

Analisis Performansi *Solar Water Heater* pada Rangkaian Instalasi Pengering Kabinet

Performance Analysis of Solar Water Heater in Cabinet Dryer Installation Series

Retno Damayanti, Affan Zahirul Fawazi, Gunomo Djoyowasito

Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

email: damayanti@ub.ac.id

RIWAYAT ARTIKEL

Disubmit 28 Desember 2022

Diterima 29 Desember 2022

Diterbitkan 31 Desember 2022

KATA KUNCI

Energi; pengering kabinet; *solar water heater*

KEYWORDS

Energy; cabinet dryer; solar water heater

ABSTRAK

Energi matahari sebagai sumber energi terbarukan dapat dimanfaatkan menjadi energi termal untuk proses pengeringan. Pengeringan menggunakan instalasi *solar water heater*, penukar panas, dan ruang pengering bahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui data temperatur air keluar dari *solar water heater* dan menghitung energi dan efisiensi penyerapan panas pada kolektor *solar water heater*. Penelitian dilakukan dengan mengukur temperatur, intensitas cahaya matahari, debit air dan kecepatan angin selama proses pengeringan. Penelitian dilakukan selama 7 hari dimulai pada pukul 08.00-16.00 WIB. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata temperatur fluida air keluar dari *solar water heater* sebesar 51.3 °C, rata-rata temperatur yang didapatkan ruang pengering sebesar 36.7 °C. Hasil energi rata-rata tertinggi pada sistem *solar water heater* terjadi pada hari pertama dengan nilai 927.5 J. Energi rata-rata tertinggi pada kolektor terjadi pada hari pertama dengan nilai 478.2 J dengan efisiensi kolektor 41.94%.

ABSTRACT

Solar energy can use as thermal energy for the drying process as a renewable energy source. The Drying using a solar water heater installation, heat exchanger, and material drying chamber. This study aims to determine the temperature of the water coming out of the solar water heater and calculate the energy and heat absorption efficiency of the solar water heater collector. The research was conduct to measuring temperature, sunlight intensity, water discharge, and wind speed during the drying process. The research was conduct for seven days start at 08.00-16.00 WIB. The results showed that the average value of the temperature of the water coming out of the solar water heater was 51.3 °C, the average temperature obtained by the drying room was 36.7 °C. The highest average energy yield in the solar water heater system occurs on the first day with a value of 927.5 J. The highest average energy yield at the collector occurs on the first day with a value of 478.2 J with a collector efficiency of 41.94%.

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.03.10>

1. Pendahuluan

Energi surya sebagai energi alternatif memiliki potensi daya yang besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi cadangan, utamanya pada negara-negara di garis khatulistiwa seperti Indonesia. Energi surya bersifat *renewable* atau terbarukan, tidak menimbulkan polusi sehingga tetap ramah lingkungan jika digunakan. Pemanfaatan energi surya yang dilakukan terdapat dua jenis yaitu, pemanfaatan termal energi surya dan energi surya fotovoltaik [1]. Penelitian [2] mengemukakan bahwa kerapatan daya pada energi surya yang menembus atmosfer rata-rata sebesar 1.2 kW/m^2 , namun yang diserap bumi sebesar 560 W/m^2 , sehingga dengan luas seluruh daratan di Indonesia yaitu ± 2 juta km^2 berpotensi dapat dibangkitkan energi surya sebesar 5.10^8 MW . Pengeringan dengan metode konvensional banyak dilakukan masyarakat dengan memanaskan bahan baku langsung dibawah terik matahari yang dilakukan di tempat terbuka. Proses pengeringan secara konvensional tidak bisa dilakukan ketika matahari terbenam, sehingga pengeringan terbatas waktu hingga waktu petang. Salah satu solusi untuk menangani permasalahan yang timbul pada pengering konvensional yaitu menggunakan modifikasi pengering dengan memanfaatkan energi udara panas dari energi panas fluida air yang bersirkulasi melewati alat penukar panas, dimana sumber panas yang diperoleh fluida air didapat dari *solar water heater* (pemanas air tenaga surya). Pada pemanas air tenaga surya terdapat bagian *absorber* yaitu berfungsi menyerap energi termal surya. Alat pemanas air tenaga surya mempunyai teori efek rumah kaca. Energi panas yang diterima dari radiasi akan terjebak dikarenakan terdapat lapisan kaca yang terletak pada bagian atas kolektor pemanas dan energi panas selanjutnya akan dialirkan ke pipa yang menampung fluida [3]. Cara kerja dalam pemanas air tenaga surya meliputi prinsip perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi. Mekanika fluida dan peralatan konveksi energi juga sebagai prinsip dasar dalam alat pemanas air tenaga surya. Kolektor pada alat pemanas air akan menangkap energi radiasi dari sinar matahari, kemudian mengalir secara konduktif sesuai ukuran panjang plat penyerap dan dinding saluran [4]. Energi panas dari pipa saluran pada kolektor yang sudah panas akan bergerak menuju fluida melalui mekanisme konveksi [5]. Tujuan modifikasi instalasi pengering tersebut yaitu mempertahankan panas lebih lama walaupun tidak ada sumber energi termal surya pada waktu petang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui data temperatur air keluar dari *solar water heater*, menghitung energi dan efisiensi penyerapan panas pada kolektor *solar water heater*. Tiga bagian utama instalasi pengering tersebut yaitu *solar water heater*, penukar panas, dan tempat pengeringan. Bagian *solar water heater* berfungsi sebagai penerima sumber energi termal dari matahari secara langsung, sehingga perlu adanya analisis performansi berupa energi dan efisiensi penyerapan panas pada kolektor *solar water heater*. Energi yang didapat dari *solar water heater* akan mempengaruhi proses aliran energi pada tahap selanjutnya sampai penggunaan energi untuk pengeringan. Penelitian dilakukan dengan mengukur temperatur, intensitas cahaya matahari, debit air dan kecepatan angin selama proses pengeringan.

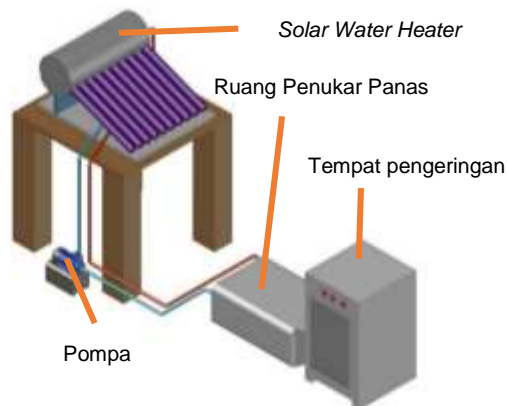
2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *solar water heater* tipe *pressure 10*, pompa Wasser PB-60 EA, gelas ukur 1000 ml, *stopwatch*, anemometer, termokopel tipe K, *luxmeter*, *data logger*. Bahan yang digunakan adalah air sebagai fluida yang dipanaskan dan disirkulasikan.

Instalasi pengeringan dengan energi termal surya dirancang dengan beberapa bagian utama yaitu *solar water heater*, *heat exchanger*, dan tempat pengering kabniet (**Gambar 1**). Air yang sudah menerima panas dari *water heater* akan dialirkan melewati pipa *stainless* menuju alat *heat exchanger* (penukar panas) dimana panas air dalam alat tersebut akan mengalami penukaran panas baik secara konveksi alami atau konveksi paksa dikarenakan terdapat kipas (*blower*) pada posisi ujung *heat exchanger* yang membantu mempercepat aliran

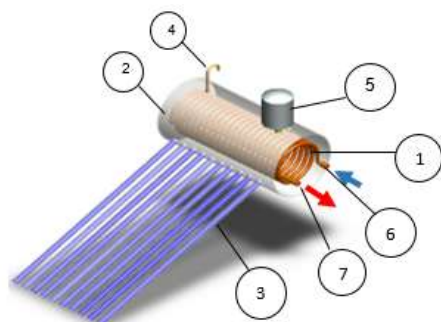
udara panas menuju oven. Aliran air kembali dialirkan menuju *solar water heater* menggunakan mesin pompa sebagai pendorong air ke atas, sehingga air dapat menuju ke tangki *water heater* dan dapat dipanaskan kembali, sehingga sirkulasi air akan berulang terus-menerus. Udara panas yang dialirkan menuju oven akan mengeringkan bahan yang diletakkan pada setiap rak oven.



Gambar 1. Rangkaian instalasi pengeringan berbasis energi termal surya

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan cara menguji performansi suatu alat pemanas air tenaga surya (*solar water heater*) sebagai salah satu bagian utama dari instalasi pengeringan berbasis *solar water heater* (**Gambar 2**). Pengukuran yang dilakukan yaitu temperatur air keluar dari *solar water heater*, temperatur air masuk menuju *solar water heater*, intensitas cahaya matahari, kecepatan angin, dan debit fluida air yang disirkulasikan dengan pompa pada *solar water heater*. Pengujian dimulai setiap harinya pada pukul 08.00-16.00 WIB yang dilakukan selama 7 hari. Arah hadap dari *solar water heater* ditentukan mengarah ke utara dengan sudut kemiringan penerimaan cahaya tabung kolektor *solar water heater* sebesar 22° , sehingga sesuai dengan sudut penerimaan cahaya pada silinder tube atau kolektor cahaya pada *solar water heater*. Hal ini sesuai dengan penelitian [6] kemiringan kolektor surya diposisikan pada sudut 15° dari permukaan tanah dan menghadap ke arah utara. Pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan luxmeter, yang diletakkan pada posisi penerimaan cahaya yang tepat agar hasil pembacaan nilai intensitas lebih akurat [7]. Pada pembacaan alat pengukur intensitas cahaya matahari (*luxmeter*) menggunakan satuan lux, sehingga perlu dikonversi menjadi satuan W/m^2 (dikalikan dengan nilai $0.0079 W/m^2$). Pengukuran temperature direkam menggunakan data logger dan tersimpan dalam memori *data logger*, kemudian akan dipindahkan ke Microsoft excel agar dapat terbaca. Data yang sudah didapat akan dimasukkan dalam perhitungan energi dan efisiensi penyerapan panas.



1. Heat exchanger
2. Tangki penampung air
3. Tabung kolektor
4. Saluran uap panas
5. Automatic valve
6. Saluran input air
7. Saluran output air

Gambar 2. Solar water heater

Menurut [8], energi (Q_u) yang dikumpulkan pada sistem *solar water heater* dalam menaikkan temperatur massa air sebesar nilai perubahan suhu didapat dengan **Persamaan 1**.

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{f,o} - T_{f,i}) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- Q_u : Energi yang dikumpulkan (Watt)
- \dot{m} : Laju Massa air (kg/s)
- C_p : Kalor jenis air sebesar 4.200 (J/kg°C)
- $T_{f,o}$: Temperatur fluida air keluar (K)
- $T_{f,i}$: Temperatur fluida air masuk (K)

Sedangkan Jumlah panas yang masuk menuju kolektor dapat dihitung dengan **Persamaan 2** [9].

$$Q_y = 0,5 \times 10 \times A_k \times Fr \times [(\tau\alpha) \times I_{eff} - U_L \times (T_{fi} - T_a)] \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- I_{eff} : Intensitas cahaya matahari (W/m²)
- U_L : Koefisien kerugian panas total (W/m². °K)
- T_{fi} : Temperatur fluida air yang berada di kolektor tabung (°K)
- T_a : Temperatur *ambient* (°K)
- A_k = Luas permukaan pada satu tabung kolektor (0,20398382 m²)

Efisiensi penyerapan panas pada kolektor *solar water heater* dihitung dengan perbandingan antara energi yang diserap dengan intensitas cahaya matahari yang masuk dan luas permukaan kolektor pemanas tabung kaca, seperti tercantum pada **Persamaan 3** oleh [9].

$$\eta = \frac{Fr \cdot A_k (I \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_{fi} - T_a))}{I \cdot A_g} \dots\dots\dots(3)$$

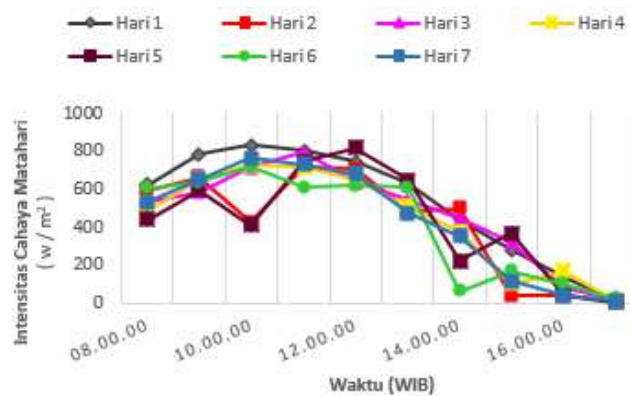
Keterangan:

- I : Intensitas cahaya matahari (W/m²)
- A_k : Luas permukaan kolektor (m²), pada satu tabung kolektor yaitu 0,02045082 m²

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Intensitas Cahaya Matahari

Gambar 3 menunjukkan nilai rata-rata intensitas cahaya matahari setiap jam yang didapat dari keseluruhan hari pengujian, paling tinggi terjadi pada pukul 11.00 WIB dengan nilai 731.31 W/m². Nilai rata-rata intensitas cahaya matahari terendah terjadi pada pukul 17.00 WIB dengan nilai 13.66 W/m². Nilai rata-rata intensitas cahaya matahari pada pukul 08.00 WIB sampai 17.00 WIB yang didapat dari keseluruhan hari pengujian secara berturut-turut yaitu 546 W/m², 653.44 W/m², 654.80 W/m², 731.31 W/m², 693.73 W/m², 557.63 W/m², 343.20 W/m², 199.87 W/m², 88.82 W/m², 13.66 W/m². Pada penelitian [10] besar dan kecilnya jumlah radiasi matahari yang masuk disebabkan dari faktor sudut datang sinar matahari, semakin tegak sudut sinar matahari maka radiasi akan bertambah besar. Radiasi matahari total dari pukul 08.00 WIB dapat bertambah dan mencapai titik maksimalnya antara pukul 11.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Selanjutnya akan terjadi penurunan intensitas radiasi hingga sore hari.

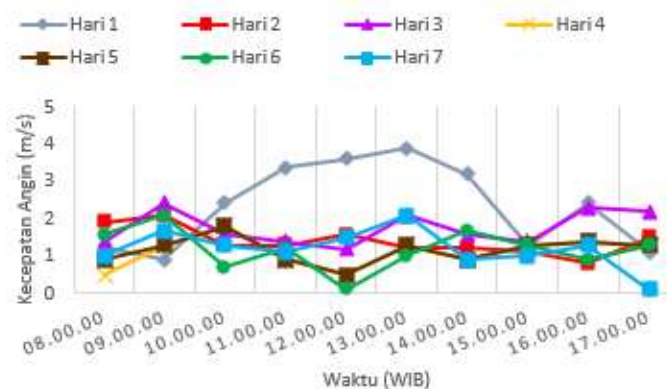


Gambar 3. Hubungan intensitas cahaya matahari dengan waktu

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi intensitas cahaya matahari adalah awan. Menurut [11] awan adalah salah satu komponen yang bisa mempengaruhi besar radiasi yang diterima oleh permukaan bumi, karena cahaya matahari akan terhalangi oleh awan tersebut sehingga tidak sampai ke permukaan bumi.

3.2. Kecepatan Angin

Nilai rata-rata kecepatan angin tertinggi selama pelaksanaan pengukuran kecepatan angin dalam kurun waktu 7 hari terjadi pada hari pertama dengan nilai 2.34 m/s, sedangkan rata-rata kecepatan angin terendah terjadi pada hari keempat dengan nilai rata-rata sebesar 1.12 m/s (**Gambar 4**). Ketidakstabilan dari energi matahari yang sampai ke permukaan dapat disebabkan oleh beberapa faktor hambatan alami seperti laju kecepatan angin, cuaca, kelembapan dan lain-lain. Kecepatan angin lingkungan dapat mengalami fluktuasi yang dinamis dengan beberapa faktor yang mempengaruhinya [12].

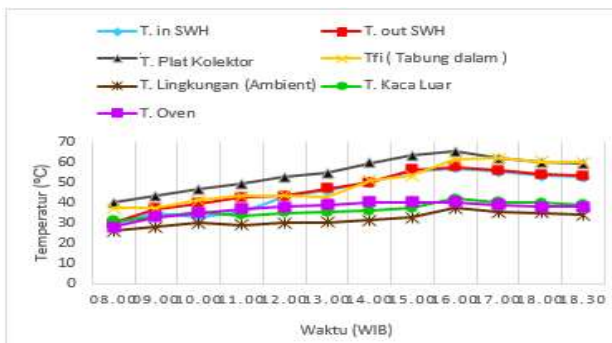


Gambar 4. Hubungan kecepatan angin dengan waktu

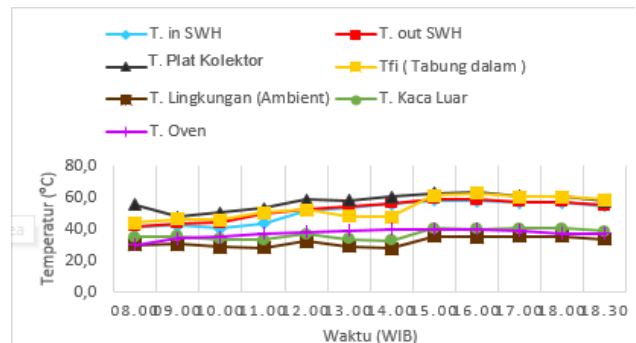
Pergerakan aliran udara dapat terpengaruhi oleh adanya kandungan kelembapan udara itu sendiri, gesekan udara dengan beberapa objek alam misalkan jika bergerak disepanjang tanah, air dan bangunan, kemudian perbedaan tekanan yaitu dari tekanan udara positif menuju tekanan udara negatif [13]. Kecepatan angin pada suatu daerah dapat terpengaruh oleh letak geografisnya, semakin tinggi tempat, maka angin akan bertiup lebih kencang yang disebabkan oleh gaya gesekan yang semakin kecil [14].

3.3. Temperatur *Solar Water Heater* dan Ruang Pengering

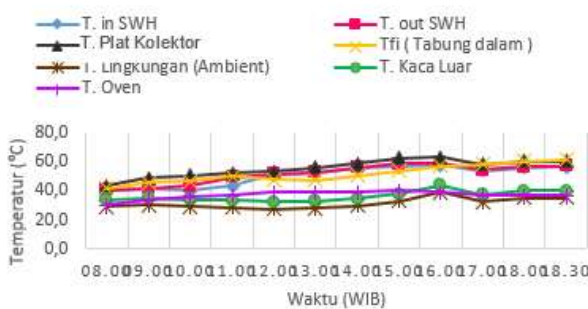
Data pada hasil pengukuran temperatur *solar water heater* dan ruang pengering disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 5**. Nilai temperatur terhadap waktu mengalami kecenderungan naik dari pukul 08.00 WIB hingga siang hari sampai mencapai nilai maksimumnya, kemudian akan mengalami penurunan temperatur ketika waktu sore dan petang. Temperatur *output* fluida air dari *solar water heater* paling tinggi terjadi pada hari ketujuh sebesar 61 °C pada saat pukul 15.00 WIB. Tempertaur *output* paling rendah terjadi pada hari kelima sebesar 36.2 °C pada pukul 08.00 WIB. Temperatur ruang pengering paling tinggi dari 7 hari penelitian yaitu pada hari ketujuh dengan nilai 41 °C terjadi pada pukul 13.00 WIB. Pada pengukuran temperatur ruang pengering menunjukkan bahwa pada pukul 13.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB mendapatkan temperatur maksimal, sehingga pada rentang waktu tersebut pengeringan juga terjadi secara maksimal.



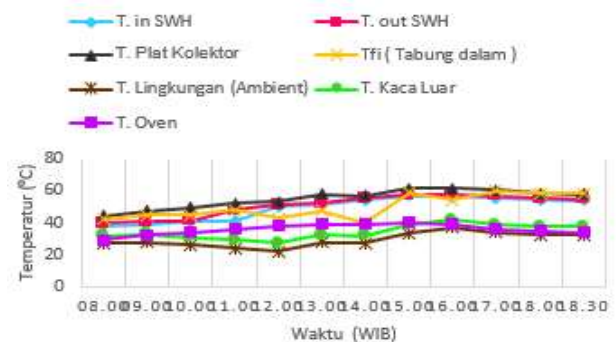
(a) Hari pertama



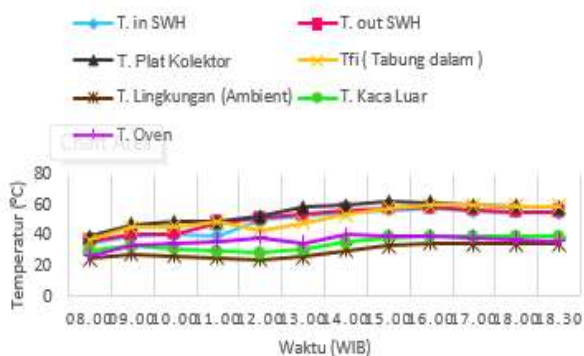
(b) Hari kedua



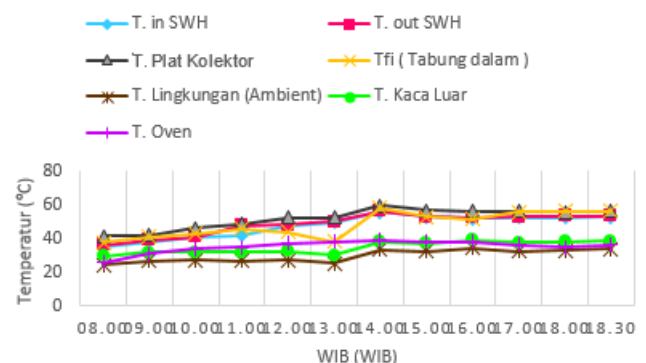
(c) Hari ketiga



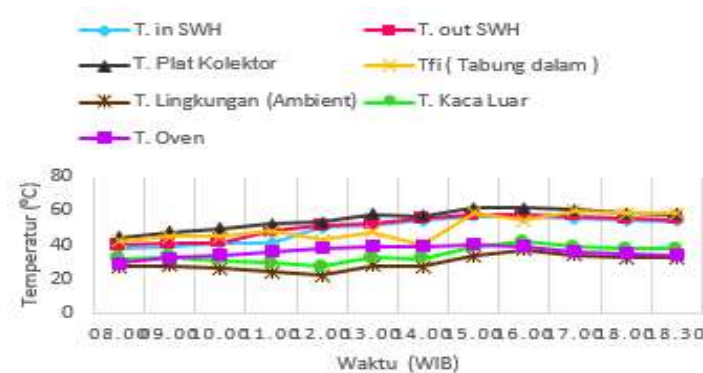
(d) Hari keempat



(e) Hari kelima



(f) Hari keenam



(g) Hari ketujuh

Gambar 5. Hubungan temperatur dengan waktu

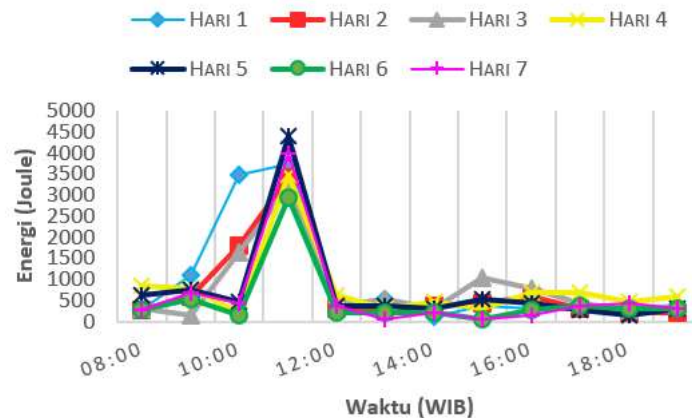
Temperatur pada bagian plat kolektor selalu mempunyai hasil paling tinggi dari semua titik pengukuran temperatur pada *solar water heater*. Hal tersebut disebabkan karena pada bagian plat kolektor terdapat lapisan plat *absorber* yang dapat menerima energi termal dengan baik dari sinar matahari atau dari efek rumah kaca pada ruang vakum antara plat *absorber* dan kaca luar. Menurut [8] bagian *absorber* biasanya didesain dengan warna hitam dengan tujuan memaksimalkan penyerapan panas dari radiasi matahari. Bagian dalam dari tabung kaca *solar water heater* dilapisi dengan bahan khusus seperti aluminium-nitrogen, aluminium, *stainless steel*, tembaga (Al-N/Al atau AlN/AlN-SS) agar menambah daya serap dari energi termal matahari dan mengurangi terjadinya pemantulan energi panas. Pada bagian atas plat *absorber* juga terdapat ruang vakum yang menyelimuti tabung silinder pada *solar water heater* agar dapat mengurangi terjadinya kehilangan panas konveksi, sehingga energi termal akan terperangkap dan diserap oleh kolektor yang akan diteruskan menuju fluida air. Temperatur tabung kaca bagian dalam yang lebih rendah dari temperatur plat kolektor disebabkan karena rambatan panas yang harus melewati fluida air. Pada saat dimulainya pemanasan pada tabung silinder *solar water heater*, fluida air akan mendapatkan energi termal dan mengalami kenaikan temperatur, sehingga air dengan temperatur lebih tinggi akan mempunyai massa jenis yang lebih kecil (ringan) dan mengakibatkan air dengan temperatur tinggi akan keatas menuju tangki air, sementara air yang mempunyai temperatur lebih rendah dengan massa jenis yang lebih berat akan menuju kebawah.

Temperatur kaca luar mempunyai temperatur yang tidak lebih tinggi daripada temperatur pada plat kolektor. Hal tersebut terjadi karena temperatur kaca luar terpengaruhi oleh konveksi pada lingkungan sekitar, sehingga dapat terjadi kehilangan panas pada bagian ini. Penelitian [15] menyatakan adanya hubungan antara kecepatan angin dan kehilangan panas. Kecepatan angin yang bertambah akan mengakibatkan kehilangan panas konvektif dari penutup kaca menuju lingkungan meningkat pula. Dalam penelitian [5] dinyatakan bahwa perubahan setiap parameter temperatur dalam penelitiannya lebih dipengaruhi adanya intensitas cahaya matahari yang ditransmisikan dari kaca menuju ruang kolektor. Penurunan suhu dapat disebabkan dari beberapa hal, salah satunya adalah awan atau mendung yang menghalangi cahaya matahari sampai ke kolektor [16]. Faktor angin dapat mempengaruhi suhu, jika kecepatan angin semakin besar maka intensitas matahari yang masuk ke kolektor akan semakin kecil, sehingga temperatur juga ikut menurun.

3.4. Analisis Energi

Gambar 6 menunjukkan pada hari pertama didapatkan jumlah energi yang paling besar diantara seluruh hari percobaan pada penelitian performansi *solar water heater* dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 18.30 WIB yaitu sebesar 11.130 J. Pada hari kedua hingga hari ketujuh jumlah energi tiap hari secara berturut-turut yaitu 8,715 J, 9,345 J, 9,450 J, 8,977.5 J, 5,828 J, dan 7,297 J. Energi sistem *solar water heater* paling tinggi pada hari pertama

terjadi pada pukul 11.00 WIB dengan nilai sebesar 3,727.5 J. Pada hari kedua hingga ketujuh energi paling tinggi terjadi pada pukul 11.00 WIB dengan nilai energi paling tinggi perhari secara berturut-turut yaitu 3,412.50 J, 3,150.00 J, 3,465.00 J, 4,410.00 J, 2,940 J, dan 3,990 J.



Gambar 6. Energi solar water heater selama pengamatan

Variabel yang dianggap tetap pada **Persamaan 3** dalam penelitian ini yaitu laju aliran massa air sebesar 0.125 kg/s dan C_p air (kapasitas kalor spesifik air) dengan nilai 4.200 J/kg. $^{\circ}$ C, sehingga faktor yang mempengaruhi besarnya energi pada penelitian ini yaitu perbedaan suhu. [17] menyatakan bahwa kalor merupakan energi yang berpindah disebabkan adanya perbedaan temperatur. Pada penelitian [3] juga menggunakan massa air yang tetap sebesar 120 kg dan C_p air yang sama sebesar 4.18 kJ/kg. $^{\circ}$ C. Penelitian tersebut menunjukkan adanya pengaruh perbedaan selisih suhu setiap harinya menyebabkan hasil energi yang didapat oleh air menjadi berbeda pula. Pada dasarnya laju aliran suatu fluida juga berpengaruh pada hasil energi berguna. Semakin kecil laju aliran volume fluida air, maka akan mendapatkan energi berguna yang lebih maksimal. Pada laju aliran yang rendah memberikan waktu panjang dari fluida air tersebut dalam menyerap energi, dan akan meningkatkan temperatur keluaran air [10]. Penelitian [18] menyatakan bahwa dalam pemanfaatan kolektor surya, intensitas cahaya matahari pada lokasi tersebut dapat mempengaruhi hasil energi berguna yang dapat dimanfaatkan untuk memanaskan fluida air.

Energi kolektor tertinggi cenderung terjadi pada pukul 10.00 WIB, kecuali untuk hari kedua dan kelima energi kolektor tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB dan hari ketiga terjadi pada pukul 11.00 WIB (**Tabel 1**). Penurunan energi yang didapatkan oleh kolektor solar water heater disebabkan karena adanya intensitas cahaya matahari yang rendah dibandingkan dengan jam sebelumnya. Rendahnya intensitas cahaya matahari disebabkan oleh adanya awan yang menghalangi cahaya matahari sampai ke permukaan kolektor solar water heater. Nilai negatif disebabkan karena sesuai pada **Persamaan 2** dimana variabel intensitas cahaya rendah kemudian pada hasil selisih antara temperatur fluida air yang berada di kolektor tabung dengan temperatur ambient lebih tinggi.

Efisiensi energi tertinggi rata-rata terjadi pada pukul 09.00 sampai dengan 10.00 WIB (**Tabel 2**), dengan hasil efisiensi tertinggi terjadi pada hari kedua sebesar 43.99%. Rata-rata efisiensi pada hari pertama hingga ketujuh dari pukul 08.00 WIB hingga 13.00 WIB secara berturut-turut yaitu 41.94%, 40.85% 38.20% 37.5%, 37.18%, 39.71%, 36.35%. Terdapat hasil efisiensi yang bertanda negatif, hal tersebut disebabkan oleh adanya hasil energi sebelumnya yang juga bertanda negatif. Sesuai dengan persamaan efisiensi kolektor pada persamaan 10 dimana, $\eta = Q_u / (I \cdot A_g)$ sehingga jika Q_u negatif, variabel I (intensitas cahaya matahari) dan A_g (luas permukaan kolektor) bernilai positif maka hasil efisiensi juga negatif.

Tabel 1. Energi pada kolektor

Pukul (WIB)	Energi (Watt)						
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
08.00	400.34	389.90	324.47	278.17	260.03	371.78	298.25
09.00	530.07	448.06	351.25	395.64	351.72	398.61	371.51
10.00	555.02	249.29	434.90	439.80	205.47	449.57	449.33
11.00	513.18	451.74	478.07	410.67	434.28	357.16	424.48
12.00	474.00	455.37	365.72	380.6	505.07	374.56	408.75
13.00	396.43	286.85	297.55	269.79	363.06	380.94	228.71
14.00	210.45	241.78	215.73	212.2	40.67	-86.19	138.99
15.00	84.95	-77.73	117.84	-76.24	122.70	5.61	-87.89
16.00	-40.48	-126.8	-48.88	20.83	-113.7	-27.72	-143.6
17.00	-134.7	-145.7	-121.7	-131.4	-138.5	-109.0	-153.9

Tabel 2. Efisiensi penyerapan panas pada kolektor solar water heater

Pukul (WIB)	Efisiensi Kolektor (%)						
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
08.00	41.49	42.56	39.17	37.14	38.2	39.84	35.95
09.00	43.76	43.99	38.86	39.17	38.34	40.24	36.73
10.00	43.21	38.05	39.44	39.36	32.52	40.59	38.13
11.00	41.4	40.69	38.88	37.28	37.83	37.78	37.53
12.00	41.16	41.85	37.19	37.82	40.04	39.31	38.73
13.00	40.62	37.99	35.66	34.55	36.16	40.5	31.04
14.00	31.36	31.46	31.02	36.01	11.7	-87.23	25.78
15.00	19.45	-124.9	23.68	-50	21.63	2.12	-49.01
16.00	-18.43	-199.9	-38.53	7.94	-160.74	-17.34	-250.36
17.00	-613.6	-995.2	-344.1	-828.6	-1622.1	-297.9	-1051.3

4. Kesimpulan

Nilai rata-rata temperatur fluida air keluar dari solar water heater selama 7 hari pengujian yaitu 51.3 °C, Rata-rata temperatur ruang pengering selama 7 hari pengujian sebesar 36.7 °C dan jumlah Intensitas cahaya matahari tertinggi selama 7 hari pengujian didapat pada hari pertama dengan nilai 5,295 W/m². Intensitas matahari tertinggi terjadi pada hari pertama pukul 10.00 WIB dengan nilai 831.87 W/m², Temperatur keluaran tertinggi terjadi pada hari ketujuh dengan nilai 61 °C. Energi rata-rata tertinggi pada sistem solar water heater selama 7 hari pengujian alat terjadi pada hari pertama dengan nilai 927.5 J. Energi rata-rata tertinggi yang didapatkan kolektor tertinggi selama 7 hari pengujian dari pukul 08.00 WIB hingga 13.00 WIB terjadi pada hari pertama dengan nilai 478.2 J. Energi tertinggi solar water heater terjadi pada pukul 11.00 WIB dengan nilai 3,727.5 J, energi kolektor tertinggi terjadi pada hari pertama pada pukul 10.00 WIB dengan nilai 555.016 J karena faktor intensitas cahaya matahari yang juga tinggi. Nilai rata-rata efisiensi penyerapan panas pada kolektor tertinggi selama 7 hari pengujian performansi pada pukul 08.00 – 13.00 WIB terjadi pada hari pertama dengan nilai 41.94%. Efisiensi kolektor tertinggi terjadi pada pukul 09.00 WIB di hari kedua dengan nilai 43.99%

Daftar Pustaka

- [1] M. Malinowski, J. I. Leon and H. Abu-Rub, "Solar Photovoltaic and Thermal Energy Systems: Current Technology and Future Trends," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 105, no. 11, pp. 2132-2146, Nov. 2017, doi: 10.1109/JPROC.2017.2690343.

- [2] M. Wirawan, R. Sutanto, "Analisa Laju Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar Dengan Absorber Pasir," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Mataram*, vol 1, pp. 1-7, July 2011.
- [3] H. Pasaribu. Study Experimental Optimasi Pemanas Air Tenaga Surya Sistem *Hybride* untuk Memanaskan 120 Liter Air. Palembang: USU, 2017.
- [4] A. Gautam, S. Chamoli, A. Kumar, and S. Singh, "A review on technical improvements, economic feasibility and world scenario of solar water heating system," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68, pp. 541–562, Feb. 2017. doi: 10.1016/j.rser.2016.09.104.
- [5] A.N. Prasetyanta. Pemanas Air Energi Surya Dengan Kolektor Pipa Seri. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma, 2008.
- [6] D.F. Al Riza, R. Damayanti, N. Izza, "Studi Eksperimental Inkubator Tenaga Surya Tipe Panel Pelat Datar Dengan Efek Termosipon," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 16, pp. 213-219, December 2015.
- [7] M. Jana. Pengaruh Ukuran Jendela terhadap Intensitas Pencahayaan pada Ruang. Makassar: UIN ALAUDIN, 2017.
- [8] D. Mishra, N.K. Saikhedkar, "A Study And Theoretical Analysis Of Evacuated Tube Collectors As Solar Energy Conversion Device For Water Heating," *Advance Physics Letter*, vol 1, pp. 30-39, 2014.
- [9] Wilis, G. Renggani, "Pengaruh Bentuk Plat Arbsorber Pada Solard Water Heater Terhadap Efisiensi Kolektor," *Jurnal UPS Tegal*, vol. 7, pp. 5-6, 2013.
- [10] N. Ramadhan, S. Soeparman, A. Widodo, "Analisis Perpindahan Panas Pada Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Turbulence Enhancer," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 8, pp. 15-22, 2017.
- [11] R. Suryatna. Meteorologi dan Klimatologi. Bandung: Penerbit Angkasa Bandung, 1995. in M.R. Yuliatmaja. Kajian Lama Penyinaran Matahari dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Pergerakan Semu Matahari saat *Solstice* di Semarang (Studi Kasus Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang Pada Bulan Juni dan September Tahun 2005 Sampai Dengan 2007). Semarang: UNNES, 2009.
- [12] R. Ikhsan, S. Soeparman, M.N. Sasongko, "Studi Kinerja *Solar Water Heater* Double Plate Dengan Aliran Zig-Zag Beralur Balok," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol 8, pp. 37-46, 2017.
- [13] T.A.W. Pangarso. Penataan Ventilasi Alami di Pemukiman Padat Kampung Sayidan Yogyakarta. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya, 2012.
- [14] E. Sonjaya E. Rancang Bangun Anemometer Mangkok dengan Uji Laboratorium dan Lapangan. Semarang: UNDIP, 2014.
- [15] S.R. Kalbande, P. Nayak, S. Deshmukh, V.P. Khambalkar, "Thermal Evaluation Of Solar Water Desalination System With Evacuated Tubes," *IJANS*, vol 6, pp. 41-54, 2016.
- [16] C. P. Genobiagon Jr and F. B. Alagao, "Performance of Low-Cost Dual Circuit Solar Assisted Cabinet Dryer for Green Banana," *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, vol. 42, no. 1, pp. 42–45, Jan. 22, 2019. doi: 10.26480/jmerd.01.2019.42.45.
- [17] M. Rinaldi. Rancang Bangun Alat Uji Konduktivitas Thermal Material. Medan: Universitas Medan Area, 2016.
- [18] P. Kristianto, J. Laeyadi, "Kolektor Surya Prismatic," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, pp. 22-23, 2000.