



# Experimental Study of Artificial Solar Air Heater Using Trapezoidal Wave Plate

## Studi Eksperimen Pemanas Udara Tenaga Surya Artifisial Menggunakan Pelat Gelombang Trapesium

Lohdy Diana, Arrad Ghani Safitra, Muhammad Syarifuddin Firmansyah, Mishbaakhus Prana Zinedine

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus PENS, Jalan Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Keputih, Kota Surabaya, Kota SBY, Jawa Timur 60117, Surabaya, Indonesia, Indonesia . Tel.: (031) 5947280

**Abstract .** A solar air heater is needed for the drying process, especially in Indonesia. It means the researches to produce a solar air heater that had high performance is necessary. This research analyses the performance of solar air heater using trapezoidal absorber plate with variation of folded angle  $83^\circ$ ,  $85^\circ$ , and  $87^\circ$ . The research carry out artificial experimentally using halogen lamp as a solar simulator. The working principle of solar air heating begins with an induction fan sucking air to enter through the honeycomb then flowing into the air heating duct. The process of heat transfer occurs in a halogen heat lamp passed by the transparent glass and then absorbed by the absorbent plate. This heat will heat the air flowing in the air heating pipe to be transmitted into the drying cupboard. The experiment used several variations of the mass airflow rate 0.022 until 0.051 kg/s and intensity 850, 900, dan 950  $W/m^2$ . Temperature measurement is carried out by installing a thermocouple at several points that have been determined. The best performance produced by the wave plate-shaped trapezoidal wave heaters  $83^\circ$  when  $I = 950 W/m^2$  air mass flow rate 0.022 kg/s with the temperature of the absorbent plate  $87^\circ C$ , the temperature of the exit air  $43.2^\circ C$ , the difference in the rise in air temperature  $15.2^\circ C$ , and when  $I = 950 W/m^2$  air mass flow rate 0.051 kg/s the useful heat generated by the air heater 527 Watt, and thermal efficiency 96.8%.

**Keywords-** air heater; artificial; trapezoidal wave; efficiency.

How to cite: Diana Lohdy, Safitra Arrad Ghani, Firmansyah Muhammad Syarifuddin, Zinedine Mishbaakhus Prana (2019) Experimental Study of Artificial Solar Air Heater Using Trapezoidal Wave Plate. R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal 4 (2). doi: <https://doi.org/10.21070/rem.v4i2.806>

## PENDAHULUAN

Energi surya sebagai energi yang dapat diperbarui (*renewable energy*) sangat mudah diperoleh, terutama pada daerah tropis termasuk Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa sehingga menyebabkan Indonesia selalu mendapat penyinaran matahari yang cukup sepanjang tahunnya. Namun pemanfaatan energi surya di Indonesia masih belum maksimal dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya serta persentase pemanfaatannya yang tidak cukup signifikan. Berdasarkan data yang ada, energi surya di Indonesia memiliki sumber daya sebesar  $4,8 kWh/m^2/day$  namun masih  $78,5 MW$  daya yang dimanfaatkan [1]. Dari data tersebut, energi surya memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai pemanas udara.

Pemanas udara tenaga surya merupakan peralatan yang memanfaatkan radiasi matahari untuk kebutuhan yang beragam dan mendapatkan energi yang bersih. Pemanas udara tenaga surya menangkap radiasi matahari, mengkonversi radiasi tersebut untuk memanaskan udara dan mendistribusikannya. Komponen utama dari pemanas

udara tenaga surya adalah kaca penutup, pelat penyerap, dan material isolasi. Radiasi matahari diabsorpsi oleh pelat penyerap. Panas yang terserap kemudian mengalami perpindahan ke udara yang mengalir sepanjang saluran secara konveksi untuk meningkatkan temperatur udara.

Beberapa penelitian mengenai pemanas udara tenaga surya telah banyak dilakukan dan terus mengalami perkembangan. Beberapa penelitian tersebut antara lain mengenai performa pemanas udara tenaga surya dengan menggunakan tiga variasi bentuk pelat penyerap yaitu pelat penyerap berbentuk datar, berbentuk gelombang segitiga dan pelat penyerap datar yang disisipkan fin pada permukaannya [2]. Penelitian lain juga meneliti performa dari pemanas udara tenaga surya menggunakan pelat penyerap berbentuk gelombang [3]. Adapun penelitian dengan penggunaan penyerap berbentuk gelombang trapesium. Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan luas penampang penyerap, yang dapat meningkatkan perpindahan panas konveksi antara material penyerap, dan udara [4].

Namun, ada beberapa kendala apabila eksperimen

dilakukan pada kondisi aktual yakni di luar ruangan di bawah sinar matahari. Beberapa kendala tersebut seperti sulitnya memperoleh intensitas panas matahari dan laju udara masuk yang seragam untuk setiap variasi pada alat pemanas udara tenaga surya. Hal tersebut disebabkan cuaca yang berubah-ubah setiap harinya. Oleh karena itu, beberapa penelitian eksperimen dilakukan secara artifisial yang dilakukan di dalam laboratorium. Beberapa penelitian eksperimen yang pernah dilakukan secara artifisial antara lain [5–7].

Eksperimen dalam penelitian ini dilakukan secara artifisial. Eksperimen artifisial dilakukan untuk mendapatkan data inputan yang seragam. Penelitian ini menggunakan sinar matahari buatan yang berasal dari lampu halogen atau biasa disebut *solar simulator*. Diharapkan alat pemanas tenaga surya yang diteliti dapat digunakan sebagai solusi penggunaan energi yang ramah lingkungan, lebih efisien dibanding dengan metode pengeringan konvensional, serta sebagai pencegahan terhadap pencemaran lingkungan akibat penggunaan energi tidak dapat diperbarui yang menjadi salah satu penyebab kerusakan lingkungan.

Penelitian mengenai performa alat pengering, khususnya *solar air heater* telah banyak dilakukan dan dikembangkan dengan tujuan mencapai efisiensi terbaik. Dalam penelitian terdahulu, telah banyak dikembangkan jenis pelat penyerap, dari bentuk datar sampai bergelombang untuk mendapat luas penampang yang lebih besar sehingga dapat menangkap radiasi matahari yang lebih besar.

Dari keseluruhan penelitian, didapatkan kesimpulan yaitu kolektor pelat datar dengan satu laluan memiliki efisiensi yang paling sedikit, sedangkan kolektor bentuk gelombang adalah yang paling efisien. Untuk segitiga dinilai stabil secara struktur konstruksinya. Kolektor bentuk gelombang V memiliki efisiensi 10-15% lebih tinggi dibanding kolektor pelat datar dan 5-9% lebih tinggi dibanding kolektor jenis *finned*. Berdasarkan kesimpulan yang ada, dapat diketahui bahwa kolektor surya dengan gelombang bentuk V memiliki efisiensi yang lebih baik [2].

Selanjutnya penelitian pada pemanas udara tenaga surya menggunakan pelat penyerap berbentuk gelombang sunisoidal yang disusun berlawanan dengan arah alas pelat penyerap yang juga berbentuk gelombang. Hasil menunjukkan dengan efisiensi menggunakan pelat gelombang 65%, nilai tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pelat datar dengan efisiensi 56%. Unjuk kerja termal yang efektif dapat dicapai dengan panas area transfer yang digandakan dan intensitas turbulen yang ditingkatkan [3].

Pada penelitian lain, dilakukan pengujian terhadap kolektor surya jenis pelat datar dan bentuk trapesium dengan dan tanpa penambahan material penyimpan panas. Pengujian dilakukan pada waktu penyinaran maksimal yaitu pukul 09:00 sampai 17 :00 waktu setempat. Dalam

tinjauan tanpa penambahan material penyimpan panas, efisiensi termal rata-rata dari penyerap, bentuk trapesium lebih tinggi yaitu 12.2% sedangkan efisiensi termal pelat datar sekitar 8.5% pada pemanasan yang dilakukan di India. Temperatur maksimal outlet yang diperoleh selama waktu penjemuran adalah 49.1 °C pada kolektor pelat datar dan 65.8 °C pada pelat bentuk trapesium. Temperatur maksimal ini didapat saat pengujian pada pukul 13:00. Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah temperatur udara sisi outlet pada kolektor dengan penyerap, bentuk trapesium lebih tinggi daripada kolektor jenis pelat datar. Efisiensi termal maksimum pada pelat datar adalah 15,8% dan 21.5% pada penyerap, bentuk trapesium [4].

Beberapa penelitian telah dilakukan secara artifisial yakni menggunakan lampu halogen sebagai pengganti sinar matahari. Salah satunya adalah membandingkan performa dari penggunaan pelat datar atau *Flat Plate* (FP) dengan pelat bercelah atau *Porosity Plate* (PP), pengujian dilakukan di bawah sinar lampu halogen, dan berada di dalam ruangan. Pada pengujian ini, ukuran pelat yakni 99.5 cm x 68.5 cm x 0.2 cm untuk pelat bercelah, memiliki beberapa lubang di permukaan dengan diameter setiap lubang sebesar 6mm tersusun sejajar. Hasil menunjukkan bahwa perbedaan temperatur dan efisiensi termal dari pelat bercelah memiliki nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan pelat datar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3(b). Efisiensi termal pelat bercelah tertinggi adalah sebesar 59% sedangkan pelat datar sebesar 36% dengan intensitas lampu halogen sebesar 846 W/m<sup>2</sup>, laju massa aliran udara 0.02 kg/s, dan temperatur udara masuk 30 °C [5].

Pengujian secara artifisial dengan menggunakan lampu halogen juga dilakukan oleh peneliti lainnya. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan performa pemanas udara dengan pelat penyerap berbentuk pelat datar, apabila pengujian dilakukan secara artifisial. Ukuran alat uji sebesar 1 m x 0.5 m x 0.1 m. Penelitian tersebut dilakukan di dalam ruangan, menggunakan enam buah lampu halogen terdiri dari 3 lampu dengan daya 500 Watt dan 3 lampu lainnya dengan daya 950 Watt disusun secara zig-zag. Selama pengujian untuk memperoleh data temperatur di dalam alat uji yaitu menggunakan laser gun. Hasil dari pengujian tersebut diperoleh efisiensi termal tertinggi adalah sebesar 31.6% dengan intensitas sebesar 600 W/m<sup>2</sup> [6].

Penelitian eksperimen secara artifisial juga dilakukan pada pemanas udara tenaga surya. Penelitian tersebut membandingkan antara pelat penyerap datar dengan pelat penyerap berbentuk gelombang sunisoidal dan injeksi udara. Penelitian dilakukan di bawah sinar lampu halogen dengan intensitas radiasi antara 500-100 W/m<sup>2</sup>, temperatur *ambient* 308 K, laju aliran massa udara 0.01-0.03 kg/s. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanas udara dengan pelat penyerap berbentuk gelombang sunisoidal dan injeksi udara memiliki efisiensi lebih

tinggi dibandingkan pelat penyerap berbentuk datar untuk semua laju aliran massa udara masuk. Efisiensi tertinggi sebesar 68.2% dengan laju aliran massa udara masuk 0.28 kg/s [7].

Pengujian eksperimen secara artifisial untuk menggantikan sinar matahari atau dengan nama lain *solar simulator* terus mengalami perkembangan. Alat tersebut telah mulai dikembangkan oleh beberapa negara. Alat simulator terakreditasi tersebut digunakan untuk jangkauan panas yang luas. Sedangkan, untuk pengujian yang memerlukan flux yang tinggi dengan kisaran flux mencapai 60 KWatt/m<sup>2</sup>. Prinsip kerja dari simulator tersebut adalah memusatkan titik fokus panas. Apabila menggunakan simulator ini ukuran alat yang diuji tidak berukuran besar [8].

Beberapa penelitian terdahulu akan digunakan sebagai referensi pada penelitian ini. Penelitian ini akan membandingkan unjuk kerja pemanas udara tenaga surya yang menggunakan pelat penyerap berbentuk gelombang trapesium dengan variasi sudut tekuk trapesium 83°, 85°, dan 87°. Penelitian dilakukan secara eksperimen artifisial di dalam laboratorium dengan menggunakan lampu halogen sebagai pengganti matahari. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghasilkan pemanas udara yang memiliki unjuk kerja terbaik dengan mengetahui temperatur udara keluar, selisih kenaikan temperatur udara, panas berguna yang dihasilkan oleh pemanas udara serta efisiensi termal dari ketiga variasi sudut tekuk pelat penyerap. Adapun variasi parameter yang digunakan antara lain laju massa aliran udara dan intensitas lampu halogen sebagai pengganti matahari.

## DASAR TEORI

Unjuk kerja alat pengering tenaga surya dapat dilihat dari panas serta efisiensi yang dihasilkan. Berikut adalah uraian persamaan-persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung parameter-parameter yang dibutuhkan. Panas udara berguna yang dihasilkan alat dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T(1)$$

Dimana :

Q = panas berguna (W).

$\dot{m}$  = laju aliran udara (kg/s).

C<sub>p</sub> = kalor jenis (J/kg.°C).

ΔT = kenaikan temperatur (°C).

Bilangan Reynolds merupakan sebuah bilangan untuk menentukan jenis aliran. Ada tiga jenis aliran berdasarkan bilangan Reynolds pada aliran di dalam saluran antara lain:

Aliran laminar,  $Re \leq 2300$

Aliran transisi,  $2300 \leq Re \leq 4000$

Aliran turbulen,  $Re \geq 4000$

Bilangan Reynold untuk aliran di dalam pipa atau saluran segitiga dapat dihitung menggunakan persamaan [9] :

$$Re = \frac{\rho \nu d_h}{\mu}(2)$$

Dimana :

Re = bilangan Reynold

$\rho$  = densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

V = kecepatan fluida (m/s)

D<sub>h</sub> = diameter hidraulik (m)

$\mu$  = viskositas fluida (kg/s.m)

Diameter hidraulik segitiga dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$D_h = \frac{4Ac}{P}(3)$$

Dimana :

D<sub>h</sub> = diameter hidraulik (m)

Ac = luas segitiga

P = keliling area segitiga yang terkena fluida (m)

Laju aliran massa udara dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\dot{m} = \rho V A(4)$$

Dimana :

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

$\rho$  = densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

V = kecepatan fluida (m/s)

A = luas trapesium (m<sup>2</sup>)

Efisiensi alat pengering tenaga surya dapat dihitung menggunakan persamaan [10] :

$$\eta = \frac{Q}{Ac \cdot I}(5)$$

Dimana :

$\eta$  = efisiensi (%)

Q = panas berguna (W)

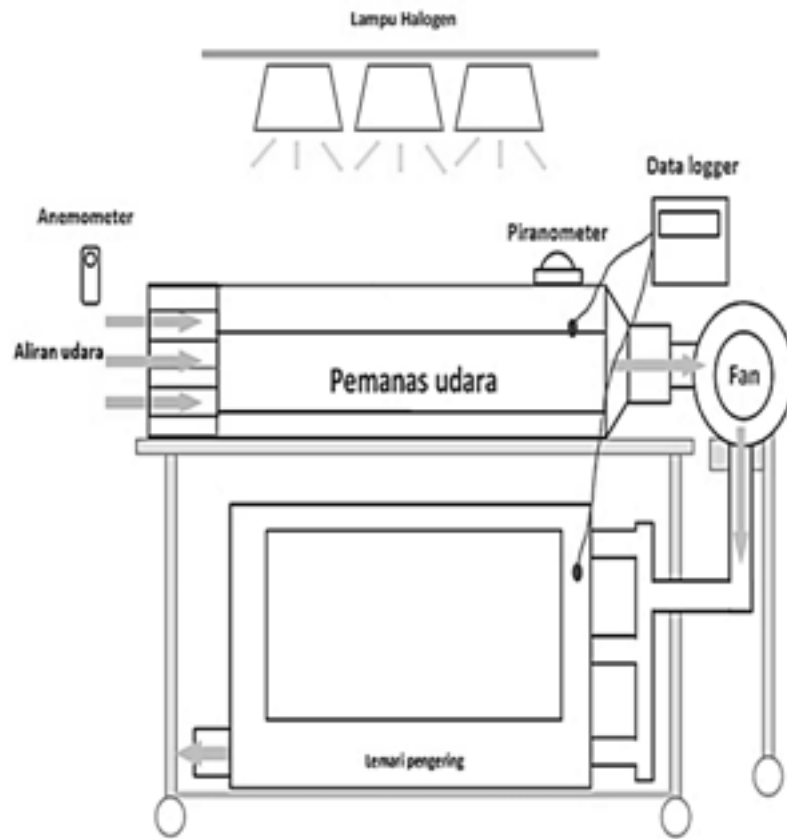
Ac = luas pelat penyerap (m<sup>2</sup>).

I = intensitas matahari (W/m<sup>2</sup>).

## METODE

Komponen penyusun pemanas udara pada penelitian ini antara lain: saluran berbentuk sarang lebah berfungsi untuk menyeragamkan aliran udara yang masuk, kemudian saluran pemanas udara terdiri dari kaca penutup, pelat penyerap terbuat dari aluminium dicat hitam pekat, dan material insulasi di sisi luar saluran pemanas udara agar panas tidak hilang ke lingkungan. Lampu halogen sebanyak enam buah digunakan sebagai pengganti matahari dipasang di atas alat pemanas udara. Kipas penghisap digunakan untuk mengalirkan udara ke dalam saluran. Detail komponen penyusun dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 .

Skema sistem pemanas udara tenaga surya ditunjukkan pada Gambar 1 . Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan beberapa alat ukur seperti pada Tabel 1 . Gambar 2 menunjukkan saat pengujian yang dilakukan di dalam laboratorium. Saluran pemanas udara memiliki dimensi lebar 600 mm, panjang 900 mm, dan tinggi 100 mm. Sedangkan pelat penyerap memiliki dimensi untuk setiap gelombang lebar 45 mm, tinggi 85 mm, dan panjang 900 mm dengan variasi sudut tekuk 83°, 85°, dan 87°. Posisi sudut tekuk  $\Theta$  dapat dilihat pada Gambar 3 . Pelat penyerap berbentuk trapesium dengan tiga variasi sudut tekuk pelat penyerap 83°, 85°, dan 87° ditunjukkan seperti pada Gambar 4 .



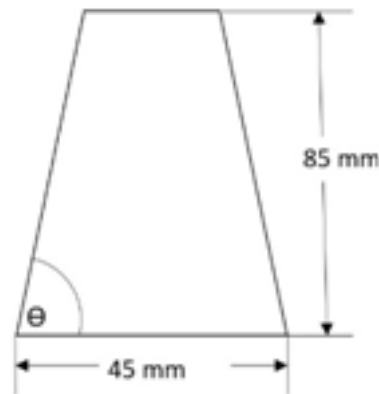
**Figure 1.** Skema sistem pemanas udara



**Figure 2.** Pemanasudara artifisial

**Table 1.** Alat Ukur.

Parameter yang di ukur	Alat ukur
Kecepatan udara masuk	Anemometer
Intensitas	Pyranometer
Temperatur	Data logger termokopel

**Figure 3.** Pemanasudara artifisial**Table 2.** ParameterPengujian

Parameter	Nilai
Temperatur ruangan	28°C
Laju massa aliran udara	0.022 – 0.051 kg/s
Intensitas lampu halogen	850 – 950 W/m <sup>2</sup>
Lama pengujian setiap variasi laju massa aliran udara	25 menit

Pengujian dilakukan selama 25 menit di dalam laboratorium Ilmu Dasar Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan temperatur ruang dijaga konstan 28 °C. Parameter pengujian dapat dilihat pada Tabel 2

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil dan pembahasan dari hasil eksperimen yang telah diperoleh untuk tiga variasi sudut tekuk pelat penyerap berbentuk gelombang trapesium. Pembahasan tersebut meliputi tempertaur pelat penyerap, temperatur udara keluar, selisih kenaikan temperatur udara, panas berguna yang dihasilkan oleh pemanas udara serta efisiensi termal terhadap variasi intensitas dan laju aliran massa udara.

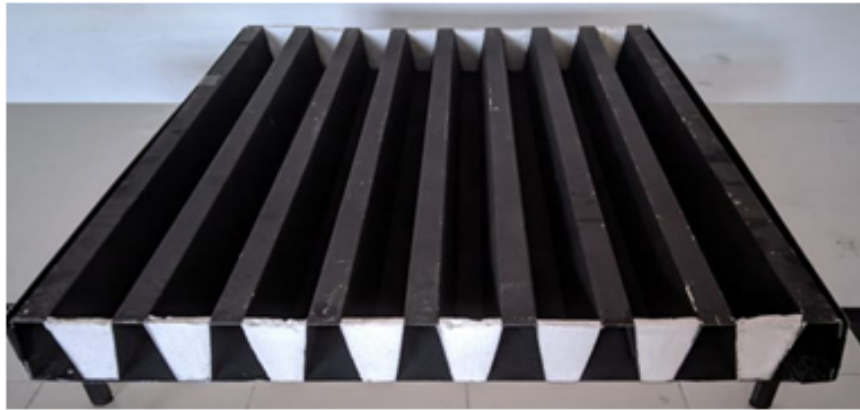
Gambar 5, 6 and 7 menunjukkan grafik temperatur pelat penyerap di sepanjang saluran masuk hingga keluar atau diwakili dengan sumbu z dalam satuan meter pada saat laju massa aliran udara 0.022 kg/s untuk intensitas 850 W/m<sup>2</sup> sampai 950 W/m<sup>2</sup>.

Grafik tersebut menunjukkan temperatur pelat penyerap mengalami peningkatan dari sisi masuk z = 0.2 m hingga menuju sisi keluar z = 0.8 m. Hal tersebut dikarenakan terjadi perpindahan panas secara konveksi alami

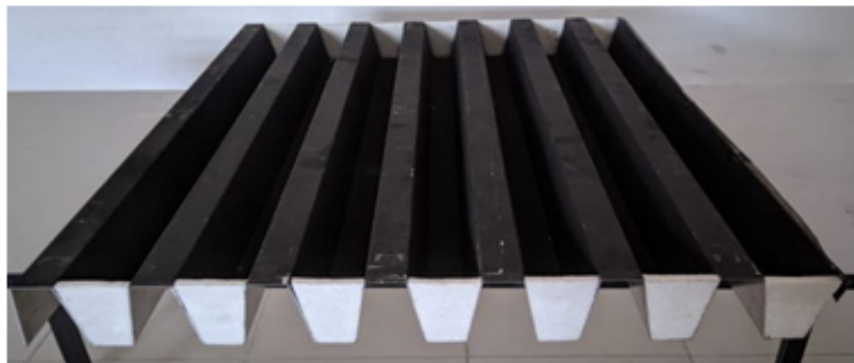
pada ruang antara kaca permukaan dalam dengan pelat penyerap. Pada perpindahan panas konveksi alami terjadi gaya *buoyancy*, gaya tersebut berbentuk olakan sirkulasi [11] yang mengakibatkan panas merambat dari sisi dekat masukan z = 0.2 m ke sisi dekat keluaran z = 0.8 m.

Gambar 8, 9 and 10 menunjukkan temperatur udara keluar terhadap laju aliran massa udara dengan variasi intensitas panas lampu halogen 850 W/m<sup>2</sup>, 900 W/m<sup>2</sup>, dan 950 W/m<sup>2</sup>. Jenis aliran turbulen dipilih sebagai jenis aliran yang mengalir di dalam saluran. Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan bilangan Reynolds number atau persamaan (2) diperoleh enam variasi laju aliran massa udara 0.022 kg/s sampai 0.051 kg/s. Ketiga gambar tersebut menunjukkan tren grafik yang sama yaitu temperatur udara semakin menurun dengan bertambahnya laju aliran massa udara. Hal tersebut dikarenakan udara tidak cukup mengalami pemanasan di dalam saluran pemanas udara dimana di dalam saluran terjadi perpindahan panas secara konveksi paksa. Hal tersebut dikarenakan udara masuk ke dalam saluran pemanas menggunakan bantuan kipas hisap.

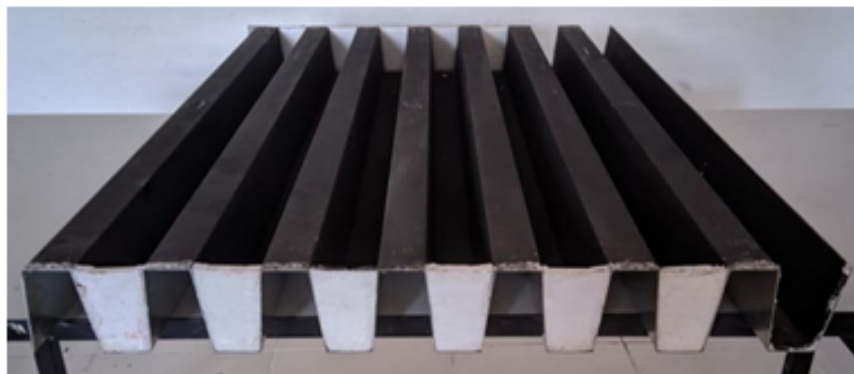
Gambar 8, 9 and 10 menunjukkan temperatur udara keluar terhadap laju aliran massa udara dengan variasi intensitas panas lampu halogen 850 W/m<sup>2</sup>, 900 W/m<sup>2</sup>,



(a)



(b)



(c)

**Figure 4.** Plat trapesium dengan sudut tekuk bagian bawah (a)  $83^\circ$ , (b)  $85^\circ$ , dan (c)  $87^\circ$ .

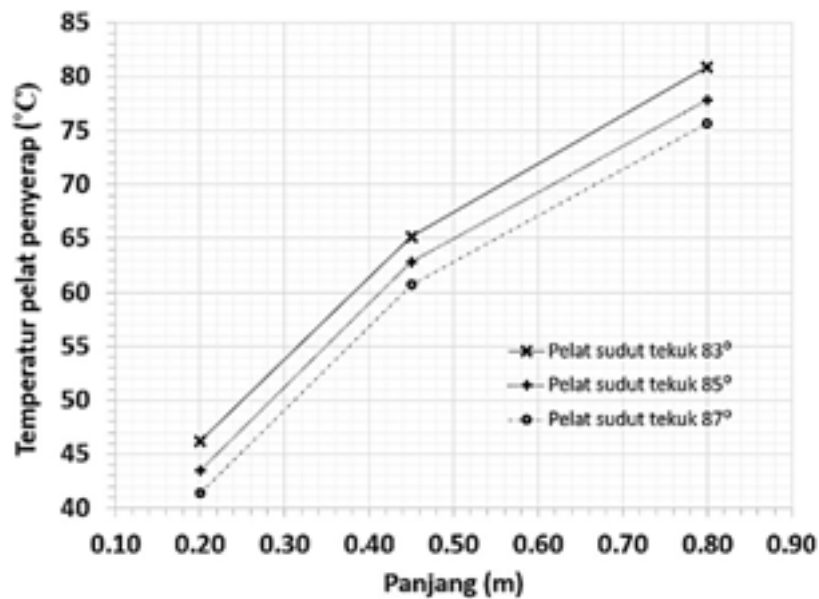


Figure 5. Temperaturpelat penyerap, I = 850 W/m<sup>2</sup>

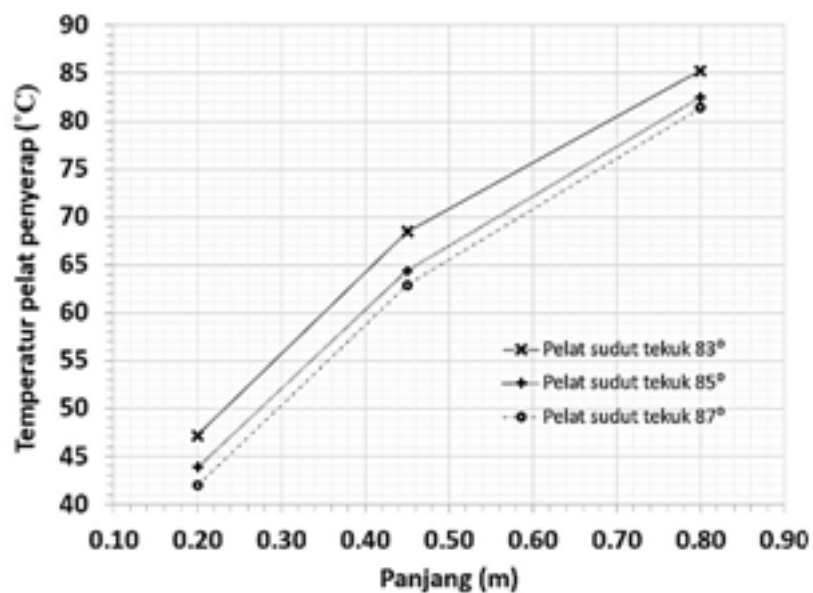


Figure 6. Temperaturpelat penyerap, I = 900 W/m<sup>2</sup>

dan 950 W/m<sup>2</sup>. Jenis aliran turbulen dipilih sebagai jenis aliran yang mengalir di dalam saluran. Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan bilangan Reynolds number atau persamaan (2) diperoleh enam variasi laju aliran massa udara 0.022 kg/s sampai 0.051 kg/s. Ketiga gambar tersebut menunjukkan tren grafik yang sama yaitu temperatur udara semakin menurun dengan bertambahnya laju aliran massa udara. Hal tersebut dikarenakan udara tidak cukup mengalami pemanasan di dalam saluran pemanas udara dimana di dalam saluran terjadi perpindahan panas secara konveksi paksa. Hal tersebut dikarenakan udara masuk ke dalam saluran pemanas menggunakan bantuan kipas hisap.

Gambar 9 merupakan grafik temperatur udara keluar terhadap laju aliran massa udara dengan variasi intensitas lampu halogen untuk pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 85°. Temperatur udara keluar terendah 36 °C ketika laju aliran massa udara 0.051 kg/s dengan intensitas 850 W/m<sup>2</sup>. Sedangkan, temperatur udara keluar tertinggi 42.5 °C ketika laju aliran massa udara 0.022 kg/s dengan intensitas 950 W/m<sup>2</sup>

Gambar 10 merupakan grafik temperatur udara keluar terhadap laju aliran massa udara dengan variasi intensitas lampu halogen untuk pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 87°. Temperatur udara keluar terendah 34.3 °C ketika laju aliran massa udara 0.051

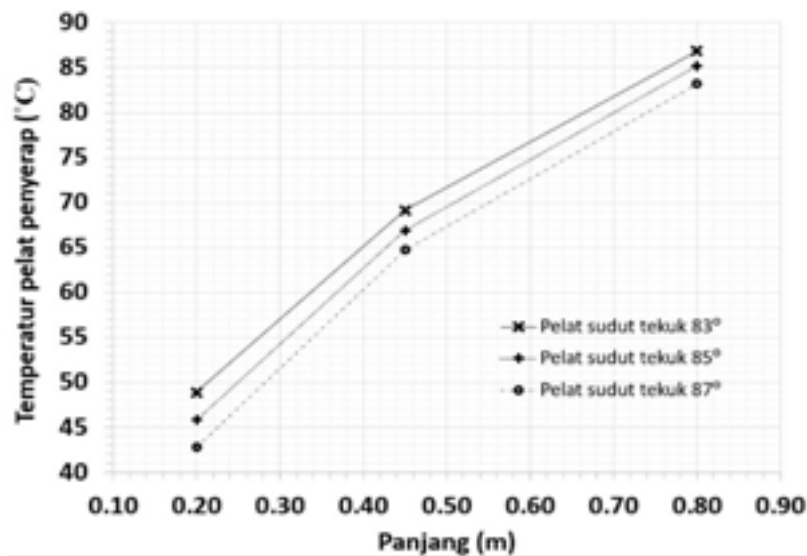


Figure 7. Temperatur pelat penyerap,  $I = 950 \text{ W/m}^2$

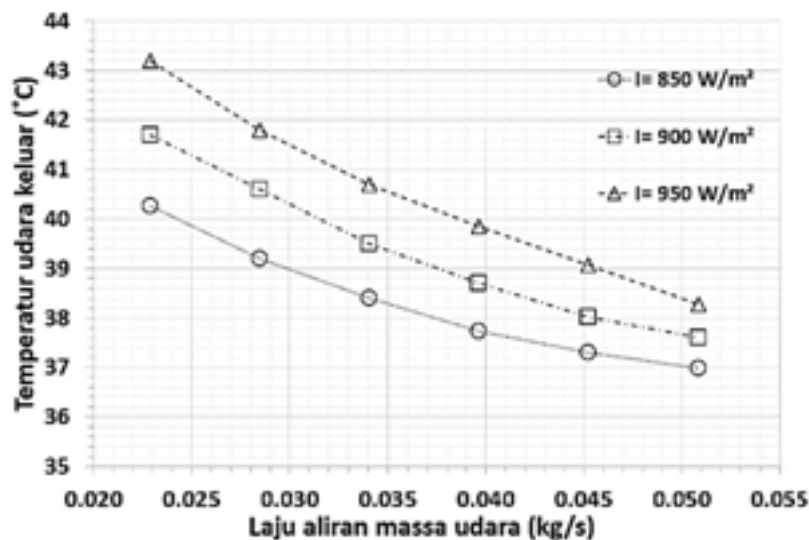


Figure 8. Temperatur udara keluar untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap  $83^\circ$

kg/s dengan intensitas  $850 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan, temperatur udara keluar tertinggi  $40.2 \text{ }^\circ\text{C}$  ketika laju aliran massa udara  $0.022 \text{ kg/s}$  dengan intensitas  $950 \text{ W/m}^2$

Gambar 11, 12 and 13 menunjukkan selisih temperatur udara terhadap laju aliran massa udara. Selisih temperatur udara dapat diketahui dari selisih perbedaan antara temperatur udara masuk dan temperatur udara keluar. Grafik pada Gambar 11, 12 and 13 menunjukkan bahwa semakin meningkatnya intensitas radiasi maka temperatur akan meningkat. Hal tersebut dikarenakan semakin besar intensitas maka panas yang diserap oleh pelat penyerap akan semakin besar sehingga temperatur udara keluar akan meningkat. Pada masing-masing intensitas terdapat enam macam variasi laju aliran massa udara.

Gambar 11 menunjukkan selisih temperatur udara untuk pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut

tekuk  $83^\circ$ . Berdasarkan Gambar 11, selisih temperatur udara terendah terjadi pada saluran pada saat intensitas  $850 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa tertinggi  $0.051 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $9^\circ\text{C}$ . Sedangkan, selisih temperatur udara tertinggi terjadi pada saluran pada saat intensitas  $950 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa terendah  $0.022 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $15.2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tren yang sama ditunjukkan pada Gambar 12 and 13. Gambar 12 menunjukkan selisih temperatur udara untuk pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk  $85^\circ$ . Berdasarkan Gambar 12, selisih temperatur udara terendah terjadi pada saluran pada saat intensitas  $850 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa tertinggi  $0.051 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Sedangkan, selisih temperatur udara tertinggi terjadi pada saluran pada saat intensitas  $950 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa terendah  $0.022 \text{ kg/s}$  yakni sebesar



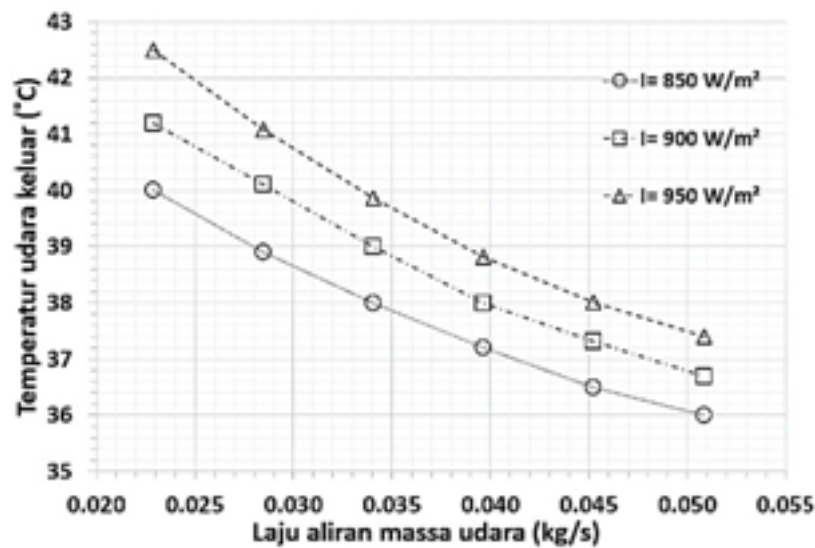


Figure 9. Temperatur udara keluar untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 85°.

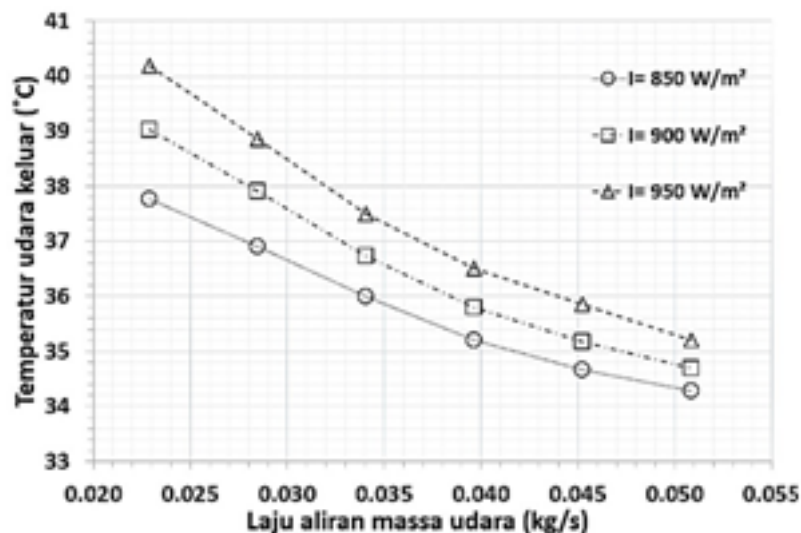


Figure 10. Temperatur udara keluar untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 87°.

14.5 °C.

Gambar 13 menunjukkan selisih temperatur udara untuk pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 87°. Berdasarkan Gambar 13, selisih temperatur udara terendah terjadi pada saluran pada saat intensitas 850 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa tertinggi 0.051 kg/s yakni sebesar 6.3 °C. Sedangkan, selisih temperatur udara tertinggi terjadi pada saluran pada saat intensitas 950 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa terendah 0.022 kg/s yakni sebesar 12.2 °C.

Gambar 14, 15 and 16 menunjukkan panas yang berguna yang dihasilkan oleh pemanas udara seperti ditunjukkan pada persamaan (1). Energi berguna merupakan fungsi dari laju aliran massa, panas spesifik, temperatur fluida masuk dan temperatur fluida keluar kolektor surya. Pada Gambar 14, 15 and 16 terlihat tren grafik naik

semakin meningkatnya kecepatan. Hal tersebut dikarenakan energi berguna akan meningkat seiring meningkatnya laju aliran massa dan kenaikan temperatur yang merupakan selisih antara temperatur fluida keluar dengan temperatur fluida masuk.

Gambar 14 menunjukkan energi berguna yang dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 83°. Berdasarkan Gambar 14 energi berguna terendah terjadi pada saat intensitas 850 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 284 W. Sedangkan, energi berguna tertinggi terjadi saat intensitas 950 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 527 W.

Gambar 15 menunjukkan energi berguna yang dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 85°. Berdasarkan Gambar 15 energi

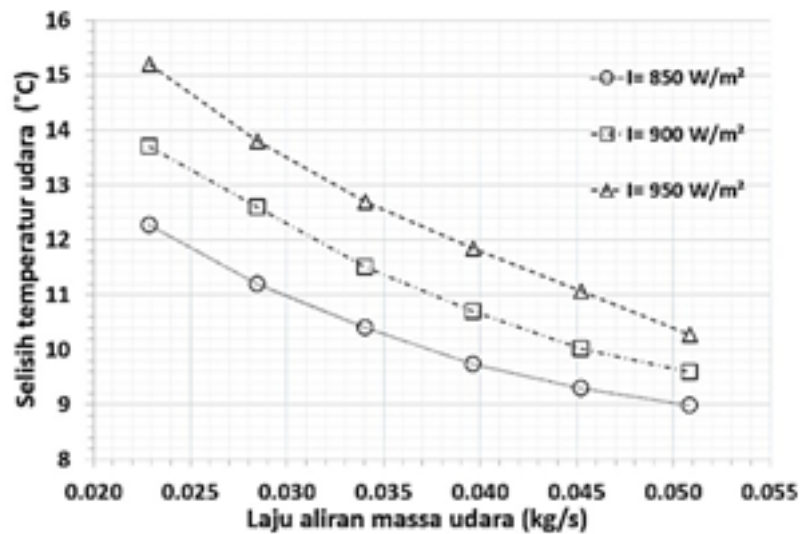


Figure 11. Selisih temperatur udara untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap  $83^\circ$ .

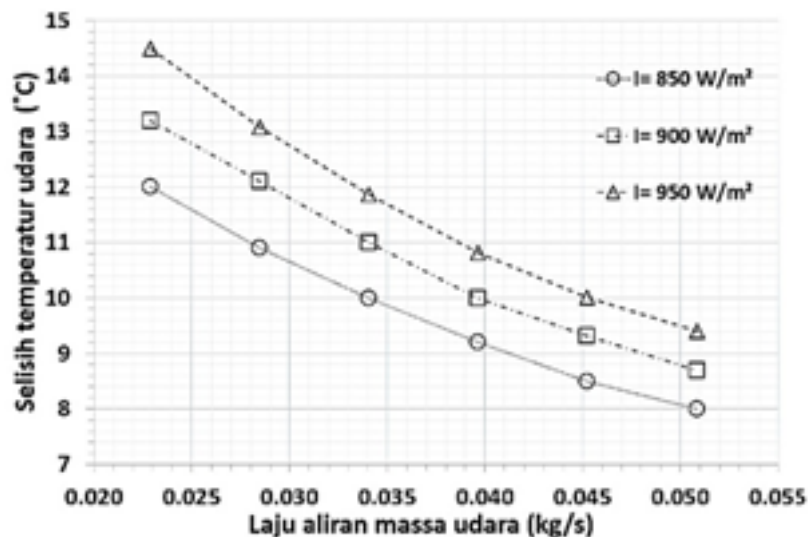


Figure 12. Selisih temperatur udara untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap  $85^\circ$ .

berguna terendah terjadi pada saat intensitas  $850 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa udara  $0.051 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $280 \text{ W}$ . Sedangkan, energi berguna tertinggi terjadi saat intensitas  $950 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa udara  $0.051 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $480 \text{ W}$ .

Gambar 16 menunjukkan energi berguna yang dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk  $87^\circ$ . Berdasarkan Gambar 16 energi berguna terendah terjadi pada saat intensitas  $850 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa udara  $0.051 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $226 \text{ W}$ . Sedangkan, energi berguna tertinggi terjadi saat intensitas  $950 \text{ W/m}^2$  saat laju aliran massa udara  $0.051 \text{ kg/s}$  yakni sebesar  $370 \text{ W}$ .

Berdasarkan Gambar 14, 15 and 16 menunjukkan panas yang berguna tertinggi dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk  $83^\circ$ . Hal tersebut dikarenakan pelat penyerap gelombang trape-

sium dengan sudut tekuk  $83^\circ$  memiliki selisih temperatur udara tertinggi saat laju aliran massa udara yang sama. Berdasarkan Gambar 4 pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk  $83^\circ$  memiliki luas permukaan yang lebih luas dalam menyerap panas. Semakin banyak panas yang diserap mengakibatkan udara di dalam saluran akan mengalami peningkatan temperatur.

Gambar 17, 18 and 19 menunjukkan efisiensi pemanas udara. Efisiensi kolektor merupakan perbandingan antara panas yang berguna dengan intensitas radiasi dan luasan kolektor. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen maka efisiensi kolektor dapat dihitung menggunakan persamaan (5) yang merupakan fungsi dari panas berguna dibagi dengan intensitas dan luas pelat penyerap, dan diplotkan kedalam grafik seperti pada Gambar 17, 18 and 19.

Gambar 17 menunjukkan efisiensi termal yang

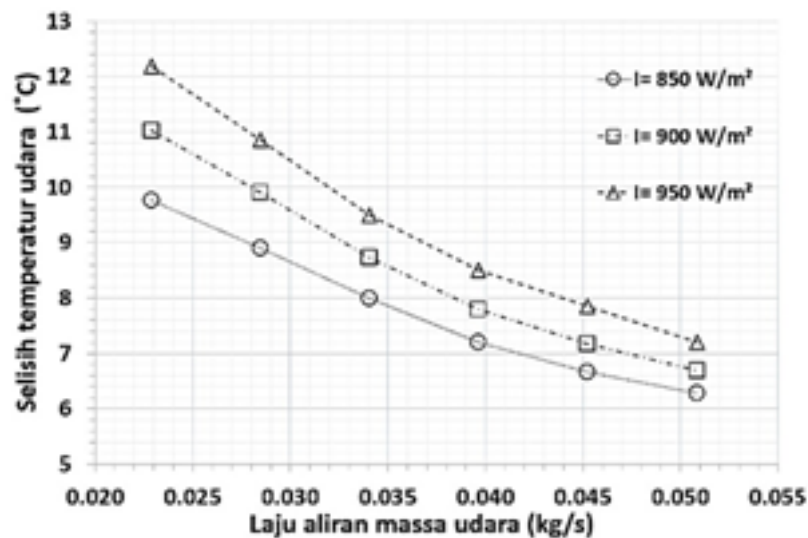


Figure 13. Selisih temperatur udara untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 87°.

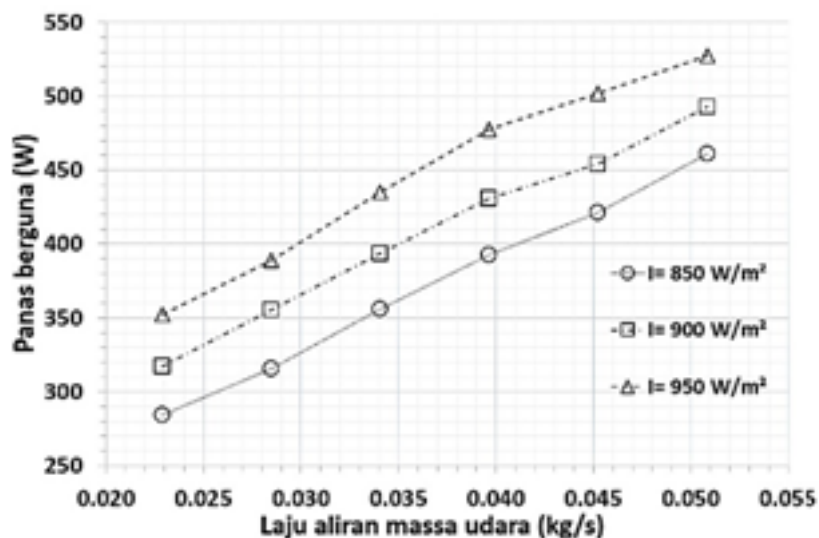


Figure 14. Panas berguna untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 83°.

dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 83°. Berdasarkan Gambar 17 efisiensi termal terendah terjadi pada saat intensitas 850 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 58.3%. Sedangkan, efisiensi termal tertinggi terjadi saat intensitas 950 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 96.8%.

Gambar 18 menunjukkan efisiensi termal yang dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 85°. Berdasarkan Gambar 18 efisiensi termal terendah terjadi pada saat intensitas 850 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 52.3%. Sedangkan, efisiensi termal tertinggi terjadi saat intensitas 950 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 81.3%.

Gambar 19 menunjukkan efisiensi termal yang

dihasilkan oleh pelat penyerap gelombang trapesium dengan sudut tekuk 87°. Berdasarkan Gambar 19 efisiensi termal terendah terjadi pada saat intensitas 850 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 42%. Sedangkan, efisiensi termal tertinggi terjadi saat intensitas 950 W/m<sup>2</sup> saat laju aliran massa udara 0.051 kg/s yakni sebesar 61.5%.

Trend grafik pada Gambar 17, 18 and 19, efisiensi terlihat naik seiring meningkatnya kecepatan. Hal tersebut dipengaruhi oleh laju aliran massa udara meningkatnya laju aliran massa udara maka energi panas yang diserap akan semakin besar sehingga efisiensi akan meningkat. Mengingat bila dinyatakan dalam matematis seperti pada persamaan (5).

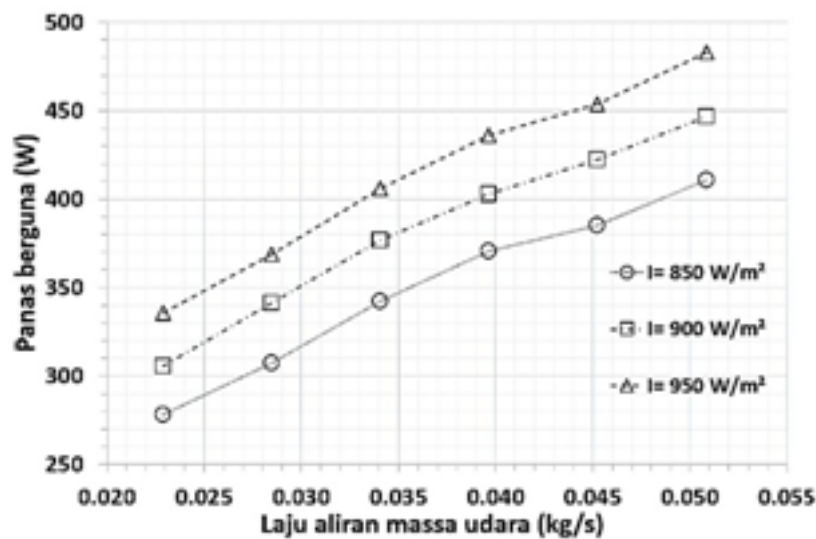


Figure 15. Panas berguna untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 85°.

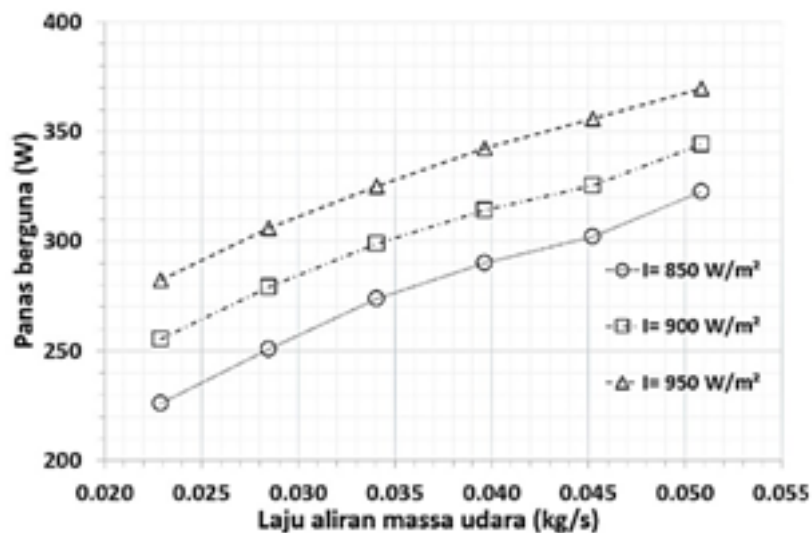


Figure 16. Panas berguna untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 87°.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. temperatur pelat penyerap mengalami peningkatan dari sisi masuk  $z = 0.2$  m hingga menuju sisi keluar  $z = 0.8$  m,
2. temperatur udara semakin menurun dengan bertambahnya laju aliran massa udara. Hal tersebut dikarenakan udara tidak cukup mengalami pemanasan di dalam saluran pemanas udara dimana di dalam saluran terjadi perpindahan panas secara konveksi paksa,
3. unjuk kerja terbaik yang dihasilkan oleh pemanas udara pelat gelombang berbentuk trapesium sudut tekuk 83° saat  $I = 950$  W/m<sup>2</sup>,

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Pemurah, atas limpahan rahmatNya. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang telah membiayai penelitian.

## REFERENCES

- [1] saleh abdurrahman et al., editors. *Outlook Energi Indonesia*. november 2016.
- [2] M A Karim and M Hawlader. Performance Investigation of Flat-pelate. *Finned Air Collectors. Energy*, 31:452–470, 2006.
- [3] Chii-Dong & Chang Ho, Hsuan, et al. *Device Performance Improvement of Recycling Double-*

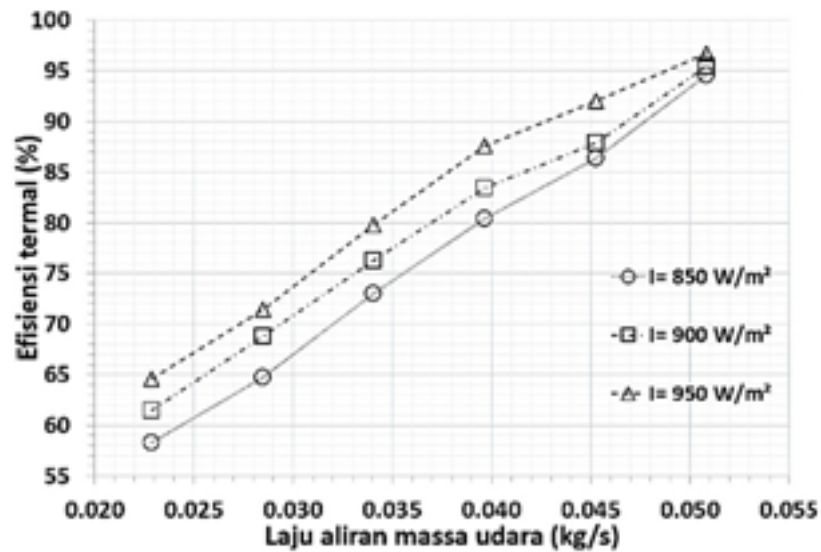


Figure 17. Efisienitermal untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 83°.

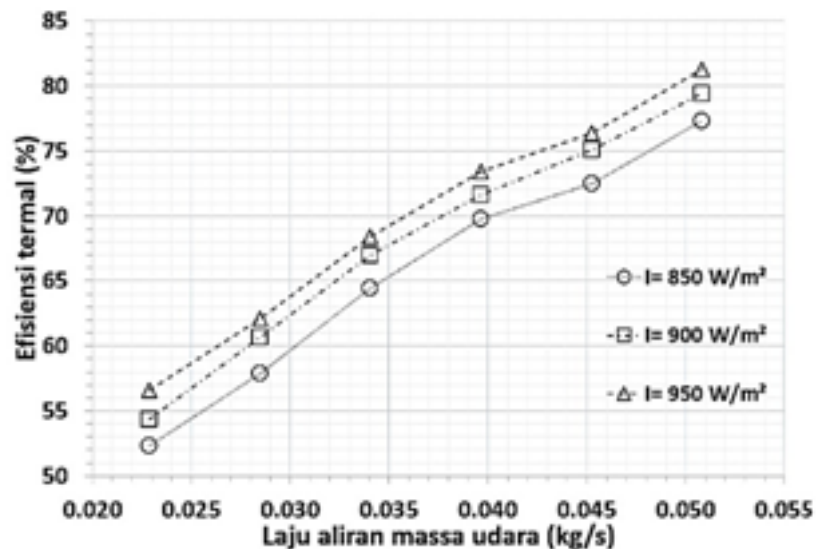


Figure 18. Efisienitermal untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 85°.

- Pass Cross-Corrugated Solar Air Collectors*, 2018.
- [4] D. V. N. Lakshmi, Apurba Layek, and P. Muthu Kumar. Performance Analysis of Trapezoidal Corrugated Solar Air Heater with Sensible Heat Storage Material. *Energy Procedia*, 109:463–470, 2017.
- [5] Santosh Vyas and Sunil Punjabi. Experimental Study of Thermal Performance Enhancement of A Flat Plate Solar Air Heater Using Optical Measurement Technique. *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering*, 4(3):81–97, 2015.
- [6] Wang Wujun and Laumert Björn. *Simulate a 'Sun' for Solar. Research: A Literature Review of Solar Simulator Technology*, page p. 37, 2014.
- [7] Aboghrara Alsanossi M. et al. Performance analysis of solar air heater with jet impingement on corrugated absorber pelate. . *Case Studies in Thermal Engineering*, 2017.
- [8] Hoy-Yen Chan, A A Vinson, S S S Baljit, and M H Ruslan. Comparison of Thermal Performances between Low Porosity Perforate Plate and Flat Plate Solar Air Collector. *Journal of Physics: Conference Series*, 989:012001–012001, 2018.
- [9] Fox Robert W and Pritchard Philip J and McDonald Alan T. *Fox and McDonald's introduction to fluid mechanics*. John Wiley & Sons, 2011.
- [10] John A Duffie and William A Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition*. John Willey and Sons, April 2013.
- [11] Bejan Adrian. *Convection heat transfer*. John Willey and Sons, United States of America, 2013.

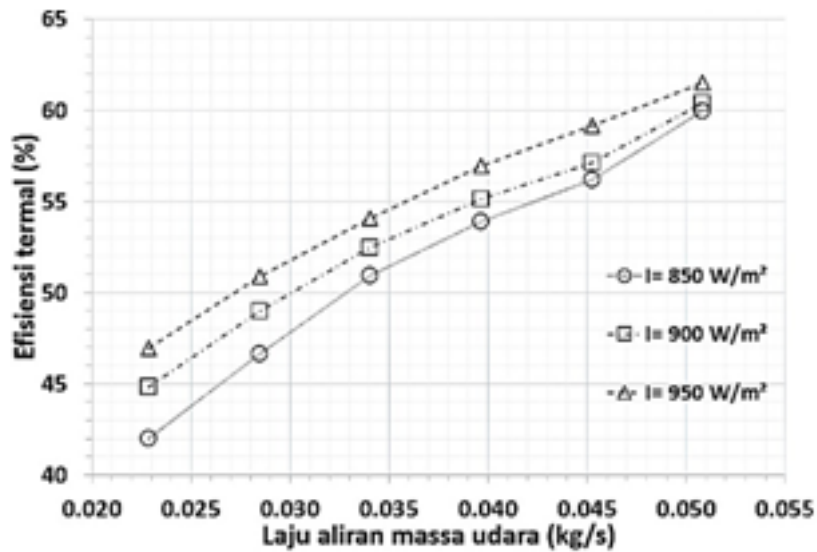


Figure 19. Efisienitermal untuk sudut tekuk trapesium pelat penyerap 87°.

**Conflict of Interest Statement:**

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Article History:**

Received: 25 October 2019 | Accepted: 25 November 2019 | Published: 30 December 2019