

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

I Putu Roni Ambara, I Gusti Ngurah Putu Tenaya, I Nengah Suarnadwipa
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Energi surya adalah salah satu sumber energi alternatif yang sangat mudah diperoleh di Indonesia khususnya di Bali, karena merupakan negara yang terletak didaerah khatulistiwa. Energi surya sudah lama dimanfaatkan oleh masyarakat baik untuk pengering hasil pertanian, pembangkit listrik, dan pemanas air. Namun pemanfaatan energi surya ini tidak dilakukan secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah penelitian agar energi surya yang ada dapat dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin. Kolektor surya adalah sebuah alat yang mampu menyerap dan memindahkan panas dari energi surya ke fluida kerja. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Dimana kolektor surya pelat datar bertujuan untuk dapat meningkatkan performa dari kolektor surya ini yaitu dengan memasang sirip berlubang berdiameter sama. Diameter yang dimaksudkan adalah dengan membuat sepuluh sirip berlubang berdiameter sama yang disusun secara *staggered*. Tujuan dari pemasangan sirip berlubang berdiameter sama yang disusun secara *staggered* yaitu, untuk memperluas bidang penyerapan panas dari pelat penyerap ke fluida kerja, sehingga udara yang mengalir dengan laju aliran massa tertentu di antara pelat penyerap dan pelat bawah dapat meningkatkan performansi dari kolektor surya. Setelah dilakukan pengujian terhadap kolektor surya pelat datar dengan sepuluh sirip berdiameter sama yang disusun secara *staggered*, maka didapatkan hasil performansi kolektor surya yang paling besar pada intensitas radiasi matahari 1.122 W/m^2 dengan temperatur udara keluar kolektor 324 K , energi berguna yang dihasilkan sebesar $112,87 \text{ W}$ dan efisiensi sebesar $16,77 \%$.

Kata Kunci : Kolektor surya pelat datar, Sirip pelat berlubang, Performa kolektor

Abstract

Solar energy is one alternative energy source that is readily available in Indonesia, especially in Bali, because it is a country located in the area of the equator. Solar energy has long been used by public good for drying agricultural products, power generation, and water heaters. However, the utilization of solar energy is not performed optimally. Therefore it is necessary to do a study that the existing solar energy can be utilized to the maximum extent possible. Solar collector is a device that is able to absorb and transfer heat from the solar energy to the working fluid. This research uses experimental methods. Where the flat plate solar collector aims to improve the performance of this solar collector is by installing the same diameter perforated fin. Diameter is meant to make the same diameter ten perforated fin arranged in *staggered*. The purpose of the installation of the same diameter perforated fin arranged in *staggered*, to expand the field of heat absorption from the absorber plate to the working fluid, so that air flows with a certain mass flow rate between the absorber plate and bottom plate may improve the performance of the solar collectors. After testing the flat plate solar collector with ten fin same diameter arranged in *staggered*, then showed the performance of the solar collector is greatest in the intensity of solar radiation 1122 W/m^2 with the temperature of the air out the collector 324 K , useful energy produced by $112,87 \text{ W}$ and efficiency of 16.77% .

Keywords : flat plate solar collectors, perforated plate fin, Performance collectors

1. Pendahuluan

Di Indonesia khususnya di Bali terus dilakukan berbagai usaha penghematan energi dengan pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan. Salah satunya yaitu dengan pemanfaatan energi surya yang sangat mendukung akan pemanfaatannya diberbagai sektor, seperti pengering hasil pertanian, pembangkit listrik, dan pemanas air. Energi surya adalah salah satu energi alternatif yang dirasakan sangat sesuai dengan kondisi saat ini karena disamping murah juga bersifat renewable dan tersedia sangat melimpah didaerah tropis. Kolektor surya merupakan salah satu contoh alat yang memanfaatkan energi surya. Dengan kolektor surya kita dapat memanfaatkan energi surya untuk pemanas udara. Kolektor surya adalah sebuah alat yang

mampu menyerap dan memindahkan panas dari energi surya ke fluida kerja. Saat ini semakin banyak pemanfaatan dari kolektor surya sebagai alat pemanas udara. Sehingga perlu dilakukan pengembangan pada kolektor surya untuk mendapatkan hasil pemanas udara yang lebih maksimal. Ada beberapa tipe kolektor surya, salah satunya diantaranya yang sudah banyak dikenal adalah kolektor surya pelat datar. Jenis kolektor ini menggunakan pelat datar yang dicat hitam doff, tujuannya untuk dapat meningkatkan penyerapan radiasi sinar matahari yang optimal, selanjutnya radiasi sinar matahari akan mengenai pelat penyerap dimana sebagian akan dipantulkan ke penutup transparan atau kaca transparan dan sebagian akan dipantulkan kebagian lainnya. Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas kelingkuangan, maka

digunakan tutup transparan sehingga terjadi efek rumah kaca, sedangkan pada bagian dibawah diberikan isolasi.

Kolektor surya ini dialiri fluida udara yang akan dikeluarkan oleh blower akan masuk kedalam kolektor melalui *honeycomb*. *Honeycomb* akan membagi aliran udara yang masuk ke dalam kolektor, agar udara yang berada di dalam kolektor lebih merata. Setelah aliran udara dibagi oleh *honeycomb* udara akan masuk kedalam kolektor dan pertama kali akan mengenai sirip berlubang, sehingga aliran udara akan berubah menjadi aliran turbulen yang akan mengalir ke segala arah dan juga aliran udara tersebut akan menyerap panas melalui pelat penyerap. Kemudian aliran udara akan mengalir mengenai dinding sirip dan lubang sirip lainnya, karena penempatan jarak sirip lebih rapat. Sehingga aliran udara akan berubah lagi menjadi aliran turbulen, menyebabkan udara akan lama berada didalam sirip kolektor. Aliran turbulen akan terus terjadi didalam kolektor sampai udara mengalir melewati lubang terakhir dan keluar dari kolektor surya akan menghasilkan udara panas yang berguna.

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

Bagaimana pengaruh penambahan sirip berlubang berdiameter sama yang disusun secara *staggered* terhadap performansi kolektor surya pelat datar.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

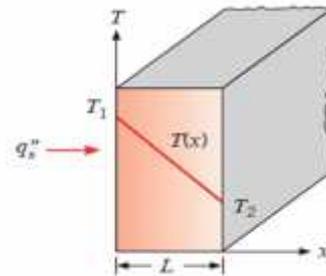
1. Penutup transparan atau kaca transparan diasumsikan bersih dari debu dan kotoran.
2. Aliran udara yang mengalir *steady flow* atau *steady state*.
3. Lubang sirip disusun secara *staggered*.
4. Efisiensi daya *input* blower diabaikan.

2. Dasar Teori

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (*heat*) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana energi panas akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Perpindahan panas dapat terjadi beberapa proses yaitu secara konduksi, konveksi dan radiasi.

2.1.1 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):

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

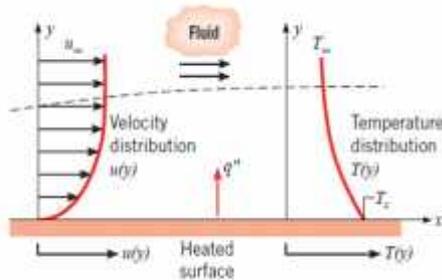
Dimana:

- 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.

2.1.2 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 temperature. Suatu fluida memiliki temperatur (T) yang bergerak dengan kecepatan (u), diatas permukaan benda padat (Gambar 2). Temperatur media padat lebih tinggi dari temperatur fluida, maka akan terjadi perpindahan panas secara konveksi dari benda padat ke fluida yang mengalir.



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)

Menurut perpindahan panas konveksi, aliran fluida dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Konveksi paksa (*forced convection*). Terjadi bila aliran fluida disebabkan oleh gaya luar. Seperti: blower, pompa, dan kipas angin.
- b. Konveksi alamiah (*natural convection*). Terjadi bila aliran fluida disebabkan oleh efek gaya apungnya (*buoyancy forced effect*). Pada fluida, temperatur berbanding terbalik dengan massa jenis (*density*). Dimana, semakin tinggi temperatur suatu fluida maka massa jenisnya akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

2.1.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah suatu energi dari medan radiasi ditransportasikan melalui pancaran gelombang elektromagnetik (*photon*), dan asalnya dari energi dalam material yang memancar. Pada peristiwa radiasi tidak memerlukan media atau benda, 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 nyata (*real*) ($q_{rad.g}$), (W), adalah:

$$q_{rad.g} = \epsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \cdot A \dots \dots \dots (3)$$

Sedangkan, untuk benda hitam sempurna (*black body*), dengan nilai emisivitas ($\epsilon = 1$) memancarkan radiasi ($q_{rad.b}$), sebesar:

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

Untuk laju pertukaran panas radiasi keseluruhan, antara permukaan dengan sekelilingnya (*surrounding*) dengan temperatur sekeliling (T_{sur}), adalah:

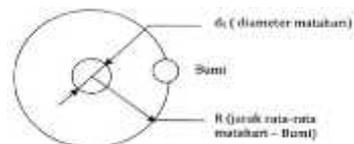
$$q_{rad} = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \cdot A \dots \dots \dots (5)$$

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 $5,67 \times 10^{-8} (W/m^2 K^4)$
- A = Luas bidang permukaan (m^2)
- T_s = Temperatur benda (K)

2.2 Konstanta Matahari

Lapisan fotosfer memancarkan suatu *spectrum* radiasi yang terus menerus (*continous*), yang sekiranya cukup dapat dikatakan sebagai sebuah radiator sempurna pada temperatur 5762° K. Skema letak bumi terhadap matahari ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

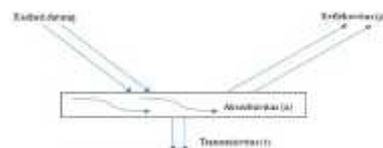


Gambar 3. Bola matahari

Sumber : (Arismunandar, Wiranto., 1995)

2.3 Radiasi Matahari

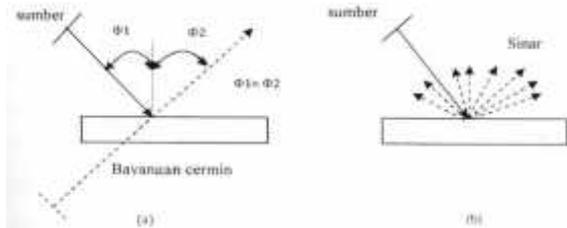
Energi radiasi yang menimpa permukaan suatu benda, maka sebagian energi radiasi tersebut akan dipantulkan (*reflection*), sebagian akan diserap (*absorbtion*), dan sebagian lagi akan diteruskan (*transmission*), seperti tergambar pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan pengaruh radiasi datang

Sumber : (Holman J.P., 1985)

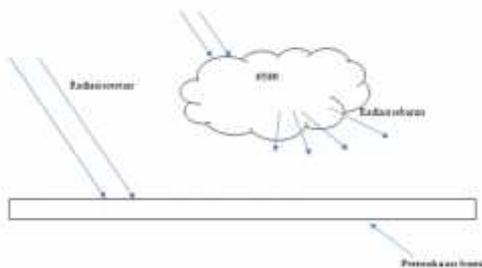
Jika berkas jatuh radiasi tersebar merata ke segala arah sesudah *refleksi*, maka dikatakan refleksi tersebut sebagai refleksi baur (*difuse*). Kedua jenis refleksi tersebut tergambar seperti Gambar 5.



Gambar 5. Fenomena refleksi spektakular (a) dan refleksi baur (b)

Sumber : (Holman J.P., 1985)

Intensitas radiasi matahari akan berkurang penyerapan dan pemantulan yang dilakukan oleh atmosfer, sebelum intensitas matahari mencapai permukaan bumi. Ozon pada lapisan atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (*ultraviolet*). Sedangkan, karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (*infrared*). Selain pengurangan radiasi bumi langsung (radiasi sorotan) oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air di atmosfer. radiasi yang dipancarkan tersebut mencapai bumi sebagai radiasi sebaran, seperti yang ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran

Sumber : (Arismunandar, Wiranto., 1995)

Penjumlahan radiasi sorotan (*beam*) (I_b), dan radiasi sebaran (*diffuse*) (I_d), merupakan radiasi total (I) pada permukaan *horizontal* per jam. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = I_b + I_d \dots \dots \dots (6)$$

Nilai radiasi total (I) dapat juga dihitung dengan menggunakan bantuan alat solarymeter.

2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Penerimaan Radiasi Matahari di Bumi

Faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan radiasi matahari pada suatu permukaan di bumi antara lain:

- a. Posisi matahari
- b. Lokasi dan kemiringan permukaan
- c. Waktu matahari
- d. Keadaan cuaca

2.4 Kolektor Surya

2.4.1 Bagian-Bagian Kolektor Surya

Kolektor surya merupakan suatu alat yang menyerap dan mengumpulkan radiasi dari sinar matahari dan merubahnya menjadi energi panas yang bermanfaat. Adapun bagian-bagian dari kolektor surya yaitu:

a. Penutup transparan atau kaca bening

Penutup transparan merupakan lapisan teratas dari kolektor surya pada umumnya penutup transparan menggunakan kaca bening.

b. Pelat penyerap

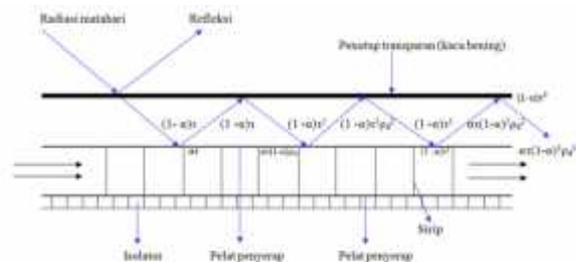
Pelat penyerap yang ideal memiliki permukaan dengan tingkat *absorbsivitas* yang tinggi, guna menyerap radiasi matahari sebanyak mungkin dan memiliki tingkat *emisivitas* serendah mungkin. Disamping itu, pelat penyerap diharapkan memiliki nilai *konduktivitas thermal* yang tinggi.

c. Isolasi

Agar menghindari kehilangan panas bagian luar kolektor surya di beri isolasi atau peredam panas yang dimana merupakan material yang bersifat konduktivitas thermal yang rendah.

2.4.2 Radiasi yang Diserap Kolektor Surya

Pada kolektor surya yang digunakan sebagai pemanas udara, radiasi matahari tidak akan sepenuhnya diserap oleh pelat penyerap. Sebagian radiasi akan dipantulkan (*direfleksikan*) menuju bagian dalam penutup transparan. Proses penyerapan radiasi ini diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 7. Penyerapan radiasi matahari oleh kolektor

2.5 Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Sirip Berlubang

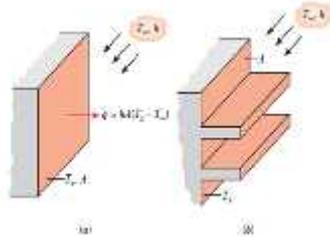
Rancangan kolektor surya pada penelitian ini akan menggunakan sirip berlubang berdiameter sama yang disusun secara sejajar agar performansi dari kolektor surya diketahui.

2.5.1 Penggunaan Sirip Berlubang Perpidahan Panas Dari Permukaan Yang Diperluas

Perpidahan panas dari permukaan yang diperluas bisa digunakan untuk benda padat yang mengalami perpindahan energi secara konduksi di dalam batasan benda tersebut dan terjadi pula

perpindahan energi melalui konveksi atau radiasi antara benda tersebut dan sekelilingnya.

Untuk memperbesar laju perpindahan panas antara benda padat dengan fluida dilakukan dengan memperluas permukaan menggunakan fin atau sirip yang dimana konveksi terjadi. Ini dapat dilakukan dengan penambahan sirip yang meluas dari permukaan media padat ke dalam fluida yang berada di sekelilingnya seperti Gambar 8.



Gambar 8. Kegunaan sirip untuk memperbesar perpindahan panas media padat
Sumber: (Incropera dan De Witt,)

3. Metode Penelitian

3.1 Alat dan Bahan

Adapun berbagai alat dan bahan yang akan diperlukan dalam pengujian dan pembuatan kolektor surya, adalah sebagai berikut:

Alat yang digunakan pada saat pengujian kolektor surya :

- Thermometer digital*
Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan tempat pengujian kolektor surya.
- 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.
- Solarimeter*
Alat ini digunakan untuk mengukur intensitas radiasi sinar matahari.
- Stopwatch*
Digunakan sebagai alat bantu untuk mengingat waktu selama proses pengujian.
- Inclined manometer*
Digunakan untuk mengukur tekanan udara yang masuk ke kolektor surya.
- Blower*
Untuk mengalirkan udara pada kolektor.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kolektor surya :

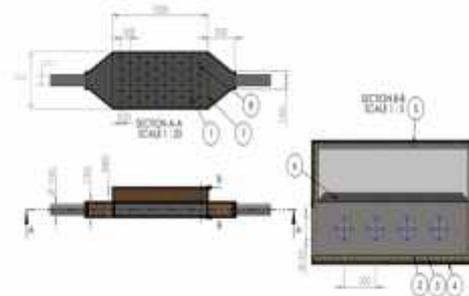
- Pelat besi eser dengan ketebalan 1,2 mm*
Digunakan untuk membuat pelat penyerap, dinding kolektor dan sirip berlubang.
- Kaca bening dengan ketebalan 3 mm*

Digunakan untuk penutup permukaan kolektor.

- Gabus (stearofoam) dengan ketebalan 10 mm*
Digunakan sebagai isolasi untuk menghindari kehilangan panas ke lingkungan.
- Triplek dengan ketebalan 3 mm*
Digunakan sebagai isolasi untuk menghindari kehilangan panas ke lingkungan.
- Besi hollow dengan ukuran 20 mm×20 mm*
Digunakan sebagai kerangka dari kolektor surya.
- Pipa PVC dengan diameter 2"*
Digunakan sebagai saluran masuk fluida.

3.2 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 menggunakan pelat besi dengan ketebalan 1,2 mm yang dicat 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 penyerap dan pelat bagian bawah dengan jarak yaitu 130 mm. Diameter yang digunakan pada sirip yaitu 50 mm.



Gambar 9. Dimensi kolektor surya pelat datar aliran impinging jets

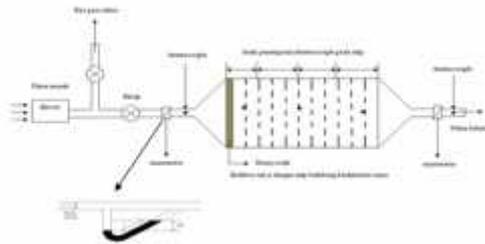
Keterangan gambar :

- Sirip lubang 5 dengan ketebalan pelat besi eser 1,2 mm
- Pelat penyerap dengan ketebalan pelat besi eser 1,2 mm
- Stearofoam* dengan ketebalan 10 mm
- Triplek dengan ketebalan 3 mm
- Kaca bening dengan ketebalan 3 mm
- Pelat penyerap dengan ketebalan pelat besi eser 1,2 mm
- Honeycomb*

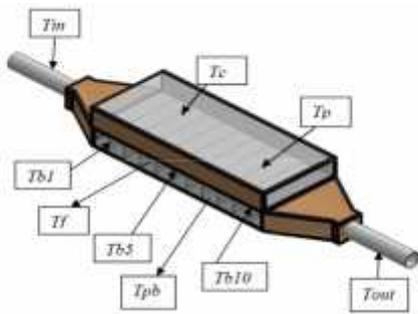
8. *Sirip lubang 4* dengan ketebalan pelat besi eser 1,2 mm

3.3 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 ditempat yang datar agar terkena sinar matahari. Agar aliran udara dapat masuk kedalam kolektor akan menggunakan batuan blower. Pengujian akan dilakukan dengan pengambilan data pada kolektor surya dengan sepuluh sirip berlubang berdiameter sama yang disusun *staggered*. Untuk pengujian kolektor tersebut pada Gambar 10.



Gambar 10. Rancangan pengujian kolektor surya dengan sirip berlubang



3.4 Penempatan Alat Ukur

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

Gambar 11. Penempatan alat ukur

4. Hasil dan Pembahasan

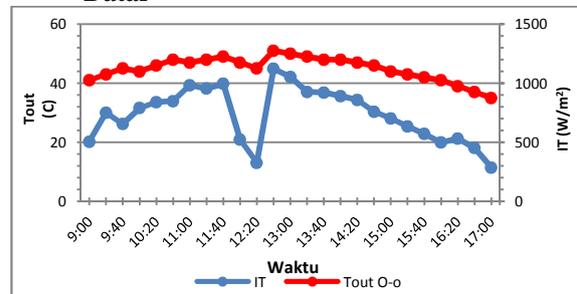
4.1 Analisa Performansi Kolektor

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 hubungan T_{out} , I_T terhadap waktu pada kolektor, grafik energi berguna aktual kolektor dan grafik efisiensi aktual kolektor.

4.2 Data Hasil Penelitian

Kolektor surya pelat datar dengan sepuluh sirip berdiameter sama yang disusun secara *staggered* pada jam 12:40 WITA, dengan intensitas radiasi matahari terukur dari solar powermeter (I_T) sebesar 1.122 W/m^2 .

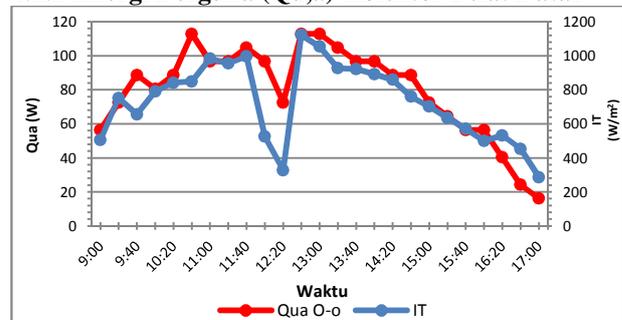
4.2.1 Temperatur Keluar (T_{out}) Kolektor Pelat Datar



Gambar 12. Grafik perbandingan temperatur keluar (T_{out}) kolektor terhadap waktu

Pada Gambar 11 terlihat bahwa intensitas radiasi matahari yang tidak konstan, yang dipengaruhi oleh faktor cuaca menyebabkan temperatur keluar kolektor menjadi naik dan turun. Pada pukul 09:00 Wita sampai pukul 11:40 Wita intensitas radiasi matahari naik, pukul 12:00 Wita sampai pukul 12:20 Wita intensitas radiasi matahari turun, ini dikarenakan oleh faktor cuaca berawan, pukul 12:40 Wita sampai pukul 17:00 Wita intensitas radiasi matahari kembali naik. Pada Gambar 11 juga menunjukkan intensitas radiasi matahari yang diserap kolektor mempengaruhi temperatur keluar yang dihasilkan kolektor, dimana semakin besar intensitas radiasi matahari temperatur keluar yang dihasilkan akan semakin besar. Ini dikarenakan luasnya bidang penyerapan panas dari pelat penyerap ke sirip berlubang sangat besar, sehingga aliran udara yang mengalir melewati lubang sirip dan dinding sirip didalam kolektor akan berubah menjadi aliran turbulen dan menyebabkan udara akan lama berada didalam kolektor. Udara yang mengalir akan menyerap panas pada sirip dan pelat penyerap didalam kolektor yang menyebabkan temperatur udara keluar kolektor akan lebih tinggi.

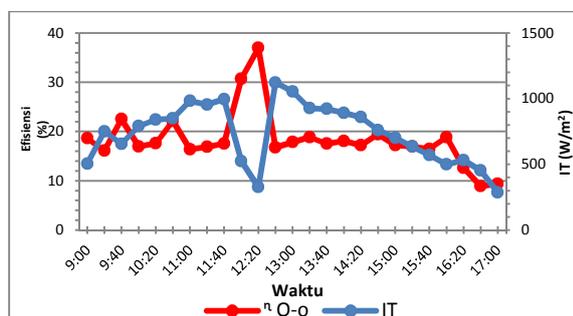
4.2.2 Energi Berguna ($Q_{u,a}$) Kolektor Pelat Datar



Gambar 12. Grafik perbandingan energi berguna ($Q_{u,a}$) kolektor terhadap waktu

Pada Gambar 12 menunjukkan energi berguna yang dihasilkan dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pada pukul 09:00 Wita sampai pukul 11:40 Wita intensitas radiasi matahari naik, pukul 12:00 Wita sampai pukul 12:20 Wita intensitas radiasi matahari turun, ini dikarenakan oleh faktor cuaca berawan. Pukul 12:40 Wita sampai pukul 17:00 Wita intensitas radiasi matahari kembali naik, terlihat dari semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang diserap kolektor akan menghasilkan temperatur keluar yang lebih tinggi dan akan menyebabkan energi berguna yang dihasilkan kolektor juga akan lebih besar. Ini merupakan fungsi dari laju aliran massa kolektor, koefisien panas jenis udara dan temperatur udara keluar kolektor.

4.2.3 Efisiensi (η) Kolektor Pelat Datar



Gambar 13. Grafik perbandingan efisiensi (η) kolektor terhadap waktu

Pada Gambar 13 terlihat bahwa efisiensi yang dihasilkan kolektor surya, pada pukul 09:00 Wita sampai pukul 11:40 Wita intensitas radiasi matahari naik, pukul 12:00 Wita sampai pukul 12:20 Wita intensitas radiasi matahari turun, ini dikarenakan oleh faktor cuaca berawan dan pukul 12:40 Wita sampai pukul 17:00 Wita intensitas radiasi matahari kembali naik, terlihat dari semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang diserap kolektor akan menghasilkan temperatur keluar yang lebih tinggi dan akan menyebabkan energi berguna yang dihasilkan kolektor akan lebih besar, sehingga kolektor juga akan menghasilkan efisiensi yang semakin besar. Ini dikarenakan udara yang mengalir melewati masing-masing sirip didalam kolektor luas bidang penyerapan panasnya juga akan lebih besar.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dengan pengamatan dan pencatatan data terhadap kolektor surya pelat datar dengan sepuluh sirip berdiameter sama yang disusun secara *staggered*, maka didapatkan hasil performansi kolektor surya yang paling besar pada intensitas radiasi matahari 1.122 W/m² dengan temperatur udara keluar kolektor 324 K, energi berguna yang dihasilkan kolektor sebesar 112,87 W dan efisiensi kolektor sebesar 16,77 %

Daftar Pustaka

- [1] Rangga Iswara, 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] Arismunandar, Wiranto, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6] Holman, J. P., alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M.Sc, (1985), *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.
- [7] Kreith, Frank, (1986), *Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta.