



Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B36-B47  
1<sup>st</sup> National Conference of Industry, Engineering and Technology 2020,  
Semarang, Indonesia.

## STUDI PENGGUNAAN BAHAN REFLEKTOR TERHADAP KINERJA *PARABOLIC THROUGH COLLECTOR* (PTC)

Nur Hayati, M. Joko Wibowo, Risse Entikaria Rachmanita, Bayu Rudianto\*

Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember  
Jl. Mastrip PO BOX 164, Jember 68121

\*Email: bayu\_rudianto@polije.ac.id

### Abstrak

*Parabolic through collector* menggunakan cermin reflektor untuk memfokuskan sinar matahari menuju pipa absorber dan merubahnya menjadi energi panas, energi ini akan digunakan untuk memanaskan fluida pada pipa. *Parabolic through collector* memiliki 3 bahan yaitu kuningan, tembaga dan alumunium dengan ukuran 41 cm x 61 cm, pemilihan bahan berdasarkan pada nilai konduktifitas termal bahan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai  $Q_{\text{gained}}$ , efisiensi dan perpindahan panas tertinggi pada PTC. Hasil penelitian menunjukkan nilai  $Q_{\text{gained}}$  tertinggi pada iradiasi maksimum yaitu kuningan sebesar 117.224W dan terendah pada alumunium sebesar 12.297W. Adapun nilai  $Q_{\text{gained}}$  tertinggi ketika iradiasi minimum yakni pada tembaga sebesar 16.323W dan terendah pada tembaga sebesar 0.239W. Efisiensi *parabolic through collector* ketika iradiasi maksimum yaitu pada kuningan sebesar 26.09%. Sedangkan ketika iradiasi minimum *parabolic through collector*, efisiensi tertinggi pada tembaga sebesar 15.69%. Tinggi rendahnya efisiensi yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai  $Q_{\text{gained}}$  dan iradiasi matahari selama pengujian, semakin tinggi iradiasi matahari maka suhu air yang dihasilkan akan tinggi sehingga nilai  $Q_{\text{gained}}$  juga meningkat dan efisiensi akan semakin tinggi.. Total pindah panas tertinggi yang terjadi pada *parabolic through collector* yaitu pada kuningan sebesar 29.253 W. Besarnya nilai perpindahan panas total yang dihasilkan dipengaruhi oleh seberapa tinggi daya serap bahan terhadap panas serta sifat dari bahan tersebut.

**Kata Kunci:** pembangkit; genset; sinkronisasi; motoring; reverse power relay.

## PENDAHULUAN

Sumber energi baru terbarukan merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, tidak mempengaruhi perubahan iklim dan pada proses pemanasan global. Hal ini dikarenakan sumber energi didapatkan dari proses alam yang kontinyu misalnya sinar matahari, angin, air, *biofule*, dan *geothermal*. Ketersediaan sumber energi baru terbarukan ini bergantung pada kondisi iklim serta letak geografis masing-masing daerah. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi energi matahari cukup besar sepanjang tahunnya. Salah satu penyebabnya adalah karena Indonesia terletak di garis khatulistiwa sehingga mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan radiasi penyinaran  $4.80\text{kWh/m}^2$  (BPS, 2017).

Tingginya potensi radiasi penyinaran matahari dapat dimanfaatkan secara teknologi guna menunjang kebutuhan energi diberbagai sektor.

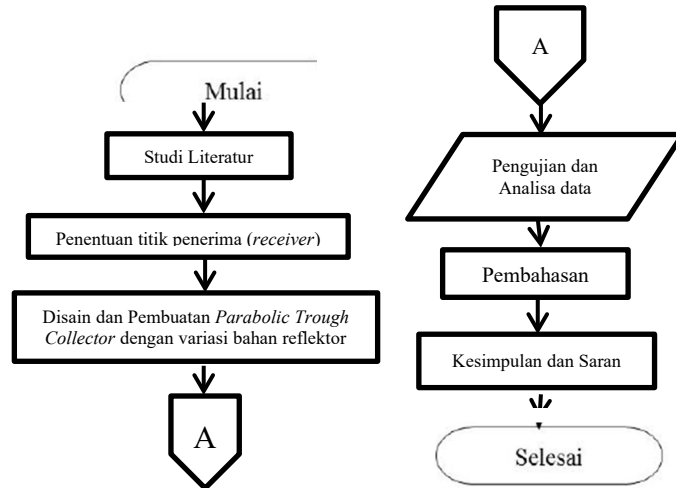
*Concentrate solar power* (CSP) merupakan salah satu teknologi pemanfaatan energi surya yang biasa digunakan. CSP menggunakan cermin reflektor sebagai pemfokus sinar matahari menuju *receiver*. Salah satu jenis CSP adalah *Parabolic through collector* (PTC) dimana merupakan jenis CSP tipe terkonsentrasi. PTC menggunakan cermin reflektor untuk memfokuskan sinar matahari menuju pipa absorber, panas pada pipa absorber nantinya akan digunakan untuk memanaskan fluida kerja pada pipa absorber (Prasad P. Patil, Dr. D.S.Deshmukh, 2016).

Penelitian PTC telah banyak dilakukan, salah satunya oleh P. Balamurugan (2017) dimana dalam penelitiannya PTC mampu menangani suhu hingga 400°C. Penelitian berikutnya yakni oleh Muhammad Noman, dkk (2019) dimana dalam penelitian pengembangan model matematis kompor surya parabola menghasilkan efisiensi eksperimental 5-38% dan secara teoritis sebesar 30-50%. Penelitian selanjutnya yakni oleh Ayub Setyaji (2019) dengan variasi bahan reflektor PTC memiliki efisiensi 45.57%.

Penelitian PTC umumnya digunakan dalam pemanasan air pada umpan boiler, pendingin udara, proses industri panas, pembangkit listrik dan lainnya. Pada penelitian ini, PTC digunakan untuk memanaskan aliran air yang mengalir secara kontinu dengan bahan reflektor yang digunakan adalah kuningan, tembaga dan aluminium. Penggunaan tiga jenis bahan reflektor ini bertujuan untuk mengetahui laju  $Q_{\text{gained}}$  tertinggi dan juga efisiensi tertinggi dari masing-masing bahan.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan 5 pengulangan. Adapun alat yang digunakan berupa sensor suhu termokople tipe K, data logger Hioki Lr8400, dan solarimeter multimetrik SPM72 dengan bahan yang digunakan adalah plat kuningan, tembaga dan aluminium, pipa tembaga serta air. Adapun pelaksanaan penelitian digambarkan pada diagram alir pada gambar 1.

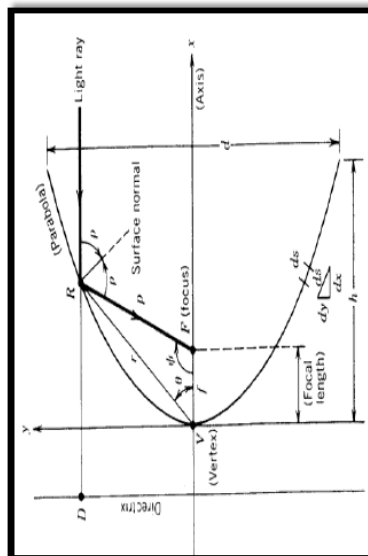


**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Sebelum disain dan pembuatan alat dilakukan perlu dilakukan penentuan titik fokus dan diameter dari pipa absorber yang akan digunakan. Titik fokus merupakan sebuah perpotongan garis menuju titik tengah titik F dimana titik fokus ini dapat ditentukan melalui diameter ( $d$ ) dibagi dengan jarak bukaan ke titik tengah ( $h$ ) (Yassen H.Mahmood and Rafa, 2018) seperti persamaan berikut :

$$f = \frac{d^2}{16 h} \dots \dots \dots 1$$

Adapun gambaran dari posisi diameter bukaan, jarak nukaan ke titik tengah adalah sebagai berikut :

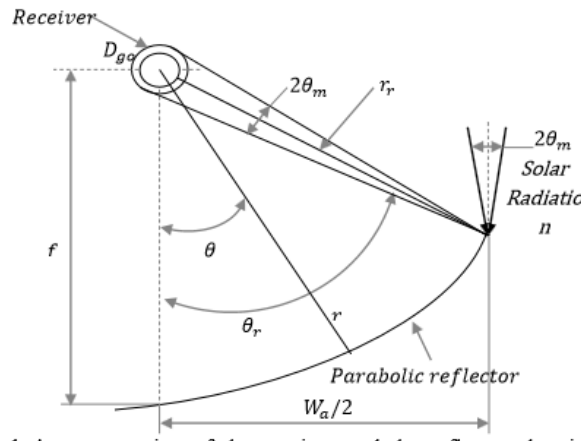


**Gambar 2.** Gambaran Titik Tengah PTC  
 Sumber : Yassen H.Mahmood and Rafa, 2018

Setelah titik fokus ditentukan maka diameter dari pipa absorber dapat dimana absorber dianggap berada pada kondisi ideal sehingga dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$D = 2 r_r \sin \theta \quad \dots \dots \dots 2$$

Dimana  $\theta$  merupakan setengah dari  $\theta_r$ , dan  $r_r$  merupakan *mirror radius* (Abdulraheem, 2014). Adapaun gambaran melintang dari absorber digambarkan pada gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Potongan Melintang PTC  
Sumber : Abdulraheem, 2014

Sudut antara pantulan pada titik fokus dan pusat kolektor adalah  $\theta$ , dimana  $f$  merupakan titik fokus dari PTC.  $\theta$  merupakan variasi antara 0 dan  $\theta_r$ , dan radius,  $r$ , merupakan variasi dari titik fokus dan  $r_r$ , serta variasi ukuran bayangan secara teoritakal yakni  $2f \sin \theta$  hingga  $2r_r \sin \theta / \cos (\theta_r + \theta)$ . Persamaan pada 2 menjadi :

$$r_r = \frac{2f}{1 + \cos \theta_r} \quad \dots \dots \dots 3$$

Parameter uji PTC digunakan untuk mengetahui kinerja dari PTC dalam proses pemanasan aliran air secara kontinyu. Adapun data uji yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisa laju  $Q_{gained}$ , serta efisiensi dari PTC.

Laju panas yang diperoleh oleh kolektor atau  $Q_{gained}$  ditentukan oleh suhu inlet da outlet serta laju aliran massa yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Ayub Setyaji, 2019) :

$$Q_{gained} = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in}) \quad \dots \dots \dots 4$$

Dimana nilai  $Q_{gained}$  ini akan digunakan untuk menentukan nilai efisiensi yang terjadi pada PTC. Efisiensi dari PTC merupakan perbandingan dari nilai  $Q_{gained}$  dengan Iradiasi

matahari serta luas area permukaan PTC sebagai mana persamaan berikut (Ayub Setyaji, 2019) :

$$\eta_{th} = \frac{Q_{gained}}{Irradiance A_a} \dots \dots \dots 5$$

Selain menentukan nilai efisiensi, pada penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui nilai perpindahan panas total yang terjadi pada PTC. Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya akibat dari perbedaan suhu antara daerah-daerah tersebut (Aqli M dan Subagyo, 2016). Adapun perpindahan panas yang terjadi pada PTC yakni sebagai berikut :

1. Konduksi

Hubungan dasar untuk perpindahan panas konduksi adalah hukum Faurier, yang dinyatakan dengan :

$$q_k = -K.A \frac{dt}{dx} \dots \dots \dots 6$$

Dimana :

T :Suhu (°C atau °F)

X : Jarak/ Tebal dinding (m atau ft)

A : Luas dinding atau luas perpindahan panas (m<sup>2</sup> atau ft<sup>2</sup>)

K : Konduktivitas termal (w/m. °C atau Btu/h.ft°F) (Konstanta proporsionalitas)

q<sub>k</sub> : laju perpindahan panas konduksi (Watt atau Btu/h)

2. Konveksi

Laju dari perpindahan panas konveksi adalah menggunakan hukum newton dimana hukum ini dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$q_c = hc.A.(T_w - T_s) \dots \dots \dots 7$$

Dimana :

T : Suhu (°C atau °F)

A : Luas permukaan (m<sup>2</sup> atau ft<sup>2</sup>)

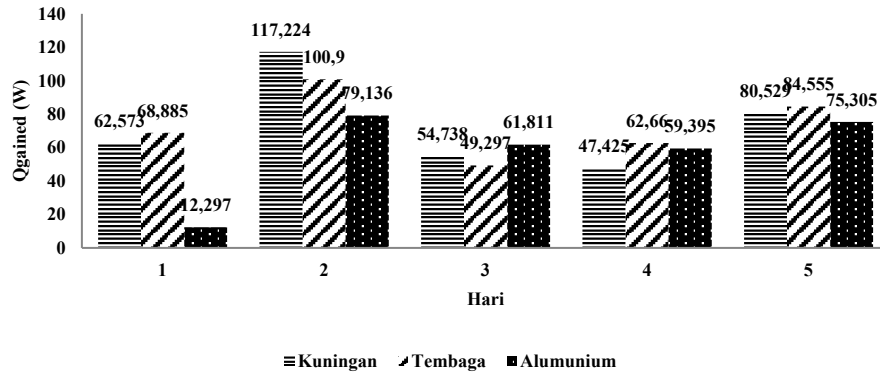
H<sub>c</sub> : koefisien perpindahan panas konveksi atau *convection heat transfer coefficient* (W/m<sup>2</sup>.°C atau Btu/h.ft<sup>2</sup>.°F) (Konstanta Proporsional)

q<sub>c</sub> : Laju perpindahan panas konveksi (Watt atau Btu/h)

3. Radiasi

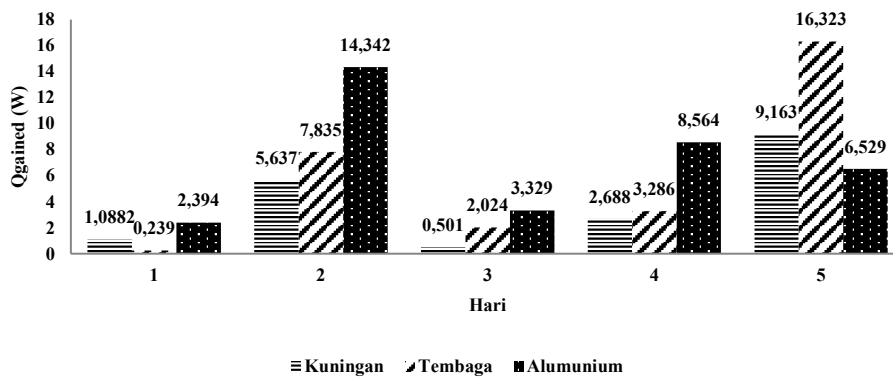


tidak menentu sehingga dengan penentuan nilai efisiensi dari nilai terendah akan membentuk sebuah range. Selain dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, faktor lain yang berpengaruh adalah laju  $Q_{\text{gained}}$ . Berikut adalah laju  $Q_{\text{gained}}$  yang dihasilkan oleh PTC selama pengujian.



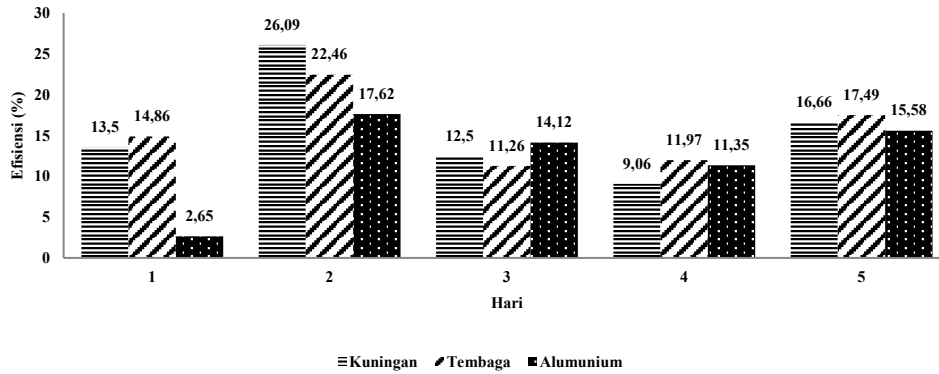
**Gambar 4.** Garfik  $Q_{\text{gained}}$  pada Iradiasi Maksimum  
 Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Laju  $Q_{\text{gained}}$  ditentukan dengan menggunakan suhu air masuk dan air keluar serta laju aliran massa dari air. Ketiga faktor ini berbanding lurus sehingga jika salah satu faktor mengalami kenaikan maka laju  $Q_{\text{gained}}$  juga akan bertambah (Ayub Setyaji dkk, 2019). Laju  $Q_{\text{gained}}$  tertinggi pada intensitas radiasi maksimum yakni kuningan sebesar 117.224 W di pengujian ke-2, dengan nilai terendah pada aluminium sebesar 12.297 W pada pengujian ke-1.



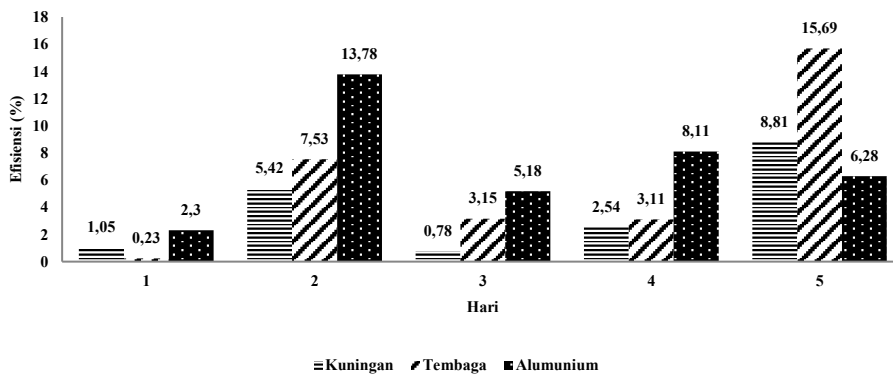
**Gambar 5.** Grafik  $Q_{\text{gained}}$  pada Iradiasi Minimum  
 Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Nilai  $Q_{\text{gained}}$  tertinggi pada iradiasi minimum terdapat pada tembaga sebesar 16.323 W pada pengujian ke-1. Adapun nilai terendah terdapat pada tembaga sebesar 0.239 W pada pengujian ke-5.



**Gambar 6.** Nilai Efisiensi pada Iradiasi Maksimum  
 Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Efisiensi PTC berbanding lurus dengan laju  $Q_{\text{gained}}$  akan tetapi berbanding terbalik dengan iradiasi matahari dan luas permukaan (Ayub Setyaji dkk, 2017). Efisiensi pada nilai iradiasi maksimum terdapat pada kuningan dengan nilai 26.09% dan nilai terendahnya pada aluminium dengan nilai 2.65%.



**Gambar 7.** Nilai Efisiensi pada suhu Minimum  
 Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Efisiensi tertinggi pada iradisi terendah adalah pada tembaga yakni 15.69% dan juga memiliki efisiensi terendah yakni 0.23%. Hal ini dikarenakan tembaga memiliki sifat mudah menyerap panas dan juga melepas panas. Efisiensi tertinggi dikarenakan memiliki perbedaan suhu tertinggi yakni 3.885°C.



## 2. Total perpindahan panas pada PTC

Total perpindahan panas pada PTC merupakan jumlah total perpindahan panas yang dibutuhkan dalam proses pemanasan aliran air secara kontinu baik konduksi, konveksi maupun radiasi. Perpindahan panas total pada PTC diperlihatkan pada tabel 1, 2 dan 3 sebagai berikut ini.

**Tabel 1.** Data Perpindahan Panas Total pada PTC Reflektor Kuningan

No	Parameter	Keterangan	Hari				
			1	2	3	4	5
1	Konduksi	Reflektor - absorber (W)	0,456	0,327	0,540	0,595	0,233
		Dinding Absorber (W)	5.9665	5.9665	5.9665	5.9665	
2	Konveksi	Ruang - absorber (W)	0,051	0,109	0,133	0,084	0,243
		Absorber - aliran air (W)	5,291	2,536	6,776	7,016	22,811
3	Radiasi	Lingkungan - reflektor (W)	1,E-05	7,E-06	4,E-05	4,E-05	1,E-05
		Total (W)	11.769	8.940	13.419	13.661	29.253

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

PTC dengan reflektor tipe kuningan memiliki total pindah panas tertinggi pada pengujian ke-5 sebesar 29.253 W dan terendah pada pengujian ke-2 sebesar 8.940 W. Faktor utama yang mempengaruhi total perpindahan panas adalah intensitas radiasi yang diterima oleh reflektor, semakin tinggi nilai radiasi maka semakin tinggi nilai perpindahan panas dan suhu yang dihasilkan semakin tinggi.

**Tabel 2.** Data Perpindahan Panas Total pada PTC Reflektor Tembaga

No	Parameter	Keterangan	Hari				
			1	2	3	4	5
1	Konduksi	Reflektor - absorber (W)	1,36	0,91	3,06	1,57	0,79
		Dinding absorber (W)	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84
2	Konveksi	Ruang - absorber (W)	0,0046	0,0037	0,0147	0,0017	0,0146
		Absorber - aliran air (W)	0,444	3,279	10,435	4,088	14,618
3	Radiasi	Lingkungan - reflektor (W)	4,E-06	1,E-06	9,E-05	5,E-06	2,E-06
		Total	4.657	7.041	16.355	8.506	18.263

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

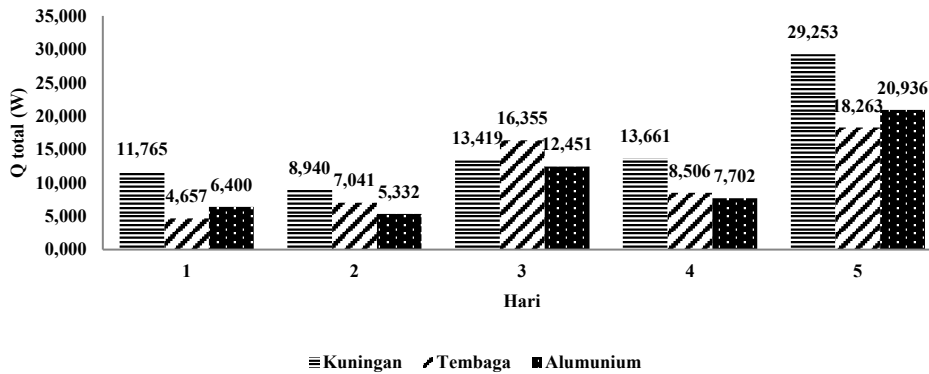
PTC dengan reflektor tembaga memiliki nilai perpindahan panas tertinggi pada pengujian ke-5 sebesar 18.263 W dan terendah pada pengujian ke-1 sebesar 4.657 W. Tembaga memiliki nilai konduktivitas termal bahan yang tinggi, akan tetapi dengan sifatnya yang mudah melepas akan mempengaruhi proses perpindahan panas yang terjadi.

**Tabel 3.** Data Perpindahan Panas Total pada PTC Reflektor Alumunium

No	Parameter	Keterangan	Hari				
			1	2	3	4	5
1	Konduksi	Reflektor - absorber (W)	0,776	0,598	1,316	1,422	0,064
		Dinding absorber (W)	1.736	1.736	1.736	1.736	1.736
2	Konveksi	Ruang - absorber (W)	8,E-04	5,E-04	1,E-02	6,E-03	2,E-02
		Absorber - aliran air (W)	3,888	2,998	9,385	4,537	19,115
3	Radiasi	Lingkungan - reflektor (W)	4,E-06	1,E-06	5,E-05	5,E-05	4,E-07
Total			6.400	5.3320	12.451	7.702	20.936

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

PTC dengan variasi reflektor alumunium mendapatkan total nilai perpindahan panas tertinggi pada pengujian ke-5 yakni 20.936 W dengan total perpindahan terendah pada pengujian ke-2 yakni 5.332 W.



**Gambar 8.** Perpindahan Panas Total  
 Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Gambar 8 menunjukkan perpindahan panas total pada reflektor kuningan, tembaga dan alumunium. Berdasarkan data tersebut reflektor kuningan memiliki total perpindahan panas lebih tinggi. Salah satu faktor yang mempengaruhinya yakni nilai koefisien perpindahan panas konveksi yang terjadi. Selain hal tersebut, kuningan memiliki sifat yang mudah menyerap panas. Sedangkan nilai perpindahan panas terendah yakni pada reflektor tembaga.

Umumnya tembaga memiliki nilai lebih tinggi dikarenakan nilai konduktivitas termal bahan tinggi, akan tetapi dengan sifat tembaga yang mudah melepas panas mempengaruhi proses perpindahan panas yang terjadi (Suarsana, 2017). Sedangkan aluminium memiliki nilai perpindahan panas diantara keduanya dikarenakan sifatnya yang tidak mudah dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai laju  $Q_{\text{gained}}$  tertinggi yakni pada kuningan sebesar 117.224 W pada pengujian ke-2 dengan nilai terendah pada tembaga sebesar 0.239 W pada pengujian pertama. Kemudian nilai efisiensi tertinggi pada *parabolic through collector* pada kuningan sebesar 26.09% dan terendah pada tembaga sebesar 0.23%. Adapun nilai perpindahan panas tertinggi yakni pada kuningan sebesar 29.253 W dan terendah pada tembaga sebesar 4.667 W.

Penelitian PTC memiliki efisiensi yang relatif rendah, dikarenakan luas area absorber yang digunakan terlalu kecil serta tingginya laju aliran massa fluida yang digunakan sehingga waktu pemanasan air sangat singkat. Oleh sebab itu, diharapkan pada penelitian berikutnya lebih berfokus pada penggunaan luas area absorber serta laju aliran massa fluida yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulraheem, A. M. (2014). *Modeling and Experimental Investigation of*. Daytona Beach, Florida: Embry-Riddle Aeronautical University Scholarly Commons.
- Aqli M., R. Subagyo. (2016). *Bahan Ajar Perpindahan Panas 1 HMKK*. Banjar Baru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Ayub Setyaji, Nugroho Agung Pambudi, Bayu Rudiyanto, Basori Basori, Nyeyep Sri Wardani, Adhi Susanto, Setyo Pranoto, Nova Dany Setyawana, Rusdi Febriyanto, Kukuh Mukti Wibowoa. (2019). The effect of variations in reflector material on the performance of a solar-powered parabolic trough collector . *International Journal of Smart Grid and Clean Energy* , 757-762.
- BPS. (2017, Februari 09). *Suhu Minimum, Rata-rata, dan Maksimum di Stasiun Pengamatan BMKG 2011-2015*. Retrieved November 16, 2019, from Badan Pusat Statistik: <http://www.bps.go.id/statictable/2017/02/09/1961/suhu-minimum-rata-rata-dan-maksimum-di-stasiun-pengamatan-bmkg-oc-2011-2015.html>
- Muhammad Noman, Ahmad Wasim, Muzaffar Ali, Mirza Jahanzaib, Salman Hussain, Hafiz Muhammad Khurram Ali, Hafiz Muhammad Ali . (2019). An investigation of a solar cooker with parabolic trough concentrator. *Case Studies in Thermal Engineering*, 100436.

- P.Balamurugan, S.P.Premkumaran, S.Raj Kumar, R. Rajapandian. (2017). Solar Water Heater Through Aluminium Foil - A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2033-2037.
- Prasad P. Patil, Dr. D.S.Deshmukh. (2016). A Review on Collector Designs for Solar Water Heating System Performance Enhancement. *PRATIBHA: International Journal Of Science, Spirituality, Business And Technology (Ijssbt)*, 2277—7261.
- SUARSANA, I. K. (2017). *Diktat Ilmu Material Teknik* . Denpasar: Universitas Udayana.
- Yaseen H. Mahmood, Rafa Y.J Al-Salih. (2018). Experimental Study of Two Different Types of Solar Dish Characteristics and its Efficiency Based on Tikrit, Iraq Weather Conditions. *Journal f Physics, Conf. Series 1032 (2018) 012006*.