

## PENGARUH GLASS TUBE TERHADAP PERFORMA KOLEKTOR TABUNG PEMANAS AIR DENGAN CAMPURAN PARAFIN – MINYAK JARAK

*Effect Of Glass Tube On Water Heater Tubes Collector Performance With parafine - Jatropha Curcas Oil Mixture*

Ahmad Adib Rosyadi<sup>1</sup>, M. Arif Wibowo<sup>2</sup>, Dwi Djumhariyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Email: <sup>1</sup> [ahmadadib.teknik@unej.ac.id](mailto:ahmadadib.teknik@unej.ac.id), <sup>2</sup> [m.arifwb3@gmail.com](mailto:m.arifwb3@gmail.com), <sup>3</sup> [dwijumhariyanto@yahoo.com](mailto:dwijumhariyanto@yahoo.com)

### ABSTRAK

Kolektor surya berfungsi mengumpulkan dan menyerap radiasi sinar matahari dan mengkonversinya menjadi energi panas. Kolektor tabung memiliki keunggulan dalam menahan panas daripada kolektor pelat datar. *Glass tube* dapat menahan panas dengan faktor kehilangan panas yang relatif rendah, karena fluida terjebak di antara absorber dan dinding *glass tube*. Tujuan penelitian ini yaitu membandingkan efisiensi kolektor tabung dengan *glass tube* dan *non glass tube* ditambah komposisi PCM yang berbeda dengan campuran parafin – minyak jarak 15%, parafin – minyak jarak 20% dan parafin 100%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses pemanasan air dengan kolektor tabung *non glass tube* campuran PCM parafin – minyak jarak 20% menghasilkan suhu lebih besar (59,9 °C). Ketika proses pendinginan, kolektor *glass tube* campuran PCM parafin – minyak jarak 20% menghasilkan suhu lebih besar (36,1 °C). Pada efisiensi kolektor *non glass tube* campuran PCM parafin – minyak jarak 20% menghasilkan nilai 70% dan saat pendinginan kolektor *glass tube* menghasilkan efisiensi rata – rata 16,3%. Hal ini disebabkan pada saat proses pemanasan, panas yang diserap pada kolektor *non glass tube* lebih besar yang diterima dibanding kolektor *glass tube* yang masih melewati dinding *glass tube*. Dari penelitian tersebut, maka efisiensi kolektor tabung dipengaruhi oleh *glass tube* pada saat pemanasan maupun pendinginan. *Glass tube* dapat mempertahankan panas yang keluar ketika penurunan intensitas radiasi dan saat proses pendinginan. Selain penambahan *glass tube*, bahan pada *Phase Change Material* (PCM) juga mempengaruhi efisiensi kolektor tabung.

**Kata Kunci:** Phase Change materials, glass tube, minyak jarak pagar.

### ABSTRACT

The solar collector functions to collect and absorb solar radiation and convert it into heat energy. Tube collectors have the better advantage in holding heat than flat plate collectors. Glass tube has resistance heat but also heat loss factor is relatively low, because the fluid is trapped between the absorber section and the inner glass tube wall. This research compare the efficiency of the tube collector with glass tube and non glass tube plus a different PCM composition with a mixture of paraffin - jatropha curcas oil 15%, paraffin - jatropha curcas oil 20% and 100% paraffin. The results consider that the process of heating water with non glass tube collector PCM paraffin - jatropha curcas oil 20%. produces a greater temperature (59.9 °C). When the cooling process of the glass tube collector with a mixture of PCM paraffin - jatropha curcas oil 20% produces a greater temperature (36.1 °C). The efficiency of the non glass tube collector with a mixture of PCM paraffin - jatropha curcas oil 20% produces value 70% and when cooling the glass tube collector produces an average efficiency of 16.3%. This is cause in the heating process, the heat absorbed in the non-glass tube collector is greater than glass tube collector that still passes through the glass tube wall. From that study, the efficiency tube collector by the glass tube when heating or cooling. The glass tube can maintain heat that comes out when the radiation intensity decreases and when cooling process. Besides the addition of glass tubes, the material in Phase Change Material (PCM) the effect efficiency of the tube collector.

**Keywords:** phase change materials, tubes collector, jatropha curcas oil.

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi energi terbarukan yang telah dikembangkan secara signifikan dengan meningkatnya jumlah teknologi yang memasuki pasar di Indonesia. Beberapa sumber daya energi terbarukan seperti

energi matahari dapat dimanfaatkan pada teknologi fototermik (surya termal) yang masih memiliki ketersediaan secara berlimpah dan bersih. (Tahmineh dkk., 2017:1). Energi matahari yang mengarah ke bumi dalam bentuk radiasi elektromagnetik dapat

mengkonversinya radiasi matahari menjadi energi panas dengan menggunakan alat pengumpul panas yang dapat dimanfaatkan untuk pemanas air. Kinerja kolektor matahari dipengaruhi oleh beberapa faktor luas permukaan, suhu dan kondisi cuaca.

Kolektor matahari dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai kebutuhan dimana Kolektor dapat dikategorikan dua kelompok yaitu kolektor pelat datar dan kolektor tabung. Kolektor pelat datar merupakan jenis kolektor yang sudah banyak dipasaran yang pada umumnya digunakan memanaskan air dengan suhu rendah dibawah 80°C. sedangkan kolektor tabung memiliki rancangan untuk menghasilkan suhu air yang lebih tinggi. Alat ini memiliki keistimewaan pada efisiensi transfer panas yang lebih tinggi tetapi faktor kehilangan panas relatif rendah. Kolektor tabung memiliki kelebihan yang dapat memanfaatkan cahaya radiasi matahari dari segala arah, dibanding pelat datar hanya satu arah. Kolektor tabung juga memiliki insulasi termal lebih baik dibandingkan kolektor pelat datar. (Mishra dkk., 2015:2).

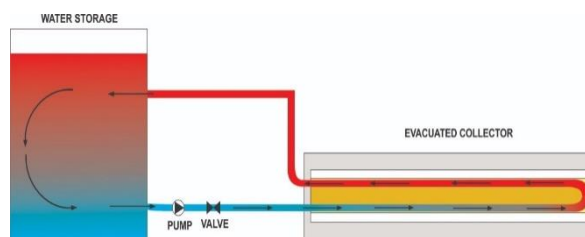
Kolektor tabung dengan reflektor berbentuk parabola dapat diaplikasikan secara diskontinu (Mishra, 2017:3). Mengembangkan bentuk reflektor CPC dengan pemodelan ray tracing telah terbukti dengan membandingkan hasil ray tracing dengan software Tace pro. Model reflektor yang digunakan yaitu double U, hal ini dikarenakan hasil kerja termal menunjukkan nilai efisiensi yang baik. Pemanfaatan bahan PCM dapat meningkatkan performa kolektor tabung dengan cara menyimpan dan menahan panas yang akan keluar dari sistem kolektor. Pada saat proses pemanasan dan pendinginan, PCM akan mengalami perubahan fasa padat menjadi cair dan sebaliknya atau panas laten (Khan, 2016:4). Penggunaan hasil bumi yang melimpah seperti minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak zaitun dan minyak jarak dapat dijadikan PCM dengan campuran parafin. Minyak jarak memiliki kandungan asam risinoleat yang sesuai memenuhi kriteria pada sifat termodinamis dan tidak terjadinya pendinginan yang cepat (supercooling). Bahan PCM pada penelitian ini menggunakan campuran parafin dengan minyak jarak yang diletakan dalam pipa absorber menyulubungi pipa air pada kolektor tabung.

Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan performa kolektor tabung pemanas air menggunakan PCM dengan penggunaan glass tube dan tanpa glass tube dalam penelitian ini PCM menggunakan

campuran minyak jarak 15%, 20% dan parafin 100%. Dalam Penelitian ini yang dianalisa adalah performa dan efisiensi kolektor tabung dengan glasstube.

## 2. METODE

Pada gambar 1 ditunjukkan sistem kerja pada kolektor mensirkulasikan fluida menggunakan pompa. Air didalam bak penampung (warna biru/air dingin) dipompakan menuju kolektor. Saat berada di dalam kolektor, air mengalami proses pemanasan karena terdapat sinar radiasi. (warna merah/Air panas) akan menuju ke bak penampung kemudiam disirkulasikan kembali seperti proses awal. Proses pengambilan data digunakan untuk membandingkan suhu *outlet* air dan efisiensi pada variasi kolektor tabung *glass tube* dengan *non glass tube* ditambah campuran PCM parafin – minyak jarak 15%, 20% dan parafin 100%. Alat pemanas air yang dirancang ke bak penampung dengan sistem sirkulasi.



**Gambar 1.** Desain alat pemanas air

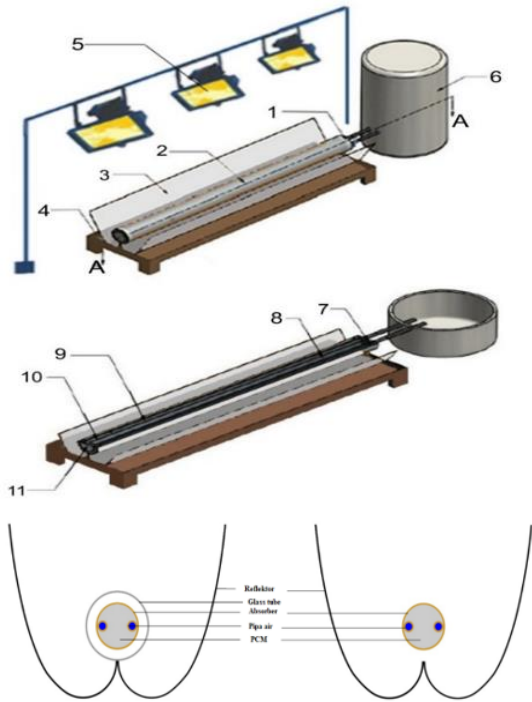
Langkah pertama dalam perancangan manufaktur alat yaitu menyiapkan alat dan bahan, yaitu.

- 1) Alat:
  - Lampu 1000 W
  - *Phynarometer*
  - *Thermometer*
  - Pompa
- 2) Bahan:
  - Pipa tembaga
  - *Knee*
  - *Glass tube*

Pengambilan data dilakukan selama 240 menit pada proses pemanasan dan pendinginan. Pengukuran suhu pada *outlet* air ( $T_{out}$ ) dilakukan dengan interval waktu 30 menit. Prosedur pengambilan data diawali dengan menyiapkan alat, mengisi tangki dengan volume 5 L, mengukur intensitas radiasi sinar, menyalakan pompa, dan membuka *valve* dengan laju aliran massa 0,01 kg/s sehingga air dapat mengalir

menuju kolektor tabung. Setelah 240 menit, data disimpan dan lakukan analisis data.

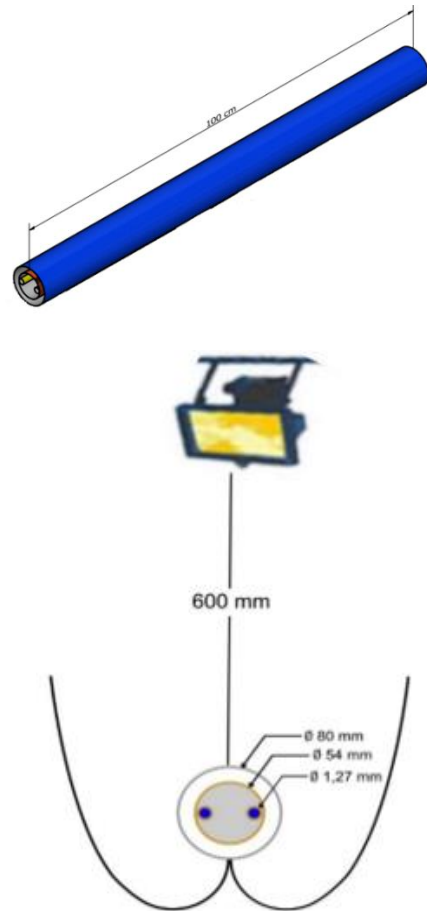
Berikut adalah skema dari kolektor tabung.



**Gambar 2.** Desain kolektor tabung pemanas air dan bagian komponen.

Keterangan :

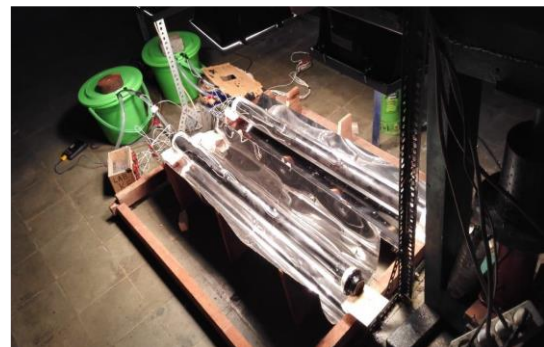
- 1 = sterefoam
- 2 = Glass tube
- 3 = Reflektor
- 4 = Rangka
- 5 = Lampu 1000 watt
- 6 = Wadah air
- 7 = Rubber
- 8 = Absorber
- 9 = Pipa air
- 10 = Knee tembaga
- 11 = Plat tembaga



**Gambar 3.** Spesifikasi dimensi kolektor

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

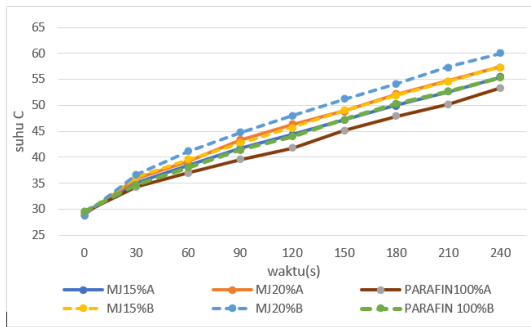
Berikut adalah hasil perancangan alat dari kolektor tabung.



**Gambar 4.** Alat pemanas air tampak atas

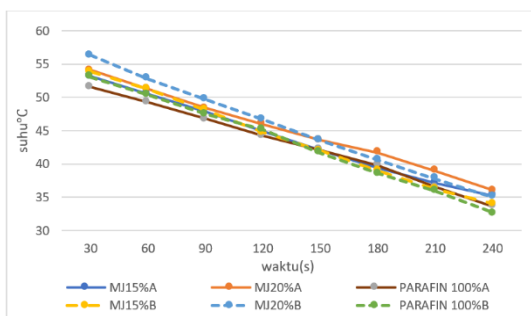
Setelah melakukan pengukuran suhu selama 240 menit didapatkan data suhu *outlet* air dari kolektor tabung *glass tube* dan *non glass tube* dengan

campuran PCM parafin – minyak jarak 15%, 20% dan parafin 100% ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Suhu outlet air proses charging pada kolektor tabung

Gambar 5, dapat dilihat bahwa suhu awal air kolektor tabung *non glass tube* dan kolektor *glass tube* yaitu 29 °C. Selama pengukuran kenaikan suhu pada kolektor tabung *non glass tube* memiliki suhu air lebih tinggi dibanding kolektor tabung menggunakan *glass tube*. Selain itu faktor yang mempengaruhi tingginya suhu outlet air yaitu dari bahan PCM. PCM dengan campuran parafin – minyak jarak 20% lebih cepat panas dikarenakan konduktivitas bahan lebih baik dan menghasilkan suhu air yang tinggi yaitu 59,9°C dibanding dengan parafin – minyak jarak 15% yaitu 57,3°C dan parafin 100% yaitu 55,3°C dengan laju aliran massa yang sama yaitu 0,01 kg/s.



Gambar 6. Suhu outlet air proses discharging pada kolektor tabung

Dari hasil gambar 6 diatas menunjukkan bahwa suhu outlet air pada kolektor tabung *glass tube* lebih tinggi dibandingkan *non glass tube* dikarenakan suhu outlet air dipengaruhi kinerja dari penggunaan *glass tube* tersebut. hal ini membutuhkan bahwa penggunaan *glass tube* memiliki fungsi pada saat proses *discharging*, karena *glass tube* dapat menahan panas yang keluar serta menstabilkan suhu kolektor dibanding kolektor *non glass tube*, panas dari pipa

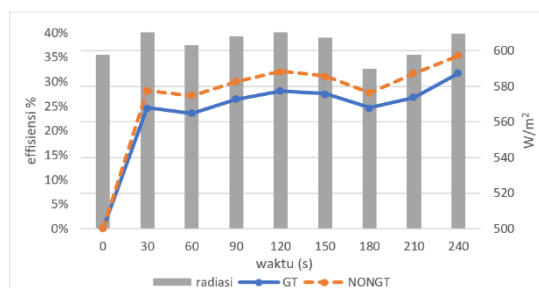
absorber langsung terbuang dan menyesuaikan suhu lingkungan. Pada menit ke-240 suhu outlet air menunjukkan bahwa kolektor menggunakan *glass tube* memiliki ketahanan suhu air yang tinggi dan stabil dibanding *non glass tube* pada campuran PCM parafin – minyak jarak 20% yaitu 36,1°C, parafin – minyak 15% yaitu 35,2°C dan parafin 100% yaitu 33,6°C dengan laju aliran massa yang sama yaitu 0,01 kg/s.

Muthukumar (2016:5) menyatakan untuk mengetahui suatu sistem dapat bekerja baik atau tidak dapat dilihat dari efisiensi sistem tersebut. Efisiensi kolektor tabung adalah perbandingan antara panas yang diserap oleh air sebagai fluida kerja dengan radiasi matahari yang diserap oleh luasan kolektor tersebut.

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c (T_{out} - T_{in})}{0,5 \cdot n \cdot I \cdot A + 0,5 \cdot n \cdot I \cdot 0,7 \cdot A} \times 100\%$$

Dengan Simbol  $\eta$  adalah efisiensi kolektor (%),  $\dot{m}$  adalah massa jenis aliran (kg/s),  $c$  adalah panas jenis aliran (kJ/kg.°C),  $T_{out}$  adalah suhu air akhir (°C) dan  $T_{in}$  adalah suhu air awal (°C),  $A_{cover}$  adalah luasan cover (m<sup>2</sup>),  $I$  adalah intensitas radiasi sinar (W/m<sup>2</sup>), 0,5 adalah setengah bagian kolektor yang terkena sinar matahari dari atas dan bawah, dan nilai 0,7 adalah nilai reflektivitas dari bahan *stainless steel* (Zwinkels, 1994:6).

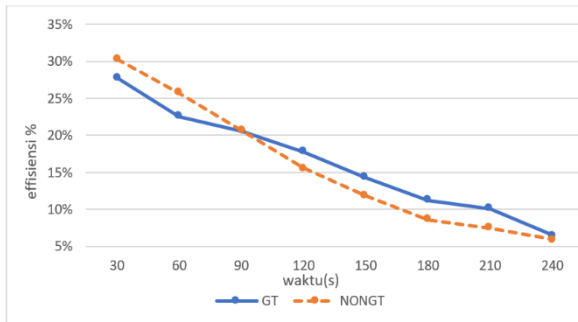
Sedangkan hasil efisiensi kolektor dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Efisiensi kolektor pada bahan PCM parafin – minyak 20% ketika proses charging

Gambar 7 menunjukkan saat *charging* pada kolektor *non glass tube* memiliki efisiensi yang tinggi dibanding kolektor *glass tube*. Bahan PCM persentase

minyak jarak 20% memiliki efisiensi maksimum kolektor yaitu 70% dan 63% pada menit 240. Intensitas radiasi juga mempengaruhi efisiensi pada kolektor, ketika intensitas radiasi meningkat maka suhu air juga meningkat. Hal ini juga mempengaruhi efisiensi kolektor. Pada kolektor *non glass tube* menghasilkan efisiensi lebih besar dibanding kolektor *glass tube*.



**Gambar 8.** Efisiensi kolektor pada bahan PCM parafin – minyak 20% ketika proses *discharging*

Gambar 8 menunjukkan hasil dari efisiensi *discharging* kolektor *glass tube* lebih tinggi dibanding kolektor *non glass tube*. Pada bahan PCM Campuran parafin - minyak jarak 20% menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar yaitu 16,3% dan 15,7% pada 240 menit. Gambar 9 menunjukkan pada menit 60 ke 90, mengalami penurunan dimana kolektor *non glass tube* mulai kehilangan panas yang keluar secara konveksi dan kolektor *glass tube* mulai bekerja untuk mempertahankan panas yang keluar. Sebagai sumber energi panas yang diserap oleh *glass tube* dan absorber ketika charging akan menjadi penentu besar atau kecilnya suhu dari kedua komponen tersebut.

#### 4. PENUTUP

##### Simpulan

1) Pada proses *charging*, Kolektor *non glass tube* menghasilkan suhu *outlet* air lebih besar dibanding kolektor *glass tube*, dikarenakan panas yang diserap pada kolektor *non glass tube* lebih besar dibanding dengan kolektor *glass tube* dan proses *discharging glass tube* dapat mempertahankan panas yang keluar pada saat penurunan intensitas radiasi. Karakteristik penyimpanan termal, PCM sangat mempengaruhi pada *outlet* air dengan perbandingan persentase campuran minyak jarak.

Pada bahan PCM campuran parafin - minyak jarak 20% menghasilkan suhu *outlet* air yaitu sebesar 59,9 °C dan saat *discharging* dapat mempertahankan suhu *outlet* air yaitu sebesar 36,1 °C.

2) Efisiensi kolektor tabung dipengaruhi oleh *glass tube*. Hal ini membuktikan pada saat proses *charging* dan *discharging*. Selain penambahan *glass tube*, material pada *Phase Change Material* (PCM) juga mempengaruhi efisiensi kolektor tabung. Hal ini membuktikan pada saat *charging*, bahan campuran parafin - minyak jarak 20% menghasilkan efisiensi yang tinggi pada kolektor tabung yaitu 70% dengan kolektor *non glass tube* dan saat proses *discharging*, kolektor *glass tube* menghasilkan efisiensi rata – rata yaitu 16,3%. Kejadian ini dapat mendukung pernyataan bahwa kolektor *glass tube* dapat mempertahankan panas yang baik dan persentase bahan campuran PCM juga mempengaruhi.

##### Saran

Perlu dilakukan pemvakuman pada *glass tube* agar panas yang diserap oleh kolektor menjadi maksimal dan penggunaan bahan PCM yang mampu menyimpan panas dengan baik yang ramah lingkungan.

##### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khan, Z., Z. Khan, dan A.A Ghafoor. 2016. Review of performance enhancement of PCM based latent heat storage system within the context of materials, thermal stability and compatibility. *Energy Convers Manag* 115:132–58.
- [2] Mishra, R.K., Garg, V., dan Tiwari, G.N. 2015. Thermal modeling and development of characteristic equations of evacuated tubular collector (ETC). *Sol. Energy* 116: 165–176.
- [3] Mishra, R. K., Garg, V. & Tiwari, G. N., 2017. Energy matrices of U-shaped evacuated tabung collector (ETC) integrated with compound parabolik concentrator (CPC). *Solar Energy*, Volume 153, pp. 531-539.
- [4] Muthukumar, P., Naik, B. K., Varshney, A. dan Somayaji, C. 2016. Modelling and Performance Analysis of U Type Evacuated Tube Solar Collector Using Different Working Fluids. *Energy Procedia*. 90: 227-237.
- [5] Tahmineh, S., Alibakhsh, K., Kiana, R., Ameneh, H.H., Faezeh, A. dan Omid, M. 2017. Thermoeconomic and Environmental Analysis of

Solar Flat Plate and Evacuated Tube Collectors in Cold Climatic Conditions. *Renewable Energy*.

- [6] Zwinkels, J.C., M. Noel, dan C. X. Dodd. 1994. Procedure and standards for accurate spectrophotometric measurements of specular reflectance. *Applied Optics*. 33:34.