



STUDI EKSPERIMEN PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE *CONCENTRATED PARABOLIC*

Nailul 'Atifah¹

¹Teknik Mesin Universitas Pamulang, Jl Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00410@unpam.ac.id

Masuk : 24 Mei 2021

Direvisi : 27 Agustus 2021

Disetujui : 16 September 2021

Abstract: Indonesia memiliki sumber energi terbarukan yang melimpah dan salah satunya adalah energi matahari. Pemanfaatan energi matahari dengan sistem termal bekerja dengan mengkonversi radiasi matahari menjadi energi panas. Salah satu tipe sistem pemanfaatan energi matahari dengan sistem termal untuk pemanas adalah reflector yang berbentuk *concentrated parabolic*. Tipe ini memantulkan radiasi matahari menuju ke satu titik fokus. Di titik fokus inilah kemudian diletakkan objek yang akan dipanaskan. Penelitian ini mengkaji sistem pemanas air dengan tipe *concentrated parabolic* dengan reflektor parabola dengan diameter 56 cm dan kedalaman 6 cm. Absorber penampung air berbentuk silinder memiliki ukuran diameter 15 cm dan ketinggian 16 cm. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik perubahan suhu air, energi output termal dan efisiensi termal pada sistem pemanas air tenaga surya tipe *concentrated parabolic*. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa sistem ini mampu memanaskan air dengan volume 2,12 L dengan suhu tertinggi yang dicapai adalah 82 °C di menit ke 195 yakni pada pukul 14.15 WIB. Sedangkan temperatur rata-rata tertinggi dicapai pada 74 °C. Energi output rata-rata dari sistem pemanas air surya tipe *concentrated parabolic* ini adalah 184,418 kJoule dengan efisiensi termal rata-rata adalah 35,23 %.

Kata kunci: pemanas air tenaga surya, reflektor, absorber, *concentrated parabolic*, temperatur air, energi output termal, efisiensi termal

Abstract: Indonesia has potential renewable energy sources and one of them is solar energy. Solar thermal system works by converting solar radiation into heat energy. One type of solar thermal system is a *concentrated parabolic reflector*. This type reflects solar radiation to a focal point. At this focal point, the object to be heated is placed. This study examines a *concentrated solar parabolic water heater* with a diameter of 56 cm and a depth of 6 cm. The cylindrical water reservoir absorber has a diameter of 15 cm and a height of 16 cm. The purpose of this study are to determine the characteristics of changes in water temperature, thermal output power and thermal efficiency in the system of *concentrated solar parabolic water heater*. From the results of the study, it is found that this system is able to heat water with a volume of 2.12 L, with the highest temperature is achieved at 82 °C in the 195th minute at 02.15 PM. While, the highest average temperature is reached at 74 °C. The system of *concentrated solar parabolic water heater* has the average thermal energy output of 184,418 kJoule and average thermal efficiency of 35.23%.

Keywords: solar water heater, reflector, absorber, *concentrated parabolic*, water temperature, thermal energy output, thermal efficiency

PENDAHULUAN

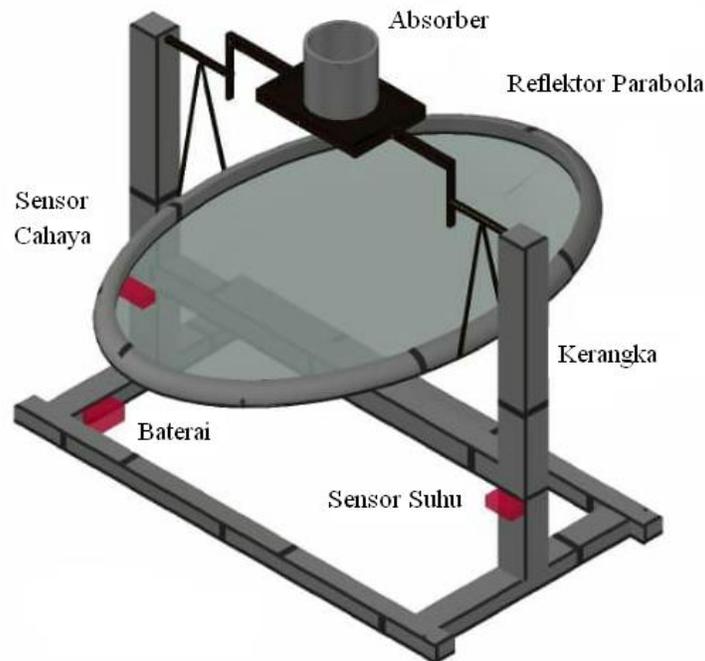
Indonesia memiliki sumber energi terbarukan yang melimpah. Salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah adalah energi matahari. Hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada garis khatulistiwa. Intensitas rata-rata radiasi matahari untuk wilayah Jabodetabek adalah sekitar 4,98334-5,02111 kWh/m²/hari[1, 2]. Panas matahari dapat dimanfaatkan dengan teknologi *solar collector*. *Solar collector* dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok utama berdasarkan temperatur operasi[3]. Tiga kelompok tersebut yaitu: kelompok temperatur rendah ($T < 100^{\circ}\text{C}$) misalnya kolektor plat datar, kelompok temperatur sedang ($T < 400^{\circ}\text{C}$) misalnya kolektor parabola[4, 5], dan kelompok temperatur tinggi ($T > 400^{\circ}\text{C}$) misalnya kolektor disk dan reflektor Freshnel[6]. Penelitian ini akan mengkaji pemanas air dengan tipe *concentrated parabolic*.

Pada penelitian ini, pemanas air dengan tipe *concentrated parabolic* yang dirancang termasuk dalam kategori teknologi kerakyatan. Hal ini dikarenakan, rancangan sistem ini tergolong relatif mudah untuk dirakit dan dipraktekkan di kalangan masyarakat. Selain itu bahan yang digunakan lebih mudah untuk didapatkan dan membutuhkan biaya yang relatif lebih murah dari segi operasionalnya karena tidak membutuhkan listrik dan bahan bakar.

Kinerja dari sistem pemanas air tipe *concentrated parabolic reflector* tergantung pada parameter dimensi reflektor, absorber penampung air, dan fluida kerja serta sifat termal dan optik dari komponen-komponen tersebut yang meliputi reflektansi parabola, emisivitas absorber, serta isolasi termal pada absorber penampung airnya[7, 8]. Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem ini yang meliputi peningkatan kecepatan pemanasan, temperatur air, daya output termal dan efisiensi termalnya[9, 10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik perubahan temperatur air pada bagian absorber, daya output termal sistem dan efisiensi termal sistem.

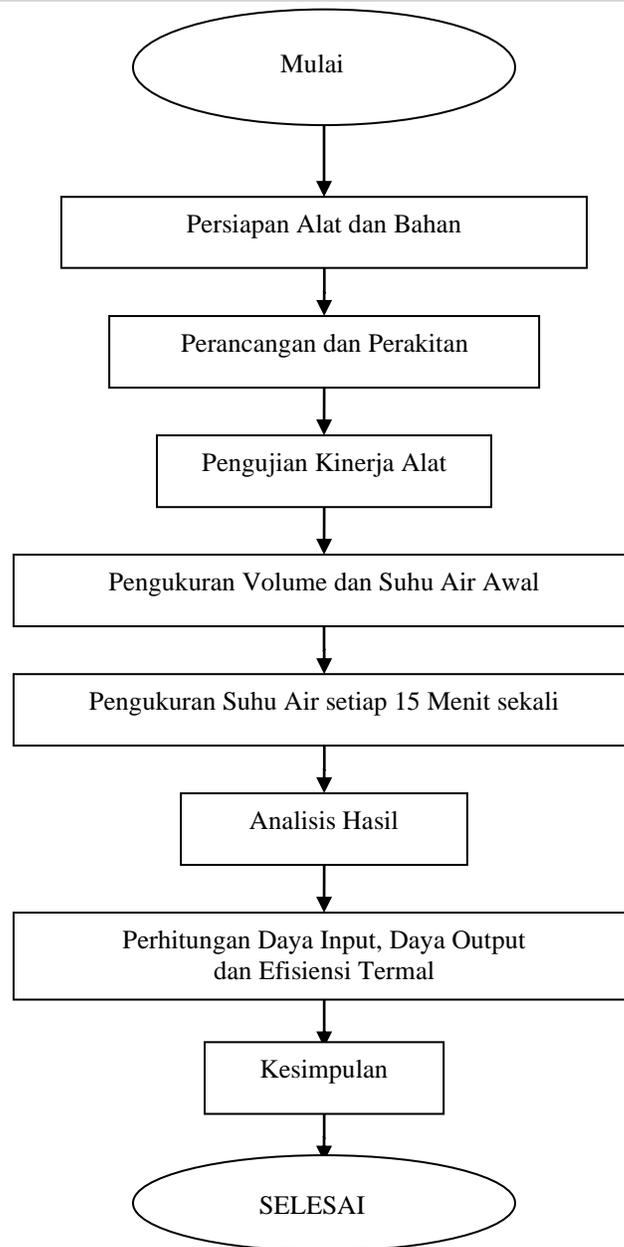
METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pemanas air surya tipe *concentrated parabolic* menggunakan reflektor parabola dengan diameter 56 cm dan kedalaman 6 cm yang terbuat dari parabola bekas sebagai konstruksinya. Materi reflektor yang digunakan terbuat dari potongan-potongan cermin berukuran 3cm x 3cm. Absorber penampung air yang digunakan berdiameter 15 cm dan tinggi 16 cm. Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu air terhadap waktu dari pukul 11.00 sampai dengan 16.00. Gambar 3. berikut menunjukkan rancangan alat pemanas air tenaga surya tipe *concentrated parabolic*.



Gambar 1. Desain Alat Pemanas Air Tenaga Surya Tipe *Concentrated Parabolic*

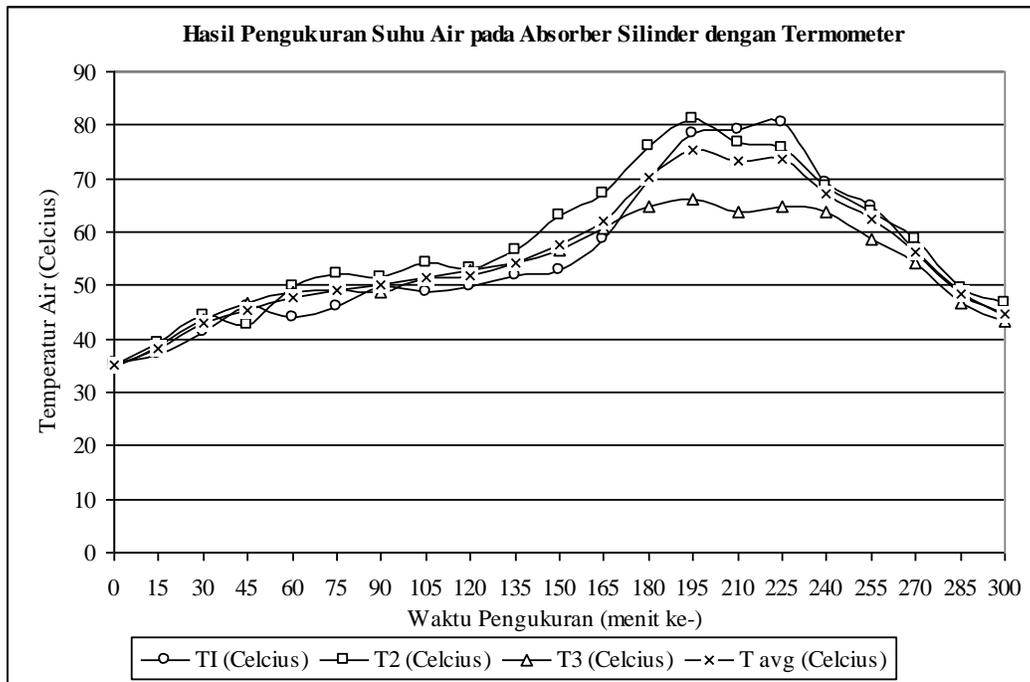
Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode empiris. Flowchart ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 3. menyajikan grafik hasil pengukuran temperatur air di dalam absorber silinder. Pengujian dilakukan dari jam 11.00 s/d pukul 16.00. Pengukuran temperatur air diukur setiap 15 menit sekali. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada cuaca cerah tanpa angin. Dari tiga kali pengukuran kemudian dihitung rata-ratanya.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Temperatur Air pada Absorber Silinder dengan Termometer

Temperatur lingkungan awal pengukuran adalah 35 °C. Kenaikan temperatur air mulai terjadi ketika cahaya matahari dipantulkan fokus ke bagian bawah absorber. Pada menit ke 0 sampai menit ke 120 atau jam 13.00 WIB, temperatur air mengalami kenaikan dengan gradien kemiringan yang landai. Selanjutnya mulai menit ke 120 sampai menit ke 195 atau jam 14.15 WIB kenaikan temperatur air terjadi dengan gradien kemiringan lebih besar daripada periode sebelumnya. Pengukuran menunjukkan bahwa temperatur air tertinggi adalah 82 °C yang dicapai pada menit ke 195 atau jam 14.15 WIB. Pengulangan pengukuran pada waktu yang berbeda dengan kondisi cuaca cerah tanpa angin menunjukkan bahwa pada pengukuran pertama masih terjadi kenaikan temperatur air pada menit ke 195 sampai menit ke 225, pada pengukuran kedua terjadi penurunan temperatur air mulai menit ke 195 sampai menit ke 225, pada pengukuran ketiga terjadi fluktuasi pada menit ke 195 sampai menit ke 225. Tiga kali pengukuran menunjukkan tren yang berbeda-beda sehingga menyebabkan temperatur rata-rata tertinggi nilainya jauh lebih rendah daripada temperatur tertinggi yang pernah dicapai dan pada waktu yang berbeda juga. Temperatur rata-rata adalah 74 °C yang dicapai pada menit ke 225 atau jam 14.45 WIB.

Daerah puncak pengukuran temperatur terjadi mulai menit ke 180 sampai menit ke 240. Pada menit tersebut, temperatur lingkungan mencapai puncaknya dan demikian juga temperatur air, sehingga perbedaan antara temperatur air dan temperatur lingkungan berada pada nilai yang paling kecil. Kondisi tersebut menyebabkan *heat loss* dari absorber ke udara lingkungan juga paling kecil. Selanjutnya, setelah menit ke 240 sampai menit ke 300, temperatur lingkungan jauh lebih rendah dibanding periode sebelumnya sehingga perbedaan antara temperatur air dan temperatur lingkungan berada pada nilai yang lebih besar daripada periode sebelumnya. Kondisi tersebut menyebabkan *heat loss* dari absorber ke udara lingkungan juga semakin besar. Dengan *heat loss* yang lebih besar daripada periode sebelumnya maka temperatur air juga semakin menurun seiring turunnya temperatur lingkungan.

Perhitungan luas area reflektor cermin A1 dapat dihitung dengan persamaan berikut [11, 12]:

$$A_1 = \frac{8\pi}{3} \left((y + p) \sqrt{p(y + p)} - p^2 \right)$$

Jika posisi tabung absorber diletakkan di titik fokus reflektor y adalah 56 cm dan kedalaman reflektor p adalah 6 cm, maka luasan reflektor dapat dihitung dengan uraian sebagai berikut:

$$A_1 = \frac{8\pi}{3} \left((56 + 6) \sqrt{56(56 + 6)} - 56^2 \right) \text{ cm}^2$$

$$A_1 = \frac{8\pi}{3} \left((62)\sqrt{56(62)} - 56^2 \right) cm^2$$

$$A_1 = \frac{8\pi}{3} (3653,27 - 3136) cm^2$$

$$A_1 = 4333,47 cm^2$$

$$A_1 = 0,43 m^2$$

Perhitungan luas absorber A_2 adalah sebagai berikut

$$A_2 = \pi \cdot D \cdot L + \frac{\pi}{4} D^2$$

Dengan:

D : Diameter Absorber (cm)

L : Ketinggian Absorber (cm)

Maka perhitungan luas absorber A_2 yang memiliki diameter D 15 cm dan tinggi L 16 cm dapat diuraikan sebagai berikut:

$$A_2 = (\pi \cdot 15 \cdot 16 + \frac{\pi}{4} \cdot 15^2) cm^2$$

$$A_2 = 930,7 cm^2$$

$$A_2 = 0,093 m^2$$

Fraksi radiasi dari reflektor parabola ke tabung absorber F_{21} dapat dihitung dengan persamaan berikut [13, 14]:

$$F_{12} = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_{21}$$

$$F_{12} = \frac{930,7 cm^2}{4333,47 cm^2} \cdot 1$$

$$F_{12} = \frac{930,7 cm^2}{4333,47 cm^2} \cdot 1$$

$$F_{12} = 0,215$$

Reflektansi reflektor yang terbuat dari cermin adalah sekitar 80% - 97% [15]. Nilai reflektansi dari cermin yang dipotong-potong diasumsikan paling maksimum adalah 75% dikarenakan pantulannya yang tidak sempurna. Jika intensitas rata-rata radiasi matahari untuk wilayah Jabodetabek adalah sekitar 5 kWh/m²/hari, dengan jam bersinarnya matahari rata-rata sehari diasumsikan adalah 12 jam, maka dapat dikonversikan nilainya menjadi 416,67 Watt/m². Dengan demikian daya input dari sistem pemanas air tenaga surya dengan reflektor tipe *concentrated parabolic* pada penelitian ini dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{in} = F_{12} \cdot r \cdot I \cdot A_1$$

$$P_{in} = 0,215 \cdot 0,75 \cdot 416,67 W/m^2 \cdot 0,433 m^2$$

$$P_{in} = 29,084 Watt$$

Waktu operasi proses pemanasan air pada sistem pemanas air tipe *concentrated parabolic* adalah selama 5 jam. Dengan demikian energi input termal dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$E_{in} = P_{in} \cdot t$$

$$E_{in} = 29,04Watt. 5.3600s$$

$$E_{in} = 523516,963Joule$$

$$E_{in} = 523,517kJ$$

Panas yang dipantulkan dari reflektor yang kemudian mengenai absorber silinder wadah air melalui mekanisme perpindahan panas radiasi sebesar energi input yang telah dihitung pada bagian sebelumnya kemudian mengalami mekanisme perpindahan panas konduksi pada dinding absorber dan dilanjutkan dengan konveksi pada air sebagai fluida kerjanya. Volume air yang menempati wadah absorber diisi sebanyak 75%. Dengan demikian massa air yang dipanaskan dapat dihitung dengan uraian rumus sebagai berikut:

$$m = \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot 0,75$$

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} m^2 \cdot 0,16m \cdot 0,75$$

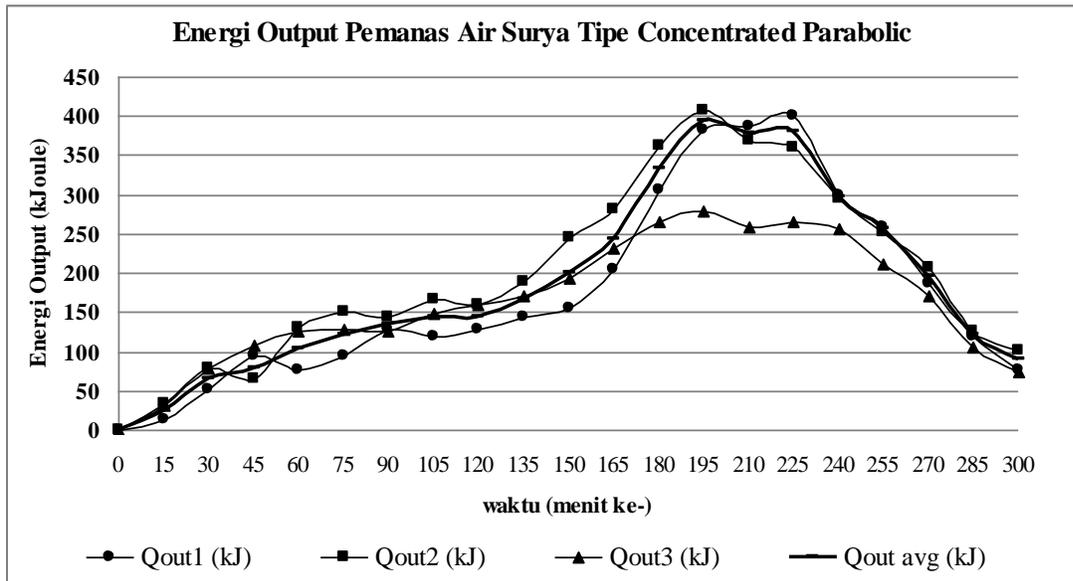
$$m = 2,12kg$$

Perpindahan panas yang diterima oleh fluida kerja air ini mengalami kenaikan suhu atau yang dinamakan dengan kalor sensibel. Kalor sensibel ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut[11]:

$$E_{out} = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$E_{out} = 2,12kg \cdot 4,186 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (T - T_o)$$

Gambar 4. menyajikan dinamika energi output yang berupa kalor sensibel terhadap waktu.



Gambar 4. Energi Output Pemanas Air Surya Tipe Concentrated Parabolic

Grafik energi output memiliki tren yang sama dengan tren temperatur air karena energi output sebanding dengan delta temperatur. Nilai energi output puncak terjadi mulai menit ke 180 sampai menit ke 240. Pada menit tersebut, energi output mencapai puncaknya karena nilai heat loss dari absorber ke udara lingkungan paling kecil. Selanjutnya, setelah menit ke 240

sampai menit ke 300, nilai energi output semakin menurun karena nilai heat loss dari absorber ke udara lingkungan lebih besar daripada periode sebelumnya. Dengan heat loss yang lebih besar daripada periode sebelumnya maka energi output semakin menurun seiring turunnya temperatur lingkungan.

Energi output rata-rata dari sistem pemanas air surya tipe *concentrated parabolic* ini adalah 184,418 kJoule. Dengan demikian efisiensi termal rata-rata dari sistem pemanas air ini dapat diuraikan berdasarkan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{184,418kJ}{523,517kJ} \times 100\%$$

$$\eta = 35,23\%$$

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemanas air surya tipe *concentrated parabolic* pada penelitian kali ini menggunakan reflektor parabola dengan diameter 56 cm dan kedalaman 6 cm. Absorber penampung air berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan ketinggian 16 cm.
2. Sistem pemanas air surya tipe *concentrated parabolic* mampu memanaskan air dengan volume 2,12 L dengan suhu tertinggi yang dicapai adalah 82 °C di menit ke 195 yakni pada pukul 14.15 WIB. Sedangkan temperatur rata-rata tertinggi yang dicapai adalah 74 °C di menit ke 225 yakni pada pukul 14.45 WIB.
3. Energi output rata-rata dari sistem pemanas air surya tipe *concentrated parabolic* adalah 184,418 kJoule dengan efisiensi termal rata-rata adalah 35,23 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nurliyanti, V., M. Pandin, and B. Pranoto, *Pembuatan peta potensi energi surya*. Majalah M&E, 2012. 10(4).
2. Rumbayan, M., A. Abudureyimu, and K. Nagasaka, *Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012. 16(3): p. 1437-1449.
3. Reddy, K., N.R. Kamnasure, and S. Srivastava, *Nanofluid and nanocomposite applications in solar energy conversion systems for performance enhancement: a review*. International Journal of Low-Carbon Technologies, 2017. 12(1): p. 1-23.
4. Kasaeian, A., et al., *Performance evaluation and nanofluid using capability study of a solar parabolic trough collector*. Energy conversion and management, 2015. 89: p. 368-375.
5. Sokhansefat, T., A. Kasaeian, and F. Kowsary, *Heat transfer enhancement in parabolic trough collector tube using Al₂O₃/synthetic oil nanofluid*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. 33: p. 636-644.
6. Hatami, M., J. Geng, and D. Jing, *Enhanced efficiency in Concentrated Parabolic Solar Collector (CPSC) with a porous absorber tube filled with metal nanoparticle suspension*. Green Energy & Environment, 2018. 3(2): p. 129-137.
7. Soteris, A.K., *Chapter 3. Solar energy collectors*. Solar Energy Engineering. Second Edition. Limassol, Cyprus. AP editorial. doi, 2014. 10.
8. Khullar, V., et al., *Solar energy harvesting using nanofluids-based concentrating solar collector*. Journal of Nanotechnology in Engineering and Medicine, 2012. 3(3).
9. Yang, H., et al., *Potential of performance improvement of concentrated solar power plants by optimizing the parabolic trough receiver*. Frontiers in Energy, 2020. 14(4): p. 867-881.
10. Akhter, J., et al., *Performance Evaluation of a Modified Compound Parabolic Concentrating Collector with Varying Concentration Ratio*. Heat Transfer Engineering, 2021. 42(13-14): p. 1117-1131.
11. Arora, C.P., *Thermodynamics*. Book, 1998.

-
12. Atifah, N. and D. Wulandari, *Pengaruh Diameter Pipa Absorber dan Jarak Fokus Reflektor Terhadap Fraksi Radiasi pada Parabolic Trough Solar Power Plants*. Proceedings Universitas Pamulang, 2017. 1(1).
 13. Atifah, N., *Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Pemanas Air Tenaga Matahari dengan Reflektor Busur Seperempat Lingkaran*. Cakram, 2018. 2 (Oktober).
 14. Incropera, F.P., et al., *Fundamentals of heat and mass transfer*. 2007. Hoboken, NJ: John Wiley, 1985: p. 939-40.
 15. Meyen, S., et al., *Standardization of solar mirror reflectance measurements-round robin test*. 2010, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).