

Pemfokusan Solar Water Heater Menggunakan Reflektor Parabolik

Ego Wisnu Saputro^{1*}, Ocsirendi¹, Zanu Saputra¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : ego.ws110101@gmail.com

Received 6 Januari 2023; Received in revised form 10 Januari 2023; Accepted 30 Januari 2023

Abstract

The need for hot water is very important for the health of every human being. Not only from health, industrial fields such as hospitality have a high level of use of warm water. High usage must be balanced with existing income. However, in the case of heating water on a large scale, a large source is also needed. To overcome this, a solar water heating system was created in order to overcome this problem while at the same time utilizing natural heat sources from the sun. Solar water heaters with parabolic reflectors are made to be able to heat water by focusing light by the parabolic reflectors onto the collector pipe. In optimizing it, a tracking system for the sun is also added so that the heat absorption that occurs can be more effective. Tracking is carried out for 6 hours, starting from 09.00 to 15.00. It can be seen that the highest temperature increase uses the 10 minutes delay method of 55.18°C and the highest temperature for heating uses the continuous method of 44.62°C with the same heating time from 13.30-13.40. Comparison of the heat absorption efficiency of the collector pipe is better by using the 10 minutes delay method of 35.04% in terms of achieving the highest temperature. As for the comparison of the whole system, the use of the 10 minutes delay method has a higher efficiency of 30.95% compared to the continuous heating method.

Keywords: Solar water heater; Tracking system; Parabolic reflector.

Abstrak

Kebutuhan air panas sangatlah penting bagi kesehatan setiap manusia. Bukan hanya dari kesehatan, bidang-bidang industri seperti perhotelan yang memiliki tingkat penggunaan air hangat yang tinggi. Penggunaan yang tinggi haruslah diseimbangkan dengan pemasukan yang ada. Namun, dalam hal pemanasan air dalam skala besar dibutuhkan *source* yang besar pula. Untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah sistem pemanas air dengan tenaga surya dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut sekaligus memanfaatkan sumber panas alami dari matahari. Solar water heater dengan reflektor parabolik dibuat untuk dapat memanaskan air dengan cara pemfokusan cahaya oleh reflektor *parabolic* ke pipa kolektor. Dalam pengoptimalannya juga ditambahkan sistem *tracking* terhadap matahari sehingga penyerapan panas yang terjadi dapat lebih efektif. Untuk *tracking* yang dilakukan selama 6 jam yaitu mulai dari pukul 09.00 hingga 15.00 WIB. Dapat dilihat untuk kenaikan suhu tertinggi menggunakan metode *delay* 10 menit sebesar 55,18°C dan suhu tertinggi untuk pemanasan menggunakan metode kontinu sebesar 44,62°C dengan waktu pemanasan yang sama dari pukul 13.30-13.40 WIB. Perbandingan efisiensi penyerapan panas pipa kolektor yaitu lebih baik dengan menggunakan metode *delay* selama 10 menit sebesar 35,04% ditinjau dari pencapaian suhu tertinggi. Sedangkan untuk perbandingan keseluruhan sistem, penggunaan metode *delay* 10 menit memiliki efisiensi 30,95% lebih tinggi dibandingkan pemanasan dengan metode kontinu.

Kata kunci: Solar water heater; Sistem *tracking*; Reflektor *parabolic*.

1. PENDAHULUAN

Tenaga surya adalah suatu energi yang mana menghasilkan panas dalam bentuk radiasi yang memiliki energi yang tak

terbatas. Matahari merupakan sumber tenaga surya yang menjadi sumber utama di belahan dunia manapun dalam hal menghasilkan panas yang penyebarannya dalam bentuk pancaran sinar radiasi.

Matahari adalah bintang raksasa yang memancarkan radiasi yang sangat besar dan menjadi pusat perputaran tata surya yang ada di galaksi bima sakti. Untuk pancaran sinar radiasi yang dihasilkan matahari sekitar $5.961 \times 10^7 \text{ W/m}^2$. Dari hasil perhitungan, pancaran sinar radiasi yang dipancarkan matahari yang dapat sampai ke *atmosphere* bumi sekitar 1.36 kW/m^2 . Namun pada kenyataannya, sebelum benar-benar sampai ke permukaan bumi nilai dari pancaran radiasinya akan berkurang yang disebabkan karena sinar radiasi yang mengalami gangguan dari pembiasan, penyerapan, dan pemantulan. Panas yang dihasilkan oleh matahari ini adalah sumber kehangatan utama untuk bumi. Pemanasan ini juga memiliki banyak manfaat diberbagai sektor, seperti mengeringkan ikan asin pada sektor perikanan, menghasilkan listrik untuk sektor industri, dan banyak lagi lainnya. Dari potensi yang tak terbatas dari matahari yang terus menerus menghasilkan panas haruslah dimanfaatkan semaksimal mungkin.

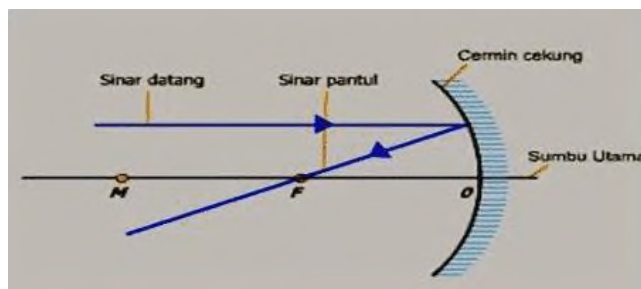
Dari tenaga surya yang dihasilkan ini dapat dimanfaatkan salah satunya untuk proses pemanasan air. Kebutuhan air panas saat ini sudah cukup menyeluruh baik di perumahan, perhotelan, dan di bidang industri sekalipun bahkan sudah menyebar hingga ke bidang kesehatan. Namun yang jadi masalah adalah ketika kebutuhan akan air panas ini meningkat, untuk mendapatkannya pun menjadi lebih sulit dalam artian merugikan. Yang sekarang kita tahu cara untuk mendapatkan air panas adalah dengan cara memasak air dengan gas dan memanaskan air dengan listrik. Ketika memanaskan air menggunakan gas justru akan terjadi pemborosan gas jika dilakukan secara terus menerus yang mana kita ketahui sekarang untuk gas sudah terbatas sampai pemerintah mengeluarkan kebijakan subsidi terhadap gas yang menandakan semakin menipisnya sumber gas alam yang ada. Jikalau mengambil jalan memanaskan air dengan listrik, justru malah akan membuat tagihan listrik membengkak karena konsumsi yang terus menerus. Dari itu perlulah ada solusi dalam hal pemanasan air menggunakan alternatif tenaga matahari atau yang biasa disebut *solar water heater* untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut. *Solar Water Heater* (SWH) merupakan suatu alat yang memanfaatkan

pancaran radiasi dari cahaya matahari berupa panas untuk menaikkan suhu air.

Kemungkinan yang tak terbatas inilah yang seharusnya dimanfaatkan dengan lebih baik agar dapat memenuhi permintaan masyarakat akan kebutuhan air panas. Dari peningkatan yang terjadi ada beberapa penelitian yang dilakukan untuk dapat memaksimalkan potensi matahari tersebut dalam proses pemanasan air. Dari penelitian yang dilakukan oleh Helmi Susanto dan Dwi Irawan (2017) Pengaruh Jarak Antar Pipa Pada Kolektor Terhadap Panas Yang Dihasilkan Solar *Water heater* (SwH) yang mana menjelaskan tentang perbedaan ketika pipa tembaga kolektor yang dibuat zigzag dengan membandingkan jarak antar pipa. Dapat diketahui dalam penelitian tersebut bahwa semakin rapat jarak antar pipanya maka semakin efektif juga proses pemanasan yang terjadi, dan sebaliknya semakin renggang jarak antar pipanya maka semakin tidak efektif pemanasannya [1]. Lalu dari penelitian yang dilakukan oleh Willy Setiawan dan Azridjal Aziz (2018) Performansi Sistem Pemanas Air Energi Surya dengan Kolektor *Parabolic* Kapasitas Tangki 127 Liter yang mana menggunakan linear *parabolic* sebagai reflektor dari pancaran sinar matahari yang dipantulkan ke satu titik. Hal ini lebih optimal karena cahaya yang terpantulkan lebih terfokus sehingga perpindahan pemanasannya pun lebih maksimal. Tapi sayangnya untuk pipa tembaga sebagai kolektor panas kurang maksimal dalam penyerapan panas karena hanya berbentuk pipa lurus horizontal [2]. Selanjutnya dari penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fajri Rinaldy dan Tia Fatiha (2021) Rancang Bangun Single Axis Solar *Water heater* Menggunakan Reflektor yang mana penggunaan cermin datar untuk memantulkan cahaya matahari sehingga setiap sisi pelat kolektor terpapar matahari. Dari penelitian tersebut sayangnya untuk pipa tembaga yang disusun zig-zag tidak memenuhi seluruh permukaan plat kolektor sehingga penyerapan panas yang terjadi tidak maksimal karena kekosongan yang ada pada plat kolektornya [3].

Pada penelitian ini akan dibuat kolektor jenis kolektif yang mana memanfaatkan reflektor berbentuk *parabolic*. Reflektor berbentuk *parabolic* disini memiliki fungsi seperti cermin cekung

yang mana ketika cahaya datang tegak lurus dengan sumbu utama, maka cahaya yang dipantulkan akan bertemu pada satu titik.



Gambar 1. Mekanisme pemantulan cahaya cermin cekung

Dapat dilihat pada gambar proses pemantulan cahayanya. Untuk pemantulan cahayanya sendiri dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus berikut [4].

$$f = \frac{\frac{D^2}{d}}{\frac{1}{16}} = \frac{D^2}{d} \times \frac{1}{16} = \frac{D^2}{16d} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

D = Diameter parabola

d = Kedalaman parabola

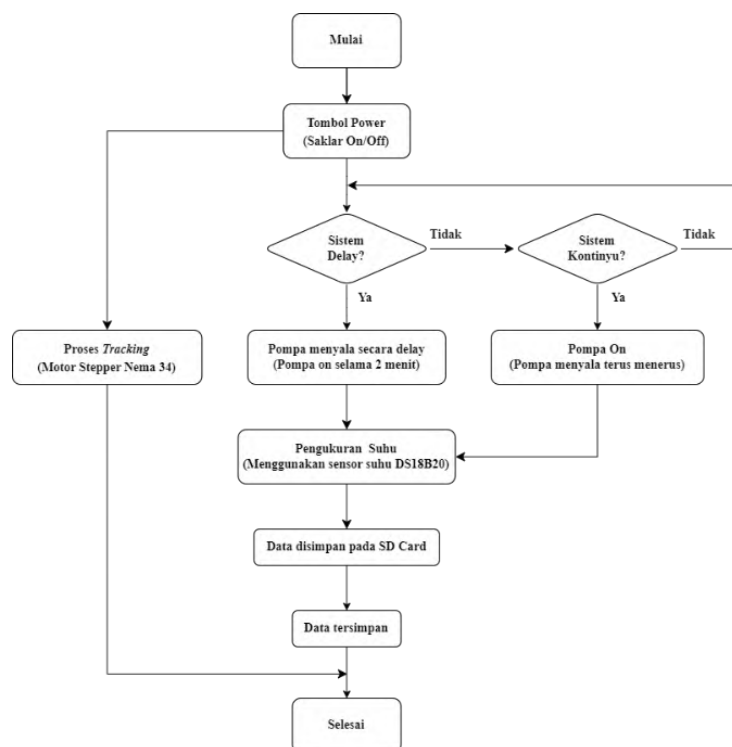
f = Panjang *focus* parabola

Dari rumus yang tertera diatas, semakin besar diameter *parabolic* dan semakin kecilnya kedalaman reflektor *parabolic* maka akan semakin besar pula titik fokusnya [5]. Reflektor *parabolic* memiliki sifat geometri seperti fenomena *optic*, ketika pancaran radiasi sejajar datang ke arah reflektor *parabolic* maka pancaran sinar radiasi tersebut akan terfokuskan ke satu titik *focus* dari reflektor paraboliknya. Begitupun sebaliknya, ketika pancaran sinar radiasi datang dari arah titik *focus* maka pancaran sinar radiasi yang terpancarkan akan sejajar tegak lurus dengan reflektor *parabolic* [6]. Reflektor *parabolic* memantulkan sinar matahari menuju ke satu titik yang kemudian dititik itulah akan diletakkan pipa kolektor sebagai penyerap panasnya [7]. Pada sistem *parabolic* ini, reflektor (pemantul) dengan titik fokusnya tidak dapat diubah masing-masing karena sudah menjadi satu kesatuan

sehingga ketika reflektornya diubah atau digerakkan maka titik fokusnya pun akan mengikutinya. Pemanfaatan *reflector parabolic* ini juga dikarenakan *reflector parabolic* memiliki sifat *directivity* yang mana gelombang cahaya yang dipantulkan akan diperkuat yang selanjutnya akan dikumpulkan pada satu titik *focus* [8]. Dengan adanya penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan peningkatan dalam pemanasan air menggunakan tenaga surya ataupun yang lebih dikenal dengan *solar water heater*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode *delay* dan kontinu yang ditujukan untuk penyempurnaan pengambilan data pada setiap kondisi pemanasan yang ada dengan mempertimbangkan faktor tingkat intensitas pancaran cahaya matahari. Dapat dilihat pada *flowchart* metode yang digunakan pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Metode yang digunakan

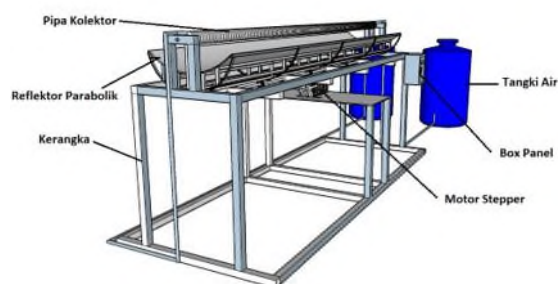
Pada metode *delay*, pengujian alat yang akan dilakukan akan dibuat menggunakan *delay* selama 10 menit. Pada setiap percobaan metode *delay* yang dilakukan akan dipantau untuk nilai suhu air yang nantinya akan dipanaskan. Suhu panas yang sudah didapatkan dari proses kerja *delay* ini nantinya akan dibandingkan pada setiap waktu dan proses pemanasan yang dilakukan sehingga mendapatkan efisiensi tingkat pemanasan yang paling optimal dari setiap *delay* yang diujikan. Untuk cara kerjanya, ketika sistem *delay* aktif maka pompa air DC akan aktif beberapa waktu sebelum akhirnya mati untuk melakukan proses *delay* selama 10 menit. Setelah proses pemanasan memenuhi waktu *delay* yang sudah diberikan, maka pompa air DC akan aktif kembali untuk mendorong air hasil pemanasan menuju tangki penyimpanan akhir yang sekaligus mengalirkan kembali air yang baru dengan suhu normal untuk kembali melakukan siklus *delay* hingga air pada tangki penyimpanan awal habis.

Hampir sama dengan metode *delay*, pada metode kontinu ini proses pemanasan air yang akan dijalankan adalah secara terus menerus yang mana pompa air DC akan terus menyala selama tangki air awal

sebelum pemanasan masih memiliki kapasitas air yang cukup untuk dapat dialirkan ke pipa kolektor. Pengujian yang dilakukan akan dilakukan berulang kali untuk dapat mengetahui waktu pemanasan yang maksimal untuk proses pemanasan dengan metode kontinu. Setelah didapatkan data-data dari setiap percobaan, maka dari hasil data pemanasan terbaik akan dibandingkan antara metode kontinu dengan *delay* untuk melihat efektifitas dari pemanasannya.

2.1. Perancangan Alat

Setelah melakukan pengumpulan data mengenai solar *water heater* terkhusus untuk kolektor jenis kolektif beserta dengan reflektornya yang berbentuk *parabolic*, dibuatlah desain alatnya. Untuk kolektor kolektif disini dibentuk melilit seperti spiral dengan tujuan memperbanyak kapasitas air yang akan dipanaskan nantinya sehingga dapat memperpendek waktu proses pemanasan. Desain yang dibuat berskala 1:1 dengan kerangka yang berukuran 210cm x 80cm x 100cm, ukuran parabolik berbentuk setengah lingkaran berdiameter 60cm dengan titik *focus* cahaya pada 47cm. Untuk lebih jelasnya, berikut desain dari alat yang dibuat.



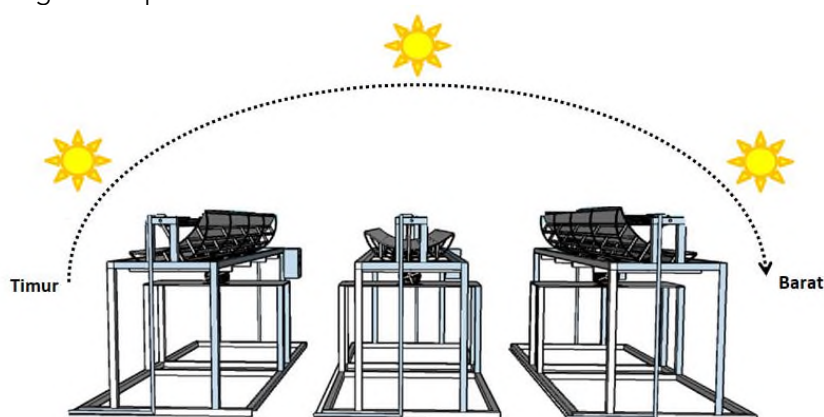
Gambar 3. Desain konstruksi dan konstruksi yang telah dibuat

Desain yang telah dibuat tersebut akan kemudian dirangkai mulai dari kerangka, lalu ke reflektor parabolik, pipa kolektor spiral, hingga pembuatan rangkaian elektriknya. Pipa kolektor sengaja dibentuk spiral dikarenakan agar pemanasan yang terjadi dapat lebih efektif karena semakin luasnya penampang panas yang tersinari dari pancaran sinar matahari [1].

2.2. Tracking Matahari

Dalam upaya pengoptimalan penyerapan dari cahaya matahari yang datang, *tracking* diperlukan untuk dapat membuat reflektor tetap tegak lurus terhadap cahaya yang datang sehingga pemantulannya dapat terus mengenai pipa kolektornya. Dengan arah reflektor yang akan selalu tegak lurus dengan arah datangnya pancaran sinar matahari, maka akan semakin efektif pula pemantulan cahaya yang terjadi [9]. Penerapan sistem *tracking* pada pemanasana air tenaga matahari meningkatkan pemanasan karena

terus mengikuti pergerakan sudut tiap matahari bergerak [10]. Untuk tingkat efisiensi pemanasan, *tracking* single axis terhadap matahari meningkatkan 32,17% penyerapan matahari dibandingkan tanpa menggunakan *tracking* [11]. Proses *tracking* matahari disini menggunakan aktuatur motor stepper dengan tujuan meningkatakan tingakt presisi pergerakan reflektor searah dengan arah datangnya cahaya matahari. Untuk memastikan tingkat presisi *tracking* yang terjadi dibantu dengan sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya. Untuk pembacaan sensornya sendiri berupa data ADC yang diprogram melalui arduino. Data ADC ini nantinya akan dibandingkan dengan sudut datang cahaya untuk melihat pembacaan nilai ADC dari sudut-sudut yang berbeda. *Tracking* yang akan berjalan hanya dalam waktu 6 jam yang dimulai pukul 09.00 WIB hingga 15.00 WIB. Berikut proses *tracking* yang akan bekerja seperti pada gambar 4.

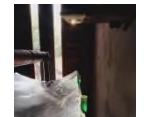
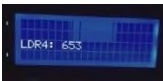
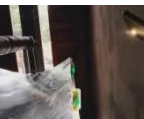
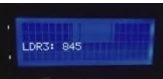
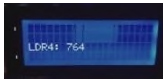
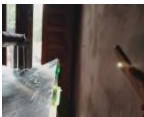


Gambar 4. Proses *tracking*

Untuk dapat menunjang proses *tracking* seperti pada gambar 4. Diperlukan pendeteksian berupa sensor LDR untuk dapat membaca pergerakan matahari.

Berikut tabel 1. Menampilkan data ADC yang diperoleh untuk setiap sudut cahaya yang datang.

Tabel 1. Data ADC LDR₁ terhadap sudut datang cahaya

Data AD				Sudut Datang Cahaya
LDR ₁	LDR ₂	LDR ₃	LDR ₄	
818	640	786	718	30°
				
722	570	665	637	60°
				
638	527	608	615	90°
				
675	565	635	653	120°
				
815	736	845	764	150°
				

2.3. Prinsip Kerja Solar Water heater

Setelah segala persiapan baik dari konstruksi alat baik kerangka maupun elektriknya sudah selesai dan begitu pula dengan kualitas sensor yang digunakan, alat mulai untuk diuji. Pertama air akan dialirkan kedalam pipa kolektor spiral, yang nanti kemudian akan dipanaskan dengan waktu ± 10 menit pada setiap satu kali percobaan. Dengan kapasitas pipa kolektor sebanyak 7,52 liter akan memanaskan air pada pada tangki dengan kapasitas 20 liter. Pemanasan akan

terus berjalan hingga air yang ada pada tangki telah habis. *Tracking* yang akan berjalan hanya dalam waktu 6 jam yang dimulai pukul 09.00 WIB hingga 15.00 WIB. Selama waktu *tracking* ini pula pengujian alat akan terus dilakukan. Setelah setiap proses selesai akan dilakukan perbandingan antara pemanasan menggunakan metode *delay* 10 menit dengan menggunakan metode kontinu. Pada perbandingan tersebut, ditinjau perbandingan tingkat efisiensinya dengan menggunakan rumus berikut [12].

$$\eta = \left(\frac{T_{out} - T_{in}}{T_{in}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- η = Efisiensi perpindahan panas
- T_{out} = Suhu akhir air setelah dipanaskan
- T_{in} = Suhu awal air sebelum dipanaskan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap kali ini yaitu sampai di tahap pengujian alat keseluruhan. Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian terhadap alat yang akan terus memanaskan air selama 6 jam dengan pengujian awal

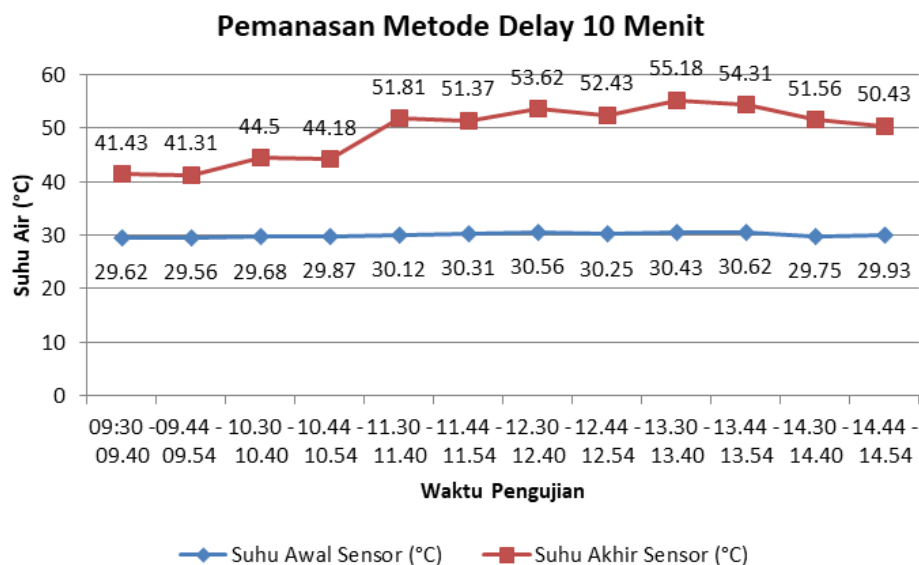
tracking menggunakan metode *delay* 10 menit dengan menggunakan metode kontinu. Untuk pengujian dimulai dari pukul 09.30 hingga 14.54 WIB dengan melakukan enam percobaan dengan setiap percobaan akan menyelesaikan dua siklus untuk menghabiskan air 20 liter sehingga data yang ada nantinya berjumlah 12 data.

3.1. Pengujian Metode Delay

Untuk pengujian ini, menggunakan metode *delay* dengan waktu pemanasan air

pada reflektor selama 10 menit yang selanjutnya air akan disirkulasikan ulang lagi.

Dari data yang telah didapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 5 berikut.



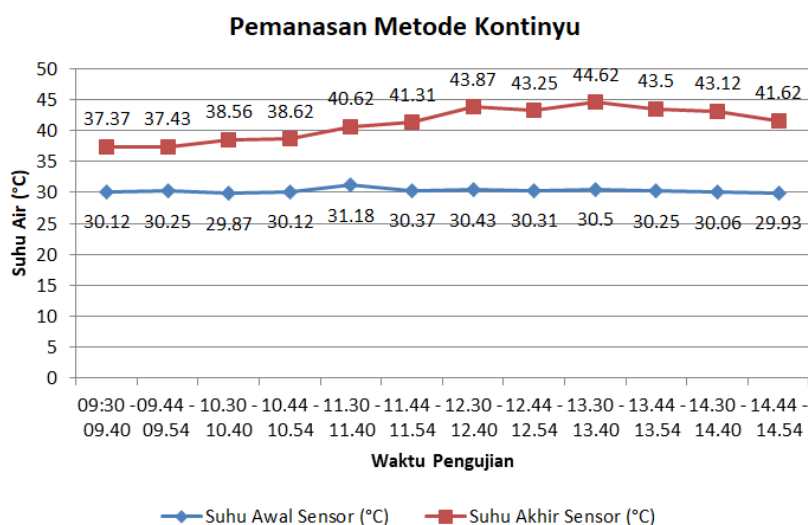
Gambar 5. Grafik pemanasan metode *delay* 10 menit

Dari pengujian diatas didapatkan suhu akhir tertinggi pada pemanasan metode *delay* 10 menit sebesar 55,18°C pada pukul 13.30-13.40 WIB yang mana pada waktu ini pemanasan mulai mencapai puncaknya sebelum pada akhirnya akan turun kembali menjelang sore karena posisi matahari yang sudah tidak searah lagi dengan solar *water heater* ini. Sedangkan suhu akhir terendah sebesar 41,31 pada pagi hari pukul 09.44-09.54 WIB yang mana matahari baru masuk awal permulaan alat untuk *tracking* dapat

dijalankan sehingga penyerapan yang terjadi kurang optimal.

3.2. Pengujian Metode Kontinu

Setelah pengujian dengan metode *delay*, dilanjutkan dengan pemanasan dengan metode kontinu. Pemanasan metode ini akan terus berlangsung hingga air pada tangki awal habis. Dari data yang telah didapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik sistem kontinu

Berdasarkan data tersebut, diperoleh suhu akhir tertinggi pada pemanasan metode

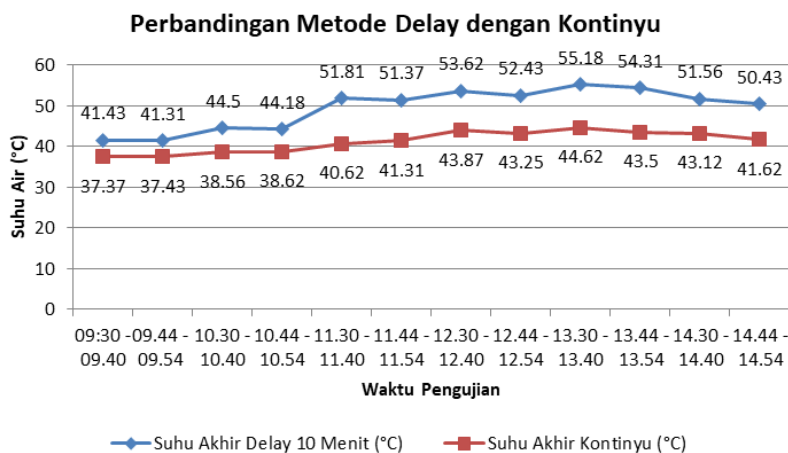
kontinu sebesar 44,62°C pada pemanasan rentang waktu 13.30-13.40 WIB sedangkan

untuk suhu akhir terendahnya berada pada 37,43°C pukul 09:44-09:54 WIB.

3.3. Perbandingan Pemanasan Metode Delay 10 Menit dengan Metode Kontinu

Dari data percobaan yang telah dilakukan sebelumnya, maka didapatkan

data perbandingan antar solar *water heater* menggunakan metode *delay* 10 menit dengan menggunakan metode kontinu. Berikut pada gambar 7 menampilkan perbandingan suhu antara metode *delay* 10 menit dengan menggunakan metode kontinu.



Gambar 7. Grafik perbandingan suhu

Dapat dilihat dari data perbandingan diatas, antara pemanasan dengan metode *delay* dan kontinu. Jika diukur dari puncak pemanasan yang terjadi yaitu 55,18°C dengan metode *delay* selama 10 menit dan 44,62°C dengan metode kontinu didapatkan efisiensi sebesar 35,04% lebih baik untuk pemanasan menggunakan sistem pemanasan dengan metode *delay* selama 10 menit. Untuk efisiensi rata-rata keseluruhan sistemnya, pemanasan air menggunakan metode *delay* 10 menit memiliki efisiensi pemanasan sebesar 30,95% lebih besar dibandingkan pemanasan dengan metode kontinu.

4. SIMPULAN

Setelah melakukan percobaan, pengujian, serta perbandingan yang ada terhadap solar *water heater* menggunakan metode *delay* dan kontinu dapat disimpulkan bahwa: (1). Pemanasan menggunakan metode *delay* 10 menit jauh lebih baik daripada pemanasan menggunakan metode kontinu dengan perbandingan efisiensi suhu tertinggi sebesar 35,04% dan efisiensi rata-rata sebesar 30,9%; dan (2). Banyaknya kapasitas air pada pipa kolektor menentukan kualitas pemanasannya, pada alat ini digunakan pipa kolektor dengan kapasitas 7,52 liter dengan target untuk meyingkat waktu pemanasan.

Terbukti pemanasan yang terjadi untuk setiap percobaan ± 10 menit dengan jeda pemanasan ± 4 menit dibutuhkan waktu 24 menit untuk memanaskan air dengan kapasitas 20 liter. Tapi sayangnya karena kapasitas pemanasan air pada pipa kolektor yang terlalu besar menyebabkan peningkatan suhu yang kurang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Susanto and D. Irawan, "Pengaruh Jarak Antar Pipa Pada Kolektor Terhadap Panas Yang Dihasilkan Solar *Water Heater* (SWH)," vol. 6, 2017.
- [2] W. Setiawan and A. Aziz, "Performansi Sistem Pemanas Air Energi Surya Dengan Kolektor *Parabolic* Kapasitas Tangki 127 Liter," 2018.
- [3] R. M. Fajri and F. Tia, "Rancang Bangun Single Axis Solar Tracker *Water heater* Menggunakan Reflektor," 2022, [Online]. Available: http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/532/1/MAKALA_H_SWH.pdf
- [4] P. Ardana and T. Elektro, "Desain reflektor antena parabola untuk keperluan komunikasi data teresterial pada frekuensi 2,4 ghz," vol. 4, no. 2, pp. 32-34, 2005.
- [5] M. Afkarulislam and H. Wijanto, "Perancangan Dan Realisasi Antena

- Reflektor Parabola Dengan Feed Point Mikrostrip Untuk Stasiun Bumi Satelit Geo-Kompsat- Design And Realization Of Paraboloid *Reflector* Antenna With Microstrip Feed Point For Satelite Geo Kompsat-2A Ground Station Nilai," vol. 8, no. 5, pp. 5368-5375, 2021.
- [6] F. T. Elektro, "Desain Dan Analisis Material Antena Parabola Untuk Synthetic Aperture Radar On-Board Microsatellite Pada Frekuensi C-Band Untuk Synthetic Aperture Radar On-Board," 2018.
- [7] S. Eksperimen, P. Air, S. Tipe, and C. *Parabolic*, "Studi eksperimen pemanas air tenaga surya tipe concentrated *parabolic*," vol. 4, no. 2, pp. 61-68, 2021.
- [8] M. Putra and D. Amir, "Rancang Bangun Antena Biquad Dengan Reflektor Grid Parabolik Untuk Mengoptimalkan Gain Antena Pada Frekuensi 450 MHz," vol. 4, no. 2, pp. 2-9, 2020.
- [9] E. Parikesit, D. Purwadianto, and F. A. R. Sambada, "Pelacak Matahari Dua Sumbu Menggunakan LDR untuk Meningkatkan Absorpsi Matahari," *Media Tek. J. Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 80-90, 2017.
- [10] B. Yuniarto, "Uji Prestasi Pemanas Air Tenaga Matahari Jenis Tabung dengan Variasi Arah Kolektor Terhadap Datangnya Sinar Matahari," 2020.
- [11] D. Nisha, D. Shraddha, M. Nikhil, P. Sunil, and G. Nitin, "Solar *Tracking* and Monitoring System for Solar *Water heater*," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 2750-2752, 2017, [Online]. Available: <https://irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3694.pdf>
- [12] S. Suhesti and S. Andre, "Rancang Bangun Single Axis Solar Tracker *Water heater*," 2021, [Online]. Available: <http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/365/1/Baru> Rancang Bangun Single Axis Solar Tracker *Water heater*.pdf