

Analisis Unjuk Kerja Plat Penyerap Corrugated-V pada Sistem Destilasi Surya Air Laut untuk Peningkatan Efisiensi Termal

Performance Analysis of a Corrugated-V Absorber Plate in a Solar Seawater Distillation System

Arfan Halim^{1*}, Ilmawan Suryapradana²

^{1*2} Prodi Perawatan Mesin, Politeknik Sinar Mas Berau Coal

*Email Korespondensi : arfan.halim@polteksimasberau.ac.id

Email : Ilmawan@polteksimasberau.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem destilasi air laut tenaga surya dengan pelat penyerap tipe *corrugated-V* pada sudut $\beta = 20^\circ$. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental di Workshop Politeknik Sinar Mas Berau Coal untuk mengetahui pengaruh variasi sudut plat penyerap terhadap nilai absorptivitas, energi berguna, dan efisiensi destilasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelat penyerap dengan sudut $\beta = 20^\circ$ memiliki nilai absorptivitas rata-rata tertinggi sebesar 0,989, yang kemudian digunakan sebagai konfigurasi optimal dalam sistem destilasi surya. Nilai energi berguna rata-rata yang dihasilkan selama proses destilasi sebesar 683,11 kJ, dengan efisiensi rata-rata sistem mencapai 16,53%. Efisiensi tertinggi diperoleh pada pukul 14.00 WITA sebesar 25,67%, dan air kondensat yang dihasilkan mencapai 300 ml. Hasil ini menunjukkan bahwa plat penyerap berbentuk *corrugated-V* dengan sudut 20° mampu meningkatkan penyerapan energi dan mempertahankan proses penguapan meskipun intensitas radiasi matahari mengalami penurunan. (10 pt).

Kata kunci: Air laut; Destilasi surya; Efisiensi termal; *V-corrugated*

ABSTRACT

This was conducted to analyze the performance of a solar seawater distillation system equipped with a corrugated-V absorber plate at an angle of $\beta = 20^\circ$. The experiment was conducted at the Workshop of Politeknik Sinar Mas Berau Coal to investigate the effect of absorber plate geometry on the absorptivity, useful energy, and distillation efficiency. The experimental results indicate that the absorber plate with a 20° angle achieved the highest average absorptivity value of 0.989, which was identified as the optimal configuration for the solar distillation system. The average useful energy produced during the distillation process was 683.11 kJ, with an average system efficiency of 16.53%. The maximum efficiency of 25.67% was recorded at 14:00 local time, and the total amount of distilled water produced was 300 ml. These findings demonstrate that the corrugated-V absorber plate with a 20° angle effectively enhances solar energy absorption and sustains the evaporation process, even under decreasing solar radiation intensity.

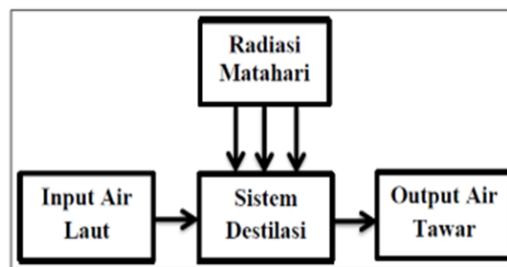
Keyword : Sea water; Solar distillation; Thermal efficiency; *V-corrugated*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah mencapai 5.193.252 km², di mana sekitar dua pertiganya atau sekitar 3.288.683 km² berupa lautan, oleh karena itu, Indonesia dikenal sebagai negara maritim. Namun, meskipun dikelilingi oleh laut, masih banyak masyarakat yang tinggal di daerah pesisir mengalami kesulitan dalam memperoleh air bersih [1] Air merupakan kebutuhan dasar yang digunakan dalam berbagai aktivitas, mulai dari keperluan rumah tangga seperti minum, memasak, dan mencuci, hingga sektor perdagangan, industri, pertanian, dan peternakan [2]. Meski demikian, kenyataannya sejumlah daerah masih mengalami kendala dalam penyediaan air bersih. Pengolahan air bersih merupakan serangkaian proses teknis yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas fisik, kimia, dan biologis air mentah agar memenuhi standar kelayakan untuk konsumsi dan penggunaan sehari-hari. Proses ini menjadi penting untuk menjamin keamanan dan kesehatan masyarakat, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber air bersih. Penggunaan destilasi air laut berbasis tenaga surya menawarkan solusi yang menjanjikan, terutama karena wilayah beriklim tropis kaya akan sumber air laut dan sinar matahari [3]. Proses ini memanfaatkan energi panas matahari untuk mendukung mekanisme destilasi [4]. Secara prinsip, destilasi merupakan metode sederhana dalam memperoleh air bersih melalui penyulingan air yang tercemar. Dalam proses ini terjadi

serangkaian tahapan, yakni perpindahan panas, penguapan, dan kondensasi [5]. Panas dari sumber energi akan dialirkan ke air kotor hingga menyebabkan terjadinya penguapan. Uap air yang terbentuk kemudian diarahkan ke permukaan yang lebih dingin sehingga mengalami kondensasi. Air hasil kondensasi inilah yang dikumpulkan sebagai air bersih, sementara kontaminan seperti kuman dan bakteri akan mati akibat suhu tinggi selama proses pemanasan. Dalam sistem destilasi air laut berbasis energi surya, pelat penyerap memiliki peran krusial sebagai komponen yang menangkap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang dibutuhkan dalam proses pemanasan air [6]. Plat absorber berfungsi sebagai komponen utama yang menyerap energi radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi panas untuk menguapkan air, penelitian menunjukkan bahwa modifikasi bentuk plat absorber dapat meningkatkan efisiensi termal dan laju evaporasi [7], [8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui desain pelat penyerap tipe *corrugated-V* dengan sudut optimum (20^0 dan 30^0) yang dapat meningkatkan absorptivitas dan efisiensi penyerapan energi radiasi matahari pada sistem destilasi surya.

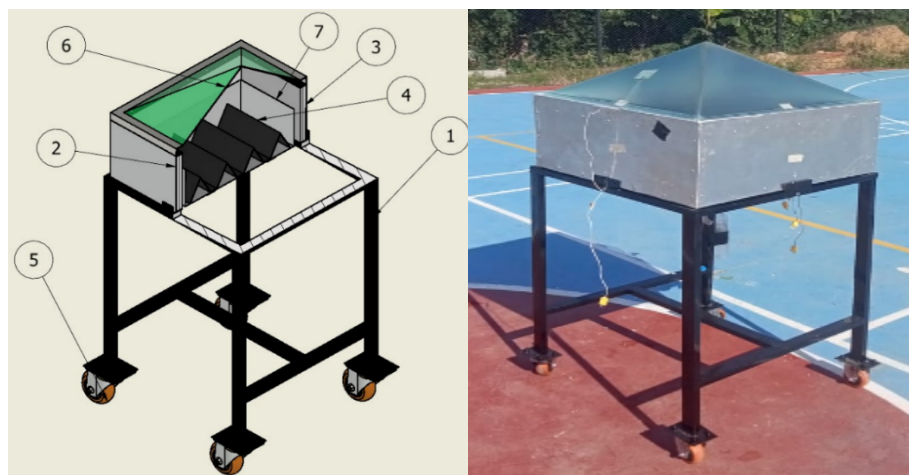


Gambar 1. Proses kerja destilasi tenaga surya [9]

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di workshop Politeknik Sinar Mas Berau Coal. Pendekatan penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, yaitu penelitian yang dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap rancang bangun prototipe destilasi surya untuk memperoleh unjuk kerja.

Rancangan Alat Uji



Gambar 2. Prototipe destilasi air laut tenaga surya dengan plat penyerap V

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| 1. Rangka | 5. Roda |
| 2. Cover basin | 6. Kaca penutup |
| 3. Isolator | 7. Basin |
| 4. Plat penyerap V-Shape | |

Prinsip kerja alat destilasi air laut tenaga surya dimulai dari air laut yang berada di dalam basin kemudian dipanaskan oleh radiasi matahari yang diserap oleh pelat penyerap panas di dasar alat destilasi. Proses pemanasan menyebabkan air laut mengalami penguapan, dan uap air yang terbentuk akan terkondensasi pada permukaan bagian dalam kaca penutup. Kondensat yang terbentuk akan mengalir mengikuti kemiringan kaca penutup menuju saluran penampung kondensat, lalu ditampung di wadah air tawar hasil destilasi. Perhitungan absorptivitas pelat *absorber* bentuk-V ditentukan berdasarkan tabel transmisivitas dan absorptivitas untuk setiap *angle of incident*, menggunakan persamaan (1) [10]:

$$\alpha = \frac{A_1}{A_{\text{proyeksi}}} (\alpha_1) + \frac{A_2}{A_{\text{proyeksi}}} (\alpha_2) + \frac{A_3}{A_{\text{proyeksi}}} (\alpha_3) + \dots (n) \quad (1)$$

Pada proses destilasi terdapat energi berguna destilasi yang dibutuhkan untuk penguapan air laut yang menjadi air bersih. Efisiensi alat destilasi merupakan perbandingan energi panas untuk menguapkan air laut yang menjadi produk air bersih terhadap besar radiasi matahari yang diterima oleh alat destilasi melalui plat penyerap radiasi matahari dalam selang waktu tertentu. Untuk perhitungan efisiensi alat destilasi air laut tenaga surya dapat digunakan persamaan (2) :

$$\eta_d = \frac{m_k \times hfg}{A_c \times I_t \times t} \times 100\% \quad (2)$$

dimana : m_k = total massa air kondensat (kg)

hfg = panas laten penguapan (kJ/kg)

A_c = luas plat penyerap

I_t = intensitas radiasi matahari (W/m^2)

T = lama waktu pengujian (s)

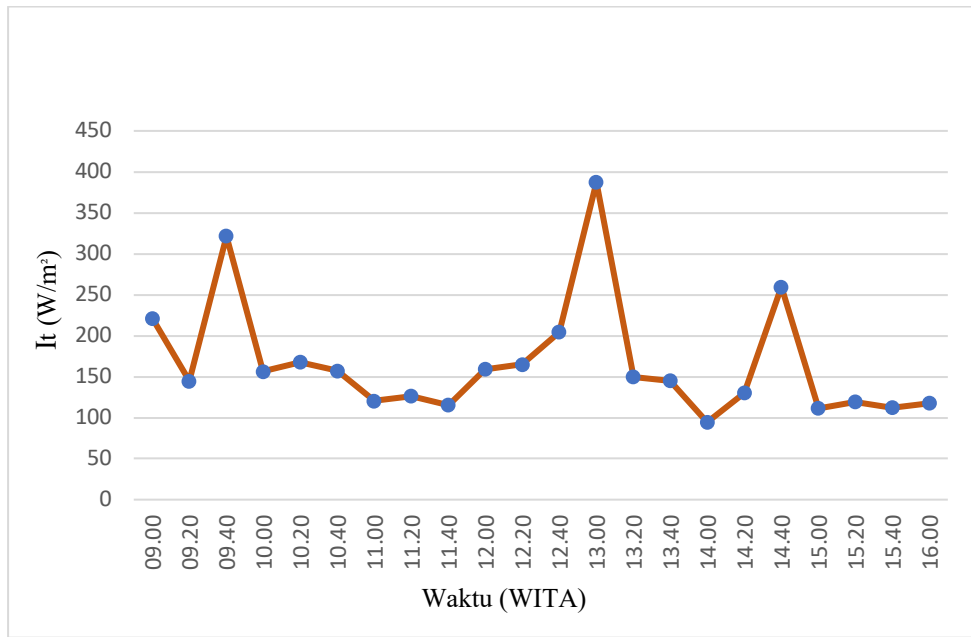
HASIL DAN ANALISIS (10 PT)

Dapat dilihat pada tabel 1, berdasarkan perhitungan absorptivitas rata-rata ($\alpha_{\text{rata-rata}}$), diperoleh bentuk optimal dari pelat *absorber* bentuk-V pada sudut $\beta = 20^\circ$. Bentuk-V ini selanjutnya diaplikasikan pada sistem destilasi surya.

Tabel 1. Hasil perhitungan absorptivitas pelat *absorber*

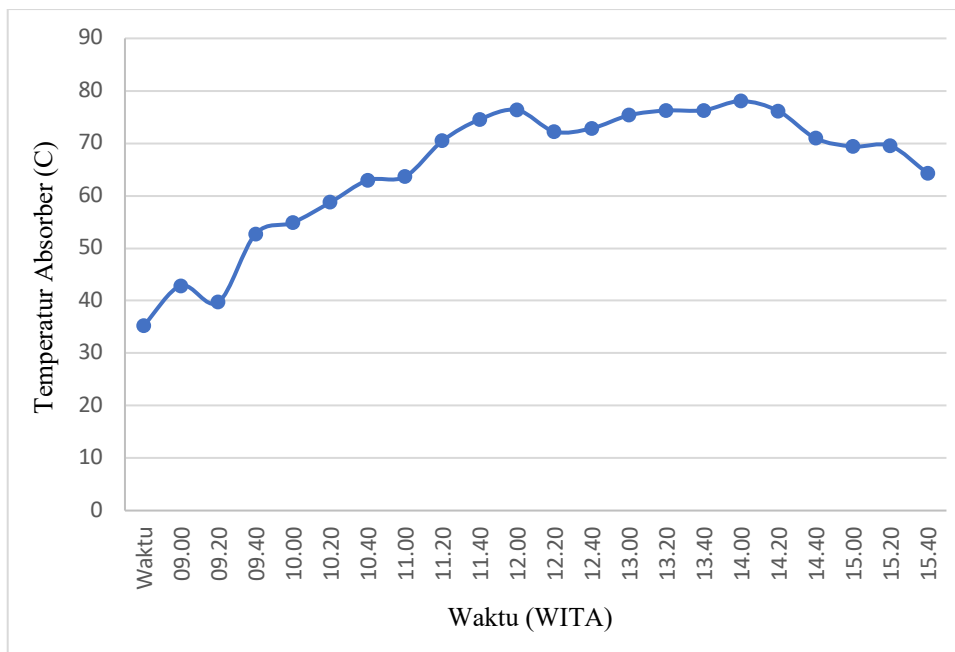
No	Sudut Gelombang (β)	Sudut Datang (θ)	Absorptivitas (α)	Absorptivitas rata-rata (rata-rata)
1	Sudut V-20	0	0.992968426	0.989
		30	0.989162253	
		60	0.984928406	
2	Sudut V-30	0	0.987883277	0.985
		30	0.984164730	
		60	0.985335254	

Untuk mempermudah proses analisis, data hasil pengujian dan perhitungan disajikan dalam bentuk grafik. Grafik yang ditampilkan adalah grafik performa unjuk kerja destilasi air laut tenaga surya, yang terdiri dari grafik intensitas radiasi matahari (I_t), grafik energi berguna destilasi terhadap intensitas radiasi matahari (Q_{u-d}), dan grafik efisiensi destilasi terhadap intensitas radiasi matahari (η_d) yang ditunjukkan sebagai berikut :

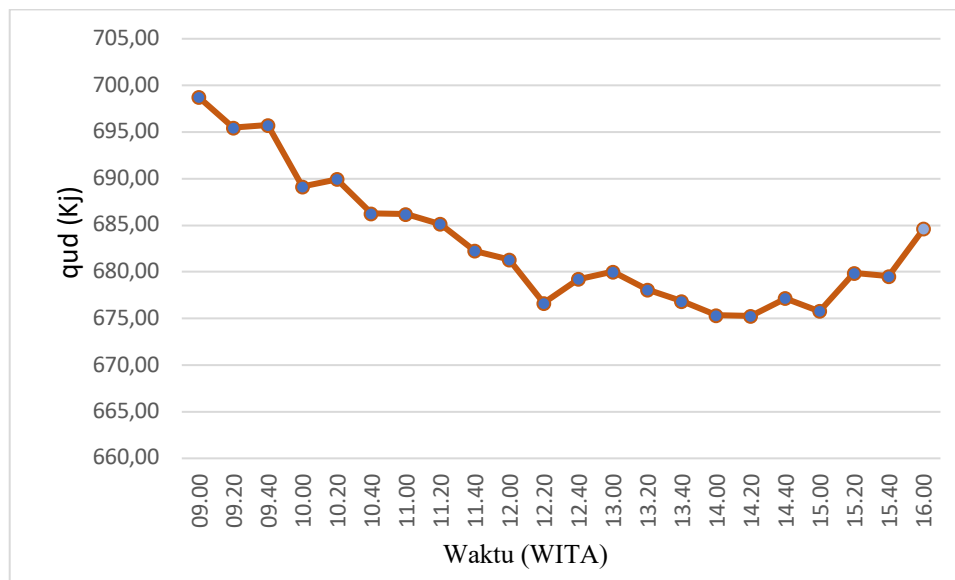


Gambar 3. Grafik intensitas radiasi matahari pengujian performansi destilasi air laut tenaga surya

Dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 perbandingan intensitas radiasi matahari dan plat absorber V-Shape 40° selama pengujian unjuk kerja. Pada pengujian didapatkan intensitas radiasi matahari tertinggi (I_t) pada pukul 13.00 WITA dengan nilai intensitas radiasi matahari 387,416 W/m² temperatur tertinggi rata plat absorber didapatkan pada pukul 14.00 sebesar 78,05 °C dan temperatur rata-rata plat absorber adalah 65,16 °C. Temperatur plat absorber terus meningkat dan mencapai temperatur tertinggi setelah waktu radiasi maksimum. Hubungan ini menunjukkan bahwa pelat dan air di dalam alat destilasi masih menyimpan panas meskipun radiasi matahari mulai menurun. Fenomena ini juga sama yang ditemukan oleh kumar et all yang menyatakan bahwa kinerja sistem destilasi surya sangat dipengaruhi oleh kemampuan plat penyerap dalam menyerap serta menyimpan energi panas. Saat intensitas radiasi matahari menurun, temperatur kaca penutup mengalami penurunan bertahap sehingga perbedaan suhu antara plat penyerap dan kaca meningkat[11] Pada pengujian destilasi air laut tenaga surya, intensitas radiasi matahari mengalami penurunan dikarenakan matahari tertutup awan sehingga mengakibatkan energi yang masuk ke kolektor mengecil.

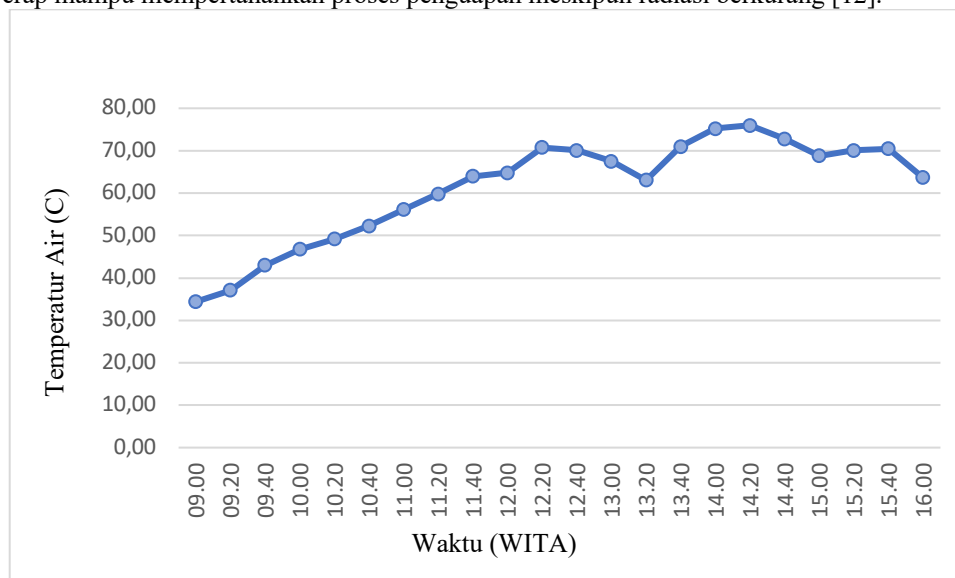


Gambar 4. Grafik temperatur rata-rata plat absorber V-Shape pada pengujian performansi destilasi air laut tenaga surya



Gambar 5. Grafik energi berguna destilasi terhadap intensitas radiasi matahari

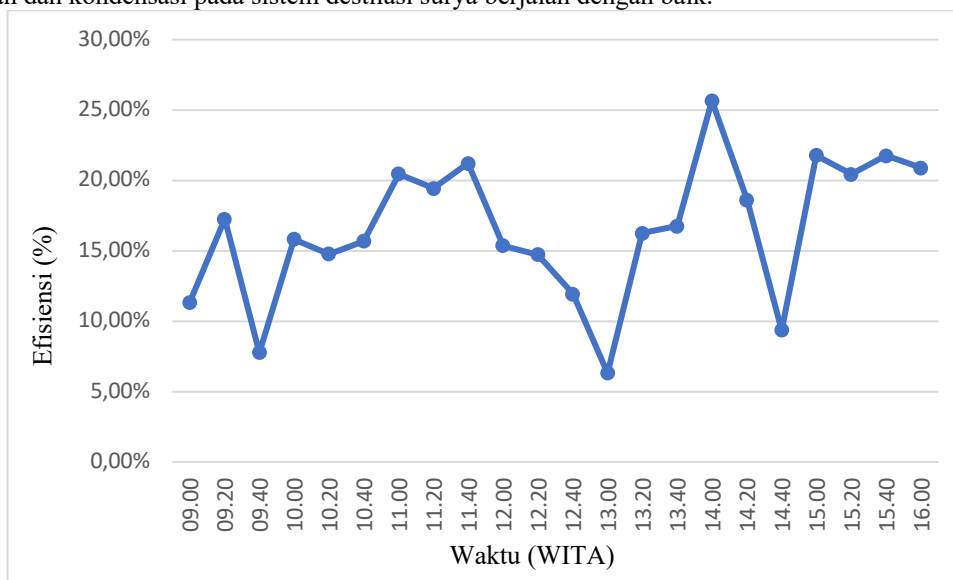
Dapat dilihat pada gambar 5 dan 6, hubungan antara energi berguna destilasi (Q_n-d) dan temperatur air pada basin. Pada beberapa waktu pengujian, walaupun intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, nilai energi berguna destilasi justru menunjukkan peningkatan. Hal ini disebabkan oleh panas yang masih tersimpan pada air dan pelat absorber sehingga proses penguapan tetap berlangsung meskipun intensitas radiasi matahari berkurang. Selain itu, ketika intensitas radiasi menurun, suhu kaca penutup menjadi lebih rendah, sehingga perbedaan suhu antara air di basin dan kaca penutup meningkat. Kondisi ini mempercepat proses kondensasi dan menyebabkan massa air hasil destilasi bertambah, yang pada akhirnya meningkatkan nilai energi berguna destilasi. Nilai energi berguna destilasi rata-rata selama pengujian diperoleh sebesar 683,11 kJ. Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian Radomska, dkk yang menyatakan bahwa efek penyimpanan panas pada air dan plat penyerap mampu mempertahankan proses penguapan meskipun radiasi berkurang [12].



Gambar 6. Grafik temperatur air pada basin terhadap intensitas radiasi matahari

Dapat dilihat pada gambar 7, nilai efisiensi destilasi (η) memperlihatkan variasi perubahan selama waktu pengujian dari pukul 09.00 hingga 16.00 WITA. Nilai efisiensi destilasi berkisar antara 6,30% hingga 25,67%, dengan nilai rata-rata sebesar 16,53%. Nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada pukul 14.00 WITA sebesar

25,67%, sedangkan nilai terendah terjadi pada pukul 13.00 WITA sebesar 6,30%. Peningkatan efisiensi pada pagi hingga menjelang siang (09.00–11.40 WITA) menunjukkan bahwa penyerapan panas oleh plat penyerap *V-Shape* dan air di basin berlangsung optimal seiring meningkatnya intensitas radiasi matahari. Selanjutnya, penurunan efisiensi antara pukul 12.00–13.00 WITA terjadi akibat meningkatnya kehilangan panas ke lingkungan. Pada waktu pengujian setelah pukul 13.20 WITA, efisiensi kembali meningkat hingga pada pukul 14.00 WITA. Hal ini disebabkan oleh efek penyimpanan panas dari air dan plat penyerap *V-Shape*, panas yang tersimpan tetap dapat menyebabkan proses penguapan meskipun intensitas radiasi mulai menurun. Selama waktu pengujian, jumlah air kondensat yang dihasilkan sebesar 300 ml, hal ini memperlihatkan bahwa proses penguapan dan kondensasi pada sistem destilasi surya berjalan dengan baik.



Gambar 7. Grafik efisiensi destilasi surya terhadap intensitas radiasi matahari

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa bentuk plat penyerap tipe *corrugated-V* dengan sudut $\beta = 20^\circ$ menghasilkan nilai absorptivitas rata-rata tertinggi sebesar 0,989, sehingga dapat dinilai sebagai konfigurasi paling optimal untuk sistem destilasi surya. Nilai energi berguna destilasi rata-rata yang dihasilkan mencapai 683,11 kJ, dengan efisiensi rata-rata 16,53% dan efisiensi maksimum sebesar 25,67% yang terjadi pada pukul 14.00 WITA. Selama proses destilasi, sistem destilasi surya mampu menghasilkan air kondensat sebanyak 300 ml, memperlihatkan bahwa proses penguapan dan kondensasi berlangsung secara optimal. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini didapatkan hasil bahwa plat penyerap berbentuk *corrugated-V* dengan sudut 20° mampu meningkatkan penyerapan panas dan mempertahankan proses destilasi meskipun intensitas radiasi matahari mengalami penurunan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengujian dengan material plat penyerap yang berbeda serta penambahan sistem penyimpanan panas (*thermal storage*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DPPM Kemdiktisaintek atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian Dosen Pemula 2025 dengan Nomor Kontrak SP.DIPA-139.04.1.693320/2025 revisi ke 04 dan 001/PDI/PSB/UPPM/VI/2025. Dan semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini khususnya Prodi Perawatan Mesin Politeknik Sinar Mas Berau Coal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Satriawan and S. D. A. Febriani, "Pengaruh variasi material absorber terhadap efisiensi destilator air laut bertenaga surya tipe sirip," *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi dan Otomotif*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2022.
- [2] M. Mawardi, "Air dan masa depan kehidupan," *Tarjih: Jurnal Tarjih dan Pengembangan Pemikiran Islam*, vol. 12, no. 1, pp. 131–142, 2014.

-
- [3] M. R. Maulana, M. M. Tamjidillah, and M. N. Ramadhan, "Pengaruh Tipe Absorber Tembaga Dan Seng Pada Solar Distillation Terhadap Produktivitas Kondensat Air Laut," *JTAM ROTARY*, vol. 4, no. 1, pp. 25–40, 2022.
- [4] A. F. Ramadhan, L. P. Afisna, A. Maharani, N. Ramadhanty, R. Isak, and W. Ningsih, "Studi Eksperimen Alat Destilasi Tenaga Surya Di Kelurahan Way Huwi," *Vortex*, vol. 3, no. 2, pp. 91–97, 2022.
- [5] K. Astawa, M. Sucipta, and I. Negara, "Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton," *J. Ilm. Tek. Mesin Cakra M*, vol. 5, no. 1, pp. 7–13, 2011.
- [6] N. Nurmisriandi, M. Tamjidillah, and M. N. Ramadhan, "Pengaruh Kemiringan Sudut Kaca Penutup Pada Solar Distillation Dengan Absorber Seng (Zn) Terhadap Produktivitas Kondensat Air Laut," *JTAM ROTARY*, vol. 4, no. 1, pp. 13–24, 2022.
- [7] K. K. Murugavel, K. K. S. K. Chockalingam, and K. Srithar, "Progresses in improving the effectiveness of the single basin passive solar still," *Desalination*, vol. 220, no. 1–3, pp. 677–686, 2008.
- [8] A. Halim, A. M. Jalaluddin, and E. Arif, "Performance investigation of solar water heating system integrated with PCM storage," *J Mech Eng Res Dev*, vol. 43, no. 3, pp. 291–300, 2020.
- [9] T. Akhirudin, "Desain alat destilasi air laut dengan sumber energi tenaga surya sebagai alternatif penyediaan air bersih," 2008.
- [10] O. ASHRAE and O. Costs, "ASHRAE Handbook–HVAC Applications (SI)," *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, USA*, 2011.
- [11] S. Kumar *et al.*, "Solar stills: A review for water scarcity solutions," *Heliyon*, vol. 10, no. 19, 2024.
- [12] E. Radońska, L. Mika, K. Sztekler, and W. Kalawa, "Experimental validation of the thermal processes modeling in a solar still," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 8, p. 2321, 2021.