



Pengaruh model reflektor terhadap performa kolektor tabung dengan phase change material

Effect of reflector models on tube collector performance with phase change materials

M.F. Tsani*, H. Sutjahjono, M. Darsin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan no. 37, Jember, Jawa Timur, 68121, Indonesia. HP. 085335439291

*E-mail: farobitsani@unej.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 20 May 2019

Accepted 20 December 2019

Available online 1 April 2020

Keywords:

Tube collector

Models

Reflector



Energy is a primary need for humans which until now is still sourced from fossil fuels. The use of solar energy as alternative energies can be used as a water heater. This shows that innovation is needed in improving the performance of the water heater collector by modeling the reflector with the intention of the temperature and efficiency produced by the water heater collector can increase. The purpose of this study was to determine the effect of the reflector model on tube collector performance. The reflector model used in this study is the U-double and U-single forms. Testing is done by heating the collector for 4 hours. The results of this study indicate that the water temperature increase in the collector with a double U reflector is faster than that of a collector with a U-single reflector. The highest efficiency produced is 33.1% in collector with double U, while the highest U-single efficiency is 25.3%. This shows that the U-double reflector model is able to improve collector performance better than the U-single reflector because the intensity of radiation reflected by the U-double reflector is greater than the U-single.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 10, No. 1, April 2020, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan primer bagi manusia. Hingga saat ini sumber energi utama masih dari bahan bakar fosil. Semakin meningkatnya populasi manusia dan semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil, mengakibatkan ketidakstabilan antara kebutuhan dan sumber energi. Maka diperlukan sumber energi baru yang jumlahnya tidak terbatas, salah satunya yaitu energi matahari. Khususnya di Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, mendapatkan pencahayaan matahari sepanjang tahun, maka pengembangan dan riset energi matahari sangat diperlukan.

Kebutuhan energi total di Indonesia pada sektor industri diperkirakan mencapai 1221,728 PetaJoule pada tahun 2050, kemudian pada sektor transportasi mencapai 953,952 PetaJoule, sektor rumah tangga 405,848 PetaJoule dan komersial 263,592 PetaJoule (Nugraha, 2016). Sektor industri memberikan permintaan energi yang sangat besar pada tiap tahunnya. Menurut Myson (2018) bahwa industri pariwisata sektor perhotelan termasuk dalam sektor komersial yang berkontribusi terhadap penggunaan energi nasional sebesar 3% dengan laju pertumbuhan sebesar 8,6% per tahun. Energi matahari seringkali digunakan sebagai pembangkit listrik atau pemanas air. Pemanas air domestik merupakan aplikasi yang sangat baik jika dapat digandengkan dengan penggunaan energi surya (Putra dkk., 2015).

Pemanas air surya menggunakan alat yang disebut kolektor sebagai media penyerap panas dari radiasi matahari. Kolektor pemanas air umumnya ada 2 tipe yaitu kolektor pelat datar dan kolektor tabung. Salah satu keuntungan dari kolektor surya tabung yaitu sinar matahari yang ditangkap tidak hanya sinar yang terfokuskan, namun sinar hamburan mampu ditangkap oleh kolektor ini (Papadimitratos dkk., 2016). Performa dari kolektor dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan reflektor. *Compound parabolic concentrator* (CPC) dirancang sesuai dengan prinsip optik dengan fokus rendah. Sinar matahari dapat difokuskan dalam rentang tertentu dari sudut datang sinar sehingga konzentrator dapat menerima cahaya langsung dan hamburan (Su dkk., 2017).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium. Susunan komponen dari kolektor tabung pemanas air surya disajikan pada gambar 1. Pada penelitian ini fluida kerja yang digunakan yaitu air dengan debit 0,04 liter/detik. Untuk sistem kolektor menggunakan sirkulasi dimana fluida yang telah dipanaskan disimpan pada bak kemudian dipanaskan kembali. Volume air yang digunakan sebanyak 5 liter. *Half acceptance-angle* pada reflektor U-ganda sebesar 50° dan reflektor U-tunggal sebesar 72,5° dengan lebar masing-masing reflektor 30 cm. Sumber cahaya berasal dari tiga buah lampu halogen sebagai pengganti cahaya matahari. Proses pemanasan dilakukan selama 240 menit dengan interval waktu pengambilan data per 20 menit. Variabel terikat atau variabel yang dapat dihitung dan dicari nilainya yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas yaitu suhu air keluar dari kolektor tabung pemanas. Alat dan bahan penelitian disajikan pada tabel 1 dan gambar 2 merupakan letak pengukuran suhu kolektor tabung pemanas air.

..

Tabel 1. Alat dan bahan

Nama	Spesifikasi
Pipa tembaga	Ø51,4 x 1000 mm dan Ø12,7 x 2000 mm
Cover tabung	Bahan akrilik, panjang x lebar x tebal = 1000 x 80 x 8 mm
Pompa	JP-062
Pyranometer	SM206
Thermocouple	Tipe K
Valve	Ukuran 3/8" tipe <i>ball valve</i>
Lampu halogen	Daya 1000 Watt
Reflektor	Bahan pelat <i>stainless steel</i>
<i>Phase change materials</i>	Minyak goreng dengan prosentase 30% dan parafin 70%

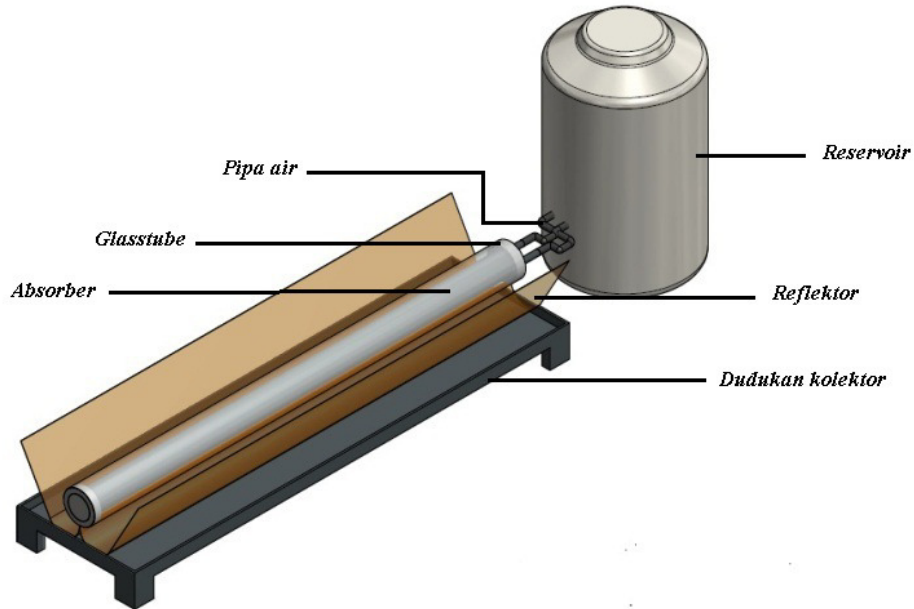
Sistem dikatakan bekerja dengan baik atau tidak, dapat diketahui dengan nilai efisiensi sistem tersebut. Efisiensi kolektor ketika proses pemanasan yaitu perbandingan antara panas yang diserap oleh fluida kerja dengan radiasi sinar yang diserap oleh luasan kolektor tersebut (Ma dkk., 2010). Efisiensi kolektor dapat dihitung menggunakan persamaan 1 (Mishra dkk., 2017):

$$\eta = \frac{Q}{NAI} \tag{1}$$

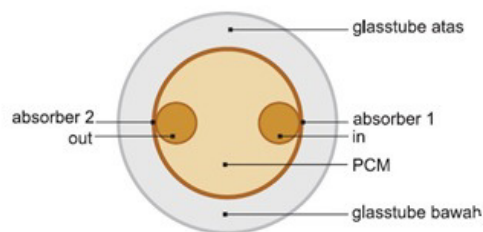
dengan Q adalah kalor yang diserap (Watt), N adalah jumlah kolektor, A adalah luasan cover dari kolektor (m^2), I adalah intensitas radiasi (W/m^2). Kalor yang diserap oleh kolektor (Q) dapat dihitung menggunakan persamaan 2:

$$Q = \dot{m}C_p (T_{out} - T_{in}) \quad (2)$$

dengan Q adalah kalor yang diserap (watt), \dot{m} adalah laju aliran massa (kg/s), C_p adalah kalor jenis fluida kerja (J/kg°C), T_{out} adalah suhu air keluar dari kolektor (°C), dan T_{in} adalah suhu air masuk ke kolektor (°C).



Gambar 1. Desain kolektor tabung pemanas air



Gambar 2. Letak *thermocouple* pada kolektor tabung pemanas air

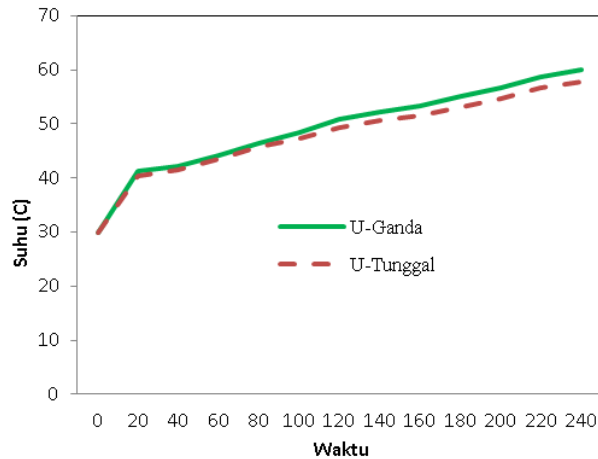
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan Khavivi (2019) menyatakan bahwa penambahan reflektor pada kolektor tabung surya mampu meningkatkan efisiensi sebesar 7.1% dibanding tanpa reflektor. González dkk. (2014) menjelaskan bahwa kolektor dengan menggunakan reflektor U-ganda mampu menghasilkan kenaikan temperatur maksimal 7 °C pada laju aliran massa 2 kg/menit dan energi tertinggi yang dihasilkan bernilai 1,47 kW pada laju aliran massa 12 kg/menit. Waghmare dan Gulhane (2018) juga melakukan penelitian tentang pengaruh ketinggian receiver terhadap efisiensi termal dengan reflektor U-tunggal. Efisiensi tertinggi mencapai 70% dengan ketinggian receiver 335 mm dan debit 30 liter/menit. Sudut datang sinar, intensitas radiasi, luasan reflektor merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan CPC.

Merujuk dari performa kolektor dari penelitian sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa kolektor pemanas air dengan menggunakan reflektor U-ganda dan U-tunggal.

Didapatkan hasil dari suhu air keluar kolektor pemanas air dengan reflektor U-ganda dan U-tunggal disajikan pada tabel 2 dan gambar 3.

Suhu air dengan menggunakan reflektor U-ganda menghasilkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan reflektor U-tunggal. Suhu tertinggi yang dihasilkan dari kolektor dengan reflektor U-ganda yaitu 60,1 °C dan kolektor dengan reflektor U-tunggal yaitu 57,7 °C. Hal ini dikarenakan reflektor U-ganda mampu memfokuskan sinar lebih baik dibanding reflektor U-tunggal. Pemfokusan sinar berpengaruh terhadap nilai intensitas radiasi pantulan yang dihasilkan. Semakin besar intensitas sinar pantulan maka semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan. Suhu air keluaran dari penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Khavivi (2019) yaitu sebesar 52,4 C° pada kolektor dengan reflektor dan kolektor tanpa reflektor yaitu 44,6 C°.



Gambar 3. Suhu PCM - air keluar saat proses pemanasan

Efisiensi pada penelitian ini diambil ketika proses pemanasan. Debit (\dot{m}) menggunakan 0,04 liter/detik, nilai C_p air adalah 4200 Joule dan luas cover (A) 0,0251 m² dan ΔT merupakan selisih suhu air keluar dengan suhu air masuk kolektor (°C). Data nilai efisiensi kolektor tabung pemanas air yang dihitung berdasarkan persamaan 1 disajikan pada tabel 3 dan 4. Grafik pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi ditampilkan pada gambar 4.

Tabel 2. Suhu air ketika proses pemanasan

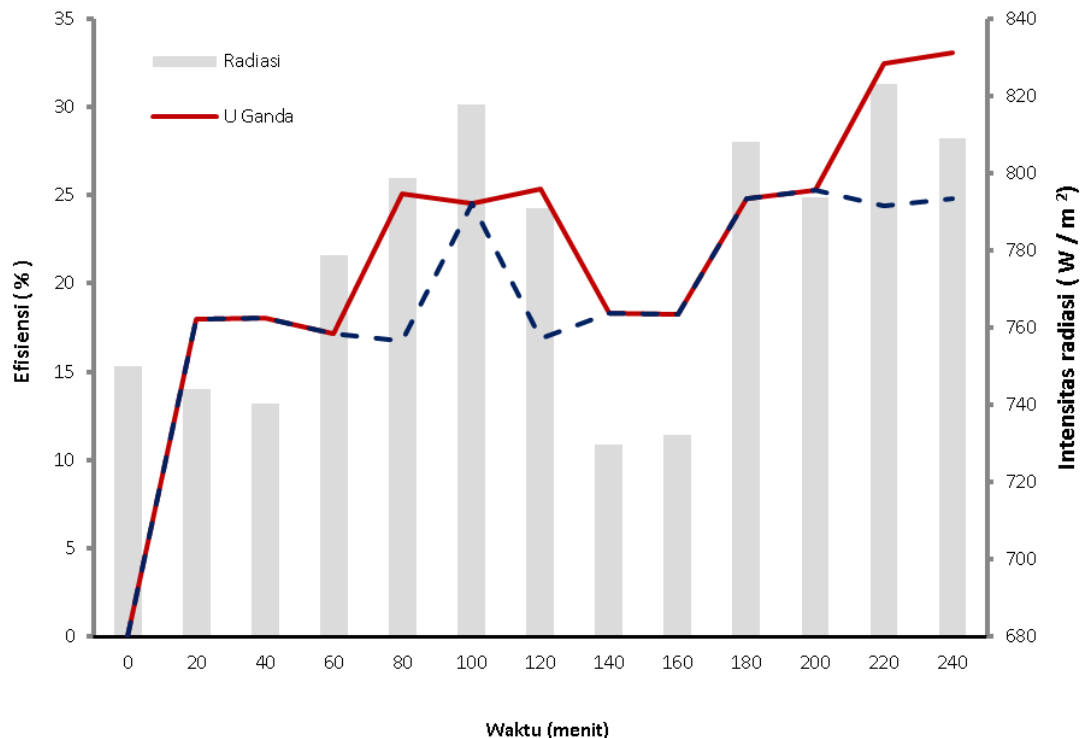
Waktu (menit)	I (W/m ²)	T _{air} UG (°C)	T _{air} UT (°C)
0	750,0	30,0	30,0
20	744,2	41,3	40,3
40	740,5	42,2	41,4
60	778,7	44,1	43,5
80	798,7	46,4	45,8
100	817,7	48,5	47,3
120	791,0	50,8	49,2
140	729,7	52,2	50,6
160	732,2	53,3	51,6
180	808,0	55,1	53,2
200	793,7	56,7	54,7
220	823,2	58,7	56,6
240	809,0	60,1	57,7

Semakin besar intensitas radiasi yang diberikan maka efisiensi dari kolektor juga semakin meningkat. Efisiensi tertinggi dihasilkan dari kolektor dengan reflektor U-ganda. Pada menit 240 yaitu sebesar 33,1%. Sedangkan efisiensi tertinggi yang dihasilkan kolektor dengan reflektor U-tunggal

yaitu sebesar 25,3% pada menit 200. Efisiensi tertinggi dari masing-masing kolektor berada di waktu yang berbeda. Hal ini dikarenakan intensitas radiasi yang diterima kolektor berbeda-beda. Meski selama penelitian intensitas radiasi naik turun, namun efisiensi yang dihasilkan kolektor dengan U-ganda cenderung stabil. Hal ini disebabkan reflektor U-ganda mampu mengoptimalkan sinar radiasi dari lampu. Selain intensitas radiasi berdasarkan persamaan 1, ada faktor lain yang dapat mempengaruhi efisiensi dari kolektor tabung ini yaitu laju aliran massa, fluida yang digunakan, jumlah kolektor dan luasan dari cover kolektor.

Tabel 3. Efisiensi kolektor tabung pemanas air dengan reflektor U-ganda

Waktu (menit)	I (W/m ²)	ΔT _{air} (°C)	η (%)
0	750,0	0	0,00
20	744,2	0,2	17,97
40	740,5	0,2	18,06
60	778,7	0,2	17,17
80	798,7	0,3	25,12
100	817,7	0,3	24,53
120	791,0	0,3	25,36
140	729,7	0,2	18,33
160	732,2	0,2	18,26
180	808,0	0,3	24,83
200	793,7	0,3	25,27
220	823,2	0,4	32,49
240	809,0	0,4	33,06



Gambar 4. Efisiensi kolektor tabung pemanas air ketika proses pemanasan.

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi bahwa belum ada penelitian terpublikasi yang membahas keterkaitan antara model reflektor terhadap performa dari kolektor tabung pemanas air. Penelitian ini bisa dijadikan sumber literasi guna penelitian dari performa kolektor pemanas air surya.

Tabel 4. Efisiensi kolektor tabung pemanas air dengan reflektor U-tunggal

Waktu (menit)	I (W/m ²)	ΔT_{air} (°C)	η (%)
0	750,0	0	0,00
20	744,2	0,2	17,97
40	740,5	0,2	18,06
60	778,7	0,2	17,17
80	798,7	0,2	16,74
100	817,7	0,3	24,53
120	791,0	0,2	16,91
140	729,7	0,2	18,33
160	732,2	0,2	18,27
180	808,0	0,3	24,83
200	793,7	0,3	25,27
220	823,2	0,3	24,37
240	809,0	0,3	24,80

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa performa kolektor tabung dengan reflektor U-ganda menghasilkan suhu air lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor dengan reflektor U-tunggal dikarenakan pemfokusan sinar lebih baik. Dengan begitu efisiensi yang dihasilkan kolektor dengan reflektor U-ganda lebih baik dibandingkan dengan kolektor dengan reflektor U-tunggal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada kolega penelitian, Khamdan, Veni, Bella, Bowo yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan.

DAFTAR NOTASI

A	: Luas tabung akrilik (m ²)
C_p	: Panas spesifik (J/kg °C)
I	: Intensitas radiasi (W/m ²)
N	: Jumlah kolektor
Q	: Kalor yang diserap (Watt)
T_{in}	: Suhu masuk (°C)
T_{out}	: Suhu keluar (°C)
UT	: Reflektor U-tunggal
UG	: Reflektor U-ganda
ΔT	: Selisih suhu (°C)
\dot{m}	: Laju aliran massa (kg/s)
η	: Efisiensi (%)

DAFTAR PUSTAKA

- González I.S., Reyes M.S., Valladares O.G., Ortega N., Gómez V.H., 2014, Design and evaluation of a compound parabolic concentrator for heat generation of thermal processes, *Jurnal Energy Procedia* 57, 2956 – 2965.
- Khavivi K., 2019, Analisis performa kolektor tabung pemanas air menggunakan phase change material (PCM) dengan dan tanpa reflektor, *Skripsi, Jember: Universitas Jember*.
- Ma L., Lu Z., Zhang J., Liang R., 2010, Thermal performance analysis of the glass evacuated tube solar collector with U-tube, *Jurnal Building and Environment* 45, 1959-1967.
- Mishra R.K., Garg V.A., Tiwari G.N., 2017, Energy matrices of U-shaped evacuated tubular collector (ETC) integrated with compound parabolic concentrator (CPC), *Jurnal Solar Energy*, 153, 531-539.
- Myson, 2018, Peluang efisiensi penggunaan energi pada sektor perhotelan di Kota Jambi., *Jurnal Civronlit Universitas Batanghari*, 3(1), 37-45.
- Nugraha S., 2016, *Outlook Energi Indonesia 2016*, Penerbit Dewan Energi Nasional, Jakarta.

- Papadimitratos A., Sobhansarbandi S., Pozdin V., Zakhidov A., Hassanipour F., 2016, Evacuated tube solar collectors integrated with phase change materials, *Jurnal Solar Energy*, 129, 10-19.
- Putra N., Adi W., Amin M., 2015, Uji eksperimental kinerja PCM beeswax sebagai thermal storage pada aplikasi pemanas air domestic, *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*.
- Su Z., Gu S., Vafai K., 2017, Modeling and simulation of ray tracing for compound parabolic thermal solar collector, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 87: 169-174.
- Waghmare S.A., Gulhane N.P., 2018, Optimization of receiver height in compound parabolic collector by optical analysis and experimental method, *Jurnal Optics*, 157, 1331-1341.