



Prosiding NCIET Vol. 2 (2021) B55-B65
2nd National Conference of Industry, Engineering and Technology 2021,
Semarang, Indonesia.

ANALISIS EFISIENSI *TRICKLE SOLAR WATER HEATER* TIPE PROFIL DATAR dan SEGITIGA

Rahmad Fikri Hidayatulloh, Bayu Rudiyanto *

Laboratorium Energi Baru Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember,
Jalan Mastrip, Jember, 68121
*Email: bayurudianto@polije.ac.id

Abstrak

Energi matahari merupakan energi terbesar di muka bumi. Pemanfaatan energi matahari salah satunya adalah dengan sistem pemanas air tenaga surya (*solar water heater*). Secara umum *solar water heater* yang banyak digunakan masih bertipe konvensional yaitu untuk menyirkulasikan kerja fluida pada kolektor surya masih menggunakan pompa yang mengambil dari energi listrik yang sebagian besar bersumber dari energi fosil. Untuk mengurangi penggunaan listrik yang bersumber dari energi fosil sudah banyak dikembangkan *trickle solar water heater* yang menggunakan bentuk profil datar dan segitiga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju aliran fluida 2 LPM dan 4 LPM terhadap kinerja *trickle solar water heater* dengan tipe profil datar dan segitiga. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengamatan secara langsung dan menghitung hasil pengamatan menggunakan beberapa persamaan. Hasil penelitian menghasilkan bahwa efisiensi yang didapat adalah sebesar 10,49% dengan nilai (Q_{air}) sebesar 99,96 W. Suhu tertinggi yang mampu dicapai adalah sebesar 40,6°C dan intensitas radiasi matahari tertinggi yang terjadi sebesar 1351,1 W/m².

Kata kunci: *solar water heater*; energi; fluida; *trickle solar water heater*; fosil

PENDAHULUAN

Energi yang umumnya digunakan dalam berbagai kegiatan manusia adalah energi fosil sebagai sumbernya. Kegiatan manusia tersebut menyebabkan terjadinya eksploitasi besar-besaran terhadap sumber energi fosil sehingga berdampak pada kerusakan lingkungan hidup. Masalah lain yang cukup memperhatikan adalah masalah ketersediaan dari sumber energi itu sendiri. Besarnya permintaan atas sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, dapat menyebabkan jumlah sumber daya energi ini akan habis. Hal ini diperburuk dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya permintaan sumber daya energi. (Suinata, I Made dkk., 2016).

Energi matahari dapat digunakan antara lain sebagai pencahayaan, pemanas air, pemanas dan pendingin ruangan, desalinasi, dan desinfektifikasi serta untuk memasak menggunakan kompor tenaga surya. Energi matahari diterapkan sebagai energi pengganti sumber daya habis pakai merupakan upaya besar-besaran dari pemerintah untuk mendorong penerapan teknologi energi terbarukan (Sovacool, 2018). Penerapan dari teknologi tersebut salah satunya adalah pemanas air tenaga matahari (*Solar Water Heater*) (Yassen dkk., 2019).

Pemanas air tenaga matahari atau biasa disebut sebagai *solar water heater* (SWH) merupakan suatu sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari (Unar dkk., 2020). Cara kerja alat tersebut yaitu ketika cahaya matahari menyinari SWH sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, kemudian energi panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam pipa pemanas air (Patel dkk., 2014).

Permasalahan yang terjadi pada SWH adalah temperatur *outlet* yang dihasilkan kurang maksimal serta sering terjadi kenaikan dan penurunan drastis secara tiba-tiba, hal tersebut bisa terjadi karena pengaruh cuaca yang tidak menentu. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Keunggulan dari penelitian ini adalah *solar water heater* menggunakan sistem tetes tanpa menggunakan pipa dengan mengatur fluida air yang masuk sebesar 2 LPM dan 4 LPM sehingga dapat meningkatkan suhu air panas yang diperoleh. Sistem yang digunakan pada *solar water heater* menggunakan sistem tetes sehingga suhu yang dihasilkan oleh *solar water heater* lebih terjaga.

Didasari dari uraian diatas, maka penelitian ini membahas analisis perbandingan *trickle solar water heater* tipe profil datar dan segitiga yang terjadi di *trickle solar water heater* tipe profil datar dan segitiga.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Universitas Negeri Sebelas Maret (UNS), Surakarta, Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, dimana penelitian diperoleh melalui kegiatan pengujian langsung terhadap objek yang diteliti. Pengujian objek yang diteliti berupa uji teknis serta analisis perbandingan *trickle solar water heater* tipe profil datar dan segitiga. Air yang memasuki pipa akan melalui penyerap panas, kemudian panas akan diserap oleh air yang menyebabkan temperatur air menjadi naik. Variabel dalam penelitian ini meliputi

Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dipilih peneliti untuk menentukan hubungan antara fenomena yang diamati dan tidak dipengaruhi oleh variable lain. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah:

- a Laju aliran massa air (2 LPM dan 4 LPM)
- b SWH tipe profil datar dan segitiga

Variabel Terikat

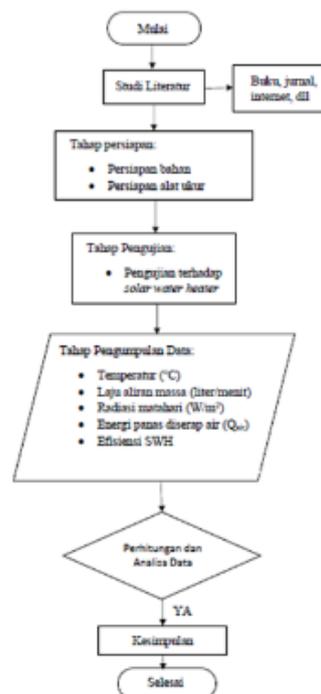
Variabel terikat adalah variabel yang diamati dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh pada variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini antara lain:

- a Temperatur keluaran air
- b Efisiensi *trickle solar water heater*

Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang digunakan untuk menyamakan persepsi mengenai penelitian ini. Variabel kontrol yang dipilih yaitu fluida kerja yang digunakan adalah:

- a. Fluida kerja yang digunakan adalah air
- b. Waktu pengamatan dan pengambilan data adalah 6 jam dimulai dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB dengan pengambilan data setiap jamnya.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur *Outlet* SWH

Hasil dari temperatur *outlet* pada SWH diukur menggunakan termometer *digital*. Laju aliran air sebelum masuk ke pipa *inlet* SWH telah diukur terlebih dahulu dengan *flowmeter*, untuk intensitas cahaya matahari diukur menggunakan Lux meter. Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil data temperatur SWH dengan 2 bentuk tipe profil yang berbeda dan variasi laju aliran fluida yang digunakan yaitu 2 LPM dan 4 LPM. Analisis data pada *software microsoft excel*, didapatkan data perubahan temperatur air pada setiap laju aliran fluida. Melalui data data tersebut maka dapat dianalisis fenomena yang terjadi pada kondisi temperatur SWH.

Data yang didapat pada penelitian ini merupakan hasil rata-rata dari pengambilan data dengan pengulangan siklus selama 3 kali dalam kurun waktu 3 hari. Pengambilan data dilakukan dengan mengoperasikan alat SWH selama 6 jam dalam sehari dengan *interval* waktu 30 menit, dimana SWH telah bekerja dengan stabil. Pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian SWH dengan tipe profil datar dan segitiga pada variasi laju aliran fluida 2 LPM dan 4 LPM terhadap temperatur *outlet* yang dihasilkan. Pengujian dilakukan mulai pukul 09:00 WIB-15:00 WIB.

Tabel 4.1 Hasil Temperatur *Outlet* SWH Tipe Profil Datar

Waktu	Tin (°C)	Hari 1 Tout (°C)		Hari 2 Tout (°C)		Hari 3 Tout (°C)	
		2 LPM	4 LPM	2 LPM	4 LPM	2 LPM	4 LPM
9:00	28.7	30	29.6	33.4	31.2	32	30
9:30	28.8	30.9	30.5	33.9	31.7	33.5	31.5
10:00	28.8	32.7	32	34.2	32.8	34	32.8
10:30	28.8	33.1	32.4	34.5	32.9	34.9	33.3
11:00	28.8	35.2	34	35.2	33	35.5	34.6
11:30	28.8	34.9	34.4	35.7	33.7	36.2	35.2
12:00	28.8	35.1	34.6	36.8	35.5	37.8	35.5
12:30	28.8	36.2	35.1	39.8	35.9	39.6	37.5
13:00	28.7	36.3	35.3	40.6	37.3	40.2	38.3
13:30	28.7	36.5	35.4	39.6	36.3	39.3	37.3
14:00	28.8	36.9	35.8	38.4	35.6	37.6	36.6
14:30	28.8	37.2	36.1	35.3	33.9	34.4	32.7
15:00	28.8	36.6	35.3	33.7	33.1	32.6	31.3

Tabel 4.2 Hasil Temperatur *Outlet* SWH Tipe Profil Segitiga

Waktu	Tin (°C)	Hari 1 Tout (°C)		Hari 2 Tout (°C)		Hari 3 Tout (°C)	
		2 LPM	4 LPM	2 LPM	4 LPM	2 LPM	4 LPM
9:00	28.7	30.4	29.8	32.8	31	30.8	29.6
9:30	28.8	31	30.2	33.5	31.4	33.2	30.8
10:00	28.8	32.3	31.9	33.8	32.6	33.8	32
10:30	28.8	32.8	32.4	34.2	32.8	34.6	32.7
11:00	28.8	34.5	33.2	35	33	35	34
11:30	28.8	34.6	33.8	35.5	33.5	35.8	34.7
12:00	28.8	35	34.2	36.2	35.2	37.1	35.2
12:30	28.8	35.8	35	39.5	35.6	38.5	36.6
13:00	28.7	36	35.2	40	36.9	39.6	37.8
13:30	28.7	36.3	35.4	39.1	36	38.8	36.9
14:00	28.8	36.7	35.5	38	35.2	37.2	36.2
14:30	28.8	37	36	34.8	33.4	33.9	32.2
15:00	28.8	36.4	34.9	33.4	29.8	32	31

Pada tabel 4.1 hasil temperatur outlet SWH dengan tipe profil datar menggunakan variasi laju aliran 2 LPM dan 4 LPM menunjukkan temperatur tertinggi tercatat sebesar 40,6°C pada hari kedua pukul 13:00 WIB dengan laju aliran 2 LPM dan temperatur terendah tercatat sebesar 29,6°C pada hari pengujian pertama pukul 09:00 WIB dengan laju aliran 4 LPM, sedangkan pada tabel 4.2 hasil temperatur outlet SWH dengan tipe profil segitiga menggunakan variasi laju aliran 2 LPM dan 4 LPM temperatur yang tercatat paling tinggi sebesar 40°C di hari kedua pukul 13:00 WIB dengan laju aliran fluida yang digunakan sebesar 2 LPM dan temperatur terendah tercatat sebesar 29,6°C di hari ketiga pukul 09:00 WIB dengan laju aliran yang dipakai sebesar 4 LPM.

Efisiensi SWH

Tabel 4.3 Hasil Efisiensi SWH dengan tipe profil datar laju aliran 2 LPM.

Hari	Waktu	Tin							
		(°C)	Tout(°C)	$\Delta T(°C)$	I(W/m ²)	(kg/s)	Qair(W)	Qabs(W)	η
1	14.30	28,8	37,2	8,4	1073,1	0,002	70,56	0,007	9,13%
2	13.00	28,7	40,6	11,9	1322,4	0,002	99,96	0,004	10,49%
3	13.00	28,7	40,2	11,5	1351,1	0,002	96,6	0,004	9,93%

Tabel 4.4 Hasil Efisiensi SWH dengan tipe profil segitiga laju aliran 2 LPM

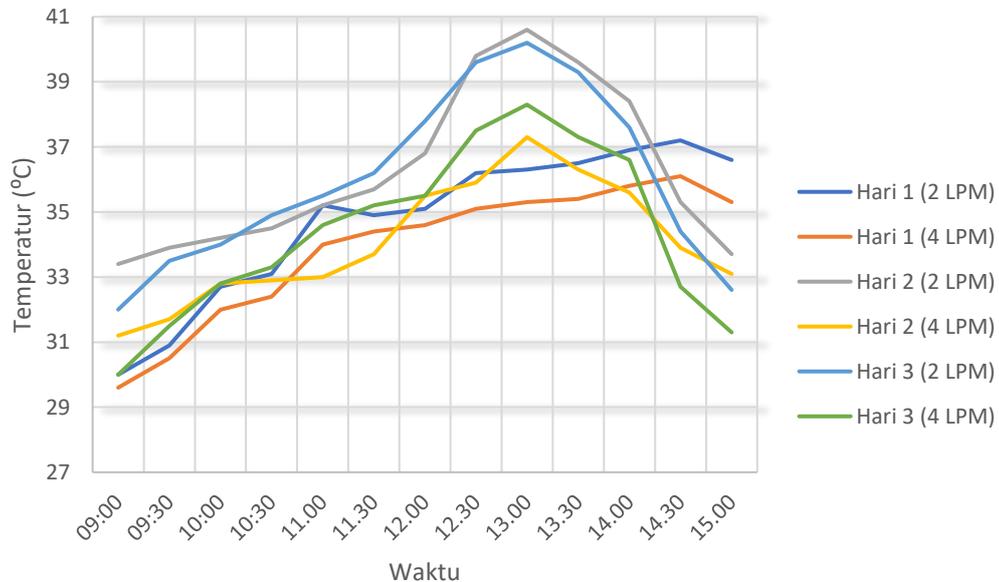
		Tin							
Hari	Waktu	(°C)	Tout(°C)	ΔT(°C)	I(W/m ²)	(kg/s)	Qair(W)	Qabs(W)	η
1	14.30	28,8	37	8,2	1073,1	0,002	68,88	0,008	8,91%
2	13.00	28,7	40	11,3	1322,4	0,002	94,92	0,004	9,96%
3	13.00	28,7	39,6	10,9	1351,1	0,002	91,56	0,005	9,41%

Pada tabel 4.7 dan 4.8 menunjukkan efisiensi yang dihasilkan SWH dengan tipe profil datar dan segitiga. Kalor yang diserap oleh air (Q_{air}) dapat menaikkan temperatur massa air yang pada pengujian ini berkisar antara 60-100 Watt, untuk kalor yang diserap *absorber* sendiri memiliki nilai berkisar antara 0,004-0,008 Watt. Efisiensi tertinggi yaitu sebesar 10,49% pada SWH dengan tipe profil datar laju aliran 2 LPM di hari pengujian kedua. Untuk SWH dengan tipe profil segitiga efisiensi tertinggi yang mampu dicapai sebesar 9,96% pada laju aliran 2 LPM di hari pengujian kedua.

Pembahasan

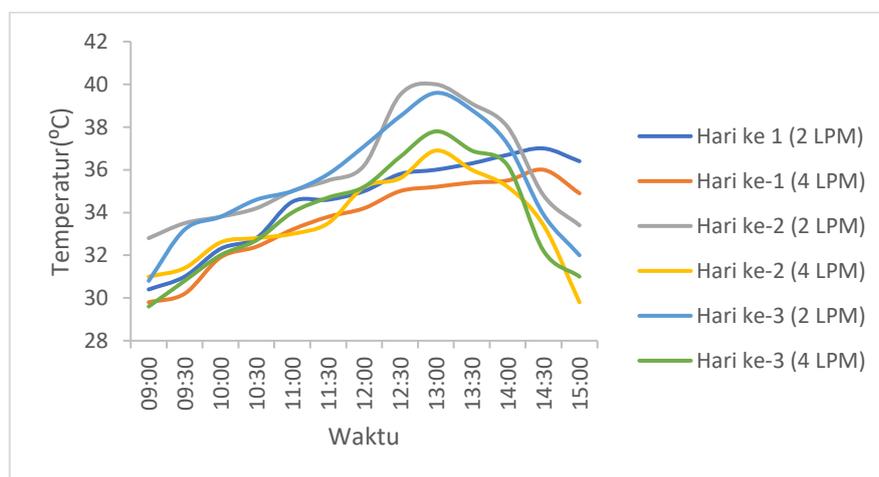
Data hasil dari pengujian diolah menggunakan *software microsoft excel*. Variabel dibandingkan dengan hasil temperatur *outlet* SWH, akan terlihat variabel mana yang mempunyai pengaruh terhadap hasil temperatur *outlet* SWH.

Pengaruh Laju Aliran 2 LPM dan 4 LPM Terhadap Temperatur *Outlet* SWH



Gambar 1. Grafik Hasil Temperatur *Outlet* SWH Tipe Profil Datar dengan Variasi Laju Aliran Fluida 2 LPM dan 4 LPM

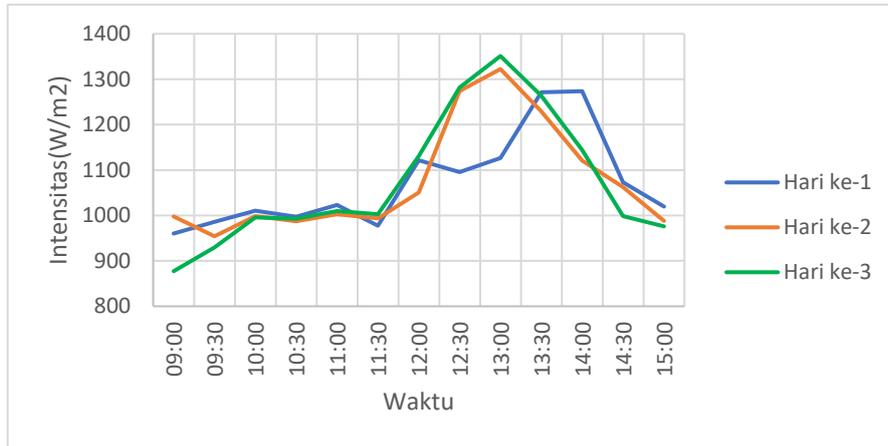
Gambar 2 menunjukkan diagram hasil temperatur *outlet* SWH dengan variasi laju aliran 2 LPM dan 4 LPM. Meningkatnya temperatur dimulai pukul 09:30 WIB atau 30 menit setelah alat dioperasikan. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1 hasil temperatur yang cenderung tinggi diperoleh dari SWH yang menggunakan laju aliran 2 LPM pada pukul 12:30 WIB sampai 14:30 WIB hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap kenaikan temperatur *outlet* SWH, selain itu laju aliran secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap kenaikan temperatur pada SWH. Pada laju aliran fluida 4 LPM hasil temperatur *outlet* SWH kurang memuaskan dikarenakan aliran fluida yang mengalir lebih cepat dibandingkan dengan laju aliran 2 LPM. Kondisi ini dapat dilihat pada siang hari ketika SWH yang diuji sama-sama diletakkan dibawah tingkat intensitas cahaya matahari yang nilainya sama laju aliran fluida 2 LPM cenderung mendapatkan hasil temperatur *outlet* lebih tinggi. Temperatur tertinggi pada SWH dengan laju aliran 2 LPM terjadi sebesar $40,6^{\circ}\text{C}$ pada pukul 13:00 WIB pada pengujian hari kedua, untuk temperatur terendah dari SWH dengan laju aliran 2 LPM terjadi sebesar 30°C pukul 09:00 WIB pada pengujian hari pertama. Temperatur tertinggi pada SWH dengan laju aliran 4 LPM terjadi sebesar $38,3^{\circ}\text{C}$ pukul 13:00 WIB pada hari pengujian ketiga, untuk temperatur terendah dari SWH dengan laju aliran 4 LPM terjadi sebesar $29,6^{\circ}\text{C}$ pukul 09:00 WIB pada hari pengujian pertama.



Gambar 2. Grafik Hasil Temperatur *Outlet* SWH Tipe Profil Segitiga dengan Variasi Laju Aliran Fluida 2 LPM dan 4 LPM

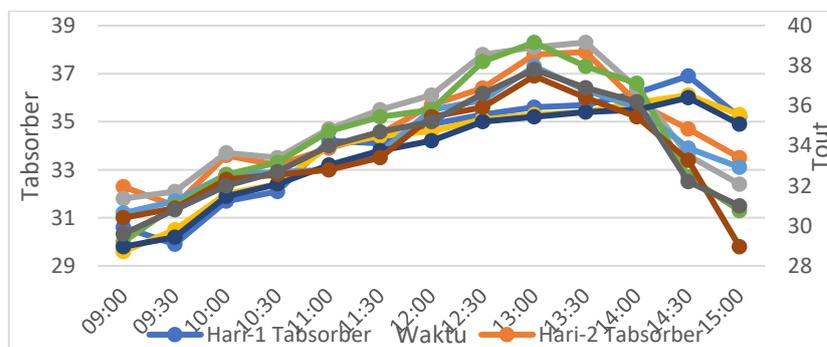
Berdasarkan gambar 3 grafik hasil temperatur *outlet* SWH tipe profil segitiga dengan aliran fluida 2 LPM masih mencatat hasil temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan laju aliran 4 LPM. Pengambilan data temperatur dilakukan saat aliran fluida tetap mengalir pada waktu tertentu yaitu mulai pukul 09:00 WIB sampai 15:00 WIB dengan waktu ketentuan

pengambilan data *interval* 30 menit sekali, dari gambar 4.2 dapat dibaca bahwa temperatur tertinggi berada di aliran fluida 2 LPM pada hari kedua dengan catatan temperatur sebesar 40°C menandakan bahwa laju aliran sangatlah berpengaruh karena semakin lambat laju aliran yang mengalir dapat menghasilkan temperatur yang lebih tinggi. Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Temperatur *Outlet* pada SWH



Gambar 3. Grafik Hasil Intensitas Cahaya Matahari

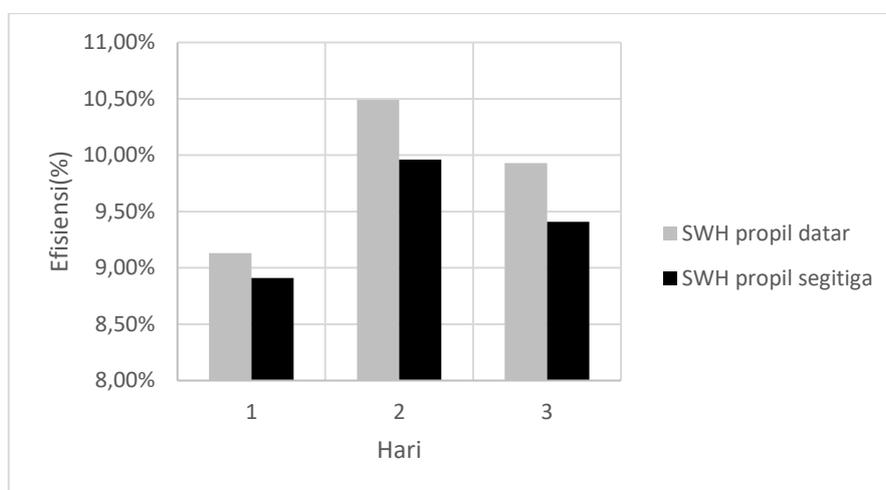
Intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh sekali untuk peningkatan temperatur *outlet* pada SWH, umumnya intensitas cahaya matahari paling tinggi terjadi pada siang hari, mulai pukul 11:30 WIB samapai 14:30 WIB. Gambar 4.2 pada hari ke-1 intensitas cahaya matahari nilainya lebih rendah dibandingkan dengan hari ke-2 maupun ke-3. Hal ini terjadi dipengaruhi oleh faktor alam seperti intensitas cahaya matahari yang terhalang awan mendung di waktu tertentu. Nilai tertinggi yang didapat intensitas cahaya hari ke-1 sebesar 1273,6 W/m² pada pukul 14:00 WIB. Hari ke-2 nilai intensitas tertinggi sebesar 1322,4 W/m² dan puncaknya nilai tertinggi intensitas cahaya matahari terjadi pada hari ke-3 sebesar 1351,1 W/m². Penempatan SWH pada tempat yang lapang tanpa terhalang gedung atau pepohonan juga sangat mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang di dapat oleh SWH. Pengaruh Temperatur *Absorber* Terhadap Temperatur *Outlet*



Gambar 4. Grafik Hubungan Temperatur *Absorber* dengan Temperatur *Outlet*

Berdasarkan gambar 5 temperatur *absorber* juga berperan untuk meningkatkan nilai temperatur *outlet* pada SWH. *Absorber* yang digunakan merupakan jenis bahan dari seng ukuran tebal 0,5 mm dan dicat keseluruhan berwarna hitam. *Absorber* juga komponen yang sangat penting pada SWH karena penyerapan panasnya yang efektif digunakan untuk menaikkan temperatur *outlet* SWH. Temperatur *absorber* tercatat paling tinggi nilainya pada jam 13:00 WIB di hari pengujian ketiga sebesar 38,3°C dengan pengaruh intensitas matahari pada jam tersebut sebesar 1351,1 W/m² dan temperatur paling rendah yang dicatat sebesar 29,9°C dengan pengaruh intensitas cahaya matahari sebesar 985,7°C.

Analisis Efisiensi SWH dengan Tipe Profil Datar dan Segitiga



Gambar 5. Grafik Efisiensi SWH dengan Tipe Profil Datar dan Segitiga laju aliran 2 LPM

Berdasarkan gambar 6 hasil efisiensi tertinggi yang dapat dicapai SWH tercatat sebesar 10,49% dengan SWH profil datar laju aliran fluida 2 LPM, temperatur *outletnya* sebesar 40,6°C dan intensitas cahaya matahari yang berperan sebesar 1322,4 W/m². Efisiensi tersebut didapatkan pada waktu pengujian siang hari pukul 13:00 WIB. Hari ke-1 efisiensi yang didapatkan SWH dengan tipe profil datar laju aliran 2 LPM paling tinggi sebesar 9,13% selisih 0,22% dari efisiensi SWH dengan tipe profil segitiga laju aliran 2 LPM yang mencatat nilai sebesar 8,91%. Hari ke-2 efisiensi yang didapat SWH dengan tipe profil datar laju aliran 2 LPM paling tinggi sebesar 10,49% selisih 0,53% dari efisiensi SWH dengan tipe profil segitiga laju aliran 2 LPM yang mencatat nilai sebesar 9,96%. Hari ke-3 efisiensi yang didapat SWH dengan tipe profil datar laju aliran 2 LPM paling tinggi sebesar 9,93% selisih 0,52% dari efisiensi SWH dengan tipe profil segitiga laju aliran 2 LPM yang mencatat nilai sebesar 9,41%. Efisiensi rata-rata yang diperoleh secara keseluruhan sebesar 9,63% secara tidak langsung SWH dengan tipe profil datar laju aliran 2 LPM lebih efektif ditinjau dari nilai efisiensi dan temperatur *outlet* yang diperoleh.

KESIMPULAN

1. Kalor yang diserap air (Q_{air}) tertinggi pada SWH tipe profil datar adalah sebesar 99,96 W yang terjadi pada hari ke-2 pukul 13.00 WIB, untuk SWH tipe profil segitiga nilai (Q_{air}) tertinggi sebesar 94,92 W
2. Nilai T_{out} tertinggi yang mampu dicapai oleh SWH tipe profil datar dengan laju aliran fluida 2 LPM adalah sebesar : 37,2°C pada hari ke-1 pukul 13.30 WIB, 40,6°C pada hari ke-2 pukul 13.00 WIB, 40,2°C pada hari ke-3 pukul 13.00 WIB
3. Nilai T_{out} tertinggi yang mampu dicapai oleh SWH tipe profil segitiga adalah dengan laju aliran fluida 2 LPM sebesar : 37°C pada hari ke-1 pukul 13.30 WIB, 40°C pada hari ke-2 pukul 13.00 WIB, 39,6°C pada hari ke-3 pukul 13.00 WIB
4. Nilai T_{out} tertinggi yang mampu dicapai oleh SWH tipe profil datar dengan laju aliran fluida 4 LPM adalah sebesar : 36,1°C pada hari ke-1 pukul 13.30 WIB, 37,3°C pada hari ke-2 pukul 13.00 WIB, 38,3°C pada hari ke-3 pukul 13.00 WIB
5. Nilai T_{out} tertinggi yang mampu dicapai oleh SWH tipe profil segitiga adalah dengan laju aliran fluida 4 LPM sebesar : 36°C pada hari ke-1 pukul 13.30 WIB, 36,9°C pada hari ke-2 pukul 13.00 WIB, 37,8°C pada hari ke-3 pukul 13.00 WIB
6. Efisiensi yang mampu dicapai oleh SWH tipe profil datar pada nilai T_{out} tertinggi adalah sebesar 10,49%, sedangkan pada SWH tipe profil segitiga pada nilai T_{out} tertinggi efisiensinya sebesar 9,96 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwin, Maulana, M.I. & A., I. Z. 2015. Pengaruh Bentuk Kolektor Konsentrator Terhadap Efisiensi Pemanas Air Surya. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTIM XIV)*, Volume 20.
- Duffie, J.A. & Beckman, W.A. 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes 4th ed.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Dwivedi, V. 2009. *Thermal Modelling and Control of Domestic Hot Water Tank*. Glasgow: University of Strathclyde.
- Hancock, K. J., & Sovacool, B. K. 2018. International Political Economy and Renewable Energy: Hydroelectric Power and the Resource Curse. *International Studies Review*, 1–18, doi:10.1093/ist/vix058.
- Jansen, T. J. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya 1st Ed.* Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Mishra, R. K., Grag, V. & Tiwari, G. N. 2015. Thermal modeling and development of characteristic equations of evacuated tabung collector (ETC). *Solar Energy*, 1160, pp. 165-176.

- Mishra, R. K., Grag, V. & Tiwari, G. N. 2017. Energy matrices of U-shaped evacuated tabung collector (ETC) integrated with compound parabolik concentrator (CPC). *Solar Energy*, Volume 153, pp. 531-539.
- Nayak, J. K. & Amer, E. H. 2000. Experimental and Theoretical Evaluation of Dynamic Test Procedures for Solar Flat-plate Collectors. *Solar Energy*, 69(5), pp. 377-401.
- Nely, A.M. 2016. *Perpindahan Panas dan Massa Pada Spray Dryer*. Jember: CV. Pustaka Abadi.
- Patel, P., Solanki, A. S., Soni, U. R., & Patel, A. R. 2014. A Review to Increase the Performance of Solar Still: Make It Multi Layer Absorber. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2(2), 173–177.
- Sawhney, R. L., Inderjit & Bansal, N. K. 1984. Steady State Thermal Analysis of an Evacuated Tabung Collector with a CPC Booster. *Solar & wind Technology*, 1(4), pp. 237-244.
- Stoecker, W. F. & Jones, W. J. 1982. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. 2nd Ed. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Suinata, I. M., Septiado, W. N. & Wirawan, K. G. 2016. Analisa Kinerja Thermal Kolektor Surya Berbasis Pipa Kalor. *Jurnal Mettek*, Volume 2 No 2.
- Tiwari, G. N., Mishra, R. K. & Solanki, S. C. 2011. Photovoltaic module and their applications: A review on thermal modeling. *Applied Energy*, 88(7), pp. 2287-2304.
- Tjasyono, B. 2004. *Klimatologi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Unar, I. N., Maitlo, G., Ahmed, S., Ali, S. S., Memon, A. Q., Kandhro, G. A., & Jatoi, A. S. 2020. Performance evaluation of solar flat plate collector using different working fluids through computational fluid dynamics. *SN Applied Sciences*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2005-z>.
- Yassen, T. A., Mokhlif, N. D., & Eleiwi, M. A. 2019. Performance investigation of an integrated solar water heater with corrugated absorber surface for domestic use. *Renewable Energy*, 138,852–860.