

ANALISIS EFISIENSI TERMAL PADA KOLEKTOR PANAS MATAHARI TERKONSENTRASI TIPE *HELIOSTAT*

EFFICIENCY THERMAL ANALYSIS OF HELIOSTAT CONCENTRATED SOLAR THERMAL COLLECTOR

Atika Rizkiyatul Faizah¹, M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si.², Tri Ayodha Ajiwiguna, M.Eng³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹atikarifa@student.telkomuniversity.ac.id, ²mramdhan@telkomuniversity.ac.id,

³tri.ayodha@telkomuniversity.co.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan terletak di garis khatulistiwa sehingga berpotensi tinggi untuk memanfaatkan energi matahari. Salah satu pemanfaatannya yaitu kolektor panas matahari terkonsentrasi tipe *heliostat*. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan nilai efisiensi termal terhadap tipe kolektor tersebut dengan menerapkan beberapa variasi, yaitu menggunakan dan tidak menggunakan cermin sebagai reflektor cahaya, menggunakan tabung warna hitam dan perak sebagai *receiver* panas untuk menguji kemampuan penyerapan kalor, lima variasi intensitas dari 60 W/m² – 136 W/m², serta dua variasi massa air yaitu 0,5 kg dan 1 kg. Pengujian dilakukan di dalam ruang laboratorium dengan memanfaatkan simulator matahari sebagai sumber radiasi dan dilakukan selama 30 menit untuk setiap variasi. Pada pengujian ini diambil data suhu air, massa air yang hilang, dan intensitas cahaya. Setelah mendapatkan data tersebut, kemudian dilakukan perhitungan kalor radiasi, kalor serap, dan efisiensi termal. Untuk setiap percobaan pada variasi intensitas cahaya yang sama memiliki nilai kalor radiasi yang sama. Kalor serap terbesar terjadi ketika intensitas cahaya 136 W/m², massa air 1 kg, menggunakan cermin dan tabung hitam, yaitu sebesar 8.736 Joule. Sedangkan nilai efisiensi terbesar didapatkan ketika intensitas cahaya 61 W/m², massa air 1 kg, menggunakan cermin dan tabung hitam, yaitu sebesar 60 %.

Kata kunci : Efisiensi Termal, Kolektor Panas Matahari

Abstract

Indonesia is a country that has a tropical climate and is located on the equator so that it has a high potential for utilizing solar energy. One of the uses is that the solar heat collector is concentrated in the heliostat type. In this study the calculation of the value of thermal efficiency on the type of collector will be carried out by applying several variations, namely using and not using a mirror as a light reflector, using black and silver tubes as heat receivers to test heat absorption capabilities, five variations in intensity of 60 W/m² - 136 W/m², as well as two variations of water mass, namely 0,5 kg and 1 kg. Tests were carried out in the laboratory room by utilizing the sun simulator as a radiation source and carried out for 30 minutes for each variation. In this test data on water temperature, water mass lost, and light intensity were taken. After getting the data, then the calculation of heat radiation, heat absorbency, and thermal efficiency. For each experiment on the same variation in light intensity it has the same radiation calorific value. The largest absorption heat occurs when the light intensity is 136 W/m², the mass of water is 1 kg, using a mirror and black tube, which is equal to 8.736 Joules. While the greatest efficiency value is obtained when the light intensity is 61 W/m², the mass of water is 1 kg, using a mirror and black tube, which is equal to 60 %.

Keywords : Solar Heat Collector, Thermal Efficiency

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan terletak di garis khatulistiwa. Oleh karena itu, Indonesia berpotensi tinggi untuk memanfaatkan energi matahari. Salah satu pemanfaatannya yaitu kolektor panas matahari terkonsentrasi tipe *heliostat*. Kolektor panas matahari terkonsentrasi merupakan kolektor yang menggunakan permukaan reflektif untuk memfokuskan sinar matahari ke *receiver* sehingga sinar matahari diserap dan diubah menjadi energi panas [1]. Berdasarkan bentuk *receiver*-nya, kolektor panas matahari terkonsentrasi dibagi menjadi dua, yaitu garis fokus dan titik fokus. Pada penelitian ini akan dibahas lebih lanjut mengenai salah satu kolektor dengan bentuk *receiver* titik fokus [2]. Maksud dari *receiver* titik fokus yaitu *receiver* diletakkan pada titik puncak sebuah menara yang berada di tengah sekumpulan permukaan reflektif berupa cermin datar yang disebut *heliostat* [3]. Fluida yang digunakan sebagai media perpindahan panas adalah air. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan efisiensi termal pada kolektor panas sehingga diperlukan data hasil perhitungan kalor serap dan kalor radiasi. Parameter yang diperlukan untuk mendapatkan nilai kalor tersebut yaitu intensitas cahaya yang didapatkan dari hasil pengukuran *Solar Power Meter* (SPM), massa air yang merupakan hasil konversi dari volume air, dan perubahan suhu air. Berdasarkan variasi dan parameter tersebut akan dilakukan pengujian terhadap pengaruh penggunaan cermin dan tanpa cermin sebagai

reflektor, tabung hitam dan perak sebagai *receiver*, serta variasi intensitas dan volume air terhadap nilai efisiensi termal kolektor. Pengujian kolektor dilakukan di dalam ruangan menggunakan simulator matahari yang diposisikan tegak lurus dengan kolektor. Sumber panas pada simulator matahari berasal dari delapan buah lampu pijar dengan daya 100 watt. Metode penelitian yang diterapkan yaitu studi literatur, pengumpulan data, dan analisis terhadap efisiensi termal.

2. Dasar Teori

Energi matahari merupakan energi yang berupa energi cahaya dan energi panas [5]. Energi cahaya merupakan energi yang berbentuk gelombang [6]. Sedangkan energi panas atau energi kalor merupakan energi yang dihasilkan oleh suatu benda yang memiliki suhu tertentu [7].

Heliostat merupakan tipe kolektor dengan sekumpulan cermin datar yang disusun mengelilingi penyangga tabung dengan beberapa variasi kemiringan membentuk semi parabola yang bertujuan agar refleksi cahaya dari simulator matahari dapat terpusatkan ke bagian alas tabung yang berperan sebagai *receiver* panas. Fluida yang digunakan sebagai media perpindahan panas pada alat ini adalah air.

Perpindahan kalor terbagi menjadi tiga jenis yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada kolektor panas tipe *heliostat* ini, perpindahan kalor secara konduksi terjadi pada bagian dalam tabung yang panas akibat dari terjadinya perpindahan panas secara radiasi pada alas tabung, konveksi terjadi pada air yang dipanaskan di dalam tabung, dan radiasi terjadi pada alas tabung yang panas akibat refleksi cahaya dari simulator matahari. Pada tabung terjadi penyerapan kalor dan evaporasi serta mendapatkan kalor radiasi yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{\text{radiasi}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + Q_{\text{evaporasi}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{radiasi}} = \dots \quad (2)$$

Sehingga nilai efisiensi termal pada kolektor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{Q_{\text{radiasi}}}{Q_{\text{input}}} \times 100\% \quad (3)$$

Pada penelitian ini memerlukan beberapa alat penelitian seperti :

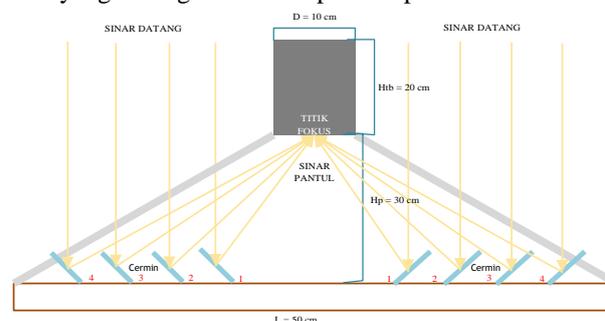
1. Termokopel Tipe K : untuk mengukur suhu air karena responnya cepat terhadap perubahan suhu, rentang suhu yang luas, tahan terhadap guncangan, dan mudah digunakan. Rentang suhu tersebut yaitu -200°C - 1250°C .
2. *Solar Power Meter* : untuk mengukur nilai intensitas cahaya. Tipe SPM tersebut yaitu AMPROBE SOLAR-100 yaitu dapat mengukur intensitas cahaya hingga 2000 W/m^2 .
3. Neraca *Digital* : untuk mengukur massa air menggunakan tipe IDEALIFE IL-210. Beban maksimal yang dapat diukur oleh neraca tersebut yaitu 5 kg.

3. Perancangan Sistem

Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam penelitian :

1. Studi Literatur : mencari dan mempelajari semua informasi mengenai kolektor panas matahari terkonsentrasi tipe *heliostat* sebagai bahan dalam penyusunan proposal dan pembuatan alat.
2. Desain Kolektor : memberikan gambaran mengenai alat dan bahan apa saja yang diperlukan, serta ukuran bahan tersebut. Desain ini dibuat berdasarkan informasi yang telah didapatkan dari kegiatan studi literatur dan merupakan hasil perhitungan yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.
3. Rancang Bangun Kolektor : merancang bangun kolektor dengan jenis bahan dan ukuran yang telah ditentukan.
4. *Trial and Error* : pengujian alat penelitian dari berbagai aspek seperti pemusatan panas pada bagian alas *receiver*, meratanya penyebaran radiasi dari simulator matahari, dan bocor tidaknya tabung *receiver*.
5. Pengambilan data : dilakukan setiap waktu yang ditentukan sekitar 30 menit sekali dimulai dari mengukur intensitas cahaya, dan suhu air.
6. Perhitungan Kalor dan Efisiensi Termal
7. Analisis : mengkaji atau mengamati data hasil percobaan dan perhitungan.

Berikut merupakan desain alat yang dibangun untuk keperluan penelitian ini :



Gambar 1. Rancang bangun kolektor

Jumlah cermin untuk setiap variasi sudut kemiringan :

$$\begin{aligned} 4^\circ &= 8 \text{ buah} & 14^\circ &= 16 \text{ buah} \\ 10^\circ &= 16 \text{ buah} & 18^\circ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Berikut merupakan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam perancangan alat :

Alat :

- Gunting/*cutter*
- Penggaris
- Busur derajat
- Pensil
- Lem
- *Double tape*

Bahan :

- Cermin datar
- Aluminium
- Kayu
- Besi
- *Styrofoam*
- *Polyfoam*

Cara Pembuatan Alat

1. Membuat 2 tabung sebagai receiver dari bahan aluminium, yang berwarna hitam dan perak dengan tinggi 20 cm dan diameter 10 cm.
2. Membuat penyangga receiver menggunakan besi dengan tinggi 10 cm.
3. Memotong cermin dengan ukuran 5x5 cm sebanyak 44 keping.
4. Membuat penyangga cermin menggunakan styrofoam berbentuk segitiga siku-siku ukuran 5x5 cm dengan empat variasi sudut kemiringan yang telah dihitung yaitu sebanyak 8 buah berukuran 4° , 16 buah berukuran 10° , 16 buah berukuran 14° , dan 4 buah berukuran 18° . Kemudian tempelkan cermin diatas styrofoam menggunakan double tape.
5. Membuat papan kayu berukuran 50x50 cm. Tentukan titik pusat papan tersebut.
6. Tempelkan cermin menyebar di atas papan kayu dimulai dari kemiringan cermin terkecil pada bagian dalam dan posisikan penyangga receiver pada titik pusat area kolektor (cermin).
7. Letakan tabung receiver di puncak penyangga.

Tahap pengujian alat dan pengambilan data pada penelitian yaitu :

1. Termokopel tipe K harus dikalibrasi terlebih dahulu.
2. Simulator matahari diposisikan tegak lurus dengan kolektor dan jarak ujung tabung ke lampu pijar pada simulator adalah 73,5 cm.
3. Untuk memastikan penyebaran intensitas yang merata pada kolektor dapat dilakukan dengan cara menyalakan simulator matahari terlebih dahulu dan gunakan *Solar Power Meter* untuk mengukur intensitas pada setiap cermin. Masing-masing cermin dengan sudut kemiringan sama harus memiliki intensitas yang sama. Kemudian matikan kembali simulator matahari.
4. Tentukan penggunaan *receiver* pada pengujian pertama dan kedua. Pada percobaan ini, pengujian pertama menggunakan tabung hitam dan pengujian kedua menggunakan tabung perak.
5. Terdapat 2 variasi massa air, yaitu 0,5 liter dan 1 liter. Tabung *receiver* diisi air dengan variasi massa air tersebut. Setiap variasi massa air diaplikasikan untuk 5 variasi intensitas. Variasi intensitas tersebut diatur saat akan melakukan pengujian dengan memutar *dimmer* dan menggunakan *Solar Power Meter*.
6. Pengukuran suhu menggunakan termokopel tipe K yang dimasukkan ke dalam tabung dan dihubungkan ke datalogger, kemudian datalogger dihubungkan ke *software* logpro yang terdapat di laptop.
7. *Receiver* yang berupa tabung diletakkan pada penyangga.
8. Simulator matahari dinyalakan, kemudian menyiapkan *timer* pada laptop yang diatur selama 30 menit.
9. Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data terhadap suhu dan massa air. Nilai suhu air dari awal hingga akhir percobaan terekam secara otomatis pada *software* logpro. Sedangkan massa air diukur manual sebelum dan setelah 30 menit menggunakan neraca *digital*.
10. Data yang telah didapatkan kemudian diolah untuk mengetahui nilai efisiensi sehingga dapat dilakukan analisis.

4. Hasil dan Analisis

Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan dan tidak menggunakan cermin, tabung warna hitam dan perak, massa air 0,5 kg dan 1 kg, serta intensitas cahaya sebesar 61 W/m^2 , 77 W/m^2 , 96 W/m^2 , 116 W/m^2 , dan 136 W/m^2 . Pengambilan data dilakukan dalam waktu 30 menit kemudian massa air diukur untuk mendapatkan nilai massa air yang hilang akibat terjadinya proses evaporasi. Nilai massa air yang hilang tersebut digunakan dalam perhitungan nilai kalor serap sesuai dengan persamaan 1. Pada perhitungan nilai efisiensi termal tidak hanya membutuhkan nilai kalor serap sebagai kalor output, tetapi juga membutuhkan nilai kalor radiasi sebagai kalor input yang dihitung menggunakan persamaan 2. Pada persamaan kalor radiasi dibutuhkan data luas permukaan cermin (A). Berikut perhitungan nilai A :

| | | |
|----|---|------------|
| n | = | θ |
| 8 | = | 4° |
| 16 | = | 10° |
| 16 | = | 14° |
| 4 | = | 18° |

$$s = 5 \text{ cm}$$

$$I = \sum I \cos \theta$$

$$I = 5^2 I ((8 \cos 4^\circ) + (16 \cos 10^\circ) + (16 \cos 14^\circ) + (4 \cos 18^\circ))$$

$$I = 1076,659853 \quad I^2 = 0,108 \quad I^2$$

4.1 Pengujian Titik Fokus

- Perhitungan

D = 50 cm

d = 2 cm

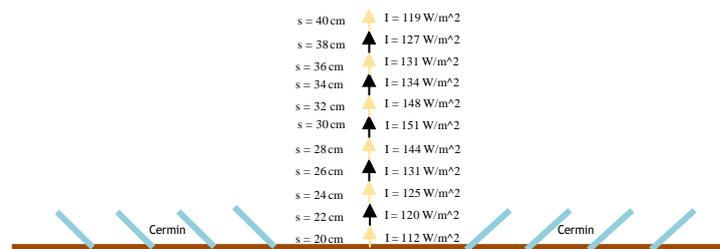
$$I = \frac{D^2}{16d}$$

$$I = \frac{50^2}{16 \cdot 2}$$

I = 78

- Pengujian

- Tidak menggunakan tabung



Gambar 2. Pengujian titik fokus tanpa tabung

- Menggunakan tabung



Gambar 3. Pengujian titik fokus menggunakan tabung

Berdasarkan hasil perhitungan, titik fokus terletak pada jarak 78 cm. Sedangkan titik fokus hasil pengujian, terletak pada jarak 30 cm dimana didapatkan nilai intensitas cahaya tertinggi. Sehingga pengujian kolektor menggunakan jarak titik fokus sebesar 30 cm.

- a. Data hasil penelitian menggunakan cermin

Tabel 1. Data hasil penelitian menggunakan cermin

| No. | I (W/m ²) | MASSA AIR 0,5 KG | | | | MASSA AIR 1 KG | | | |
|-----|--------------------------|------------------|-------|--------|-------|----------------|-------|--------|-------|
| | | HITAM | | PERAK | | HITAM | | PERAK | |
| | | Qserap | η | Qserap | η | Qserap | η | Qserap | η |
| | | (W.s) | % | (W.s) | % | (W.s) | % | (W.s) | % |
| 1 | 61 | 7056 | 60,04 | 4578 | 38,96 | 5208 | 44,32 | 3528 | 30,02 |
| 2 | 77 | 7728 | 51,68 | 4788 | 32,02 | 6048 | 40,45 | 3948 | 26,40 |
| 3 | 96 | 7938 | 42,53 | 4998 | 26,78 | 6468 | 34,65 | 4368 | 23,40 |
| 4 | 116 | 8148 | 36,10 | 5208 | 23,07 | 6888 | 30,51 | 4788 | 21,21 |
| 5 | 136 | 8358 | 31,62 | 5418 | 20,49 | 7308 | 27,64 | 5208 | 19,70 |

b. Data hasil penelitian tidak menggunakan cermin

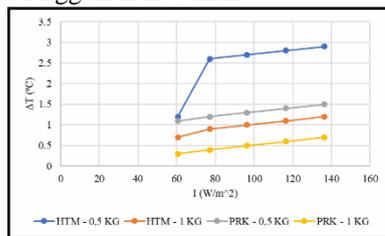
Tabel 2. Data hasil penelitian tidak menggunakan cermin

| No. | I (W/m ²) | MASSA AIR 0,5 KG | | | | MASSA AIR 1 KG | | | |
|-----|--------------------------|------------------|-------|--------|-------|----------------|-------|--------|-------|
| | | HITAM | | PERAK | | HITAM | | PERAK | |
| | | Qserap | η | Qserap | η | Qserap | η | Qserap | η |
| | | (W.s) | % | (W.s) | % | (W.s) | % | (W.s) | % |
| 1 | 61 | 4788 | 40,74 | 16,08 | 16,08 | 4368 | 37,17 | 1260 | 10,72 |
| 2 | 77 | 4998 | 33,42 | 14,04 | 14,04 | 4788 | 32,02 | 1680 | 11,23 |
| 3 | 96 | 5208 | 27,90 | 12,38 | 12,38 | 5208 | 27,90 | 2100 | 11,25 |
| 4 | 116 | 5418 | 24,00 | 11,16 | 11,16 | 5628 | 24,93 | 2520 | 11,16 |
| 5 | 136 | 5628 | 21,29 | 10,33 | 10,33 | 6048 | 22,88 | 2940 | 11,12 |

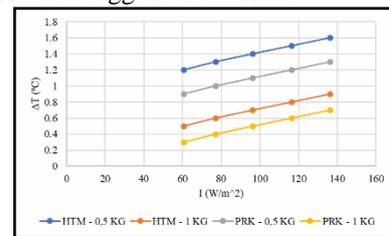
HTM = Hitam PRK = Perak

c. Pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap perubahan suhu air

■ Menggunakan cermin



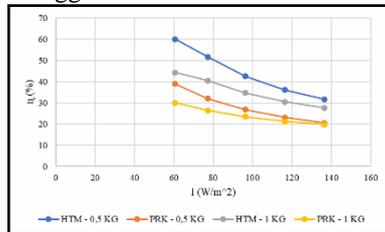
■ Tidak menggunakan cermin



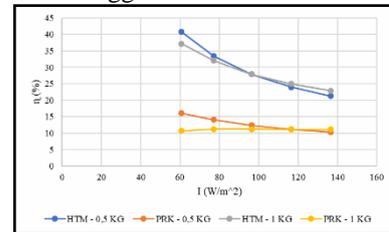
Gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai perubahan suhu air berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang diberikan yaitu semakin besar intensitas cahaya yang diberikan ke kolektor maka besar perubahan suhu air semakin tinggi. Perubahan suhu air terbesar yaitu 2,9 ° C terjadi pada intensitas 136 W/m², massa air 0,5 kg, menggunakan tabung receiver warna hitam dan menggunakan cermin. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi penggunaan cermin yang membantu dalam merefleksikan radiasi cahaya ke alas tabung sehingga suhu meningkat dan tabung receiver warna hitam yang membantu penyerapan kalor semakin besar.

d. Pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap efisiensi termal

■ Menggunakan cermin



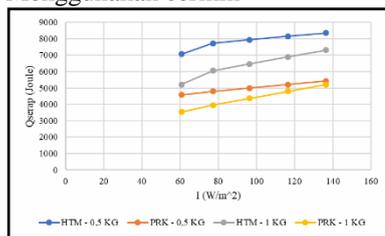
■ Tidak menggunakan cermin



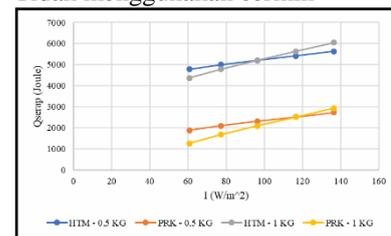
Grafik tersebut menjelaskan bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya maka akan menghasilkan nilai efisiensi termal yang semakin kecil. Efisiensi termal terbesar adalah 60,04 % terjadi pada kolektor yang menggunakan cermin, tabung receiver hitam, intensitas cahaya terendah yaitu 61 W/m², dan massa air 0,5 kg. Penggunaan cermin sangat berpengaruh karena pada kolektor terjadi radiasi cahaya secara langsung yaitu dari lampu pijar ke tabung receiver dan secara tidak langsung yaitu dari cahaya yang direfleksikan oleh cermin ke bagian alas tabung receiver. Hal tersebut menyebabkan suhu air meningkat sehingga nilai kalor serap juga meningkat. Tabung receiver warna hitam menjadi salah satu faktor yang menyebabkan nilai efisiensi termal kolektor lebih besar dari penggunaan tabung receiver warna perak karena warna hitam menyerap semua panjang gelombang dalam cahaya putih dan tidak memantulkannya kembali sehingga semakin besar pula kalor yang terserap. Efisiensi termal terbesar terjadi pada intensitas cahaya terendah karena pada intensitas tersebut energi kalor yang terbuang tidak sebanyak intensitas lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya maka akan semakin besar pula energi kalor yang terbuang. Pada pengujian menggunakan massa air 0,5 kg menghasilkan nilai efisiensi termal yang lebih besar dari pengujian ketika menggunakan massa air 1 kg. Hal tersebut disebabkan oleh ukuran tabung 1.571,43 cm³ setara dengan 1,5 liter yang diisi air 0,5 kg setara dengan 0,5 liter akan mempercepat terjadinya proses konveksi sehingga suhu air lebih cepat naik.

e. Pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap kalor serap

■ Menggunakan cermin



■ Tidak menggunakan cermin



Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya berbanding lurus dengan nilai kalor serap yaitu semakin besar nilai intensitas cahaya maka semakin besar pula nilai kalor serap yang dihasilkan. Kalor serap terbesar adalah 8.358 Joule terjadi pada kolektor yang menggunakan cermin, tabung receiver warna hitam, intensitas cahaya tertinggi yaitu 136 W/m², dan massa air 0.5 kg. Penggunaan cermin sangat berpengaruh terhadap kenaikan suhu air sehingga nilai kalor serap pun semakin besar. Kenaikan suhu tersebut disebabkan oleh radiasi cahaya secara langsung yaitu lampu pijar ke tabung receiver dan secara tidak langsung yaitu cahaya yang direfleksikan oleh cermin ke bagian alas tabung receiver. Tabung receiver warna hitam juga berpengaruh terhadap penyerapan kalor karena warna hitam menyerap semua panjang gelombang dalam cahaya putih dan tidak memantulkannya kembali sehingga semakin banyak pula kalor yang terserap. Kalor serap terbesar terjadi pada intensitas cahaya tertinggi karena berdasarkan pada hasil penelitian nilai perubahan suhu air berbanding lurus dengan nilai intensitas cahaya yaitu semakin besar nilai intensitas cahaya yang diberikan menghasilkan nilai perubahan suhu air yang semakin besar pula. Sehingga jika nilai perubahan suhu air tersebut disubstitusikan ke persamaan 1 akan menghasilkan nilai kalor serap yang berbanding lurus dengan nilai intensitas cahaya yang diberikan. Pada pengujian menggunakan massa air 0,5 kg setara dengan volume air 0,5 liter menghasilkan nilai kalor serap yang lebih besar dari pengujian ketika menggunakan massa air 1 kg setara dengan volume air 1 liter. Pada ukuran tabung receiver yang sama dapat disimpulkan bahwa semakin kecil volume air pada tabung receiver tersebut maka proses konveksi akan semakin cepat.

f. Analisis dengan penelitian sebelumnya

Nilai efisiensi termal kolektor panas matahari terkonsentrasi tipe heliostat pada penelitian Peng Hu dan Weidong Huang adalah 70% yang berarti lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan yaitu sebesar 60,04 %. Salah satu faktor yang paling menonjol untuk menjelaskan hal tersebut adalah adanya sistem tracking yang diaplikasikan pada bagian heliostat dan receiver sehingga sangat membantu dalam mendapatkan kalor yang besar. Dari segi skala alat penelitian yang penulis gunakan dengan alat penelitian Peng Hu – Weidong Huang sudah jauh berbeda. Penelitian mereka menggunakan 1.200 heliostat, menara setinggi 34 m, dan luas area sistem sebesar 5.800 m². Sedangkan pada penelitian yang penulis lakukan menggunakan skala laboratorium. Penelitian ini menggunakan 44 heliostat, menara setinggi 30 cm, dan luas area sistem sebesar 2.500 cm². Oleh karena itu, pengaplikasian sistem tracking pada kolektor panas matahari terkonsentrasi merupakan solusi yang sangat baik.

Selanjutnya merupakan penjelasan mengenai perbandingan nilai efisiensi termal kolektor panas matahari terkonsentrasi tipe heliostat dengan tipe parabolik pada parameter yang sama. Parameter tersebut yaitu massa awal air 0,5 kg, diameter tabung receiver warna hitam 10 cm, dan menggunakan cermin. Pada kolektor tipe heliostat menghasilkan nilai efisiensi termal sebesar 32 % sedangkan pada tipe parabolik sebesar 19,47 %. Salah satu faktor yang menyebabkan efisiensi termal pada kolektor tipe parabolik lebih kecil dari efisiensi termal pada kolektor tipe heliostat adalah cermin yang digunakan. Kolektor tipe parabolik menggunakan cermin fleksibel dimana cermin tersebut memiliki tekstur permukaan yang tidak halus. Hal tersebut menyebabkan sebagian besar refleksi cahaya tidak terfokus ke satu titik sehingga besar perubahan suhu air yang dihasilkan tidak sebesar perubahan suhu air pada kolektor tipe heliostat. Oleh karena itu penggunaan cermin sebagai reflektor merupakan pilihan yang tepat.

5. Simpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemasangan cermin pada kolektor panas matahari terkonsentrasi tipe heliostat berpengaruh terhadap nilai efisiensi termal. Besar perbedaan nilai efisiensi termal ketika kolektor menggunakan dan tidak menggunakan cermin yaitu sekitar 20 %.
2. Nilai efisiensi termal ketika menggunakan tabung receiver warna hitam lebih besar jika dibandingkan dengan tabung receiver yang tidak diberi warna atau warna perak. Besar perbedaan nilai efisiensi termal ketika menggunakan tabung receiver warna hitam dan warna perak yaitu sebesar 20 % - 30 %. Hal tersebut disebabkan oleh tabung receiver warna hitam lebih banyak menyerap panas.
3. Variasi intensitas cahaya dan massa air pada penelitian ini berpengaruh terhadap nilai efisiensi termal kolektor. Semakin besar nilai intensitas cahaya dan massa air maka nilai efisiensi termal yang dihasilkan semakin kecil. Hal tersebut disebabkan oleh semakin besar nilai intensitas cahaya maka semakin besar pula

energi kalor yang terbuang dan semakin besar massa air yang dipanaskan maka semakin lama proses konveksi terjadi.

6. Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Penelitian dilakukan di ruang yang gelap dan tertutup, serta tidak banyak terakses orang agar pengaruh dari suhu lingkungan tidak terlalu besar terhadap perubahan suhu air.

Luas area diperbesar dan jumlah cermin diperbanyak agar dapat lebih banyak merefleksikan cahaya, tinggi penyangga tabung ditambah agar refleksi cahaya lebih terfokuskan ke satu titik, serta memasang tutup tabung dengan lubang diameter kecil agar tidak terjadi penguapan yang besar.

7. Daftar Pustaka

- [1] Darling, David. *Concentrating Solar Collector*.
http://www.daviddarling.info/encyclopedia/C/AE_concentrating_collector.html (diakses tanggal 8 November 2018).
- [2] Taylan, O., dan Berberoglu, H. 2014. *Fuel Production using Concentrated Solar Energy*. INTECH.
- [3] Kalogirou, S. A. 2004. *Solar Thermal Collectors and Applications*. Nicosia.
- [4] Widayana, G. 2016. *Pemanfaatan Energi Surya*. Bali.
- [5] Alamendah. 2014. Energi Surya (Matahari) di Indonesia. Pati. <https://alamendah.org/2014/11/15/energi-surya-matahari-di-indonesia/> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [6] Lili, M. Rusli. 2017. 15 Energi Cahaya. <https://id.scribd.com/document/341046561/15-Energi-Cahaya> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [7] Depok. Herianto, Febri. 2012. Sumber Energi Panas. <https://id.scribd.com/doc/77544156/sumber-energi-panas> (diakses tanggal 7 Desember 2018).
- [8] Pramukti, Angga. 2012. Pengaruh Arah Parabolic Through Collector (PTC) terhadap Efisiensi.
- [9] Achyar, Misdar. 2012. *Efisiensi Termal*. Scribd.

