

***Single Axis Water Heater Parabolic Menggunakan
Kolektor Model Spiral***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Ego Wisnu Saputro

NIM: 1051908

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

***Single Axis Water Heater Parabolic Menggunakan
Kolektor Model Spiral***

Oleh:

Ego Wisnu Saputro/1051908

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung


Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2




(Ocsirendi, M.T)



(Zanu Saputra, M.Tr.T)

Penguji 1

Penguji 2



(Yudhi, M.T)



(Aan Febriansyah, M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Ego Wisnu Saputro NIM: 1051908

Dengan Judul : *Single Axis Water Heater Parabolic Menggunakan Kolektor Model Spiral*

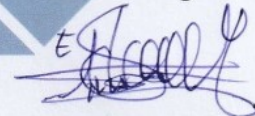
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 10 Februari 2023

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Ego Wisnu Saputro



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 air hangat yang tinggi haruslah diseimbangkan dengan pemasukan yang ada baik itu dari segi biaya ataupun waktu. Namun, dalam hal pemanasan air dalam skala besar dibutuhkan tenaga pemanasan 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 WIB hingga 15:00 WIB. Dapat dilihat untuk kenaikan suhu tertinggi menggunakan reflektor sebesar 55,18°C dan suhu tertinggi untuk pemanasan tanpa menggunakan reflektor sebesar 47°C dengan waktu pemanasan yang sama dari pukul 13:30 WIB – 13:40 WIB. Perbandingan efisiensi penyerapan panas pipa kolektor yaitu lebih baik dengan menggunakan reflektor sebesar 27,54% ditinjau dari pencapaian suhu tertinggi. Sedangkan untuk perbandingan keseluruhan sistem, penggunaan reflektor memiliki efisiensi 23,96% lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan reflektor. Sedangkan untuk perbandingan antara pemanasan menggunakan reflektor cermin datar dengan reflektor parabolik lebih tinggi efisiensi pemanasan reflektor parabolic sebesar 9,1% daripada menggunakan reflektor cermin datar.

Kata kunci: *solar water heater*; *sistem tracking*; reflektor parabolic;

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. The high use of warm water must be balanced with existing income both in terms of cost and time. However, in the case of water heating on a large scale, a large amount of heating power is also needed. To overcome this, a solar water heating system was created in order to overcome this problem while simultaneously utilizing natural heat sources from the sun. A solar water heater with a parabolic reflector is made to heat water by focusing light by the parabolic reflector 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 WIB to 15:00 WIB. It can be seen that the highest temperature increase using a reflector is 55.18°C and the highest temperature for heating without using a reflector is 47°C with the same heating time from 13:30 WIB - 13:40 WIB. Comparison of the heat absorption efficiency of the collector pipe is better by using a reflector of 27.54% in terms of achieving the highest temperature. As for the comparison of the whole system, using a reflector has an efficiency of 23.96% higher than without using a reflector. Whereas for the comparison between heating using a flat mirror reflector with a parabolic reflector, the heating efficiency of a parabolic reflector is 9.1% higher than using a flat mirror reflector.

Keywords: *solar water heater; tracking system; parabolic reflektor;*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puja serta puji syukur kepada Allah Swt yang telah memberikan segala macam rahmat dan nikmat sehingga masih dapat hidup sampai saat ini dan masih diberi kemudahan dalam penyelesaian pembuatan laporan proyek akhir yang berjudul “Single Axis Water Heater Parabolic Menggunakan Kolektor Model Spiral”. Sholawat bertangkaikan salam tak henti-hentinya kita curahkan kepada baginda Nabiyuan Muhammad SAW. dan semoga kita mendapatkan syafaatnya di yaumul akhir kelak. Dan semoga apa-apa yang telah dikerjakan pada proyek akhir ini dapat memberikan kebermanfaatan.

Teramat banyak rasa terima kasih yang ingin sekali diutarakan kepada seluruh pihak yang telah membantu serta berperan penting dalam proses penyelesaian laporan proyek akhir ini. Baik dari awal desain alat hingga selesainya laporan ini sangat terbantu oleh pihak-pihak yang sangat bermurah hati sehingga dapat terselesaikannya laporan ini. Adapun beberapa pihak yang penulis ingin ucapkan terima kasih adalah kepada:

1. Allah Swt. Yang telah memberikan kekuatan serta kemudahan dalam masa pengerjaan laporan proyek akhir ini hingga selesai.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu senantiasa berdoa utuk kebaikan anaknya.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D. selaku direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Ocsirendi, M.T selaku Pembimbing 1.
5. Bapak Zanu Saputra, M. Tr. T. selaku Pembimbing 2.
6. Seluruh dosen bahkan staf-staf yang sudah memberikan pelajaran serta motivasi.
7. Teman-teman mahasiswa serta pihak-pihak lain yang tidak dapat tertuliskan dan disebutkan.

Hanya sekian yang dapat penulis sampaikan. Penulis tahu bahwa laporan proyek akhir ini masih sangat-sangatlah jauh dari kata sempurna. Dari itu mohon maaf jika ada kesalahan dalam penulisan laporan ini dan penulis berharap semoga laporan ini dapat membantu dan bermanfaat bagi siapapun pembacanya. Dan semoga dengan adanya laporan proyek akhir ini dapat menjadi referensi kedepannya untuk dapat dikembangkan lagi. Kurang lebih dari penulisan laporan ini mohon maaf, sekian dan terima kasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sungailiat, 10 Februari 2023



Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DARTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Solar Water Heater	5
2.2 Parabolik Reflektor.....	6
2.3 Sensor Suhu DS18B20	8
2.4 Light Dependent Resistor(LDR)	9
2.5 Motor Stepper Nema 34	11
2.6 Arduino Mega 2560.....	13
2.7 LCD(Liquid Cristal Display).....	14
2.8 RTC DS3231	14
2.9 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	15
2.10 Modul Relay.....	16
2.11 Pompa Air DC.....	16
BAB III METODE PELAKSANAAN	18
3.1 Metode Kerja <i>Solar Water Heater</i>	18
3.1.1 Metode Delay	19

3.1.2 Metode Kontinyu.....	19
3.2 Blok Diagram kerja Alat.....	20
3.3 Pengumpulan Data.....	22
3.4 Perancangan Konstruksi Alat	22
3.5 Konstruksi Solar Water Heater dengan Reflektor Parabolik.....	23
3.6 Pembuatan Rancangan Elektrik.....	31
3.6.1 Perangkaian Rangkaian Elektrik	32
3.7 Pembuatan Program Arduino	33
3.8 Pengujian Alat	34
3.9 Pengambilan Data.....	34
3.10 Analisa	35
BAB IV PEMBAHASAN	36
4.1 Pengujian Pemantulan Cahaya Reflektor Parabolik.....	36
4.2 Pengujian Komponen Elektrik.....	37
4.2.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20	38
4.2.2 Pengujian Sensor LDR	40
4.2.3 Pengujian Pemenuhan Air Pada Pipa Kolektor.....	42
4.3 Uji Coba Alat Menggunakan Reflektor Parabolik.....	43
4.3.1 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 3 Menit dengan Reflektor	43
4.3.2 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 5 Menit dengan Reflektor	46
4.3.3 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 10 Menit dengan Reflektor	49
4.3.4 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Kontinyu dengan Reflektor	52
4.4 Uji Coba Alat Tanpa Menggunakan Reflektor Parabolik	55
4.4.1 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor.....	55
4.4.2 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor	58

4.4.3	Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor	61
4.4.4	Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor	64
4.5	Perbandingan Antara Pemanasan Dengan dan Tanpa Menggunakan Reflektor	67
4.5.1	Perbandingan Pada Metode Delay 3 Menit	67
4.5.2	Perbandingan Pada Metode Delay 5 Menit	67
4.5.3	Perbandingan Pada Metode Delay 10 Menit	68
4.5.4	Perbandingan Pada Metode Kontinyu	69
4.5.5	Perbandingan Pemanasan Menggunakan Reflektor Parabolik dengan Reflektor Cermin Datar	69
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN.....		79

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai Perbandingan Sudut Pergerakan Matahari terhadap Sudut Pergerakan Reflektor	37
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	38
Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor Suhu DS18B20	39
Tabel 4.4 Data ADC LDR1 terhadap Sudut Datang Cahaya	41
Tabel 4.5 Pengujian Delay 3 Menit Menggunakan Reflektor.....	43
Tabel 4.6 Data Pengujian Delay 3 Menit Menggunakan Reflektor	44
Tabel 4.7 Pengujian Delay 5 Menit Menggunakan Reflektor.....	46
Tabel 4.8 Data Pengujian Delay 5 Menit Menggunakan Reflektor	47
Tabel 4.9 Pengujian Delay 10 Menit Menggunakan Reflektor.....	49
Tabel 4.10 Data Pengujian Delay 10 Menit Menggunakan Reflektor	50
Tabel 4.11 Pengujian Kontinyu Menggunakan Reflektor.....	52
Tabel 4.12 Data Pengujian Kontinyu Menggunakan Reflektor	53
Tabel 4.13 Data Pengujian Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor	55
Tabel 4.14 Data Pengujian Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor.....	56
Tabel 4.15 Data Pengujian Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor	58
Tabel 4.16 Data Pengujian Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor	59
Tabel 4.17 Pengujian Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor.....	61
Tabel 4.18 Data Pengujian Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor	62
Tabel 4.19 Pengujian Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor.....	64
Tabel 4.20 Data Pengujian Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor	65
Tabel 4.21 Suhu Pemanasan Menggunakan Reflektor Cermin Datar[4].....	70
Tabel 4. 22 Suhu Pemanasan Menggunakan Reflektor Parabolik	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Solar Water Heater [7].	5
Gambar 2.2 Pemantulan Cahaya Sejajar Susmbu Utama[6].	6
Gambar 2.3 Sensor suhu DS18B20[11].	8
Gambar 2.4 Rangkaian Teoritis Sensor DS18B20[14].	9
Gambar 2.5 Light Dependent Resistor(LDR)[16].	10
Gambar 2.6 Rangkaian LDR[18].	10
Gambar 2.7 Metode Gerak Full Step[19].	11
Gambar 2.8 Metode Gerak Half step[19].	12
Gambar 2.9 Motor Stepper Nema 34.	13
Gambar 2.10 Board Arduino Mega 2560[23].	14
Gambar 2.11 LCD[25].	14
Gambar 2.12 RTC DS3231.	15
Gambar 2.13 Sensor Ultrasonik HC-SR04[27].	15
Gambar 2.14 Modul Relay[28].	16
Gambar 2.15 Pompa Air DC 12V	17
Gambar 3.1 Metode Kerja Alat	18
Gambar 3.2 Diagram Blok Kerja Alat	20
Gambar 3.3 Flowchart Pengerjaan Alat	21
Gambar 3.4 Desain konstruksi proyek akhir.	23
Gambar 3.5 Konstruksi <i>Single Axis Solar Water Heater Parabolic</i> Menggunakan Kolektor Model <i>Spiral</i>	23
Gambar 3.6 Kerangka <i>Single Axis Solar Water Heater Parabolic</i> Menggunakan Kolektor Berbentuk <i>Spiral</i>	24
Gambar 3.7 Pipa Tembaga Kolektor.	25
Gambar 3.8 Bentuk Lengkungan Reflektor Parabolik	26
Gambar 3.9 Bentuk konstruksi reflektor parabolik	27
Gambar 3.10 Pemasangan reflektor parabolik	27
Gambar 3.11 Proses <i>Tracking</i>	28

Gambar 3.12 Pemasangan <i>Bearing</i> pada Reflektor Parabolik.....	28
Gambar 3.13 Pemasangan 4 buah Sensor LDR	29
Gambar 3.14 Pemasangan Motor Stepper.....	29
Gambar 3.15 Pemasangan Pompa Air	30
Gambar 3.16 Pemasangan Sensor Suhu DS18B20	30
Gambar 3.17 Pemasangan Sensor Ultrasonik	31
Gambar 3.18 Rangkaian Elektrik.....	32
Gambar 3.19 Pemasangan <i>Box Panel</i>	32
Gambar 3.20 Rangkaian Elektrik pada <i>Box Panel</i>	33
Gambar 4.1 Rumus Phytagoras.....	36
Gambar 4.2 Blok Diagram Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	38
Gambar 4.3 Letak Sensor Suhu.....	40
Gambar 4.4 Skema Pengujian Sensor LDR.....	40
Gambar 4.5 Proses Pengisian Pipa Kolektor.....	42
Gambar 4.6 Grafik Pemanasan dengan Delay 3 Menit Menggunakan Reflektor.....	45
Gambar 4.7 Grafik Pemanasan dengan Delay 5 Menit Menggunakan Reflektor.....	48
Gambar 4.8 Grafik Pemanasan dengan Delay 10 Menit Menggunakan Reflektor.....	51
Gambar 4.9 Grafik Pemanasan dengan Metode Kontinyu Menggunakan Reflektor	54
Gambar 4.10 Grafik Pemanasan dengan Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor.....	57
Gambar 4.11 Grafik Pemanasan dengan Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor.....	60
Gambar 4.12 Grafik Pemanasan dengan Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor.....	63
Gambar 4.13 Grafik Pemanasan Dengan Metode Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor.....	66
Gambar 4.14 Perbandingan Metode Delay 3 Menit	67
Gambar 4.15 Perbandingan Metode Delay 5 Menit	68
Gambar 4.16 Perbandingan Metode Delay 10 Menit	68
Gambar 4.17 Perbandingan Metode Kontinyu	69

Gambar 4.18 Perbandingan Pemanasan antara Reflektor Cermin Datar dengan Reflektor Parabolik 71



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Arduino

Lampiran 2. Riwayat Hidup



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

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 5.961×10^7 W/m² dengan jumlah pancaran sinar radiasi yang sampai ke bumi sebesar 1.36 kW/m²[1]. 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 lebih baik lagi.

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 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, dengan menggunakan kolektor sebagai pengumpul panas.

Kemungkinan yang tak terbatas yang dimiliki oleh matahari ini sangat baik untuk 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[2]. 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[3]. 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[4].

Adapun solusi dapat kami berikan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan membuat alat yang berjudul “Single Axis Water Heater Parabolic menggunakan Kolektor Model Spiral” yang dapat memfokuskan pantulan dari pancaran sinar matahari dan memperbanyak penyerapan dari panas yang dihasilkan. Dari alat yang dihasilkan ini juga diharapkan dapat menjadi pemecahan masalah untuk mengatasi penggunaan gas ataupun listrik agar tidak terlalu boros dalam hal pemanasan air. Dalam hal pemfokusan pantulan ini menggunakan reflektor berbentuk parabola dengan pantulan yang dihasilkan terkumpul pada satu titik. Lalu untuk pengoptimalan penyerapan panas yang dihasilkan matahari menggunakan pipa tembaga dengan model spiral agar penyerapan panasnya pun lebih banyak karena daerah pemanasan yang lebih luas.

1.2 Perumusan Masalah

- a. Bagaimana cara memanfaatkan pancaran sinar matahari agar dapat dijadikan sumber untuk pemanasan air menggunakan reflektor parabolik?
- b. Apakah penyerapan matahari dengan menggunakan reflektor parabolik dengan pipa kolektor berbentuk spiral dapat memanaskan air lebih maksimal?
- c. Manakah yang lebih efektif penyerapan panas cahaya matahari dengan menggunakan reflector cermin datar atau menggunakan reflektor parabolik?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah :

- a. Merancang dan membangun alat yang dapat menyerap panas matahari dengan baik untuk memanaskan air.
- b. Mendapatkan data hasil percobaan yang membuktikan bahwa reflector parabolik dengan pipa kolektor berbentuk spiral dapat menyerap panas dengan sangat baik sehingga pemanasan air pun dapat lebih maksimal.

- c. Mendapatkan data hasil percobaan alat solar water menggunakan reflector parabolik dengan pipa kolektor sebagai pembanding untuk alat solar water heater menggunakan reflector cermin datar.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Solar Water Heater

Solar water heater adalah suatu alat yang mana memanfaatkan cahaya matahari yang kemudian diserap dan selanjutnya digunakan untuk memanaskan air. Air ini lalu ditampung dalam tangki penyimpanan yang nantinya akan digunakan untuk keperluan sehari-hari. Solar Water Heater bekerja dengan prinsip thermosiphon. Prinsip ini dasarnya akan membuat air yang mengalami pemanasan bergerak masuk ke dalam tangki dan pada saat yang bersamaan air dengan suhu rendah pun terdorong masuk ke dalam panel kolektor[5]. Cara kerja dari SWH ini dengan menangkap sinar matahari dan panas yang telah terkumpul akan diserap oleh pipa-pipa kolektor yang dialiri air sehingga terjadi pemanasan kepada air tersebut yang kemudian air akan dialirkan ke dalam tangki penyimpanan. Dapat dilihat seperti gambar 2.1 berikut.



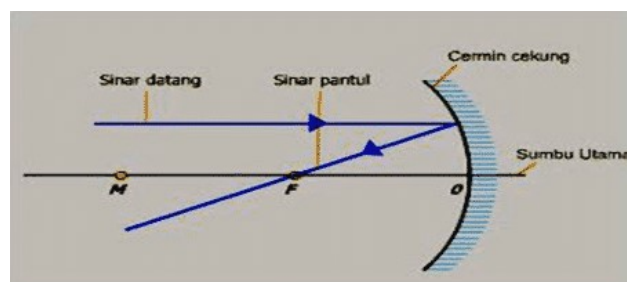
Gambar 2.1 Solar Water Heater [7].

Jika ditinjau dari beberapa penelitian yang ada, 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[2]. 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[3]. 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[4].

2.1 Parabolic Reflector

Reflektor parabolic adalah suatu sistem pemantulan gelombang atau sinar yang memanfaatkan cara kerja cermin cekung. Cara kerja cermin cekung disini adalah ketika cahaya yang datang sejajar dengan sumbu utama, maka cahaya tersebut akan dipantulkan ke satu titik di sumbu utama yang biasa disebut titik focus. Dapat dilihat arah pemantulan cahayanya pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pemantulan Cahaya Sejajar Susumbu Utama[6].

Dapat dilihat dari gambar 2.2 memperlihatkan pemantulan cahaya pada cermin cekung ketika cahaya yang datang sejajar dengan cermin sumbu utama dan pantulan cahaya tersebut mengenai titik F sebagai titik fokusnya. Untuk titik focus tersebut dapat diatur dan diubah-ubah. Adapun cara untuk mengatur kelengkungan cermin atau bisa disebut parabola tersebut untuk menyesuaikan pada titik fokusnya adalah:

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

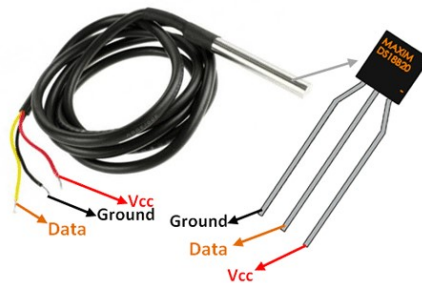
- Dimana : D = Diameter parabola
d = Kedalaman parabola
f = Panjang focus parabola

Dari rumus yang tertera diatas, semakin besar diameter parabolic dan semakin kecilnya kedalaman reflektor parabolic maka akan semakin besar pula titik fokusnya[7]. Reflektor parabolic memiliki sifat geometri seperti fenomena optic, ketika pancaran radiasi sejajar datang kearah 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 parabolik[8]. Menurut penelitian (Nailul 'Atifah, 2021) reflector parabolic memantulkan sinar matahari menuju ke satu titik yang kemudian dititik itulah akan diletakkan pipa kolektor sebagai penyerap panasnya[9]. Pada sistem parabolic ini, reflector(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. Untuk tipe-tipe reflektor parabolic dibagi 2 yaitu tipe *off-set* dengan tipe *cassegrain*. Pada tipe *off-set* pemancaran sinar dari hasil pemantulan terpisah dengan tidak mengganggu arah pancaran sinar utama sehingga untuk penguatan dari pancaran sinar utama lebih dapat dioptimalkan dan mempermudah perawatan dari reflektor paraboliknya. Selanjutnya untuk tipe *cassegrain*, pemantulan terjadi menerapkan pemantulan sinar radiasi sekunder sehingga

cahaya utama yang terpantulkan dapat diarahkan ke media lain sebagai penginduksi pancaran sinar yang telah terpantulkan[10].

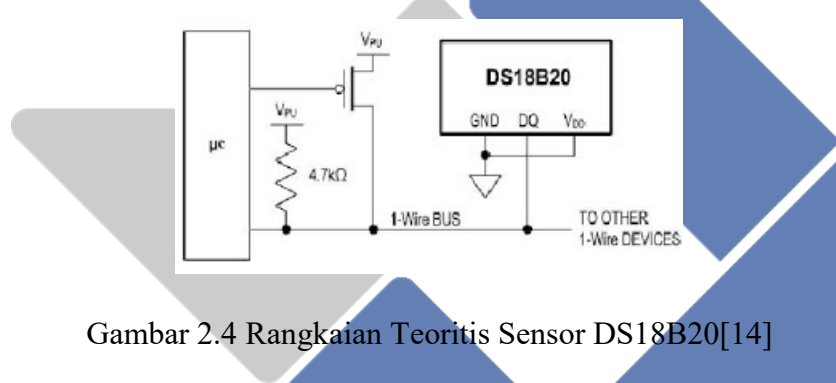
2.2 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor berbentuk tabung yang berfungsi untuk mengukur suhu yang mana karena bentuknya itu yang membuat sensor ini menjadi tahan air. Sensor ini dapat memngukur suhu dikisaran -55°C sampai 125°C . Untuk akurasinya sendiri sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada saat suhu berada di kisaran -10°C sampai 85°C . Untuk keluaran dari sensor ini sudah dalam bentuk data digital sehingga sinyal yang dikeluarkan tidak mungkin hilang ataupun melemah baik ketika berada dikedalaman ataupun jarak yang jauh. Kelebihan lain dari sensor ini adalah dapat menggunakan satu input yang sama dalam satu waktu karena sensor DS18B20 ini memiliki kode produksi sejumlah 64 bit yang berbeda satu sama lain sehingga memungkinkan untuk bekerja bersamaan tanpa takut terjadi error. Dalam pengerjaan proyek akhir ini digunakan 3 buah sensor suhu DS18B20 yang mana untuk sesnsor suhu pertama diletakkan pada tangki sebelum pemanasan untuk mengukur suhu air pada keadaan awalnya, sensor suhu kedua diletakkan didekat pipa kolektor untuk mengukur suhu air *real time* saat pemanasan berlangsung, dan yang ketiga diletakkan pada tangki penyimpanan akhir air sebagai tempat penyimpanan air yang sudah dipanaskan sebelumnya. Dapat dilihat seperti gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Sensor suhu DS18B20[11].

Menurut penelitian(Rizqy Nurul Ikhsan, 2021) diperoleh perhitungan rata-rata nilai error pada sensor suhu DS18B20 sebesar $0,2 < 0,5$, perhitungan ralat sistematis rata- rata sebesar 1,0% artinya pengukuran suhu menggunakan sensor DS18B20 sudah mendekati nilai sebenarnya karena memiliki error yang relatif kecil dan sensor suhu DS18B20 memiliki akurasi 99%[12]. Menurut penelitian(Imam Abdul Rozaq, 2017)didapatkan data bahwa untuk data sensor suhu DS18B20 dalam melakukan pembacaan suhu memiliki erro yang sangat kecil bahkan bisa mencapai nol ketika sensor digunakan untuk pembacaan suhu $<37^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk pengkalibrasiannya sensornya menggunakan pembanding *thermometer* air raksa dan didapatkan error sebesar 2%[13]. Berikut gambar rangkain sensor suhu DS18B20 seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rangkaian Teoritis Sensor DS18B20[14]

Pada sensor DS18B20, untuk outputnya bukan lagi nilai ADC lagi namun sudah berupa suhu karena sistem 1 *wire* pada sensor ini yang membuatnya lebih ,mudah digunakan. Dapat dilihat pada gambar 2.4 untuk rangkaiannya hanya pin DQ yang akan terhubung ke pin I/O arduino. Penambahan resistor sebagai filter agar tidak terjadi lonjakan tegangan berlebih yang dapat memungkinkan sensor rusak.

2.3 Light Dependent Resistor(LDR)

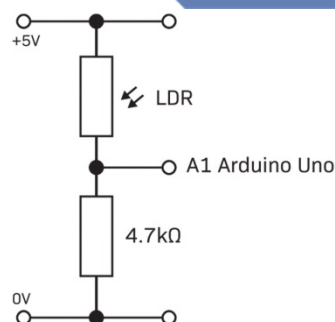
Light Dependent Resistor(LDR) merupakan salah satu jenis resistor yang memiliki kepekaan lebih terhadap cahaya sehingga nilai resistansinya dapat berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya. Untuk cara kerjanya, semakin banyak intensitas cahaya yang diterima LDR maka resistansinya akan semakin kecil, sebaliknya ketika intensites cahaya yang diterima LDR sedikit maka akan

semakin besar resistansinya. Dari cara kerja tersebut sebenarnya sensor LDR ini memiliki fungsi yang sama sebagai komponen resistansi. Hanya saja sensor LDR ini resistansinya dipengaruhi oleh cahaya. Ketika cahaya yang datang redup maka nilai resistansi LDR maksimalnya bisa mencapai $10M\Omega$ dan ketika dalam keadaan pencahayaan terang maka nilai resistansinya turun hingga $1k\Omega$ bahkan bisa lebih rendah lagi[15]. Untuk proses pembacaan, sensor LDR menggunakan data ADC pada arduino yang nantinya data ADC ini akan dikomparasikan dengan alat ukur lux meter untuk didapatkan perbandingan nilainya menggunakan metode regresi linear. Seperti gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Light Dependent Resistor(LDR)[16].

Pada pengerjaan alat ini digunakan 4 buah sensor LDR yang akan dipasangkan masing-masing 2 di kanan dan 2 dikiri sebagai pembanding untuk pendeteksian arah cahaya matahari. Menurut penelitian (Sri Supatmi, 2011) besar kecilnya hambatan pada LDR bergantung pada banyak sedikitnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri[17]. Berikut gambar rangkaian LDR seperti pada gambar 2.6.



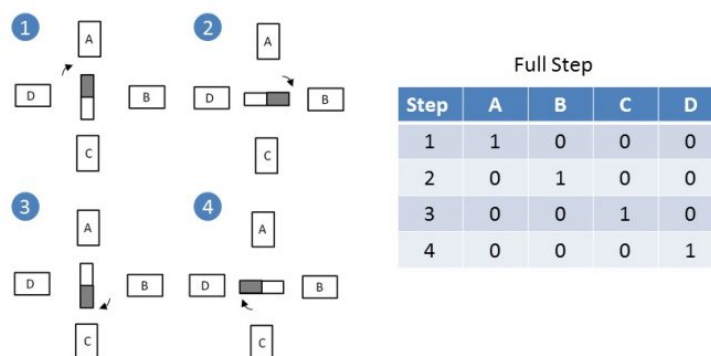
Gambar 2.6 Rangkaian LDR[18]

Dapat dilihat pada rangkaian diatas, sensor LDR sebagai jenis resistor yang besar kecil impedansinya ditentukan oleh pencahayaan. Ini memungkinkan

untuk LDR dapat mengukur tingkat pencahayaan yang kemudian dari data tersebut diperkirakan arah datang cahaya matahari. Pada rangkaian fungsi resistor $4,7k\Omega$ yang dapat dikatakan sebagai LDR tipe 2 yaitu sebagai pembagi untuk menyesuaikan tegangan yang masuk ke LDR yang kemudian akan berubah sesuai pencahayaan yang ada. Dengan penambahan resistor ini sebagai *filter* untuk tegangan yang masuk ke LDR sehingga ketika terjadi lonjakan tegangan yang tidak terduga dapat diatasi dengan resistor sehingga LDR tidak rusak.

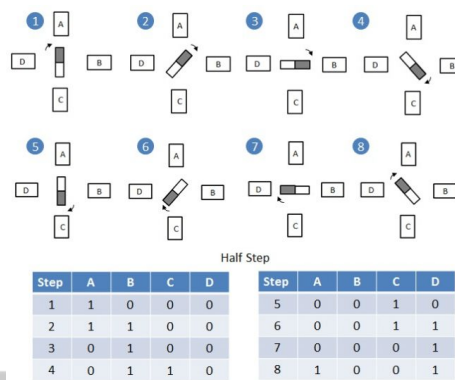
2.4 Motor Stepper Nema 34

Motor stepper Nema 34 merupakan suatu alat yang mana berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi kinetik / gerak. Untuk penyusunnya sendiri terdiri dari stator sebagai bagian yang diam meliputi body, dan rotor sebagai bagian yang bergerak. Prinsip kerjanya yaitu dengan induksi elektromagnetik yang menghasilkan medan magnet antara rotor dengan stator hingga rotor dapat bergerak dalam kata lain berputar. Motor stepper nema 34 ini merupakan motor stepper jenis bipolar dengan input berjumlah 4 lilitan yang membentuk dua buah kutub. Kelebihan dari motor stepper bipolar adalah nilai *torsi* yang lebih besar daripada motor stepper unipolar dengan kelemahan untuk mengendalikan motor stepper bipolar dibutuhkan sebuah driver untuk membantu proses geraknya. Untuk cara kerja dari motor stepper, berikut gambar metode gerak motor stepper. Berikut cara gerak motor stepper pada gambar 2.7 dan 2.8



Gambar 2.7 Metode Gerak Full Step[19]

Untuk metode gerak *full step* ini, ketika *phase A* aktif atau bernilai 1 maka rotor akan berputar kearah *phase*. Kemudian step berikutnya ketika *phase B* aktif maka rotor akan bergerak lagi untuk menuju *phase B*, begitu seterusnya hingga rotor kembali lagi ke *phase A* setelah menempuh sebanyak satu putaran. Satu putaran disini berarti ketika rotor sudah berputar sebanyak 4 step dalam satu putaran dengan setiap step *phase* yang aktif haruslah bergantian.



Gambar 2.8 Metode Gerak Half step[19]

Pada metode gerak *half step* ini, untuk motor dapat menyelesaikan satu kali putaran dibutuhkan 8 step untuk satu putaran penuh. Sedikit tambahan dari metode gerak *full step*, pada metode gerak *half step* ini pola *phase* yang aktif adalah ketika *phase A* aktif maka rotor akan bergerak menuju ke *phase A*. Untuk gerak selanjutnya, *phase* yang aktif yaitu *phase A* dan *phase B* secara bersamaan sehingga posisi rotor berada diantara kedua *phase* tersebut. Begitu seterusnya sebanyak 8 kali *step* untuk setiap putarannya.

Dari kedua metode gerak yang sudah dijelaskan, ada metode gerak lain yang lebih mengkhususkan untuk motor stepper bipolar yaitu metode gerak *microstepping*[20]. Metode gerak *microstepping* ini berkerja memperkecil gerak yang dilakukan dengan membandingkan antara pulsa yang masuk dari 2 *phase* yang berdekatan. Semakin kecil pergerakan yang kemudian menyebabkan banyaknya jumlah step yang dapat dilakukan dalam satu putaran membuat putaran dari motor stepper lebih presisi. Untuk proses penggerakannya dibantu dengan driver DM860H sebagai pembantu untuk motor stepper dapat berputar dengan sudut sekecil mungkin dengan maksimal step sampai hingga 25000 step untuk

satu putaran penuh. Spesifikasi dari motor stepper nema 34 ini menggunakan tegangan minimum 24v DC dengan arus 5A dan torsi sebesar 12Nm. Berikut gambar 2.9 gambar motor stepper.



Gambar 2.9 Motor Stepper Nema 34.

Dari penelitian (Ahmad Rifai, 2011) untuk sistem pengontrolan perputaran motor stepper baik itu arah putaran, kecepatan ataupun perlambatan pada motor stepper ditentukan oleh pulsa masukan yang diberikan sebagai perintah kepada motor untuk melakukan gerakan tiap step sesuai pulsa yang masuk[21].

2.5 Arduino Mega 2650

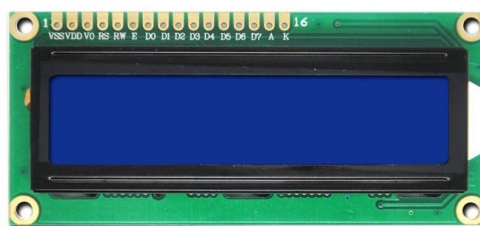
Arduino mega 2650 adalah suatu otak dalam pemrograman mikrokontroler yang berbentuk board yang berfungsi agar program yang diperintahkan dapat dijalankan. Arduino jenis ini adalah arduino keluar terbaru yang menggunakan inti chip mikrokontroler Atmega 2560 yang memungkinkan untuk pengerjaan project dengan skala besar karena memiliki memori yang cukup besar juga. Menurut (Syaputra, 2021) arduino mega 2560 dapat digunakan untuk membaca input dari sensor suhu DS18B20, push button, sensor ultrasonik, potensiometer, RTC, sensor LDR yang kemudian diproses oleh Arduino Mega 2560 sehingga menghasilkan output berupa pergerakan aktuator, menghidupkan dan mematikan pompa, pembacaan sensor suhu DS18B20 dan sensor ultrasonic yang akan ditampilkan pada LCD, penyimpanan data proses solar tracker water heater disimpan pada SD Card[22]. Dapat dilihat bentuk board arduinonya pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Board Arduino Mega 2560[23]

2.6 LCD(Liquid Cristal Display)

LCD merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan display berupa data, tulisan, dan simbol. LCD memiliki dua bagian utama yaitu bagian Backlight (Lampu Latar Belakang) dan bagian Liquid Crystal (Kristal Cair). Pada dasarnya untuk menampilkan display, LCD tidaklah mengeluarkan cahaya sendiri melainkan membutuhkan pencahayaan dari komponen backlight. LCD disini hanya berperan untuk mentransmisikan cahaya dari backlight tersebut sehingga dapat terlihat display dilayar LCD[24]. Seperti yang terlihat pada gambar 2.11

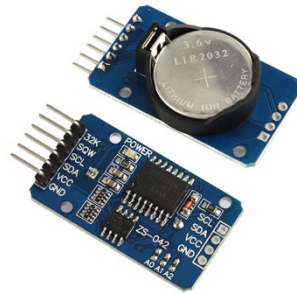


Gambar 2.11 LCD[25].

2.7 RTC DS3231

RTC DS3231 merupakan modul yang berfungsi sebagai pemberi keterangan waktu sesuai dengan keadaan waktu sebenarnya(dunia nyata). Untuk keluarannya sendiri menampilkan data berupa detik, menit, jam, tanggal, bulan, dan tahun. Untuk penampilan waktu pada modul ini dapat menggunakan format

24 jam ataupun 12 jam(PM/AM)[16]. Cara pengaktifannya dengan memasukkan program ke arduino yang selanjutnya diproses lalu ditampilkan di LCD untuk keterangan waktu yang telah terbaca oleh RTC DS3231 ini. Berikut bentuk RTC seperti gambar 2.12



Gambar 2.12 RTC DS3231.

2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik merupakan suatu komponen elektronika yang dapat mengeluarkan gelombang suara berfrekuensi tinggi sebagai media pengukur jaraknya. Untuk spesifikasi sensor HC-SR04 ini memiliki jarak pengukuran dari 2cm sampai 400 cm dengan tingkat akurasi 3 mm, mengeluarkan gelombang suara sebanyak 8 gelombang dengan frekuensi sebesar 40kHz dan dengan kecepatan 340m/s[26]. Kelemahan dari sensor ini semakin jauh objek maka pembacaan jaraknya semakin tidak akurat dan sensor hanya dapat membaca objek tegak lurus terhadap sensornya. Untuk penerapan sensor ultrasonic HC-SR04 pada alat ini berfungsi untuk mendeteksi ketersediaan kapasitas air yang akan dipanaskan pada pipa kolektor. Berikut bentuk sensor ultrasonic pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Sensor Ultrasonik HC-SR04[27]

Untuk penghitungan jaraknya dapat dihitung dengan rumus :

$$Jarak = \frac{Waktu \times Kecepatan}{2}$$

, dengan kecepatan suara sebesar 340 m/s menjadi,

$$Jarak = \frac{Waktu \times 340m/s}{2} \dots\dots\dots(2)$$

Karena satuan jarak yang biasa digunakan adalah centimeter(cm) dan dengan kecepatan pembacaan pada arduino memiliki satu microsecond(μs) maka rumusnya menjadi:

$$Jarak = \frac{Waktu \times 0,034cm/\mu s}{2} \dots\dots\dots(3)$$

2.9 Modul Relay

Modul relay adalah suatu komponen elektronika yang memiliki fungsi mirip dengan saklar hanya saja untuk cara kerjanya berbeda. Untuk saklar biasa pengaktifannya dilakukan secara manual sedangkan modul relay ini pengaktifannya dengan cara mengkontrol tegangan yang masuk kedalam modul melalui program arduino. Untuk modul ini memiliki saklar dengan kondisi *Normaly Open(NO)* dan *Normaly Close(NC)* pada setiap chanelnya. Banyaknya chanel yang digunakan sesuai dengan kebutuhan proyek yang dibuat. Menurut penelitian (Syaputra, 2021) dalam pembuatan proyek SWH, modul 2 channel sudah lebih dari cukup untuk mengkontrol gerak dari actuator serta mengontrol pompa air[22]. Bentuk relay dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Modul Relay[28].

2.10 Pompa Air DC

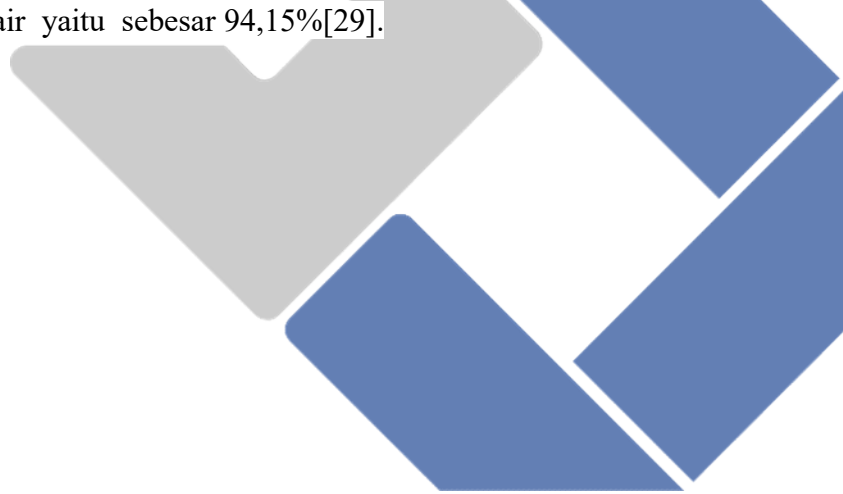
Pompa air adalah suatu alat yang dapat memindahkan atau menyuplai fluida pada umumnya air ke tempat lain menggunakan motor yang terus berputar sehingga fluida dapat tersedot dan disalurkan ke tempat lain. Untuk debit air yang dikeluarkan dari pompa ini tergantung pada luas penampang saat fluida masuk dengan luas penampang fluida keluar. Jika luas penampang fluida keluar lebih

kecil daripada luas penampang fluida masuk, maka debit air akan semakin besar. Dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Pompa Air DC 12V

Menurut penelitian (Onery Andy Saputra, 2018) Efektivitas penggunaan pompa air DC 12 Volt model tekanan tinggi untuk memenuhi kebutuhan air sehari air yaitu sebesar 94,15%[29].



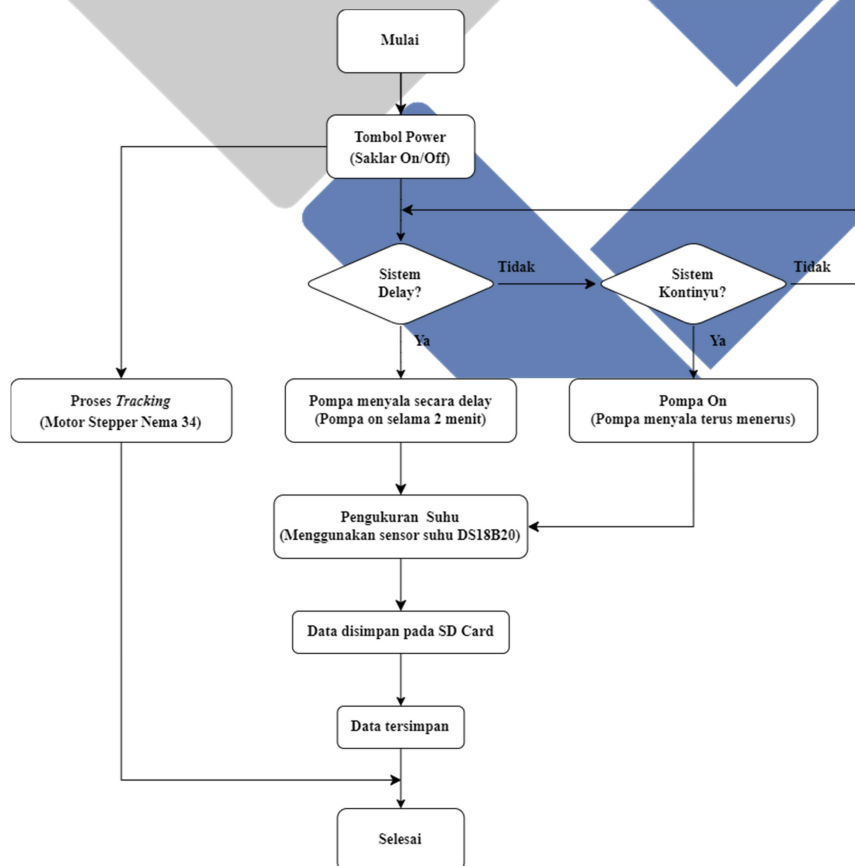
BAB III

METODE PENELITIAN

Proyek akhir yang akan dibuat ini berjudul “*Single Axis Solar Water Parabolic* Menggunakan Kolektor Berbentuk Spiral”. Pada proyek akhir ini menggunakan sistem atau metode delay dan kontinyu untuk pengoperasian dari alat yang akan dibuat.

3.1 Metode Kerja *Solar Water Heater*

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode delay dan kontinyu yang ditujukan untuk penyempurnaan pengambilan data pada setiap kondisi pemanasan yang ada dengan mempertimbangkan faktor tingkat intensitas pancaran cahaya matahari. Dapat dilihat pada blok diagram pada gambar 3.1 dibawah.



Gambar 3.1 Metode Kerja Alat

Berikut dapat lebih dipahami untuk metode kerja dari alat ini yaitu delay dan kontinyu. Baik dari segi fungsi-fungsi dan mekanisme kerjanya dijelaskan dibawah mengenai metode delay dan metode kontinyu.

3.1.1 Metode Delay

Pada metode ini, pengujian alat yang akan dilakukan akan dibuat menjadi beberapa bentuk yaitu delay dengan waktu 3 menit, 5 menit, dan 10 menit. Pada setiap percobaan metode delay yang dilakukan akan dipantau untuk nilai suhu air yang nantinya akan dipanaskan. Pengambilan data untuk setiap suhu yang terukur dengan sensor suhu DS18B20 akan ditampilkan pada LCD. 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. Pada pengujiannya, bukan hanya untuk pemanasan air pada pipa kolektor menggunakan reflektor parabolic saja melainkan dibandingkan juga dengan data yang didapatkan pada pengujain pemanasan air tanpa menggunakan reflektor parabolic yang tetap beracuan penuh terhadap proses atau metode yang diujikan. Untuk cara kerjanya, ketika sistem delay aktif maka pompa air DC akan aktif beberapa waktu sebelum akhirnya mati untuk melakukan proses delay baik itu dalam waktu 3,5 ataupun 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.

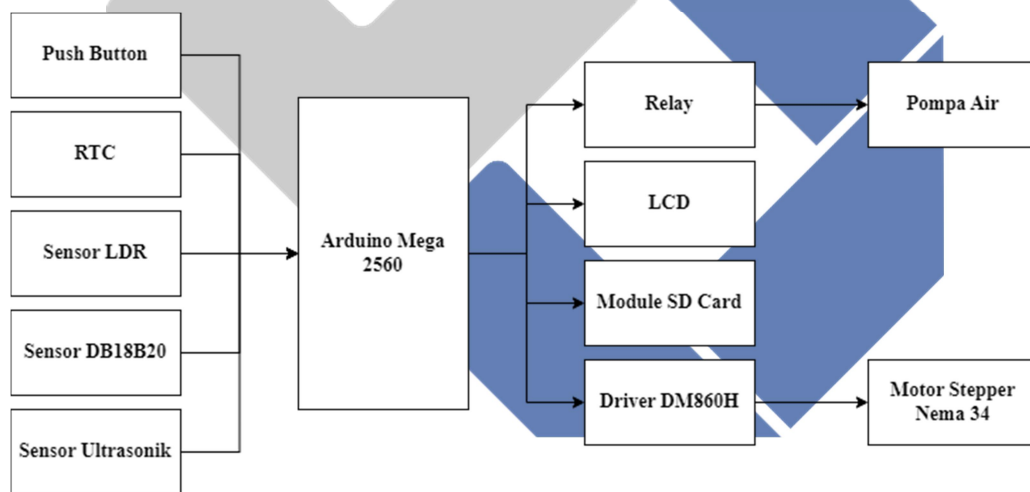
3.1.2 Metode Kontinyu

Pada metode kontinyu, 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. Pemanasan yang dilakukan akan terjadi secara terus menerus dengan pengamatan berupa suhu air yang dideteksi oleh sensor suhu

DS18B20 yang akan ditampilkan pada LCD. Pengujian yang dilakukan akan dilakukan berurutan kali untuk dapat mengetahui waktu pemanasan yang maksimal untuk proses pemanasan dengan metode ini. Sama dengan metode delay, pada akhir pengujian semua data yang didapat dari pemanasan dengan metode kontinu akan dibandingkan antara pemanasan menggunakan reflektor dengan yang tidak menggunakan reflektor.

3.2 Blok Diagram Kerja Alat

Untuk menunjang kesempurnaan kerja sistem, rangkaian elektrik yang telah dibuat sebelumnya difungsikan untuk beberapa fungsi baik itu dari segi *tracking*, pengukuran suhu, yang pada akhirnya semua data tersebut akan tersimpan pada *micro SD*. Berikut adalah gambar diagram blok pengoperasian alat seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.2.

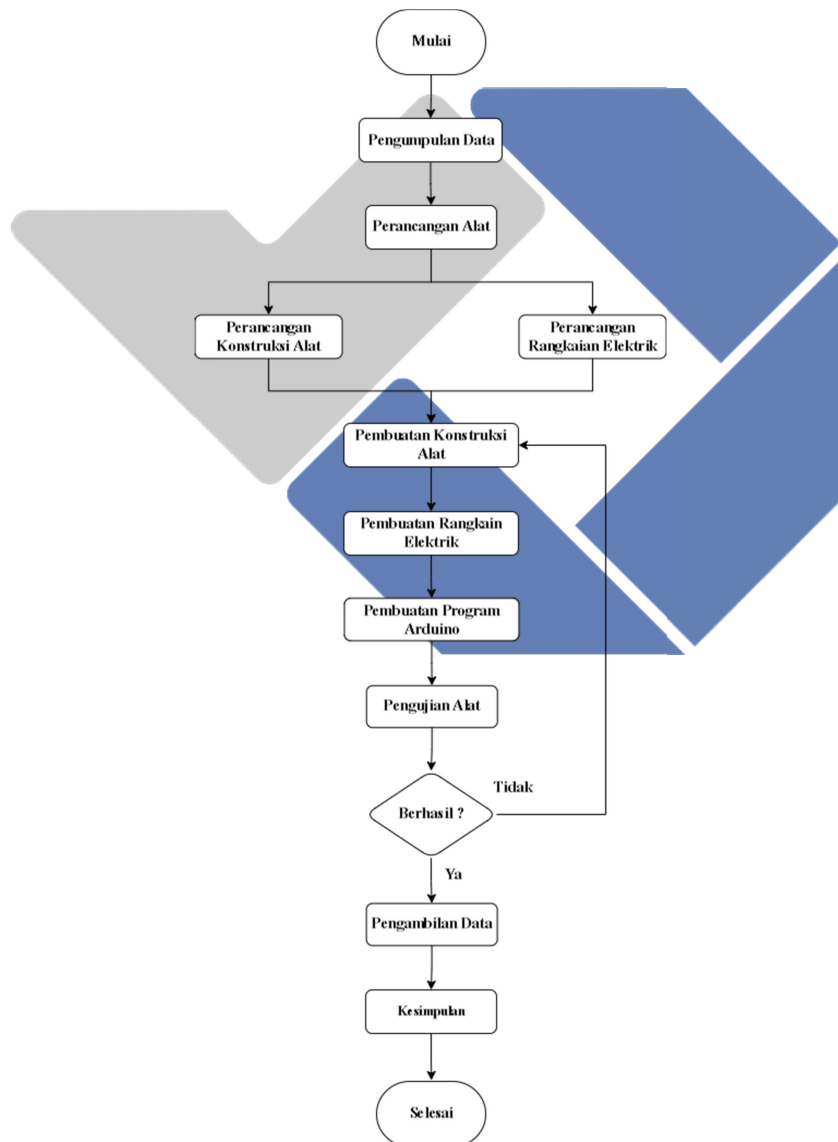


Gambar 3.2 Diagram Blok Kerja Alat

Dapat dilihat pada blok diagram diatas, untuk pengoperasian dari alat ini sendiri memiliki beberapa *input*, yaitu *push button* yang digunakan untuk menentukan metode kerja mana yang akan digunakan (delay atau kontinu) dengan *output* men-trigger relay untuk kemudian dapat mengaktifkan pompa air, RTC digunakan untuk menampilkan waktu secara real time pada LCD, sensor LDR dipergunakan untuk mendeteksi arah datangnya cahaya matahari dengan *output* ke driver DM860 untuk selanjutnya menggerakkan motor stepper Nema

34, sensor suhu DS18B20 sebagai pengukur suhu untuk air(tangki awal, pipa kolektor, tangki akhir) yang kemudian nilai yang terukur ditampilkan pada LCD sebagai *output*-nya, dan yang terakhir yaitu sesor ultrasonic yang berfungsi untuk mengukur air yang ada di tangki. Dari data yang telah didapat, kemudian data tersebut akan tersimpan didalam *micro SD*.

Dalam pembuatannya memiliki beberapa tahap ataupun proses yang ditampilkan menggunakan *flowchart* agar dalam pengerjaannya dapat lebih terstruktur dan memiliki capaian yang jelas dari setiap langkah-langkahnya. Gambar 3.3 menunjukkan susunan *flowchart* proses pengerjaan alatnya.



Gambar 3.3 Flowchart Pengerjaan Alat

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan bertujuan agar dalam proses pembuatan dari proyek akhir ini dapat lebih terperinci dengan adanya dasar-dasar teori yang menunjang dari keberhasilan baik dari segi konstruksi maupun operasinya. Untuk pengumpulan datanya sendiri yaitu melalui proses bimbingan atau konsultasi dengan dosen pembimbing perihal proyek yang akan dibuat baik itu dari segi rancangan konstruksi dan juga yang paling utama adalah cara kerja dari proyek yang akan dikerjakan. Bukan hanya itu, beberapa informasi juga didapat melalui *searching* melalui *website-website* dan juga melalui jurnal-jurnal. Dari semua data dan informasi yang didapat disatukan agar menjadi satu konsep utuh untuk dapat menjadi acuan dalam pembuatan proyek akhir ini.

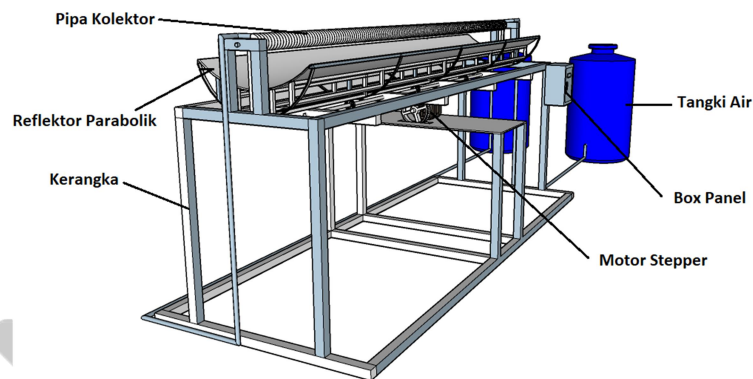
3.4 Perancangan Konstruksi Alat

Setelah melakukan pengumpulan data, dilanjutkan dengan proses perancangan alat. Perancangan alat ini dilakukan agar pada proses pembuatan proyeknya dapat lebih terstruktur dan efisien, baik dari segi konstruksi alat yang baik dan kokoh tentunya serta pembuatan rangkaian elektrik guna melakukan pengambilan data nantinya. Dari data dan juga informasi sebelumnya dapat dipertimbangkan juga untuk desain konstruksi alat sehingga sesuai dengan kebutuhan dan beban yang ada sehingga konstruksi yang terbentuk nantinya dapat digunakan dengan baik. Begitu juga untuk desain rangkaian elektriknya, setelah didapatkan banyak datanya dibuatlah rangkaian elektrik yang sesuai dengan tuntutan dan cara kerja sehingga memudahkan nantinya dalam pengambilan data.

Untuk konstruksi kerangkanya berukuran 210 cm x 80 cm x 100cm agar lebih memudahkan dalam penopangan. Lalu untuk reflector dibentuk menyerupai *parabolic* dengan tujuan agar pemanasan akibat pantulan cahaya matahari dapat dipantulkan ke satu titik sehingga pemanasannya pun dapat lebih maksimal. Reflector *parabolic* ini memiliki ukuran diameter 60 cm dengan kedalaman 9 cm dengan titik temu cahaya matahari 25 cm dan panjang 200 cm. Pipa kolektornya sendiri menggunakan pipa tembaga yang dibuat spiral sehingga dapat lebih mengoptimalkan banyaknya air air yang dipanaskan yang berdampak pada

semakin cepatnya waktu pemanasan yang dibutuhkan untuk memanaskan sejumlah banyak air. Pompa air DC digunakan untuk mengalirkan air agar dapat dipanaskan di pipa kolektor nantinya.

Pada proses pendesainan alat ini menggunakan *software SketchUp* karena lebih mudah dipelajari. Berikut desain dari alat yang sudah dibuat sesuai dengan pertimbangan dan informasi yang menunjangnya. Desainya dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Desain konstruksi proyek akhir.

3.5 Konstruksi Solar Water Heater dengan Reflektor Parabolic

Pembuatan konstruksi dari alat ini dilakukan secara bertahap mulai dari penyangga sampai puncak pemasangan reflektornya. Berikut hasil pembuatan konstruksinya seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Konstruksi *Single Axis Solar Water Heater Parabolic* Menggunakan Kolektor Model *Spiral*

Untuk proses ataupun tahap-tahap dalam membuat alat ini agar dapat sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya.

1. Pembuatan Kerangka *Single Axis Solar Water Heater Parabolic* Menggunakan Kolektor Model *Spiral*.

Dalam pengerjaan alat ini, tahap pertama yang harus dilakukan adalah dengan membuat kerangka atau dudukan atau bisa juga disebut pondasi untuk menyangga semua bagian-bagian pendukung untuk dapat menyelesaikan konstruksi alatnya. Untuk kerangkanya sendiri berukuran 210 cm x 80 cm x 100cm. Pembuatan ukuran konstruksi menyesuaikan pada bentuk reflektor *parabolic*-nya. Bahan yang digunakan untuk membuat kerangka ini adalah hollow aluminium dengan ukuran 4 cm x 2,5 cm dengan penyambung siku menggunakan spigot dan pengikat menggunakan paku *rivet*. Untuk kerangka jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kerangka *Single Axis Solar Water Heater Parabolic* Menggunakan Kolektor Berbentuk *Spiral*

2. Pembuatan Pipa Kolektor *Spiral*

Pipa kolektor disini berfungsi untuk sebagai jalur mengalirnya air sekaligus media perpindahan kalor/ panas dari matahari. Pipa kolektor yang digunakan yaitu berbahan pipa tembaga karena tembaga merupakan suatu logam yang sangat baik dalam hal menghantarkan panas. Menurut penelitian yang dilakukan Irnin Agustina Dwi Astuti(2015) tembaga memiliki koefisien konduktivitas

sebesar $346 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ lebih tinggi dari kuningan dengan koefisien konduktivitas $120 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ dan besi dengan koefisien konduktivitas sebesar $80 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ [30]. Untuk panjang keseluruhan pipa yang sebelum digulung membentuk spiral yaitu, 300m pipa tembaga diameter 1/2 inch dan 600m pipa tembaga diameter 1/4 inch. Dari semua gabungan pipa tembaga tersebut akan dihitung volume air yang dapat masuk ke pipa tembaga menggunakan rumus:

Jika diketahui adalah jari-jarinya maka dapat menggunakan rumus berikut:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots \dots \dots (4)$$

Ataupun bisa juga dengan rumus berikut $V = \pi \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot d\right)^2 \cdot t$, jika yang diketahui adalah diameternya.

Keterangan : $V =$ Volume tabung (dm^3 atau L),

$\pi =$ phi ($\frac{22}{7}$ atau 3,14),

$r =$ Jari-jari lingkaran tabung (dm),

$d =$ Diameter lingkaran tabung (dm),

$t =$ Tinggi tabung (dm) [31].

Dapat dilihat bentuk pipa tembaga kolektor yang sudah dibentuk menjadi spiral seperti pada gambar 3.7 berikut

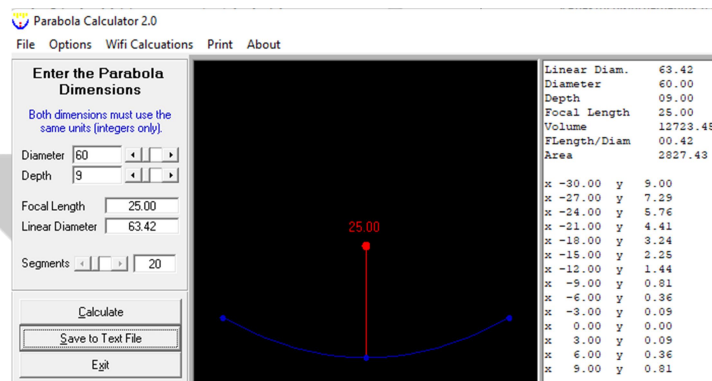


Gambar 3.7 Pipa Tembaga Kolektor

3. Pembuatan Reflektor Parabolic sebagai Pemfokus Cahaya

Reflektor disini berbentuk parabolik yang mana menghususkan fungsi dari refleksi mataharinya dapat bertemu pada satu titik pemanasan. Ukuran dari

reflektornya sendiri memiliki diameter sebesar 60 cm, kedalaman 9 cm, dengan titik temu refleksi cahaya pada ketinggian 25 cm. Untuk pemasangan pipa kolektornya berada pada titik temu refleksi cahaya yang disangga dengan as. Pada proses *tracking*-nya reflektor diberi kerangka yang pada dasarnya itu hanya untuk membuat reflektor dapat menjadi bentuk setengah lingkaran agar perputaran motor saat *tracking* nantinya tidak merusak parabolic. Dalam perancangan untuk reflektor paraboliknya terkhusus untuk melihat tingkat kelengkungan dari sisi pemantul cahaya parabolic, digunakan *software Parabola Calculator*. Berikut desain lengkungan parabola beserta titik focus cahayanya. Bentuk lengkungan dari pembentukannya dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Bentuk Lengkungan Reflektor Parabolik

Setelah didapat bentuk lengkungan paraboliknya, kemudian konstruksi parabolik dibuat dengan tambahan panjang 200cm. Untuk bahan yang digunakan yaitu plat strip sebagai frame pembentuk lengkungan yang kemudian disangga dengan hollow aluminium sebagai tulang untuk menjaga kestabilan tingkat lengkungan reflektor parabolik dan untuk lengkungan reflektor paraboliknya menggunakan plat aluminium. Setelah konstruksi reflektor dibuat, kemudian pemasangan foil aluminium sebagai reflektor cahanya yang dipasangkan pada plat aluminium. Berikut konstruksi reflektro yang telah dibuat. Berikut konstruksi reflektor pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Bentuk konstruksi reflektor parabolik

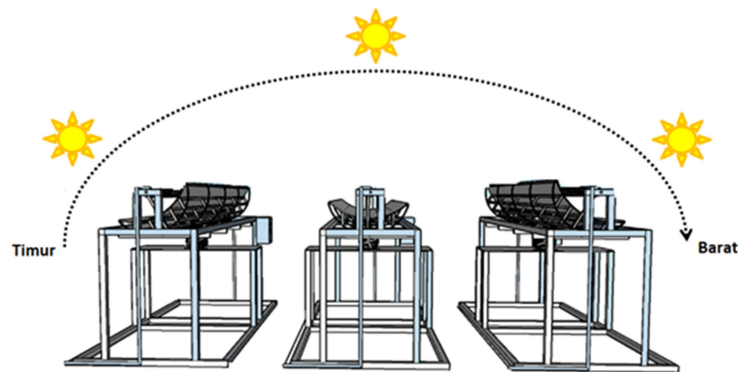
Untuk pemasangannya dapat dilihat pada gambar berikut untuk mengetahui posisi pemanasan sekaligus memastikan pemantulan cahayannya benar-benar sesuai dengan perhitungan yang ada. Berikut pemasangan reflektor parabolik pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Pemasangan reflektor parabolik

4. Pemasangan *Solar Tracker*

Pada alat ini digunakan fungsi *tracking* yang mana agar penyerapan terhadap pancaran cahaya matahari dapat lebih maksimal sehingga meningkatkan efisiensi pemanasan yang terjadi. Untuk dapat melakukan *tracking*, reflektor dibuat seperti menggantung pada as menggunakan *bearing* yang mana as tersebut juga sebagai tempat pipa kolektor terpasang. Dengan posisinya yang menggantung, proses *tracker*-nya reflektor parabolic yang digerakkan dengan motor stepper untuk dapat mengikuti arah gerak dari datangnya pancaran sinar matahari. Berikut dapat dilihat gambar proses *tracking* dari awal mulai sisi timur ke sisi barat serta pemasangan reflektor untuk *tracker* pada kerangka.



Gambar 3.11 Proses *Tracking*



Gambar 3.12 Pemasangan *Bearing* pada Reflektor Parabolik

5. Pemasangan Sensor LDR

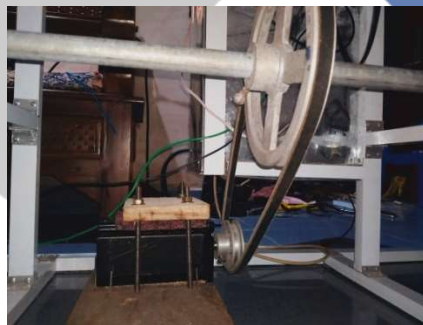
Penggunaan sensor LDR disini difungsikan untuk menangkap pancaran sinar matahari sehingga sinar yang datang dapat tegak lurus dengan reflektor *parabolic*-nya. Pemasangan sensor ini berada di frame reflektor sehingga ketika reflektor bergerak, sensor dapat langsung mendeteksi nilai dari cahaya yang datang selanjutnya dijadikan acuan arah dari sinar yang datang menuju reflektor. Semakin banyak intensitas cahaya yang ditangkap maka semakin akurat pula pemantulan cahayanya. Pada alat digunakan sebanyak 4 buah sensor LDR untuk dapat memastikan cahaya yang ditangkap dapat lebih akurat. Pada gambar 3.13 Ditampilkan tempat pemasangan sensor LDR tersebut.



Gambar 3.13 Pemasangan 4 buah Sensor LDR

6. Pemasangan Motor Stepper

Motor stepper ini berfungsi sebagai penggerak agar reflektor *parabolic* dapat melakukan *tracking*. Pemasangan motor ini digabungkan dengan *gear box* untuk dapat memudahkan reflektornya digerakan sesuai dengan arah sinar matahari yang datang. Untuk kepastian dari arah sinar matahari yang datang dibantu oleh sensor LDR seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Dapat dilihat pemasangan motornya pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Pemasangan Motor Stepper

7. Pemasangan Pompa Air

Untuk pengaliran air, disini digunakan pompa air DC yang mana aliran air atau debitnya nanti bisa diatur menggunakan potensiometer. Pompa air ini difungsikan untuk mengalirkan air untuk menjalankan 2 sistem, yang pertama sistem *continue* yang mana air akan mengalir secara terus-menerus dari tangki air sebelum pemanasan lalu ke pipa kolektor dan berakhir di tangki air setelah pemanasan dengan catatan aliran air dapat dikontrol kecepatannya. Lalu untuk sistem yang kedua yaitu sistem *delay* yang mana pompa akan bekerja seperti biasa hanya saja saat air sudah memenuhi pipa kolektor, pompa akan mati sesaat lalu

pompa akan aktif lagi untuk mengisi pipa kolektor dengan kapasitas air selanjutnya untuk dipanaskan. Dapat dilihat pemasangan pompa air pada gambar 3.15



Gambar 3.15 Pemasangan Pompa Air

8. Pemasangan Sensor Suhu DS18B20

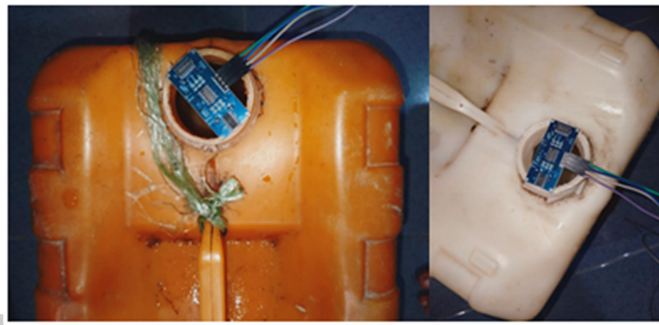
Sensor suhu DS18B20 ini difungsikan untuk mengukur suhu dari air. Untuk penggunaannya, digunakan 3 sensor suhu yang mana sensor suhu yang pertama diletakkan ditangki air yang belum dipanaskan, sensor suhu yang kedua diletakkan pada reflektor untuk melihat peningkatan panas yang terjadi, dan lalu sensor yang ketiga diletakkan di dalam tangki air setelah pemanasan untuk melihat hasil akhir dari pemanasan oleh reflektor sebelumnya. Dari sensor suhu ini juga diamati factor-faktor yang menyebabkan kenaikan suhu air dan juga penurunan suhu yang terjadi nantinya. Untuk peletakkan sensornya dapat dilihat seperti pada gambar berikut 3.16



Gambar 3.16 Pemasangan Sensor Suhu DS18B20

9. Pemasangan Sensor Ultrasonik

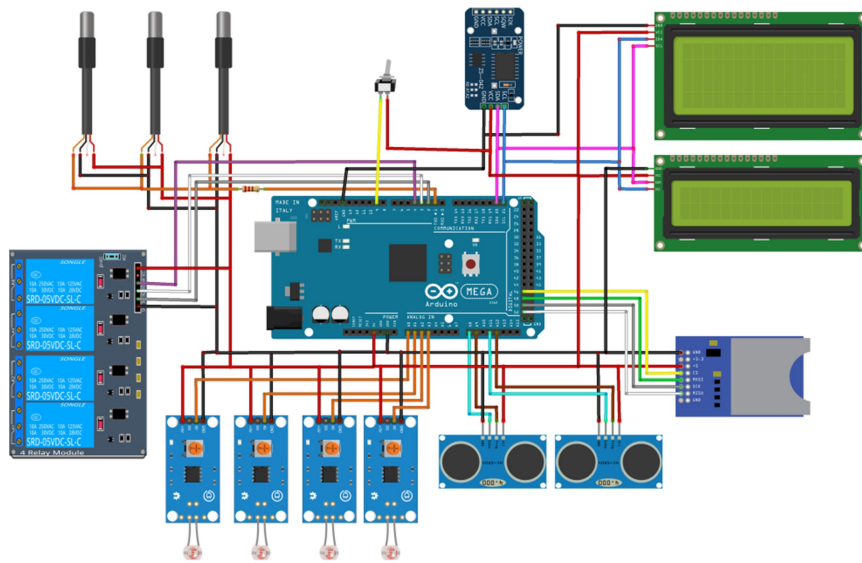
Sensor ultrasonik disini berguna untuk memperhitungkan volume air pada tangki sehingga pada saat proses pemanasan dapat diketahui volume air yang masuk ke dalam pipa kolektor nantinya. Pada alat digunakan 2 buah sensor ultrasonik dengan tujuan meninjau banyaknya kapasitas air yang akan dipanaskan dengan setelah dipanaskan. Untuk peletakkannya sendiri, diletakkan diatas tangki air yang dapat dilihat seperti gambar 3.17



Gambar 3.17 Pemasangan Sensor Ultrasonik

3.6 Pembuatan Rancangan Rangkaian Elektrik

Setelah konstruksi selesai baik itu dari kerangka ataupun komponen-komponen mekanik lainnya, dilanjutkan dengan pembuatan rangkaian elektrik guna menjalankan fungsi dari alatnya yaitu *tracking*. Untuk pembuatan rangkaian elektrik ini menggunakan proses *assembly* untuk setiap sensor ataupun komponen elektronik lainnya yang akan diletakkan pada panel box. Adapun beberapa komponen elektronik lainnya yang tidak dimasukkan kedalam panel box yaitu sensor ldr yang berfungsi untuk mencari arah cahaya yang datang menuju reflector, sensor suhu DS18B20 pada pipa kolektor dan tangki setelah pemanasan, serta sensor ultrasonik pada tangki air sebelum pemanasan untuk mengukur volume air yang akan dipanaskan. Disini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai control untuk mengendalikan system kerja dari semua komponen elektrik. Pada proses pendesainan rangkaian elektrik menggunakan *software Fritzing*. Untuk rangkaiannya sendiri bisa dilihat pada gambar 3.18 berikut .

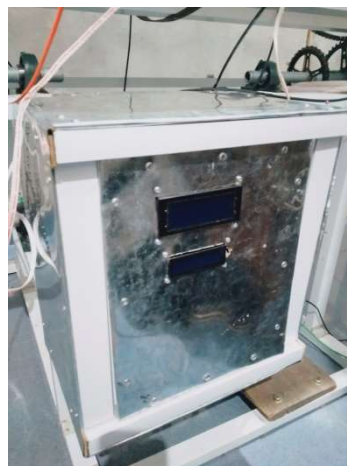


fritzing

Gambar 3.18 Rangkaian Elektrik

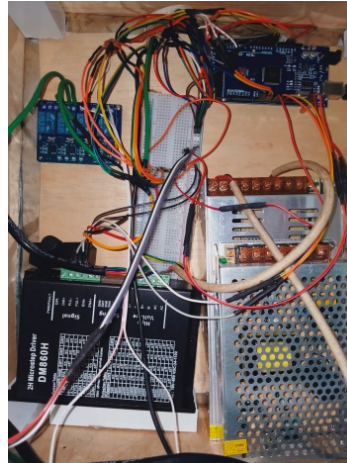
3.6.1 Perangkaian Rangkaian Elektrik

Pada tahap kali ini yaitu merangkai hardware dari rancangan rangkaian listrik yang sudah dibuat sebelumnya dan nantinya akan disimpan didalam *box panel*. Namun tidak semua komponen diletakkan di dalam *box panel*, ada beberapa komponen elektronik juga yang diletakkan diluar. Sebelum merangkai komponen elektriknya, haruslah dipasangkan *box panel* terlebih dahulu agar rangkaian elektrik yang telah dibuat dapat terjaga dengan aman dan lebih terlindungi. Berikut pemasangan *box panel* pada kerangka alat *solar water heater*.



Gambar 3.19 Pemasangan *Box Panel*

Setelah pemasangan *box panel*, berikut bentuk *design* rangkaian listrik yang telah dirangkai didalam *box panel*-nya.



Gambar 3.20 Rangkaian Elektrik pada *Box Panel*

3.7 Pembuatan Program Arduino

Dari rangkaian elektrik yang telah dibuat, dilanjutkan dengan pembuatan program ataupun perintah yang akan dijalankan oleh Arduino Mega 2560 sebagai *base board* untuk rangkaian kontrolnya. Pada proses pemrograman digunakan *software* Arduino IDE. Program control yang dibuat akan menjalankan alat sesuai cara kerjanya. Program untuk motor stepper dibuat agar reflector *parabolic* dapat bergerak ataupun *tracking* mengikuti arah datangnya cahaya matahari yang didapatkan melalui sensor LDR. Dengan demikian, sinar yang datang dapat selalu tegak lurus menuju reflektor sehingga pada proses pemantulan sinarnya dapat mengenai pipa kolektor. Kemudian untuk program sensor suhu DS18B20 untuk melihat kenaikan suhu air pada pipa kolektor dari hasil pemanasan yang terjadi dan juga suhu diukur pada tangki air setelah pemanasan untuk melihat perbedaan suhu yang ada pada sebelum pemanasan dan setelah pemanasan. Untuk pembacaan suhu akan ditampilkan pada LCD guna mempermudah dalam proses pengamatan, uji coba, dan pengambilan datanya. Semua data yang didapat dari proses ini akan disimpan di SD Card sesuai waktu dunia nyata yang sudah diatur melalui RTC dari jam, menit, dan detik. Setelah seluruh program dibuat

selanjutnya tahap uji coba untuk melihat adakah kesalahan dalam proses yang membuat alat tidak bekerja sesuai dengan fungsinya.

3.8 Pengujian Alat

Pada pengujian alat, dilakukan untuk setiap komponen elektrik dan juga mekanik agar setiap bagian dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Proses *tracking* yang dilajalakan haruslah sesuai baik dari segi waktu dan keakuratan dari penangkapan cahayanya seakurat mungkin. Dari awal program di-*upload* ke *board* Arduino Mega 2560 sebagai rangkaian control untuk menjalankan pompa air, pembacaan sensor-sensor yang digunakan, dan juga proses *tracking* yang haruslah sesuai dengan arah datangnya sinar matahari. Dari pengujian yang dilakukan maka dapat dilihat kelayakan alatnya. Jika pada proses pengujian terjadi kesalahan cara kerja untuk setiap komponennya, maka akan dilakukan peninjauan kembali yang selanjutnya perbaikan agar fungsi dari alat yang dibuat dapat berjalan semestinya. Namun jika dari pengujian sudah didapatkan cara kerja sesuai yang diinginkan maka akan lanjut pada proses pengambilan data.

3.9 Pengambilan Data

Pada proses pengambilan data dilakukan secara *real time* untuk mendapatkan panas matahari. Data yang diambil berupa suhu dari sensor DS18B20 yang mana air akan dipanaskan secara berkala dari awal sebelum pemanasan lalu masuk ke pipa kolektor untuk pemanasan dan berakhir di tangki penyimpanan air panas. Pengoptimalan yang dilakukan dalam kondisi cuaca yang sedang panas terik tanpa mendung sehingga arah sinar matahari dan besarnya nilai pancaran sinar matahari bisa maksimal. Pengambilan datanya dilakukan dari pukul 09.00 WIB hingga 15.00 WIB. Untuk keakuratan dari pembacaan suhu yang didapat dari sensor DS18B20 akan dibandingkan dengan *thermometer*. Jika nilai suhu yang didapat dari sensor DS18B20 sama atau bahkan mendekati dari nilai suhu yang didapat *thermometer* maka data yang didapat bisa dikatakan valid karena sesuai dengan pembacaan *thermometer*-nya. Sebaliknya jika perbedaan suhunya terlalu jauh, maka harus lah ada peninjauan kembali ke alat karena bisa

jadi sensor suhu DS18B20 harus dikalibrasi ulang untuk bisa mendapatkan nilai yang ideal. Dalam kurun waktu 6 jam yang sudah bisa dijalankan menggunakan sitem *tracking* dilakukan pengujian sekaligus pengambilan data untul setiap metode baik kontinyu ataupun metode delay dengan waktu 3, 5, dan 10 menit.

3.10 Analisa

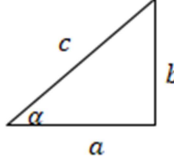
Pada tahap terakhir ini akan dilakukan analisa untuk setiap data yang telah diambil baik itu dari efektifitas pemanasan dengan metode delay maupun kontinyu. Perbandingan lain juga dilakukan dengan membandingkan tingkat efisiensi pemanasan air pada sistem yang menggunakan reflektor parabolic maupun yang tanpa menggunakan reflektor parabolic. Dari hasil yang telah didapatkan ini akan dijadikan acuan untuk mengambil kesimpulan dari kerja seluruh sistem pemanasan dari alat “*Single Axis Solar Water Heater Parabolic Menggunakan Pipa Kolektor Berbentuk Spiral*” ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas tentang proses pembuatan alat proyek akhir yang berjudul “*Single Axis Solar Water Heater Parabolic Menggunakan Kolektor Berbentuk Spiral*” beserta pengujiannya.

4.1 Pengujian Pemantulan Cahaya Reflektor Parabolik

Pada proses pengukuran sudut pada reflektor parabolic, dengan titik 0° pada pukul 09.00. pada titik ini sebagai patokan awal untuk reflektor dapat melakukan *tracking*. Untuk dapat mengetahui sudut dari pencahayaan matahari yang akan datang, dibuat simulasi untuk dapat mengetahui besaran sudut dari pergerakan matahari. Digunakan rumus *pythagoras* berikut.


$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$
$$\sin \alpha = \frac{b}{c}$$

Gambar 4.1 Rumus *Pythagoras*

Dari pengujian yang dilakukan menggunakan pulpen dengan panjang 15 cm, berikut perhitungan untuk sudut datang arah cahaya matahari.

- Panjang bayangan 24 cm ke arah barat

$$c = \sqrt{15^2 + 24^2} = 28,3 \text{ cm}, \text{ sehingga sudut } \alpha = \arcsin\left(\frac{15}{28,3}\right) = 32^\circ$$

- Panjang bayangan 9 cm ke arah barat

$$c = \sqrt{15^2 + 9^2} = 17,5 \text{ cm}, \text{ sehingga sudut } \alpha = \arcsin\left(\frac{15}{17,5}\right) = 59^\circ$$

- Panjang bayangan 0 cm

$$c = \sqrt{15^2 + 0} = 15 \text{ cm}, \text{ sehingga sudut } \alpha = \arcsin\left(\frac{15}{15}\right) = 90^\circ$$

- Panjang bayangan 9 cm kearah timur

$$c = \sqrt{15^2 + 9^2} = 17,5 \text{ cm} , \text{ sehingga sudut } \alpha = \text{arcSin} \left(\frac{15}{17,5} \right) = 59^\circ$$

Karena berada pada kuadaran II sehingga : $180^\circ - 59^\circ = 121^\circ$

- Panjang bayangan 24 cm kearah timur

$$c = \sqrt{15^2 + 24^2} = 28,3 \text{ cm} , \text{ sehingga sudut } \alpha = \text{arcSin} \left(\frac{15}{28,3} \right) = 32^\circ$$

Karena berada pada kuadaran II sehingga : $180^\circ - 32^\circ = 148^\circ$

Dari sudut perhitungan yang didapatkan, akan dibandingkan dengan besarnya sudut dari tiap waktu dalam pengujian alat sehingga didapatkan tingkat akurasi untuk mengoptimalkan pemantulan cahaya yang datang. Berikut pembacaan sudut dari arah pergerakan cahaya matahari yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai Perbandingan Sudut Pergerakan Matahari terhadap Sudut Pergeakan Reflektor

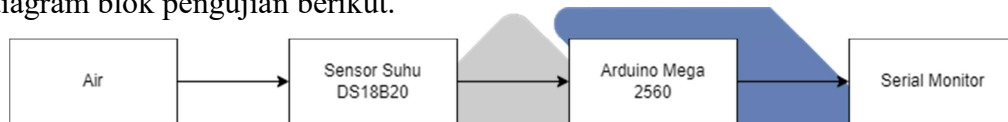
Waktu	Perhitungan sudut	
	Sudut Reflektor (/jam)	pergerakan matahari (per-hari)
10.00	30°	32°
11.00	60°	59°
12.00	90°	90°
13.00	120°	121°
14.00	150°	148°

4.2 Pengujian Komponen Elektrik

Proses pengujian komponen elektrik disini bertujuan untuk mendapatkan tingkat keakuratan dari setiap komponen elektrik. Keakuratan disini berpatokan pada nilai pembacaan dari sensor yang akan dibandingkan dengan alat ukur manualnya untuk mendapatkan nilai *error* sebagai acuan akurasi untuk komponen elektrik yang digunakan.

4.2.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20









Pengujian sensor suhu DS18B20 ini dilakukan untuk dapat mengetahui tingkat akurasi dalam membaca data berupa suhu air. Dalam mencari tingkat akurasi dari pembacaan sensor ini, data suhu yang didapatkan akan dibandingkan dengan *thermometer*. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor suhu DS18B20 ke Arduino Mega 2560 dengan pin yang digunakan yaitu VCC 5V, GND, dan pin 2. Untuk data pembacaan dari sensor suhu ini akan ditampilkan melalui serial monitor yang ada pada *software* Arduino IDE untuk memudahkan dalam pembacaannya. Untuk sensor suhu yang akan digunakan dan diujikan berjumlah 3 buah. Untuk proses pengambilan data dari sensornya menggunakan diagram blok pengujian berikut.



Gambar 4.2 Blok Diagram Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Dibawah ini adalah data yang didapatkan dari hasil pengujian pada tabel 4.2 berikut .

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Suhu Sensor (°C)	Suhu <i>Thermometer</i> (°C)
	
	
	
	



Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor Suhu DS18B20

No.	Sensor 1 (°C)	Sensor 2 (°C)	Sensor 3 (°C)	Thermometer (°C)	Error Sensor 1	Error Sensor 2	Error Sensor 3
1.	27,37	27	27,18	27,2	0,643%	0,735%	0,046%
2.	32,5	32	32,37	32	1,562%	0%	1,172%
3.	35	34,5	34,97	34,8	0,58%	0,862%	0,503%
4.	38,87	38,5	38,81	38,6	0,712%	0,259%	0,55%
5.	40,62	40	40,81	40,3	0,806%	0,744%	1,272%
6.	45,37	45	45,37	45,1	0,61%	0,222%	0,61%
7.	48,93	48,5	49	48,5	0,902%	0%	1,031%
8.	56,68	56	56,81	56,3	0,688%	0,533%	0,91%
9.	60,87	60	60	60,4	0,786%	0,662%	0,662%
10.	65,5	65	65,62	65,3	0,306%	0,459%	0,498%
Rata-rata persentase error					0,7595%	0,4476%	0,7254%

Dapat dilihat dari tabel hasil dari pengukuran sensor suhu yang dibandingkan dengan *thermometer*. Untuk nilai sensor selalu berubah-ubah, namun jika dilihat dari rata-rata persentase *error*-nya untuk sensor 1 sebesar 0,7595%, sensor 2 sebesar 0,4476%, dan sensor 3 sebesar 0,7254%. Nilai *error*-nya masih terhitung kecil Karen masih dibawah angka 1%. Berikut peletakan sensor suhu 1,2, dan 3 secara berurutan.



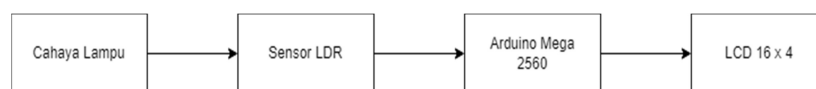
(a) (b) (c)

Gambar 4.3 Letak Sensor Suhu

- Keterangan : (a). Sensor 1(Tangki Penyimpanan Awal)
 (b). Sensor 2(Pipa Kolektor)
 (c). Sensor 3(Tangki Penyimpanan Akhir)

4.2.2 Pengujian Sensor LDR


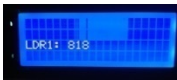
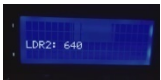
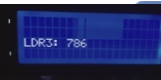
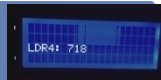

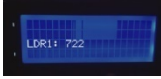
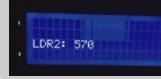
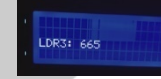

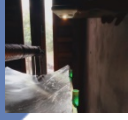
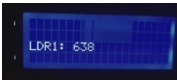
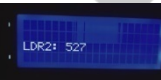
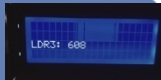
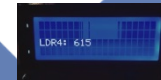

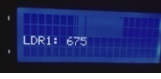
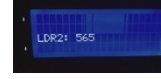
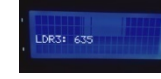


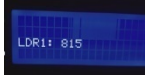

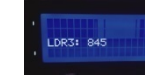

Pengujian sensor LDR disini dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari sensor LDR ini dalam mendeteksi cahaya yang datang. Nilai ADC yang didapatkan akan dibandingkan dengan nilai LDR yang lain terhadap sudut datang cahaya yang sama. Dari perbandingan yang telah didapatkan akan menjadi patokan untuk LDR dapat mendeteksi cahaya yang kemudian digunakan untuk *tracking* nantinya. Berikut skema pengujian sensor LDR ini pada gambar 4.3



Gambar 4.4 Skema Pengujian Sensor LDR.

Dari setiap sudut arah datang cahaya yang diberikan, di ukur untuk setiap ADC yang terbaca pada setiap LDR sebagai pembandingan untuk tiap-tiap LDR dalam mendeteksi arah datang cahaya. Ada 4 buah LDR yang akan diujikan, 2 disisi kanan reflektor dan 2 lagi disisi kiri reflektor. Berikut data hasil perbandingan antara nilai ADC yang terbaca dengan arah datang cahaya untuk setiap LDR.

Tabel 4.4 Data ADC LDR1 terhadap Sudut Datang Cahaya

Data AD				Sudut Datang
LDR1	LDR2	LDR3	LDR4	Cahaya
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° 
				

Dapat dilihat dari data diatas untuk bagaimana mencari data ADC untuk setiap sudut gerakan arah cahayanya yang disimulasikan menggunakan lampu senter dari *handphone* dengan sudut yang sudah diukur dengan menggunakan busur sebelumnya. Dari pengujian yang dilakukan didapatkanlah data tersebut

nilai ADC untuk setiap sudut pergerakan cahayanya. Dari tiap sensor yang telah diuji nilai ADC nya kemudian dibandingkan satu sama lain sehingga mendapatkan tingkat akurasi dari pembacaan arah datang cahaya.

4.2.3 Pengujian Pemenuhan Air Pipa Kolektor

Dari rumus tabung yang sudah dijelaskan sebelumnya, didapat volume air maksimal yang bisa ditampung pipa kolektor sebanyak 7,52 liter. Berikut hasil perhitungan dari volume pipa kolektornya menggunakan rumus tabung.

Berdasarkan rumus tabung yang sudah dijelaskan sebelumnya, untuk diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch sama dengan $0,13843dm$ dan untuk pipa tembaga $\frac{1}{4}$ inch sama dengan $0,08dm$ sehingga volumenya sebesar:

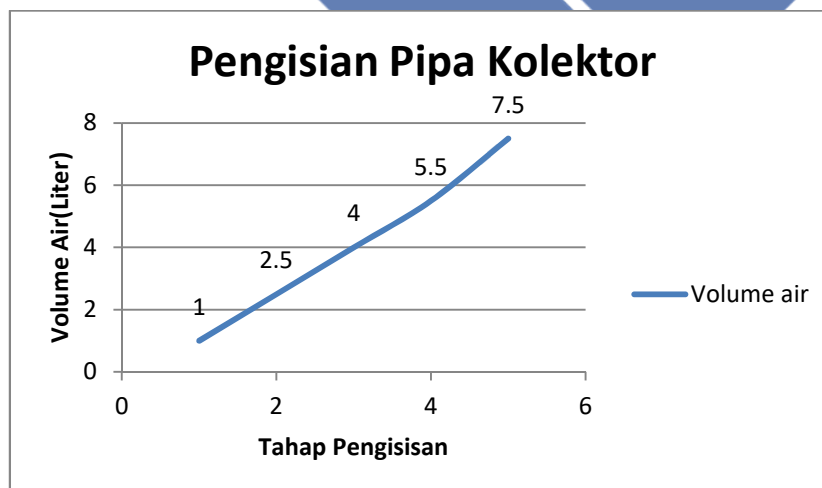
$$V_{1/2} = \frac{22}{7} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,13843\right)^2 \cdot 300$$

$$V_{1/2} = 4,52 \text{ dm}^3 = 4,52 \text{ L}$$

$$V_{1/4} = \frac{22}{7} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,08\right)^2 \cdot 600$$

$$V_{1/4} = 3 \text{ dm}^3 = 3 \text{ L}$$

Sehingga untuk $V_{total} = V_{1/2} + V_{1/4} = 7,52 \text{ L}$, dari total yang telah didapatkan dapat dilihat grafik pengisian dari pipa kolektor pada gambar 4.4 berikut




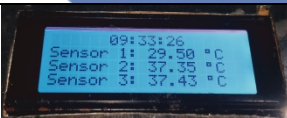



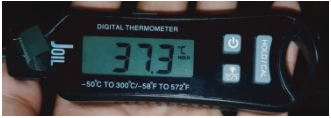






Gambar 4.5 Proses Pengisian Pipa Kolektor

4.3 Uji Coba Alat Menggunakan Reflektor Parabolik

4.3.1 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 3 Menit dengan Reflektor

Pada pengujian ini, sistem akan dijalankan keseluruhan dan diambil data berupa suhu air yang akan dipanaskan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang nilainya akan dibandingkan dengan *thermometer*. Proses pemanasan yang terjadi akan diberikan jeda 3 menit ketika air sudah memasuki pipa kolektor dan dengan waktu 3 menit tersebut air akan mulai dipanaskan. Setelah mengalami pemanasan selama 3 menit, maka pompa air akan menyala yang kemudian mendorong air sehingga air panas pada pipa kolektor terdorong menuju tangki akhir sedangkan pipa kolektor diisi kembali dengan air bersuhu normal yang akan mulai dipanaskan kembali selama 3 menit. Proses pemanasan akan terus berjalan hingga kapasitas air 20 liter pada tangki penyimpanan air awal habis. Untuk pengujian metode delay 3 menit ini dilakukan pada hari Selasa, 10 Januari 2023. Berikut tabel 4.5 dan 4.6 hasil pengujiannya.

Tabel 4.5 Pengujian Delay 3 Menit Menggunakan Reflektor

Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		

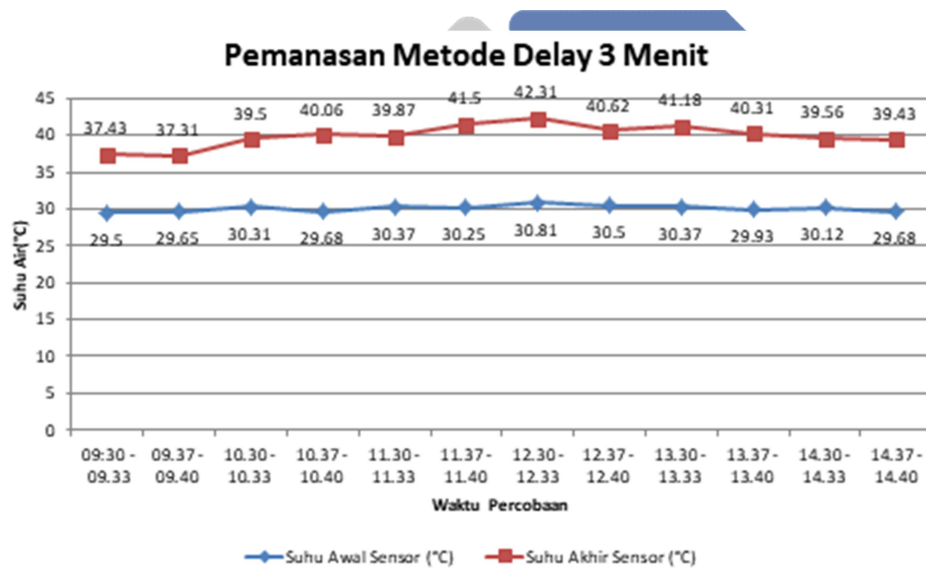


Tabel 4.6 Data Pengujian Delay 3 Menit Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:30 – 09:33	29.3	29.5	37.35	37.5	37.43
09:37 – 09:40	29.5	29.65	37.31	37.3	37.31
10:30 – 10:33	30.3	30.31	39.75	39.5	39.5
10:37 – 10:40	29.7	29.68	40.12	40.2	40.06
11:30 – 11:33	30.4	30.37	39.75	39.6	39.87
11:37 – 11:40	30.3	30.25	41.56	41.4	41.5
12:30 – 12:33	30.7	30.81	42.12	42.4	42.31

12:37 – 12:40	30.4	30.5	40.87	40.7	40.62
13:30 – 13:33	30.4	30.37	40.43	40.2	41.18
13:37 – 13:40	30	29.93	40.25	40.5	40.31
14:30 – 14:33	29.8	30.12	39.43	39.3	39.56
14:37 – 14:40	29.6	29.68	39.25	38	39.43

Untuk dapat melihat peningkatan dari suhu air akibat pemanasan yang terjadi, ditampilkan peningkatan suhu dalam bentuk grafik. Berikut penyajian data pemanasan dengan metode delay 3 menit tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.







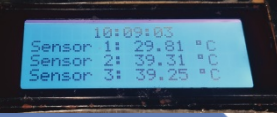





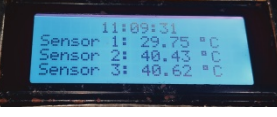





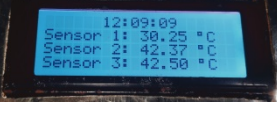




Gambar 4.6 Grafik Pemanasan dengan Delay 3 Menit Menggunakan Reflektor

Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:30 WIB hingga 14:40 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 42,31°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 12:30 WIB hingga 12:33 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 37,31°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 09:37 WIB hingga 09:40 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem delay selama 3 menit menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 32,62%.

4.3.2 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 5 Menit dengan Reflektor

Pada pengujian ini, sistem akan dijalankan keseluruhan dan diambil data berupa suhu air yang akan dipanaskan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang nilainya akan dibandingkan dengan *thermometer*. Proses pemanasan yang terjadi akan diberikan jeda 5 menit ketika air sudah memasuki pipa kolektor dan dengan waktu 5 menit tersebut air akan mulai dipanaskan. Untuk pengujian metode delay 5 menit ini dilakukan pada hari Selasa, 10 Januari 2023. Berikut tabel 4.7 dan 4.8 hasil dari pengujiannya.

Tabel 4.7 Pengujian Delay 5 Menit Menggunakan Reflektor

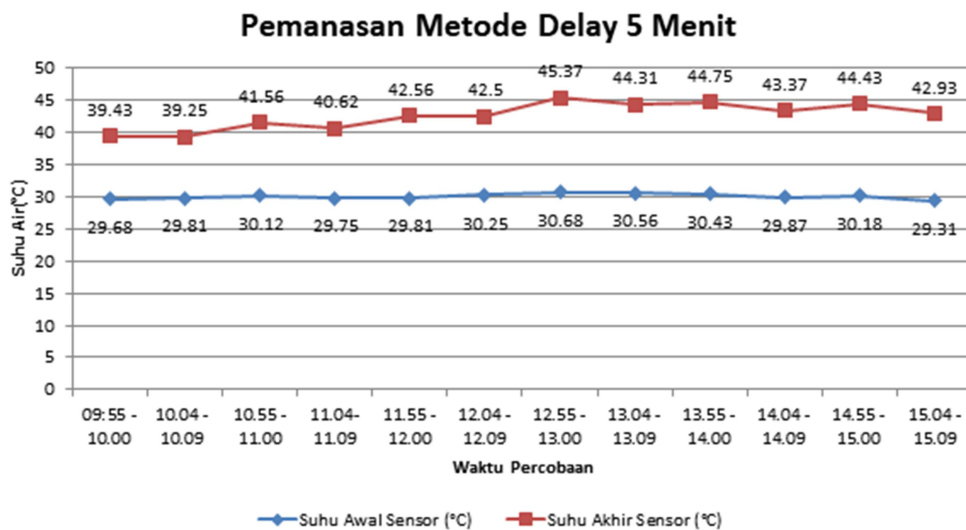
Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.8 Data Pengujian Delay 5 Menit Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:55 – 10:00	29.6	29.68	39.81	39.6	39.43
10:04 – 10:09	29.6	29.81	39.31	39.4	39.25
10:55 – 11:00	30.4	30.12	41.75	41.2	41.56
11:04 – 11:09	29.6	29.75	40.43	40.5	40.62
11:55 – 12:00	30.3	29.81	42.68	42.5	42.56
12:04 – 12:09	30.3	30.25	42.37	42.3	42.5
12:55 – 13:00	30.8	30.68	45.31	45.5	45.37
13:04 – 13:09	30.3	30.56	44.25	44.4	44.31
13:55 – 14:00	30.5	30.43	44.93	44.8	44.75
14:04 – 14:09	30.1	29.87	43.25	43.6	43.37
14:55 – 15:00	30.2	30.18	44.31	44.2	44.43
15.04 - 15.09	29.5	29.31	42.68	43	42.93

Dari data diatas didapatkan suhu air dari awal sampai setelah pemanasan dengan menggunakan waktu delay 5 menit. Peningkatan yang terjadi berdasarkan lamanya waktu pemanasan air pada pipa reflektor. Dapat diamati peningkatan suhu yang terjadi antara delay 5 menit dengan delay 3 menit sebelumnya. Pemanasan yang terjadi akan terus berlangsung hingga air pada tangki habis. Untuk dapat melihat lebih jelas dari peningkatan suhu air yang terjadi yang ditinjau dari suhu awal kek suhu akhir, berikut penyajian data pemanasan dengan metode delay 5 menit tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.






















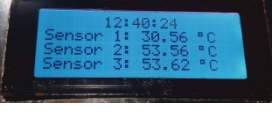

Gambar 4.7 Grafik Pemanasan dengan Delay 5 Menit Menggunakan Reflektor

Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:55 WIB hingga 15:09 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 45,37°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 12:55 WIB hingga 13:00 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 39,25°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 10:04 WIB hingga 10:09 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem delay selama 5 menit menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 41,76%.

4.3.3 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Delay 10 Menit dengan Reflektor

Pada pengujian ini, sistem akan dijalankan keseluruhan dan diambil data berupa suhu air yang akan dipanaskan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang nilainya akan dibandingkan dengan *thermometer*. Proses pemanasan yang terjadi akan diberikan jeda 10 menit ketika air sudah memasuki pipa kolektor dan dengan waktu 10 menit tersebut air akan mulai dipanaskan. Untuk pengujian metode delay 10 menit ini dilakukan pada hari Rabu, 11 Januari 2023. Berikut tabel 4.9 dan 4.10 dari hasil pengujiannya.

Tabel 4.9 Pengujian Delay 10 Menit Menggunakan Reflektor

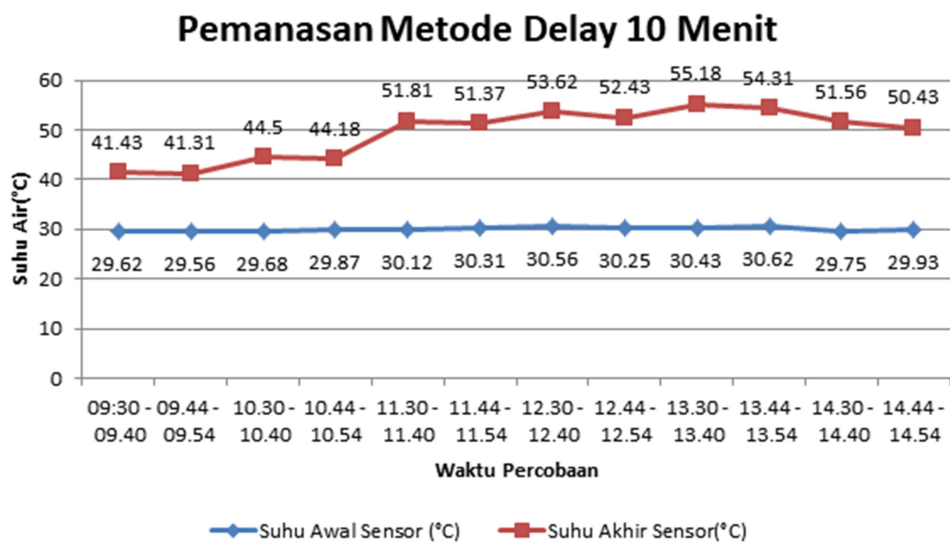
Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.10 Data Pengujian Delay 10 Menit Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:30 – 09:40	29.6	29.62	41.37	41.3	41.43
09:44 – 09:54	29.5	29.56	40.68	41	41.31
10:30 – 10:40	29.7	29.68	44.43	44.5	44.5
10:44 – 10:54	30.2	29.87	42.81	43.1	44.18
11:30 – 11:40	29.8	30.12	51.87	51.9	51.81
11:44 – 11:54	30.3	30.31	50.62	50.5	51.37
12:30 – 12:40	30.4	30.56	53.56	53.5	53.62
12:44 – 12:54	30.2	30.25	51.75	51.8	52.43
13:30 – 13:40	30.5	30.43	55.12	55	55.18
13:44 – 13:54	30.5	30.62	53.93	53.8	54.31
14:30 – 14:40	30.1	29.75	51.62	51.4	51.56
14:44 – 14:54	29.8	29.93	49.75	50.1	50.43

Dari data diatas didapatkan suhu air dari awal sampai setelah pemanasan dengan menggunakan wktu delay 10 menit. Peningkatan yang terjadi berdasarkan lamanya waktu pemanasan air pada pipa reflektor. Pada waktu delay ini akan dilihat pengaruh waktu pemanasan terhadap suhu air maksimal yang dapat dicapai. Untuk dapat melihat lebih jelas dari peningkatan sushu air yang terjadi yang ditinjau dari suhu awal kek suhu akhir, berikut penyajian data pemanasan dengan metode delay 10 menit tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.




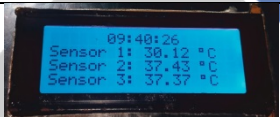


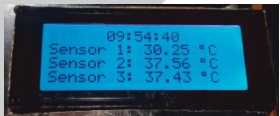














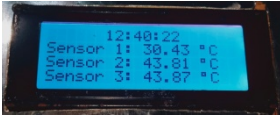

Gambar 4.8 Grafik Pemanasan dengan Delay 10 Menit Menggunakan Reflektor

Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:30 WIB hingga 14:54 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 55,18°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 13:30 WIB hingga 13:40 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 41,31°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 09:44 WIB hingga 09:54 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem delay selama 10 menit menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 63,85%.

4.3.4 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Kontinyu dnegan Reflektor

Pada pengujian metode kontinyu ini, sistem akan dijalankan seperti sebelumnya hanya saja untuk proses pemanasannya dilakukan secara terus menerus terhadap fluida bergerak. Dengan pertimbangan kapasitas pipa kolektor sebesar 7,52 liter, maka untuk menghabiskan air di dalam jerigen 20 liter adalah sebanyak 3 siklus. Untuk pengujian metode kontinyu ini dilakukan pada hari Kamis, 12 Januari 2023. Berikut tabel 4.11 dan 4.12 data hasil percobaan pemanasan air dengan metode kontinyu menggunakan reflektor parabolik.

Tabel 4.11 Pengujian Kontinyu Menggunakan Reflektor

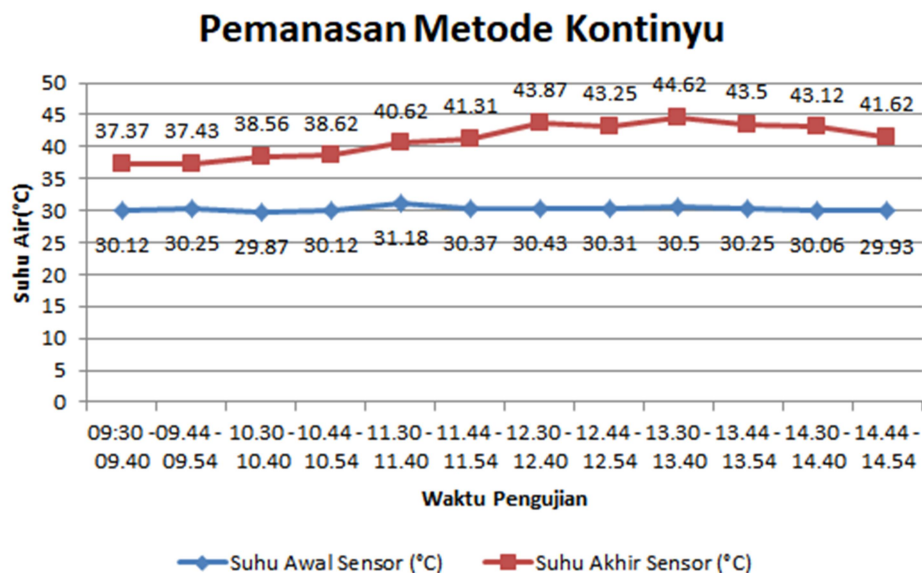
Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu(°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.12 Data Pengujian Kontinyu Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:30 – 09:40	29.8	30.12	37.43	37.3	37.37
09:44 – 09:54	30.1	30.25	37.56	37.5	37.43
10:30 – 10:40	29.7	29.87	38.62	38.5	38.56
10:44 – 10:54	29.8	30.12	38.75	38.6	38.62
11:30 – 11:40	30.3	31.18	40.68	40.7	40.62
11:44 – 11:54	30.2	30.37	41.06	40.9	41.31
12:30 – 12:40	30.5	30.43	43.81	43.9	43.87
12:44 – 12:54	30.5	30.31	43.37	43.4	43.25
13:30 – 13:40	30.4	30.5	44.62	44.5	44.62
13:44 – 13:54	30.3	30.25	43.43	43.3	43.5
14:30 – 14:40	29.8	30.06	43.25	43.3	43.12
14:44 – 14:54	29.7	29.93	41.56	41.6	41.62

Dari data diatas didapatkan suhu air dari awal sampai setelah pemanasan dengan menggunakan metode delay, dilanjutkan dengan pengujian dengan metode kontinyuproses pemanasan air akan hanya berjalan satu siklus dengan sistem *open loop* yang mana akan terus bekerja hingga air pada tangki penyimpanan awal yaitu 20 liter habis lalu dilanjutkan siklus baru lagi dengan mengisi air pada penyimpanan awal dengan air yang baru. Untuk dapat melihat lebih jelas dari peningkatan suhu air yang terjadi yang ditinjau dari suhu awal ke suhu akhir, berikut penyajian data pemanasan dengan metode kontinyu tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.



Gambar 4.9 Grafik Pemanasan dengan Metode Kontinyu Menggunakan Reflektor


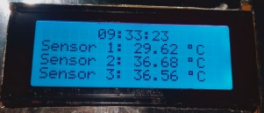





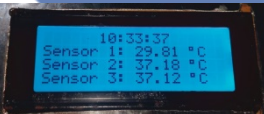


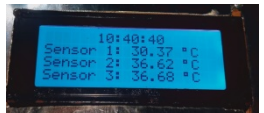





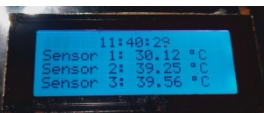




Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:30 WIB hingga 14:54 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 44,62°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 13:30 WIB hingga 13:40 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 37,37°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 09:30 WIB hingga 09:44 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem kontinyu menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 32,9%.

4.4 Uji Coba Alat Tanpa Menggunakan Reflektor Parabolik

4.4.1 Pengujian Pemanasan Air dengan Metode Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Pada pengujian ini, sistem akan dijalankan keseluruhan dan diambil data berupa suhu air yang akan dipanaskan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang nilainya akan dibandingkan dengan *thermometer*. Proses pemanasan yang terjadi akan diberikan jeda 3 menit ketika air sudah memasuki pipa kolektor dan dengan waktu 3 menit tersebut air akan mulai dipanaskan. Untuk pengujian metode delay 3 menit ini dilakukan pada hari Jum`at, 13 Januari 2023. Berikut tabel 4.13 dan 4.14 dari hasil pengujiannya.

Tabel 4.13 Data Pengujian Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

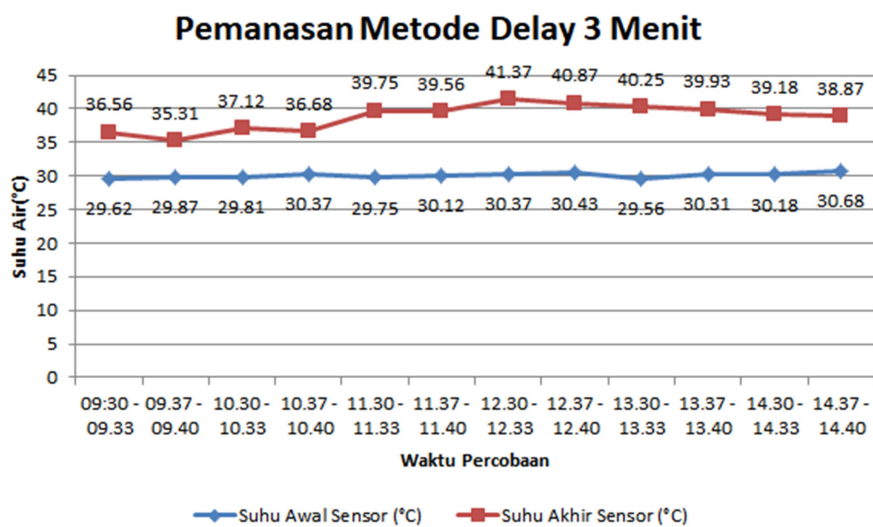
Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.14 Data Pengujian Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal Thermometer (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir Thermometer (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:30 – 09:33	29.4	29.62	36.68	36.7	36.56
09:37 – 09:40	29.7	29.87	35.43	35.4	35.31
10:30 – 10:33	29.6	29.81	37.18	37.2	37.12
10:37 – 10:40	30.1	30.37	36.62	36.8	36.68
11:30 – 11:33	29.5	29.75	39.56	39.3	39.75
11:37 – 11:40	29.8	30.12	39.25	39.2	39.56
12:30 – 12:33	30.3	30.37	41.31	41.3	41.37
12:37 – 12:40	30.2	30.43	40.68	40.5	40.87
13:30 – 13:33	29.8	29.56	40.18	40.1	40.25
13:37 – 13:40	30.5	30.31	39.43	39.3	39.93
14:30 – 14:33	30.4	30.18	39.25	39.1	39.18
14:37 – 14:40	30.6	30.68	38.56	38.6	38.87

Untuk dapat melihat peningkatan dari suhu air akibat pemanasan yang terjadi, ditampilkan peningkatan suhu dalam bentuk grafik. Dapat dilihat peningkatan panas yang terjadi, semakin waktu mendekati pukul 12.00 WIB maka suhu akan terus naik hingga matahari mulai tergelincir yang mengakibatkan mengurangnya tingkat pemanasan melalui cahaya matahari. Berikut penyajian data pemanasan dengan metode delay 3 menit tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.




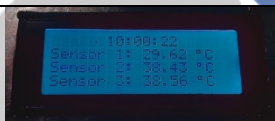
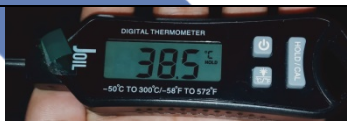




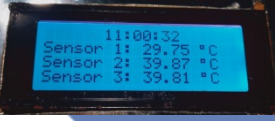


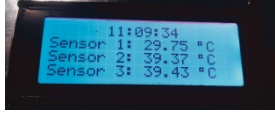








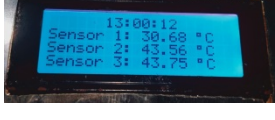

Gambar 4.10 Grafik Pemanasan dengan Delay 3 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:30 WIB hingga 14:40 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 41,37°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 12:30 WIB hingga 12:33 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 35,31°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 09:37 WIB hingga 09:40 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem delay selama 3 menit tanpa menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 28,9%.

4.4.2 Pengujian Pemanasan Air dengan Metode Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Pada pengujian ini, sistem akan dijalankan keseluruhan dan diambil data berupa suhu air yang akan dipanaskan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang nilainya akan dibandingkan dengan *thermometer*. Proses pemanasan yang terjadi akan diberikan jeda 5 menit ketika air sudah memasuki pipa kolektor dan dengan waktu 5 menit tersebut air akan mulai dipanaskan. Untuk pengujian metode delay 5 menit ini dilakukan pada hari Jum`at, 13 Januari 2023. Berikut tabel 4.15 dan 4.16 hasil pengamatannya.

Tabel 4.15 Data Pengujian Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

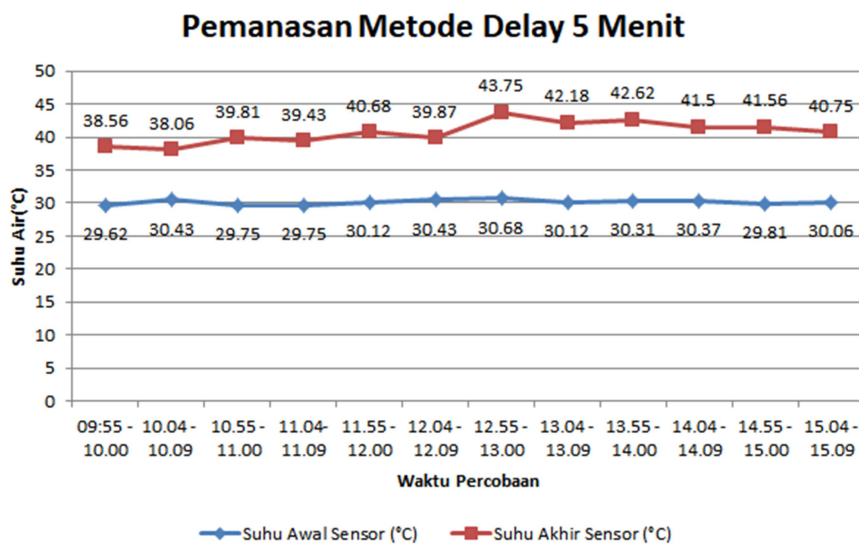
Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.16 Data Pengujian Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:55 – 10:00	29.6	29.62	38.43	38.5	38.56
10:04 – 10:09	30.2	30.43	38.12	38.2	38.06
10:55 – 11:00	29.8	29.75	39.87	39.9	39.81
11:04 – 11:09	29.7	29.75	39.37	39.5	39.43
11:55 – 12:00	30.3	30.12	40.62	40.7	40.68
12:04 – 12:09	30.4	30.43	39.81	39.8	39.87
12:55 – 13:00	30.6	30.68	43.56	43.6	43.75
13:04 – 13:09	29.9	30.12	41.37	41.4	42.18
13:55 – 14:00	30.2	30.31	42.5	42.5	42.62
14:04 – 14:09	30.3	30.37	41.68	41.7	41.5
14:55 – 15:00	29.7	29.81	41.87	41.8	41.56
15:04 – 15:09	29.9	30.06	40.31	40.4	40.75

Dari data diatas didapatkan suhu air dari awal sampai setelah pemanasan dengan menggunakan waktu delay 5 menit. Peningkatan yang terjadi berdasarkan lamanya waktu pemanasan air pada pipa reflektor. Dapat diamati peningkatan suhu yang terjadi antara delay 5 menit dengan delay 3 menit sebelumnya. Pemanasan yang terjadi akan terus berlangsung hingga air pada tangki habis. Untuk dapat melihat lebih jelas dari peningkatan suhu air yang terjadi yang ditinjau dari suhu awal ke suhu akhir, berikut penyajian data pemanasan dengan metode delay 5 menit tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.







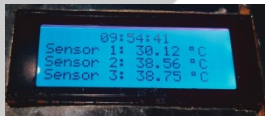








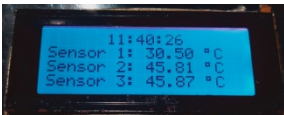


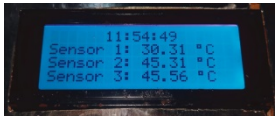




Gambar 4.11 Grafik Pemanasan dengan Delay 5 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:55 WIB hingga 15:09 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 43,75°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 12:55 WIB hingga 13:00 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 38,06°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 10:04 WIB hingga 10:09 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem delay selama 5 menit tanpa menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 35,21%.

4.4.3 Pengujian Pemanasan Air dengan Metode Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Pada pengujian ini, sistem akan dijalankan keseluruhan dan diambil data berupa suhu air yang akan dipanaskan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang nilainya akan dibandingkan dengan *thermometer*. Proses pemanasan yang terjadi akan diberikan jeda 10 menit ketika air sudah memasuki pipa kolektor dan dengan waktu 10 menit tersebut air akan mulai dipanaskan. Untuk pengujian metode delay 3 menit ini dilakukan pada hari Sabtu, 14 Januari 2023. Berikut tabel 4.17 dan 4.18 hasil pengamatannya.

Tabel 4.17 Pengujian Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

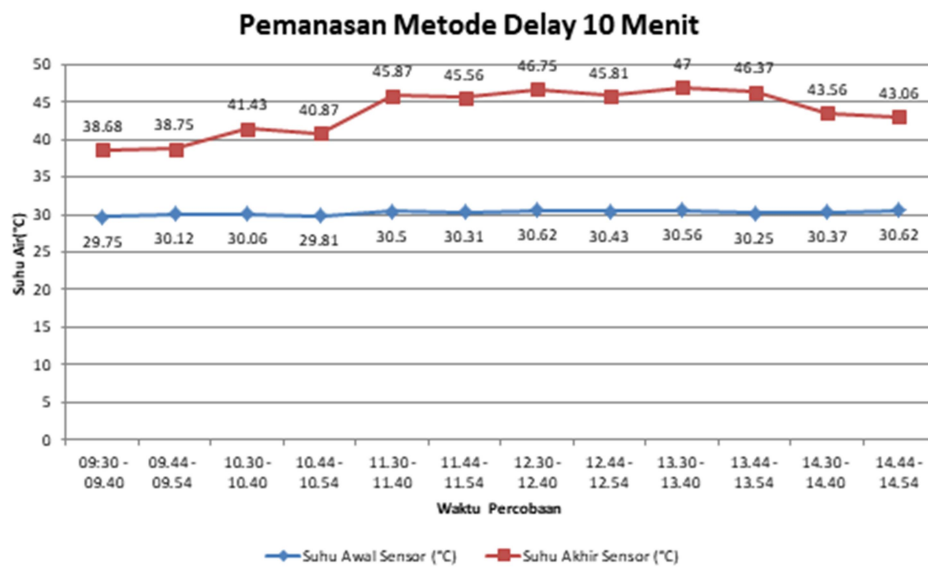
Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.18 Data Pengujian Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal Thermometer (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir Thermometer (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:30 – 09:40	29.7	29.75	38.62	38.7	38.68
09:44 – 09:54	30.1	30.12	38.56	38.6	38.75
10:30 – 10:40	29.8	30.06	41.43	41.5	41.43
10:44 – 10:54	29.7	29.81	40.87	40.9	40.87
11:30 – 11:40	30.4	30.5	45.81	45.8	45.87
11:44 – 11:54	30.3	30.31	45.31	45.5	45.56
12:30 – 12:40	30.6	30.62	46.56	46.7	46.75
12:44 – 12:54	30.5	30.43	45.75	45.8	45.81
13:30 – 13:40	30.3	30.56	47.31	47.2	47
13:44 – 13:54	29.9	30.25	46.43	46.6	46.37
14:30 – 14:40	30.4	30.37	43.68	43.5	43.56
14:44 – 14:54	30.5	30.62	43.25	43.2	43.06

Dari data diatas didapatkan suhu air dari awal sampai setelah pemanasan dengan menggunakan waktu delay 10 menit. Peningkatan yang terjadi berdasarkan lamanya waktu pemanasan air pada pipa reflektor. Pada waktu delay ini akan dilihat pengaruh waktu pemanasan terhadap suhu air maksimal yang dapat dicapai. Untuk dapat melihat lebih jelas dari peningkatan suhu air yang terjadi yang ditinjau dari suhu awal ke suhu akhir, berikut penyajian data pemanasan dengan metode delay 10 menit tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.




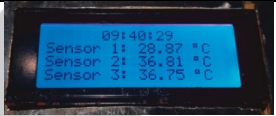








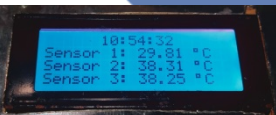


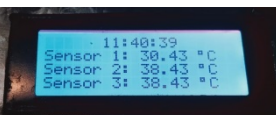

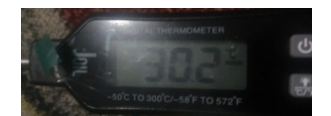





Gambar 4.12 Grafik Pemanasan dengan Delay 10 Menit Tanpa Menggunakan Reflektor

Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:30 WIB hingga 14:54 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 47°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 13:30 WIB hingga 13:40 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 38,68°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 09:30 WIB hingga 09:40 WIB. Untuk tingkat efisiensi pemanasan pada sistem delay selama 10 menit tanpa menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 39,89%

4.4.4 Pengujian Pemanasan Air Menggunakan Metode Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor

Pada pengujian metode kontinyu ini, sistem akan dijalankan seperti sebelumnya hanya saja untuk proses pemanasannya dilakukan secara terus menerus terhadap fluida bergerak. Dengan pertimbangan kapasitas pipa kolektor sebesar 7,52 liter, maka untuk menghabiskan air di dalam tangki 20 liter adalah sebanyak 3 siklus. Untuk pengujian metode kontinyu ini dilakukan pada hari Selasa, 17 Januari 2023. Berikut data hasil percobaan pemanasan air dengan metode kontinyu tanpa menggunakan reflektor parabolik.

Tabel 4.19 Pengujian Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor

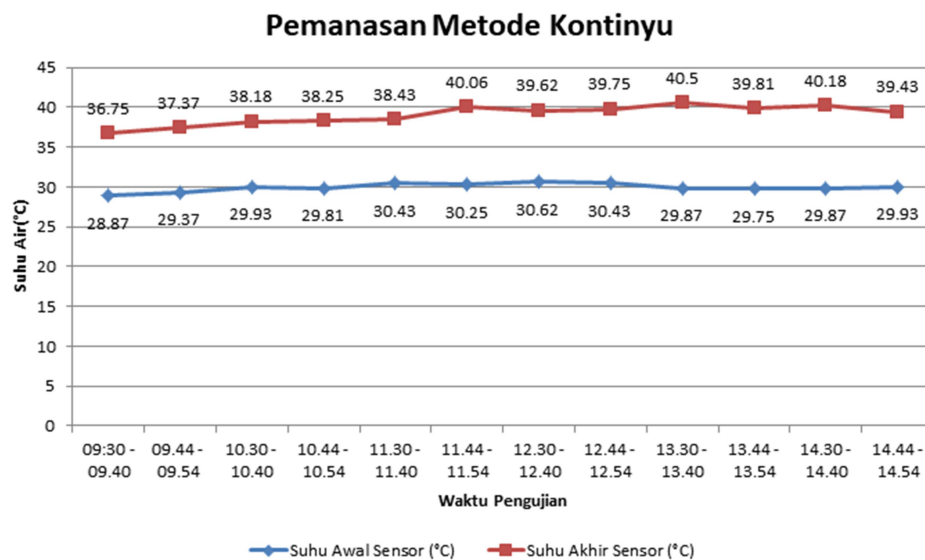
Suhu Awal <i>Thermometer (°C)</i>	Sensor Suhu (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer (°C)</i>
		
		
		
		
		
		
		



Tabel 4.20 Data Pengujian Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor

Waktu (WIB)	Suhu Awal <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Awal Sensor (°C)	Suhu Kolektor (°C)	Suhu Akhir <i>Thermometer</i> (°C)	Suhu Akhir Sensor (°C)
09:30 – 09:40	28.7	28.87	36.81	36.8	36.75
09:44 – 09:54	29.4	29.37	37.43	37.5	37.37
10:30 – 10:40	30.1	29.93	38.12	38	38.18
10:44 – 10:54	29.8	29.81	38.31	38.4	38.25
11:30 – 11:40	30.4	30.43	38.43	38.5	38.43
11:44 – 11:54	30.2	30.25	39.62	39.5	40.06
12:30 – 12:40	30.7	30.62	39.56	40	39.62
12:44 – 12:54	30.3	30.43	39.68	39.8	39.75
13:30 – 13:40	29.8	29.87	40.62	40.5	40.5
13:44 – 13:54	29.7	29.75	39.87	39.8	39.81
14:30 – 14:40	29.8	29.87	40.12	40.1	40.18
14:44 – 14:54	29.8	29.93	39.37	39.4	39.43

Dari data diatas didapatkan suhu air dari awal sampai setelah pemanasan dengan menggunakan metode delay, dilanjutkan dengan pengujian dengan metode kontinyuproses pemanasan air akan hanya berjalan satu siklus dengan sistem *open loop* yang mana akan terus bekerja hingga air pada tangki penyimpanan awal yaitu 20 liter habis lalu dilanjutkan siklus baru lagi dengan mengisi air pada penyimpanan awal dengan air yang baru. Untuk dapat melihat lebih jelas dari peningkatan suhu air yang terjadi yang ditinjau dari suhu awal ke suhu akhir, berikut penyajian data pemanasan dengan metode kontinyu tersebut dalam bentuk grafik untuk mengamati proses pemanasan yang terjadi.



Gambar 4.13 Grafik Pemanasan Dengan Metode Kontinyu Tanpa Menggunakan Reflektor

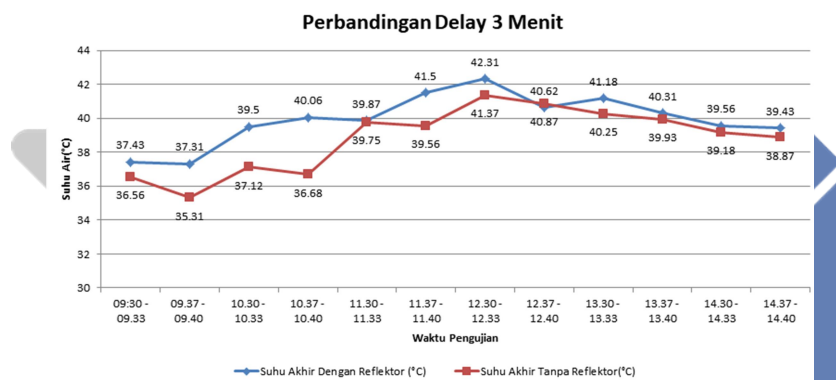
Dapat dilihat pada grafik tersebut, pemanasan yang dilakukan mulai dari pukul 09:30 WIB hingga 14:54 WIB tercatat ada sebanyak 12 kali pengujian yang dilakukan. Dari seluruh data yang telah didapatkan, suhu air akhir tertinggi berada pada suhu 40,5°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 13:30 WIB hingga 13:40 WIB. Sedangkan untuk suhu akhir terendah berada pada 36,75°C dengan waktu pemanasan mulai pukul 09:30 WIB hingga 09:44 WIB. Untuk tingkat efisiensi

pemanasan pada sistem kontinyu tanpa menggunakan reflektor parabolik adalah sebesar 30,4%.

4.5 Perbandingan Antara Pemanasan Dengan dan Tanpa Menggunakan Reflektor

4.5.1 Perbandingan Pada Metode Delay 3 Menit

Pada tahap ini, data yang didapat sebelumnya akan dibandingkan dengan sesame variabelnya dengan mekanisme yang berbeda. Perbandingan terhadap pemanasan dengan metode delay yang sama yaitu 10 menit antara pemanasan dengan reflektor dan tanpa reflektor. Seperti pada gambar 4.14

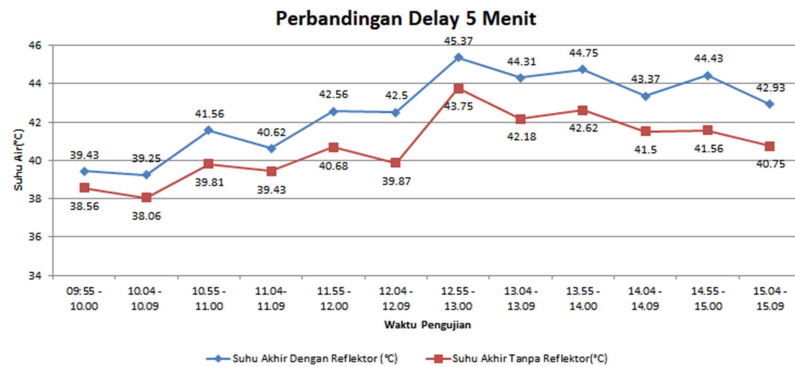


Gambar 4.14 Perbandingan Metode Delay 3 Menit

Dapat dilihat dari data perbandingan yang ada antara sistem delay selama 3 menit menggunakan reflektor dan tanpa menggunakan reflektor. Dari data yang telah ada, pemanasan menggunakan reflektor lebih baik tanpa menggunakan reflektor. Dengan efisiensi pemanasan sebesar 3,72% lebih tinggi daripada tanpa menggunakan parabolik.

4.5.2 Perbandingan Pada Metode Delay 5 Menit

Pada tahap ini, data yang didapat sebelumnya akan dibandingkan dengan sesame variabelnya dengan mekanisme yang berbeda. Perbandingan terhadap pemanasan dengan metode delay yang sama yaitu 3 menit antara pemanasan dengan reflektor dan tanpa reflektor. Seperti pada gambar 4.15

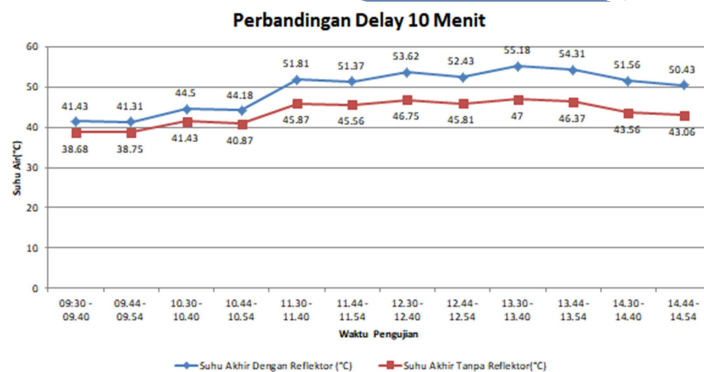


Gambar 4.15 Perbandingan Metode Delay 5 Menit

Dapat dilihat dari data perbandingan yang ada antara sistem delay selama 5 menit menggunakan reflektor dan tanpa menggunakan reflektor. Dari data yang telah ada, pemanasan menggunakan reflektor lebih baik tanpa menggunakan reflektor. Dengan efisiensi pemanasan sebesar 6,54% lebih tinggi daripada tanpa menggunakan parabolik.

4.5.3 Perbandingan Pada Metode Delay 10 Menit

Pada tahap ini, data yang didapat sebelumnya akan dibandingkan dengan sesama variabelnya dengan mekanisme yang berbeda. Perbandingan terhadap pemanasan dengan metode delay yang sama yaitu 10 menit antara pemanasan dengan reflektor dan tanpa reflektor. Seperti pada gambar 4.16

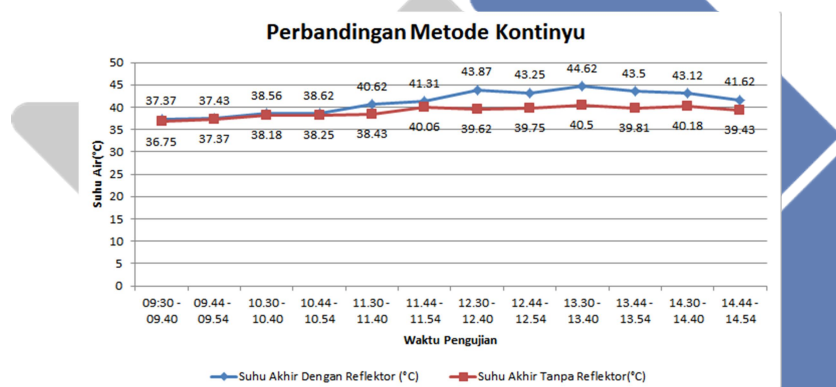


Gambar 4.16 Perbandingan Metode Delay 10 Menit

Dapat dilihat dari data perbandingan yang ada antara sistem delay selama 10 menit menggunakan reflektor dan tanpa menggunakan reflektor. Dari data yang telah ada, pemanasan menggunakan reflektor lebih baik tanpa menggunakan reflektor. Dengan efisiensi pemanasan sebesar 23,96% lebih tinggi daripada tanpa menggunakan parabolik.

4.5.4 Perbandingan Pada Metode Kontinyu

Pada tahap ini, data yang didapat sebelumnya akan dibandingkan dengan sesama variabelnya dengan mekanisme yang berbeda. Perbandingan terhadap pemanasan dengan metode kontinyu yang sama antara pemanasan dengan reflektor dan tanpa reflektor. Seperti pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Perbandingan Metode Kontinyu

Dapat dilihat dari data perbandingan yang ada antara sistem kontinyu menggunakan reflektor dan tanpa menggunakan reflektor. Dari data yang telah ada, pemanasan menggunakan reflektor lebih baik tanpa menggunakan reflektor. Dengan efisiensi pemanasan sebesar 2,5% lebih tinggi daripada tanpa menggunakan parabolik.

4.5.5 Perbandingan Pemanasan Menggunakan Reflektor Parabolik dengan Reflektor Cermin Datar

Pada perbandingan ini, dibandingkan efisiensi antara penggunaan reflektor baik itu cermin datar maupun parabolic agar didapat suhu pemanasan tertinggi. Untuk datanya sendiri diambil sampel dari pengujian menggunakan metode delay

10 menit. Untuk pemanasan yang diukur yaitu terhadap peningkatan suhu terhadap kolektor yang dipanaskan dengan bantuan reflektor. Dapat dilihat dari data pengujian panas untuk penggunaan reflektor cermin datar dalam proses pemanasan kolektor pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Suhu Pemanasan Menggunakan Reflektor Cermin Datar[4].

Waktu (WIB)	Suhu Pipa Kolektor(°C)
09.26	47.63
10.35	47.93
11.48	53.77
12.33	56.48
13.38	55.49
14.37	49.81

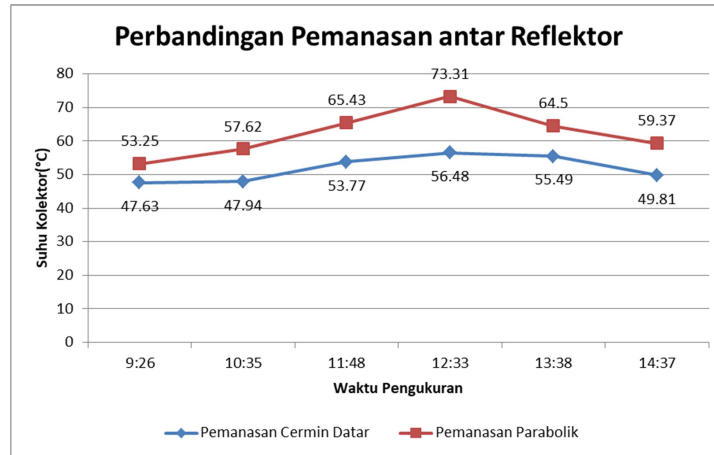
Dari data yang sudah ada tersebut akan dibandingkan terhadap pemanasan kolektor menggunakan reflektor parabolic untuk dapat dilihat efisiensi pemanasannya. Berikut data hasil pemanasan menggunakan reflektor paabolik pada tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Suhu Pemanasan Menggunakan Reflektor Parabolik

Waktu (WIB)	Suhu Pipa Kolektor(°C)
09:26	53.25
10:35	57.62
11:48	65.43
12:33	73.31
13:38	64.5
14:37	59.37

Setelah didapat data dari pemanasan terhadap 2 reflektor yaitu menggunakan cermin datar dan parabolik. Kemudian dari data tersebut dibandingkan tingkat efisiensinya terhadap pemanasan yang terjadi papa pipa kolektor sebagai penyerap panas dari pancaran radiasi dari cahaya matahari.

Berikut grafik peningkatan suhu yang terjadi pada tiap reflektor pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Perbandingan Pemanasan antara Reflektor Cermin Datar dengan Reflektor Parabolik

Dari data diatas dapat dilihat, penggunaan reflektor parabolik memiliki pencapaian suhu pemanasan yang lebih tinggi daripada pemanasan dengan menggunakan reflektor cermin datar. Dengan suhu capaian tertinggi untuk penggunaan reflektor parabolic yaitu $73,31^{\circ}\text{C}$ dan suhu capaian tertinggi untuk reflektor cermin datar adalah $56,48^{\circ}\text{C}$. Untuk efisiensi pemanasan yang terjadi yang ditinjau dari keseluruhan data pemanasan, penggunaan reflektor parabolic untuk pemanasan memiliki efisiensi 9,1% lebih tinggi dibandingkan pemanasan menggunakan reflektor cermin datar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang sudah dilakukan dari mulai perancangan sampai pengambilan data, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk kapasitas air pada pipa tembaga $\pm 7,52$ Liter. Namun pada saat proses pengambilan data, air yang tersedot dari tangki air sekitar 9 Liter dikarenakan air yang masuk ke pipa kolektor tertahan diselang pengaliran airnya.
2. Suhu air yang tercapai kurang maksimal karena kapasitas air pada pipa kolektor yang terlalu besar. Meskipun dari waktu proses pemanasan menjadi lebih sedikit tapi suhu yang dicapai justru kurang maksimal.
3. Banyaknya kapasitas air pada pipa kolektor menentukan kualitas pemanasannya, pada alat ini digunakan pipa kolektor dengan kapasitas 7,52 liter dengan target untuk mempersingkat 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 terlebih saat tidak menggunakan reflektor.
4. Proses pemompaan air hanya dapat dilakukan dari arah pipa tembaga dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch menuju ke pipa tembaga kolektor yang $\frac{1}{4}$ inch. Jika dilakukan kebalikan dengan air masuk dari pipa tembaga kolektor dengan diameter $\frac{1}{4}$ inch ke $\frac{1}{2}$ inch, pompa air DC tidak cukup kuat untuk mendorong air tersebut dikarenakan perpindahan tekanan air pada pipa tembaga kolektor yang berbeda. Tekanan air pada pipa tembaga diameter $\frac{1}{4}$ inch < daripada tekanan air yang dibutuhkan pipa tembaga diameter $\frac{1}{2}$ inch

5. Untuk tingkat akurasi dari pergerakan *tracking* dari matahari ditentukan dengan tingkat efisiensi penggunaan LDR. Motor stepper disini hanya berguna untuk memperkecil langkah putaran sehingga dengan kerakkannya yang semakin kecil membuat sensor LDR dapat beroperasi lebih maksimal.
6. Untuk *tracking* terhadap matahari, menggunakan satu aksis pergerakan kurang maksimal untuk dapat mengikuti arah gerak semu matahari. Bukan masalah dari pendeteksian LDR ataupun penyetingan terhadap waktu yang kurang baik melainkan proses *tracking* yang dilakukan tidak cukup baik untuk dapat mengikuti pergerakan semu matahari. Sehingga alat ini hanya bisa *tracking* sesuai ketentuan dari arah timur ke barat saja
7. Suhu air tertinggi yang didapatkan saat pengujian yaitu sebesar 55.18°C dengan proses pemanasan menggunakan metode delay 10 menit menggunakan reflektor parabolik pada pukul 13.30 - 13.40 WIB. Suhu ini adalah suhu tertinggi dibandingkan seluruh pengujian terhadap suhu air yang telah dijalankan. Ini terjadi karena pada metode delay, semakin lama waktu pemanasan maka semakin banyak juga perpindahan kalor yang terjadi sehingga dapat merubah suhu air menjadi lebih tinggi.
8. Pemanasan menggunakan reflektor jauh lebih baik daripada tidak menggunakan reflektor. Pada metode 3 menit didapat perbandingan suhu air menggunakan reflektro lebih tinggi 3,72% daripada tanpa menggunakan reflektor. Pada metode delay 5 menit didapat [erbandingan suhu air menggunakan reflektor lebih tinggi 6,54% daripada tanpa menggunakan reflektor. Pada metode delay 10 menit didapat [erbandingan suhu air menggunakan reflektor lebih tinggi 23,96% daripada tanpa menggunakan reflektor. Sedangkan untuk perbandingan metode kontinyu menggunakan reflektor lebih besar 2,5% daripada pemanasan tanpa menggunakan reflektor.
9. Pada pemansan metode kontinyu, efisiensi pemanasan air yang ada kurnag maksimal karena saat pengujian digunakan 2 tangki berbeda untuk menampung air awal dan akhir. Dengan pemisahan air yang dilakukan

membuat pemanasan hanya bisa dilakukan dalam 1 siklus hingga tangki air awal habis. Kurang maksimalnya pemanasan pada metode ini disebabkan tidak menerapkan teori *thermosiphon* yang mana ketika air disimpan pada satu wadah, ketika ada suhu air yang lebih tinggi dari normal maka air yang memiliki suhu lebih tinggi ini akan naik permukaan sedangkan air dengan suhu lebih rendah akan berada dibawahnya. Dengan memanfaatkan teori *thermosiphon* tersebut suhu air yang naik dapat lebih meningkat karena siklus pemanasan yang terus menerus pada satu wadah air.

10. Berdasarkan dari data yang sudah didapatkan sebelumnya, metode delay jauh lebih baik dengan efisiensi pemanasan maksimal pada waktu 10 menit menggunakan reflektor sebesar 63,85% sedangkan efisiensi pemanasan maksimal pada metode kontinyu yaitu dengan menggunakan reflektor sebesar 32,9% dengan waktu pemanasan maksimal yang sama yaitu pada pukul 13.30-13.40 WIB.

5.2 Saran

Dalam menunjang penyempurnaan pada proyek akhir kali ini, dengan kekurangan yang ada dan sekiranya dapat diperbaiki seperti berikut:

1. Penambahan aksis untuk *tracking solar water heater* untuk menunjang pergerakan alat agar lebih dapat mengikuti gerak semu matahari.
2. Tangki air yang terpisah seharusnya dijadikan satu tangki sebagai wadah penyimpanan air.
3. Penghitungan ulang untuk volume dari pipa kolektor agar tidak terlalu membebani alat dan juga agar dapat meningkatkan pemanasan suhu air dengan waktu sesingkat singkatnya.
4. Meningkatkan akurasi terhadap kelenkungan pada reflektor parabolic agar lebih presisi pemantulan cahayanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. D. Rai, "Radiasi Sinar Matahari di luar Atmosfer Bumi," *www.pveducation.org*, 1980.
<https://www.pveducation.org/id/pvcdrom/radiasi-sinar-matahari-di-luar-atmosfer-bumi> (accessed Sep. 07, 2020).
- [2] H. Susanto and D. Irawan, "PENGARUH JARAK ANTAR PIPA PADA KOLEKTOR TERHADAP PANAS YANG DIHASILKAN SOLAR WATER HEATER (SWH)," vol. 6, 2017.
- [3] W. Setiawan and A. Aziz, "PERFORMANSI SISTEM PEMANAS AIR ENERGI SURYA DENGAN KOLEKTOR PARABOLIC KAPASITAS TANGKI 127 LITER," 2018.
- [4] 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/MAKALAH_SWH.pdf
- [5] "Solar Water Heater, Apa Itu?," *solahartku.com*.
<https://solahartku.com/solar-water-heater-adalah/> (accessed Dec. 12, 2020).
- [6] dosenpendidikan, "Cermin Cekung," *www.dosenpendidikan.co.id*, 2022.
<https://www.dosenpendidikan.co.id/cermin-cekung/> (accessed Oct. 17, 2022).
- [7] 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.
- [8] F. T. Elektro, "DESAIN DAN ANALISIS MATERIAL ANTENA PARABOLA UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR ON-BOARD MICROSATELLITE PADA FREKUENSI C-BAND UNTUK

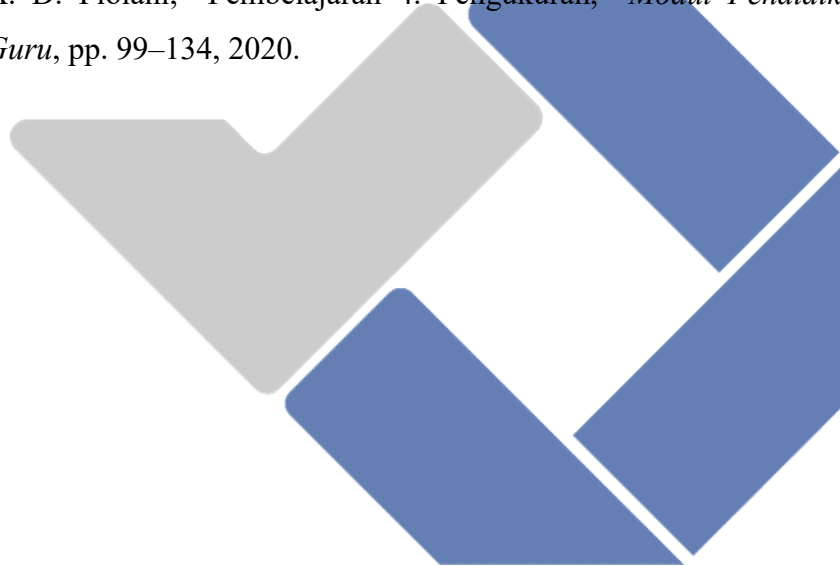
SYNTHETIC APERTURE RADAR ON-BOARD,” 2018.

- [9] 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.
- [10] U. K. Petra, “wireless networking,,” pp. 4–30, 1989.
- [11] Elga Aris Prastyo, “Sensor Suhu DS18B20,” *edukasiaelektronika.com*, 2021. <https://www.edukasiaelektronika.com/2020/09/sensor-suhu-ds18b20.html> (accessed Sep. 18, 2022).
- [12] Rizqy Nurul Ikhsan and Niken Syafitri, “Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias,” *Pros. Semin. Nas. Energi*, pp. 18–26, 2021.
- [13] N. Y. DS and I. A. Rozaq, “C dan hasil kalibrasi dengan thermometer dihasilkan tingkat kesalahan penggunaan sensor DS18B20 adalah <2%”.
- [14] E. Nurazizah, M. Ramdhani, and A. Rizal, “Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18B20 Untuk Penyandang Tunanetra,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, p. 3294, 2017.
- [15] D. Desmira, “Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 21–29, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4465.
- [16] I. F. Noor, “Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Dan Monitoring Kelembaban Tanah Jarak Jauh Menggunakan Atmega8535 Berbasis Webserver,” pp. 5–27, 2017, [Online]. Available: <http://eprints.umm.ac.id/35655/>
- [17] S. Supatmi, “Pengaruh Sensor Ldr Terhadap Pengontrolan Lampu,” *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 8, no. 2, pp. 175–180, 2010, [Online]. Available: http://jurnal.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/v08-n02/volume-82-artikel-5.pdf/pdf/volume-82-artikel-5.pdf
- [18] Daniel Koch, “Resistor Tergantung Cahaya (LDR) Bekerja dengan mikrokontroler,” *diyodemag.com*, 2020. https://diyodemag.com/education/classroom_how_light_dependent_resistor

- s_ldr_work_with_arduino_raspberry_pi (accessed Jan. 20, 2023).
- [19] Eka Samsul, “Motor Stepper : Prinsip Kerja dan Pengendalian pada Otomasi Industri,” *jagootomasi.com*, 2019. <https://jagootomasi.com/motor-stepper-prinsip-kerja-dan-pengendalian-pada-otomasi-industri/> (accessed Jul. 09, 2022).
- [20] Syahrul, “MOTOR STEPPER: TEKNOLOGI, METODA DAN RANGKAIAN KONTROL,” *jurnal.unikom.ac.id*. jurnal.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/v06-n02/vol-6-artikel-7.pdf/pdf/vol-6-artikel-7.pdf (accessed Jan. 18, 2023).
- [21] R. Ahmad, S. G. Usep, M. P. Indarzah, “Rancang Bangun Pengatur Gerak Motor Stepper Untuk Peralatan Brakiterapi,” *J. Perangkat Nukl.*, vol. 05, no. 02, pp. 117–121, 2011.
- [22] 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
- [23] “Spesifikasi Arduino Mega 2560 Rev3,” *eda-channel.com*, 2017. <https://www.eda-channel.com/2017/11/spesifikasi-arduino-mega-2560-rev3.html> (accessed Sep. 22, 2022).
- [24] Dickson Kho, “Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD,” *teknikelektronika.com*, 2022. <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/> (accessed Sep. 20, 2022).
- [25] Xukyo, “Using a LCD16x2 Screen with Arduino,” *aranacorp.com*, 2020. <https://www.aranacorp.com/en/using-a-lcd16x2-screen-with-arduino/> (accessed Sep. 25, 2022).
- [26] Indoware, “Ultrasonic Ranging Module HC - SR04,” *Datasheet*, pp. 1–4, 2013, [Online]. Available: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
- [27] “Cara Kerja Sensor HC-SR04 dan Contoh Program HC-SR04 Dengan Arduino,” *nn-digital.com*, 2019. <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/31/cara-kerja-sensor-hc-sr04-dan-contoh->

program-dengan-arduino/ (accessed Nov. 15, 2022).

- [28] Aldy Razor, “Modul Relay Arduino: Pengertian, Gambar, Skema, dan Lainnya,” *aldyrazor.com*, 2020. <https://www.aldyrazor.com/2020/05/modul-relay-arduino.html> (accessed Oct. 19, 2022).
- [29] O. Saputra, “Efektivitas Implementasi Pompa Air Tekanan Tinggi 12 Volt Untuk,” *Sainstech*, vol. 5, no. 1, pp. 54–59, 2019.
- [30] I. Agustina and D. Astuti, “Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan,” *Pros. Semin. Nas. Fis. dan Pendidik. Fis. Ke-6 2015*, vol. 6, pp. 30–34, 2015.
- [31] A. D. Fioiani, “Pembelajaran 4. Pengukuran,” *Modul Pendidik. Profesi Guru*, pp. 99–134, 2020.





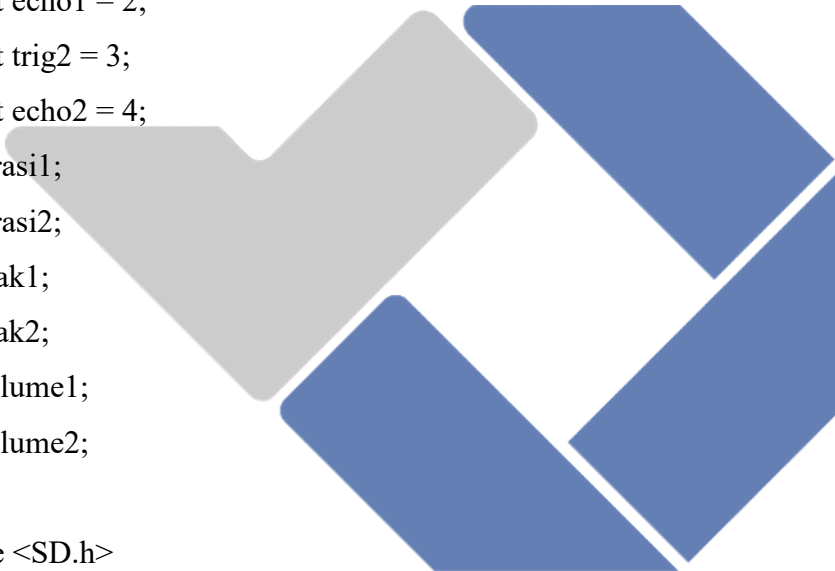
Program Arduino

```
#include <Wire.h>
#include <DS3231.h>
DS3231 rtc(SDA, SCL);
String hari;
String waktu;
String tanggal;

const int trig1 = 1;
const int echo1 = 2;
const int trig2 = 3;
const int echo2 = 4;
long durasi1;
long durasi2;
float jarak1;
float jarak2;
float Volume1;
float Volume2;

#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#define cs 5
File MyFile;

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 6
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensor(&oneWire);
float Sensor_Suhu1;
```



```
float Sensor_Suhu2;
float Sensor_Suhu3;

#define dirPin 7
#define stepPin 8
#define stepsPerRevolution 2000

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x26, 16, 2);
LiquidCrystal_I2C lcd2(0x27, 20, 6);

int perdivisi = 667;
int CW;
int CCW;
int LDR1;
int LDR2;
int LDR3;
int LDR4;
int LDR5;
int LDR6;
int Pb_Delay = 9;
int Pb_Continue = 10;
const int Relay1 = 11;
const int Relay2 = 12;
byte ldr1 = A0;
byte ldr2 = A1;
byte ldr3 = A2;
byte ldr4 = A3;
byte ldr5 = A4;
byte ldr6 = A5;
unsigned long SebelumSuhu=0;
```




```
unsigned long SebelumRTC=0;
unsigned long SebelumLDR=0;
unsigned long SebelumUltrasonik=0;
unsigned long SebelumSDCard=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  pinMode(Relay1,OUTPUT);
  pinMode(Relay2,OUTPUT);
  pinMode(trig1, OUTPUT);
  pinMode(trig2, OUTPUT);
  pinMode(echo1, INPUT);
  pinMode(echo2, INPUT);
  pinMode(Pb_Delay, INPUT_PULLUP);
  pinMode(Pb_Continue, INPUT_PULLUP);
  sensor.begin();
  SPI.begin();
  while(!Serial){
    ;
  }
  if(!SD.begin(cs)){
    Serial.println("SD card tidak terbaca !!");
  }else{
    Serial.println("SD card terbaca !!");
  }
  lcd1.begin();
  lcd1.backlight();
  lcd2.begin();
  lcd2.backlight();
}
```

```
rtc.begin();
// rtc.setDOW(SUNDAY); // Set Day-of-Week to SUNDAY
// rtc.setTime(21, 54, 00); // Set the time to 12:00:00 (24hr format)
// rtc.setDate(1,8, 2023); // Set the date to January 1st, 2014

delay(100);

}

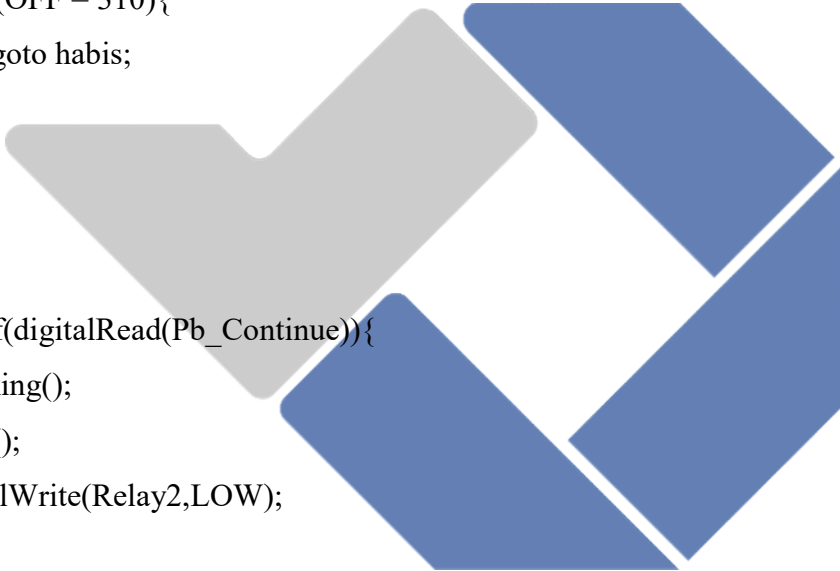
void loop(){
  CaraKerja();
}
void CaraKerja(){
  unsigned long ON;
  unsigned long OFF;

  if(digitalRead(Pb_Delay)){
    Tracking();

    for(ON=0; ON<8; ON++){
      Serial.println("Sistem Kerja Delay");
      milis();
      digitalWrite(Relay1, LOW);
      delay(1000);
    }
    for(ON=8; ON<=300; ON++){
      Serial.println("Proses Pemanasan");
      milis();
      digitalWrite(Relay1, HIGH);
      delay(1000);
    }
  }
}
```

```
if(jarak1>=45){
    for(OFF=0; OFF<300; OFF++){
        millis();
        digitalWrite(Relay1, HIGH);
        delay(1000);
    }
    for(OFF=300; OFF<310; OFF++){
        millis();
        digitalWrite(Relay1, LOW);
        delay(1000);
        if(OFF = 310){
            goto habis;
        }
    }
}
}
}
}
}else if(digitalRead(Pb_Continue)){
    Tracking();
    millis();
    digitalWrite(Relay2,LOW);

if(jarak1>=45){
    for(ON=0; ON<10; ON++){
        millis();
        digitalWrite(Relay2,LOW);
        delay(1000);
        if(ON = 10){
            goto habis;
        }
    }
}
}
```



```

}else{
    digitalWrite(Relay1, HIGH);
    digitalWrite(Relay2, HIGH);
}
}
habis;;
}
void RTC(){
    hari = rtc.getDOWStr();
    waktu = rtc.getTimeStr();
    tanggal = rtc.getDateStr();
}
void Tracking(){
    if (CW>50){
        digitalWrite(dirPin, HIGH); // putar searah jarum jam
        for (int i = 0; i <= perdivisi; i++) {
            millis();
            digitalWrite(stepPin, HIGH);
            delayMicroseconds(stepsPerRevolution); // ganti delay untuk mempercepat
motor
            digitalWrite(stepPin, LOW);
            delayMicroseconds(stepsPerRevolution); // ganti delay untuk mempercepat
motor
        }
    }else if(CCW>50){
        digitalWrite(dirPin, LOW); // putar berlawanan arah jarum jam
        for (int i = 0; i <= perdivisi; i++) {
            millis();
            digitalWrite(stepPin, HIGH);
            delayMicroseconds(stepsPerRevolution); // ganti delay untuk mempercepat
motor
            digitalWrite(stepPin, LOW);

```

```

    delayMicroseconds(stepsPerRevolution); // ganti delay untuk mempercepat
motor
  } }
}
void LDR(){
  LDR1 = analogRead(ldr1);
  LDR2 = analogRead(ldr2);
  LDR3 = analogRead(ldr3);
  LDR4 = analogRead(ldr4);
  LDR5 = analogRead(ldr5);
  LDR6 = analogRead(ldr6);
  CW = ((LDR1+LDR2+LDR3)/3)-((LDR4+LDR5+LDR6)/3);
  CCW = ((LDR4+LDR5+LDR6)/3)-((LDR1+LDR2+LDR3)/3);

}
void Suhu(){
  sensor.setResolution(11);
  sensor.requestTemperatures();
  Sensor_Suhu1 = sensor.getTempCByIndex(0);
  Sensor_Suhu2 = sensor.getTempCByIndex(1);
  Sensor_Suhu3 = sensor.getTempCByIndex(2);

  lcd2.clear();
  lcd2.setCursor(6, 0);
  lcd2.print(waktu);
  lcd2.setCursor(0, 1);
  lcd2.print("Suhu Awal =");
  lcd2.setCursor(11, 1);
  lcd2.print(Sensor_Suhu1);
  lcd2.print((char)223);
  lcd2.print("C");

```

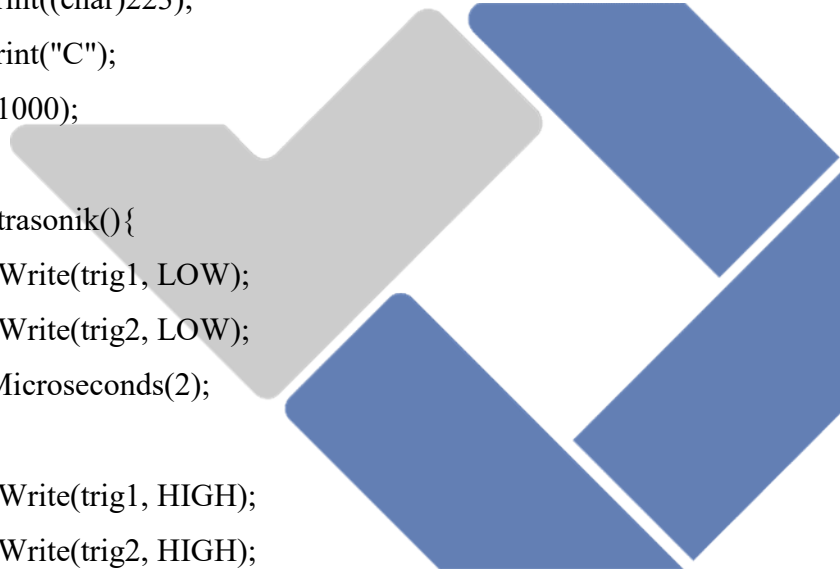
```

lcd2.setCursor(0, 2);
lcd2.print("Pemanasan =");
lcd2.setCursor(11, 2);
lcd2.print(Sensor_Suhu2);
lcd2.print((char)223);
lcd2.print("C");
lcd2.setCursor(0, 3);
lcd2.print("Suhu Akhir=");
lcd2.setCursor(11, 3);
lcd2.print(Sensor_Suhu3);
lcd2.print((char)223);
lcd2.print("C");
delay(1000);
}
void Ultrasonik(){
  digitalWrite(trig1, LOW);
  digitalWrite(trig2, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  digitalWrite(trig1, HIGH);
  digitalWrite(trig2, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig1, LOW);
  digitalWrite(trig2, LOW);

  durasi1 = pulseIn(echo1, HIGH);
  durasi2 = pulseIn(echo2, HIGH);
  jarak1 = durasi1*0.34/2;
  jarak2 = durasi2*0.34/2;
  Volume1 = jarak1*jarak1*jarak1;
  Volume2 = jarak2*jarak2*jarak2;

```



```
lcd1.clear();
lcd1.print("Volume 1=");
lcd1.setCursor(10, 0);
lcd1.print(Volume1);
lcd1.setCursor(14, 0);
lcd1.print("L");
lcd1.setCursor(0, 1);
lcd1.print("Volume 2=");
lcd1.setCursor(10, 1);
lcd1.print(Volume2);
lcd1.setCursor(14, 1);
lcd1.print("L");
delay(1000);
}
void SDCard(){
  MyFile = SD.open("Hasil Percobaan.text", FILE_WRITE);
  if(MyFile){
    MyFile.print ("Tanggal = ");
    MyFile.print(tanggal);
    MyFile.print (" | Waktu = ");
    MyFile.println(waktu);

    MyFile.print("Suhu Air Sebelum Dipanasakan = ");
    MyFile.print(Sensor_Suhu1);
    MyFile.print((char)223);
    MyFile.println(" C");

    MyFile.print("Suhu Air Pada Kolektor = ");
    MyFile.print(Sensor_Suhu2);
    MyFile.print((char)223);
```

```
MyFile.println(" C");

MyFile.print("Suhu Air Setelah dipanaskan = ");
MyFile.print(Sensor_Suhu3);
MyFile.print((char)223);
MyFile.println(" C");

MyFile.print("LDR 1 = ");
MyFile.print(LDR1);
MyFile.print(" | LDR 2 = ");
MyFile.print(LDR2);
MyFile.print(" | LDR 3 = ");
MyFile.println(LDR3);
MyFile.print("LDR 4 = ");
MyFile.print(LDR4);
MyFile.print(" | LDR 5 = ");
MyFile.print(LDR5);
MyFile.print(" | LDR 6 = ");
MyFile.println(LDR6);

MyFile.print("Volume Air Panas= ");
MyFile.print(Volume2);
MyFile.println(" L");

MyFile.close();
}else{
  Serial.println("Gagal Menyimpan");
}
}
void milis (){
  unsigned long Sekarang=millis();
```



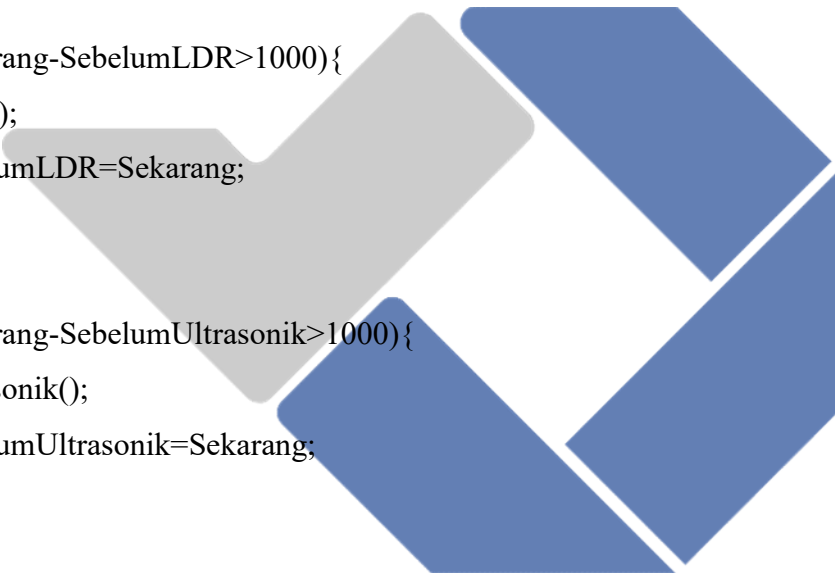
```
if(Sekarang-SebelumSuhu>1000){  
    Suhu();  
    SebelumSuhu=Sekarang;  
}
```

```
if(Sekarang-SebelumRTC>=1000){  
    RTC();  
    SebelumRTC=Sekarang;  
}
```

```
if(Sekarang-SebelumLDR>1000){  
    LDR();  
    SebelumLDR=Sekarang;  
}
```

```
if(Sekarang-SebelumUltrasonik>1000){  
    Ultrasonik();  
    SebelumUltrasonik=Sekarang;  
}
```

```
if(Sekarang-SebelumSDCard>1000){  
    SDCard();  
    SebelumSDCard=Sekarang;  
}  
}
```



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama : Ego Wisnu Saputro
Tempat, Tanggal Lahir : Labuhan Maringgai, 11 Januari 2001
Alamat : Gg. Gabsu, Jl. Pangkal Layang,
Dusun Tutut, Desa Penyamun,
Kec. Pemali, Kab. Bangka,
Kep. Bangka Belitung
Telp : -
No. Hp : 083169721336
Email : ego.ws110101@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD N 10 Air Duren	Lulus 2013
SMP N 1 Pemali	Lulus 2016
SMA N 1 Pemali	Lulus 2019

3. Pendidikan Non Formal

Kampus Merdeka :
Arthificial Intelegence Mastery Program(Orbit Future Academy) Lulus 2022

Sungailiat, 10 Februari 2023



Ego Wisnu Saputro