

ANALISIS PERFORMA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR DENGAN SIRIP MELINTANG BERONGGA DISUSUN *ALIGNED*

Ahmad Husein Alhafidz, Ketut Astawa, Made Sucipta*

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Kolektor surya adalah teknologi yang layak dikembangkan di Indonesia karena Indonesia berada pada letak geografis yang sangat mendukung dalam pemanfaatan dan pengembangan energi surya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengamati perpindahan panas yang terjadi di dalam kolektor surya. Kolektor surya yang diteliti mendapatkan tambahan sirip berongga yang berada dalam kolektor surya dan sirip tersebut diberi lubang berbentuk bujur sangkar dan disusun *aligned* melintang dari arah aliran fluida. Untuk meningkatkan unjuk kerja kolektor surya diberikan variasi berupa laju aliran massa \dot{m}_1 , \dot{m}_2 , dan \dot{m}_3 sebesar 0,0009; 0,0019; dan 0,0023 kg/s pada suhu 32 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kolektor surya tersebut terdapat distribusi suhu dan energi berguna tertinggi pada variasi \dot{m}_3 sebesar 0,0023 kg/s dengan energi berguna sebesar 102,81 W dan efisiensi tertinggi di variasi \dot{m}_2 sebesar 0,0019 kg/s di angka 26,55%. Tetapi energi berguna rata-rata dan efisiensi rata-rata tertinggi berada pada variasi \dot{m}_3 sebesar 0,0023 kg/s di 77,15 W dan 19,78%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi \dot{m} berpengaruh terhadap peningkatan performa kolektor surya.

Kata kunci: Sirip berongga melintang, Rongga bujur sangkar, *Aligned*, Energi berguna, Efisiensi.

Abstract

The solar collector is a decent technology developed in Indonesia because Indonesia is in the global-speaking groundwork in the utilization and development of solar energy. This research uses experimental methods to observe hot transplaces that occur in the solar collector. The solar collector studied earning extra hollow fins that were in the solar collector and the fins were given a long-term hole and washed aligned transverse from the direction of the fluid flow. To increase the solar collector's performance is given a variation in the flow rate of mass \dot{m}_1 , \dot{m}_2 , and \dot{m}_3 of 0,0009; 0,0019; and 0,0023 kg/s at 32 °C. The results showed that in the solar collector there was a temperature of the highest temperature and energy use in the variation of \dot{m}_3 of 0.0023 kg/s with useful energy of 102,81 w and the highest efficiency in variation \dot{m}_2 of 0.0019 kg/s in number 26,55%. But the average useful energy and highest average efficiency is in variation \dot{m}_3 of 0,0023 kg/s in 77,15 W and 19,78%. This shows that variation \dot{m} has an effect on improving solar collector performance.

Keywords: Transverse hollow finns, Square-shaped holes, Aligned, Usable energy, Efficiency.

1. Pendahuluan

Peran energi dalam kehidupan manusia sangat penting. Dengan pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia, penggunaan energi juga semakin meningkat. Ini memiliki dampak positif dalam berbagai sektor kehidupan manusia, termasuk teknologi pengeringan pertanian [1]. Proses pengeringan produk pertanian umumnya melibatkan udara hangat dengan penurunan kadar air sebesar 6-10% [2]. Walau begitu, penggunaan energi masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, meskipun persediaannya semakin terbatas di bumi ini.

Dengan peningkatan penggunaan energi dan semakin terbatasnya bahan bakar fosil, manusia terdorong untuk meningkatkan produksi dan teknologi dalam menggunakan sumber energi baru dan terbarukan (EBT). EBT memiliki ketersediaan yang melimpah di alam dan bermanfaat dari perkotaan hingga daerah terpencil. Energi surya merupakan salah satu EBT yang pantas dikembangkan di Indonesia karena kondisi geografisnya sangat mendukung, meskipun penggunaannya masih di bawah 1% dari potensi yang tersedia. [3].

Energi surya dapat dimanfaatkan dan diperluas melalui berbagai teknik, termasuk penggunaan kolektor surya. Kolektor surya beroperasi dengan cara menyerap radiasi matahari oleh bagian penyerapnya, yang kemudian mengubahnya menjadi panas. Panas ini kemudian dialirkan ke fluida kerja untuk digunakan lebih lanjut [4]. Ketika sinar matahari menyentuh kolektor surya, sebagian dipantulkan kembali ke lingkungan, namun sebagian besar diserap oleh *absorber* dan diubah menjadi panas. Panas tersebut kemudian dialirkan ke fluida yang mengalir dalam kolektor surya.

Penambahan sirip pada fluida kerja di bawah pelat absorber dapat memaksimalkan kinerja pengumpulan panas dan distribusi suhu. Permukaan perpindahan panas yang lebih luas akibat penggunaan sirip pada kolektor memungkinkan penyerapan energi surya yang lebih besar dan transfer panas yang lebih efisien ke fluida kerja [5]. Meskipun kinerja perpindahan panas pada kolektor surya meningkat dengan adanya sirip pada aliran fluida, penting untuk memperhatikan bentuk dan posisi sirip yang tepat [6]. Sirip yang melintang terhadap aliran fluida dapat menghambat laju fluida

kerja karena interaksi dengan sirip-sirip lainnya, yang memberikan waktu lebih lama bagi fluida kerja untuk menyerap panas dari *absorber*. Agar sirip yang melintang ini tidak menghalangi aliran fluida, biasanya diberi lubang untuk memungkinkan laluan fluida.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, modifikasi pada kolektor surya ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi distribusi suhu dari pelat absorber ke fluida kerja. Ini dilakukan dengan menggunakan sirip berongga bentuk bujur sangkar meratakan distribusi radiasi surya pada pelat absorber. Perbedaan dalam kecepatan udara yang masuk dan modifikasi mempengaruhi suhu yang optimal dan peningkatan unjuk kerja kolektor surya. Maka dari itu ada beberapa permasalahan yang diteliti, yaitu bagaimana distribusi suhu, laju perpindahan panas, dan efisiensi pada kolektor surya pelat datar dengan sirip melintang berongga bentuk bujur sangkar disusun *aligned*.

2. Dasar Teori

Energi surya energi yang diterima dari matahari dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Selain itu, pemanfaatan energi surya juga berperan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara, karena tidak ada proses pembakaran bahan bakar fosil dalam produksi listrik [7]. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan secara lebih efisien dan berkelanjutan dengan teknologi kolektor surya.

Intensitas radiasi matahari diukur menggunakan *pyranometer* dengan sensitivitas sebesar $13,68 \mu\text{V/Wm}^{-2}$. memperoleh data dengan menggunakan *Multimeter*. Berdasarkan data terukur ini, intensitas radiasi matahari dapat dihitung seperti berikut.

$$I_T = \frac{U_{emf}}{S} \quad (1)$$

I_T = Intensitas Radiasi (W/m^2)

U_{emf} = Tegangan Keluaran (V)

S = Sensitifitas ($\mu\text{V/Wm}^{-2}$)

Laju aliran massa merupakan parameter penting dalam penentuan seberapa cepat fluida bergerak melalui suatu penampang lintasan menggunakan rumus sebagai berikut [8]:

$$\dot{m} = \rho V A \quad (3)$$

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

V = Kecepatan udara (m/s)

A = Luas permukaan (m^2)

Untuk menghitung energi yang diserap atau yang berguna oleh kolektor alat pemanas air tenaga surya, dapat digunakan suatu persamaan :

$$Q_{(u,a)} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i) \quad (4)$$

$Q_{(u,a)}$ = Energi Berguna (W)

C_p = Kapasitas jenis kalor ($\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

T_o = Suhu masuk ($^\circ\text{C}$)

T_i = Suhu keluar ($^\circ\text{C}$)

Perasamaan (4) ini penting untuk menentukan efisiensi kolektor Surya. Efisiensi merupakan pengukuran rasio energi yang berguna yang

diperoleh selama periode tertentu terhadap energi matahari yang diterima selama periode yang sama [9].

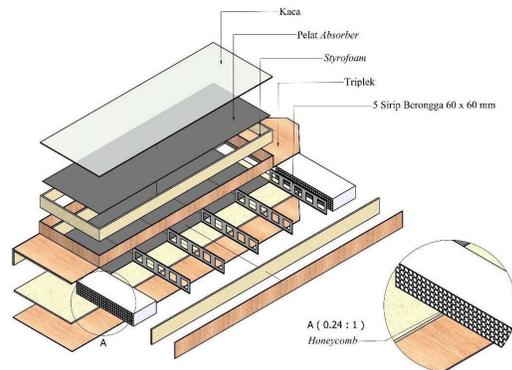
$$\eta = \frac{Q_u}{I_T A_c} = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)}{I_T A_c} \quad (5)$$

η = Efisiensi (%)

A_c = Luas penampang kolektor (m^2)

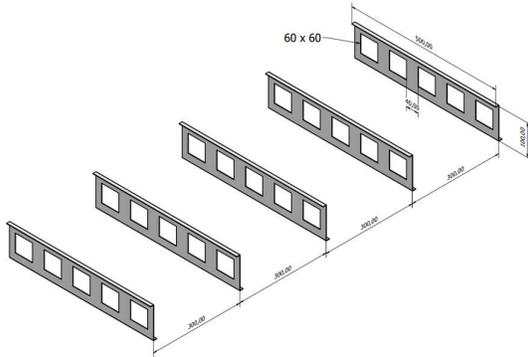
3. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja kolektor surya pelat datar guna mengoptimalkan penggunaan energi surya. Dilakukan melalui metode eksperimental, dimulai dari perancangan dan pembuatan kolektor surya dengan penambahan sirip berongga melintang dengan rongga berbentuk bujur sangkar dan susunan yang sejajar di bawah pelat absorber. Alat pengukur kemudian ditempatkan pada beberapa titik pada kolektor. Konstruksi kolektor surya terlihat pada Gambar 1. Volume kolektor yang dirancang sebesar $0,15 \times 10^3 \text{ m}^3$ dengan lebar kolektor 0,5 m, panjang kolektor 1,5 m, dan tinggi kolektor 0,2 m. Pelat *absorber*, pelat bawah, dan sirip berlubang menggunakan pelat besi dengan ketebalan $0,2 \times 10^{-2}$ m. Kaca yang dipakai adalah kaca bening dengan ketebalan sebesar $0,5 \times 10^{-2}$ m. Seluruh bagian kolektor kecuali bagian kaca diberi insulasi yang terdiri dari *styrofoam* dengan ketebalan $0,1 \times 10^{-1}$ m dan triplek dengan ketebalan $0,4 \times 10^{-2}$ m.



Gambar 1. Konstruksi kolektor surya pelat datar

Sirip sebanyak 5 buah diantara pelat absorber dan pelat besi bawah memiliki dimensi yang sama persis. Dengan panjang sirip sebesar 0,5 m dan tinggi sirip sebesar 0,1 m. Masing-masing sirip memiliki lubang berbentuk bujur sangkar sebanyak 5 buah dengan jarak antar lubang $0,4 \times 10^{-1}$ dan dimensi lubang sebesar $0,6 \times 10^{-1}$ setiap sisi bujur sangkar. Konstruksi lengkap bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konstruksi sirip berongga berbentuk bujur sangkar

Penelitian ini memvariasikan laju aliran massa dengan suhu awal tetap 32°C. Perhitungan kecepatan udara bisa dilakukan menggunakan persamaan (3) dari beberapa parameter, yaitu massa jenis udara sebesar 1,2 kg/m³ pada suhu 32°C, luas penampang dilalui fluida pada pipa sebesar 0,0020258 m², dan laju aliran massa seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Kecepatan Udara

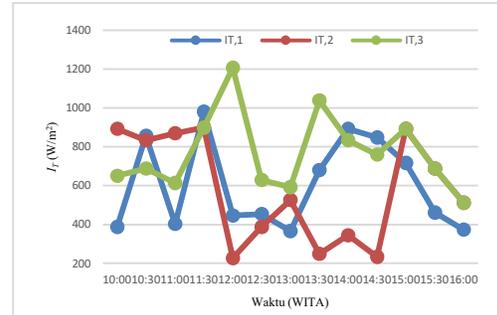
Luas Penampang	Massa Jenis	\dot{m}	Kecepatan Udara
0,20258x10 ⁻² m ²	1,2 kg/m ³	0,0009 kg/s	0,4 m/s
0,20258x10 ⁻² m ²	1,2 kg/m ³	0,0019 kg/s	0,8 m/s
0,20258x10 ⁻² m ²	1,2 kg/m ³	0,0023 kg/s	1,0 m/s

Kecepatan udara diukur pada saluran keluaran udara kolektor dengan *anemometer*. Untuk pengukuran temperatur keseluruhan kolektor surya digunakan Sensor DS18B20, yang dipasang masing-masing pada tiga titik pengujian, yaitu mulai dari jarak 0,15 m, 0,75 m, dan 1,35 m.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Intensitas Radiasi Matahari

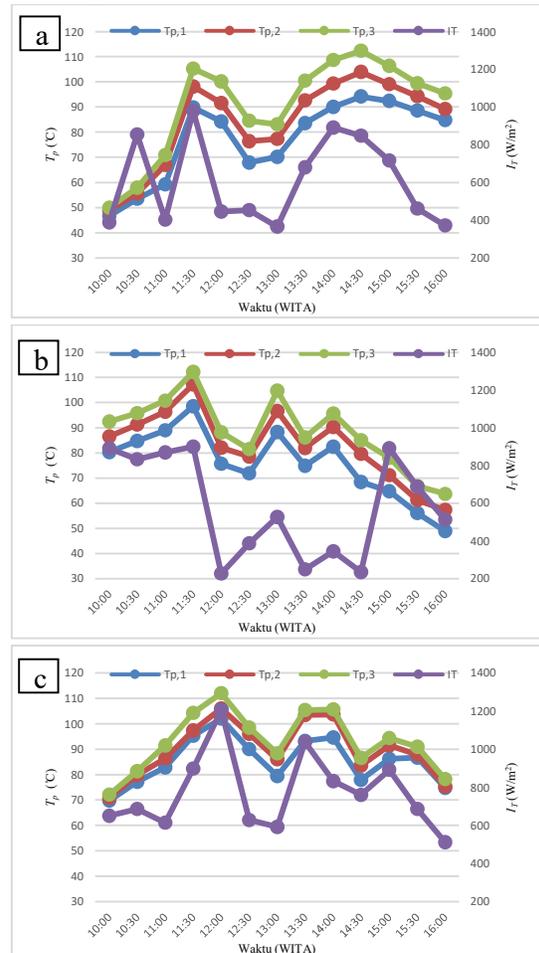
Pengambilan data Intensitas radiasi matahari dilakukan setiap pengambilan data dari masing-masing variasi pada kolektor surya. Pada Gambar 3 terdapat $I_{T,1}$ yang merupakan intensitas radiasi matahari di tanggal 7 Maret 2024 dengan \dot{m} sebesar 0,0009 kg/s, $I_{T,2}$ adalah intensitas radiasi matahari pada tanggal 6 Maret 2024 dengan \dot{m} sebesar 0,0019 kg/s, dan $I_{T,3}$ adalah intensitas radiasi matahari pada tanggal 13 Maret 2024 dengan variasi \dot{m} sebesar 0,0023 kg/s.



Gambar 3. Perbandingan I_T dengan waktu pada setiap variasi

4.2. Distribusi Suhu pada Pelat Absorber

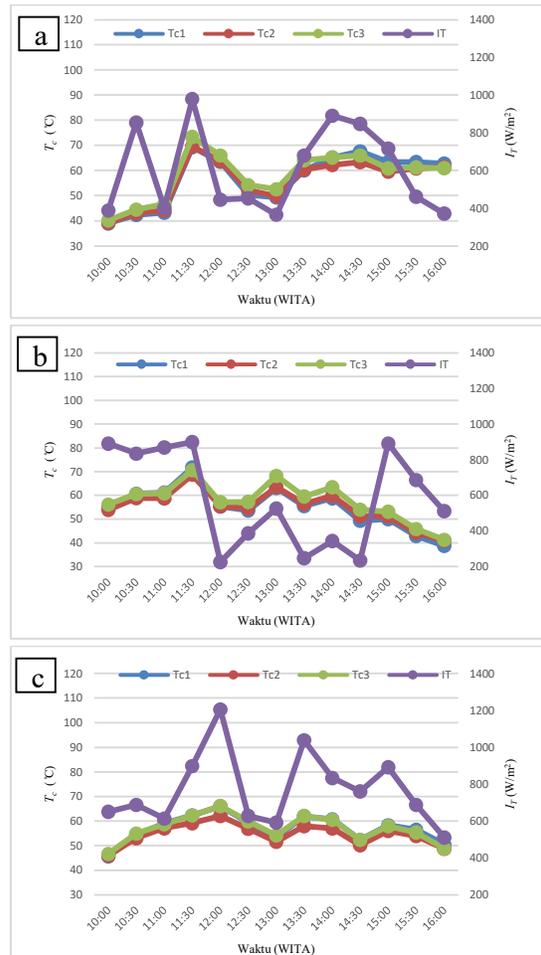
Pelat absorber memiliki kemampuan menerima radiasi matahari dan konduksi dari permukaan atas hingga permukaan Bawah pelat absorber. Pada Gambar 4, terdapat sensor $T_{p,1}$ yang bertempat di depan kolektor surya tempat masuk fluida, lalu ada sensor $T_{p,2}$ yang tepat berada di tengah kolektor, dan sensor $T_{p,3}$ berada dekat saluran keluar fluida.



Gambar 4. Distribusi T_p dengan variasi (a) $\dot{m} = 0,0009$ kg/s (b) $\dot{m} = 0,0019$ kg/s (c) $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

4.3. Distribusi Suhu pada Kaca

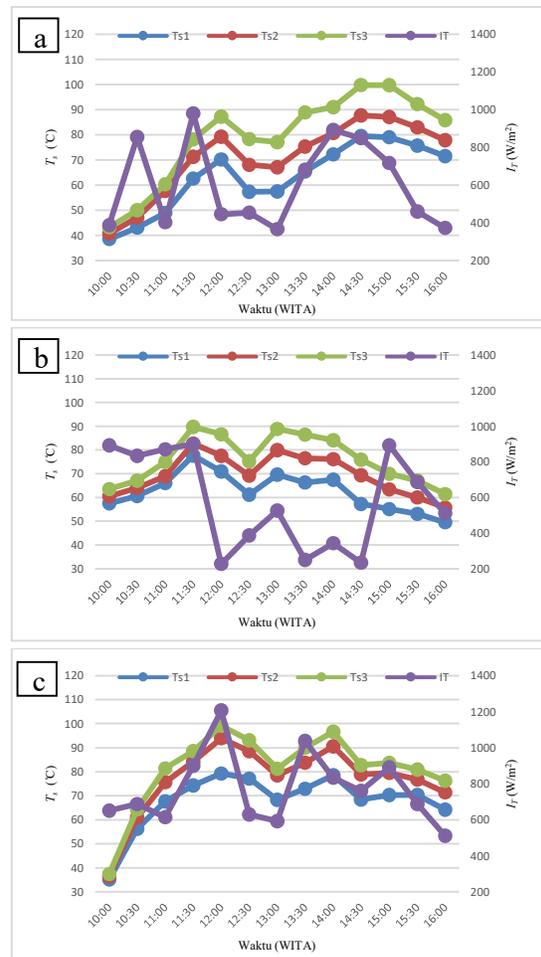
Sebelum radiasi matahari ditangkap langsung oleh pelat *absorber* kaca akan memaksimalkan pemantulan dan meminimalkan hilangnya radiasi ke lingkungan. Pada Gambar 5. terdapat sensor $T_{c,1}$ yang bertempat sejajar dengan saluran masuk, lalu ada sensor $T_{c,2}$ yang berada di tengah kaca, dan sensor $T_{c,3}$ berada sejajar dengan saluran keluar fluida.



Gambar 5. Distribusi T_c dengan variasi (a) $\dot{m} = 0,0009$ kg/s (b) $\dot{m} = 0,0019$ kg/s (c) $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

4.4. Distribusi Suhu pada Sirip

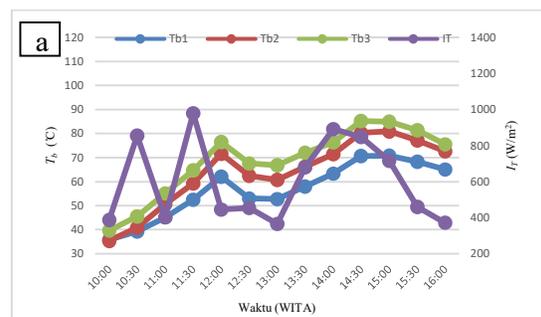
Distribusi pada sirip terjadi secara konduksi dari pelat *absorber* hingga ke pelat Bawah. Sirip juga terjadi konveksi dengan aliran fluida di dalam kolektor surya. Pada Gambar 6. terdapat sensor $T_{s,1}$ yang bertempat di sirip pertama dari saluran masuk, lalu ada sensor $T_{s,2}$ yang berada di sirip ketiga, dan sensor $T_{s,3}$ berada di sirip kelima dekat saluran keluar fluida.

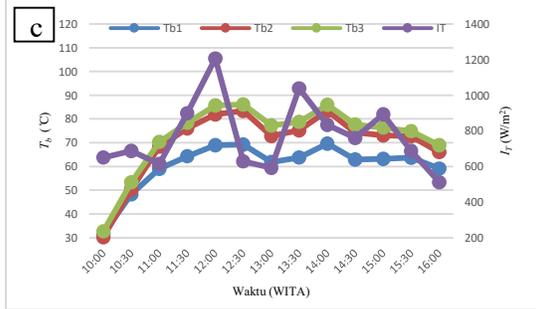
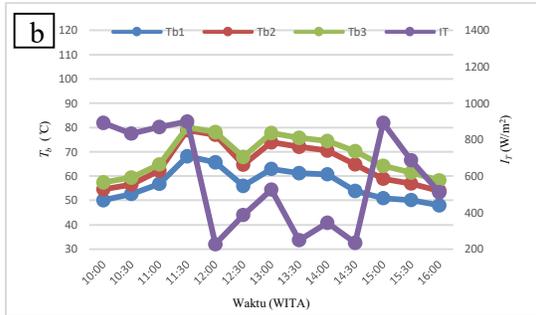


Gambar 6. Distribusi T_s dengan variasi (a) $\dot{m} = 0,0009$ kg/s (b) $\dot{m} = 0,0019$ kg/s (c) $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

4.5. Distribusi Suhu pada Pelat Bawah

Pada pelat bawah menerima distribusi suhu secara konduksi dari sirip dan terdapat konveksi dari aliran fluida. Pada Gambar 7. terdapat sensor $T_{b,1}$ yang bertempat di depan kolektor surya tempat masuk fluida, lalu ada sensor $T_{b,2}$ yang tepat berada di tengah kolektor, dan sensor $T_{b,3}$ berada dekat saluran keluar fluida.

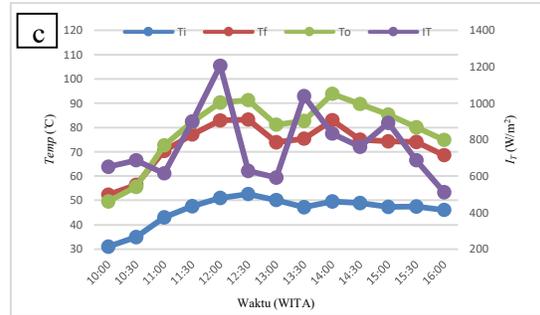
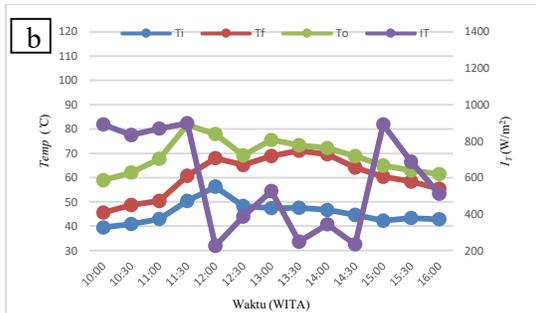
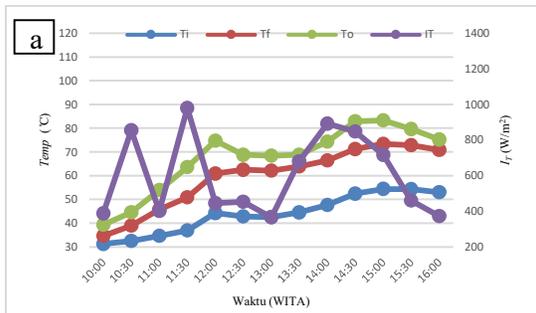




Gambar 7. Distribusi T_b dengan variasi (a) $\dot{m} = 0,0009 \text{ kg/s}$ (b) $\dot{m} = 0,0019 \text{ kg/s}$ (c) $\dot{m} = 0,0023 \text{ kg/s}$

4.6. Distribusi Suhu di Aliran Fluida

Aliran fluida yang terdapat dalam kolektor surya menerima suhu secara konveksi dari pelat absorber, pelat bawah, dan sirip. Pada Gambar 8. terdapat sensor temperatur masuk (T_i) yang bertempat di saluran masuk fluida dekat honeycomb, lalu ada sensor temperatur fluida (T_f) yang berada di antara sirip kedua dan ketiga tepat di tengah kolektor, dan sensor temperatur keluar (T_o) berada di saluran keluar fluida.

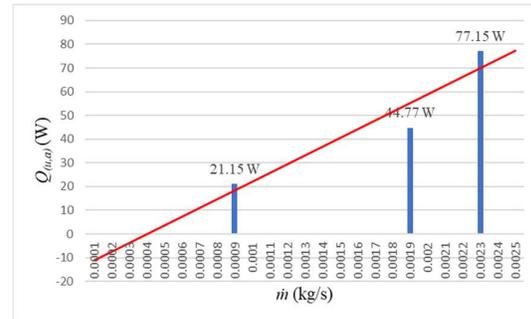


Gambar 8. Distribusi suhu pada aliran fluida dengan variasi (a) $\dot{m} = 0,0009 \text{ kg/s}$ (b) $\dot{m} = 0,0019 \text{ kg/s}$ (c) $\dot{m} = 0,0023 \text{ kg/s}$

4.7. Unjuk Kerja Kolektor Surya

4.7.1. Energi Berguna

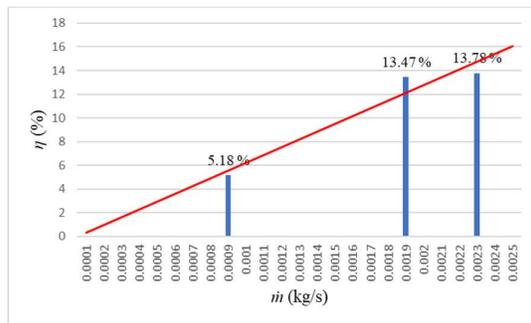
Dari seluruh data terukur dilakukan perhitungan data, didapat bahwa energi berguna ($Q_{(u,a)}$) kolektor surya pelat datar dengan sirip melintang berongga bentuk bujur sangkar disusun *aligned* dengan \dot{m} sebesar 0,0023 kg/s lebih besar dibandingkan dengan \dot{m} sebesar 0,0009 kg/s dan 0,0019 kg/s. Ini disebabkan oleh peningkatan faktor pengali sesuai dengan rumus energi berguna, yang berarti semakin besar \dot{m} , maka faktor pengali akan semakin besar. Hal ini terdapat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Rata-Rata $Q_{(u,a)}$ dengan Variasi Laju Aliran Massa

4.7.2. Efisiensi

Dari data terukur dan energi berguna setiap waktu maka dilakukan perhitungan efisiensi. Terdapat bahwa efisiensi kolektor surya dengan laju aliran massa 0,0023 kg/s lebih besar dibandingkan dengan laju aliran massa total 0,0009 kg/s, dan 0,0019 kg/s. Ini disebabkan oleh hubungan yang sesuai antara faktor energi berguna dan efisiensi sesuai dengan rumus (η), yang menunjukkan bahwa energi berguna meningkat seiring dengan efisiensi. Semakin besar laju aliran massa, maka efisiensinya juga meningkat. Namun, efisiensi akan berkurang seiring dengan peningkatan intensitas radiasi matahari. Grafik ini dapat dilihat di Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Rata-Rata η dengan Variasi Laju Aliran Massa

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang kolektor surya pelat datar dengan sirip melintang berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun sejajar, ditemukan bahwa intensitas radiasi matahari meningkat, memengaruhi peningkatan dan penyebaran temperatur di setiap bagian kolektor surya. Intensitas radiasi matahari tertinggi tercatat pada variasi \dot{m}_3 pada pukul 12:00, mencapai 1206,14 W/m², sementara intensitas terendah terjadi pada variasi \dot{m}_2 pada pukul 12:00, yakni 226,60 W/m². Energi berguna paling tinggi dicapai pada variasi \dot{m}_3 pada pukul 14.00, mencapai 102,81 W, dengan efisiensi tertinggi pada variasi \dot{m}_2 pada pukul 14.30, mencapai 26,55%. Sebaliknya, energi berguna dan efisiensi terendah terjadi pada variasi \dot{m}_1 pada pukul 10.00, hanya 7,23 W dan 1,68%. Rata-rata energi berguna dan efisiensi tertinggi tercatat pada variasi \dot{m}_3 , masing-masing sebesar 77,15 W dan 13,78%.

Daftar Pustaka

- [1] Haslinda, Mahmuddin, & Syafrun, M. (2022). **Peningkatan Efisiensi Thermal Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Penutup Kaca Bersusun Pada Alat Pengering Jagung.** Jurnal Teknik AMATA, 3(2), 105–112. <https://doi.org/10.55334/jtam.v3i2.315>.
- [2] Popovska, S. (2011). **Drying of Agricultural Products With Geothermal Energy.** Geothermal Direct Used, 1(1), 11.
- [3] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2021). **Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda.** Siaran Pers. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/06/18/2560/jadi.satu-satunya.negara.asean.di.g20.indonesia.komitmen.wujudkan.pembangunan.ekonomi.berkelanjutan%0Ahttps://ebtke.esdm.go.id/post/2021/06/02/2871/indonesia.berkomitmen.capai.net.zero.emission>

- [4] Yonanda, A., & Amrizal, D. (2021). **Karakteristik Kolektor Surya Pelat Datar Aliran Spiral Menggunakan Metode Simulasi CFD Characteristics a Spiral Flat Plate Solar Collectors Using CFD Simulation Method.** Open Science and Technology, 01(01), 2776–169. <https://opscitech.com/journal>.
- [5] Sucipta, M., Suardamana, I. M., & Astawa, K. (2010). **Analisis Performa Kolektor Surya Pelat Bersirip Dengan Variasi Luasan Permukaan Sirip.** 4(2), 88–92.
- [6] Al-Aloosi, W., Alaiwi, Y., & Hamzah, H. (2023). **Thermal performance analysis in a parabolic trough solar collector with a novel design of inserted fins.** Case Studies in Thermal Engineering, 49(August). <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103378>.
- [7] Ahmad, A., Prakash, O., Kausher, R., Kumar, G., Pandey, S., & Hasnain, S. M. M. (2024). **Parabolic trough solar collectors: A sustainable and efficient energy source.** Materials Science for Energy Technologies, 7(July 2023), 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2023.08.002>.
- [8] Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2017). **Fundamental of Heat and Mass Transfer 8th Edition.**

	Ahmad Husein Alhafidz Menempuh studi S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, mulai pada tahun 2020, dan telah menyelesaikannya pada tahun 2024.
Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi.	
	Ketut Astawa, menyelesaikan studi S1 di Universitas udayana, dan melanjutkan pendidikan S2 di Universitas Brawijaya dan memperoleh gelar magister di bidang konversi energi pada tahun 2006.
	Made Sucipta menyelesaikan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 1998, melanjutkan pendidikan S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan menyelesaikan studi pada tahun 2001, dan melanjutkan studi S3 di Shibaura Institute of Technology. Made Sucipta memiliki konsentrasi ilmu dalam teknologi hidrogen.