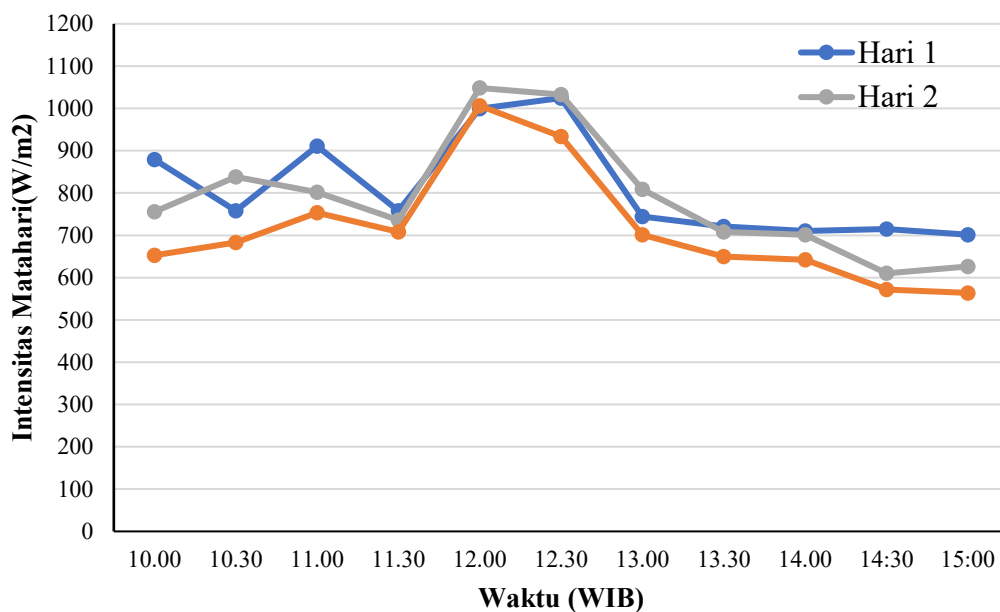


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Waktu Terhadap Intensitas Matahari

Hubungan antara waktu terhadap intensitas radiasi matahari, dapat dilihat pada **Gambar 4.1** bahwa intensitas radiasi matahari mengalami perubahan selama rentang waktu pengujian, yaitu dari pukul 10.00 hingga 15.00 WIB dengan interval pengambilan data setiap 30 menit. Secara umum, intensitas radiasi matahari pada ketiga hari pengujian menunjukkan pola yang relative sama, yaitu mengalami peningkatan dari pagi menuju siang hari hingga mencapai nilai maksimum sekitar pukul 12.00-12.30 WIB, kemudian mengalami penurunan hingga sore hari.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Waktu Terhadap Intensitas Matahari

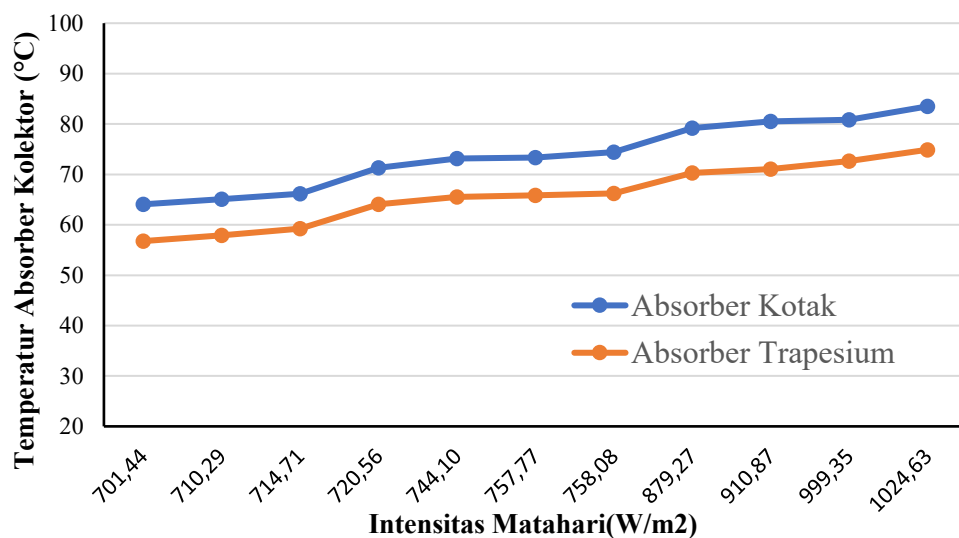
Berdasarkan data hasil pengujian pada Lampiran A, pada hari pertama intensitas radiasi matahari berada pada kisaran 701,44 W/m² hingga 1024,63 W/m². Nilai terendah tercatat pada pukul 15.00 WIB sebesar 701,44 W/m², sedangkan nilai tertinggi terjadi pada pukul 12.30 WIB sebesar 1024,63 W/m². Pada hari kedua, intensitas radiasi matahari yang diperoleh berada dalam rentang 610,12 W/m² hingga 1048,33 W/m². Nilai maksimum tercatat pada pukul 12.00 WIB sebesar 1048,33 W/m², sedangkan nilai minimum terjadi pada pukul 14.30 WIB sebesar

610,12 W/m². Selanjutnya, pada hari ketiga intensitas radiasi matahari berkisar antara 563,82 W/m² hingga 1006,46 W/m². Nilai tertinggi terjadi pada pukul 12.00 WIB sebesar 1006,46 W/m², sedangkan nilai terendah tercatat pada pukul 15.00 WIB sebesar 563,82 W/m².

Secara umum, ketiga hari pengujian memperlihatkan pola distribusi intensitas radiasi matahari yang relatif seragam, di mana nilai maksimum terjadi pada rentang waktu sekitar tengah hari (12.00–12.30 WIB). Hal ini disebabkan oleh posisi matahari yang semakin tegak lurus terhadap permukaan kolektor, sehingga energi radiasi yang diterima menjadi lebih besar.

4.2 Perbandingan Intensitas Matahari Terhadap Temperatur Absorber Kolektor Surya

Temperatur *absorber* merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kinerja kolektor surya, semakin tinggi temperatur yang dicapai oleh *absorber*, maka semakin besar pula energi panas yang dipindahkan ke fluida kerja dalam kolektor.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Temperatur *Absorber* Kolektor Surya

Hubungan antara intensitas radiasi matahari terhadap temperatur *absorber* pada hari pertama pengujian untuk dua variasi kolektor surya, yaitu *absorber* dengan bentuk kotak, dengan *absorber* dengan bentuk trapesium. Dari grafik tersebut terlihat bahwa temperatur *absorber* cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya intensitas radiasi matahari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin

besar energi radiasi yang diterima oleh kolektor surya, maka semakin besar pula energi panas yang diserap oleh *absorber* sehingga temperatur *absorber* mengalami peningkatan.

Hal tersebut sesuai dengan teori perpindahan panas secara radiasi, dimana semakin besar intensitas radiasi matahari yang diterima permukaan *absorber* maka semakin besar pula energi panas yang diserap. Energi panas tersebut kemudian dihantarkan melalui material *absorber* secara konduksi, dan selanjutnya dipindahkan ke udara yang mengalir di dalam kolektor melalui konveksi. Oleh karena itu, peningkatan intensitas matahari menyebabkan temperatur *absorber* meningkat.

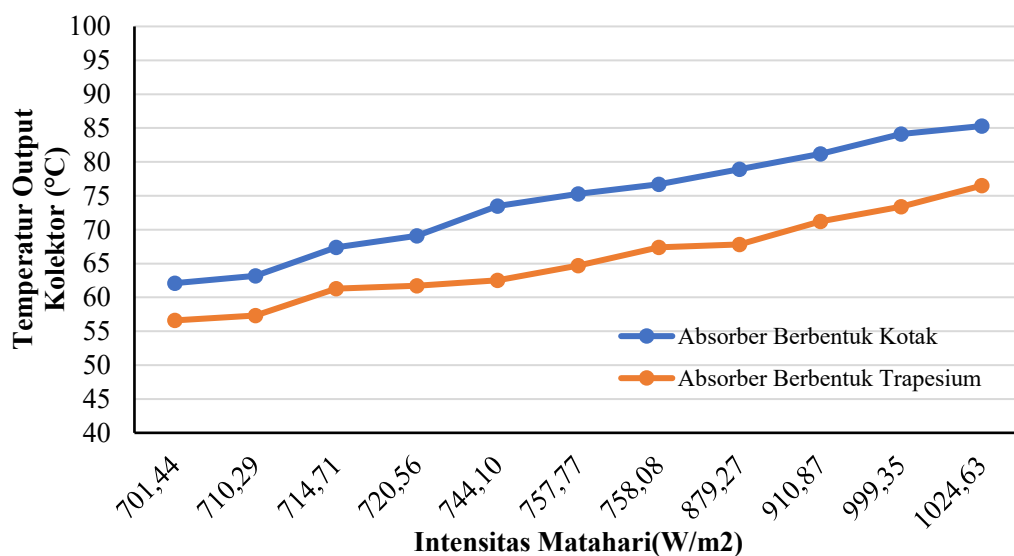
Pada variasi *absorber* dengan bentuk trapesium, temperatur yang diperoleh berada pada kisaran $56,77^{\circ}\text{C}$ hingga $74,90^{\circ}\text{C}$, dengan temperatur maksimum pada intensitas radiasi $1024,63 \text{ W/m}^2$. saat intensitas radiasi mencapai nilai tertinggi. Untuk variasi *absorber* dengan bentuk kotak, temperatur yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan *absorber* dengan bentuk trapesium, yaitu berada pada rentang $64,07^{\circ}\text{C}$ hingga $83,50^{\circ}\text{C}$. Temperatur maksimum terjadi pada intensitas radiasi $1024,63 \text{ W/m}^2$ dengan nilai mencapai $83,50^{\circ}\text{C}$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *absorber* dengan bentuk kotak secara konsisten menghasilkan temperatur yang lebih tinggi dibandingkan *absorber* dengan bentuk trapesium selama proses pengujian.

Perbedaan temperatur tersebut menunjukkan bahwa bentuk geometri *absorber* memberikan pengaruh terhadap karakteristik perpindahan panas pada kolektor surya. Meskipun kedua *absorber* dibuat menggunakan material aluminium yang sama, serta memiliki luas permukaan yang sama, perbedaan konfigurasi geometrinya menyebabkan distribusi panas pada permukaan *absorber* menjadi berbeda.

Tingginya temperatur pada variasi ini disebabkan oleh kombinasi karakteristik material, dimana plat aluminium berperan dalam menyerap panas dengan cepat, sehingga energi panas yang dihasilkan menjadi lebih besar dan relatif stabil.

4.3 Perbandingan Intensitas Matahari Terhadap Temperatur Output Kolektor Surya

Hubungan antara intensitas radiasi matahari terhadap temperatur udara keluar (T_{out}) dari kolektor surya untuk setiap variasi *absorber*. Secara umum, temperatur udara keluar kolektor meningkat seiring dengan bertambahnya intensitas radiasi matahari. Hal ini terjadi karena semakin besar energi panas yang diserap oleh *absorber*, sehingga proses perpindahan panas dari *absorber* ke udara yang mengalir di dalam kolektor menjadi lebih intensif.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Temperatur Output Kolektor Surya

Berdasarkan data hasil pengujian pada hari pertama yang disajikan pada **Lampiran A.1, A.2** dapat dilihat bahwa temperatur udara keluar kolektor surya berbeda untuk setiap *absorber*. Pada variasi *absorber* dengan bentuk trapesium, temperatur udara keluar berada pada rentang 56,6°C hingga 76,5°C, dengan nilai maksimum terjadi pada intensitas radiasi 1024,63 W/m². Temperatur yang dihasilkan pada variasi ini merupakan hasil rendah dibandingkan variasi *absorber* dengan bentuk kotak. Pada variasi *absorber* dengan bentuk kotak, temperatur udara keluar berada pada rentang 62,1°C hingga 85,3°C. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan *absorber* dengan bentuk trapesium. Hal ini menunjukkan selama pengujian berlangsung, temperatur udara keluar yang dihasilkan *absorber* berbentuk kotak selalu lebih tinggi dibandingkan *absorber* berbentuk trapesium.

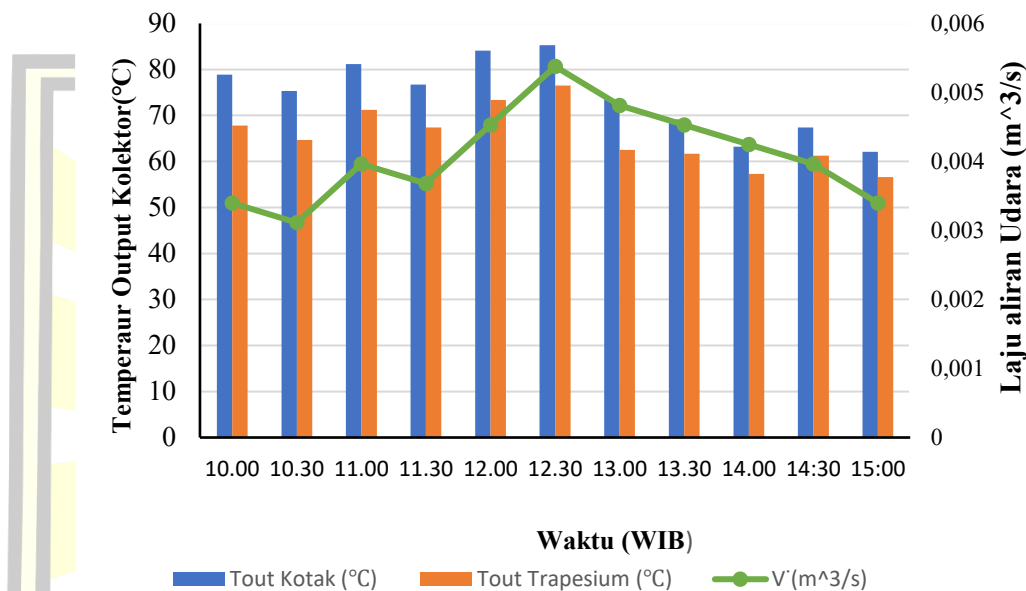
Hal ini menunjukkan bahwa bentuk geometri *absorber* memengaruhi proses perpindahan panas di dalam kolektor. Walaupun kedua *absorber* dibuat dari material aluminium yang sama, memiliki luas permukaan yang sama, tinggi profil yang sama, dan diuji pada kondisi yang sama, bentuk geometri yang berbeda menyebabkan kemampuan perpindahan panasnya menjadi berbeda.

Pada *absorber* berbentuk kotak, panas yang diterima dari radiasi matahari dapat diteruskan ke udara secara lebih efektif sehingga temperatur udara keluar menjadi lebih tinggi. Hal ini juga didukung oleh hasil pengukuran temperatur *absorber* yang menunjukkan bahwa *absorber* berbentuk kotak memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan *absorber* berbentuk trapesium. Semakin tinggi temperatur *absorber*, semakin besar perbedaan temperatur antara *absorber* dan udara sehingga perpindahan panas konveksi menjadi lebih besar.

Secara teori, setelah *absorber* menerima energi radiasi matahari, panas akan merambat pada material absorber melalui konduksi. Selanjutnya panas tersebut dipindahkan ke udara melalui konveksi alami. Pada penelitian ini, udara mengalir tanpa bantuan kipas sehingga perpindahan panas terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara *absorber* dan udara. Ketika udara menerima panas, temperatur udara meningkat, massa jenisnya menurun, kemudian udara bergerak menuju saluran keluar. Semakin tinggi temperatur *absorber*, semakin besar selisih temperatur antara *absorber* dan udara sehingga laju perpindahan panas konveksi juga meningkat. Selain dipengaruhi oleh temperatur *absorber*, temperatur udara keluar juga dipengaruhi oleh karakteristik geometri *absorber*. *Absorber* kotak memiliki 6 gelombang, sedangkan *absorber* trapesium memiliki 7 gelombang. Jumlah gelombang yang lebih banyak pada *absorber* trapesium menyebabkan jalur aliran udara lebih berliku sehingga hambatan aliran meningkat. Kondisi ini dapat mengurangi efektivitas perpindahan panas dari *absorber* ke udara. Sebaliknya, pada *absorber* kotak aliran udara melalui saluran yang lebih sederhana sehingga panas lebih mudah ditransfer ke udara dan menghasilkan temperatur udara keluar yang lebih tinggi.

4.4 Perbandingan Waktu Terhadap Temperatur Output Kolektor dan Laju Aliran Udara

Hubungan antara waktu terhadap temperatur output kolektor dan laju aliran udara, dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Temperatur Output dan Laju Aliran Udara

Berdasarkan data hasil pengujian pada hari pertama yang disajikan pada **Lampiran A.1, A.2** dapat dilihat bahwa temperatur udara keluar (Tout) pada *absorber* berbentuk kotak dan trapesium mengalami peningkatan dari pukul 10.00 WIB hingga mencapai nilai maksimum pada 12.30 WIB, kemudian mengalami penurunan hingga pukul 15.00 WIB. Pola yang sama juga terjadi pada laju aliran udara, yang meningkat dari 0,003396 m³/s pada pukul 10.00 WIB menjadi 0,005377 m³/s pada pukul 12.30 WIB, kemudian menurun menjadi 0,003396 m³/s pada pukul 15.00 WIB.

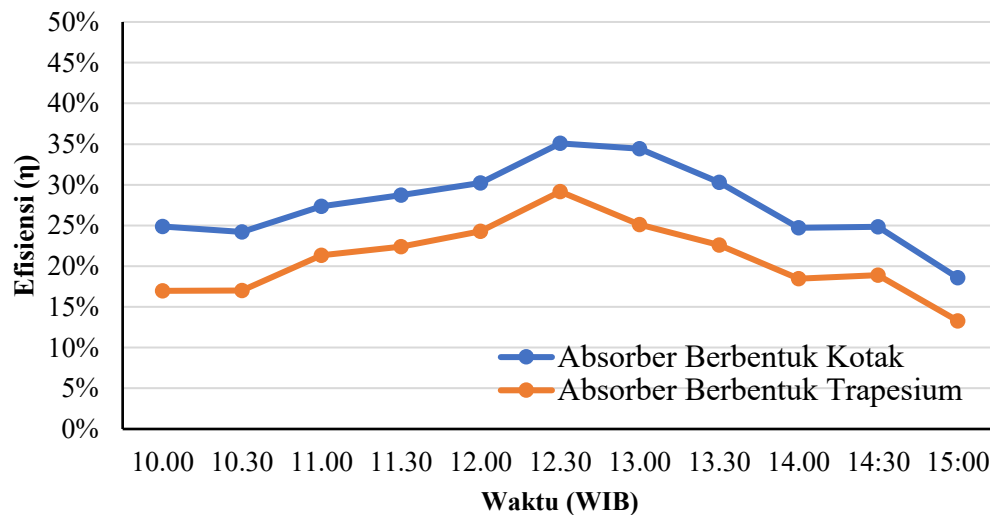
Pada pukul 10.00 WIB, temperatur output *absorber* kotak sebesar 78,9°C, sedangkan *absorber* trapesium sebesar 67,8°C, dengan laju aliran udara sebesar 0,003396 m³/s. Seiring meningkatnya intensitas radiasi matahari, temperatur output kedua *absorber* juga meningkat. Nilai tertinggi terjadi pada pukul 12.30 WIB, yaitu 85,3°C untuk *absorber* kotak dan 76,9°C untuk *absorber* trapesium, bersamaan dengan laju aliran udara maksimum sebesar 0,005377 m³/s. Setelah pukul 12.30

WIB, temperatur output dan laju aliran udara mulai menurun. Pada pukul 15.00 WIB, temperatur output *absorber* kotak menjadi $62,1^{\circ}\text{C}$, *absorber* trapesium $56,6^{\circ}\text{C}$, dan laju aliran udara turun menjadi $0,003396 \text{ m}^3/\text{s}$. Penurunan tersebut terjadi karena intensitas radiasi matahari yang diterima kolektor semakin berkurang sehingga panas yang diserap absorber juga menurun.

Hal ini menunjukkan bahwa *absorber* berbentuk kotak menghasilkan temperatur output yang lebih tinggi dibandingkan *absorber* berbentuk trapesium. Temperatur yang lebih tinggi menyebabkan udara di dalam kolektor mengalami pemuaian sehingga massa jenisnya menurun. Perbedaan massa jenis antara udara panas dan udara yang dingin yang mendorong udara bergerak menuju outlet. Oleh karena itu, ketika temperatur output meningkat, laju aliran udara juga meningkat. Hasil ini menunjukkan bahwa temperatur output dan laju aliran udara memiliki hubungan yang searah pada sistem kolektor surya konveksi alami.

4.5 Perbandingan Waktu Terhadap Efisiensi Kolektor Surya

Nilai efisiensi diperoleh dari seberapa efektif kolektor dalam memanfaatkan radiasi yang dipancarkan oleh matahari. Perbandingan nilai efisiensi pada masing masing kolektor dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Efisiensi Kolektor Surya

Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat bahwa *absorber* dengan bentuk kotak memiliki nilai efisiensi tertinggi dibandingkan dengan *absorber* dengan bentuk trapesium. Pada variasi *absorber* dengan bentuk trapesium, efisiensi yang dihasilkan berada pada kisaran 13,32% hingga 29,16% dengan nilai maksimum terjadi pada pukul 12.30 WIB. Pada *absorber* dengan bentuk kotak efisiensi yang diperoleh berada pada rentang 18,62% hingga 35,08%. Nilai maksimum terjadi pada pukul 12.30 WIB sebesar 35,08%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan *absorber* dengan bentuk trapesium, yang menunjukkan bahwa bentuk kotak memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap dan mempertahankan energi panas sehingga meningkatkan proses perpindahan panas ke fluida kerja. Dengan demikian, energi panas yang diserap dapat dimanfaatkan secara lebih optimal untuk meningkatkan kinerja kolektor.

Secara teori, efisiensi kolektor surya dinyatakan sebagai perbandingan antara energi panas berguna yang diserap fluida kerja terhadap energi radiasi matahari yang diterima permukaan kolektor. efisiensi dipengaruhi oleh besarnya energi panas yang berhasil dipindahkan ke udara. Semakin besar selisih temperatur antara udara keluar dan udara masuk, maka energi panas berguna akan meningkat sehingga efisiensi kolektor juga meningkat. Pada penelitian ini, *absorber* berbentuk kotak menghasilkan temperatur udara keluar yang lebih tinggi dibandingkan *absorber* berbentuk trapesium. Akibatnya, nilai energi panas berguna (*useful heat gain*) pada *absorber* kotak lebih besar sehingga efisiensinya juga lebih tinggi.

Efisiensi ini berfluktuasi, dengan puncak efisiensi sebesar terjadi pada pukul 12.30 dan kemudian perlahan menurun. Penurunan efisiensi setelah pukul 12.30 pada *absorber* dengan bentuk kotak dan *absorber* dengan bentuk trapesium disebabkan oleh berkurangnya intensitas matahari dan peningkatan kerugian panas ke lingkungan melalui konveksi serta radiasi akibat temperatur absorber yang tinggi. Semua kolektor menunjukkan peningkatan efisiensi pada pagi hari, dengan puncak efisiensi berada pada pukul 12.00-13.00 ketika intensitas radiasi matahari berada pada titik tertinggi. Setelah itu, efisiensi mulai menurun seiring berjalannya waktu hingga akhir pengujian pada pukul 15.00. Penurunan ini menunjukkan bahwa efisiensi kolektor sangat bergantung pada jumlah radiasi yang diterima.