

OPTIMASI KONSENTRASI *ETHYLENE GLYCOL* FLUIDA KERJA PADA PERANCANGAN *PARABOLIC TROUGH CONCENTRATOR* DENGAN REPLEKTOR

Jati Widiptura *), Iskendar **), Reza Abdu Rahman ***)

Universitas Widyatama, BPPT, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta

Email: jw.hybridengineering@gmail.com, een.iskendar@gmail.com, rezaabdurahman10@gmail.com

ABSTRAK

Inovasi penting guna mengurangi penggunaan sumber energi tak terbarukan serta emisi gas rumah kaca dapat dilakukan melalui pengembangan *water heater* pada aplikasi rumah tangga. Penerapan *water heater* untuk rumah tangga melalui pemanfaatan *Parabolic Trough Concentrator* (PTC) dengan sistem pemanasan tidak langsung menggunakan fluida kerja dapat meningkatkan kualitas *water heater* tenaga matahari dibandingkan dengan model *thermosyphon*. Optimasi utama dilakukan pada model *water heater* dengan PTC melalui perbaikan material reflektor yang digunakan dan juga fluida kerja. Pengujian eksperimen dilakukan pada kondisi standar yang sama untuk tiap model. Material reflektor yang optimal untuk mengumpulkan energi panas pada sistem ini ialah material *polymer substrate* dengan indikator pencapaian suhu kerja fluida yang lebih cepat panas. Penambahan *ethylene glycol* sebesar 50% pada air sebagai media perpindahan panas sistem menunjukkan performa terbaik di mana suhu kerja fluida pada 10 menit pertama mampu mencapai 98,2 °C dengan hasil akhir suhu fluida dalam 1 jam pengujian mencapai 100,5 °C. Kombinasi antara material reflektor *polymer substrate* dan fluida kerja berbasis *ethylene glycol* dan air dengan konsentrasi 50:50 (v/v) menunjukkan performa paling baik dibandingkan dengan seluruh model sample uji. Hal ini memberikan keuntungan bahwa dalam waktu singkat sistem mampu mencapai suhu yang tinggi sehingga mampu meningkatkan kualitas kerja sistem dalam memanaskan air yang berarti sistem ini memiliki unjuk kerja yang optimal untuk digunakan sebagai *water heater* pada aplikasi rumah tangga.

Kata kunci: *Ethylene Glicol, Parabolic Trough Concentrator, Mirrored Stainless Steel, Polymer Substrate, Heat Transfer Fluid.*

ABSTRACT

An excellence innovation for reducing greenhouse gases are done by developing a new water heater model for household applications. The application of the new model water heater by utilizing Parabolic Trough Concentrator with an indirect heating system uses heat transfer fluid able to improve the reliability of water heater compared to the thermosyphon model. Optimization for the new model is done by enhancing the reflector material and also heat transfer fluid. The experiment is done by applying the same standard measurement in order to set an adequate data for each model. The optimal reflector for the system to concentrating the solar power is polymer substrate as the fluid heated faster. The water-based solution with ethylene glycol 50:50 (v/v) for heat transfer fluid shows the best performance by achieving 98,2 °C for the 10th minute, and after one hour, the final temperature is 100,5 °C. By using a polymer substrate as a reflector for the Parabolic Trough Concentrator and using heat transfer fluid based on ethylene glycol water-based solution by concentrator 50:50 (v/v) shows the best performance among all sample with the fastest heating rate and the highest final temperature after the one-hour experiment. It shows this model has advantages to improve the system reliability by increasing the heating rate of the heat transfer fluid, which able to heat the water on the system faster.

Keywords: *Ethylene Glicol, Parabolic Trough Concentrator, Mirrored Stainless Steel, Polymer Substrate, Heat Transfer Fluid.*

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi paling besar selain aplikasi transportasi adalah untuk proses pemanasan dan atau proses pendinginan. Pada level rumah tangga di Indonesia, konsumsi pemanasan tertinggi ialah untuk proses pemanasan air. Pemanasan ini umumnya menggunakan tenaga listrik karena peralatan yang

lebih murah dan pengoperasian yang sederhana. Penggunaan *solar water heater* secara umum kurang populer di Indonesia karena sistem yang cukup kompleks, rendahnya efisiensi pemanasan dan penggunaan yang terbatas pada siang hari. Hal ini berdampak pada tingginya konsumsi energi listrik [1].

Inovasi pemanfaatan *Parabolic Trough Concentrator* (PTC) untuk *solar water heater* bisa dijadikan sebagai solusi untuk penghematan listrik. Sistem PTC direkomendasikan menggantikan sistem *thermosyphon* dikarenakan efisiensi PTC yang lebih tinggi dan juga fleksibilitas operasi dan biaya O&M yang lebih murah [2]. Dan juga, model pemanasan air secara tidak langsung dengan memanfaatkan fluida kerja khusus mampu meningkatkan kapasitas pemanasan melalui penggunaan unit penyimpanan panas sehingga memungkinkan sistem untuk bekerja pada malam hari dengan durasi yang lebih Panjang [3]. Sistem PTC bekerja dengan cara yang cukup sederhana dan terbukti mampu mencapai suhu kerja yang cukup tinggi untuk aplikasi pembangkit listrik. Inovasi ini diharapkan bisa menjadi solusi penghematan energi di Indonesia [4].

Pengembangan sistem PTC sebagai *water heater* memiliki pertimbangan penting dari aspek material reflektor dan fluida kerja yang digunakan. Seperti halnya sistem *concentrated solar*, besarnya panas matahari yang dikumpulkan oleh PTC menjadi indikator penting untuk menentukan efisiensi menyeluruh sistem ini [5]-[6]. Sistem pemanasan tidak langsung menggunakan fluida kerja pemindah panas (*heat transfer fluid*) untuk mendistribusikan panas ke sistem. Material *mirrored stainless steel* dan *polymer substrate reflector* direkomendasikan untuk digunakan karena kedua material tersebut memiliki nilai *reflectance* yang cukup tinggi. Masing-masing material tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri [7].

Pertimbangan terpenting pemilihan reflektor adalah proses kemudahan manufaktur, harga dan tingkat reflektifitas material tersebut [8]. Fluida kerja air murni memiliki keterbatasan pada aplikasi ini dikarenakan memiliki nilai kalor spesifik dan viskositas dinamik yang tinggi [9]. Opsi peningkatan performa kerja fluida bisa dilakukan melalui penggunaan campuran air dengan *ethylene glycol* [10]-[11].

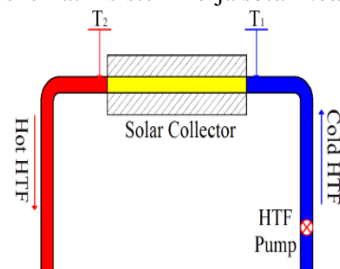
Rencana penerapan PTC untuk *water heater* pada aplikasi rumah tangga perlu mempertimbangkan aspek ekonomi dan besarnya energi yang mampu dikumpulkan oleh sistem. Optimasi sistem PTC dilakukan untuk meningkatkan performa sistem dan juga membuatnya menjadi lebih ekonomis. Penerapan *ethylene glycol* sebagai fluida kerja cukup direkomendasikan namun perlu diketahui besarnya konsentrasi campuran tersebut. Material reflektor *mirrored stainless steel* dan *polymer substrate* perlu diuji untuk mengetahui mana yang paling efektif dalam mengumpulkan energi panas.

Penelitian terdahulu, Gerhard Faninger [12], membahas tentang sistem pemanfaatan energi surya untuk kebutuhan sistem energi di masa mendatang. Sistem energi matahari memiliki peluang besar untuk dimanfaatkan secara luas sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk kebutuhan energi non-listrik, seperti pemanasan air dan ruangan. F. Jamadi, dkk. [4] menjabarkan konsep pemanfaatan *Parabolic Trough Collector* untuk aplikasi pemanasan ruangan. Reflektor digunakan untuk memantulkan cahaya matahari ke satu titik di mana fluida kerja (dalam hal ini air) digunakan sebagai media perpindahan panas. Model ini efektif digunakan dikarenakan pemanasan melalui model konsentrasi sinar matahari lebih baik dibandingkan dengan sistem konvensional di mana cahaya matahari hanya diserap melalui *absorber* dengan ukuran besar tanpa difokuskan. M. Dehghandokht, dkk. [13] membahas tentang pemanfaatan campuran air dan *ethylene-glycol* sebagai media transfer perpindahan panas pada aplikasi *multi-port serpentine meso-channel*. Campuran air dan *ethylene-glycol* menunjukkan performa yang lebih baik pada kondisi di mana diameter hidrolis sistem yang relatif lebih kecil, laju aliran perpindahan masa yang relatif kecil serta operasional temperatur di atas titik didih air. Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen dengan pembuatan *reflector* dengan dua bahan yang berbeda yaitu *polymer substrate* dan *mirrored stainless steel* dengan variasi fluida kerja berupa campuran *ethylene glycol* dengan air pada konsentrasi berbeda

II. METODE PENELITIAN

Penentuan model kerja sistem

Model kerja sistem ini ialah pipa distribusi fluida kerja diletakan dijalar fokus sinar matahari yang dipantulkan oleh *reflector*. Sinar matahari yang difokuskan oleh *reflector* diserap oleh pipa distribusi yang selanjutnya diubah menjadi panas yang diserap oleh fluida kerja untuk didistribusikan di sistem. **Gambar 1** menunjukkan diagram skematik sistem kerja *solar heater*.



Gambar 1. Diagram Skematik Sistem kerja *water heater*.

Fluida kerja (*Heat Transfer Fluid*, HTF) dingin (T_1) pada suhu tertentu menyerap panas dari *solar collector*. Selanjutnya, fluida kerja panas (T_2) disirkulasikan ke sistem dan kembali ke *solar collector* untuk menyerap panas. Pompa digunakan untuk mensirkulasikan fluida kerja dan ditempatkan pada saluran fluida dingin. Berdasarkan kondisi tersebut, maka spesifikasi teknis model yang ditentukan oleh Tabel 1 dan Gambar 2 sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi teknis PTC yang digunakan

No.	Bagian	Ukuran	Satuan
1.	Luas area <i>collector</i>	0,81	m ²
2.	Panjang <i>focal</i>	17	cm
3.	Panjang area <i>focal</i>	1,1	m
4.	Sudut rim <i>collector</i>	70°	
5.	Diameter luar pipa distribusi	6,35	mm
6.	Diameter dalam pipa distribusi	4,8	mm
7.	Rasio konsentrasi	82	



Gambar 2. Model Kerja PTC

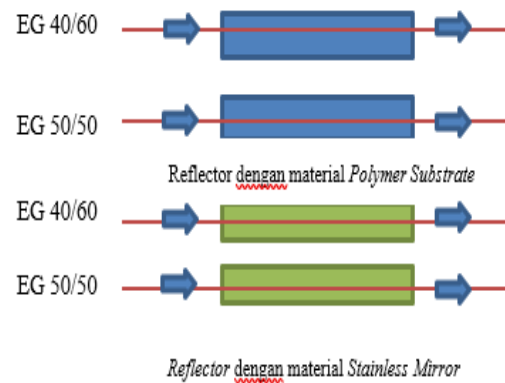
Variabel Pengujian

Optimasi dilakukan dengan mempertimbangkan fluida kerja yang optimal dan juga material *reflector* yang digunakan. Tabel 2 menunjukkan kombinasi untuk penelitian dengan model 1 (material *reflector polymer substate* dengan proporsi *ethylene glycol* 40:60), model 2 (material *reflector mirrored stainless steel* dengan proporsi *ethylene glycol* 40:60), model 3 (material *reflector polymer substate* dengan proporsi *ethylene glycol* 50:50), dan model 4 (material *reflector mirrored stainless steel* dengan proporsi *ethylene glycol* 50:50).

Tabel 2. Sample dan variable penelitian

Model	Fluida Kerja (%)		Reflektor	
	Air	<i>Ethylene glycol</i>	<i>Polymer Substrate</i>	<i>Stainless Mirror</i>
1	60	40	√	
2	60	40		√
3	50	50	√	
4	50	50		√

Pengujian untuk mengetahui kinerja dari sistem ini dilakukan secara berbarengan sesuai dengan Tabel 2, untuk skematik dari pengujian dapat dilihat dari Gambar 3:



Gambar 3. Skematik Percobaan

III. PEMBAHASAN

Analisis Numerik Sistem

Energi maksimal yang dapat dikumpulkan dari system parabolic bergantung terhadap besarnya radiasi normal langsung dari matahari dan juga efek kosinus. Besarnya efektifitas intensitas matahari diperoleh dari Persamaan 1 [14]:

$$I_{eff} = I_D \cos\theta \quad (1)$$

Rerata nilai I_D pada rentang jam 12:00–13:00 ialah 820 W/m² [14] dengan nilai sudut datangnya matahari (θ) 60,55° [8]. Berdasarkan nilai di atas, maka:

$$I_{eff} = 820 \frac{W}{m^2} \cos(60,55^\circ) = 403,55 \frac{W}{m^2}$$

Besarnya nilai efisiensi sistem secara terhadap nilai relatif dari efektifitas matahari diperoleh melalui Persamaan 2 [15]:

$$\eta = \frac{Q}{I_{eff} A_C} = \frac{\dot{m}(c_o T_o - c_i T_i)}{I_D \cos \theta A_C} \quad (2)$$

Pengujian yang bersifat transient mengharuskan nilai kalor spesifik fluida masuk (c_i) dan fluida keluar (c_o) diperhitungkan. Nilai efisiensi untuk sistem CSP secara umum dapat diperoleh melalui Persamaan 3 [8]:

$$\eta = \left(1 - \frac{T_H^4 - T_{amb}^4}{T_{matahari}^4}\right) \left(1 - \frac{T_{amb}}{T_H}\right) \quad (3)$$

Nilai $T_{matahari}$ secara umum konstan dengan nilai 5.500 °C [8]. Rerata nilai T_{amb} pada waktu pengujian adalah 30 °C. Nilai T_H merupakan rerata suhu permukaan dari *receiver*, nilai yang diambil untuk ini mengacu kepada nilai tengah dari suhu kerja PTC untuk pembangkit listrik yakni sebesar 200 °C. Nilai η umum untuk PTC berdasarkan kondisi di atas adalah:

$$\eta = \left(1 - \frac{200^4 - 30^4}{5500^4}\right) \left(1 - \frac{30}{200}\right) = 0,69$$

Nilai η umum yang di atas 0,5 merupakan nilai kalkulasi umum tanpa memperhatikan kondisi-kondisi operasional dan juga batasan-batasan dari kerugian panas yang terjadi. Nilai η umum dapat digunakan untuk memperoleh nilai Q_{acuan} . Persamaan 1 dapat menghubungkan nilai η umum untuk sistem PTC dan juga data teknis dari pengujian, maka nilai Q_{acuan} yang mungkin diperoleh dari sistem yang digunakan adalah:

$$Q = \eta I_{eff} A_C = 0,69 \times 403,55 \frac{W}{m^2} = 360,16 W$$

Nilai Q di atas menjadi nilai Q_{acuan} untuk menentukan model mana yang menunjukkan performa paling baik dengan nilai pengujian mendekati nilai Q_{acuan} .

Kondisi Pengujian

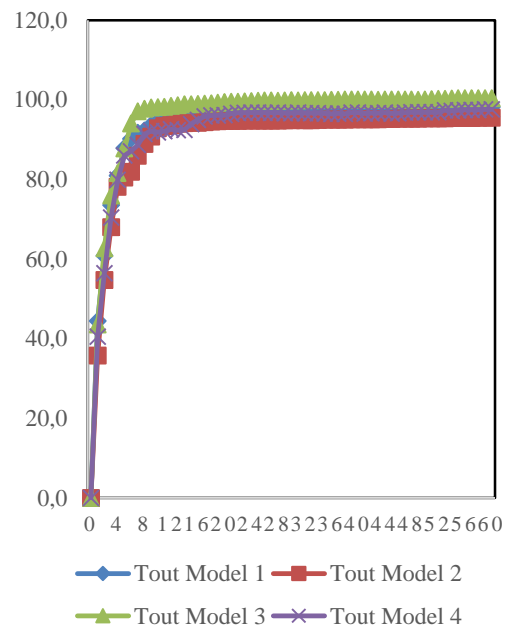
Bulan Januari 2020 merupakan musim penghujan di sebagian besar wilayah Indonesia, sehingga menyulitkan untuk proses penyamaan waktu pengambilan data. Indikator intensitas matahari menggunakan pendekatan dari standard Solargis [16] dengan memperhatikan besarnya nilai *index* UV, kelembaban udara dan kecepatan angin. Pengujian dilakukan secara berulang-ulang, hingga mendapatkan hasil yang maksimal. Pada tanggal 15 Januari 2020, pukul 12.00-13.00, suhu rata-rata 39°C, kelembaban 63%, kecepatan angin 3,06 m/sbarat laut dan UV index 10.

Hasil Pengujian

Temperatur Keluaran T_{out} dari Setiap Model

Temperatur keluaran fluida dari *reflector* adalah titik penting yang akan dijadikan referensi

pemilihan fluida dan reflector. Gambar 4 menunjukkan temperatur keluaran fluida dari setiap model selama satu jam



Gambar 4. T_{out} fluida dari setiap model percobaan

Pada pengujian model 1 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 40:60 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *polymer substrate*), suhu tertinggi ialah 98,2 °C. Suhu ini dicapai dalam waktu 58 menit. Hasil pengujian ini menunjukkan capaian temperatur pada 10 menit awal cukup signifikan yakni hingga 94,6 °C.

Pada pengujian model 2 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 40:60 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *mirrored stainless steel*), grafik suhu keluaran fluida kerja, terlihat bahwa suhu maksimal yang dicapai hanya sampai 95,5 °C dalam rentang waktu yang cukup lama yakni 56 menit. Lonjakan suhu di 10 menit awal hanya mencapai 92,9 °C.

Pada pengujian model 3 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 50:50 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *polymer substrate*). Dari hasil percobaan, suhu tertinggi ialah 100,5 °C. Suhu ini dicapai dalam waktu 58 menit. Poin terpenting adalah capaian suhu pada 10 menit pertama pengujian menunjukkan nilai hingga 98,2 °C.

Pada pengujian model 4 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi

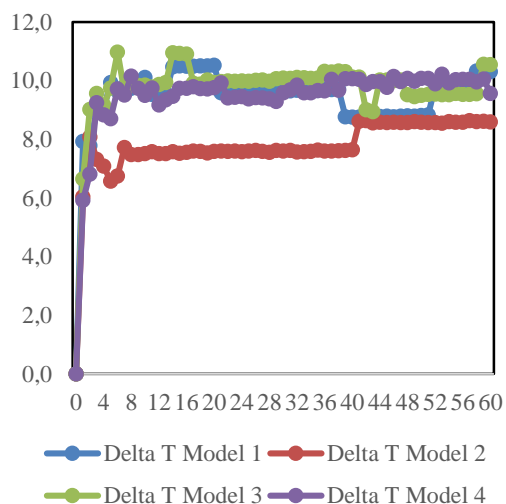
50:50 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *mirrored stainless steel*). Terlihat bahwa suhu maksimal yang dicapai hanya sampai 97,6 °C dalam rentang waktu yang cukup lama yakni 58 menit.

Dari ke-empat model percobaan pengukuran temperatur keluaran fluida selama satu jam didapat temperatur tertinggi oleh model 3 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 50:50 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *polymer substrate*) dengan temperatur 100,5 °C pada menit ke-58.

Perbedaan temperatur masukan dan keluaran fluida pada setiap model.

Untuk mengetahui kinerja suatu reflector ditentukan dengan kemampuan memantulkan panas matahari dengan baik, salah satu indikatornya adalah temperatur masukan fluida sebelum masuk area reflector dan temperatur keluaran fluida setelah area reflector. Gambar 5 menunjukkan grafik dari setiap model untuk perbedaan temperatur fluida masukan dan keluaran.

Pada Gambar 5 menunjukkan karakteristik dari setiap model. Karakteristik penurunan suhu pada model 1 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 40:60 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *polymer substrate*), antara menit 23 sampai menit 39 rerata penurunan suhu sebesar 9,7 °C, dilanjutkan pada menit 40 sampai 52 dengan rerata penurunan suhu sebesar 8,8 °C.



Gambar 5 Grafik perbedaan suhu fluida kerja setiap model

Karakteristik perbedaan suhu fluida kerja pada model 2 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 40:60 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *mirrored stainless steel*), Pola penurunan suhu identik dengan model 1 di mana penurunan suhu relatif lebih stabil. Pada menit 9 sampai 41 rerata penurunan relatif pada nilai 7,6 °C yang dilanjutkan lagi antara menit 42 sampai 60 hanya sebesar 8,6 °C.

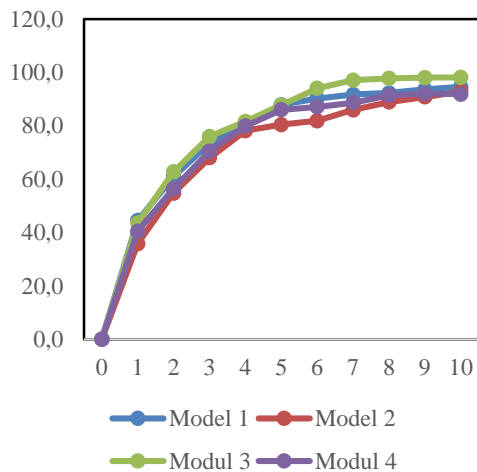
Pola penurunan suhu pada model 3 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 50:50 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *polymer substrate*), menunjukkan hasil yang relatif tidak stabil dibandingkan dengan hasil pengujian model 1 dan 2. dengan perbedaan tertinggi sebesar 11 °C. hal ini dipengaruhi oleh nilai konsentrasi *ethylene glycol* yang lebih besar dibandingkan pengujian sebelumnya yakni sebesar 50%, tetapi perbedaan temperatur pada model ini lebih baik dengan rerata sebesar 9,7°C.

Pola penurunan suhu pada model 4 (fluida kerja campuran air dan *ethylene glycol* dengan proporsi 50:50 (v/v) dengan material Material reflektor yang digunakan ialah *mirrored stainless steel*), dengan jelas menunjukkan pola penurunan suhu pada fluida kerja ini. Pola penurunan suhu sangat tidak stabil yang dapat dikatakan bahwa dengan campuran *ethylene glycol* sebesar 50% menyebabkan fluida kurang stabil. Pada model ini juga material reflektor kurang memberikan pemanasan yang optimal sehingga penurunan suhu terbesar hanya sampai 10,2 °C, dengan nilai rerata perbedaan suhu ini sama dengan model 1 yaitu 9,4°C.

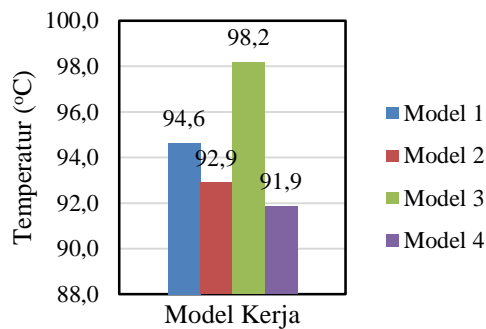
Pencapaian suhu kerja tercepat pada menit ke-10

Parabolic Trough Concentrator pada prinsip kerjanya memfokuskan energi matahari ke fluida kerja yang akan dipanaskan. Dengan pencapaian temperature kerja yang tinggi yaitu 400°C, PTC dapat menaikkan temperatur fluida dengan cepat, dalam pengujian kali ini pengamatan kenaikan temperatur pada fluida kerja diamati pada menit ke-10 sebab kenaikan temperatur berjalan dengan cepat dan selanjutnya dibatasi oleh titik didih dari campuran fluida kerja *ethylene glycol* dengan air.

Gambar 6 menunjukkan grafik tentang kenaikan temperatur fluida kerja sampai menit ke-10 pada setiap model.



Gambar 6. Grafik kenaikan temperatur fluida kerja sampai menit ke-10



Gambar 7 Pencapaian suhu kerja fluida pada menit ke-10

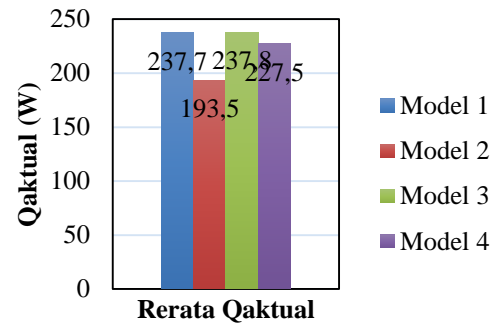
Pada Gambar 7, pencapaian suhu kerja paling tinggi di dapat oleh model 3 dengan (material *reflector polimer substate* dengan proporsi *ethylene glycol* 50:50) dengan temperatur 98,2°C.

Perbandingan Hasil Eksperimen dengan Numerik

Hasil pengujian perlu divalidasi untuk mengetahui model mana yang menunjukan performa paling mendekati nilai acuan. Indikator utama yang digunakan adalah nilai Q_{acuan} dan $Q_{pengujian}$. Nilai Q_{acuan} yang digunakan adalah 360,17 W. Nilai $Q_{pengujian}$ bisa diperoleh melalui Persamaan 3:

$$Q = \dot{m}(c_o T_o - c_i T_i) \tag{3}$$

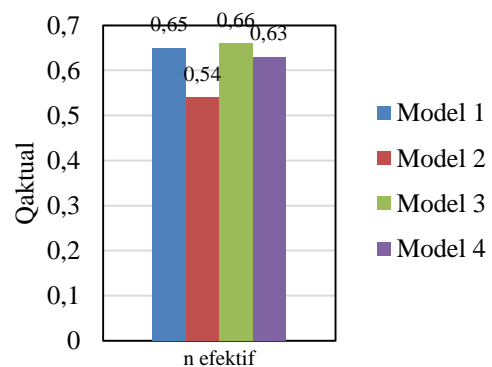
Nilai \dot{m} yang digunakan pada pengujian eksperimen adalah 0,007 kg/s. Gambar 8 menunjukan hasil untuk rerata Q_{aktual} untuk tiap model pengujian.



Gambar 8. Grafik rerata nilai Q_{aktual} untuk tiap model

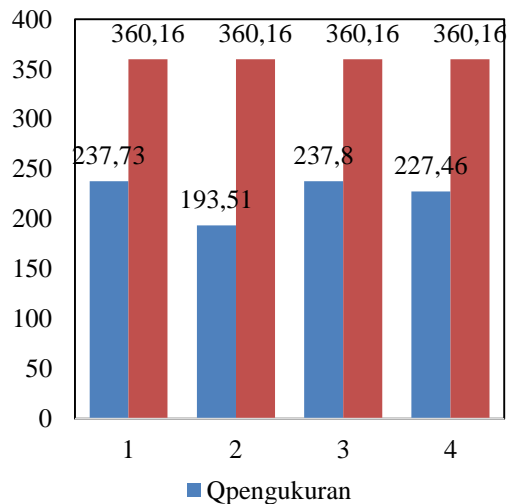
Nilai rerata Q_{aktual} terbaik ditunjukan oleh model 1 dan 3 dengan nilai di atas 230 W. Terdapat kesamaan untuk model tersebut yakni seluruh model menggunakan material reflektor *polymer substrate*. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan *polymer substrate* memberikan efek yang lebih optimal terhadap pemantulan cahaya sehingga nilai penyerapan panas oleh fluida bisa lebih maksimal. Untuk seluruh model dengan material reflektor yang menggunakan *mirrored stainless steel*, hanya model 4 yang menunjukan hasil Q_{aktual} di atas 220 W. Fluida kerja yang digunakan pada model 4 adalah *ethylene glycol* dengan konsentrasi 50%. Model 4 memberikan bukti bahwa penggunaan *ethylene glycol* mampu memberikan efek penyerapan panas yang lebih maksimal sehingga efek dari penurunan kualitas pemantulan yang disebabkan oleh penggunaan material reflektor *mirrored stainless steel* bisa berkurang.

Selanjutnya, perlu dilakukan perbandingan antara hasil pengujian dengan hasil perhitungan numerik. Gambar 9 menunjukan Grafik $\eta_{efektif}$ pada semua model.



Gambar 9 Grafik $\eta_{efektif}$ pada semua model

Nilai η_{efektif} tertinggi diperoleh oleh model 3 yang menggunakan fluida kerja dengan konsentrasi *ethylene glycol* sebesar 50% dan material reflektor *polymer substrate*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model 3 memberikan hasil yang paling tinggi mendekati dengan analisis numerik yang berarti penggunaan fluida kerja *ethylene glycol* dengan konsentrasi 50% dan *polymer substrate* mampu memaksimalkan energi matahari yang dapat digunakan oleh sistem. Gambar 10 adalah perbandingan Q_{aktual} dengan $Q_{\text{Pengukuran}}$.



Gambar 10. Nilai Q_{aktual} dengan $Q_{\text{perhitungan}}$

Perbandingan Sistem PTC dengan Sistem Domestic Hot Water (DHW)

Komponen untuk konversi energi matahari menjadi panas adalah kolektor. Baik menggunakan sistem konsentrasi maupun tidak berkonsentrasi, umumnya untuk sistem *Domestic Hot Water* bekerja pada suhu 60° - 80°C . *Design* yang paling sederhana dari kolektor yang tidak berkonsentrasi adalah kolektor pelat datar yang mempunyai sifat sebagai peredam logam di cat hitam (tembaga, aluminium, baja) atau piring pelastik yang digunakan. Sistem ini ditentukan oleh *Global Horizontal Irradiation* (GHI) sedangkan untuk penentuan untuk CSP menggunakan *Direct Normal Irradiation* (DNI)[12]. Untuk daerah di garis khatulistiwa DNI dijadikan hambatan dikarenakan tingkat ketidakpastian yang besar.

Untuk temperatur kerja di atas 200°C *Concentrated Solar Power* harus digunakan, dikarenakan temperatur kerja yang tinggi PTC dapat digunakan untuk menghemat material seperti pipa yang digunakan untuk menyerap energi dari matahari. Kerugian lain dari PTC bentuknya yang kurang *compact* dikarenakan pada PTC diperlukan susunan cermin yang di

konsentrasikan dan *solar tracking system* untuk memaksimalkan kinerja dari sistem. Apabila dibandingkan dengan *Flat-Plate Collector* penggunaan lahan bisa digunakan dengan pemanfaatan posisi dari atap rumah.

IV. KESIMPULAN

Penambahan *ethylene glycol* pada fluida kerja pemanasan untuk sistem *water heater* dengan *parabolic trough concentrator* memberikan efek yang baik di mana fluida lebih cepat menyerap panas dari sistem. Konsentrasi *ethylene glycol* terbaik ialah 50:50 (v/v) dengan indikator utama pencapaian suhu kerja yang lebih cepat (10 menit pertama) dan nilai capaian suhu yang paling tinggi yaitu $98,2^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan konsentrasi 40%

Material reflektor yang optimal untuk digunakan pada *parabolic trough concentrator* sebagai *water heater* ialah *polymer substrate* di mana energi panas yang dikumpulkan mampu mencapai suhu yang lebih tinggi yakni di $100,5^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan *mirrored stainless steel*

Kombinasi terbaik yang digunakan untuk sistem *water heater* dengan model pemanasan tidak langsung dengan memanfaatkan *parabolic trough concentrator* ialah dengan menggunakan fluida kerja campuran *ethylene glycol* dengan air dengan besarnya konsentrasi *ethylene glycol* sebesar 50% serta material yang digunakan sebagai reflektor adalah *polymer substrate*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. H. Napitupulu and H. Ambarita, "Studi Eksperimental Performansi Solar Water Heater Jenis Kolektor Plat Datar Dengan Penambahan Thermal Energy Storage," *J. Ilm. Tek. Mesin Cylind.*, vol. 1, no. 2, pp. 27–36, 2014.
- [2] N. K. Groenhout, G. L. Morrison, and M. Behnia, "Design of Advanced Solar Water Heaters," no. January 2000. 2015.
- [3] J. P. Bijarniya, K. Sudhakar, and P. Baredar, "Concentrated solar power technology in India: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 63, pp. 593–603, 2016.
- [4] F. Jamadi, M. Arabpour, and M. Abdolzadeh, "Performance comparison of parabolic and flat plate solar collectors utilizing in the heating system of a room-an experimental investigation," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 4, pp. 1836–1849, 2017.
- [5] R. Loni, A. B. Kasaeian, E. Askari Asli-

- Ardeh, B. Ghobadian, and S. Gorjian, "Experimental and numerical study on dish concentrator with cubical and cylindrical cavity receivers using thermal oil," *Energy*, vol. 154, pp. 168–181, 2018.
- [6] W. Schiel and T. Keck, "Parabolic dish concentrating solar power (CSP) systems," in *Concentrating Solar Power Technology*, 2012, pp. 284–322.
- [7] A. Z. Hafez, A. Soliman, K. A. El-Metwally, and I. M. Ismail, "Solar parabolic dish Stirling engine system design, simulation, and thermal analysis," *Energy Convers. Manag.*, vol. 126, pp. 60–75, 2016.
- [8] L. A. Weinstein, J. Loomis, B. Bhatia, D. M. Bierman, E. N. Wang, and G. Chen, "Concentrating Solar Power," *Chem. Rev.*, vol. 115, no. 23, pp. 12797–12838, 2015.
- [9] A. Fernández-García, M. E. Cantos-Soto, M. Röger, C. Wieckert, C. Hutter, and L. Martínez-Arcos, "Durability of solar reflector materials for secondary concentrators used in CSP systems," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 130, pp. 51–63, 2014.
- [10] J. Huang, Z. Chen, Z. Du, X. Xu, Z. Zhang, and X. Fang, "A highly stable hydroxylated graphene/ethylene glycol-water nanofluid with excellent extinction property at a low loading for direct absorption solar collectors," *Thermochim. Acta*, vol. 684, p. 178487, 2020.
- [11] S. Hashimoto, K. Kurazono, and T. Yamauchi, "International Journal of Heat and Mass Transfer Anomalous enhancement of convective heat transfer with dispersed SiO₂ particles in ethylene glycol / water nanofluid," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 150, p. 119302, 2020.
- [12] G. Faninger, "the Potential of Solar Heat in the Future Energy System," 2010.
- [13] M. Dehghandokht, M. G. Khan, A. Fartaj, and S. Sanaye, "Flow and heat transfer characteristics of water and ethylene glycol-water in a multi-port serpentine meso-channel heat exchanger," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 50, no. 8, pp. 1615–1627, 2011.
- [14] Nasruddin, M. A. Budiayanto, and M. H. Lubis, "Hourly solar radiation in Depok, West Java, Indonesia (106.7942 Longitude, -6.4025 Latitude)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 105, no. 1, 2018.
- [15] B. Zou, J. Dong, Y. Yao, and Y. Jiang, "An experimental investigation on a small-sized parabolic trough solar collector for water heating in cold areas," *Appl. Energy*, vol. 163, pp. 396–407, 2016.
- [16] World Bank Group, *Solar Resource and Photovoltaic Potential of Indonesia*, no. May. 2017.