

Pengaruh Volume Air Tabung Penyimpanan Terhadap Efisiensi Thermal pada Kolektor Surya dengan Sistem Termosifon

Rafi Rahfano¹, Vivi Apriyanti^{1*}, Marfizal¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Jambi

*Corresponding author, e-mail: viviapriyanti@stitekna.ac.id

ABSTRACT

The experiment on the effect of water volume on the thermal efficiency of a solar collector with a 15° inclination was conducted using a thermosiphon system naturally arranged in a parallel pipe configuration. This study aims to determine the thermal efficiency of the solar collector at varying water volumes of 18 liters, 16 liters, and 14 liters. Each water volume variation was tested for three days, resulting in a total testing duration of nine days. The experimental results and calculations indicate that at a water volume of 18 liters, the average thermal efficiency of the solar collector reached 87.18%. Meanwhile, at a water volume of 16 liters, the efficiency was 81.12%, and at 14 liters, the average efficiency was 78.64%.

Keyword: *Thermal efficiency, Solar collector, Water volume*

ABSTRAK

Pengujian mengenai pengaruh volume air terhadap efisiensi termal kolektor surya dengan kemiringan 15° ini dilakukan menggunakan sistem termosifon secara alami dengan susunan pipa paralel. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi termal kolektor surya pada variasi volume air sebesar 18 liter, 16 liter, dan 14 liter. Setiap variasi volume air diuji selama tiga hari, sehingga total waktu pengujian adalah sembilan hari. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa pada volume air 18 liter, efisiensi termal rata-rata kolektor surya mencapai 87,18%. Sementara itu, pada volume air 16 liter, nilai efisiensinya sebesar 81,12%, dan pada volume air 14 liter, efisiensi rata-ratanya adalah 78,64%.

Kata kunci: Efisiensi termal, Kolektor surya, Volume air

PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang semakin diminati karena ketersediaannya yang melimpah dan dampaknya yang ramah lingkungan. Salah satu aplikasi pemanfaatan energi surya adalah dalam sistem pemanas air termosifon dengan kolektor surya. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip termosifon, yaitu perpindahan panas yang terjadi akibat perbedaan densitas fluida akibat pemanasan. Dalam sistem ini, air yang dipanaskan di dalam kolektor surya akan naik secara alami ke tangki penyimpanan, sementara air yang lebih dingin akan turun untuk menggantikan air panas yang naik, sehingga menciptakan sirkulasi alami tanpa memerlukan pompa tambahan [1]. Salah satu parameter yang

berpengaruh terhadap kinerja sistem termosifon adalah ketinggian air dalam tangki penyimpanan. Ketinggian air mempengaruhi perbedaan tekanan hidrostatis yang berperan dalam menggerakkan sirkulasi air dalam sistem. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa peningkatan ketinggian tangki dapat meningkatkan efisiensi pemanasan dengan mempercepat laju sirkulasi fluida, namun ada batas optimal dimana peningkatan ketinggian tidak lagi memberikan keuntungan signifikan [2][3]. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana variasi ketinggian air dalam sistem termosifon dapat mempengaruhi efisiensi pemanasan dan kinerja keseluruhan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketinggian air dalam sistem termosifon dengan kolektor surya terhadap kinerja

pemanasan air. Studi ini akan mengkaji hubungan antara variasi ketinggian air dengan suhu air yang dihasilkan, energi yang diserap kolektor surya, energi yang dimanfaatkan untuk memanaskan air serta efisiensi kolektor surya. Dengan memahami aspek ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan wawasan dalam optimalisasi desain sistem pemanas air termosifon berbasis energi surya.

METODE

Penelitian ini akan menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh ketinggian air pada sistem termosifon dengan kolektor surya. Metode eksperimental akan dilakukan dengan membangun prototipe sistem termosifon [4] yang dilengkapi dengan sensor suhu dan alat ukur aliran air. Variasi ketinggian air dalam tangki penyimpanan akan diatur seperti terlihat pada Gambar 1 dan pengukuran dilakukan untuk mengetahui perubahan suhu serta laju aliran dalam sistem. Pengambilan data dilakukan setiap 30 menit pada siang hari dengan intensitas cahaya pada cuaca yang cerah. Alat ukur yang digunakan adalah termokopel dan *automatic solar radiation station (ASRS)* [5] seperti yang terlihat pada gambar 1.

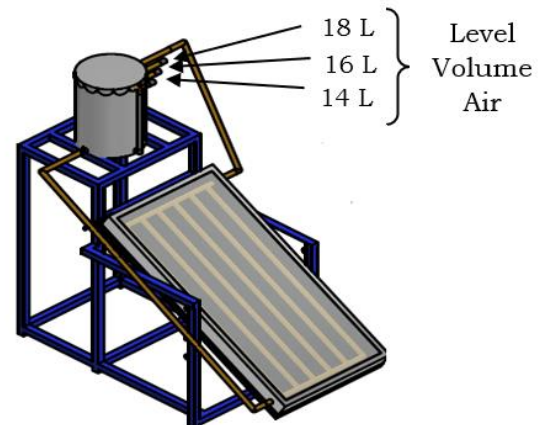


Gambar 1. *Automatic Solar Radiation Station (ASRS)*

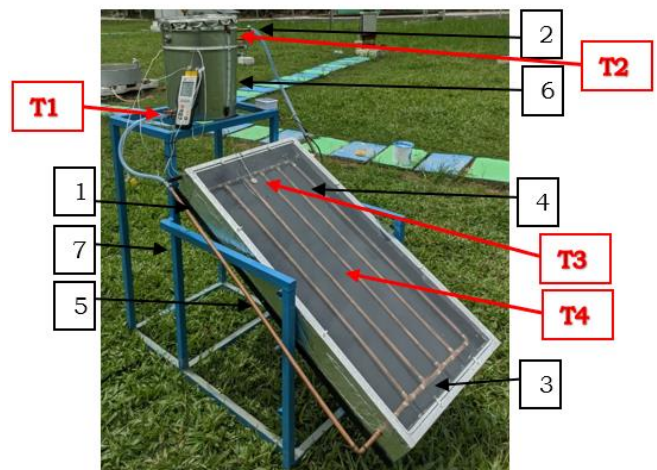
Tahapan prosedur pengujian diuraikan seperti di bawah ini dengan komponen perangkat pengujian berupa alat pemanas air tenaga surya dengan sistem termosifon terlihat pada Gambar 2:

- Pengambilan data dari dimulai dari jam 10.00-14.00 WIB

- Letakkan pemanas air pada tempat yang mendapat intensitas matahari secara langsung.
- Siapkan dan isi tangki dengan air.
- Posisikan air di penyimpanan pada volume air 18 L.
- Ukur intensitas radiasi matahari (I_t).
- Ukur temperatur awal air masuk (T_1).
- Ukur temperatur akhir air keluar (T_2).
- Ukur temperatur kaca penutup (T_3).
- Ukur temperatur plat absorber (T_4).
- Ukur temperatur lingkungan (T_L).
- Ambil data pengujian setiap 30 menit.
- Ulangi pengujian dengan cara yang sama untuk mendapatkan data temperatur pada volume air 16 liter dan 14 liter.



Gambar 2. Pengaturan level air pada tangka penyimpanan



Gambar 2. Perangkat pengujian

Keterangan :

1. Pipa saluran air masuk
2. Pipa saluran air keluar
3. Kaca penutup
4. Plat absorber
5. Pipa tembaga
6. Tangki penyimpanan
7. Kerangka

Data pengujian dengan level air pada 18 liter diberikan pada tabel 1 dan selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi kolektor surya. Begitu juga seterusnya untuk jumlah air 16 liter dan 14 liter.

Tabel 1. Pengambilan data ke-1 volume air 18 liter.

Jam	I_t	T_1	T_2	T_3	T_4	T_L
WIB	W/m^2	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$
10.00	245,1187	27,2	30,9	33,4	47,5	25,4
10.30	325,9305	28,6	35,3	37,9	58,6	28,6
11.00	440,6933	28,7	36,6	43,1	65,4	29,0
11.30	447,7215	30,4	39,4	43,3	69,2	31,2
12.00	894,6949	35,4	44,1	53,1	87,8	31,4
12.30	687,3089	34,3	43,2	50,6	83,3	32,8
13.00	602,6903	35,8	47,9	50,6	80,7	34,4
13.30	716,7390	39,0	48,4	51,2	80,5	33,2
14.00	792,5024	39,7	49,4	55,1	88,2	32,2

Untuk menghitung efisiensi kolektor surya, digunakan persamaan di bawah ini.

A. Menghitung luas penampang kolektor (A_p)

$$A_p = p \times l \quad (1)$$

B. Menghitung energi masuk kolektor (Q_{in})

$$\dot{Q}_{in} = A_p \times I_t \quad (2)$$

C. Menghitung debit aliran (m^3/s)

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

D. Menghitung luas penampang pipa (m^2)

$$A = \pi \times r^2 \quad (4)$$

E. Menghitung kecepatan aliran (m/s)

$$v = \frac{Q}{A} \quad (5)$$

F. Menghitung laju aliran ($\frac{kg}{s}$)

$$\dot{m} = \rho \times v \times A \quad (6)$$

G. Menghitung energi yang berguna (w)

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (7)$$

H. Efisiensi kolektor surya (%)

$$\eta_{kolektor\ surya} = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_{in}} \times 100\% \quad (8)$$

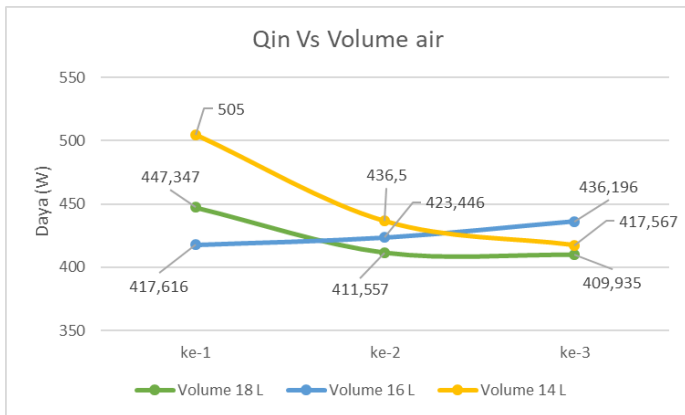
Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai efisiensi kolektor surya dari pengujian selama tiga hari dengan volume air pada tangki penampung sebanyak 18 L

Tabel 2. Nilai rata-rata pengujian selama 3 hari pada volume 18 liter

Hari ke-	Q_{in} W	\dot{m} Kg/s	Q_u W	η %
1	447,347	0,009901	409,821	80,50
2	411,557	0,009879	380,088	86,33
3	409,935	0,009879	404,876	94,73

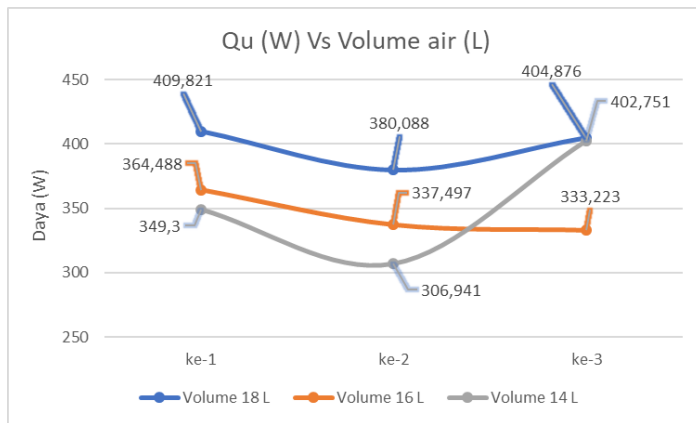
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 memperlihatkan grafik jumlah energi yang diserap oleh kolektor surya dari masing-masing variasi. Energi yang diserap kolektor paling tinggi pada volume 14 liter pengujian ke-1 dengan daya yang diserap mencapai 505 W, energi terendah yang diserap kolektor pada volume air 18 liter yaitu 409,935 W, untuk energi yang diserap kolektor ini dari volume air tidak mempengaruhi karena Q_{in} ini didapat dari intensitas radiasi matahari dikali luas penampang kolektor, jadi untuk mendapatkan Q_{in} yang lebih besar harus pada saat cuaca cerah maksimal dan luas penampang kolektor yang lebih luas.



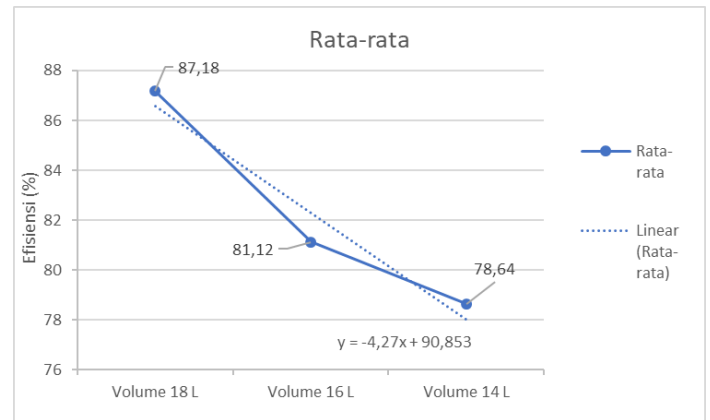
Gambar 3. Grafik energi yang diserap kolektor

Gambar 4 memperlihatkan jumlah energi yang dimanfaatkan untuk memanaskan air. Energi tertinggi diperoleh pada volume air 18 liter pada pengujian ke-1 dengan nilai energi yang berguna terhadap air (Q_u) adalah 409,821 W, dan nilai terendah ada pada volume air 14 liter di pengujian ke-2 yaitu 306,941 W. Tinggi rendahnya energi (Q_u) dipengaruhi oleh laju massa air (\dot{m}), densitas air dan temperatur air. Karena jika dari ketiga nilai tersebut tinggi maka akan besar energi (Q_u) yang didapatkan dan juga begitu sebaliknya jika ketiga nilai tersebut rendah.



Gambar 4. Grafik energi yang dimanfaatkan

Gambar 5 memperlihatkan grafik nilai efisiensi rata-rata kolektor surya dengan pemanasan air dengan sistem termosifon pada variasi jumlah air pada tangki penyimpanan 18 L, 16 L dan 14 L. Nilai efisiensi terlihat berbanding lurus pada ketiga variasi tersebut dengan nilai maksimal pada 18 L dengan efisiensi 87,18%.



Gambar 4. Grafik Efisiensi rata-rata.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari pengujian, pengamatan dan perhitungan pada alat pemanas air tenaga surya sistem termosifon dengan sudut kemiringan kolektor 15° , dapat disimpulkan bahwa energi yang diserap kolektor paling tinggi pada volume 14 liter pengujian ke-1 dengan daya yang diserap mencapai 505 W dan energi yang diserap kolektor pada volume air 16 liter energi tertinggi ada pada pengujian ke-3 mencapai 436,196 W, energi terendah yang diserap kolektor pada volume air 18 liter yaitu 409,935 W

Pada nilai (Q_u) didapatkan bahwa nilai tertinggi ada pada volume air 18 liter di pengujian ke-1 dengan nilai energi yang berguna terhadap air (Q_u) adalah 409,821 W, pada volume 16 liter energi tertinggi didapatkan mencapai 464,488 W di pengujian ke-1 dan nilai terendah ada pada volume air 14 liter di pengujian ke-2 yaitu 306,941 W. Efisiensi rata-rata dari alat pemanas air tenaga surya sistem termosifon dengan rata-rata efisiensi tertinggi ada pada variasi volume air 18 liter dengan mencapai 87,18%, pada 16 liter rata-rata efisiensi mencapai 81,12% dan di volume air 14 liter rata-rata efisiensi mencapai 78,64%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Stasiun Klimatologi Jambi, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Provinsi Jambi atas bantuan mendapatkan data dan penggunaan alat ukur intensitas radiasi matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Duffie, J. A., & Beckman, W. A., *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons, 2013.
- [2] Fujii, T., Imura, H., & Yoshida, S, “Theoretical and Experimental Study on Natural Circulation in Solar Water Heaters”. *Solar Energy*, 89(1), 45-55, 2012.
- [3] Zhai, X. Q., Wang, R. Z., Dai, Y. J., & Wu, J. Y.,” Solar Integrated Energy System for a Green Building”, *Renewable Energy*, 35(5), 1127-1134, 2010.
- [4] Irhamni, I. R., Apriyanti, V., & Marfizal. “Perancangan Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Termosipon di Kabupaten Muara Jambi”, *Jurnal Teknik Mesin Dan Industri (JuTMI)*, 2(2), 24–29, 2023.
- [5] Sianturi, Y, Simbolon C. M., “Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi”, *Megasains*, 12(1), 40-47, 2021.