yang datang pada lima hari eksperimen adalah 383, 452, 484, 509 dan 596 W/m². Selama eksperimen radiasi energi surya yang datang (G) diukur dengan sensor *polycrystalline silicon PV cell* dengan keakuratan 3% (0-1200 W/m²) dan resolusi 1 W/m². Kecepatan angin (Vwd) diukur dengan sensor anemometer. Data lain yang diukur pada eksperimen adalah temperatur udara sekitar (Ta), temperatur kaca penutup (Tg1 dan Tg2), temperatur air di absorber (Tw), temperatur air masuk ke model distilasi (Tw,i pada distilasi CW dan Tw,f pada distilasi DGW), temperatur air buangan yang tidak menguap dan keluar dari model distilasi (Tw,o) serta air distilasi yang

dihasilkan (dme). Semua temperatur diukur dengan sensor termokopel (tipe K) DS18B20 yang mempunyai rentang pengukuran -55°C sampai $+125^{\circ}\text{C}$ dengan resolusi $0,5^{\circ}\text{C}$. Sensor DS18B20 dikalibrasi dengan termometer air raksa standard dengan nilai keakuratan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Air distilasi yang dihasilkan tiap model selama eksperimen diukur dengan *e-tape liquid level sensor*. Data pengukuran radiasi energi suryayang datang, kecepatan angin, temperatur dan air distilasi dari sensor direkam menggunakan mikrokontroler data logger arduino yang telah diprogram untuk merekam data tiap sensor setiap 1 menit. Mikrokonroler yang digunakan adalah *seeeduino stalker v2 (atmega328)*. Mikrokontroler di hubungkan dengan komputer secara *wireless* menggunakan *wireless sensor node* dan *wifi* untuk dimonitor. Eksperimen dimulai dengan mengatur laju aliran massa air masuk yang sama pada kedua model DGW dan CW sebesar 3 liter/jam. Laju aliran massa air masuk diatur dengan pompa peristaltik kecil berdaya 5W. Penggunaan pompa peristaltik bertujuan untuk menjamin laju aliran massa air masuk yang konstan selama eksperimen. Efek cuaca terhadap produktivitas dan efisiensi distilasi DGW dan CW dianalisis menggunakan persamaan matematik: Efisiensi distilasi diperoleh dari persamaan:

$$\eta = \int_0^t \frac{dme \cdot h_{fg}}{A_b \cdot G} dt \quad (1)$$

dengan dme adalah laju penguapan (kg/detik), h_{fg} adalah panas laten penguapan air (J/kg), A_b adalah luas absorber (m^2), G adalah radiasi energi surya yang datang (W/m^2) dan t adalah waktu (detik).

Kerugian panas pada sisi masuk diperoleh dari persamaan:

$$Q_{w,i} = m_{w,i} C_w (T_{w,i} - T_w) \quad (2)$$

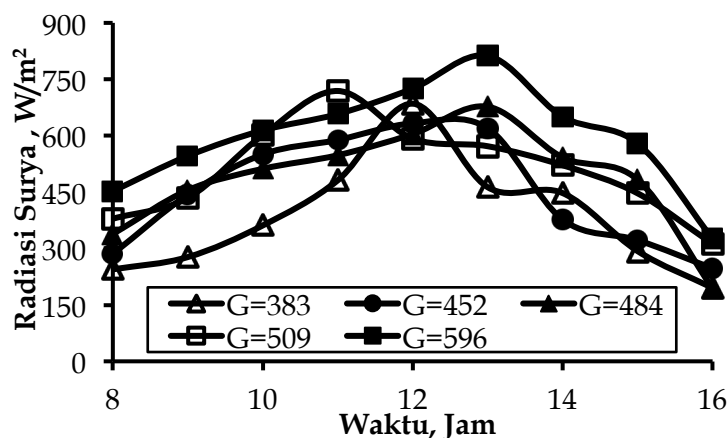
dengan $m_{w,i}$ adalah laju aliran air masuk (kg/detik), C_w adalah panas spesifik air (J/(kg.K)), $T_{w,i}$ adalah temperatur air masuk ($^{\circ}\text{C}$) dan T_w adalah temperatur air di absorber ($^{\circ}\text{C}$)

Kerugian panas pada sisi keluar diperoleh dari persamaan:

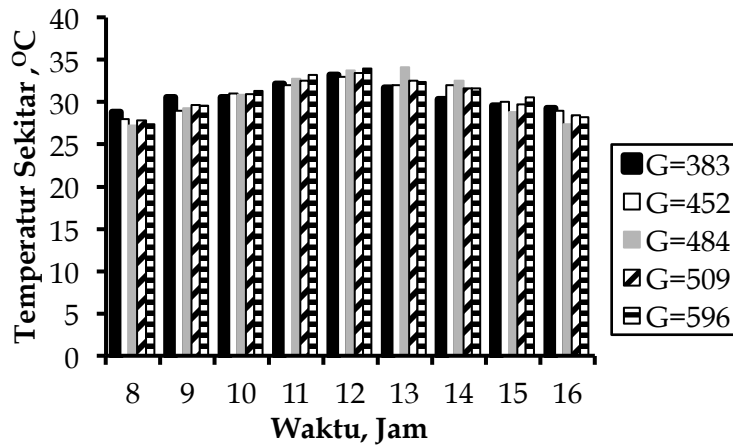
$$Q_{w,o} = (m_{w,i} - dme) C_w (T_w - T_{w,i}) \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

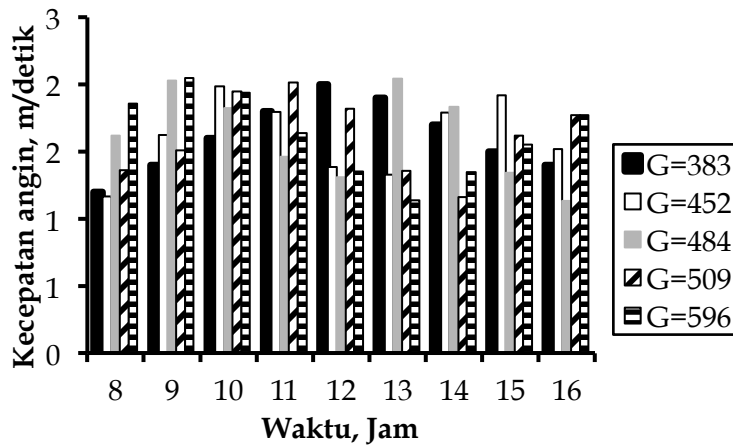
Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan radiasi energi surya yang datang, temperatur sekitar dan kecepatan angin pada saat eksperimen. Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan hasil air distilasi yang dihasilkan DGW dan CW pada lima variasi cuaca.



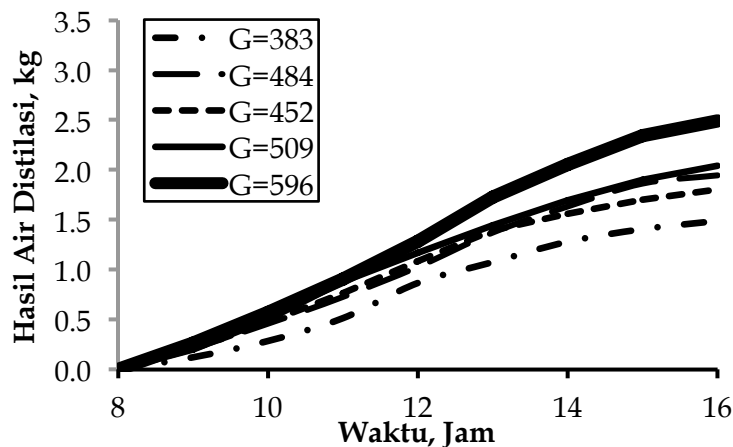
Gambar 5. Radiasi energi surya yang datang pada saat eksperimen



Gambar 6. Temperatur sekitar pada saat eksperimen



Gambar 7. Kecepatan angin pada saat eksperimen

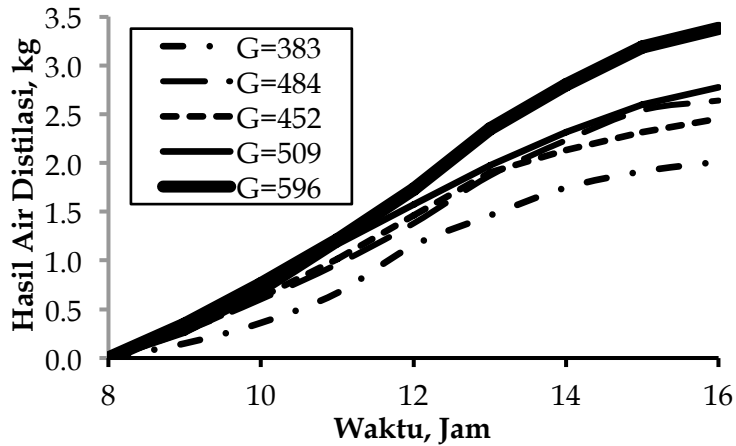


Gambar 8. Akumulasi hasil air distilasi pada CW tiap hari

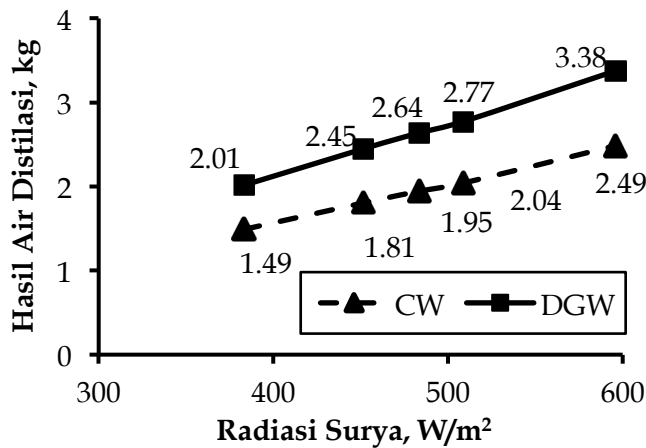
Terlihat dari grafik, pada distilasi DGW maupun CW, semakin besar radiasi energi surya yang datang (G) semakin banyak air distilasi yang dihasilkan. Disamping itu pada semua variasi cuaca, distilasi DGW menghasilkan air distilasi lebih banyak dibanding distilasi CW.

Gambar 10 menunjukkan air distilasi total dalam satu hari yang dihasilkan DGW dan CW pada lima variasi cuaca. Gambar 11 menunjukkan air distilasi yang dihasilkan DGW rata-rata 35,6% lebih banyak dibandingkan distilasi CW.

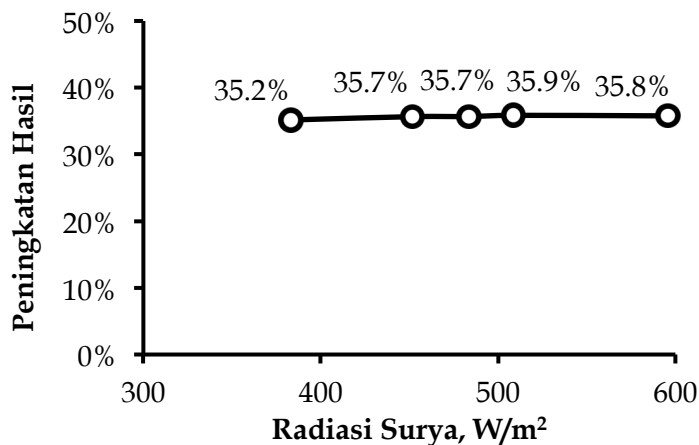
Banyak air distilasi yang dihasilkan berbanding lurus dengan efisiensi distilasi. Gambar 12 menunjukkan rata-rata efisiensi dalam satu hari dari DGW dan CW pada lima variasi cuaca. Dari grafik terlihat efisiensi distilasi DGW lebih baik dibandingkan efisiensi distilasi CW pada lima variasi cuaca. Gambar 13 menunjukkan peningkatan efisiensi distilasi DGW terhadap distilasi CW rata-rata sebesar 32,6%.



Gambar 9. Akumulasi hasil air distilasi pada DGW tiap hari

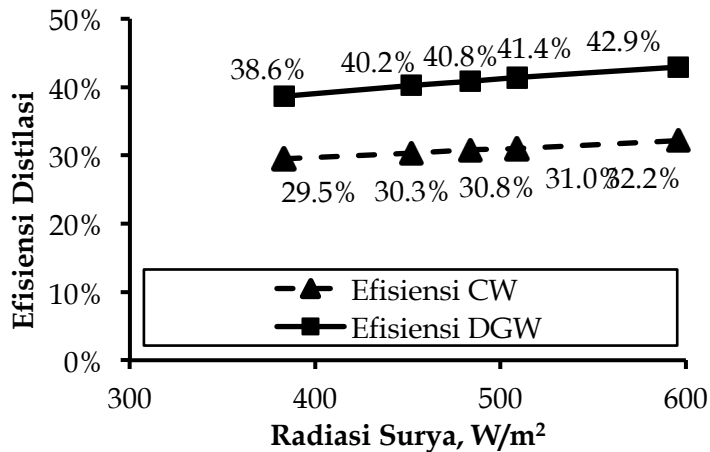


Gambar 10. Hasil air distilasi CW dan DGW per hari

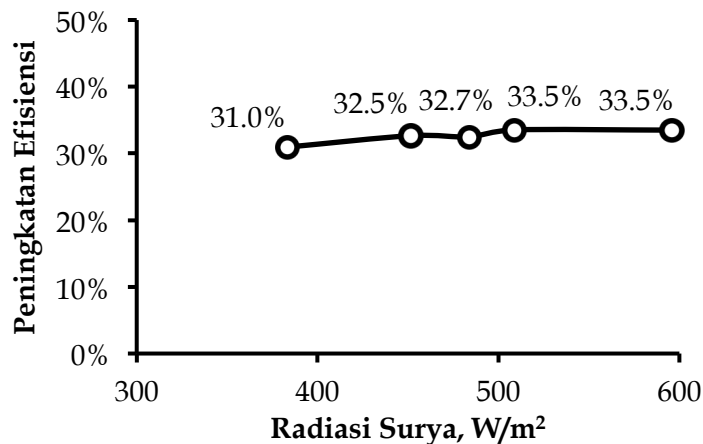


Gambar 11. Peningkatan hasil air distilasi DGW terhadap CW

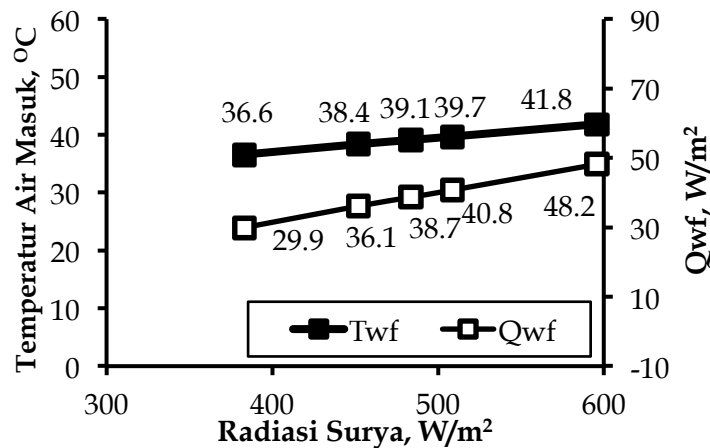
Kaca penutup distilasi DGW terdiri dari dua kaca yang tersusun paralel, yakni kaca bawah dan kaca atas. Luas kaca atas hanya 10% dari kaca bawah. Jarak antara kaca bawah dan kaca atas adalah 2 mm. Celah antara kaca atas dan kaca bawah pada DGW merupakan saluran tempat mengalirnya air masuk. Air masuk mengalir melalui celah dari bagian bawah kaca penutup ke bagian atas kaca penutup (Gambar 1 dan Gambar 2), kemudian air akan masuk ke absorber.



Gambar 12. Efisiensi distilasi pada DGW dan CW



Gambar 13. Peningkatan efisiensi distilasi DGW terhadap CW

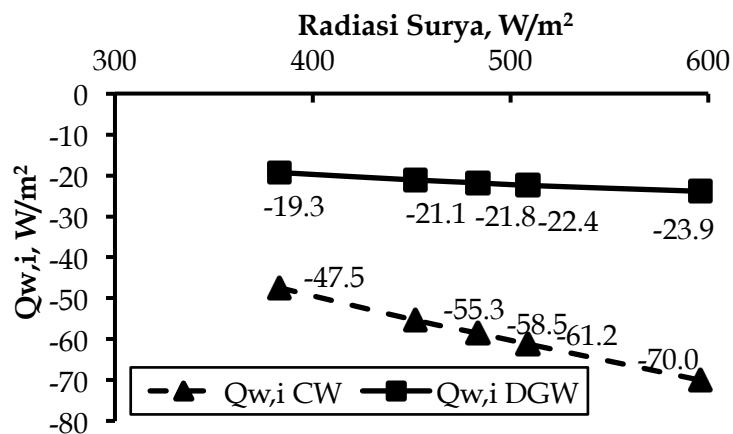


Gambar 14. Energi panas pengembunan dan temperatur air masuk pada DGW

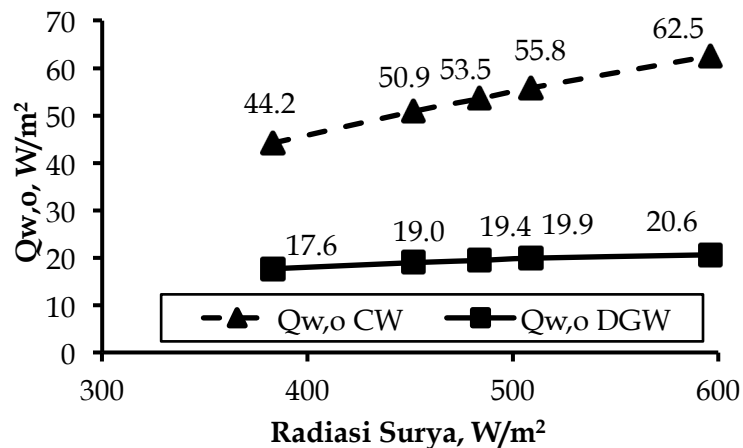
Temperatur air masuk saat memasuki celah pada bagian bawah kaca penutup sekitar 28°C-30°C. Selama mengalir ke bagian atas kaca penutup, air masukan menerima energi panas. Energi panas yang diterima air masuk terutama berasal dari energi panas yang dilepaskan uap air. Energi panas pengembunan yang diterima air masuk sebesar Q_{wf} menyebabkan temperatur air masuk DGW menjadi bertambah. Gambar 14 menunjukkan panas pengembunan (Q_{wf}) yang dapat dimanfaatkan distilasi DGW sebesar 29,9 W/m² sampai 48,2 W/m² pada cuaca dengan radiasi energi surya yang datang antara 383 sampai 596 W/m²

Gambar 14 menunjukkan temperatur air masuk semakin tinggi dengan naiknya radiasi energi surya yang datang. Pada distilasi CW, energi panas pengembunan semuanya dibuang ke lingkungan tanpa dimanfaatkan. Gambar 14 memperlihatkan Q_{wf} semakin besar dengan semakin besarnya radiasi energi surya yang datang. Semakin besar radiasi energi surya yang datang menyebabkan energi surya yang terserap absorber juga semakin banyak. Semakin banyak energi surya yang terserap absorber, semakin banyak air pada absorber yang menguap dan mengembun di kaca. Semakin banyak uap air yang mengembun di kaca semakin banyak energi panas pengembunan yang diterima air masukan.

Selama proses distilasi, kedua model distilasi CW dan DGW mengalami kerugian panas pada sisi masuk ($Q_{w,i}$) dan kerugian panas pada sisi keluar ($Q_{w,o}$). $Q_{w,i}$ dan $Q_{w,o}$ dipengaruhi oleh besar temperatur air masuk.



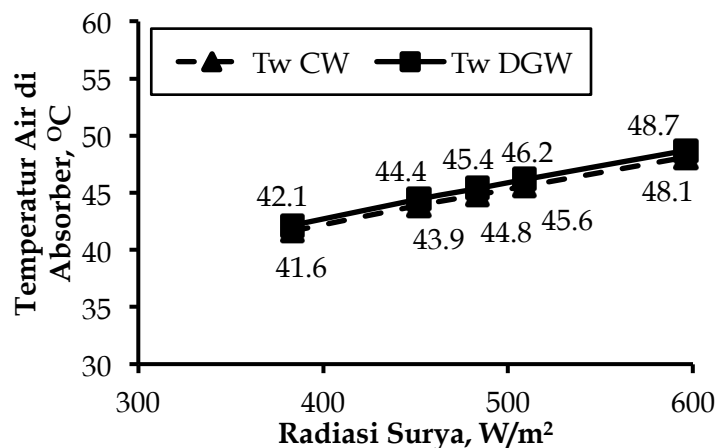
Gambar 15. Kerugian energi panas di sisi masuk pada DGW dan CW



Gambar 16. Kerugian energi panas di sisi keluar pada DGW dan CW

Temperatur air masuk umumnya lebih rendah dibandingkan temperatur air di absorber, hal tersebut menyebabkan kerugian energi panas pada sisi masuk ($Q_{w,i}$). Semakin rendah temperatur air masuk, semakin besar $Q_{w,i}$. Temperatur air masuk pada DGW lebih tinggi dibandingkan CW. Temperatur yang lebih tinggi menyebabkan kerugian panas sisi masuk ($Q_{w,i}$) pada DGW lebih kecil dibandingkan CW. Gambar 15 menunjukkan kerugian energi panas sisi masuk ($Q_{w,i}$) DGW rata-rata hanya sebesar 37,4% dari $Q_{w,i}$ yang terjadi pada CW. Semakin besar radiasi energi surya yang datang menyebabkan temperatur air pada absorber semakin tinggi. Temperatur air pada absorber yang semakin tinggi menyebabkan perbedaan temperatur air pada absorber dengan temperatur air masuk semakin besar sehingga kerugian sisi masuk juga membesar (Gambar 15).

Selain kerugian di sisi masuk ($Q_{w,i}$), kerugian lain yang dipengaruhi cuaca juga terjadi di sisi keluar ($Q_{w,o}$). Kerugian di sisi keluar terjadi karena sebagian air yang masuk tidak menguap dan keluar dari alat distilasi sebagai air panas. Energi panas yang terbawa air keluar tersebut merupakan kerugian energi pada sisi keluar. Gambar 16 menunjukkan besar $Q_{w,o}$ pada DGW dan CW. Semakin besar radiasi energi surya yang datang, semakin besar $Q_{w,o}$. Terlihat jelas bahwa $Q_{w,o}$ pada DGW lebih kecil dibanding $Q_{w,o}$ pada CW. Rata-rata $Q_{w,o}$ DGW pada lima variasi G hanya sekitar 36,4% dari $Q_{w,o}$ yang terjadi pada CW. Nilai $Q_{w,o}$ ditentukan oleh banyak massa air yang tidak menguap dan keluar dari alat distilasi serta perbedaan temperatur air keluar tersebut dengan temperatur air masuk. Banyak massa air yang tidak menguap keluar dari alat distilasi adalah selisih banyak massa air yang masuk ke model distilasi dengan banyak air hasil distilasi. Pada lima variasi G, DGW menghasilkan air hasil distilasi yang lebih banyak dibandingkan CW. Hal tersebut menyebabkan banyak air yang tidak menguap dan keluar dari distilasi DGW lebih sedikit dibandingkan distilasi CW. Temperatur air yang tidak menguap keluar dari DGW dan CW adalah sama dengan temperatur rata-rata air di absorber (T_w).

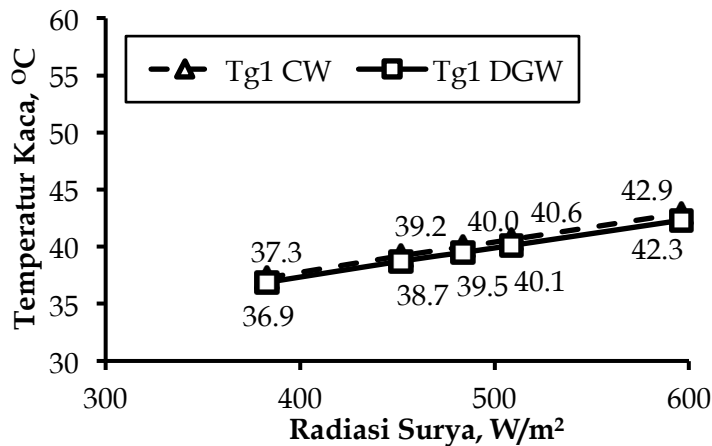


Gambar 17. Temperatur air di absorber pada DGW dan CW

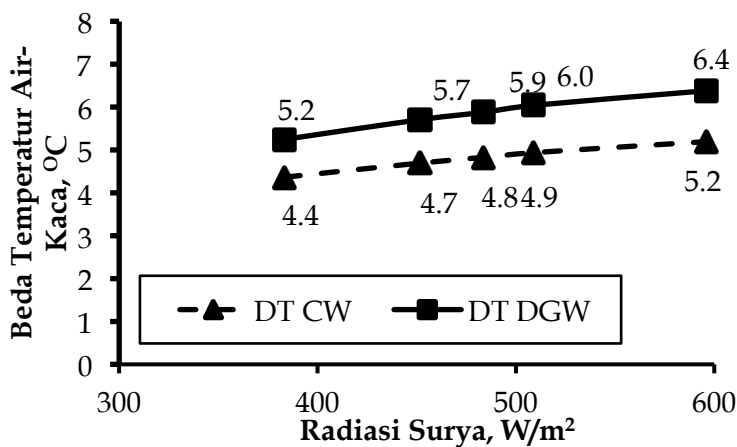
Gambar 17 menunjukkan temperatur air di absorber dari DGW dan CW. Temperatur air di absorber (T_w) kedua model dapat dikatakan sama. Temperatur air masuk DGW lebih besar dibandingkan CW sehingga beda antara temperatur air keluar dengan temperatur air masuk DGW lebih kecil dibandingkan CW. Banyak air yang keluar dari model distilasi dan perbedaan temperatur yang lebih kecil pada DGW menyebabkan $Q_{w,o}$ pada distilasi DGW lebih kecil dibandingkan distilasi CW.

Gambar 18 menunjukkan temperatur kaca pada distilasi DGW dan CW. Temperatur kaca ditentukan oleh beberapa faktor yakni energi surya yang diserap kaca, energi panas pengembunan yang diterima kaca dan energi panas yang dilepas kaca ke lingkungan. Hasil air distilasi DGW lebih banyak dibandingkan distilasi CW, sehingga energi panas

pengembunan yang diterima kaca pada distilasi DGW juga lebih banyak. Energi panas pengembunan yang lebih banyak pada distilasi DGW seharusnya menyebabkan temperatur kaca DGW lebih tinggi dibandingkan distilasi CW, tetapi Gambar 18 menunjukkan temperatur kaca pada distilasi DGW lebih rendah sekitar 1,24% dibandingkan temperatur kaca pada distilasi CW. Temperatur kaca DGW yang lebih rendah tersebut menunjukkan air masukkan yang mengalir diantara kaca bawah dan kaca atas sebelum masuk ke dalam alat distilasi juga mendinginkan kaca.



Gambar 18. Temperatur kaca pada DGW dan CW



Gambar 19. Beda antara temperatur air dengan kaca pada DGW dan CW

Bergerakannya uap dari absorber ke kaca penutup terjadi secara konveksi. Proses konveksi dipengaruhi beda temperatur antara absorber dengan kaca penutup. Gambar 19 menunjukkan beda temperatur absorber dengan kaca penutup. Dari grafik terlihat beda temperatur absorber dengan kaca penutup pada distilasi DGW rata-rata 21,75% lebih tinggi dibandingkan CW. Beda temperatur antara absorber dan kaca penutup yang lebih besar pada distilasi DGW menyebabkan bergerakannya uap dari absorber ke kaca yang lebih cepat. Pergerakan uap ke kaca yang lebih cepat menyebabkan bertambahnya tekanan parsial uap pada kaca penutup yang lebih cepat, hal tersebut menyebabkan proses pengembunan yang lebih baik. Proses pengembunan yang lebih baik menyebabkan hasil air distilasi yang diperoleh juga lebih banyak.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi distilasi DGW rata-rata 32,6% lebih baik dibandingkan efisiensi CW pada cuaca dengan radiasi energi surya yang datang antara 383 sampai 596 W/m²
2. Produktivitas distilasi DGW rata-rata 35,6% lebih baik dibandingkan efisiensi CW pada cuaca dengan radiasi energi surya yang datang antara 383 sampai 596 W/m²
3. Panas pengembunan yang dapat dimanfaatkan distilasi DGW sebesar 29,9 W/m² sampai 48,2 W/m² pada cuaca dengan radiasi energi surya yang datang antara 383 sampai 596 W/m²
4. Kerugian panas DGW lebih rendah dibandingkan CW. Kerugian panas di sisi masuk DGW sebesar 37,4% dari CW dan di sisi keluar sebesar 36,4% dari CW pada cuaca dengan radiasi energi surya yang datang antara 383 sampai 596 W/m²

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Z. M. Omara, A. E. Kabeel, and A. S. Abdullah, "A review of solar still performance with reflectors," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 68, no. October 2016, pp. 638–649, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.10.031.
- [2] N. Shekarchi and F. Shahnia, "A comprehensive review of solar driven desalination technologies for off grid greenhouses," *Int. J. Energy Res.*, vol. 43, no. 4, pp. 1357–1386, Mar. 2019, doi: 10.1002/er.4268.
- [3] R. S. Hansen, C. S. Narayanan, and K. K. Murugavel, "Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh," *Desalination*, vol. 358, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1016/j.desal.2014.12.006.
- [4] D. Das, U. Bordoloi, P. Kalita, R. F. Boehm, and A. D. Kamble, "Solar still distillate enhancement techniques and recent developments," *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 10, no. February, p. 100360, 2020, doi: 10.1016/j.gsd.2020.100360.
- [5] A. Muthu Manokar, K. Kalidasa Murugavel, and G. Esakkimuthu, "Different parameters affecting the rate of evaporation and condensation on passive solar still - A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 38, pp. 309–322, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.05.092.
- [6] P. Prakash and V. Velmurugan, "Parameters influencing the productivity of solar stills - A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 49, pp. 585–609, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.136.
- [7] V. Sivakumar and E. Ganapathy Sundaram, "Improvement techniques of solar still efficiency: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 28, pp. 246–264, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.07.037.
- [8] R. Sathyamurthy *et al.*, "A Review of integrating solar collectors to solar still," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, no. October 2015, pp. 1069–1097, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.223.
- [9] A. E. Kabeel, Y. Taamneh, R. Sathyamurthy, P. Naveen Kumar, A. M. Manokar, and T. Arunkumar, "Experimental study on conventional solar still integrated with inclined solar still under different water depth," *Heat Transf. - Asian Res.*, vol. 48, no. 1, pp. 100–114, 2019, doi: 10.1002/htj.21370.
- [10] R. Samuel Hansen and K. Kalidasa Murugavel, "Enhancement of integrated solar still using different new absorber configurations: An experimental approach," *Desalination*, vol. 422, no. April, pp. 59–67, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2017.08.015.
- [11] S. A. El-Agouz, Y. A. F. El-Samadony, and A. E. Kabeel, "Performance evaluation of a continuous flow inclined solar still desalination system," *Energy Convers. Manag.*, vol. 101, pp. 606–615, 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2015.05.069.
- [12] S. A. El-Agouz, "Experimental investigation of stepped solar still with continuous water circulation," *Energy Convers. Manag.*, vol. 86, pp. 186–193, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.05.021.
- [13] N. P.K. *et al.*, "Analysis of an inclined solar still with baffles for improving the yield of fresh water," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 105, pp. 326–337, 2017, doi: 10.1016/j.psep.2016.11.018.
- [14] H. Sharon, K. S. Reddy, D. Krithika, and L. Philip, "Experimental performance investigation of tilted solar still with basin and wick for distillate quality and enviro-economic aspects," *Desalination*, vol. 410, pp. 30–54, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2017.01.035.