

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

Agil Yanuar Juliarto, Ketut Astawa, Made Sucipta*

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Letak geografis yang memengaruhi jalannya matahari membuat Indonesia mengalami iklim tropis yang menghasilkan penerimaan radiasi surya hampir sepanjang tahun. Salah satu tujuan dari pemanfaatan energi surya adalah untuk pengeringan. Meskipun pengeringan alami sering digunakan, namun hasil penjemuran alami kurang efektif karena terjadi di lahan terbuka dan terpengaruh oleh perubahan cuaca yang dapat menghambat pengeringan hasil panen dan meningkatkan risiko kontaminasi dengan zat kimia, debu, dan kotoran. Oleh karena itu, ada kepentingan untuk memanfaatkan potensi energi surya dengan menggunakan alat kolektor surya yang bertujuan untuk mengumpulkan panas dengan menjaga kebersihan udara panas selama proses pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja dari kolektor surya pelat datar menggunakan aliran bawah *absorber* dengan sirip melintang berongga bentuk bujur sangkar disusun *staggered* dengan metode eksperimental. Eksperimen ini dilakukan untuk mengamati fenomena aliran fluida dan perpindahan panas yang terjadi di dalam kolektor surya. Untuk meningkatkan unjuk kerja kolektor surya akan diberikan variasi dengan variasi laju aliran massa sebesar 0,0009; 0,0019; dan 0,0023 kg/s pada suhu 32°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kolektor surya pelat surya pelat datar dengan sirip melintang berongga bentuk bujur sangkar disusun *staggered* terdapat distribusi suhu dari pantulan kaca hingga pelat bawah kolektor. Fenomena distribusi suhu yang terjadi pada kolektor surya didapatkan bahwa rendahnya laju aliran massa membuat suhu pada bagian kolektor lebih tinggi dibandingkan dengan tingginya laju aliran massa. Energi berguna tertinggi diperoleh pada variasi m_3 dengan energi berguna sebesar 50,45 W dan efisiensi tertinggi sebesar 8,93%. Energi berguna rata-rata dan efisiensi rata-rata berada pada variasi m_3 sebesar 33,47 W dan 5,76%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi laju aliran massa memiliki perbedaan nilai yang signifikan terhadap distribusi suhu pada bagian kolektor, energi berguna, dan efisiensi terhadap unjuk kerja kolektor surya.

Kata kunci: Sirip melintang berongga, Rongga bujur sangkar, *Staggered*, Distribusi suhu, Energi berguna, Efisiensi.

Abstract

The geographical location that affects the course of the sun makes Indonesia experience a tropical climate that results in receiving solar radiation almost all year round. One of the purposes of utilizing solar energy is for drying. Although natural drying is often used, it is less effective as it takes place in open fields and is affected by weather changes that can hinder the drying of crops and increase the risk of contamination with chemicals, dust, and dirt. Therefore, there is an interest to utilize the potential of solar energy by using a solar collector device that aims to collect heat by keeping the hot air clean during the drying process. This study aims to improve the performance of a flat plate solar collector using an underflow absorber with hollow transverse fins of square shape arranged staggered by experimental method. This experiment was conducted to observe the fluid flow and heat transfer phenomena occurring in the solar collector. To improve the performance of the solar collector, variations will be given with a mass flow rate variation of 0.0009; 0.0019; and 0.0023 kg/s at a temperature of 32°C. The results showed that in a flat plate solar collector with hollow transverse fins in the shape of a square arranged staggered there is a temperature distribution from the reflection of the glass to the bottom plate of the collector. The temperature distribution phenomenon that occurs in solar collectors is found that the low mass flow rate makes the temperature in the collector section higher than the high mass flow rate. The highest useful energy was obtained in the m_3 variation with useful energy of 50.45 W and the highest efficiency of 8.93%. The average useful energy and average efficiency are in the m_3 variation of 33.47 W and 5.76%. This shows that the variation in mass flow rate has a significant difference in value to the temperature distribution in the collector section, useful energy, and efficiency of the solar collector performance.

Keywords: Hollow transverse fin, Square cavity, *Staggered*, Temperature distribution, Useful energy, Efficiency.

1. Pendahuluan

Dengan posisi geografis yang mengikuti perjalanan matahari, Indonesia mengalami iklim tropis yang menguntungkan dengan penerimaan radiasi surya hampir sepanjang tahun. Menurut data yang ada, Indonesia memiliki rata-rata intensitas radiasi matahari yang diterima setiap harinya adalah sekitar 4,8 kWh/m² [1]. Penggunaan dan pengembangan energi surya belum mencapai

potensinya jika dibandingkan dengan energi fosil. Maka perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan pemanfaatan energi surya secara maksimal. Energi surya memiliki keunggulan berupa tanpa emisi yang merugikan lingkungan, non-politif, tak terbatas, dan tidak memerlukan pembelian bahan bakar. [2].

Salah satu tujuan dari pemanfaatan energi surya adalah untuk proses pengeringan. Pengeringan adalah

upaya untuk mengurangi kadar air suatu bahan dengan menggunakan energi panas untuk menguapkan kelembaban dari permukaannya [3]. Proses pengeringan dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori. Pertama, pengeringan alami yang terjadi melalui penjemuran langsung di bawah sinar matahari tanpa alat tambahan, yang merupakan metode paling sederhana dengan menggunakan alas sebagai tempat penjemuran. Kedua, pengeringan buatan yang melibatkan penggunaan perangkat untuk mengatur udara yang dipanaskan atau kontak langsung dengan produk yang akan dikeringkan [4]. Metode pengeringan alami umumnya digunakan dalam sektor pertanian atau perkebunan pasca panen. Namun, hasil dari proses penjemuran alami tersebut seringkali tidak optimal karena terbatasnya lahan terbuka dan fluktuasi kondisi cuaca, yang dapat menghambat pengeringan hasil panen serta meningkatkan risiko kontaminasi dengan zat kimia, debu, dan kotoran di area penjemuran yang sederhana.

Oleh sebab itu, pemanfaatan potensi energi surya melalui perangkat seperti kolektor surya menjadi sangat signifikan. Kolektor surya adalah sebuah perangkat yang dirancang untuk menyerap panas dari sinar matahari dan mengalirkannya ke dalam fluida kerja. Saat radiasi matahari mencapai pelat absorber di kolektor surya, sebagian dari energi itu dipantulkan kembali ke lingkungan, sementara sebagian besar diabsorpsi dan diubah menjadi panas. Panas tersebut kemudian dialirkan ke fluida kerja yang mengalir di dalam kolektor surya [3].

Menggunakan sirip pada kolektor surya dapat secara nyata meningkatkan kinerja termalnya, namun desain dan penerapan sirip yang optimal bergantung pada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan [5]. Sirip yang disusun secara melintang sepanjang arah aliran fluida dapat mengurangi kecepatan aliran karena adanya tabrakan antara sirip-sirip, sehingga aliran fluida memiliki lebih banyak waktu untuk menyerap panas dari pelat absorber. Sirip dengan susunan melintang ini biasanya dilengkapi dengan lubang sebagai jalur bagi aliran fluida. Susunan sirip memiliki dampak signifikan terhadap kinerja kolektor surya pelat datar, dan dapat dibagi menjadi dua jenis: *aligned* dan *staggered*. Posisi sirip yang disusun secara *staggered* menyebabkan aliran fluida di dalam kolektor menjadi lebih merata saat melewati sirip-sirip, sehingga jumlah panas yang diserap oleh aliran fluida dalam kolektor menjadi lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan peningkatan suhu keluaran dari kolektor tersebut [6].

Dari penjelasan sebelumnya, modifikasi desain kolektor surya ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi transfer panas dari pelat penyerap ke fluida kerja dengan memanfaatkan sirip melintang berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun secara *staggered*. Hal ini dilakukan untuk meratakan distribusi radiasi surya pada pelat *absorber*. Perbedaan dalam kecepatan udara yang masuk serta

modifikasi ini mempengaruhi pencapaian suhu optimal dan meningkatkan kinerja kolektor surya.

Rumusan masalah dalam penelitian ini mencakup distribusi, laju perpindahan panas, dan efisiensi kolektor surya pelat datar dengan sirip melintang berongga yang disusun secara *staggered*.

2. Dasar Teori

Intensitas radiasi matahari diukur dengan menggunakan *pyranometer* yang memiliki sensitivitas sebesar $13,68 \mu\text{V}/\text{Wm}^2$. Data diambil dengan menggunakan *multimeter*. Berdasarkan data yang terukur ini, intensitas radiasi matahari dapat dihitung sebagai berikut:

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

I_T = Intensitas Radiasi (W/m^2)
 U_{emf} = Tegangan Keluaran (V)
 S = Sensitivitas ($\mu\text{V}/\text{Wm}^2$)

Massa jenis dan kapasitas jenis panas pada laju aliran massa harus ditentukan dengan menggunakan ρ dan c_p yang diinterpolasi dari suhu T_{film} yang berasal dari T_o dan T_i , serta dengan memperhatikan tabel sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer. Hal ini karena suhu memiliki pengaruh terhadap sifat-sifat suatu zat, dan untuk menghitungnya digunakan rumus sebagai berikut:

$$y = y_1 \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (y_2 - y_1) \quad (2)$$

Laju aliran massa adalah parameter untuk mengukur jumlah massa yang melewati suatu titik dalam periode waktu tertentu. Penghitungan laju aliran massa bertujuan untuk menetapkan jumlah massa yang bergerak setiap detiknya, dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kecepatan aliran, jenis aliran, dan area penampang yang dilalui oleh fluida [7]. Laju aliran massa menjadi salah satu parameter penting dalam pengaruh distribusi suhu, perhitungan energi yang berguna dan efisiensi kolektor surya pelat datar. Persamaan laju aliran massa sebagai berikut:

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

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)
 ρ = Massa jenis (kg/m^3)
 V = Kecepatan udara (m/s)
 A = Luas permukaan (m^2)

Dalam mengevaluasi energi yang diserap atau energi yang berguna bagi kolektor perangkat pemanas air tenaga surya [8], persamaan dapat diaplikasikan.:

$$Q_{(u,a)} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_0 - T_1) \quad (4)$$

$Q_{(u,a)}$ = Energi Berguna (W)
 c_p = Kapasitas jenis kalor ($\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)
 T_0 = Suhu masuk ($^\circ\text{C}$)
 T_1 = Suhu keluar ($^\circ\text{C}$)

Efisiensi kolektor merujuk pada perbandingan antara panas yang diserap oleh fluida dan intensitas matahari yang diterima oleh kolektor. Sedangkan efisiensi pengumpulan, yang merupakan rasio antara energi yang berguna yang dihasilkan selama periode waktu tertentu terhadap energi matahari yang

diterima selama periode waktu yang sama, disebut sebagai kinerja kolektor [8] dengan persamaan sebagai berikut:

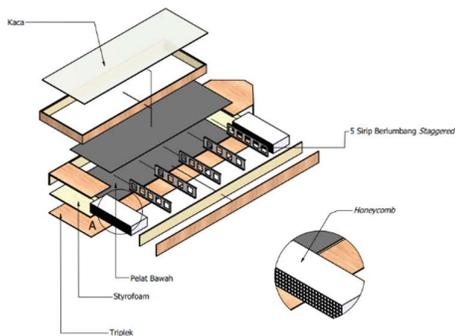
$$\eta = \frac{Q_u}{I_T A_c} = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)}{I_T A_c} \quad (5)$$

η = Efisiensi (%)
 A_c = Luas penampang kolektor (m²)

3. Metode Penelitian

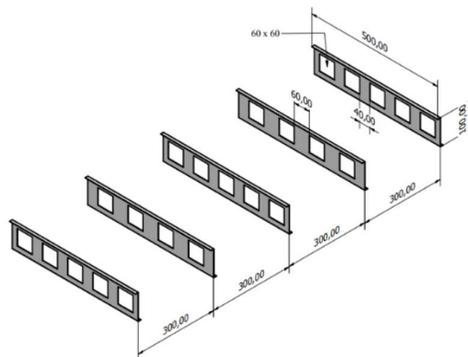
Penelitian ini akan menggunakan metode eksperimental, Rancangan dan produksi kolektor surya pelat datar yang telah dimodifikasi dengan penambahan sirip melintang berongga berbentuk yang ditempatkan secara bergantian di bawah pelat penyerap. Kemudian, alat pengukuran akan dipasang pada titik-titik tertentu pada kolektor untuk mengumpulkan data.

Kolektor surya ini terbagi menjadi dua bagian. Bagian atas berfungsi untuk menyerap radiasi matahari yang masuk melalui kaca dan mengarahkan ke pelat absorber. Sedangkan bagian bawah merupakan ruang aliran fluida, yang terdiri dari pelat absorber atas, pelat bawah, dan sirip berongga yang tersusun secara staggered melintang pada jalur aliran fluida. Konstruksi tersebut dilapisi dengan triplek dan styrofoam. Kolektor yang dirancang terdapat pada Gambar 1 memiliki volume sebesar 0,15 x 10³ m³ dengan dimensi lebar 0,5 m, panjang 1,5 m, dan tinggi 0,2 m. Bagian pelat absorber, pelat bawah, dan sirip berlubang menggunakan pelat besi berketebalan 0,2x10⁻² m. Kaca yang digunakan adalah kaca transparan dengan ketebalan 0,5x10⁻² m. Semua bagian kolektor kecuali kaca dilapisi dengan insulasi yang terdiri dari styrofoam dengan ketebalan 0,1x10⁻¹ m dan triplek dengan ketebalan 0,4x10⁻² m.



Gambar 1. Konstruksi kolektor surya pelat datar

Dalam penelitian ini, Panjang setiap sirip adalah 0.5 m dan lebarnya adalah 0,1 m. Setiap sirip bujur sangkar memiliki rongga dengan diameter yang sama, terdiri dari 5 baris dengan ukuran 0,6x10⁻¹ m. Terdapat jarak 0,4 x 10⁻¹ m antara rongga untuk 3 sirip yang memiliki 5 rongga, dan jarak 0,6 x 10⁻¹ m untuk 2 sirip yang memiliki 4 rongga. Konstruksi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konstruksi sirip berongga berbentuk bujur sangkar

Dalam penelitian ini, variasi kecepatan udara disesuaikan dengan laju aliran massa yang memiliki korelasi dengan suhu awal yang tetap pada 32 °C. Perhitungan kecepatan udara dapat dilakukan menggunakan persamaan (3) dengan mempertimbangkan beberapa parameter, antara lain massa jenis udara sebesar 1,2 kg/m³ pada suhu 32 °C, luas penampang yang dilalui oleh fluida pada pipa sebesar 0,0020258 m², dan laju aliran massa seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Kecepatan Udara

Luas penampang	Massa Jenis	\dot{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	1,00 m/s

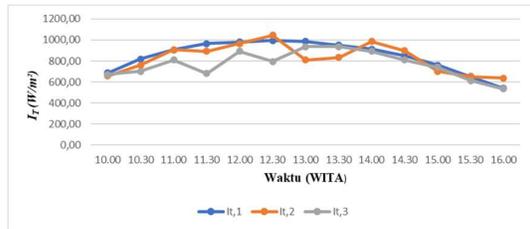
Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan udara di saluran udara keluar kolektor. Untuk mengukur temperatur keseluruhan kolektor surya, Sensor DS18B20 dipasang pada tiga titik pengujian, yakni pada jarak 0,15 m, 0,75 m, dan 1,35 m dari awal.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan penelitian dan mengumpulkan data yang dibutuhkan, data tersebut kemudian diolah agar dapat disajikan dalam bentuk grafik dan tabel yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

4.1. Intensitas Radiasi Matahari

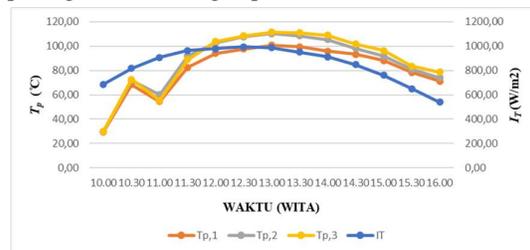
Pengambilan data intensitas radiasi matahari dilakukan pada setiap tahap pengambilan data dari setiap variasi pada kolektor surya. Pada Gambar 4 terdapat $I_{T,1}-I_{T,3}$ dimana $I_{T,1}$ adalah intensitas radiasi matahari di tanggal 19 Maret 2024 dengan variasi laju aliran massa sebesar 0,0009 kg/s, $I_{T,2}$ adalah intensitas radiasi matahari pada tanggal 20 Maret 2024 dengan laju aliran massa sebesar 0,0019 kg/s, dan $I_{T,3}$ adalah intensitas radiasi matahari pada tanggal 22 Maret 2024 dengan variasi laju aliran massa sebesar 0,0023 kg/s.



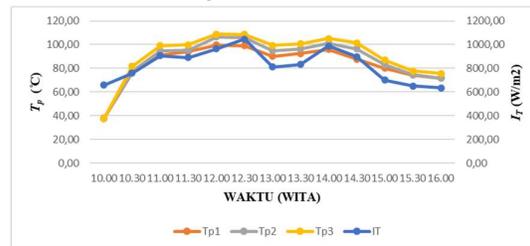
Gambar 4. Perbandingan I_T dengan waktu pada setiap variasi

4.2. Distribusi Suhu pada Pelat Absorber

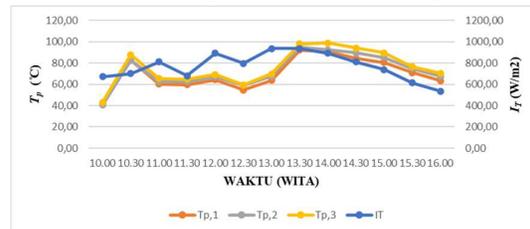
Pelat absorber berfungsi sebagai penyerap dan mengumpulkan panas energi surya. Dalam pengambilan data pada temperatur pelat absorber (T_p). Terdapat sensor temperatur pelat absorber titik masuk ($T_{p,1}$) yang bertempat di depan kolektor surya tempat masuk fluida, lalu ada sensor temperatur pelat absorber titik tengah ($T_{p,2}$) pada kolektor, dan sensor temperatur pelat absorber keluar ($T_{p,3}$) berada dekat saluran keluar fluida. Menurut hasil analisa bahwa laju aliran massa terlalu tinggi, maka efisiensi termal kolektor surya dapat menurun karena peningkatan kehilangan panas melalui konveksi.



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



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



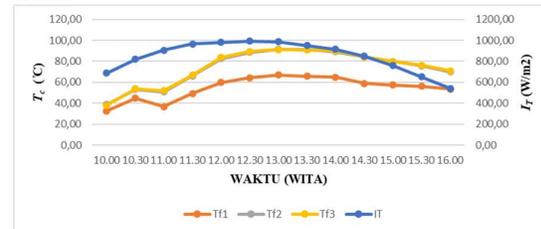
Distribusi T_p variasi $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

Gambar 5. Distribusi Suhu pada Pelat Absorber

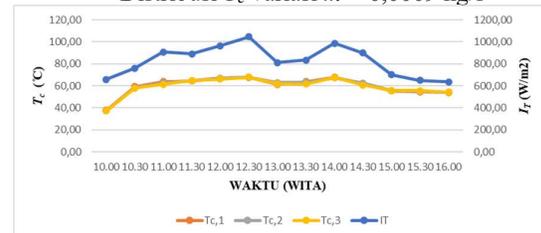
4.3. Distribusi Suhu pada Kaca

Kaca berfungsi sebagai penahan dan meminimalkan kehilangan radiasi ke lingkungan pada pelat absorber. Saat mengambil data pada temperatur kaca (T_c). Terdapat tiga sensor temperatur

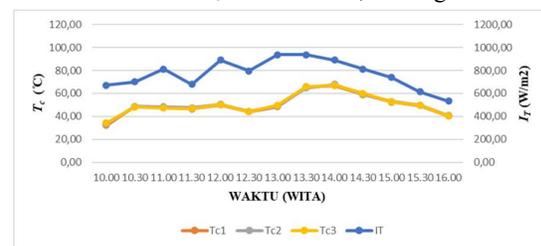
kaca yang digunakan: sensor temperatur kaca pada titik masuk ($T_{c,1}$) yang sejajar dengan saluran masuk, sensor temperatur kaca titik tengah ($T_{c,2}$) yang terletak di tengah kaca, dan sensor temperatur kaca titik keluar ($T_{c,3}$) yang sejajar dengan saluran keluar fluida



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



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

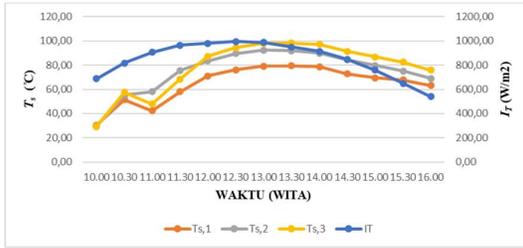


Distribusi T_c variasi $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

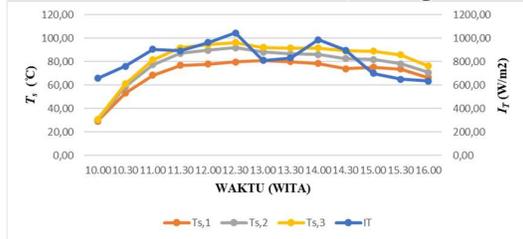
Gambar 6. Distribusi Suhu pada Kaca

4.4. Distribusi Suhu pada Sirip

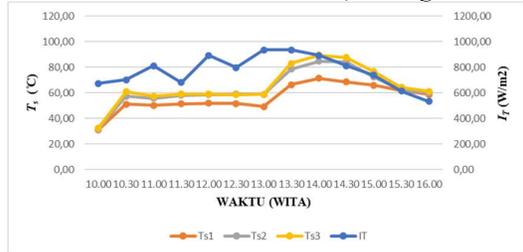
Distribusi panas pada sirip terjadi melalui konduksi dari pelat absorber hingga ke pelat bawah dan Sirip berfungsi sebagai tempat penghambat aliran fluida agar memaksimalkan perpindahan panas konveksi. Dalam pengambilan data pada temperatur sirip (T_s) terdapat sensor temperatur sirip titik masuk ($T_{s,1}$) yang bertempat di sirip pertama dari saluran masuk, lalu ada sensor temperatur sirip titik tengah ($T_{s,2}$) yang berada di sirip ketiga, dan sensor temperature titik keluar ($T_{s,3}$) berada di sirip kelima dekat saluran keluar fluida.



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



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

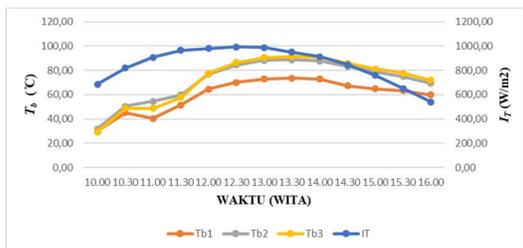


Distribusi T_s variasi $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

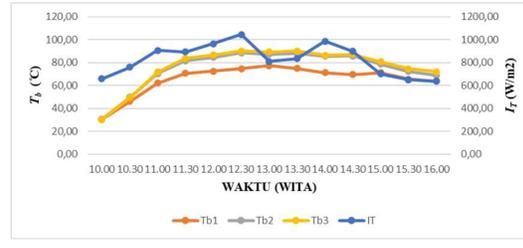
Gambar 7. Distribusi Suhu pada Sirip

4.5 Distribusi Suhu pada Pelat Bawah

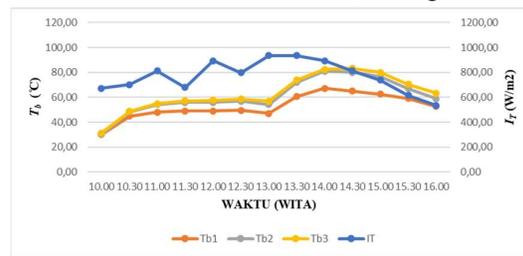
Suhu pada pelat sirip akan mengalami konduksi hingga mencapai bagian pelat bawah. Dalam proses pengambilan data pada temperatur pelat bawah (T_b), terdapat tiga sensor temperatur yang digunakan: sensor temperatur pelat bawah pada titik masuk ($T_{b,1}$) yang terletak di depan kolektor surya di tempat masuk fluida, sensor temperatur pelat bawah pada titik tengah ($T_{b,2}$) yang tepat berada di tengah kolektor, dan sensor temperatur pelat bawah pada titik keluar ($T_{b,3}$) yang dekat dengan saluran keluar fluida.



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



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

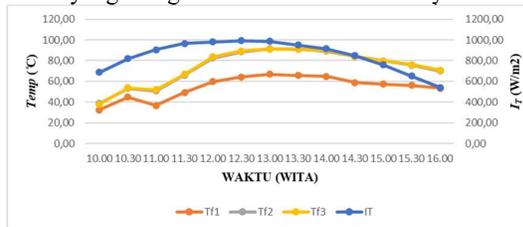


Distribusi T_b variasi $\dot{m} = 0,0023$ kg/s

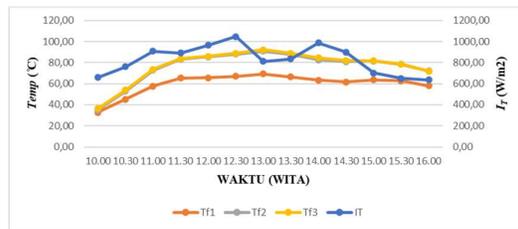
Gambar 8. Distribusi Suhu pada Pelat Bawah

4.6 Distribusi Suhu pada Aliran Fluida

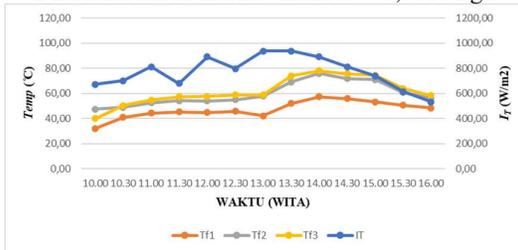
Ada tiga sensor suhu fluida yang digunakan dalam sistem ini. Sensor suhu fluida pada titik masuk ($T_{f,1}$) terletak di saluran masuk fluida di antara *honeycomb* dan sirip pertama. Kemudian, sensor suhu fluida pada titik tengah ($T_{f,2}$) berada di antara sirip kedua dan ketiga, tepat di tengah kolektor. Terakhir, sensor suhu fluida pada titik keluar ($T_{f,3}$) terletak di saluran keluar fluida. Suhu fluida di saluran keluar cenderung lebih tinggi daripada suhu fluida yang memasuki kolektor surya karena adanya perpindahan panas melalui konduksi melalui pelat absorber, sirip, dan pelat bawah. Proses ini diikuti dengan perpindahan panas secara konveksi dengan fluida yang mengalir di dalam kolektor surya.



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



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



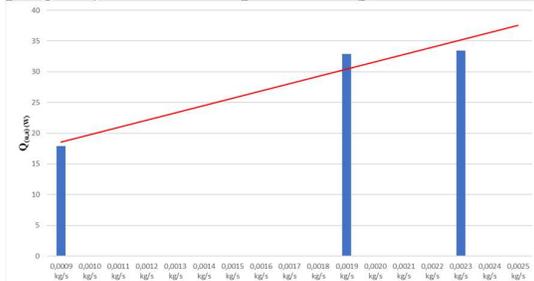
Distribusi aliran fluida variasi $\dot{m} = 0,0023$ kg/sberben

Gambar 9. Distribusi Suhu pada Aliran Fluida

4.7 Unjuk Kerja Kolektor Surya

4.7.1 Energi Berguna

Dari data yang diukur, dilakukan perhitungan dan ditemukan bahwa energi berguna ($Q_{(u,a)}$) dari kolektor surya pelat datar dengan sirip melintang berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun secara staggered lebih tinggi saat laju aliran massa sebesar 0,0023 kg/s dibandingkan dengan laju aliran massa sebesar 0,0009 kg/s dan 0,0019 kg/s. Penyebabnya adalah faktor pengali yang terkait dengan rumus energi berguna ($Q_{(u,a)}$), di mana semakin besar laju aliran massa (\dot{m}), semakin besar juga faktor pengalinya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 10.

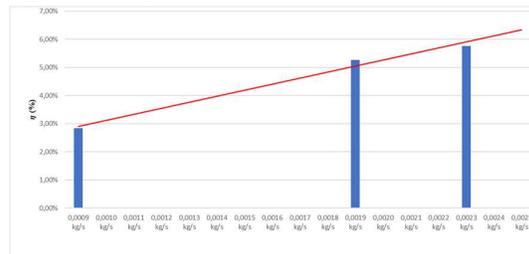


Gambar 10. Grafik Rata-Rata $Q_{(u,a)}$ dengan Variasi Laju Aliran Massa

4.7.2 Efisiensi

Dari data yang diukur dan energi berguna pada setiap waktu, dilakukan perhitungan efisiensi kolektor surya. Ditemukan bahwa efisiensi kolektor surya pada laju aliran massa 0,0023 kg/s lebih tinggi daripada pada laju aliran massa total 0,0009 kg/s dan 0,0019 kg/s. Penyebabnya adalah faktor energi berguna ($Q_{(u,a)}$) yang terkait dengan rumus efisiensi (η), di mana energi berguna memiliki hubungan langsung dengan efisiensi; semakin besar laju aliran massa (\dot{m}), semakin besar pula efisiensinya. Selain itu, efisiensi juga berbanding terbalik dengan intensitas matahari (I_T), di mana semakin besar

intensitas matahari, semakin kecil efisiensinya. Ini dapat diamati pada Gambar 11.



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

5. Kesimpulan

Dari temuan penelitian tentang kolektor surya pelat datar yang diperkuat dengan sirip melintang berongga berbentuk bujur sangkar yang disusun secara *staggered*, beberapa kesimpulan dapat ditarik, antara lain:

1. Dalam pengujian kolektor surya pelat datar dengan sirip melintang berongga bentuk bujur sangkar disusun *staggered* ditemukan adanya peningkatan intensitas radiasi matahari yang mempengaruhi peningkatan dan penyebaran temperatur di setiap komponen kolektor surya. Intensitas radiasi matahari tertinggi diperoleh pada variasi \dot{m}_2 di pukul 12:30 yaitu 1045,32 W/m² dan intensitas radiasi matahari terendah diperoleh pada variasi \dot{m}_3 di pukul 16:00 yaitu 533,63 W/m².
2. Energi berguna tertinggi diperoleh pada variasi \dot{m}_3 dengan energi berguna sebesar 50,45 W di pukul 13.30 dan efisiensi tertinggi di variasi \dot{m}_3 sebesar 8,93% di pukul 15.00. Sedangkan energi berguna dan efisiensi terendah diperoleh pada variasi \dot{m}_1 sebesar 4,93 W di pukul 10.00 dan 0,96% di pukul 10.00.
3. Rata-rata energi berguna dan efisiensi terbesar tercatat pada variasi \dot{m}_3 , dengan nilai masing-masing sebesar 33,47 W dan 5,76.

Daftar Pustaka

- [1] Sitorus, T. B., Napitupulu, F. H., & Ambarita, D. H. (2014). **Korelasi Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Performansi Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi Tenaga Matahari** (Vol. 1, Issue 1).
- [2] Maharani, M., & Febrina, L. (2022). **PEMANFAATAN TEKNOLOGI FOTHOVOLTAIC SURYA PADA KAWASAN AGRO-WISATA-HALAL (STUDI KASUS: MULYAHARJA & RANCAMAYA, BOGOR)**. Seminar Nasional Pariwisata Dan Kewirausahaan (SNPK), 1.
- [3] Arikundo, F. R., & Hazwi, M. (2014b). **Rancang Bangun Prototype Kolektor**

Surya Tipe Plat Datar Untuk Penghasil Panas Pada Pengeringan Produk Pertanian dan Perkebunan. In Jurnal Dinamis (Vol. 8, Issue 4).

- [4] Rahayoe, S. (2017, October 28). **Teknik Pengeringan.** Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- [5] Kansara, R., Pathak, M., & Patel, V. K. (2021). **Performance assessment of flat-plate solar collector with internal fins and porous media through an integrated approach of CFD and experimentation.** International Journal of Thermal Sciences, 165. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.106932>
- [6] Astawa, K. (2015). 22789-1-44440-1-10-20160728. **Pengaruh Penempatan Sirip Berbentuk Segitiga Yang Dipasang Secara Aligned Dan Staggered Terhadap Performansi Kolektor Surya Pelat Datar.**
- [7] Bergman, T. L., Lavine, Adrienne., & Incropera, F. P. (2017). **Fundamentals of heat and mass transfer.**
- [8] Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, Nate. (2020). **Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind.**

	<p>Agil Yanuar Juliarto, 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>