

ANALISIS PERFORMA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR DENGAN SIRIP MELINTANG BERONGGA DISUSUN *ALIGNED* MENGGUNAKAN ALIRAN *IMPINGING JET*

Zefanya Farel Tulak, Ketut Astawa, Made Sucipta*

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Peran yang sangat vital dari energi terbarukan, khususnya energi surya, dalam kehidupan manusia tidak dapat dipandang remeh. Salah satu aplikasi yang mencolok adalah dalam sektor pertanian sebagai sumber tenaga untuk proses pengeringan hasil panen. Untuk meningkatkan efektivitas pengeringan menggunakan energi surya, diperlukan alat yang dikenal sebagai kolektor surya. Kolektor ini berfungsi sebagai penyerap radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi panas dan disalurkan ke fluida kerja. Untuk memaksimalkan transfer panas ke fluida kerja, dilengkapi dengan sirip pada kolektor surya untuk meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap panas yang terperangkap di dalamnya. Penelitian mengenai kolektor surya ini melibatkan penambahan sirip berongga berbentuk bujur sangkar dengan diameter yang lebih kecil, yang ditempatkan di dalamnya, yang memiliki lubang-lubang berbentuk bujur sangkar dan disusun secara sejajar menggunakan aliran impinging jet. Untuk meningkatkan performa kolektor surya, dilakukan variasi laju aliran massa pada suhu 32 °C sebesar 0,0009; 0,0019; dan 0,0023 kg/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kolektor surya dengan sirip berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun secara sejajar menggunakan aliran impinging jet menghasilkan peningkatan dan penyebaran suhu di setiap bagian kolektor surya. Energi berguna tertinggi dicapai pada variasi laju aliran massa sebesar 0,0023 kg/s, dengan jumlah mencapai 67,58 W pada pukul 13.30 dan efisiensi tertinggi tercatat pada pukul 14.00 sebesar 10,02%. Sementara itu, energi berguna terendah terjadi pada variasi laju aliran massa sebesar 0,0009 kg/s sebesar 3,23 W pada pukul 10.00, dan efisiensi terendah terjadi pada variasi laju aliran massa sebesar 0,0019 kg/s pada pukul 10.00 sebesar 1,70%.

Kata kunci: Energi berguna, Efisiensi, Sirip berongga, *Aligned*, *Impinging Jet*, Berongga diameter mengecil.

Abstract

The crucial role of renewable energy, particularly solar energy, in human life cannot be underestimated. One notable application is in the agricultural sector as a source of power for crop drying processes. To enhance the effectiveness of solar drying, a device known as a solar collector is required. This collector functions as an absorber of solar radiation, which is then converted into heat energy and transferred to a working fluid. To maximize heat transfer to the working fluid, fins are added to the solar collector to increase its capacity in absorbing trapped heat. Research on these solar collectors involves the addition of hollow fins in the form of square-shaped triangles with smaller diameters, placed inside, arranged in parallel using an impinging jet flow. To enhance the performance of the solar collector, variations in mass flow rates at a temperature of 32 °C are applied, namely 0.0009; 0.0019; and 0.0023 kg/s. The research results indicate that the use of solar collectors with hollow square-shaped fins arranged in parallel using an impinging jet flow leads to an increase and distribution of temperature across each component of the solar collector. The highest useful energy is achieved at a mass flow rate variation of 0.0023 kg/s, with a value of 67.58 W at 13:30, and the highest efficiency is recorded at 14:00 at 10.02%. Meanwhile, the lowest useful energy is observed at a mass flow rate variation of 0.0009 kg/s, with a value of 3.23 W at 10:00, and the lowest efficiency is observed at a mass flow rate variation of 0.0019 kg/s at 10:00, at 1.70%.

Keywords: Useful energy, Efficiency, Hollow fin, *Aligned*, *Impinging Jet*, Hollow reduced diameter.

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, energi terbarukan, terutama energi surya, telah menjadi sangat penting dalam kehidupan manusia. Salah satu manfaatnya adalah dalam mengurangi dampak pemanasan global dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Contoh pemanfaatannya dapat ditemukan dalam sektor pertanian. Proses pengolahan hasil pertanian pascapanen memiliki peran sentral dalam kehidupan masyarakat Indonesia dan juga memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian negara. Dalam sektor pertanian, energi surya dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pengeringan hasil panen.

Penggunaan energi surya dalam pengeringan pascapanen bertujuan untuk mengurangi kadar air produk sampai mencapai batas aman agar dapat

disimpan dengan baik. Proses pengeringan produk pertanian ini melibatkan kontak langsung dengan udara hangat pada suhu yang relatif rendah, berkisar antara 35 hingga 80 °C, dengan target penurunan kadar air sebesar 6-10% [1]. Namun, dalam praktiknya, pengeringan dengan metode ini masih memiliki kekurangan karena cenderung mengurangi kualitas hasil panen akibat pencampuran dengan debu dan kotoran [2]. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efektivitas pengeringan pascapanen dengan menggunakan energi matahari, diperlukan pengembangan alat yang mampu mempercepat proses pengeringan sambil menjaga kualitas hasil panen. Salah satu solusi yang diharapkan adalah melalui penggunaan pengumpul panas atau kolektor surya.

Kolektor surya adalah sebuah perangkat perpindahan panas yang menghasilkan energi termal

dengan menggunakan radiasi matahari sebagai sumber energi utama [3]. Secara keseluruhan, kolektor surya umumnya tersedia dalam berbagai jenis, tetapi yang paling umum yaitu jenis pelat datar.

Fungsi dasar kolektor surya dimulai dengan proses penyerapan radiasi matahari oleh absorber. Selanjutnya, panas yang dihasilkan dialirkan ke fluida kerja untuk penggunaan lebih lanjut [4]. Absorber digunakan untuk menyerap energi radiasi surya yang telah mencapai permukaan absorber dengan efisiensi maksimum, kemudian energi tersebut dipindahkan ke fluida. Kolektor surya pelat datar memiliki dua aliran fluida, yaitu aliran di atas absorber dan aliran di bawah absorber. Aliran fluida di atas absorber memiliki kekurangan yaitu dapat menyebabkan kehilangan panas konvektif ke lingkungan melalui kaca. Sedangkan aliran di bawah absorber belum maksimal karena panas yang terserap tidak merata ke fluida [5]. Untuk meminimalisir kekurangan aliran di bawah absorber tersebut, maka perlu ditambahkan sirip.

Penggunaan sirip berbentuk segitiga yang dipasang secara sejajar pada penelitian sebelumnya telah memengaruhi kinerja kolektor surya pelat datar [6]. Tetapi pada penelitian tersebut belum maksimal dikarenakan sirip berbentuk segitiga belum bisa mendistribusikan kalor dari pelat absorber ke bagian bawah kolektor surya.

Penambahan sirip pada kolektor surya berfungsi untuk memaksimalkan dalam menangkap panas yang terjebak dalam kolektor surya (Astawa & Tenaya, 2022). Terdapat dua posisi dalam peletakan sirip pada kolektor surya yaitu searah dengan fluida dan secara melintang. Penggunaan sirip dengan posisi searah dengan fluida menyebabkan konveksi tidak sempurna karena fluida akan mudah lewat atau tidak terhambat sehingga panas yang diserap fluida tidak maksimal untuk kolektor yang pendek. Sedangkan dengan posisi melintang, fluida yang lewat akan terhambat dan panas yang terperangkap dapat diserap dengan maksimal [7].

Sirip melintang pada aliran bawah absorber dapat ditambahkan sampai menyentuh pelat bawah, sehingga disamping panas dari absorber dipindahkan ke fluida juga akan terjadi konduksi panas ke pelat bawah. Untuk aliran fluida, maka sirip itu diberikan laluan untuk aliran fluida yang berbentuk bujur sangkar. Model laluan ini dapat dibuat dengan diameter yang mengecil berfungsi sebagai nosel sehingga aliran fluida mengenai permukaan sirip, menghasilkan aliran impinging jet. Impinging jet itu sendiri adalah proses perpindahan panas di mana aliran fluida dialirkan melalui lubang menuju permukaan datar dengan sudut tertentu yang memiliki perbedaan temperatur [8].

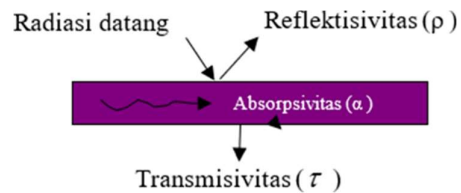
Dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian kali ini akan memodifikasi sirip dengan posisi melintang dan bentuk lubang yang bertujuan mengetahui pengaruh penambahan sirip berongga berbentuk bujur sangkar secara aligned yang diharapkan pemanfaatan dan perpindahan panas yang

terjadi di dalam kolektor surya bisa lebih maksimal dan juga dapat meningkatkan unjuk kerja yang dihasilkan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana penyebaran suhu, transfer panas, dan kinerja efisiensi pada kolektor surya pelat datar yang diperbaiki dengan sirip berongga berbentuk bujur sangkar, yang diposisikan secara sejajar menggunakan aliran *impinging jet*.

2. Dasar Teori

Radiasi matahari merupakan energi yang dipancarkan oleh matahari dalam bentuk sinar dan panas, yang telah ada sejak awal terbentuknya kehidupan. Kehidupan di Bumi tidak dapat terjadi tanpa kehadiran energi surya ini. Pada radiasi surya akan mengalami tiga proses radiasi ketika mengenai permukaan, yaitu pemantulan (reflection), penyerapan (absorption), dan transmisi (transmission), seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 1. Radiasi Surya

Radiasi matahari diukur menggunakan *pyranometer* dengan *sensitivity* sebesar $13,68 \mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$ dan dibaca menggunakan *Multimeter*. Dari data tersebut bisa dihitung intensitas radiasi matahari sebagai berikut.

$$I_T = \frac{U_{emf}}{s} = \frac{\mu\text{V}}{\text{W}/\text{m}^2} \quad (1)$$

Impinging jet adalah proses perpindahan panas di mana aliran fluida dialirkan melalui lubang menuju permukaan datar dengan sudut tertentu yang memiliki perbedaan temperatur [8]. Aliran ini dapat memaksimalkan perpindahan panas konveksi antara fluida dengan permukaan karena turbulensi yang terjadi karena benturan dengan permukaan. *Impinging jet* dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja kolektor surya pelat datar, yaitu alat yang menyerap panas radiasi dan memindahkan panas yang terserap ke fluida kerja.

Laju aliran massa adalah konsep penting dalam berbagai aplikasi teknik dan ilmu pengetahuan, dan dapat mempengaruhi efisiensi dan kinerja sistem [9]. Laju aliran massa merupakan parameter penting dalam mekanika fluida yang menggambarkan seberapa cepat massa fluida bergerak melalui suatu penampang lintasan. Persamaan laju aliran massa yang dipakai adalah [9]:

$$\dot{m} = \rho V A \quad (2)$$

Perhitungan energi yang terserap atau energi yang bermanfaat bagi kolektor surya [10] dapat digunakan persamaan:

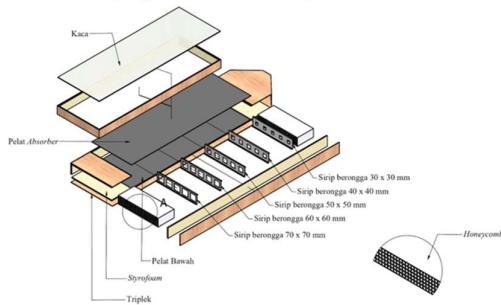
$$q_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_o - T_i) \quad (3)$$

Efisiensi kolektor adalah perbandingan antara jumlah panas yang diserap oleh fluida kerja dengan intensitas matahari yang mencapai kolektor. Lebih lanjut, efisiensi ini juga bisa dijelaskan sebagai rasio antara manfaat yang diperoleh dalam jangka waktu tertentu dengan energi matahari yang diterima dalam rentang waktu yang sama [10] dengan persamaan :

$$\eta = \frac{Q_u}{I_T A_c} \times 100 = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)}{I_T A_c} \times 100 \quad (4)$$

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang melibatkan proses penyusunan dan evaluasi berbagai jenis bahan yang terlibat. Eksperimental dimulai dengan tahap perancangan dan produksi kolektor surya pelat datar yang menggunakan sirip melintang dengan lubang berbentuk bujur sangkar berdiameter mengecil dengan aliran *impinging jet* secara aligned dibawah pelat *absorber*. Kemudian dipasang alat ukur pada titik-titik tertentu kolektor, lalu divariasikan kecepatan udara sebesar 0,4; 0,8; 1,0 m/s yang masing-masing berkorelasi dengan laju aliran massa 0,0009; 0,0019; 0,0023 kg/s pada suhu 32 °C. Untuk konstruksi dari kolektor surya pelat datar sebagai berikut.

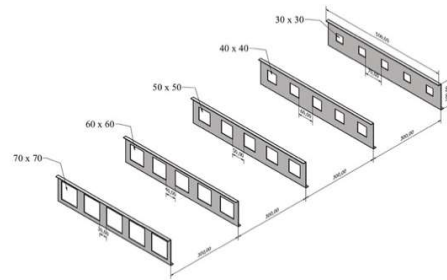


Gambar 2. Konstruksi Kolektor Surya Pelat Datar

Prinsip kerja dalam penelitian ini melibatkan beberapa komponen, dimulai dengan penghisapan udara lingkungan menggunakan blower, yang kemudian akan masuk dan disebar oleh honeycomb. Aliran udara ini akan bertabrakan dengan sirip-sirip yang menghalangi arah aliran. Penambahan sirip melintang berongga disusun *aligned* bertujuan untuk meningkatkan luas bidang penyerapan, sehingga aliran fluida akan mengalami perpindahan panas baik melalui konveksi maupun konduksi. Hal ini membuat aliran fluida yang keluar dari kolektor menjadi lebih panas. Dengan ukuran lubang yang mengecil akan berfungsi sebagai nosel yang menghasilkan aliran *impinging jet* diharapkan fluida yang melewati lubang sirip dengan diameter besar ke kecil menyerap panas lebih lama agar suhu yang dihasilkan akan lebih tinggi.

Menggunakan sirip berbentuk bujur sangkar yang melintang ditambahkan pada Kolektor surya pelat datar yang disusun dengan aliran yang sejajar. sebanyak lima baris. Panjang sirip adalah 500 mm dan lebarnya adalah 100 mm. Lubang pada masing-masing sirip berbentuk bujur sangkar dengan diameter yang

bervariasi, yaitu 70 x 70 mm, 60 x 60 mm, 50 x 50 mm, 40 x 40 mm, dan 30 x 30 mm. Desain ini dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3. Konstruksi sirip berongga dengan lubang berbentuk bujur sangkar

Penentuan kecepatan udara bisa didapatkan 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.

Tabel 1. Perhitungan Kecepatan Udara

Luas penampang	Massa Jenis	m	V
0,0020258 m ²	1,2 kg/m ³	0,0009 kg/s	0,4 m/s
0,0020258 m ²	1,2 kg/m ³	0,0019 kg/s	0,8 m/s
0,0020258 m ²	1,2 kg/m ³	0,0023 kg/s	1,0 m/s

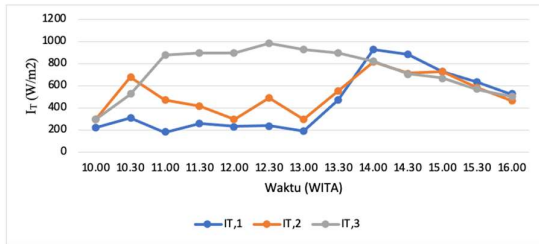
Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan udara saat memasuki kolektor. Pengukuran suhu dilakukan pada bagian pelat *absorber*, pelat bawah, sirip berongga, kaca, lingkungan, dan udara yang mengalir menggunakan *thermocouple*, yang dipasang pada tiga titik pengujian masing-masing, yaitu mulai dari jarak 0,15 m, 0,75 m, dan 1,35 m. Pemasangan alat ukur tersebut dapat dilihat di gambar.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian kolektor surya pelat, telah diamati peningkatan intensitas radiasi matahari. Hal ini berdampak pada peningkatan dan penyebaran suhu di semua titik pemasangan sensor suhu.

4.1. Intensitas Radiasi Matahari

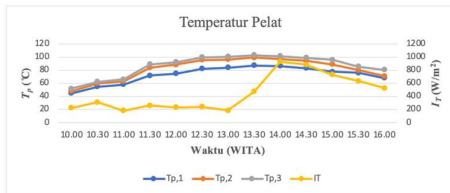
Pengambilan data Intensitas radiasi matahari dilakukan setiap kali data diambil dari masing-masing variasi pada kolektor surya. Pada gambar dibawah, terdapat $I_{T,1}$ hingga $I_{T,3}$ di mana $I_{T,1}$ mewakili intensitas matahari pada tanggal 23 Maret 2024 pada variasi laju aliran massa 0,0009 kg/s, $I_{T,2}$ yang mewakili intensitas radiasi matahari pada tanggal 25 Maret 2024 pada variasi laju aliran massa sebesar 0,0019 kg/s, dan $I_{T,3}$ mewakili intensitas radiasi matahari pada tanggal 26 Maret 2024 pada variasi laju aliran massa sebesar 0,0023 kg/s.



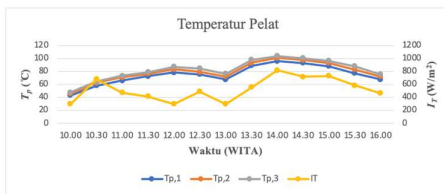
Gambar 4. Perbandingan I_r Dengan Waktu Pada Setiap Variasi

4.2. Distribusi Suhu Pada Pelat Absorber

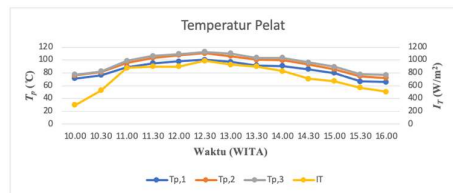
Dalam pengambilan data pada temperatur pelat atas (T_p) suhu akan mengikuti dengan grafik dari intensitas radiasi. Sensor $T_{p,1}$ terletak di depan kolektor surya dimana fluida masuk, kemudian ada sensor $T_{p,2}$ yang berada di tengah kolektor, dan sensor $T_{p,3}$ dekat saluran keluar fluida. Temperatur pelat atas cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di tempat lain karena pelat tersebut langsung terpapar radiasi matahari.



Distribusi T_p dengan $\dot{m} = 0,0009$ kg/s



Distribusi T_p dengan $\dot{m} = 0,0019$ kg/s

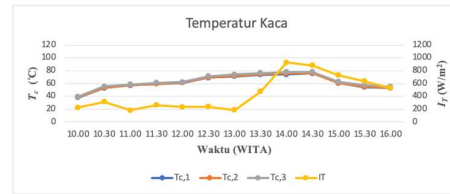


Distribusi T_p dengan $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

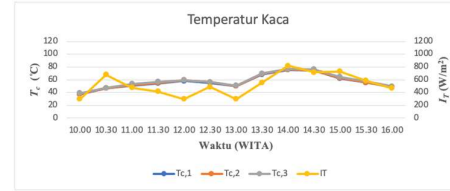
Gambar 5. Distribusi Suhu Pada Pelat Absorber

4.3. Distribusi Suhu Pada Kaca

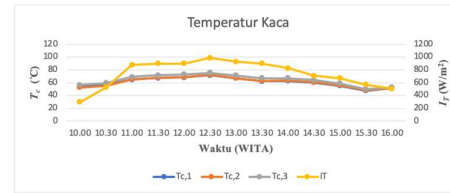
Radiasi matahari akan melewati kaca terlebih dahulu sebelum ditangkap oleh pelat absorber. Terdapat sensor $T_{c,1}$ yang bertempat sejajar dengan saluran masuk, lalu ada sensor $T_{c,2}$ yang berada di tengah kaca, dan sensor $T_{c,3}$ berada sejajar dengan saluran keluar fluida



Distribusi T_c dengan $\dot{m} = 0,0009$ kg/s



Distribusi T_c dengan variasi $\dot{m} = 0,0019$ kg/s

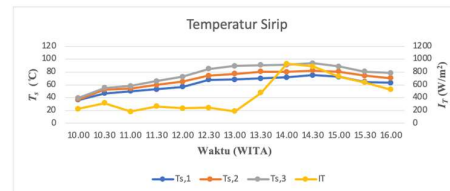


Distribusi T_c dengan $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

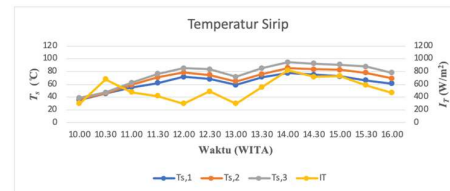
Gambar 6. Distribusi Suhu Pada Kaca

4.4. Distribusi Suhu Pada Sirip

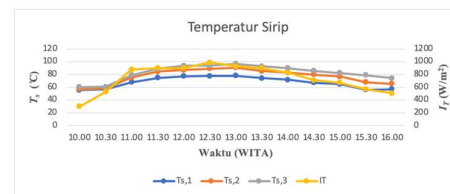
Distribusi suhu pada sirip terjadi secara konduksi dari pelat absorber sampai ke pelat bawah dan juga sirip mengalami perpindahan panas secara konveksi dari aliran fluida di dalam kolektor surya. terdapat sensor $T_{s,1}$ yang berada di sirip pertama dari saluran masuk, lalu terdapat sensor $T_{s,2}$ yang berada di sirip ketiga, dan sensor $T_{s,3}$ berada di sirip kelima dekat saluran keluar fluida.



Distribusi T_s dengan variasi $\dot{m} = 0,0009$ kg/s



Distribusi T_s dengan $\dot{m} = 0,0019$ kg/s

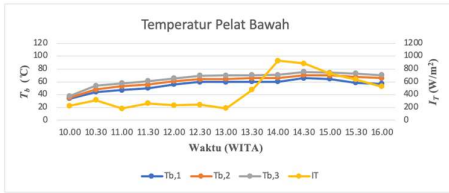


Distribusi T_s dengan $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

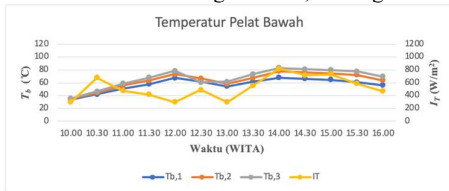
Gambar 7. Distribusi Suhu Pada Sirip

4.5. Distribusi Suhu Pada Pelat Bawah

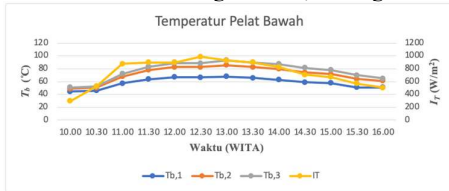
Pada pelat bawah terjadi perpindahan panas konduksi dari sirip dan konveksi dari aliran fluida dalam kolektor. Terdapat sensor $T_{b,1}$ yang bertempat di depan kolektor surya tempat masuk fluida, lalu ada sensor $T_{b,2}$ yang tepat berada di tengah kolektor, dan sensor $T_{b,3}$ berada dekat saluran keluar fluida.



Distribusi T_b dengan $\dot{m} = 0,0009$ kg/s



Distribusi T_b dengan $\dot{m} = 0,0019$ kg/s

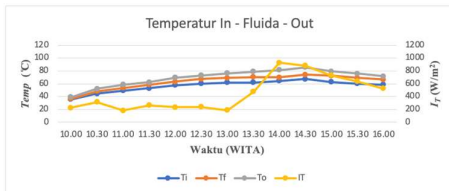


Distribusi T_b dengan $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

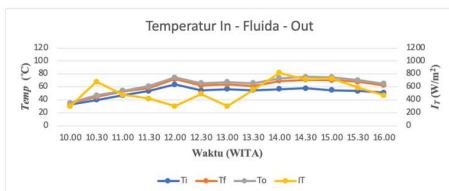
Gambar 8. Distribusi Suhu Pada Pelat Bawah

4.7. Distribusi Suhu Pada Aliran Fluida

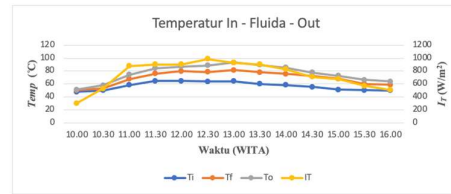
Dalam kolektor surya, aliran fluida mengalami perpindahan panas konveksi dari sirip, pelat *absorber*, dan pelat bawah. Terdapat sensor *temperature in* (T_i) yang bertempat di saluran masuk fluida dekat *honeycomb*, lalu ada sensor temperatur fluida (T_j) yang berada di antara sirip kedua dan ketiga tepat di tengah kolektor, dan sensor *temperature out* (T_o) berada di saluran keluar fluida.



Distribusi aliran fluida dengan $\dot{m} = 0,0009$ kg/s



Distribusi aliran fluida dengan $\dot{m} = 0,0019$ kg/s

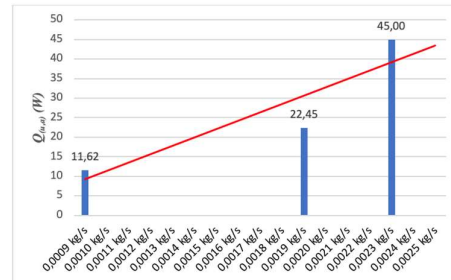


Distribusi aliran fluida dengan $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

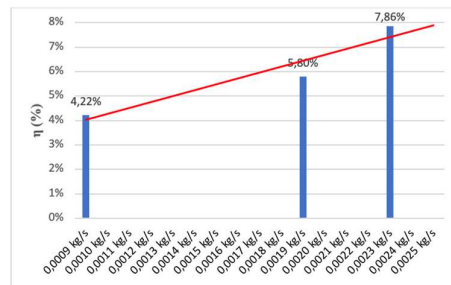
Gambar 9. Distribusi Suhu Pada Aliran Fluida

4.8. Rata-Rata Perhitungan Energi Berguna dan Efisiensi Pada Kolektor

Dengan perhitungan dari data pada pengujian di $\dot{m} = 0.0009$ kg/s; 0.0019 kg/s; 0.0023 kg/s didapat rata-rata energi berguna dan efisiensi sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik rata-rata $Q_{(u,a)}$ dengan variasi laju aliran massa



Gambar 11. Grafik rata-rata efisiensi dengan variasi laju aliran massa

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi berguna dan efisiensi yang diperoleh dari kolektor surya pelat datar dengan sirip berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun secara sejajar menggunakan aliran impinging jet, dengan variasi laju aliran massa (\dot{m}) sebesar 0,0023 kg/s, lebih tinggi dibandingkan dengan variasi laju aliran massa 0,0009 kg/s, dan 0,0019 kg/s. Kenaikan ini disebabkan oleh korelasi yang sebanding lurus antara energi berguna ($Q_{(u,a)}$) dan efisiensi (η), di mana semakin tinggi laju aliran massa, semakin tinggi juga energi berguna dan efisiensi kolektor surya. Sebagai hasilnya, efisiensinya meningkat. Efisiensi juga berbanding terbalik dengan Intensitas Matahari (I_T), semakin besar intensitas matahari maka semakin kecil efisiensinya.

5. Kesimpulan

Hasil evaluasi dari pengujian kolektor surya pelat datar yang dilengkapi dengan sirip berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun sejajar

menggunakan aliran impinging jet menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dalam penyebaran suhu temperatur di setiap bagian kolektor surya sebagai akibat dari peningkatan intensitas radiasi matahari. Intensitas radiasi matahari mencapai puncaknya pada variasi \dot{m}_3 pada pukul 12.30 WITA, mencapai 986,84 W/m², sementara intensitas terendah tercatat pada variasi \dot{m}_1 pada pukul 13.00 WITA, sebesar 190,06 W/m². Energi berguna tertinggi dicapai pada variasi \dot{m}_3 , dengan jumlah mencapai 67,58 W pada pukul 13.30 WITA, sementara efisiensi tertinggi tercatat pada variasi \dot{m}_3 , mencapai 10,02% pada pukul 14.00 WITA. Di sisi lain, pada variasi \dot{m}_1 tercatat energi berguna terendah sebesar 3,23 W pada pukul 10.00 WITA, dan efisiensi terendah terjadi pada variasi \dot{m}_2 sebesar 1,70% pada pukul 10.00 WITA. Rata-rata energi berguna dan efisiensi keseluruhan ditemukan pada variasi \dot{m}_3 , dengan nilai masing-masing sebesar 45,00 W dan 7,86%.

Daftar Pustaka

- [1] Popovska, S. (2011). **Drying of Agricultural Products With Geothermal Energy**. *Geothermal Direct Used*, 1(1), 11,
- [2] Tando, A., Himran, S., Magister, M., Mesin, T., Pascasarjana, P., Mesin, D. T., Teknik, F., & Indonesia, U. M. (2021). **Analisis Unjuk Kerja Alat Pengereng Gabah Menggunakan Kolektor Surya Pelat Datar dan Pelat Bergelombang**. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 1–7.
- [3] Sucipta, M., Astawa, K., & Dharmawan, A. A. K. A. (2012). **Performansi Kolektor Surya Tubular Terkonsentrasi Dengan Pipa Penyerap Dibentuk Anulus Dengan Variasi Posisi Pipa Penyerap**. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 5(1), 1–6.
- [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.
- [5] Mone, K., Jafri, M., & Tarigan, B. V. (2014). **Analisis Efisiensi Kolektor Surya Pelat Gelombang V Terhadap Variasi Tinggi Gelombang dan Tipe Aliran Udara**. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin ...*, 01(01), 51–54.
- [6] Astawa, K., & Suarnadwipa, I. N. (2016). **Pengaruh Penempatan Sirip Berbentuk Segitiga Yang Dipasang Secara Aligned Dan Staggered Terhadap Performansi Kolektor Surya Pelat Datar**. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 8(2), 189–196.
- [7] 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), 103378.

- [8] Astawa, K., & Tenaya, I. G. N. P. (2022). **Analisis performansi kolektor surya pelat datar dengan diameter lubang sirip berbeda sebagai impinging jet**. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 14(2), 49.
- [9] Dewantara, D. (2019). **Analisa Dan Perhitungan Laju Aliran Massa Air**. 08(2), 25–30.
- [10] Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2020). **Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind Emeritus 5th edt (Vol. 5)**.

	<p>Zefanya Farel Tulak Menempuh studi S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, mulai pada tahun 2020, dan telah menyelesaikannya pada tahun 2024.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi.</p>	

	<p>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.</p>
--	---

	<p>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.</p>
--	---