



Research article

Efek Sudut Kemiringan Solar Kolektor Tipe Plat Datar terhadap Tekanan Fluida

Mochammad Sandi Al-Amien¹, A'rasy Fahrudin^{1,}, Prantasi Harmi Tjahjanti¹, Izza Anshory²*

¹.*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, **Indonesia**

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, **Indonesia**

*Corresponding author: e-mail: arasy.fahrudin@umsida.ac.id,

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 17 March 2025

Revised: 22 July 2025

Accepted: 31 July 2025

Available online: 31 July 2025

Keywords: Solar collector, Flat plate, Pressure drop, Tilt angle.

Kata Kunci: Solar kolektor, plat datar, pressure drop, sudut kemiringan.

ABSTRACT

A solar collector is a tool that can be used to utilize the abundant solar thermal energy in Indonesia. The flat-plate solar collector in this research is designed to absorb heat energy and pass it on to the collector pipe, which is filled with water. Some factors that affect the heat transfer received by the collector include variations in collector angle and heating power. This solar collector test uses a variety of tilt angle variations ranging from 0°, 5°, 10°, and 12° for 2 hours and heating power using a 300 Watt incandescent lamp. The largest heat transfer rate absorbed by water in the collector pipe is in the 5° tilt angle variation using 6 lamps. The heat absorbed by the collector is 67 °C, and the pressure difference on the U manometer is -2 mmH₂O at the test time of 70 to 100 minutes.

ABSTRAK

Kolektor surya merupakan alat yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi panas matahari yang melimpah di Indonesia. Kolektor surya pelat datar pada penelitian ini dirancang untuk menyerap energi panas dan meneruskannya ke pipa kolektor yang dialiri air. Beberapa faktor yang mempengaruhi perpindahan panas yang diterima oleh kolektor antara lain variasi sudut kolektor dan daya pemanas. Pengujian solar kolektor ini menggunakan variasi variasi sudut kemiringan mulai dari 0°, 5°, 10°, dan 12° selama 2 jam dan daya pemanas menggunakan lampu pijar 300 Watt. Laju perpindahan panas terbesar yang diserap air dalam pipa kolektor terdapat pada

variasi sudut kemiringan 5° dengan menggunakan 6 buah lampu. Panas yang diserap sebesar kolektor sebesar 67°C dan perbedaan tekanan pada manometer U sebesar $-2\text{ mmH}_2\text{O}$ di waktu pengujian selama 70 sampai 100 menit.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan. Letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa membuat negara ini menerima intensitas sinar matahari yang tinggi hampir sepanjang tahun [1–5]. Kondisi ini memberikan peluang besar untuk mengembangkan teknologi energi surya, seperti solar kolektor untuk pemanasan, pengeringan, maupun distilasi [6–10]. Dengan memanfaatkan potensi ini secara optimal, Indonesia dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, menekan emisi gas rumah kaca, serta mendorong terciptanya sistem energi nasional yang lebih bersih dan efisien.

Pemanfaatan air sebagai fluida dengan peningkatan panas merupakan prinsip yang banyak diterapkan dalam berbagai sistem termal dan teknologi pemanas [11–13]. Air memiliki kapasitas panas yang tinggi, sehingga mampu menyerap dan menyimpan energi panas secara efisien [14,15]. Dalam sistem pemanas, seperti pemanas air domestik, boiler industri, dan pembangkit listrik tenaga uap, air dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu untuk kemudian digunakan sebagai media penghantar panas. Salah satu alat pemanas air dengan energi matahari adalah solar kolektor. Solar collector merupakan alat sebagai penerima radiasi panas sekaligus dapat memanfaatkan energi berbentuk panas [16]. Salah satu contoh penggunaan solar collector adalah solar collector yang menggunakan air media penyalur energi panas [17–20]. Kolektor menerima energi dari matahari kemudian ditransfer ke absorber dan pipa. Panas tersebut kemudian digunakan untuk ditransfer ke fluida kerja, yang bersirkulasi di dalam kolektor surya, dan kemudian digunakan dalam berbagai aplikasi yang beroperasi dengan mudah [21,22].

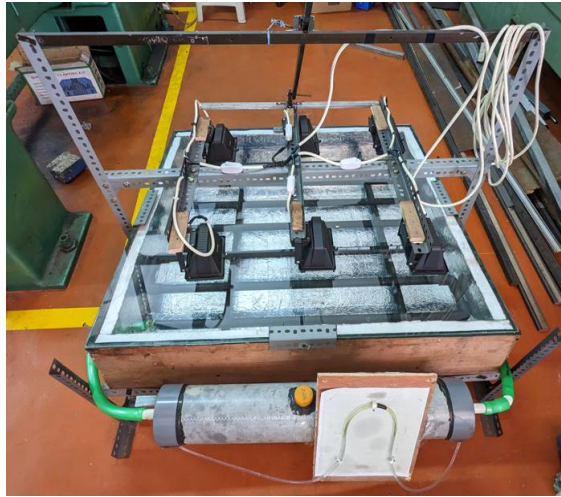
Solar collector plat datar merupakan salah satu jenis solar kolektor dengan desain yang sederhana dan mudah diaplikasikan. Memiliki beberapa komponen diantaranya adalah kaca penutup bertindak sebagai media penerima radiasi langsung dari sumber panas sekaligus perangkap panas [23,24]. Isolator bertindak sebagai media untuk mencegah keluarnya panas yang terkumpul di dalam kolektor pemanas. dan yang terakhir yaitu pipa pemanas sebagai media yang berguna untuk tempat dimana air akan dipanaskan oleh sinar radiasi dari matahari [25]. Di dalam pipa dialiri air dengan temperatur ruang yang belum terkena radiasi sinar lampu dari tangki dan setelah air yang ada dalam pipa ini sudah dalam keadaan panas maka temperatur air dalam kolektor akan mengubah tekanan pada manometer U yang berisi fluida sebagai penunjuk perbedaan tekanan [26,27].

Manometer U adalah alat untuk mengetahui besarnya tekanan yang ada didalam system perpipaan [28]. Manometer U terbalik berisi fluida yang massa jenisnya lebih ringan daripada air biasa [29]. Besarnya tekanan air dapat dilihat pada perbedaan ketinggian pada fluida ukur didalam selang kecil yang beralaskan kertas milimeter, sehingga dapat melihat nilai perbedaan tekanan air [30]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh efek sudut kemiringan solar kolektor tipe plat datar terhadap tekanan fluida.

2. METODE PENELITIAN

Pada Dalam penelitian dan pengujian alat dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dengan alat solar kolektor tipe plat datar yang dapat dilihat pada

Gambar 1. Pengujian solar kolektor tersebut menggunakan 2 macam variasi, yaitu dengan variasi sudut kemiringan mulai dari 0° , 5° , dan 10° selama 2 jam. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali untuk variasi sudut kemiringan kolektor dan 10 kali untuk variasi nyala lampu. Dimana nilai perpindahan panas yang diterima air dalam kolektor digunakan sebagai acuan untuk pengambilan data. Dari setiap pengujian yang dilakukan juga mengambil data perbedaan tekanan yang ada di manometer U terbalik.



Gambar 1. Instalasi pengujian solar kolektor.

Tabel 1. Alat dan bahan.

Nama	Spesifikasi
Solar kolektor	100 cm x 100 cm
Pemanas	Lampu halogen 75 Watt
Temperatur monitor	Digital thermometer
Insulasi	Sterofoam 3 cm
Pipa	Besi $\frac{1}{2}$ "

Penurunan tekanan dihitung dari hasil pengukuran beda ketinggian menggunakan persamaan (1) berikut ini,

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad \text{Pers 1.}$$

Dimana ρ adalah massa jenis fluida, g adalah percepatan gravitasi, dan Δh adalah beda ketinggian pada manometer.

3. HASIL DAN DISKUSI

Setelah pembuatan Solar kolektor kemudian dilakukan pengujian dengan beberapa variasi sudut kemiringan, yaitu 0° , 5° , dan 10° . Data yang diambil berupa suhu air di pipa bawah yaitu saluran masuk ke kolektor, dan pipa atas yaitu saluran keluar kolektor. Serta diambil *pressure drop* antara pipa atas dan pipa bawah. Berikut adalah pembahasan hasil masing-masing sudut kemiringan kolektor.

3.1 Hasil Pengujian Kolektor Dengan Sudut Kemiringan 0°

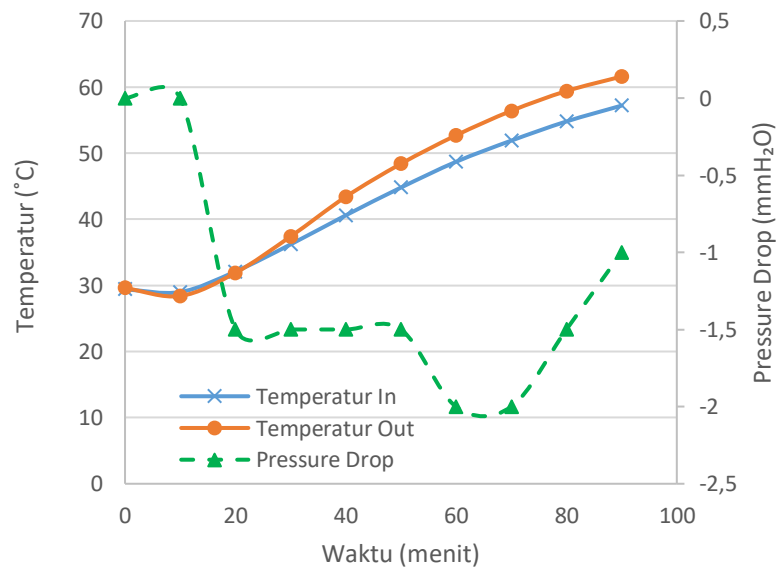
Hasil yang didapat pada saat pengujian kolektor menggunakan 6 buah lampu dengan variasi sudut

kemiringan 0° ditampilkan dalam Tabel 2. Terlihat bahwa perbedaan suhu air pada pipa kolektor tidak berbeda jauh, Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian akan semakin panas pada pipa temperatur air dalam pipa kolektor. Rata-rata untuk kenaikan temperatur pada air kolektor sebesar $2,7^\circ\text{C}$ pada pipa bagian bawah dan 3°C pada pipa atas. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -2 pada pengujian selama 60 sampai 70 menit.

Tabel 2. Hasil pengujian kolektor dengan sudut kemiringan 0° .

No	Waktu (menit)	Suhu Air Kolektor $^\circ\text{C}$		<i>Pressure drop</i> (mmH ₂ O)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	29.4	29.6	0
2	10	29	28.4	0
3	20	32.1	31.9	-1,5
4	30	36.2	37.4	-1,5
5	40	40.6	43.4	-1,5
6	50	44.8	48.4	-1,5
7	60	48.7	52.7	-2
8	70	51.9	56.4	-2
9	80	54.8	59.4	-1,5
10	90	57.2	61.6	-1
11	100	59.2	63.3	-1
12	110	60.9	64.9	-1
13	120	62.5	66.4	-1

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada sudut 0° , pada menit ke 60 sudah tercapai *pressure drop* terbesar yaitu -2 mmH₂O. Selain itu selisih temperatur air masuk tidak besar dibanding temperatur air keluar. Hal ini dikarenakan pada sudut 0° , fluida panas dapat mudah tercampur dengan fluida dingin karena tidak perbedaan ketinggian antara sisi masuk dan sisi keluar. Fluida lebih mudah mengalir sehingga lebih cepat tercapai *pressure drop* terbesar.



Gambar 2. Grafik temperatur air dalam kolektor kemiringan 0° .

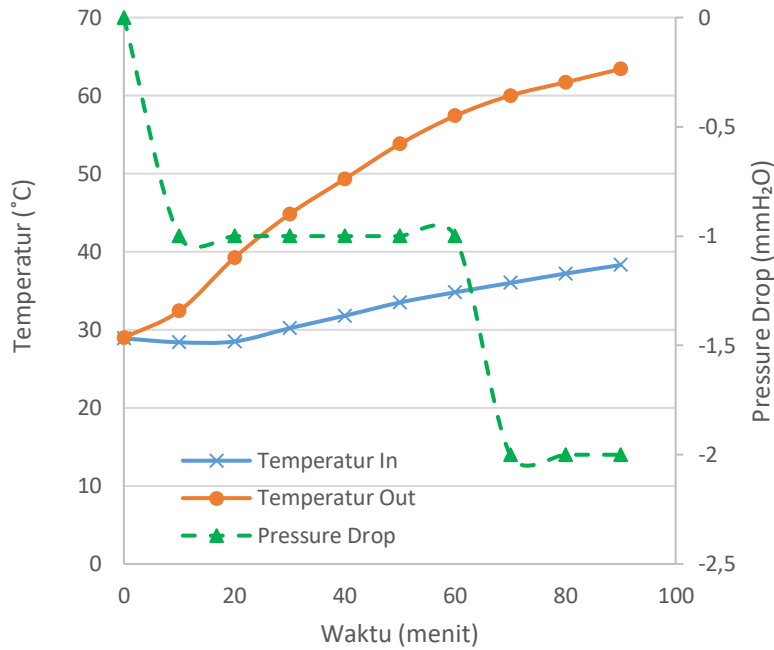
3.2 Hasil Pengujian Kolektor Dengan Sudut Kemiringan 5°

Hasil yang didapat pada saat pengujian kolektor menggunakan 6 buah lampu dengan variasi sudut kemiringan 5° ditampilkan dalam Tabel 3 dan Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa perbedaan suhu air sangat signifikan pada pipa bagian bawah dan dibagian atas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian akan semakin panas pada pipa temperatur air dalam pipa kolektor. Rata-rata untuk kenaikan temperatur pada air kolektor sebesar 0,9°C pada pipa bagian bawah dan 3,1°C pada pipa atas. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -2 pada pengujian selama 70 sampai 100 menit.

Tabel 3. Hasil pengujian kolektor dengan sudut kemiringan 5°.

No	Waktu (menit)	Suhu Air Kolektor °C		<i>Pressure drop</i> (mmH ₂ O)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	28.9	29	0
2	10	28.4	32.4	-1
3	20	28.5	39.2	-1
4	30	30.2	44.8	-1
5	40	31.8	49.3	-1
6	50	33.5	53.8	-1
7	60	34.8	57.4	-1
8	70	36	60	-2
9	80	37.2	61.7	-2
10	90	38.3	63.4	-2
11	100	39.3	65	-2
12	110	40	66.4	-1,5
13	120	40.8	67.7	-1,5

Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada sudut 5°, pada menit ke 70 sudah tercapai *pressure drop* terbesar yaitu – 2 mmH₂O. Selisih temperatur air masuk cukup besar dibanding temperatur air keluar. Hal ini dikarenakan pada sudut 5°, fluida panas akan mengarah ke sisi keluar yang lebih tinggi sehingga akan terpisah dengan fluida dingin di sisi masuk. Aliran fluida cukup mudah mengalir sehingga *pressure drop* terbesar cukup mudah dicapai di menit awal meskipun sedikit lebih lambat dibanding sudut 0°.



Gambar 3. Grafik temperatur air dalam kolektor kemiringan 5°.

3.3 Hasil Pengujian Kolektor Dengan Sudut Kemiringan 10°

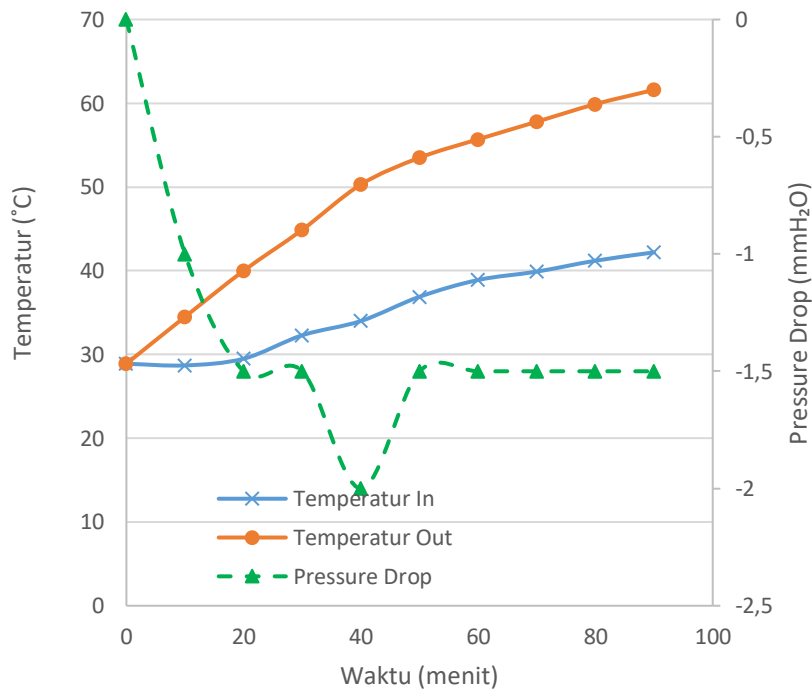
Hasil yang didapat pada saat pengujian kolektor menggunakan 6 buah lampu dengan variasi sudut kemiringan 10° ditampilkan dalam Tabel 4 dan Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa perbedaan suhu air sangat signifikan pada pipa bagian bawah dan dibagian atas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengujian akan semakin panas pada pipa temperatur air dalam pipa kolektor. Rata-rata untuk kenaikan temperatur pada air kolektor sebesar 1,3°C pada pipa bagian bawah dan 3°C pada pipa atas. Dan mendapatkan perbedaan tekanan sebesar -2 pada pengujian selama 100 sampai 120 menit.

Tabel 4. Hasil pengujian kolektor dengan sudut kemiringan 10°.

No	Waktu (menit)	Suhu Air Kolektor °C		Pressure drop (mmH ₂ O)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	28.9	28.9	0
2	10	28.7	34.5	-1
3	20	29.5	40	-1,5
4	30	32.3	44.9	-1,5
5	40	34	50.3	-2
6	50	36.9	53.5	-1,5
7	60	38.9	55.7	-1,5
8	70	39.9	57.8	-1,5
9	80	41.2	59.9	-1,5
10	90	42.2	61.6	-1,5
11	100	43.2	62.9	-2

12	110	43.9	64.1	-2
13	120	44.9	65.1	-2

Pada Gambar 4 terlihat bahwa pada sudut 10° , pada menit ke 100 baru tercapai *pressure drop* terbesar yaitu $-2 \text{ mmH}_2\text{O}$. Selisih temperatur air masuk cukup besar dibanding temperatur air keluar. Hal ini dikarenakan pada sudut 10° , fluida panas juga akan mengarah ke sisi keluar yang lebih tinggi sehingga akan terpisah dengan fluida dingin di sisi masuk. Aliran fluida sedikit menanjak untuk mengalir sehingga *pressure drop* terbesar baru dicapai di menit akhir.



Gambar 4. Grafik temperatur air dalam kolektor kemiringan 10° .

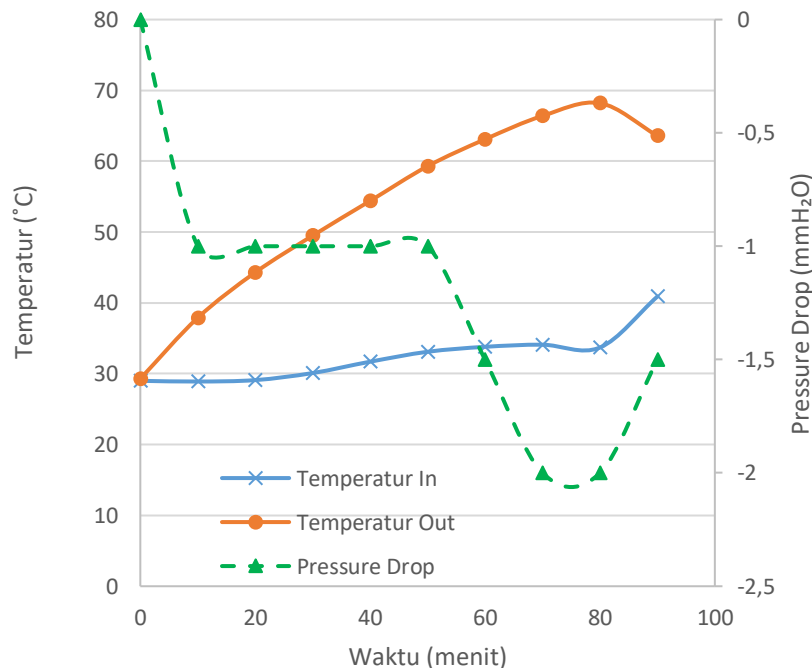
3.4 Hasil Pengujian Kolektor Dengan Sudut Kemiringan 12°

Hasil yang didapat pada saat pengujian kolektor menggunakan 6 buah lampu dengan variasi sudut kemiringan 12° ditampilkan dalam Tabel 5 dan Gambar 5. Pada Gambar 5 terlihat bahwa pengujian selama 90 menit suhu air dalam kolektor mengalami peningkatan $11,9^\circ\text{C}$ pada kolektor bagian bawah dan pada kolektor bagian atas mengalami penurunan suhu sebesar $4,94^\circ\text{C}$ di 10 menit terakhir. Suhu air pada kolektor bagian bawah berawal dari 29°C setelah pengujian selama 90 menit suhu air menjadi $40,9^\circ\text{C}$. Untuk suhu air pada kolektor bagian atas berawal dari $29,3^\circ\text{C}$ setelah pengujian selama 90 menit suhu air menjadi $63,6^\circ\text{C}$. Rata-rata kenaikan suhu air pada kolektor bawah sebesar $1,3^\circ\text{C}$, untuk kolektor atas sebesar $3,8^\circ\text{C}$. Perbedaan tekanan terbesar pada manometer U terjadi pada pengujian selama 70 sampai 80 menit yaitu -2 mm .

Tabel 5. Hasil pengujian kolektor dengan sudut kemiringan 12°.

No	Waktu (menit)	Suhu Air Kolektor °C		Pressure drop (mmH ₂ O)
		Pipa Bawah	Pipa Atas	
1	0	29	29.3	0
2	10	28.9	37.9	-1
3	20	29.1	44.3	-1
4	30	30.1	49.5	-1
5	40	31.7	54.4	-1
6	50	33.1	59.3	-1
7	60	33.8	63.1	-1,5
8	70	34.1	66.4	-2
9	80	33.7	68.2	-2
10	90	40.9	63.6	-1,5

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada sudut 12°, pada menit ke 70 sudah tercapai *pressure drop* terbesar yaitu – 2 mmH₂O. Selisih temperatur air masuk cukup besar dibanding temperatur air keluar. Hal ini dikarenakan pada sudut 12°, fluida panas juga akan mengarah ke sisi keluar yang lebih tinggi sehingga akan terpisah dengan fluida dingin di sisi masuk. Aliran fluida lebih menanjak untuk mengalir sehingga malah akan menghambat aliran dan rata-rata *pressure drop* yang dicapai sedikit lebih rendah dibanding sudut 10°.



Gambar 5. Grafik temperatur air dalam kolektor kemiringan 12°.

4. KESIMPULAN

Bagian Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh sudut kemiringan solar kolektor tipe plat datar terhadap preassure drop maka dapat diambil kesimpulan dari pengujian untuk tingkat perpindahan panas pada kolektor plat datar ini cukup baik, sudut kemiringan kolektor akan mempengaruhi panas yang diterima pada pipa kolektor. Laju perpindahan panas terbesar yang diserap air dalam pipa kolektor terdapat pada variasi sudut kemiringan 5° dengan menggunakan 6 buah lampu. Panas yang diserap sebesar kolektor sebesar 67°C dan perbedaan tekanan pada manometer U sebesar -2 mmH₂O di waktu pengujian selama 70 sampai 100 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan yang telah diberikan. Berupa pendanaan maupun bimbingan administratif dan teknis, menjadi faktor kelancaran proses pelaksanaan hingga terselesaikannya penelitian ini. Dukungan DRPM memberikan kontribusi sehingga capaian penelitian ini dapat terwujud secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rahwanda, Y.S. Putra, R. Adriat, Pemetaan dan estimasi potensi energi matahari di kota pontianak, *Prism. Fis.* 10 (2023) 285–290. doi:10.26418/pf.v10i3.58096.
- [2] A. Kusmantor, I. Farikhah, Penyuluhan Identifikasi Potensi Energi Matahari Sebagai Sumber Listrik di SD Negeri Tambakharjo Semarang, *J-ADIMAS (Jurnal Pengabd. Kpd. Masyarakat)*. 10 (2022) 52–56. doi:10.29100/j-adimas.v10i1.3009.
- [3] R.A. Harahap, E. Susanti, Perancangan PLTS 200 Wp dengan Solar Tracker, *SIGMA Tek.* 5 (2022) 323–333. doi:10.33373/sigmateknika.v5i2.4641.
- [4] A. Stefanie, F.C. Suci, L. Nurpulaela, Edukasi Implementasi Konversi Energi Matahari Menggunakan Sistem Pemantau Energi Dengan Teknologi Internet Of Things, *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*. 6 (2022) 1059–1063. doi:10.31764/jpmb.v6i2.8292.
- [5] D.A. Pratiwi, M. Yunus, W.P. Utomo, I.A. Hanan, Pengaplikasian Alat Pembasmi Tikus Memanfaatkan Sumber Energi Matahari Di Desa Delingan, Kabupaten Karanganyar, *Kumawula J. Pengabd. Kpd. Masy.* 6 (2023) 91–97. doi:10.24198/kumawula.v6i1.41595.
- [6] R. Subagyo, M.N. Ramadhan, M. Ma'ruf, M. Azlan, I. Husein, M.Z. Rusdi, T. Pratama, Perancangan Alat Pengering Lombok Solar Technology bagi Kelompok Tani Desa Guntung Manggis, *J. Pengabd. ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*. 2 (2022) 301–312. doi:10.20527/ilung.v2i2.6117.
- [7] G.G. Habtay, J. Buzas, I. Farkas, Comparative Study on the Performance of Solar Dryer with Finned Plate Solar Chimney, *J. Tekno Insentif*. 16 (2022) 1–15. doi:10.36787/jti.v16i1.700.
- [8] P. Suwandono, N. Ismail, D. Hermawan, F. Anggraeni, Simulasi CFD pada Solar Still Double Slope dengan Kolektor Pasir Besi, *J. Energi Dan Teknol. Manufaktur*. 6 (2023) 1–6. doi:10.33795/jetm.v6i01.2868.
- [9] Y. Yusuf, I. Rosyadi, M.P. Pinem, Analisis potensi energi panas matahari untuk digunakan pada sistem refrigerasi absorpsi di bangunan perkantoran, *J. Tek. Mesin Indones.* 17 (2022) 128–132. doi:10.36289/jtmi.v17i2.382.
- [10] Kevin V Simbolon, Himsar Ambarita, Studi Eksperimental Distilasi Air Laut Tenaga Surya

- Kemiringan Ganda Sistem Aktif dan Pasif, *DINAMIS*. 9 (2021) 14–20. doi:10.32734/dinamis.v9i2.7949.
- [11] J.T. Siang, A. Kamolan, Pemanfaatan Udara Panas Kondensor Mesin Pendingin Sebagai Sumber Energi Pemanas Air Rumah Tangga, *Turbul. J. Tek. Mesin*. 2 (2020) 38–43. doi:10.36767/turbulen.v2i2.549.
- [12] Andri Eko Ari Wibowo, Mochamad Nur Hadi, Dikdik Risdianto, Sistem Panas Bumi Temperatur Rendah-Sedang Pada Cekungan Kutai dan Rekomendasi Pemanfaatannya, *Bul. Sumber Daya Geol*. 16 (2021) 133–151. doi:10.47599/bsdg.v16i2.311.
- [13] N. Arif, S. Sihana, R. Budiarto, A.K.A. Samsu, Analisis Lingkungan Perancangan Pembangkit Listrik Siklus Organic Rankine pada Sumber Mata Air Panas Bumi di Limbong, Sulawesi Selatan, *J. Eboni*. 5 (2023) 30–35. doi:10.46918/eboni.v5i1.1846.
- [14] K.A.A. Syukri, D. Perdana, M.I.M. Sulthon, S.H. Sumarlan, Analisis Pindah Panas Konduksi dan Konveksi pada Heat Exchanger Evaporator Efek Ganda pada Pengolahan Nira Tebu, *J. Ilm. Rekayasa Pertan. Dan Biosist*. 11 (2023) 159–171.
- [15] A. Fahrudin, P.H. Tjahjanti, Mulyadi, Effect of Thermoelectric Power and Air Flow on Air Temperature and Relative Humidity, *J. Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng*. 7 (2022) 21–26. doi:10.22219/jemmm.v7i1.21761.
- [16] H. Susanto, D. Irawan, Pengaruh Jarak Antar Pipa Pada Kolektor Terhadap Panas Yang Dihasilkan Solar Water Heater (SWH), *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*. 6 (2017) 84–91. doi:10.24127/trb.v6i1.470.
- [17] A. Amrizal, A. Amrul, M. Irsyad, A.E. Salsabillah, Pengaruh Jarak antar Pipa Absorber terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya PV/T Pelat Datar Menggunakan Metode CFD, *J. Rekayasa Mesin*. 17 (2022) 405–412. doi:10.32497/jrm.v17i3.3628.
- [18] Iwan Alif Muhibbin, Agus Alamsyah, Proses Pembuatan Pipa Inlet Pada Pemanas Air Tenaga Surya (Solar Water Heater) Menggunakan Mesin CNC, *Semin. Nas. Teknol. Dan Multidisiplin Ilmu*. 2 (2022) 36–42. doi:10.51903/semnastekmu.v2i1.151.
- [19] N. Atifah, S.I. Putri, S. Meilufi, A.H. Syawaluddin, Analisis Transien Pada Parabolic Trough Reflector Solar Water Heater, *J. Inov. Ilmu Pengetah. Dan Teknol*. 5 (2023) 22–27. doi:10.32493/jiptek.v5i1.35239.
- [20] R. Damayanti, A.Z. Fawazi, G. Djoyowasito, Analisis Performansi Solar Water Heater pada Rangkaian Instalasi Pengereng Kabinet, *J. Keteknikan Pertan. Trop. Dan Biosist*. 10 (2022) 260–269. doi:10.21776/ub.jkptb.2022.010.03.10.
- [21] Ekadewi Anggraini Handoyo, Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar, *J. Tek. Mesin*. 3 (2001) 52–56.
- [22] M.Y. Rahmat Junaidi, Teuku Zulfadli, Kajian Perpindahan Panas Pada Solar Water Heater Dengan Sudut Kemiringan Kolektor 40°, *J. Ilm. Tek. Unida*. 2 (2021) 69–74. doi:10.55616/jitu.v2i2.186.
- [23] T. Wiradhani, Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Menggunakan Kolektor Surya Plat Datar, 2012.
- [24] R. Efendi, Performansi kolektor surya pelat datar unglazed pemanas air, *J. Tek. Mesin Indones*. 17 (2022) 1–4.
- [25] R.E. Rachmanita, M.Y. Syafi'i, H. Ahmadi, Experimental Study of the Effect of Addition Glass Wool as Insulation Material on the Performance of Flat Plate Type Solar Collectors, *J. Renew. Energy Mech*. 5 (2022). doi:10.25299/rem.2022.vol5.no02.9982.
- [26] M.S. Effendi, A. Hendrawan, N. Rahman, Penggunaan Solar Collector Sebagai Pemanas Awal Air Masuk dan Pemanas Tambahan Bawah Heat Absorber Pada Basin Solar Still Untuk

- Meningkatkan Efisiensi, Poros Tek. 8 (2016). doi:10.31961/porosteknik.v8i2.369.
- [27] F. Riyanto, A. Fahrudin, Edmundo Tiago Belo, The Effect of Variations in Impeller Shape on Discharge and Water Pressure on the Pump Prototype, R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J. 7 (2022) 35–39. doi:10.21070/r.e.m.v7i1.1632.
- [28] J. Jalaluddin, S. Akmal, N. ZA, I. Ishak, Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop Pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD), J. Teknol. Kim. Unimal. 2 (2019) 53–72. doi:10.29103/jtku.v8i1.3396.
- [29] E. Fernando, A. Fahrudin, Rancang Bangun Manometer Untuk Alat Ukur Head Losses Pada Uji Perpipaian, Indones. J. Innov. Stud. 13 (2021).
- [30] A. Fahrudin, Mulyadi, Rancang Bangun Alat Uji Head Losses dengan Variasi Debit dan Jarak Elbow 90° Untuk Sistem Perpipaian yang Efisien, J. Turbo. 7 (2018) 32–35. <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>.