

Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Sepuluh Sirip Berdiameter Sama Yang Disusun Secara Sejajar

I Putu Desdi Uripa Putra, I Gusti Ngurah Putu Tenaya, I Nengah Suarnadwipa
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Energi matahari adalah salah satu sumber energi alternatif yang sangat mudah diperoleh di Indonesia, karena Indonesia terletak didaerah garis khatulistiwa. Energi surya sudah lama dimanfaatkan oleh masyarakat baik untuk pengeringan hasil pertanian dan perikanan. Namun pemanfaatan energi matahari ini belum dilakukan secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah penelitian agar energi matahari yang ada dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Kolektor surya adalah suatu alat yang mampu menyerap dan mengumpulkan energi matahari dan merubahnya menjadi energi panas yang bisa dimanfaatkan, kolektor surya pelat datar dengan sepuluh sirip berlubang berdiameter sama disusun secara sejajar, yang dimana bertujuan semakin luas bidang penyerapan panas dari pelat penyerap ke sirip berlubang didalam kolektor, sehingga udara yang mengalir melewati sirip lebih lama berada didalam kolektor. udara yang masuk kedalam kolektor lebih rendah sehingga udara akan menyerap panas pada masing-masing sirip berlubang sehingga menghasilkan temperatur keluar lebih besar. Penelitian dilakukan secara eksperimental. Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dengan pengamatan dan pencatatan data. Hasil yang dicapai paling tinggi diambil pada pukul 12: 40 am, dimana intensitas radiasi terukur dari solar powermeter (I_T) sebesar 1.122 W/m^2 maka temperatur keluar yang dihasilkan sebesar 323 K , energi berguna yang dihasilkan sebesar 104.7904 W dan efisiensi yang dihasilkan sebesar $15,5660\%$.

Kata kunci : Kolektor surya pelat datar, sirip pelat berlubang, performan kolektor

Abstract

Solar energy is one of alternative energy source that is readily available in Indonesia, because Indonesia is located in the area of the equator. Solar energy has been used by the community for agricultural products and drying fish. However, the utilization of solar energy is yet performed optimally. Therefore it is necessary to do a study that the existing solar energy can be utilized as much as possible. Solar collector is a device that able to absorb and collect solar energy and convert it into heat energy that can be utilized, flat plate solar collector with ten fin perforated same diameter arranged in parallel, where the broad field of heat absorption of the plate absorber to the fin cavities inside the collector, so that the air flowing through the fins longer resides in the collector air enters the collector is lower, so the air will absorb heat at each fin perforated resulting in a larger exit temperature. The study was carried out experimentally. From the testing that has been carried out by observation and recording of data. Results achieved the highest taken at 12: 40 am, where the intensity of radiation measured and solar powermeter (IT) amounted to $1,122 \text{ W / m}^2$, the exit temperature generated at 323 K , useful energy generated at 104.7904 W and efficiencies generated by $15,5660\%$.

Keywords: flat plate solar collectors, perforated plate fin, collector performan

1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia terhadap sinar matahari di bumi sangat besar untuk kelangsungan kehidupan, terutama bagi masyarakat yang mata pencahariannya di bidang sektor pertanian dan perikanan. Masyarakat yang bekerja di bidang pertanian dan perikanan ada yang memerlukan proses pengeringan, bertujuan agar hasil yang di peroleh atau di panen tidak cepat membusuk sehingga dapat disimpan dalam waktu lebih lama. Ketersediaan sumber energi matahari yang besar mendorong manusia untuk menciptakan alat yang memanfaatkan sumber energi matahari sebagai energi alternatif. Di Indonesia sumber energi sinar matahari sangat besar dilihat wilayah Indonesia yang dilalui garis katulistiwa oleh sebab itu sumber energi matahari sangat besar. Berdasarkan hal tersebut penggunaan berbagai teknologi

dikembangkan untuk memanfaatkan energi sinar matahari sebagai sumber energi alternatif dan salah satunya adalah kolektor surya yaitu suatu alat yang menyerap dan mengumpulkan energi matahari dan merubahnya menjadi energi panas (kalor) yang bisa dimanfaatkan. Dimana kolektor surya pelat datar ini dicat berwarna hitam doff yang berfungsi untuk menyerap radiasi matahari yang datang dan menstransfer kalor yang diterima tersebut ke fluida, penggunaan pelat tersebut akan dapat meningkatkan penyerapan radiasi sinar matahari. Radiasi sinar matahari akan mengenai pelat penyerap dimana sebagian akan dipantulkan ke penutup transparan atau kaca transparan dan sebagian akan dipantulkan ke bagian lainnya. Kolektor surya ini dialiri fluida udara yang dikeluarkan oleh blower akan masuk ke dalam kolektor, aliran udara akan dibagi oleh honeycomb agar udara yang masuk kedalam kolektor

menyebar secara merata, setelah aliran fluida udara di bagi oleh honeycomb secara merata fluida udara akan mengenai dinding sirip dimana aliran udara akan berubah menjadi aliran turbulenyang akan mengalir kesegala arah didalam kolektor dan juga aliran udara tersebut akan menyerap panas pada pelat penyerap, sebagian fluida udara akan mengalir ke bagian sirip kolektor lainnya melalui lubang yang ada pada sirip. Udara akan kembali mengenai sirip kedua aliran turbulen akan terus terjadi sampai melewati sirip terakhir dan menghasilkan energy yang berguna.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

Adapun rumusan masalah yang dibahas dari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh penambahan sepuluh sirip berlubang dengan diameter lubang sama yang disusun sejajar pada kolektor surya pelat datar.

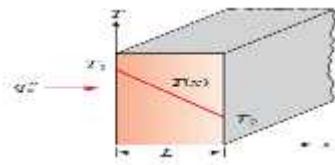
Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Penutup transparan atau kaca transparan diasumsikan bersih dari debu dan kotoran.
2. Aliran udara yang mengalir *steady flow* atau *steady state*.
3. Lubang sirip disusun secara sejajar.
4. Efisiensi daya *input* blower diabaikan.

2. Dasar Teori

2.1. Perpindahan panas secara konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas melalui benda padat atau fluida yang diam. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang dimana prosesnya energi panas akan mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah pada benda padat.. Dari proses perpindahan panas secara konduksi pada *steady state* melalui dinding datar suatu dimensi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perpindahan panas konduksi pada bidang datar

Sumber: (Incropera dan DeWitt, 3rd ed.)

Persamaan laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier (Fourier Law of Heat Conduction) tentang konduksi, yang persamaan matematikanya dituliskan sebagai berikut (Kreith, Frank, 1997):

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

Dimana:

- q_{kond} = Laju perpindahan panas konduksi (W)
- k = Konduktivitas thermal bahan (W/m.K)

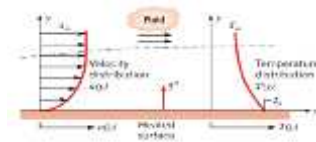
A = Luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = Gradien temperatur pada penampang tersebut (K/m)

Tanda (-) diselipkan agar memenuhi hukum Termodinamika II, yang menyebutkan bahwa, panas dari media bertemperatur lebih tinggi akan bergerak menuju media yang bertemperatur lebih rendah.

2.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak, begitu pula sebaliknya, yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur. Suatu fluida memiliki temperatur (T) yang bergerak dengan kecepatan (u), diatas permukaan benda padat (Gambar 2).



Gambar 2. Perpindahan panas konveksi dari permukaan media padat ke fluida yang mengalir

Sumber: (Incropera dan DeWitt, 3rd ed.)

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada Hukum Newton tentang pendinginan (*Newton's Law of Cooling*) (Incropera and De Witt), dimana:

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

Dimana:

- q_{konv} = Laju perpindahan panas konveksi (W)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot K$)
- A_s = Luas permukaan perpindahan panas (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan (K)
- T_{∞} = Temperatur fluida (K)

2.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah suatu energi dari medan radiasi di transportasikan melalui pancaran gelombang elektromagnetik (*photon*), dan asalnya dari energi dalam material yang memancar. Untuk laju pertukaran panas radiasi keseluruhan, antara permukaan dengan sekelilingnya (*surrounding*) dengan temperatur sekeliling (T_{sur}), adalah:

$$q_{rad} = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \cdot A \dots \dots \dots (3)$$

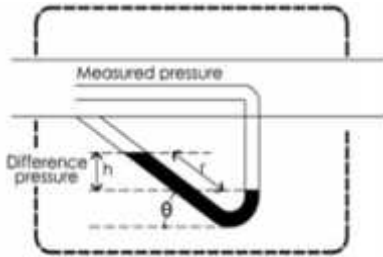
Dimana:

- q_{rad} = laju pertukaran panas radiasi (W)
- ϵ = Nilai emisivitas suatu benda (0 1)
- σ = Konstanta proporsionalitas, disebut juga konstanta Stefan Boltzmann. Dengan nilai $5,67 \times 10^{-8} (W/m^2K^4)$
- A = Luas bidang permukaan (m^2)

T_s = Temperatur benda (K)

2.4. Laju Aliran Massa Fluida

Pengujian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui performansi kolektor surya pelat datar dengan menggunakan sirip berlubang berdiameter sama, sebagai pelat penyerap dan pelat bawah yang terbuat dari bahan dan bentuk yang sama, dengan pelat penyerap untuk membuat laju aliran fluida mengikuti kontur pelat yang berdiameter lubang sirip sama. Untuk mengetahui besarnya laju aliran massa dapat diketahui dari perbedaan tinggi rendahnya ketinggian manometer saat proses pengujian.



Gambar 3. Inclined manometer

Menghitung laju aliran massa:

1. Menghitung perbedaan ketinggian pada manometer:
 $\Delta h = \sin \theta \cdot r$(4)
2. Menghitung kecepatan udara:
 $v = \left(\frac{2\rho_0 g \Delta h}{\rho} \right)^{1/2}$ (5)
3. Menghitung luas saluran masuk fluida kerja:
 $A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot (D_p)^2$ (6)

Setelah mendapatkan luas saluran masuk dan kecepatan udara maka laju aliran massa dapat dihitung:

$$\dot{m} = v \cdot \rho_u \cdot A \text{(7)}$$

Dimana:

- \dot{m} = laju aliran massa (kg/s)
- v = kecepatan udara (m/s)
- A = luas saluran masuk udara (m^2)
- ρ_u = massa jenis udara (kg/m^3)

2.5 Energi Berguna Kolektor Surya

Untuk perhitungan energi yang diserap atau energi berguna pada kolektor digunakan persamaan:

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

Dimana:

- $Q_{u,a}$ = panas yang berguna (W)
- \dot{m} = laju aliran massa fluida (kg/s)
- C_p = kapasitas panas jenis fluida ($J/kg \cdot ^\circ C$) nilai C_p didapat dari properties fluida berdasarkan temperature $T_{fluida} = \frac{T_i + T_{out}}{2}$
- T_o = temperatur fluida keluar ($^\circ C$)

T_i = temperatur fluida masuk ($^\circ C$)

2.6 Efisiensi Kolektor Surya

Efisiensi kolektor adalah perbandingan panas yang diserap oleh fluida atau energi berguna dengan intensitas matahari yang mengenai kolektor.. Performansi kolektor dapat dinyatakan dengan

Performansi secara keseluruhan sangat dipengaruhi oleh performansi dari kolektor. Pengujian sistem kolektor surya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Pengujian untuk menentukan performansi kolektor.
2. Pengujian untuk menentukan performansi sistem secara keseluruhan.

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan performansi kolektor yang menggunakan pelat datar saja sebagai *absorber*. Pengujian menggunakan metode *Instantaneous efficiency* (menggunakan metode dengan menghitung efisiensi dalam jangka waktu sesaat atau setiap 20 menit sekali)

Efisiensi kolektor surya dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{Q_{u,a}}{A_c \cdot I_T} = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)}{A_c \cdot I_T} \text{(9)}$$

)

Dimana:

- η = efisiensi kolektor
- $Q_{u,a}$ = panas berguna (W)
- \dot{m} = laju aliran massa fluida (kg/s)
- C_p = kapasitas panas jenis fluida ($J/kg \cdot ^\circ C$)
- T_o = temperatur fluida keluar ($^\circ C$)
- T_i = temperatur fluida masuk ($^\circ C$)
- A_c = luas bidang penyerapan kolektor (m^2)
- I_T = radiasi surya yang jatuh pada bidang kolektor (W/m^2)

3. Metode Penelitian

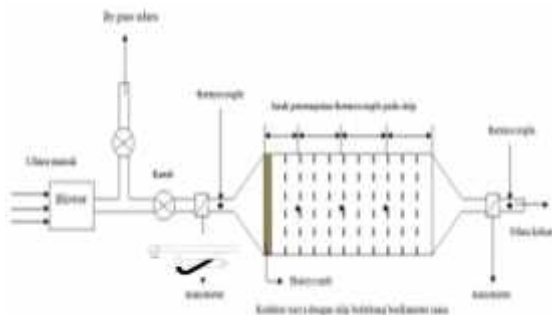
3.1 Alat ukur yang akan digunakan dalam langkah pengujian.

- a. *Thermometer digital*
Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan tempat pengujian kolektor surya.
- b. *Thermometer digital*
Diletakkan pada beberapa titik pengukuran. Dimana alat ini difungsikan untuk mengukur temperatur pada alat penyerap, temperatur udara yang keluar masuk kolektor, dan temperatur pada kaca penutup.
- c. *Solarimeter*
Alat ini digunakan untuk mengukur intensitas radiasi sinar matahari.
- d. *Stopwatch*
Digunakan sebagai alat bantu untuk pengingat waktu selama proses pengujian.
- e. *Inclined manometer*
Digunakan untuk mengukur tekanan udara yang masuk kedalam kolektor

- f. *Blower*
Untuk mengalirkan udara pada kolektor.
- g. *Pelat besi eser dengan ketebalan 1,2 mm*
Digunakan untuk membuat pelat penyerap, dinding kolektor dan sirip berlubang.
- h. *Kaca bening dengan ketebalan 3 mm*
Digunakan untuk penutup permukaan kolektor.
- i. *(setearofoam) dengan ketebalan 10 mm*
Digunakan sebagai isolasi untuk menghindari kehilangan panas kelingkungan.
- j. *Triplek dengan ketebalan 3 mm*
Digunakan sebagai isolasi untuk menghindari kehilangan panas ke lingkungan
- i. *Besi Hollow dengan ukuran 20mm x 20mm.*
Digunakan sebagai kerangka kolektor surya.
- j. *Pipa PVC dengan ketebalan 55 mm*
Digunakan sebagai saluran masuk fluida

3.2 Instalasi Pengambilan Data

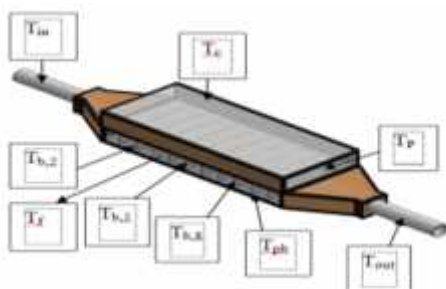
Untuk mendapatkan hasil data dari kolektor surya pengujian dilakukan dengan merangkai komponen-komponen yang akan digunakan dan posisi kolektor akan diletakan secara mendatar di tempat yang datar agar terkena sinar matahari. Untuk pengujian kolektor tersebut pada Gambar 4.



Gambar 4 Rancangan pengujian kolektor surya dengan 10 sirip

3.3 Penempatan Alat Ukur

Alat ukur thermocouple akan tempatkan dimasing-masing kolektor di beberapa titik yaitu pada pelat penyerap, kaca bening, masing-masing sirip serta pada aliran udara masuk dan keluar kolektor.



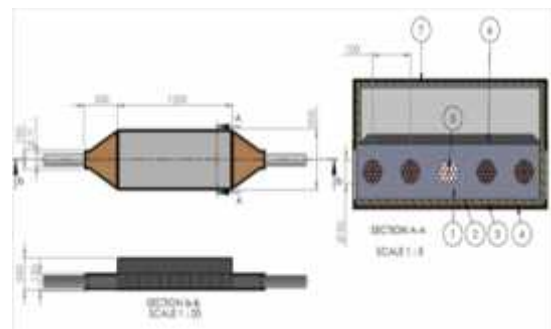
Gambar 5. Penempatan alat ukur

Keterangan:

- a. Temperatur udara luar, (T_a)
- b. Temperatur kaca, (T_c)
- c. Temperatur pelat penyerap, (T_p)
- d. Temperatur sirip, (T_b) T_{b2} . T_{b5} . T_{b8} .
- e. Temperatur pelat bawah, (T_{pb})
- f. Temperatur udara masuk kolektor, (T_{in})
- g. Temperatur udara keluar kolektor, (T_{out})
- h. Temperatur udara dalam, (T_f)

3.4 Spesifikasi Kolektor Surya

Luas kolektor surya yang dipakai $A = 0,6 \text{ m}^2$, dengan lebar kolektor $W_p = 0,5 \text{ m}$ dan panjang kolektor $L_p = 1,2 \text{ m}$. pelat penyerap, pelat berlubang dan pelat bawah dengan menggunakan pelat besi dengan ketebalan 1,2 mm yang di cat hitam doff. Untuk penutup transparannya menggunakan kaca bening dengan ketebalan sebesar 3 mm. Pada bagian bawah dan samping diberi isolasi yang terdiri dari gabus (*Stearofoam*) dengan ketebalan 10 mm dan triplek dengan ketebalan 3 mm. jarak antara kaca dengan pelat penyerap $N = 130 \text{ mm}$. dan saluran udara di antara pelat bagian bawah dengan jarak yaitu 130 mm. Diameter yang digunakan pada sirip yaitu 50 mm.



Gambar 6. Dimensi kolektor surya pelat datar aliran *impinging jets*

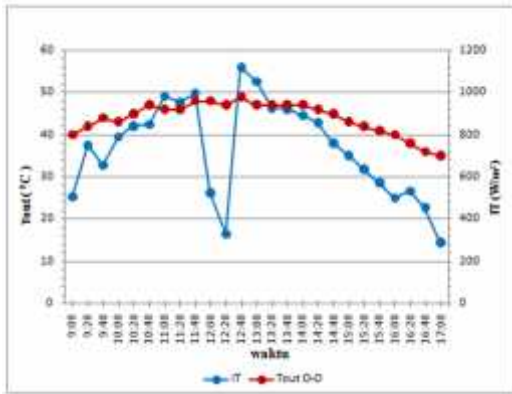
Keterangan Gambar :

- 1. Siripbelubang 5
- 2. Pelat penyerap atas 1.2 mm
- 3. Stearifoam 10 mm
- 4. Triplex 3 mm
- 5. *Honeycomb*
- 6. Pelat penyerap bawah 1.2 mm
- 7. Kaca bening 3mm

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Temperatur Keluar (T_{out}) Kolektor Pelat Datar.

Dari hasil perhitungan temperature keluar pada tanggal selasa 16 agustus 2016 yang diperoleh maka dapat di grafik sebagai berikut :

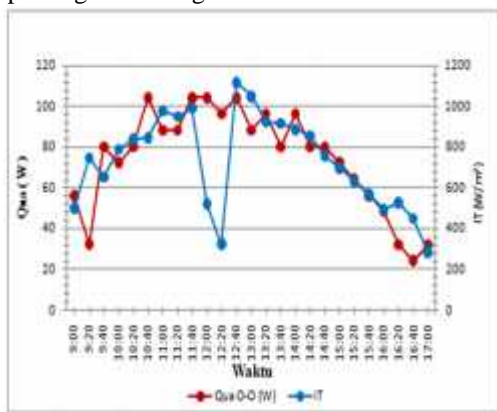


Gambar 7. Grafik perbandingan temperatur keluar (Tout) kolektor terhadap waktu

Pada Gambar grafik 7, juga menunjukkan intensitas radiasi matahari yang tidak konstan, dan di pengaruhi oleh faktor cuaca menyebabkan temperatur keluar kolektor menjadi naik turun. Pada pukul 9:00 sampai 11:40 intensitas radiasi matahari naik, pukul 12:00 sampai pukul 12:20 intensitas radiasi turun, di karenakan faktor cuaca berawan, pada pukul 12:40 sampai 17:00 intensitas radiasi kembali naik. Gambar 7 dapat di jelaskan bahwa intensitas matahari yang diserap kolektor mempengaruhi temperatur keluar yang dihasilkan kolektor, di mana semakin besar intensitas maka panas yang diserap oleh bidang penyerapan panas kolektor semakin besar sehingga panas yang dapat di distribusikan dari sirip ke fluida mengalir juga besar sehingga kolektor surya menghasilkan temperatur keluar semakin besar,

4.2. Energi Berguna (Qu,a) Kolektor Pelat Datar

Dari hasil perhitungan energi berguna pada tanggal senin 16 agustus 2016 yang diperoleh maka dapat di grafik sebagai berikut :



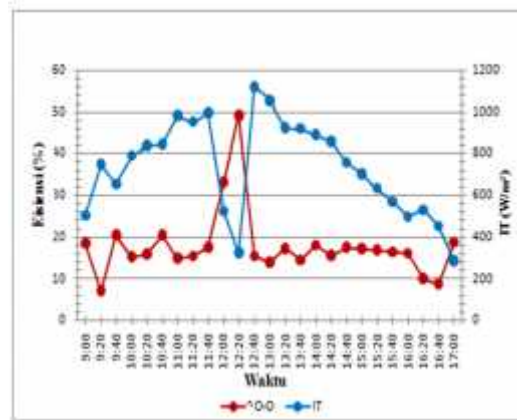
Gambar 8. Grafik perbandingan energi berguna (Qua) kolektor terhadap waktu

Dari gambar grafik , diatas terlihat bahwa energi berguna yang di hasilkan di pengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, Pada pukul 9:00 ampai 12:00 intensitas radiasi matahari naik, pukul 12:20

sampai pukul 14:20 intensitas radiasi turun, di karenakan faktor cuaca berawan, pada pukul 14:40 sampai 17:00 intensitas radiasi kembali naik. Dimana besarnya energi berguna mengikuti besarnya intensitas radiasi matahari, ini dikarenakan luasnya bidang penyerapan panas dari pelat penyerap ke sirip berlubang lebih besar, udara yang mengalir melewati sirip berlubang lebih lama berada di dalam kolektor sehingga panas yang diserap oleh fluida mengalir sangat besar sehingga menghasilkan temperatur keluar yang besar, sehingga energi berguna yang di hasilkan juga besar.

4.3 Efisiensi (a) Kolektor Pelat Datar

Dari hasil perhitungan efisiensi pada tanggal senin 16 agustus 2016 yang diperoleh maka dapat di grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik perbandingan efisiensi (a) kolektor terhadap waktu

Dari Gambar grafik 9, diatas dapat dilihat efisiensi yang dihasilkan kolektor surya dipengaruhi oleh intensitas matahari. Pada pukul 9:00 ampai 12:00 intensitas radiasi matahari naik, pukul 12:20 sampai pukul 14:20 intensitas radiasi turun, di karenakan faktor cuaca berawan, pada pukul 14:40 sampai 17:00 intensitas radiasi kembali naik. Terlihat semakin besar intensitas radiasi matahari yang diserap kolektor akan menghasilkan temperatur keluar yang lebih tinggi, dimana akan mengakibatkan energi berguna yang dihasilkan kolektor akan lebih besar, ini di karenakan luasnya bidang penyerapan panas dari pelat penyerap ke sirip berlubang lebih besar, udara yang mengalir melewati sirip berlubang lebih lama berada di dalam kolektor, sehingga panas yang diserap oleh fluida mengalir dan pelat penyerap ke fluida juga akan besar pula, sehingga kolektor akan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi juga.

5 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dengan pengamatan dan pencatatan data, maka dapat disimpulkan performansi pada kolektor surya pelat datar dengan sepuluh sirip berlubang berdiameter sama yang disusun secara

sejajar. Dapat meningkatkan performa temperatur keluar, energy berguna dan efisiensi. Hasil yang dicapai paling tinggi di ambil pada pukul 12: 40 pm dimana intensitas radiasi terukur dari solar powermeter (I_T) sebesar 1.122 W/m^2 maka temperatur keluar yang di hasilkan sebesar 322 K, dan energi berguna yang di hasilkan sebesar 104,7904 W, efisiensi yang di hasilkan sebesar 15,5660%.

Daftar Pustaka

- [1] RanggaIswara, I.D.G, (2007),” *Pengaruh Penempatan Sirip Berbentuk Segitiga Yang Dipasang Secara Aligned Terhadap Performa Kolektor Surya Pelat Datar*”, Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- [2] Subadiyasa, I Kadek, (2009),“ *Pengaruh Penempatan Sirip Berbentuk Segitiga Pada Kolektor Surya Pelat Datar Yang Dipasang Secara Staggered*”, Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- [3] Gigih Predana Putra, I Nyoman, (2010),” *Analisis Performansi Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Variasi Sirip Berlubang*”,Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- [4] Incropera and Dewitt (1996), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wily & Sons, Inc, New York
- [5] Holman, J. P., alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M.Sc, (1985), *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta
- [6] Arismunandar, Wiranto, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.