

Pengaruh Penempatan Sirip Berbentuk Segitiga Yang Dipasang Secara *Aligned* Dan *Staggered* Terhadap Performansi Kolektor Surya Pelat Datar

Ketut Astawa^{1)*}, I Nengah Suarnadwipa¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
awatsa@yahoo.com

Abstrak

Energi surya adalah jenis energi terbarukan yang umum digunakan karena ketersediaannya yang sangat besar. Teknologi pengolah energi surya, salah satunya adalah kolektor surya. Kolektor surya pada umumnya, menggunakan laju aliran massa udara yang secara parallel melewati pelat penyerap. Udara yang masuk inlet akan melewati pelat penyerap dan langsung keluar melalui outlet. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan pengaruh penempatan sirip berbentuk segitiga yang dipasang secara *aligned* yang mengarah ke atas pada bagian atas pelat penyerap dan *staggered* yang mengarah ke bawah pada bagian bawah dari pelat penyerap sehingga akan terjadi aliran udara secara turbulen di dalam kolektor dan dengan penambahan sirip segitiga ini juga dapat memperluas daerah penyerapan panas pada pelat penyerap kolektor surya yang secara langsung memperluas permukaan perpindahan panas dari pelat penyerap ke fluida kerja yang nantinya diharapkan mampu menghasilkan temperatur keluar kolektor yang lebih tinggi dan meningkatkan performansi kolektor surya pelat datar. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen, sebagai variable bebas dalam penelitian ini adalah intensitas radiasi matahari dan variabel terikatnya adalah energi berguna dan efisiensi kolektor surya pelat datar. Dari hasil pembahasan penempatan sirip berbentuk segitiga pada kolektor surya pelat datar yang dipasang secara *staggered* menghasilkan energi berguna dan efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan kolektor surya yang dipasang secara *aligned*. Dilihat dari rata-rata hariannya energi berguna untuk kolektor bersirip *aligned* adalah 153.01 Watt dan untuk kolektor bersirip *staggered* sebesar 157.42 Watt, sedangkan untuk efisiensinya pada kolektor surya bersirip *aligned* adalah 37.94% dan untuk kolektor bersirip *staggered* 42.12 %.

Kata kunci : Performansi kolektor surya pelat datar, sirip segitiga *aligned*, sirip segitiga *staggered*

Abstract

Solar energy is a type of renewable energy that is commonly used because of its availability is very large. Processing technology of solar energy, one of which is a solar collector. Solar collectors in general, using the mass flow rate of air which passes parallel absorber plates. Incoming air inlet will pass through the absorber plate and directly out through the outlet. This study was conducted to compare the effect of the placement of a triangular fin mounted *aligned* that leads upward to the top of the absorber plate and *staggered* downward at the bottom of the absorber plate so that it will occur in the turbulent air flow in the collector and with the addition of a triangular fin This can also extend the area of heat absorption in the absorber plate solar collector that directly expand the surface area of heat transfer from the working fluid to the absorber plate which hopefully will be able to produce out collector temperature is higher and improve performance of flat plate solar collector. This research was carried out experimentally, as the independent variable in this study is the intensity of solar radiation and the dependent variable is useful energy and efficiency flat plate solar collector. From the discussion, a triangular fin placement on flat plate solar collectors are mounted in *staggered* generate useful energy and greater efficiency than the solar collectors are biggest *aligned*. Judging from the average daily useful energy for finned *aligned* collector is 153.01 Watt and for collectors finned *staggered* at 157.42 Watt, while for its efficiency in solar collector finned *aligned* is 37.94% and for the collector finned *staggered* 42.12%.

Keywords: Performance flat plate solar collectors, triangular fins *aligned*, triangular fins *staggered*

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan manusia, energi mempunyai peranan yang penting. Dapat dikatakan setiap aktivitas manusia memerlukan energi. Energi yang diperlukan terdiri dari berbagai bentuk, kuantitas dan kualitas. Bertambahnya jumlah penduduk dunia dengan cepat dan perkembangan teknologi di berbagai sektor tentu saja akan menyebabkan meningkatnya konsumsi energi. Menyikapi hal tersebut, para

*Penulis korespondensi, Tlp: 62 87863052230
Email: awatsa@yahoo.com

ilmuwan melakukan pencarian sumber energi alternatif dengan cadangan yang berlimpah dan ramah lingkungan. Melalui serangkaian penelitian yang mereka lakukan, didapatkan beberapa jenis energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan itu diantaranya, energi surya, energi biomassa, energi angin, energi panas bumi, energi laut, energi air, dan energi hydrogen. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Matahari sebagai salah satu energi alternatif yang sangat potensial dimana potensi energi matahari ini berpotensi menghasilkan daya hingga 156.487 MW (Sumber: **Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025**). Jika dibandingkan dengan ketersediaan energi surya, maka pencapaian pemakaian ini masih sangat kecil. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut biasanya digunakan alat pengumpul panas (kolektor surya). Kolektor surya pada umumnya, menggunakan laju aliran massa udara yang secara paralel melewati pelat penyerap. Udara yang masuk inlet akan melewati pelat penyerap dan langsung keluar melalui outlet. Ada beberapa tipe kolektor surya, salah satu diantaranya yang sudah banyak dikenal adalah kolektor surya pelat datar. Jenis kolektor ini menggunakan pelat berupa lembaran, dimana untuk mendapatkan hasil yang optimal permukaan kolektor dicat dengan warna hitam doff yang berfungsi untuk menyerap radiasi matahari yang datang dan mentransfer kalor yang diterima tersebut ke fluida kerja. Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas kelingkuangan, maka digunakan penutup transparan sehingga terjadi efek rumah kaca sedangkan pada bagian bawah dan samping pelat kolektor diberikan isolasi.

Namun kolektor surya dengan menggunakan pelat datar ini belum sempurna sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk mengoptimalkannya. Berdasarkan hal tersebut banyak peneliti telah memodifikasi dan mengembangkan kolektor surya, seperti yang sudah dilakukan oleh Dhanu Wijaya (2009) yang meneliti kolektor surya pelat datar bersirip dengan aliran diatas pelat penyerap, Adi Sucipta (2009) yang meneliti kolektor surya pelat datar bersirip dengan aliran dibawah pelat penyerap. Berbekal dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan penelitian dengan memodifikasi Kolektor surya pelat datar yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dari kolektor surya ini yaitu dengan menambahkan sirip berbentuk segitiga yang disusun secara *aligned dan staggered* sehingga akan terjadi aliran udara secara turbulen di dalam kolektor. Dengan penambahan sirip berbentuk segitiga ini juga dapat memperluas daerah penyerapan panas pada pelat penyerap kolektor surya yang secara langsung memperluas permukaan perpindahan panas (heat transfer) dari pelat penyerap ke fluida kerja yang nantinya diharapkan mampu menghasilkan temperatur keluar kolektor yang lebih tinggi. Hasil pengujian dari kedua posisi penempatan sirip segitiga ini nantinya dibandingkan, sehingga diketahui mana posisi yang memberikan performansi pada kolektor surya pelat datar yang lebih optimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Prosedur penelitian dan Persamaan

Perpindahan panas atau heat transfer adalah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur, dimana energi yang berpindah tersebut dinamakan kalor atau panas (heat). Panas akan berpindah dari medium yang bertemperatur lebih tinggi ke medium yang temperaturnya lebih rendah. Perpindahan panas ini berlangsung terus sampai ada kesetimbangan temperatur diantara kedua medium tersebut.

Perpindahan panas dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

Persamaan laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier tentang Konduksi (Fourier Law of Heat Conduction), yang persamaan matematikanya sebagai berikut:

$$q_{kond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Laju perpindahan panas konveksi adalah merupakan hukum Newton tentang pendinginan (Newton's Law of Cooling) yaitu:

$$q_{konv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad (2)$$

Menurut aliran fluidanya, perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Konveksi paksa (forced convection), terjadi bila aliran fluidanya disebabkan oleh gaya luar, seperti: blower, pompa, atau kipas angin.

- b. Konveksi alamiah (natural convection), terjadi bila aliran fluidanya disebabkan oleh efek gaya apungnya (buoyancyforced effect).

Energi dari medan radiasi ditransportasikan oleh pancaran atau gelombang elektromagnetik (photon), dan asalnya dari energi dalam material yang memancar. Transportasi energi pada peristiwa radiasi tidak harus membutuhkan media, justru radiasi akan lebih efektif dalam ruang hampa. Berbeda dengan perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mutlak memerlukan media perpindahan.

Besarnya radiasi yang dipancarkan oleh permukaan suatu benda riil (nyata), adalah :

$$q_{rad,g} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \cdot A \quad (3)$$

Sedangkan untuk benda hitam sempurna (*black body*), dengan emisivitas ($\varepsilon = 1$) memancarkan radiasi, sebesar:

$$q_{rad,b} = \sigma \cdot T_s^4 \cdot A \quad (4)$$

Dan untuk laju pertukaran panas radiasi keseluruhan antara permukaan dengan sekelilingnya dengan temperatur sekeliling, T_{sur} , adalah :

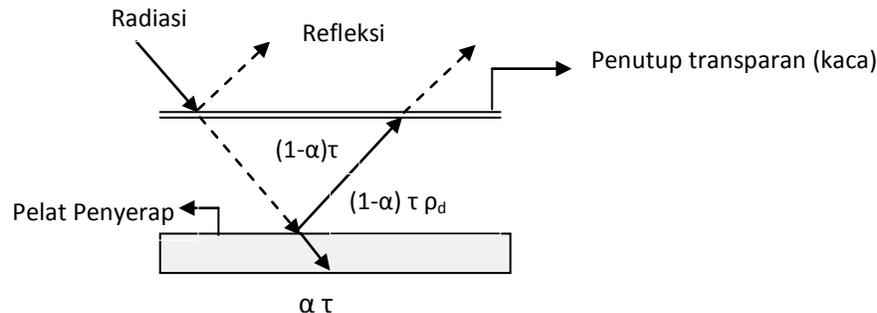
$$q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \cdot A \quad (5)$$

Dimana : ε = emisivitas ($0 \leq \varepsilon \leq 1$); q_{rad} = laju pertukaran panas radiasi (W); T_s = temperatur benda (K); σ = konstanta proporsionalitas dan disebut konstanta Stefan-boltzmann yang nilainya $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m^2K^4); A = luas bidang permukaan (m^2).

2.2 Radiasi yang diserap Kolektor Surya

Pada kolektor surya untuk pemanas udara, radiasi matahari tidak akan sepenuhnya diserap oleh pelat penyerap. Sebagian dari radiasi itu akan dipantulkan (*refleksi*) menuju bagian dalam penutup transparan. Dari penutup transparan ini beberapa akan dipantulkan kembali dan sebagian lainnya akan terbuang ke lingkungan.

Proses penyerapan radiasi matahari oleh kolektor akan diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1 Penyerapan radiasi matahari oleh kolektor

Dari energi yang menimpa masuk kolektor, maka $(\tau\alpha)$ adalah energi yang diserap oleh pelat penyerap, dan sebesar $(1 - \alpha)\tau$ dipantulkan menuju penutup. Pantulan yang mengenai penutup tersebut merupakan radiasi hambur, sehingga energi yang sebesar $(1 - \alpha)\tau\rho_d$ kemudian dipantulkan kembali oleh penutup menuju pelat penyerap. Proses pemantulan tersebut akan berulang terus. Dan besarnya energi maksimum yang diserap oleh kolektor adalah :

$$(\tau\alpha) = \tau\alpha \sum_{n=0}^{\infty} [(1 - \alpha)\rho_d]^n = \frac{\tau\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_d} \quad (6)$$

2.3 Efisiensi Kolektor Pemanas Udara Tenaga Matahari

Pengukuran performansi kolektor adalah efisiensi pengumpulannya (*collection efficiency*), yang didefinisikan sebagai rasio penambahan energi berguna (Q_u) selama periode waktu tertentu terhadap energi matahari yang menimpanya selama periode waktu yang sama. Untuk efisiensi aktual, η_a , dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta_a = \frac{Q_{u,a}}{A_c \cdot I_T} \quad (7)$$

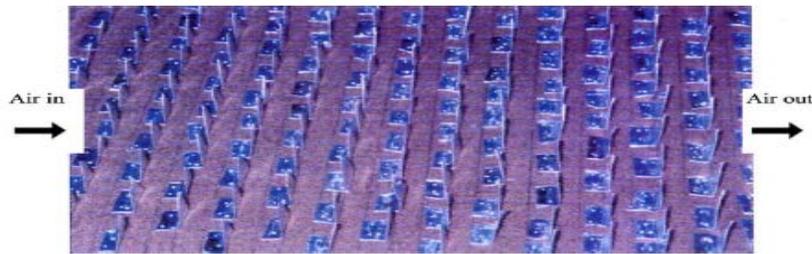
Untuk perhitungan efisiensi aktual didasarkan pada energi berguna aktualnya, dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot C_p (T_o - T_i) \quad (8)$$

2.4 Kolektor dengan Permukaan Perpindahan Panas yang Diperluas

Istilah permukaan yang diperluas secara umum digunakan pada benda padat yang mengalami transfer energi melalui konduksi sesuai kondisi batasnya dan transfer energi yang sama akan dilakukan kelingkungannya melalui konveksi dan/atau radiasi.

Untuk meningkatkan laju perpindahan dapat dilakukan dengan menambah luas penampang permukaan, dimana konveksi terjadi. Cara ini dapat dilakukan dengan menggunakan sirip yang meluas dari permukaan media padat ke dalam fluida yang berada di sekelilingnya. salah satunya adalah sirip berbentuk segitiga seperti yang dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Penghambat aliran udara dengan sirip segitiga
Sumber: (A. Abene 2003, halaman 17)

Gambar 3. menunjukkan sirip-sirip berbentuk segitiga sebagai penghambat aliran. Pada kasus ini memungkinkan aliran turbulen terjadi, dimana semakin lama turbulensi yang terjadi pada aliran udara di dalam kolektor, maka semakin besar terjadinya perpindahan panas secara konveksi antara sirip-sirip dengan udara yang mengalir.

2.5 Variabel Penelitian

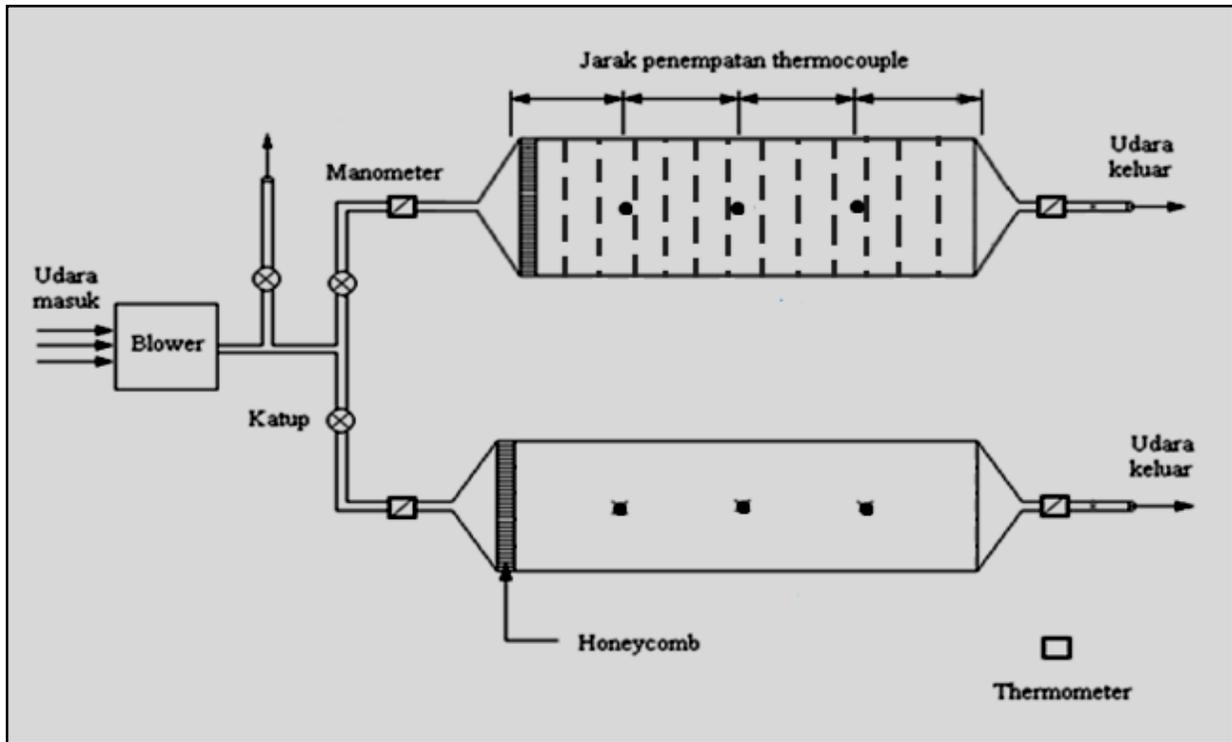
- Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi munculnya suatu gejala dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah intensitas radiasi matahari.
- Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah Energi berguna (Q_u) dan Effisiensi kolektor surya (η)

2.6 Metode Penelitian

Penelitian ini akan menguji dua buah kolektor surya pelat datar dengan menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini akan diawali dengan pembuatan kolektor surya pelat datar dengan penambahan sirip berbentuk segitiga yang dipasang secara aligned dan staggered. Sebagai perbandingan akan dilakukan penelitian terhadap kedua kolektor surya pelat datar yang telah dipasang sirip secara aligned dan staggered. Setelah persiapan selesai maka akan dilakukan pengujian pada kedua kolektor surya. Dari data-data yang didapat pada pengujian, akan dilakukan perhitungan temperatur keluar kolektor dan energi berguna secara aktual. Kemudian kedua hasil perhitungan dibandingkan dan dianalisis sehingga diketahui perbandingan performansi dari kolektor surya tersebut.

2.7 Prinsip kerja dari gambar rancangan pengujian

Pada gambar 3 ditunjukkan skematik dari alat uji ini, dimana fluida masuk melalui blower menuju pipa bercabang yang menghubungkan ke kedua kolektor surya pelat datar, dimana sebelum masuk ke kolektor, laju aliran massa fluida ditentukan menggunakan manometer sebesar 0,012 kg/s dengan cara mengatur katup, kemudian fluida akan masuk ke dalam kolektor. Radiasi matahari akan menimpa permukaan kolektor yang kemudian ditransmisikan melalui penutup transparan ke plat datar kolektor dan kemudian akan diubah menjadi energi panas oleh pelat penyerap. Selanjutnya akan terjadi perpindahan panas dari pelat penyerap dan sirip-sirip segitiga menuju fluida yang mengalir di dalam kolektor dan pada akhirnya temperatur fluida keluar menjadi meningkat.



Gambar 3 Rancangan pengujian kolektor surya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Energi Berguna dan Efisiensi

Untuk dapat menganalisa besar efisiensi dari kolektor surya pelat datar dengan penempatan sirip berbentuk segitiga yang dipasang secara aligned dan staggered, maka dilakukan perhitungan terhadap data – data yang didapat dari hasil pengujian pada setiap kolektor surya. Sebagai contoh di dalam analisa digunakan data dari hasil penelitian yang terukur paling tinggi pada masing-masing kombinasi pemasangan sirip. Laju aliran udara (\dot{m}) = 0,012 kg/s³ dan Luas kolektor (A_c) = 0,6 m²

Tabel 1 Contoh data pengujian kolektor surya pelat datar

Data pengujian sirip secara aligned	Data pengujian sirip secara staggered
- Temperatur udara masuk, T_{in} = 310 K	- Temperatur udara masuk, T_{in} = 308 K
- Temperatur cover, T_c = 338 K	- Temperatur cover, T_c = 338 K
- Temperatur pelat penyerap, T_p = 329K	- Temperatur pelat penyerap, T_p = 348,33 K
- Temperatur sirip, T_b = 319.7 K	- Temperatur sirip, T_b = 325,22 K
- Temperatur pelat bawah, T_{pb} = 339.6K	- Temperatur pelat bawah, T_{pb} = 326,33 K
- Temperatur udara keluar, T_{out} = 329 K	- Temperatur udara keluar, T_{out} = 329 K

Besarnya energi berguna dan efisiensi kolektor surya diperoleh untuk masing-masing pemasangan sirip adalah :

- **Kolektor surya pelat datar dengan pemasangan sirip secara Aligned :**
Pada Temperatur film :

$$T_{film} = \frac{T_i + T_{out}}{2} = \frac{310 + 329}{2} = 319.5 \text{ K,}$$

Besarnya $C_p = 1,00778 \text{ kJ/kg.K} = 1007,78 \text{ J/kg.K}$

- Menghitung energi berguna aktual ($(Q_{u,a})$):

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot C_p(T_{out} - T_{in}) = 0,012 \times 1007,78 (329 - 310) = 229,7 \text{ W}$$

- Menghitung Efisiensi kolektor (η_c):

Data Pengujian :

- Energi berguna, $(Q_{u,a}) = 229,7 \text{ Watt}$
- Luasan kolektor, $A_c = 0,6 \text{ m}^2$
- Intensitas radiasi matahari, $I_t = 942,98 \text{ W/m}^2$

$$\begin{aligned} \eta_c &= \frac{Q_{u,a}}{A_c \cdot I_t} = \frac{\dot{m} \cdot C_p(T_{out} - T_{in})}{A_c \cdot I_t} \\ &= \frac{229,7 \text{ W}}{0,6 \text{ m}^2 \cdot 942,98 \text{ W/m}^2} = 0,40598 \times 100 \% = 40,6 \% \end{aligned}$$

- **Kolektor surya pelat datar dengan pemasangan sirip secara Staggered :**
Pada Temperatur film :

$$T_{film} = \frac{T_i + T_{out}}{2} = \frac{308 + 329}{2} = 318,5 \text{ K},$$

Besarnya $C_p = 1,00774 \text{ kJ/kg.K} = 1007,74 \text{ J/kg.K}$

- Menghitung energi berguna aktual ($(Q_{u,a})$):

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot C_p(T_{out} - T_{in}) = 0,012 \times 1007,74 (329 - 308) = 253,95 \text{ W}$$

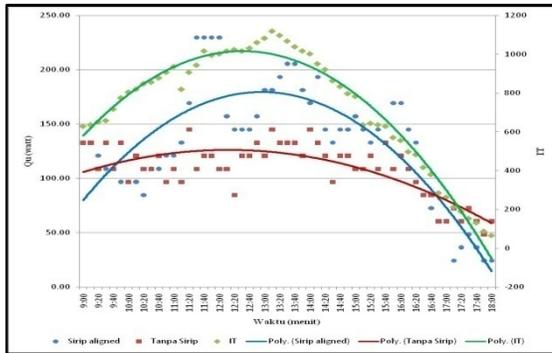
- Menghitung efisiensi kolektor (η_c):

$$\begin{aligned} \eta_c &= \frac{Q_{u,a}}{A_c \cdot I_t} = \frac{\dot{m} \cdot C_p(T_{out} - T_{in})}{A_c \cdot I_t} \\ &= \frac{253,95 \text{ W}}{0,6 \text{ m}^2 \cdot 1001,462 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 0,422632 \times 100 \% = 42,26 \% \end{aligned}$$

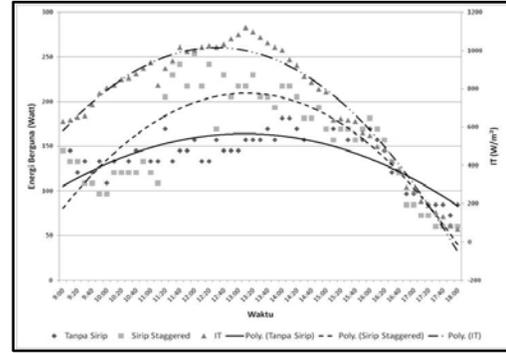
3.2 Analisa Performansi Kolektor

Untuk mempermudah melakukan analisa maka data – data hasil pengujian dan perhitungan digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik – grafik yang digambarkan tersebut adalah grafik performansi kolektor surya pelat datar yang terdiri dari grafik energi berguna aktual kolektor dan grafik efisiensi aktual kolektor.

Dari perbandingan hasil perhitungan di atas maka diperoleh hasil bahwa performansi (energy berguna dan efisiensi) untuk kolektor surya pelat datar dengan sirip yang disusun secara staggered lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor surya pelat datar dengan sirip yang disusun secara aligned. Hal ini terjadi karena sirip yang disusun secara staggered menyebabkan aliran fluida (udara) di dalam kolektor lebih merata menimpa sirip-sirip sehingga panas yang terserap oleh udara yang mengalir di dalam kolektor lebih tinggi dan menyebabkan temperature keluaran dari kolektor juga lebih tinggi.

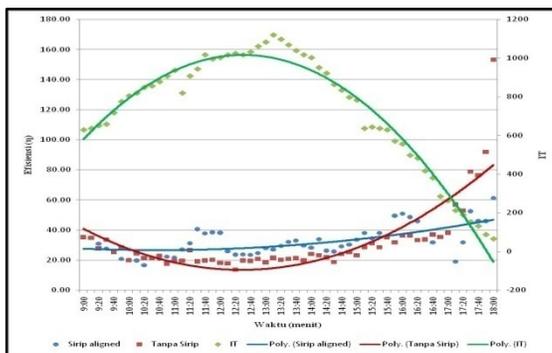


(a)

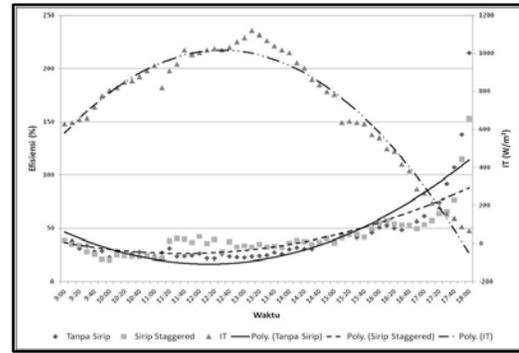


(b)

Gambar 4. Grafik energi berguna dengan susunan sirip aligned (a) dan stgtered (b)



(a)



(b)

Gambar 5. Grafik efisiensi dengan susunan sirip aligned (a) dan staggered (b)

Pada siang hari temperatur keluaran pada kolektor meningkat sehingga efisiensi pada saat itu juga meningkat. Pada sore hari terlihat pada grafik, efisiensi kedua kolektor terlihat lebih tinggi dari siang dan pagi hari. Hal tersebut disebabkan karena pelat penyerap dan sirip-sirip segitiga pada kolektor masih menyimpan panas.

4. SIMPULAN

Penelitian ini telah dilakukan dengan metode eksperimental dengan pengamatan dan pencatatan data-data yang ditunjukkan oleh alat ukur. Dari data hasil penelitian tersebut telah dilakukan perhitungan dan analisa. Selanjutnya hasil dapat disimpulkan secara kuantitatif adalah dengan energi berguna yang dihasilkan kolektor surya dengan sirip yang disusun secara staggered sebesar 157.47 Watt dan kolektor yang disusun secara *aligned* energi bergunanya sebesar 153.01 Watt. Efisiensi pada kolektor surya pelat datar dengan sirip staggered sebesar 42.12 %.sedangkan efesiensi pada kolektor surya bersirip aligned adalah 37.94%. Untuk penempatan sirip berbentuk segitiga yang disusun staggered membuktikan dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan performa kolektor surya pelat datar.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Abene *, V. Dubois, M. Le Ray, A. Ouagued, 2003, Study of a solar air flat plate collector: use of obstacles and application for the drying of grape

- [2] Duffie, J. A., and Backman, W. A., (1991), *Solar Engginering of Thermal Processes*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- [3] Jansen, Ted J. alih bahasa oleh Prof. Wiranto Arismunandar, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] DhanuWijaya, I Made., (2009), *Analisa Performa Kolektor Surya Pelat Datar Bersirip dengan Aliran di Atas dan di Bawah Pelat Penyerap*, Teknik Mesin Udayana, Bali.
- [5] Incropera and Dewit, (1996), *Fundamentals of Heat and Mass transfer*, Jhon Wiley & Sons, Inc, New York.
- [6] Suardamana, I Made (2009), *Analisa Performa Kolektor Surya Pelat Datar dengan Variasi Panjang Sirip Sebagai Pelat Penyerap*, Teknik Mesin Udayana, Bali.
- [7] Anthalano, Ali, (2008), *Studi Eksperimen Unjuk Kerja Kolektor Surya Dengan Penambahan Plat Square honeycomb*.