

Unjuk Kerja Termal dan Elektrikal Kolektor Photovoltaic/Thermal (PV/T) Berdasarkan Ketebalan Sirip Absorber

Amrizal, Indra Septa Feryan, Rinol Tri Azmar, Ahmad Yonanda
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jln. Soemantri Brojonegoro, No.1 Gedongmeneng, Bandar Lampung, Indonesia, 35145
E-mail: amrizal@eng.unila.ac.id

Abstract

Several things that affect the performance of Photovoltaic/Thermal (PV/T) collectors are the intensity of solar radiation, the absorber fins and the mass flow rate of the working fluid. The performance of a PV/T collector can be presented in terms of the thermal efficiency and electrical efficiency. The purpose of this study is to determine the increase in the performance of the PV/T collector based on the difference in the thickness of the absorber fins. The thicknesses of the fins implemented in this study were 1 mm and 2 mm respectively. Furthermore, the fin material of the absorber was built from aluminum plates. The collector performance test was carried out outdoors in the Lampung area with a minimum solar radiation condition of 750 W/m² and using air as the working fluid. Based on the temperature changes of PV/T collector surface, the test results showed that there was an increase in average performance for fin thickness (1 mm - 2 mm) which are found to be 8.9 % for thermal efficiency and 0.9 % for electrical efficiency, respectively.

Keywords: radiation, Photovoltaic, fin absorber, thermal efficiency, electrical efficiency

Abstrak

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi unjuk kerja kolektor Photovoltaic/Thermal (PV/T) diantaranya adalah intensitas radiasi matahari, sirip absorber dan laju aliran massa fluida. Unjuk kerja dapat ditinjau berdasarkan efisiensi termal dan efisiensi elektrikal dari kolektor PV/T. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kinerja kolektor PV/T berdasarkan perbedaan ketebalan sirip absorber. Ketebalan sirip yang diimplementasikan dalam penelitian ini masing-masing adalah 1 mm dan 2 mm dengan penggunaan pelat aluminium sebagai material sirip. Pengujian unjuk kerja kolektor dilakukan diluar ruangan di daerah Lampung dengan kondisi radiasi matahari minimal 750 W/m² dan menggunakan udara sebagai fluida kerja. Berdasarkan perubahan temperatur permukaan kolektor, hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan unjuk kerja rata-rata terhadap ketebalan sirip 2 mm jika dibandingkan dengan 1 mm masing-masing 8.9 % untuk efisiensi termal dan 0.9 % untuk efisiensi termal listrik.

Keywords: kolektor, radiasi, Photovoltaic, sirip, absorber, efisiensi termal, efisiensi listrik

PENDAHULUAN

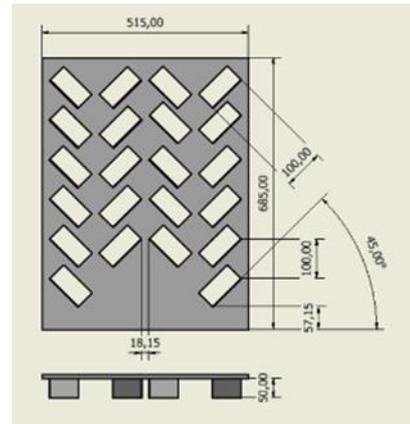
Peningkatan konsumsi energi yang terjadi setiap tahun diperkirakan sebesar 1.5 % sampai tahun 2030. Kondisi ini sedang dialami oleh negara berkembang di Asia termasuk Indonesia sehingga perlu dicari penggunaan energi lain selain energi fosil. Energi yang dimaksud adalah energi terbarukan seperti angin, panas bumi, biomassa, gelombang laut termasuk juga energi surya [1-2].

Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan dengan potensi energi bersih yang menjanjikan. Salah satu cara memanfaatkan energi

matahari adalah dengan menggunakan Photovoltaic Thermal (PV/T). Kolektor PV/T itu sendiri merupakan gabungan kolektor termal surya dengan Photovoltaic. Selanjutnya panas diserap oleh permukaan Photovoltaic dan sirip absorber yang kemudian diteruskan ke fluida kerja yang mengalir di bawah permukaan Photovoltaic [3].

Kolektor Photovoltaic Thermal (PV/T) mampu meningkatkan efisiensi listrik dan termal yang dihasilkan. Karena pada Photovoltaic (PV) menghasilkan temperatur yang tinggi pada bagian permukaan panel yang disebabkan oleh radiasi matahari.

Efisiensi listrik akan turun seiring dengan kenaikan suhu permukaan PV seperti yang dilaporkan oleh Chow [4] dimana setiap kenaikan suhu permukaan 1°C akan menurunkan efisiensi listrik sebesar 0.45%. Selanjutnya, media pendingin dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan ini. Salah satu caranya adalah dengan memberikan sirip pada bagian bawah panel agar memperluas area perpindahan panas yang terjadi dengan tujuan dapat menurunkan temperatur pada panel. Dengan adanya penurunan temperatur pada panel maka efisiensi yang dihasilkan dapat meningkat. Langkah yang dapat dilakukan adalah menggunakan fluida kerja seperti udara yang dialirkan pada bagian bawah PV. Dengan demikian energi panas dapat diserap dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan [5-6].



Gambar 1. Pelat absorber sirip

Berbagai penelitian lain yang berkaitan dengan penggunaan sirip sebagai absorber baik secara numerik [7-8] maupun eksperimental [9-11] telah menghasilkan peningkatan kinerja kolektor PV/T.

Namun masih sedikit hasil penelitian atau referensi yang berkaitan dengan pengujian kolektor pada daerah tropis. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik Photovoltaic/Thermal (PV/T) berdasarkan penggunaan jenis sirip bersudut untuk iklim daerah tropis di Lampung.

METODE

ALAT DAN BAHAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan jenis aliran fluida single pass. Dengan aliran ini, pelat absorber diletakkan pada bagian bawah Photovoltaic kemudian dibingkai dengan menggunakan papan sebagai isolator untuk mencegah rugi-rugi panas dalam sistem pengujian.

Pengujian dilakukan diluar ruangan dengan minimum radiasi 750 W/m². Panel surya yang digunakan adalah SUNPRO PV dengan dimensi 685 mm x 515 mm x 30 mm. Panel ini dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 50 W, tegangan maksimal 21,96 V dan arus maksimal sebesar 3,40 A.

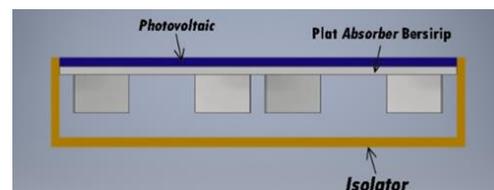
Sementara itu absorber sirip didesain menggunakan aplikasi Autodesk Inventor dengan pola sirip zig-zag dan sudut 45° dengan tinggi sirip 50 mm dan panjang sirip 100 mm dengan ketebalan 1 mm dan 2 mm. Kemudian desain diaplikasikan pada pelat aluminium dengan bantuan mesin CNC untuk membentuk absorber sirip.



Gambar 2. Proses pembentukan absorber sirip

Setelah dilakukan pemotongan pada pelat aluminium, selanjutnya pelat ditebuk manual agar membentuk absorber sirip. Kemudian absorber sirip dirangkai dengan diberi isolator berupa papan dengan tujuan mengurangi losses yang terjadi.

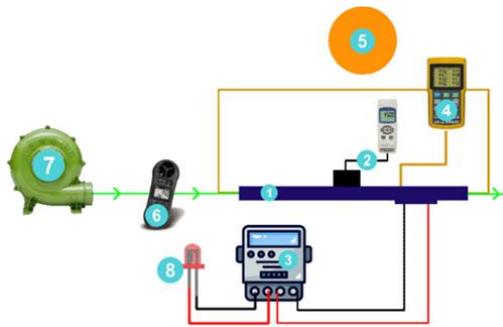
Sirip berbentuk persegi panjang dengan ukuran tinggi 50 mm, panjang 100 mm, dan jarak antar sirip 100 mm dengan sudut 45° dengan pola zig-zag. Sirip dibuat dengan menggunakan material aluminium berjumlah 22 buah. Dengan penambahan sirip luas area perpindahan panas bertambah menjadi 0,46 m² dari yang sebelumnya 0,35 m².



Gambar 3. Susunan desain Photovoltaic/Thermal

PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara outdoor di Lapangan Belakang Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung. Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui efisiensi termal dan elektrik dari Hybrid Photovoltaic Thermal (PV/T) dengan penambahan sirip bersudut. Alur pengujian dilakukan sesuai dengan skema sebagai berikut:



Gambar 4. Skema rangkaian pengujian PV/T

Keterangan:

1. Hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T)
2. Solar power meter
3. Power analyzer
4. Temperature recorder
5. Radiasi matahari
6. Anemometer
7. Blower
8. LED

Pengujian menggunakan Photovoltaic yang telah dimodifikasi dengan penambahan sirip menjadi kolektor Photovoltaic/Thermal (PV/T). Pengujian ini dilakukan selama 5 hari dengan kondisi rata-rata radiasi matahari lebih dari 750 W/m². Pengambilan sampel data dilakukan setiap 1 jam mulai dari jam 10.00-14.00 WIB. Pengujian menggunakan jenis aliran fluida single pass dengan kecepatan udara 0,5 m/s. Temperatur udara yang masuk ke dalam saluran sirip sebagai fluida kerja adalah temperatur udara lingkungan.



Gambar 5. Pengujian Photovoltaic/Thermal dengan sirip bersudut berdasarkan iklim Lampung

Data yang diambil pada pengujian ini adalah radiasi matahari (W/m²), laju aliran massa fluida kerja (\dot{m}), temperatur lingkungan (T_{amb}), temperatur udara masuk saluran sirip ($T_{f in}$), temperatur udara keluar saluran sirip ($T_{f out}$), temperatur permukaan kolektor (T_{pv}), tegangan (V) dan arus (ampere) dari kolektor Photovoltaic dan Photovoltaic/Thermal. Pengukuran radiasi menggunakan solar power meter, sedangkan untuk temperatur udara dan permukaan PV menggunakan *thermocouple* yang telah dikalibrasi dengan air panas 100°C dan *ice* pada temperatur 0°C. *Thermocouple* dihubungkan dengan temperature recorder dan diletakkan pada bagian inlet saluran sirip untuk memperoleh data temperatur udara masuk ($T_{f in}$) dan outlet saluran sirip untuk memperoleh data temperatur udara keluar ($T_{f out}$). Kemudian *thermocouple* juga di letakkan di atas PV untuk memperoleh data temperatur PV (T_{pv}). Power analyzer digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PV. Sedangkan untuk kecepatan udara menggunakan anemometer dan hasilnya dikonversikan menjadi laju aliran massa fluida berdasarkan luas penampang fluida kerja. Pengambilan data dilakukan setelah PV terkena radiasi matahari minimal 45 menit dengan radiasi minimum 750 W/m².

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari referensi dapat diketahui nilai massa jenis udara pada suhu 30 °C adalah 1,2 kg/m³. Sedangkan specific heat fluida kerja diperoleh berdasarkan nilai rata-rata temperatur fluida masuk dan keluar yaitu senilai 1,005 kJ/kg.K. Untuk luas permukaan Photovoltaic adalah 0,35 m². Sementara itu luas penampang fluida kerja 0,057 m², maka diperoleh laju aliran massa dengan kecepatan udara 0,5 m/s adalah 0,034 kg/s.

Unjuk kerja kolektor PV/T diperoleh dari hasil pengolahan data berdasarkan data hasil pengujian. Sementara itu perhitungan efisiensi termal dan listrik menggunakan persamaan-persamaan berikut[12]:

$$\eta_{th} = \dot{m} c_p(T_{fo} - T_{fi})/AG \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- η_{th} = Efisiensi *thermal* (%)
- \dot{m} = Laju aliran massa fluida (kg/s)
- c_p = Panas spesifik udara (kJ/kg K)
- T_{fi} = Temperatur fluida masuk (°C)
- T_{fo} = Temperatur fluida keluar (°C)
- A = Luas *Absorber* (m²)
- G = Radiasi matahari (W/m²)

Dengan cara yang sama perhitungan efisiensi listrik dapat dilakukan sesuai dengan rumus berikut:

$$\eta_{el} = VI/AG \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- η_{el} = Efisiensi listrik (%)
- V = Tegangan listrik PV (V)
- I = Arus listrik PV (A)
- A = Luas Absorber (m²)
- G = Radiasi matahari (W/m²)

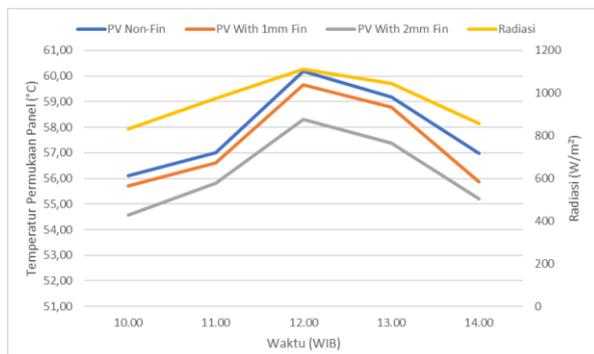
Data yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dan data hasil pengolahan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian Photovoltaic dan Photovoltaic/Thermal (PV/T)

Waktu	m kg/s	G W/m ²	T _{in}	T _{amb}	PV		PV/T 1mm		PV/T 2 mm			
					T _{pv}	I	T _{pv}	T _{out}	I	T _{pv}	T _{out}	I
10.00	0.03399	831,7	33,95	32,40	56,12	2,55	55,72	37,40	4,55	54,58	38,03	7,37
11.00	0.03399	976,8	34,15	32,70	57,02	3,09	56,60	38,27	5,54	55,82	39,10	8,75
12.00	0.03399	1112	35,75	33,40	60,18	3,82	60,10	40,50	6,72	58,30	41,80	10,12
13.00	0.03399	1046	34,80	32,90	59,19	3,15	58,78	39,27	6,05	57,38	40,43	9,33
14.00	0.03399	857,7	33,93	32,60	56,98	2,56	55,86	37,53	4,75	55,20	38,17	7,58

Tabel 2. Hasil perhitungan efisiensi termal dan elektrikal pada kolektor Photovoltaic dan Photovoltaic/Thermal (PV/T)

Waktu	Efisiensi Thermal PV/T fin 1 mm	Efisiensi Thermal PV/T fin 2 mm	Efisiensi Elektrikal PV	Efisiensi Elektrikal PV/T fin 1 mm	Efisiensi Elektrikal PV/T fin 2 mm
10.00	40,14%	47,51%	0,868%	1,548%	2,511%
11.00	40,78%	49,04%	0,896%	1,608%	2,536%
12.00	41,34%	52,65%	0,972%	1,712%	2,578%
13.00	41,32%	52,12%	0,853%	1,640%	2,526%
14.00	40,62%	47,76%	0,846%	1,568%	2,503%



Gambar 5. Grafik temperatur PV/T

Gambar 5 menunjukkan bahwa temperatur permukaan panel pada pukul 10.00 WIB memiliki nilai temperatur paling rendah sementara pada pukul 12.00 merupakan temperatur tertinggi. Nilai temperatur tertinggi tersebut adalah 60,18°C dengan radiasi sebesar 1112 W/m². Radiasi yang tinggi ini menyebabkan peningkatan temperatur permukaan kolektor.

Pengaruh ketebalan absorber terhadap perubahan nilai temperatur permukaan terendah diperoleh pada pukul 10.00 yaitu sebesar 54,58°C. Nilai tersebut diperoleh dari ketebalan absorber 2 mm. Sementara itu nilai temperatur tertinggi terjadi pada pukul 12.00 yaitu sebesar 60,18°C, nilai tersebut terjadi pada PV tanpa menggunakan absorber. Ketika sirip absorber yang digunakan lebih tebal maka akan menghasilkan luas permukaan panas semakin tinggi. Dengan demikian laju perpindahan panas yang terjadi juga akan meningkat. Kondisi ini juga dapat menyebabkan temperatur keluar fluida kerja menjadi lebih tinggi.

Sementara itu, grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa efisiensi termal Photovoltaic pukul 10.00 WIB memiliki nilai efisiensi termal yang paling rendah dengan nilai 40,14%, sementara pada pukul 12.00 diperoleh efisiensi termal tertinggi mencapai 52,65% dengan radiasi sebesar 1112 W/m². Hal ini terjadi karena semakin tinggi radiasi matahari maka potensi meningkatnya efisiensi termal juga semakin besar.

Berdasarkan perbedaan ketebalan sirip terdapat peningkatan nilai unjuk kerja kolektor. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan unjuk kerja rata-rata terhadap ketebalan sirip 2 mm jika dibandingkan dengan 1 mm masing-masing 8.9 % untuk efisiensi termal dan 0.9 % efisiensi untuk termal listrik.

Kesimpulan

Nilai efisiensi termal tertinggi sebesar 52,65% untuk panel dengan ketebalan absorber 2 mm. Sedangkan untuk nilai terendah dengan nilai 40,14% terjadi pada ketebalan absorber 1 mm. Dengan demikian kondisi ini juga mempengaruhi peningkatan efisiensi listrik dimana dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Sirip yang lebih tebal (1-2) mm mampu meningkatkan efisiensi termal dan elektrikal masing-masing sebesar 8,9% dan 0,9%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 Kebijakan Energi Nasional
- [2] Biro Perencanaan dan Kerja Sama, 2015. Renstra KESDM 2015-2019. Kementerian Energi Sumber Daya Mineral.

- [3] Kananda, Kiki. 2017 “Studi Awal Potensi Energi Surya Wilayah Lampung: Studi Kasus Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA) Menuju Smart Campus. Lampung Selatan: *Institut Teknologi Sumatera*.
- [4] T.T. Chow, 2010. A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology”, *Applied Energy* Volume 87, Issue 2, pp. 365-379
- [5] Amrizal, Amrul, Ahmad Yonanda, Zulfa, 2017 Comparison Study of Solar Flat Plate Collector with Two Different Absorber Materials, The 1st Faculty of Industrial Technology International Congress, Itenas Bandung
- [6] Elsafi, Amin, 2015. Performance of a Photovoltaic or Thermal Double-Pass Solar Air Heater with Different Fin Configurations. *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 3, No. 1, January 2015.
- [7] Amrizal, 2021 “Simulasi unjuk kerja kolektor surya PV/T berdasarkan bentuk penampang pipa absorber,” *Journal of Science and Applicative Technology* vol.5 (1), pp. 245-252,
- [8] Damook, 2018. “CFD Analysis of a One Pass Photovoltaic/ Thermal Air System with and without Offset Stip Fins” *EDP Sciences*, United Kingdom
- [9] N. Amrizal, D. Chemisana, J.I. Rosell and J.Barrau, 2012 ” A dynamic model based on the piston flow concept for the thermal characterization of solar collectors”. *Applied Energy*, 94, 244-250.
- [10] N. Amrizal, D. Chemisana, and J. I. Rosell, 2013,” Hybrid Photovoltaic-Thermal Solar Collector Dynamic Modelling”, *Applied Energy*, 101, 797-807
- [11] Wahyono, Danar Sri. 2020” Peningkatan Unjuk Kerja Kolektor Surya Photovoltaic/Termal (PV/T) Menggunakan Saluran Pipa Persegi”. *Skripsi Teknik Mesin Universitas Lampung*
- [12] Duffie, J.A. dan W.A, Beckman. 2020 “Solar Engineering of Thermal Processes”. *New York: John Wiley and Sons*.