

**ANALISA EFISIENSI PENGGUNAAN *WATER COOLING* PADA  
*PHOTOVOLTAIC CELL* DI *SOLAR TRACKER***

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik



Oleh:

GHUFRON HUSNAN

NIM. I0716015

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2020**

**SURAT PERNYATAAN  
ORISINALITAS KARYA ILMIAH**

**SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH**

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ghufron Husnan  
NIM : I0716015  
Judul Tugas Akhir : Analisa Efisiensi Penggunaan *Water Cooling* pada  
*Photovoltaci Cell Di Solar Tracker*

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti tugas akhir yang saya susun tersebut merupakan hasil plagiat dari karya orang lain maka tugas akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelas sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, Juli 2020

**Ghufron Husnan**  
**NIM. I0716015**

# **ANALISA EFISIENSI PENGGUNAAN *WATER COOLING* PADA *PHOTOVOLTAIC CELL* DI *SOLAR TRACKER***

**Ghufron Husnan**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Email : [ghufronhusnan99@gmail.com](mailto:ghufronhusnan99@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Energi listrik merupakan sumber utama dalam pengembangan peradaban manusia, hal tersebut menyebabkan peningkatan dalam produksi listrik dengan menggunakan *fossil fuels*. Hal ini menyebabkan munculnya kebutuhan untuk adanya pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan. Pada penelitian ini membahas mengenai peningkatan efisiensi pada *photovoltaic cell* (PV) dengan penggunaan metode *tracking* dan juga metode *cooling*, khususnya *water cooling*. Pengujian yang dilakukan adalah mengukur kinerja dari panel PV dengan mengukur pengaruh *tracking* dan metode pendinginan. Data menunjukkan bahwa kenaikan daya sebesar 20.9% dan kenaikan efisiensi sebesar 0.43% dengan metode *water cooling tracking*. Temperatur pada panel PV cenderung meningkat seiring dengan peningkatan intensitas radiasi matahari. Akan tetapi dengan metode *water cooling* dapat menurunkan suhu sebanyak 13.28%. Dengan turunnya suhu maka efisiensi panel akan meningkat..

Kata kunci : *photovoltaic cell*, *PV cooling*, *solar tracker*, suhu, efisiensi

## ABSTRACT

*Electrical energy is the main resources in the development of human civilization, it causes an increase in electricity production using fossil fuels. This causes the emergence of the need for electricity generation with renewable energy sources. This research discusses about the improvement of efficiency in photovoltaic cells (PV) by using the tracking method and cooling method, especially water cooling. Tests carried out are measuring the performance of PV panels by measuring the influence of tracking and cooling methods. The data shows that the increase in power is 20.9% with the water cooling tracking method. The temperature in the PV panel tends to increase with increasing intensity of solar radiation. However, the water cooling method can reduce the temperature by 13.28%. With the temperature drop the panel efficiency will increase.*

*Key words: photovoltaic cell, PV cooling, solar tracker, temperature, efficiency.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas berkat karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul Analisa Efisiensi Penggunaan *Water Cooling* pada *Photovoltaic Cell* Di *Solar Tracker* dapat diselesaikan. Dalam penyusunan skripsi ini, tentu perlu melewati serangkaian proses. Sebagaimana kita ketahui bahwa dalam berproses tidak selamanya jalan yang dilalui itu mulus dan sesuai dengan harapan kita. Namun oleh karena itulah, kita semakin mendapat banyak pengalaman yang berharga. Pengalaman – pengalaman yang memberikan kita sebuah bekal untuk menjalani kehidupan kita di masa depan.

Laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan menerapkan ilmu studi di perkuliahan program studi teknik elektro serta bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sebagai syarat kelulusan mata kuliah Skripsi/Tugas Akhir guna memperoleh gelar sarjana strata 1 pada Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Menyelesaikan tugas akhir atau skripsi ini tentu bukanlah perkara mudah. Sebagai wujud apresiasi, melalui kata pengantar ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan perlindungan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doa sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Chico Hermanu B.A, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing I yang memberikan dukungan, ide, arahan, bimbingan, dan motivasi selama perkuliahan di Teknik Elektro.
4. Bapak Dr. Miftahul Anwar, S.Si., M.Eng. selaku Pembimbing II yang selalu memberikan dukungan, ide, arahan, bimbingan, dan motivasi selama pengerjaan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, motivasi, dan inspirasi yang luar biasa selama menjalani masa perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun ini.

6. Seluruh teman-teman Teknik Elektro terutama angkatan 2016 yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah sama-sama berjuang selama 4 tahun ini atas bantuannya yang luar biasa dan semangat yang diberikan untuk segera mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini.

Surakarta, Juli2020

Ghufron Husnan  
I0716015

## DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Photovoltaic Cell .....	6
2.3. PV Cooling .....	7
2.3.1. Passive Cooling.....	8
2.3.2. Active Cooling .....	8
2.4 Solar Tracker .....	9
2.5 Arduino Mega.....	9
2.6 LDR (Light Dependent Resistor) .....	10
2.7 Motor Stepper .....	11
2.8 Efisiensi .....	11

BAB III .....	14
METODE PENELITIAN .....	14
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	14
3.2. Prosedur Penelitian.....	15
3.3. Alat dan Bahan .....	15
3.4. Hasil Desain.....	19
3.5. Pengolahan Data.....	22
BAB IV .....	23
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
4.1 Pengujian Metode Keseluruhan.....	23
4.1.1 Metode No Cooling Tanpa Tracking.....	24
4.1.2 Metode Water Cooling Tanpa Tracking.....	27
4.1.3 Metode No Cooling Dengan Tracking .....	30
4.1.4 Metode Water Cooling Dengan Tracking .....	31
4.2 Analisa Metode Keseluruhan .....	35
4.3 Validasi Data .....	39
BAB V.....	41
PENUTUP .....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Mega.....	10
Gambar 2.2 Sensor LDR .....	10
Gambar 2.3 Motor Stepper .....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Diagram Alir Solar Tracker.....	19
Gambar 3.3 Desain Rangkaian Motor Solar Tracker.....	20
Gambar 3.4 Desain Rangkaian Sensor LDR Solar Tracker.....	20
Gambar 3.5 Desain Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan .....	21
Gambar 3.6 Desain Rangkaian Sensor Suhu .....	21
Gambar 4.1 Rangkaian Keseluruhan.....	23
Gambar 4.2 Metode No Cooling Tanpa Tracking .....	24
Gambar 4.3 Grafik Tegangan Metode No Cooling Tanpa Tracking .....	24
Gambar 4.4 Grafik Arus Metode No Cooling Tanpa Tracking .....	25
Gambar 4.5 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode No Cooling Tanpa Tracking .....	25
Gambar 4.6 Grafik Suhu Bawah Panel Metode No Cooling Tanpa Tracking.....	26
Gambar 4.7 Metode Cooling Tanpa Tracking.....	27
Gambar 4.8 Grafik Tegangan Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking .....	27
Gambar 4.9 Grafik Arus Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking .....	28
Gambar 4.10 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking.....	28
Gambar 4.11 Grafik Suhu Bawah Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking .....	29
Gambar 4.12 Metode No Cooling Dengan Tracking .....	30
Gambar 4.13 Grafik Tegangan Panel Metode No Cooling Dengan Tracking.....	30
Gambar 4.14 Grafik Arus Panel Metode No Cooling Dengan Tracking .....	31
Gambar 4.15 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode No Cooling Dengan Tracking.....	31
Gambar 4.16 Grafik Suhu Bawah Panel Metode No Cooling Dengan Tracking .....	32
Gambar 4.17 Metode Cooling Dengan Tracking.....	32
Gambar 4.18 Grafik Tegangan Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking .....	33
Gambar 4.19 Grafik Arus Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking.....	33
Gambar 4.20 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking .....	34
Gambar 4.21 Grafik Suhu Bawah Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking.....	34
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Output Daya.....	35

Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan .....	36
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Suhu Ambient .....	37

## DAFTAR TABEL

3.1 Tabel Spesifikasi PV .....	16
3.2 Tabel Spesifikasi Arduino Mega .....	16
3.3 Tabel Spesifikasi Motor Stepper .....	17
3.4 Tabel Spesifikasi Sensor LDR .....	17
3.5 Tabel Spesifikasi Sensor Arus dan Tegangan .....	18
3.6. Tabel Spesifikasi Sensor Suhu .....	18
3.7. Tabel Spesifikasi Pompa .....	18
4.1. Tabel Perhitungan Efisiensi .....	38
4.2 Tabel Pengukuran Arus dan Tegangan Metode No Cooling No Tracking .....	39
4.3. Tabel Pengukuran Suhu Metode No Cooling No Tracking .....	40

## DAFTAR RUMUS

2.1 Rumus Torsi .....	11
2.2 Rumus Gaya .....	11
2.3.Rumus Efisiensi Elektrik .....	12
2.4 Rumus Efisiensi Thermal .....	12
2.5 Rumus Daya Output.....	12
2.6. Rumus Energi Thermal .....	12
2.7. Rumus Efisiensi Total.....	13

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik saat ini merupakan sumber daya utama dalam pengembangan teknologi, dan energi listrik kini juga menjadi standar hidup bagi manusia karena setiap kegiatan di sector industry maupun rumah tangga membutuhkannya. Energi listrik dapat dihasilkan dengan berbagai macam sumber daya mulai dari sumber daya tidak terbarukan seperti batu bara, gas bumi, dan berbagai sumber daya terbarukan lainnya.

Pada tahun 2018, jumlah produksi pembangkit listrik Indonesia mencapai angka 283,8 TWh yang sebagian besar dihasilkan oleh pembangkit listrik dengan bahan bakar batu bara 56,4%, pembangkit listrik berbahan bakar gas sebesar 20,2%, 6,3% dari BBM, sementara pembangkit listrik yang berasal dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) hanya sebesar 17,1% [1].

Berdasarkan regulasi/kebijakan yang telah dikeluarkan oleh Pemerintah Indonesia pemanfaatan energi baru dan terbarukan yang paling tepat untuk diimplementasikan adalah modul *Photovoltaic* (PV) yaitu sebuah teknologi yang bekerja dengan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Modul *Photovoltaic* (PV) dipilih berdasarkan potensi energi baru dan terbarukan di Indonesia, yaitu ketersediaan sinar matahari sepanjang tahun. Indonesia adalah negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa. Sebagian besar wilayah Indonesia mendapatkan intensitas radiasi matahari yang cukup dengan radiasi harian sebesar 4 kWh/m<sup>2</sup> [2].

Dalam beberapa tahun terakhir, *photovoltaic cell* (PV) telah berkembang secara pesat sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Hal itu merupakan dampak dari meningkatnya kekhawatiran akan dampak dari energi berbasis *fossil fuels* pada global warming dan perubahan cuaca [3]. Salah satu

permasalahan utama dalam penggunaan modul *photovoltaic cell* (PV) sebagai sumber energi terbarukan adalah rendahnya efisiensi konversi energi yang didapatkan, dan ditambah lagi, dalam waktu operasional yang lama. Modul *photovoltaic cell* (PV) memiliki kecenderungan mengalami penurunan efisiensi yang lebih lanjut dikarenakan terjadinya peningkatan suhu operasi panel yang melebihi batas tertentu [4].

Tingkat iradiasi matahari yang tinggi mengakibatkan temperatur modul *photovoltaic cell* (PV) akan naik yang dimana setiap peningkatan 1°C menyebabkan penurunan efisiensi sebesar 0,5% yang juga berakibat usia penggunaan modul *photovoltaic cell* (PV) [5].

Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan penggunaan sistem pendingin pada modul *photovoltaic cell* (PV). Sistem pendingin sendiri merupakan sistem yang penting pada modul *photovoltaic cell* (PV). Secara umum, beberapa teknik pada sistem pendinginan seperti pendingin udara dan pendingin air digunakan untuk mendinginkan modul *photovoltaic cell* (PV) agar meningkatkannya efisiensi. Pendinginan air adalah salah satu metode yang paling baik untuk pendinginan modul *photovoltaic cell* (PV), karena lebih efisien [3].

Masalah lain yang ada pada modul *Photovoltaic* (PV) adalah pemasangan secara statis atau tidak bergerak yang menyebabkan penerimaan energi matahari yang diterima oleh *photovoltaic cell* (PV) tidak optimal. Hal tersebut terjadi dikarenakan matahari merupakan obyek bergerak yang selalu bergerak dari arah timur ke barat. Untuk mengatasi masalah tersebut maka pemasangan PV dapat dilakukan menggunakan *solar tracker* [6].

Berdasarkan beberapa poin diatas, judul penelitian tersebut diangkat dan diharapkan dapat menjadi solusi dari poin – poin yang telah disebutkan diatas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan perancangan *photovoltaic cell* (PV) dengan *solar tracker*?

2. Bagaimana melakukan perancangan *photovoltaic cell* (PV) dengan *water cooling*?
3. Apakah penggunaan *photovoltaic cell* (PV) *solar tracker* mampu meningkatkan efisiensi?
4. Apakah penggunaan *water cooling* pada *photovoltaic cell* (PV) *solar tracker* mampu meningkatkan efisiensi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dapat dirumuskan tujuan pada penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan perancangan *photovoltaic cell* (PV) dengan *solar tracker*.
2. Melakukan perancangan *photovoltaic cell* (PV) dengan *water cooling*.
3. Menganalisa hasil penggunaan *solar tracker* pada *photovoltaic cell* (PV).
4. Menganalisa hasil penggunaan *water cooling* pada *photovoltaic cell* (PV) *solar tracker*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan arahan dalam memilih metode perancangan PV yang efisien.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai arahan untuk mengembangkan PV kedepan..

### 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh penggunaan *solar tracker* yang hanya menggunakan satu metode yaitu metode *single axis solar tracker* dan untuk intensitas matahari data diambil dari perhitungan karena keterbatasan alat.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Susunan pembahasan oleh penulis pada penulisan Tugas Akhir yang direncanakan adalah sebagai berikut :

## BAB I Pendahuluan

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

## **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi hasil studi penulis dari beberapa literatur tentang teori-teori yang berkaitan dengan topik pembahasan. Pada penelitian ini, fokus utama pembahasan adalah teori optimasi daya dan perancangan *solar tracker* dan *cooling system* pada PV.

## **BAB III Metodologi Penelitian**

Bab ini menguraikan tahap-tahap dan prosedur penelitian yang dilakukan. Tahapan yang dilakukan adalah perancangan, persiapan alat dan bahan dan pengujian alat.

## **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menyajikan uraian data, serta analisis pembahasan mengenai peningkatan efisiensi yang dihasilkan dari penggunaan *solar tracker* dan *cooling system* dalam bentuk grafik dan data.

## **BAB V Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran, sebagai hasil dan analisis dari penggunaan *solar tracker* dan *cooling system* pada PV.

## **Daftar Pustaka**

Berisikan tentang sumber-sumber pada referensi yang digunakan dalam menyusun skripsi ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan, diantaranya adalah dengan melakukan penelitian menggunakan pendinginan pada panel surya yang menyatakan bahwa pendinginan panel surya pada bagian belakang panel dapat meningkatkan efisiensi kerja dari panel tersebut sebesar 2,4% sedangkan pendinginan dengan mengalir air sebanyak 1 gpm pada bagian permukaan panel dapat meningkatkan efisiensi sebesar 4,7% dan 6,3% dengan air sebanyak 2 gpm [3].

Pada penelitian lain metode *active cooling* yang dikombinasikan dengan panel reflektor untuk meningkatkan radiasi matahari. Sistem pendinginan di operasikan selama penelitian berjalan dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 17.00, dari kenaikan suhu modul dapat menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi terhadap modul *Photovoltaic* (PV) secara perlahan, suhu solar cell menurundari suhu rata – rata 59°C menjadisebesar 36°C. Ditambah pula terjadinya peningkatan daya sebesar 17.80% dari nilai awal sebesar 51.6 W menjadisebesar 60.8 W [7].

Metode yang sama juga dilakukan dalam penelitian yang menyatakan bahwa peningkatan tegangan dari 16.46 V menjadi 17.90 V atau meningkat sebesar 8.75% pada saat dilakukan metode pendinginan menggunakan lapisan air pada panel. Sedangkan terdapat penurunan pada suhu panel dari yang awalnya sebesar 41.3 °C turun menjadi 26.4 °C [8].

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan metode *water cooling* menyatakan bahwa penggunaan metode *water cooling* dapat melakukan penurunan suhu pada modul PV hingga 21,52% dan penggunaan metode *floating* meningkatkan *output* daya sebesar 30,54% [18].

Pada penelitian menggunakan metode lain yaitu *heatsink cooling* menyatakan bahwa modul PV dengan fns persegi panjang memiliki luas penampang dan permukaan yang lebih besar membuang 155% lebih banyak panas dan menghasilkan

10,8% lebih banyak daya dari pada modul referensi dan menghasilkan penurunan 10,6% pada suhu modul [15].

Metode yang sama juga dilakukan dalam penelitian lain yang menyatakan penggunaan *heatsink cooling* tanpa sirip dapat meningkatkan efisiensi 9,13% dan *heatsink cooling* menggunakan 5 sirip dapat meningkatkan efisiensi sebesar 9,58% dan *heatsink cooling* 10 sirip sebesar 10,21% [16].

Pada percobaan *heatsink cooling* yang lain menyatakan bahwa penggunaan *heatsink cooling* dapat menurunkan substansial dalam suhu operasi panel PV dan meningkatkan kinerja listriknya. CFD analisis dalam model pendingin dengan kecepatan aliran udara 1,5 m / s dan suhu 35 ° C di bawah fluks panas 1000W / m<sup>2</sup> menunjukkan penurunan suhu rata-rata panel PV dari 85,3 ° C menjadi 72,8 ° C. Sebagai konsekuensi dari penurunannya suhu, heat sink meningkatkan photovoltage sirkuit terbuka (VOC) dan titik daya maksimum (PMPP) dari panel PV dengan 10% dan 18,67% [17].

Pada percobaan dengan metode yang sama menggunakan simulasi perangkat lunak ANSYS-Fluent hasil dari simulasi simulasi penurunan rata-rata 13,1 ° C pada suhu dan peningkatan 0,8% dalam efisiensi modul PV dicapai pada model dengan heat sink, menyediakan solusi yang menjanjikan untuk diatasi panel PV overheating [19].

Penelitian lain mengenai *solar tracker* dengan sensor LDR dan mikrokontroler Arduino juga dilakukan mulai pukul 07.00 sampai 17.00 selama 3 hari diperoleh hasil panel PV yang dilengkapi *solar tracker* memiliki daya output lebih besar yaitu 1,349 Watt, sedangkan panel PV statis diperoleh daya output 1,225 Watt. Sehingga didapatkan perbandingan panel PV statis dan panel PV dengan *solar tracker* adalah sebesar 10,1% [6].

## 2.2 Photovoltaic Cell

*Photovoltaic Cell* (PV) adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Didalam PV terdapat

penyatuan dua wilayah semikonduktor dengan konsentrasi elektron yang berbeda bahan-bahan ini bisa tipe n (semikonduktor dengan kelebihan elektron) atau tipe p (semikonduktor dengan kelebihan muatan positif).

Ketika cahaya mengenai PV, kontribusi energi dari foton dapat diserap oleh elektron, yang dapat memutus ikatan mereka. Jika terhubung dengan beban, arus listrik dan perbedaan potensial antara sel PV akan terbentuk [9].

Sistem PV menggunakan modul PV sebagai penghasil energi listrik harus dilengkapi dengan komponen lain agar bekerja dengan optimal seperti *charge controller* untuk menstabilkan tegangan dan arus yang dihasilkan. Agar dapat digunakan untuk arus AC memerlukan *inverter* untuk merubah arus DC menjadi AC. Komponen lain yang diperlukan agar dapat menyimpan daya adalah baterai.

PV memiliki beberapa jenisnya itu *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*, dengan perbedaan dari dua jenis tersebut berada pada bahan yang digunakan. Untuk *Monocrystalline* sendiri menggunakan satu jenis silikon yang dipotong tipis dan untuk *Polycrystalline* menggunakan berbagai jenis silikon yang di lelehkan lalu dituang di cetakan yang sama [9].

*Photovoltaic Monocrystalline* merupakan PV paling efisien yang dirancang untuk konsumsi listrik besar dan cuaca ekstrim, kelemahan panel jenis ini adalah saat radiasi matahari kurang maka efisiensi akan turun drastis. *Polycrystalline* memiliki permukaan yang lebih luas daripada *Monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik dalam jumlah yang sama serta memiliki efisiensi yang lebih rendah dari *Monocrystalline* sehingga harga cenderung lebih murah [10].

### 2.3. PV Cooling

*PV cooling* merupakan metode untuk mengurangi suhu kerja pada PV untuk meningkatkan efisien sistem dan daya murni yang dihasilkan. *PV cooling* sendiri dibagi menjadi dua, yaitu *passive cooling* dan *active cooling* dengan ada atau tidaknya upaya eksternal untuk mendinginkan pada sistem sebagai perbedaannya [11].

### 2.3.1. Passive Cooling

Teknik pendinginan pasif dapat dilakukan dengan tiga cara berbeda, baik dengan air, udara atau pendingin konduktif. Metode ini dapat memungkinkan peningkatan efisiensi hingga 9% sampai 20%. Terlebih lagi, telah diketahui bahwa jenis pendinginan pasif yang paling efisien adalah menggunakan air. Material perubahan fasa juga merupakan jenis pendingin pasif disebut PCM. Teknik ini mempertahankan suhu yang sama di dalam sel surya, dapat mengurangi hingga 15°C untuk jangka waktu 5 jam. Berkat teknik ini, keuntungannya sel surya meningkat 9,7% dibandingkan dengan modul PV referensi. Misalnya, untuk panel 10W, 5,5 Kg dari bahan PCM dapat membantu menurunkan suhu dari 85 ° C hingga 65 ° C. Akibatnya ada peningkatan 55% dalam efisiensi modul. Namun Teknik ini membutuhkan massa material PCM yang sangat tinggi yang digunakan dalam ruang terbatas yang tidak terlalu praktis. (mis. untuk PCM 5,5 kg kita membutuhkan permukaan 0,13 m<sup>2</sup>) [11].

Mengenai jenis lain dari pendingin pasif, yaitu pendingin pasif air, itu adalah alternatif terbaik yang memberikan hasil lebih tinggi untuk efisiensi modul. Bahkan, ini disebabkan oleh kapasitas termal air yang sangat tinggi. Dari eksperimen sebelumnya dilakukan pada PV menggunakan pendingin air, baik pendingin depan atau belakang. Teknik ini memungkinkan peningkatan dari 11% menjadi 20% untuk efisiensi panel. Air dingin disuntikkan ke modul PV untuk mengurangi suhu, setelah air masuk kedalam sistem, ada pertukaran panas, yang membuat suhu air keluar lebih tinggi dari itu dapat digunakan untuk hal lainnya [11].

### 2.3.2. Active Cooling

Teknik pendinginan aktif dapat dilakukan dengan menggunakan air atau udara, perbedaan utamanya pendinginan pasif adalah yang dibutuhkan dan perlu dikonsumsi dan diberi energi atau kekuatan untuk mendinginkan modul PV. Motor atau pompa diperlukan untuk memastikan sirkulasi cairan di dalam sistem. Peningkatan dengan teknik tersebut bias didapat hingga 13,5% dan dalam ukuran suhu bisa mencapai 15° C lebih sedikit di suhu lingkungan sistem. Sistem terdiri dari

saluran aliran yang dipasang di bagian belakang panel. Namun, peningkatannya sangat buruk untuk efisiensi, sekitar 0,6% [11].

## 2.4 Solar Tracker

*Solar Tracker System* dirancang dengan mikrokontroler, sensor LDR, dan penggerak motor DC yang secara aktif melacak matahari dan mengubah posisi PV tegak lurus dengan posisi matahari untuk memaksimalkan iradiasi matahari sehingga efisiensi output PV meningkat dibandingkan dengan penggunaan panel PV statis (diam) [12]. Mekanisme *Solar Tracker Sytem* diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *Single-Axis Tracker* dan *Dual-Axis System*[13].

*Single-Axis Tracker* hanya memiliki satu sumbu gerakan horizontal, biasanya sejajar dengan Utara dan Selatan yang memungkinkan PV bergerak dari Timur ke Barat mengikuti pergerakan matahari. Penggunaan *Single-Axis Trcaker* mampu meningkatkan efisiensi listrik sebesar 27% hingga 32% [14]. Sedangkan *Dual-Axis Tracker* memiliki dua sumbu gerakan yang memungkinkan PV bergerak mengikuti pergerakan matahari dengan sumbu sejajar Utara-Selatan dan Timur-Barat. *Dual-Axis Tracker* diklaim mampu meningkatkan ouput listrik PV sebesar 40% sampai 50% [16].

## 2.5 Arduino Mega

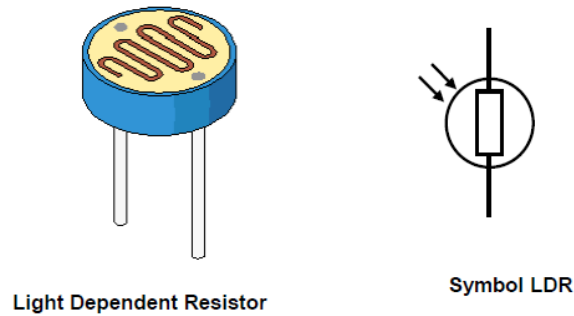
Arduino Mega adalah mikrokontroler *board* kategori Atmega2560 AVR mikrokontroler. Memiliki 54 pin input/output digital (15 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM dan 16 dapat digunakan sebagai input analog dan 4 pin sebagai UART). Dapat digunakan untuk mengontrol perangkat seperti lampu, motor dc, aktuator dan lainnya dengan menerima input dari sensor. Semua tindakan yang dilakukan oleh Arduino diprogram ke mikrokontroler *board* melalui bahasa pemrograman Arduino [12]. Dalam *Solar Tracker Sytem* arduino digunakan sebagai kontrol posisi motor dan sensor LDR.



Gambar 2.1 Arduino Mega

Sumber : Arduino.cc (2020)

## 2.6 LDR (Light Dependent Resistor)

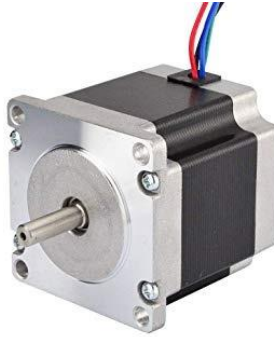


Gambar 2.2 Sensor LDR

Sumber: Rebanas (2020)

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) juga disebut *photo conductors* atau *photo resistors* dengan prinsip kerja *photoconductivity* adalah jenis resistor yang nilai hambatana atau resistansinya tergantung pada intensitas cahaya yang diterima . Nilai resistansi LDR akan menurun saat cahaya terang dan sebaliknya akan tinggi saat kondisi gelap. Naik turunnya resistansi berbanding dengan intensitas cahaya yang diterima. Pada umumnya nilai resistansi LDR mencapai  $200\text{k}\Omega$  saat kondisi gelap dan menurun menjadi  $500\Omega$  saat kondisi cahaya terang.

## 2.7 Motor Stepper



Gambar 2.3 Motor Stepper

Sumber: Alibaba (2020)

Motor Stepper adalah jenis motor DC yang bergerak pada *discrete steps*. Motor stepper memiliki banyak kumparan yang diatur dalam kelompok yang disebut “fase”. Dengan memberikan energi pada tiap fase secara berurutan, motor akan berputar, selangkah demi selangkah. Dengan langkah yang dikendalikan komputer sesuai program, motor stepper akan mencapai posisi dan kecepatan yang tepat.

Perhitungan Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan modul *photovoltaic cell* (PV) adalah sebagai berikut

$$T = F \times b \quad (2.1)$$

Dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat rotasi (m)

Sedangkan gaya sentrifugal adalah

$$F = m \cdot v^2 / r \quad (2.2)$$

Dimana:

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

m = massa (Kg)

v = Kecepatan (m/s)

r = jari jari (m)

## 2.8 Efisiensi

Efisiensi panel PV dibedakan menjadi dua yaitu efisiensi elektrik dan efisiensi *thermal*, efisiensi elektrik PV memiliki rumus:

$$\eta_{elec} = \eta_{ref}[1 - \beta_{ref}(T - T_{ref})] \quad (2.3)$$

Dimana:

- $\eta_{elec}$  : Efisiensi elektrik (%)
- $\eta_{ref}$  : Efisiensi referensi (%)
- $\beta_{ref}$  : Temperatur koefisien silikon ( $K^{-1}$ )
- $T_{ref}$  : Temperatur referensi ( $^{\circ}C$ )

Sedangkan efisiensi *thermal* dihitung dengan rumus:

$$\eta_{th} = \frac{\dot{Q}}{GAt} \quad (2.4)$$

Dimana :

- $\eta_{th}$  : Efisiensi *thermal* (%)
- $Q$  : Energi *thermal* (J)
- $G$  : Rata rata intensitas Matahari ( $Wh/m^2$ )
- $A$  : Luas PV ( $m^2$ )

Adapun rumus untuk mendapatkan intensitas matahari sebagai berikut :

$$P = \eta G A \quad (2.5)$$

Dimana :

- $\eta$  : Efisiensi Panel (%)
- $G$  : Intensitas Matahari ( $Wh/m^2$ )
- $A$  : Luas PV ( $m^2$ )

Energi *thermal* pada rumus efisiensi *Thermal* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\dot{Q} = mC_p(T_{outlet} - T_{inlet}) \quad (2.6)$$

Dimana:

- $Q$  : Energi *thermal* (J)
- $m$  : Massa benda (kg)



- $C_p$  : Koefisiensi panas benda ( $\text{kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C})$ )
- $T_{in}$  : Temperatur awal ( $^\circ\text{C}$ )
- $T_{Out}$  : Temperatur akhir ( $^\circ\text{C}$ )

Setelah ditemukan hasil perhitungan pada efisiensi elektrik dan efisiensi *thermal* maka akan didapatkan efisiensi total dengan rumus:

$$\eta_o = \eta_{th} + \eta_{elec} \quad (2.7)$$

Dimana:

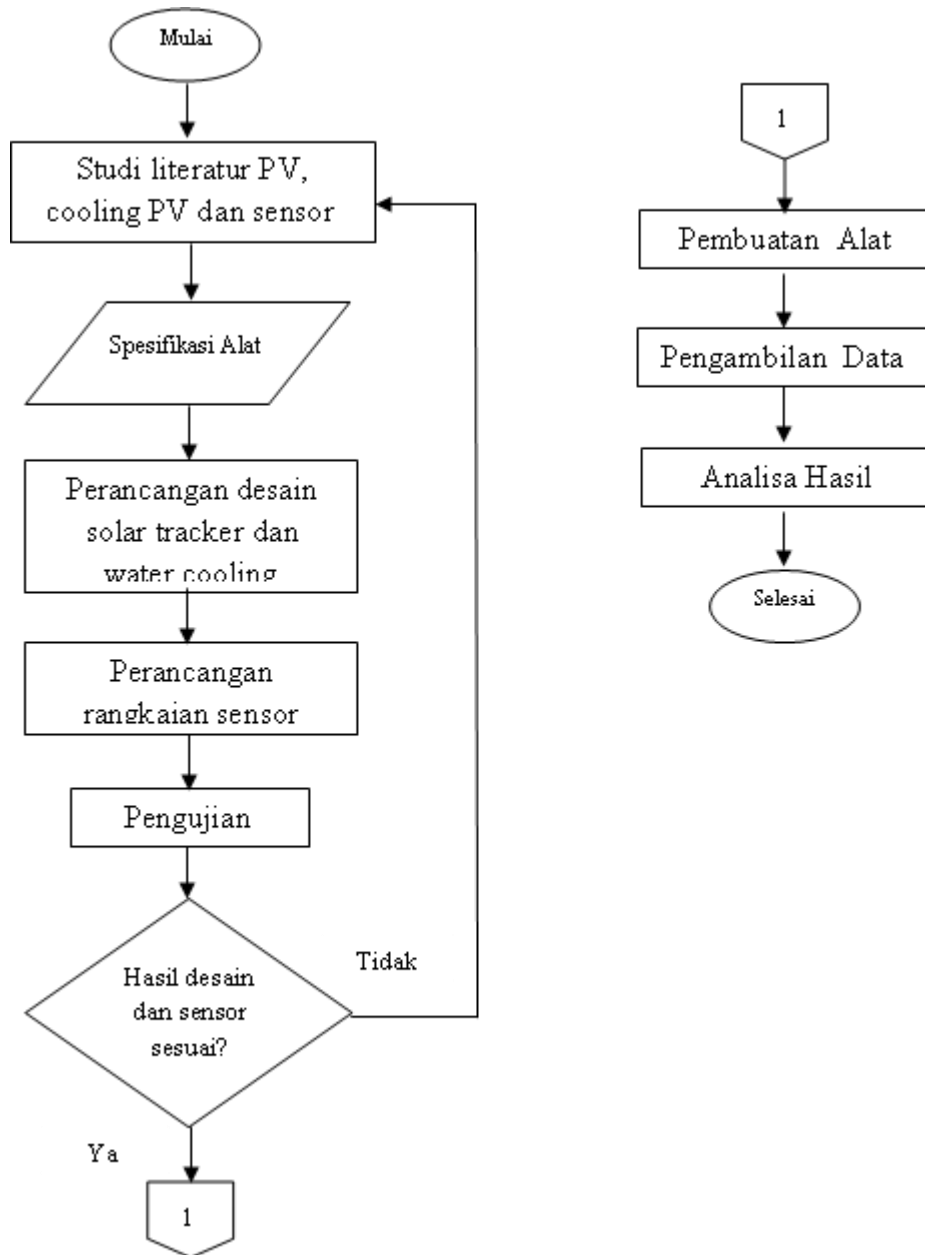
- $\eta_{th}$  : Efisiensi *thermal* (%)
- $\eta_{elec}$  : Efisiensi elektrik (%)
- $\eta_o$  : Efisiensi total (%)

Dengan ditemukannya efisiensi total maka perhitungan untuk menentukan daya maksimal akan dapat dilakukan. Dari rumus diatas maka dapat dilihat hubungan suhu dan daya maksimal yang dapat dihasilkan, dengan naiknya suhu kerja PV maka akan turun efisiensi elektrik dari PV tersebut namun juga dengan adanya perubahan suhu yang drastis maka nilai efisiensi *thermal* akan meningkat juga [21].

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini mengacu pada metode pelaksanaan dari kegiatan. Berikut adalah diagram alir penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mencari referensi penelitian – penelitian sebelumnya yang telah dilakukan berupa *paper*, artikel, dan laporan penelitian yang serupa. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari mengenai prinsip kerja PV cooling, serta sensor dan variabel yang akan digunakan pada penelitian.

Setelah referensi yang akan digunakan telah didapat, akan dilakukan perancangan *solar tracker* dan perancangan *PV water cooling* yang akan digunakan. Hasil dari perancangan merupakan metode PV cooling yang kemudian digunakan sebagai metode pada penelitian. Metode yang digunakan adalah:

- A. Metode Solar Tracking
- B. Metode Water Cooling

### 3.3. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan dua buah PV panel dimana satu PV panel akan dipasang dengan sistem statis tanpa tambahan *Solar Tracker* dan *Water Cooling*. Satu PV panel yang lain akan dipasang dengan sistem *Solar Tracker* dan *Water Cooling* secara bergantian, selanjutnya sistem *Solar Tracker* dan *Water Cooling* dipasang pada PV secara bersamaan. Pengambilan data meliputi pengukuran tegangan, arus, suhu dan intensitas cahaya matahari.

Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### A. Panel PV

Panel yang digunakan dalam penelitian ini adalah panel My Solar MY50M-12 dengan daya maksimal 50 WP dan efisiensi 16,93%. Panel tersebut memiliki panjang 0.67 dan lebar 0.56 m. Panel dapat menghasilkan tegangan maksimal sebesar 17,6 V dan juga arus maksimal 2.86 A.

Tabel 3.1 Spesifikasi Modul PV

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Pmax	50W
Vmp	17.6V
Imp	2.86A
Voc	22V
Isc	3.03A
Max System Voltage	700V
Temperature range	-45°C - 85°C
Dimension	54 cm x 65 cm
Efficient	14.2%
Weight	4.2 Kg

#### B. Arduino Mega

Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler pada perangkat pengambilan data suhu pada metode water cooling dan kontrol pada solar tracker.

Tabel 3.2 Spesifikasi Arduino

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Tegangan input	5-12V
Pin I/O	54
Pin Analog Input	16
Arus DC	20mA
SRAM	8 KB
Clock Speed	16 MHz
Memory Flash	256 KB

### C. Motor Stepper

Motor stepper digunakan sebagai alat penggerak pada solar tracker yang dihubungkan dengan arduino yang telah diprogram menggunakan laptop.

Tabel 3.3 Spesifikasi Motor Stepper

Spesifikasi	Keterangan
Step Angel	1.8°
Phase	2
Rated Voltage	2.8 V
Rated Current	3.5 A
Resistance	0.8 ohm
Inductance	2.4 mH
<i>Holding Torque</i>	1.3 Nm
Rotor Inertia	260gcm <sup>2</sup>

### D. Sensor LDR

Sensor LDR digunakan sebagai alat pendeteksi arah sinar matahari yang nantinya dihubungkan pada arduino untuk mengontrol motor stepper.

Tabel 3.4 Spesifikasi Sensor LDR

Spesifikasi	Keterangan
Arus Maksimum	100 mA
Waktu Respon	20 ms
Tegangan Maksimum	100 V
Suhu Operasi	-30°C - 70°C
Resistansi	10Ohm – 100kOhm

### E. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor arus digunakan untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel sensor yang digunakan adalah Sensor Arus INA219

Tabel 3.5 Spesifikasi Sensor Arus dan Tegangan

Spesifikasi	Keterangan
Resistor Current Sense	0.1 Ohm
Voltage Max	26 V
Current Max	3.2 A
Dimension	2 x 2.2 cm

## F. Sensor Suhu

Sensor suhu digunakan untuk melihat perbedaan yang terjadi pada PV yang tidak menggunakan *water cooling* dan PV yang diberi *water cooling*

Tabel 3.6 Spesifikasi Sensor Suhu

Spesifikasi	Keterangan
Temperature Range	-70°C - 380 °C
Accuracy	0.5 °C
Measurement Resolution	0.02 °C
Dimension	1.1 x 1.1 cm

## G. Pompa Air

Pompa air digunakan untuk metode *water cooling* yang menggunakan air sebagai media pendingin ya dialirkan di atas modul *photovoltaic cel* (PV).

Tabel 3.7 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Keterangan
Power	-5 W
Water Flow	230 l/hour
Hmax	1 m

## H. Laptop

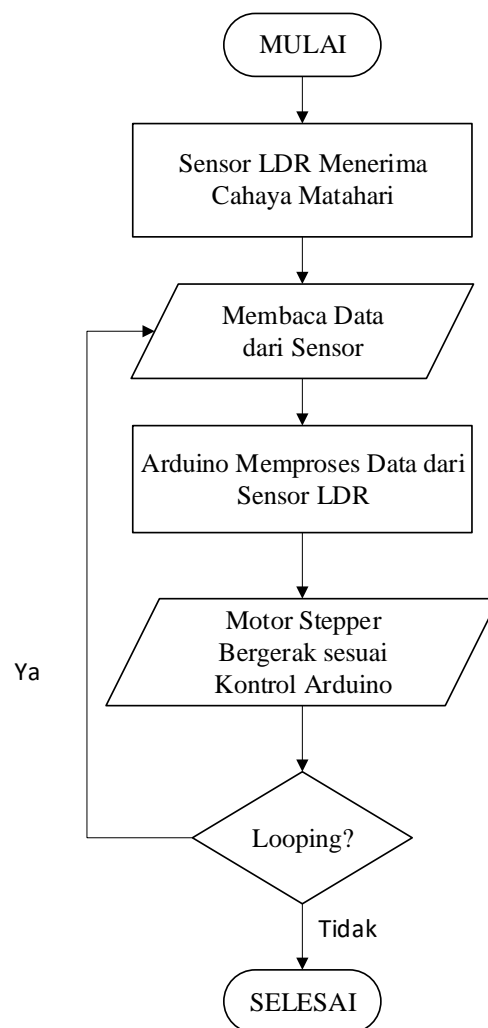
Laptop berfungsi sebagai pemrogram arduino untuk membaca suhu pada panel dan mengontrol motor stepper.

## I. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan, arus yang dihasilkan oleh PV.

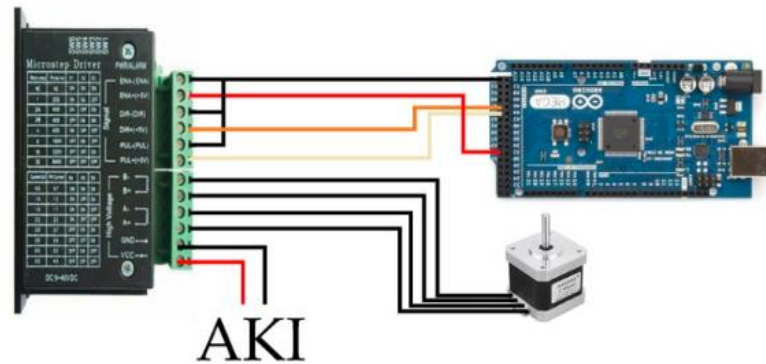
### 3.4. Hasil Desain

Dalam tahap penelitian ini akan menghasilkan desain, desain yang dibutuhkan adalah gambar rangkaian pada sensor yang akan digunakan dalam penelitian kali ini. Gambar rangkaian dibuat bertujuan untuk memperjelas rangkaian yang dibutuhkan agar sensor dapat bekerja dengan optimal.



Gambar 3.2 Diagram Alir Solar Tracker

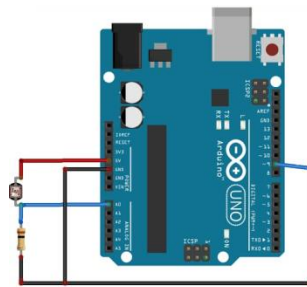
### A. Desain Rangkaian Motor Solar Tracker



Gambar 3.3 Desain Rangkaian Motor Solar Tracker

Pada rangkaian ini motor yang digunakan adalah yang mempunyai torsi sampai dengan 12Ncm dan menggunakan driver motor

### B. Desain Rangkaian Sensor LDR Solar Tracker

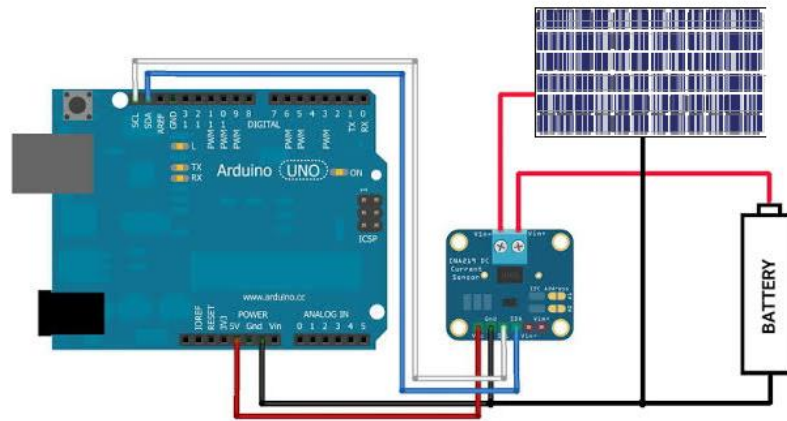


Gambar 3.4 Desain Rangkaian Sensor LDR Solar Tracker

Sensor ldr pada rangkaian berfungsi untuk mendeteksi arah sinar matahari yang datang yang nantinya akan dibaca oleh arduino dan menghasilkan output berupa pergerakan pada motor stepper untuk mengarah ke arah datangnya sinar matahari

### C. Desain Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan

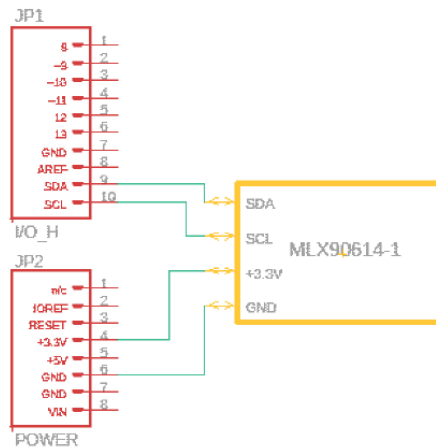




Gambar 3.5 Desain Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan

Sensor arus yang digunakan pada rangkaian adalah sensor INA219 untuk mendeteksi arus dan tegangan yang keluar dari PV yang nantinya akan divalidasi menggunakan multimeter.

#### D. Desain Rangkaian Sensor Suhu



Gambar 3.6 Desain Rangkaian Sensor Suhu

Sensor yang digunakan pada rangkaian adalah sensor MLX90614 yang digunakan untuk membaca suhu pada permukaan panel yang nantinya akan divalidasi menggunakan thermogun.

### 3.5. Pengolahan Data

Pengambilan data pada penelitian ini akan dilakukan pada 4 kondisi antara lain:

- A. Tanpa Cooling, Tanpa Tracking
- B. Water Cooling, Tanpa Tracking
- C. Tanpa Cooling, Tracking
- D. Water Cooling, Tracking

Variabel yang diambil dalam penelitian ini antara lain:

- A. Tegangan (Volt)
- B. Arus (Ampere)
- C. Suhu (Celcius)

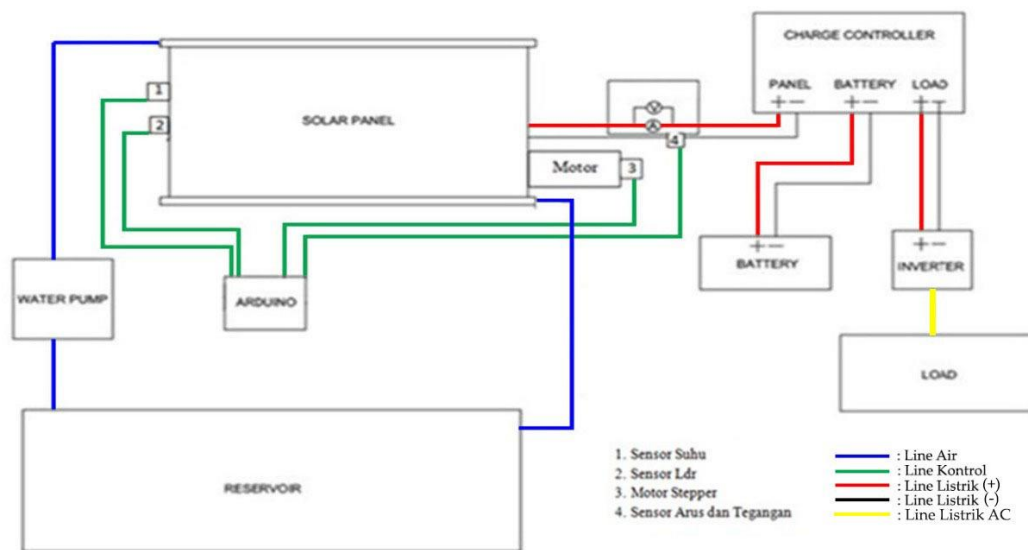
Setelah seluruh data didapat, hal yang dilakukan adalah menganalisa data. Data yang telah didapatkan diolah adalah data tegangan, arus, daya, efisiensi, dan suhu. Data tersebut diolah kedalam bentuk grafik, sehingga didapat gambaran perubahan nilai yang terjadi selama pengambilan data.

Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan tinggi daya, besar efisiensi, serta perbedaan suhu. Perhitungan dilakukan untuk menganalisa lebih lanjut mengenai perbedaan antara hasil pengukuran terhadap pengukuran manual menggunakan Multimeter dan thermogun.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Metode Keseluruhan



Gambar 4.1 Rangkaian Keseluruhan

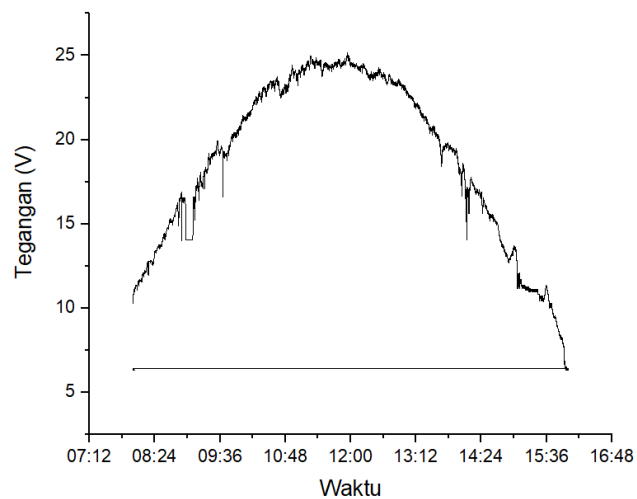
Pengujian dilakukan selama 7 hari dimulai dari hari Jumat, 17 Juli 2020 sampai dengan hari Kamis, 23 Juli 2019 dengan rentang waktu pengujian selama 8 jam dari pukul 08.00 sampai pukul 16.00 berlokasi di Kelurahan Ngasinan, Kecamatan Jebres. Menggunakan Panel PV MY50M 50WP, Sensor INA219 untuk mengukur arus dan tegangan, dan sensor MLX90614 untuk mengukur suhu mengukur panel dengan Tracking dan Tanpa Tracking Sedangkan untuk validasi data menggunakan Multimeter untuk melakukan pengukuran arus dan tegangan dan thermogun untuk mengukur suhu pada modul PV. Untuk mencatat hasil pembacaan sensor digunakan Arduino Mega dan data disimpan kedalam SD card.

#### 4.1.1 Metode No Cooling Tanpa Tracking

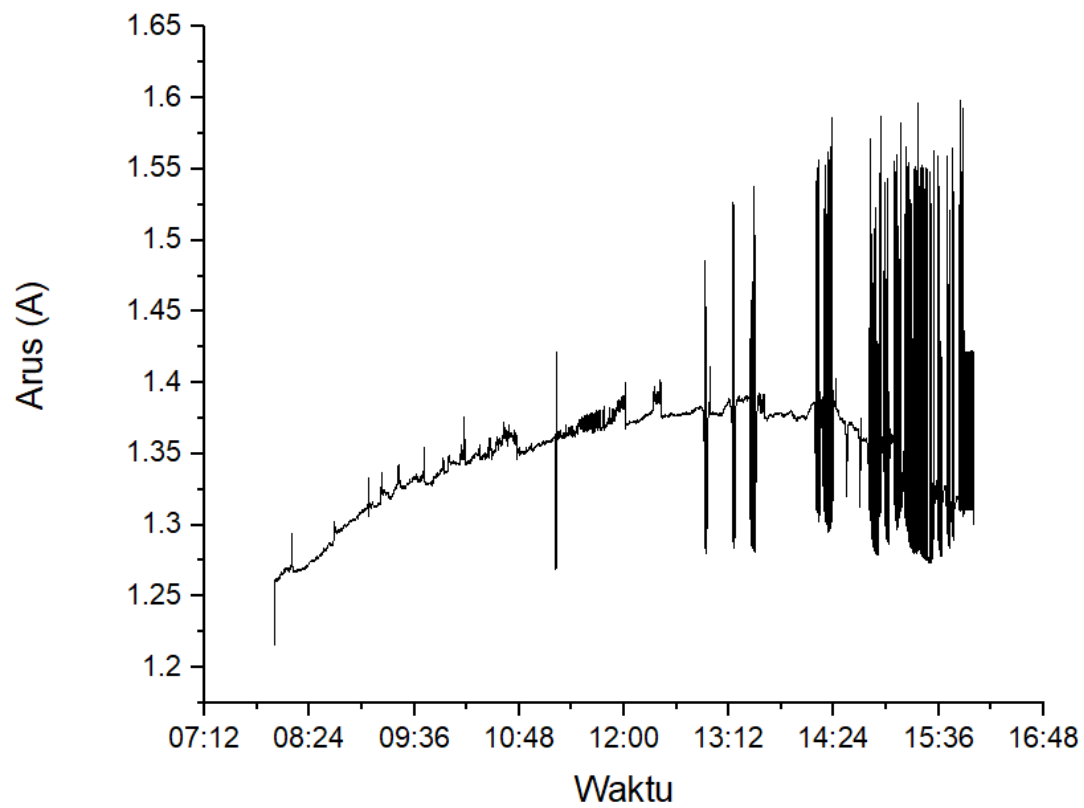


Gambar 4.2 Metode No Cooling Tanpa Tracking

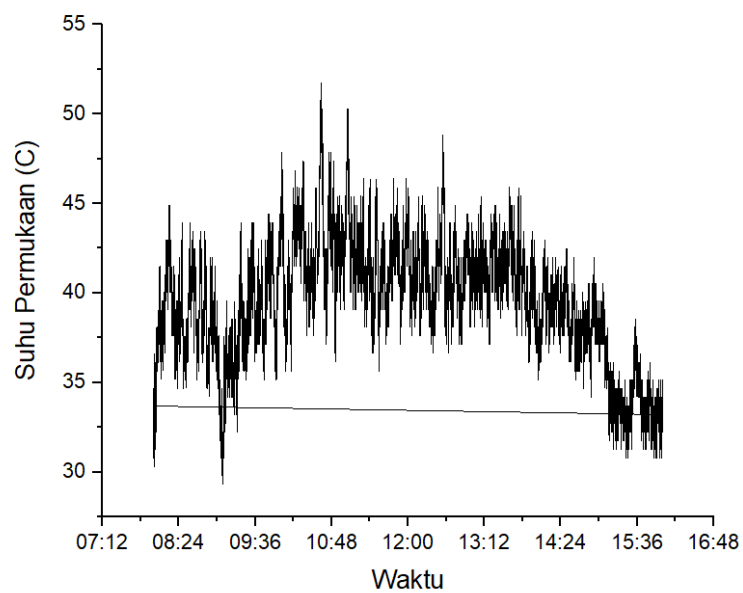
Berikut adalah hasil dari pengambilan data metode No Cooling Tanpa Tracking yang telah diambil



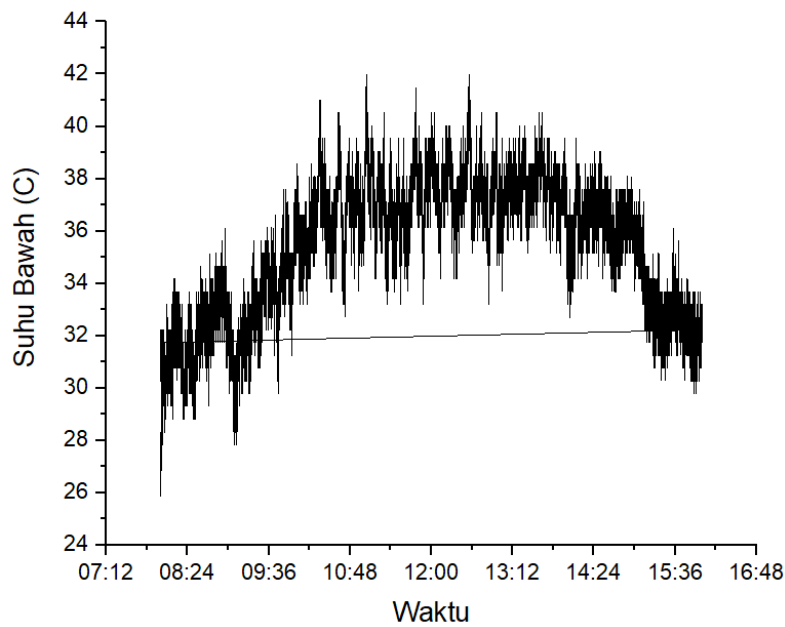
Gambar 4.3 Grafik Tegangan Metode No Cooling Tanpa Tracking



Gambar 4.4 Grafik Arus Metode No Cooling Tanpa Tracking



Gambar 4.5 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode No Cooling Tanpa Tracking



Gambar 4.6 Grafik Suhu Bawah Panel Metode No Cooling Tanpa Tracking

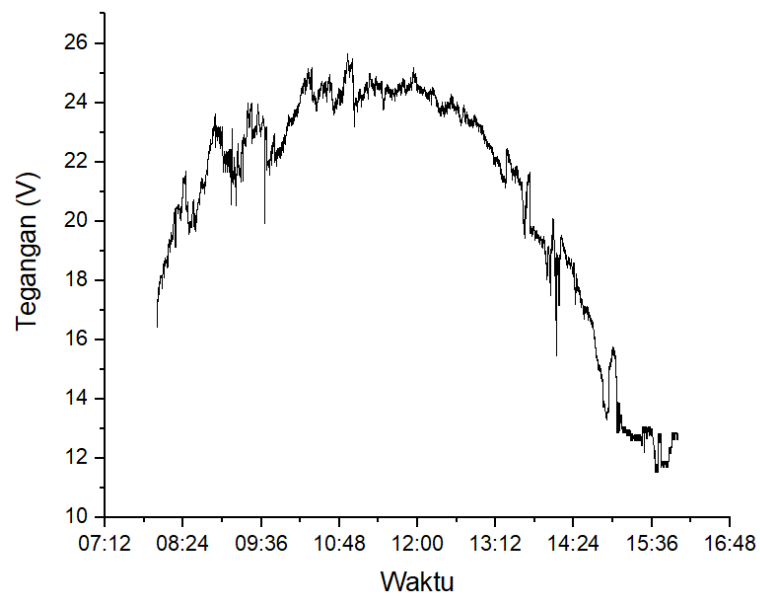
Dari beberapa grafik diatas dapat dilihat bahwa metode no cooling tanpa tracking memiliki nilai tegangan rata rata sebesar 19.81 volt, arus rata rata sebesar 1.34 ampere dan suhu permukaan dan bawah panel sebesar 39.4°C dan 35.2°C. Grafik arus memiliki noise, hal ini terjadi karena wiring dan grounding yang kurang baik. Sedangkan penurunan yang terjadi pada grafik suhu dan tegangan terjadi dikarenakan terjadinya mendung.

#### 4.1.2 Metode Water Cooling Tanpa Tracking

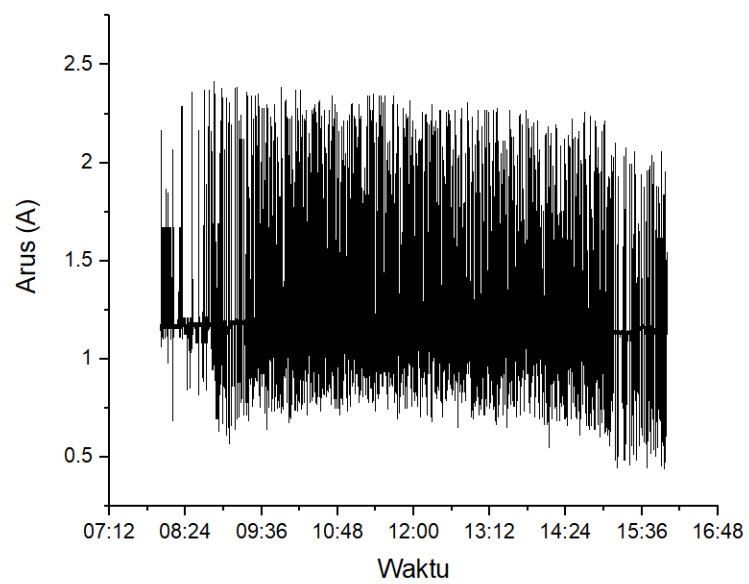


Gambar 4.7 Metode Cooling Tanpa Tracking

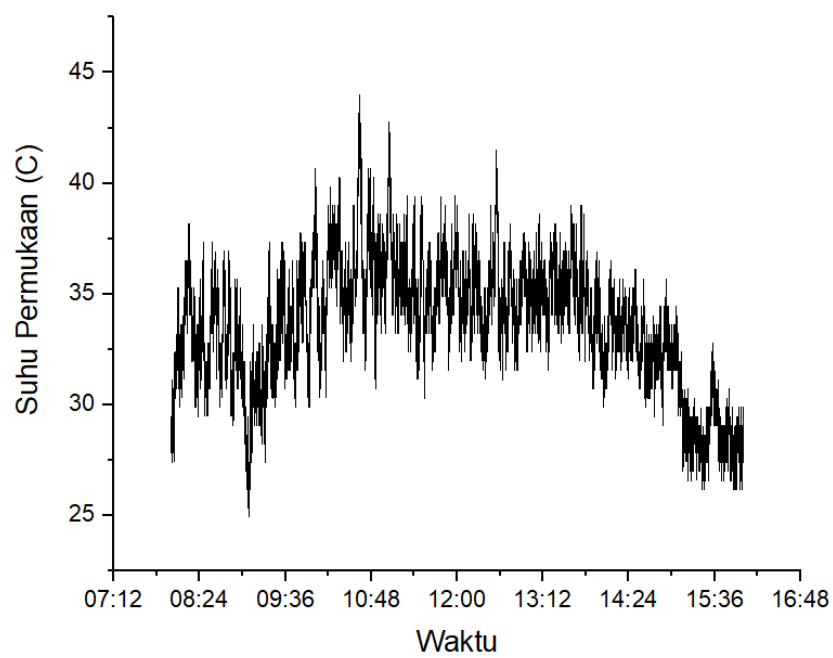
Berikut adalah hasil dari pengambilan data metode Cooling Tanpa Tracking yang telah diambil



Gambar 4.8 Grafik Tegangan Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking

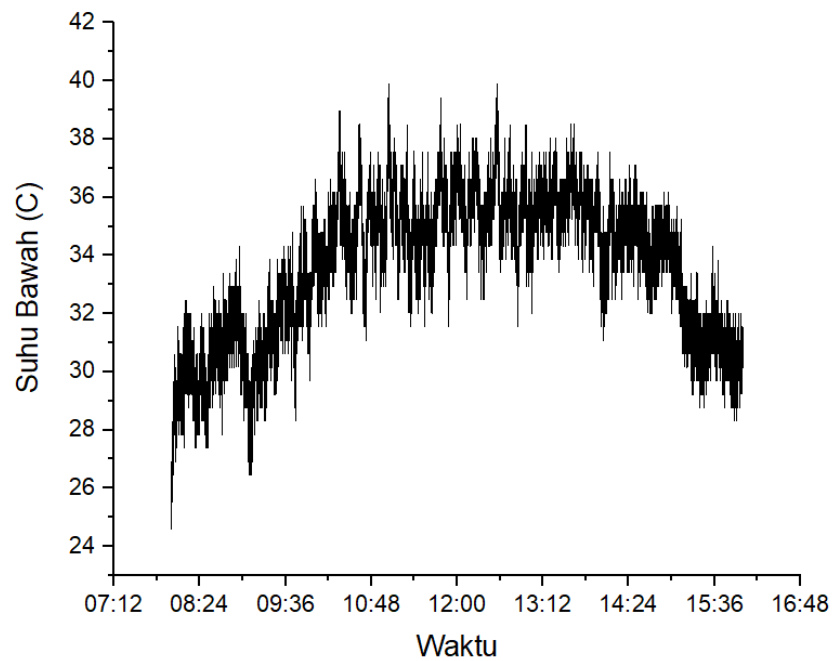


Gambar 4.9 Grafik Arus Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking



Gambar 4.10 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking





Gambar 4.11 Grafik Suhu Bawah Panel Metode Water Cooling Tanpa Tracking

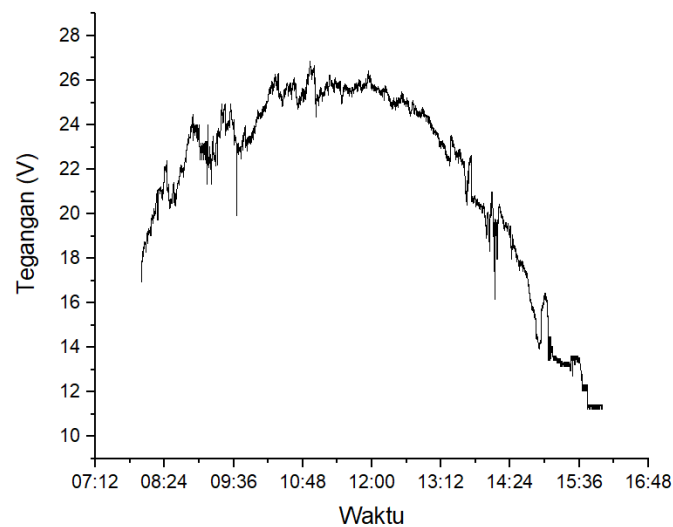
Dari beberapa grafik diatas dapat dilihat bahwa metode water cooling tanpa tracking memiliki nilai tegangan rata rata sebesar 20.051 volt, arus rata rata sebesar 1.473 ampere dan suhu permukaan dan suhu bawah panel sebesar 33.5°C dan 29.9°C. Grafik arus memiliki noise yang tinggi hal ini terjadi karena wiring dan grounding yang kurang baik pada rangkaian. Sedangkan penurunan yang terjadi pada grafik suhu dan tegangan terjadi dikarenakan terjadinya mendung.

#### 4.1.3 Metode No Cooling Dengan Tracking

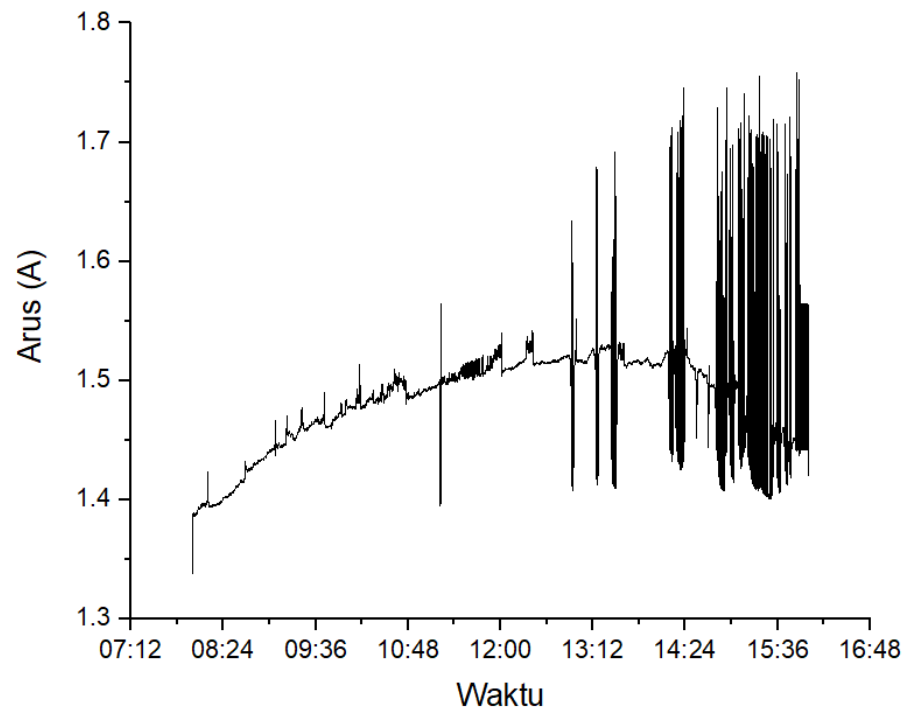


Gambar 4.12 Metode No Cooling Dengan Tracking

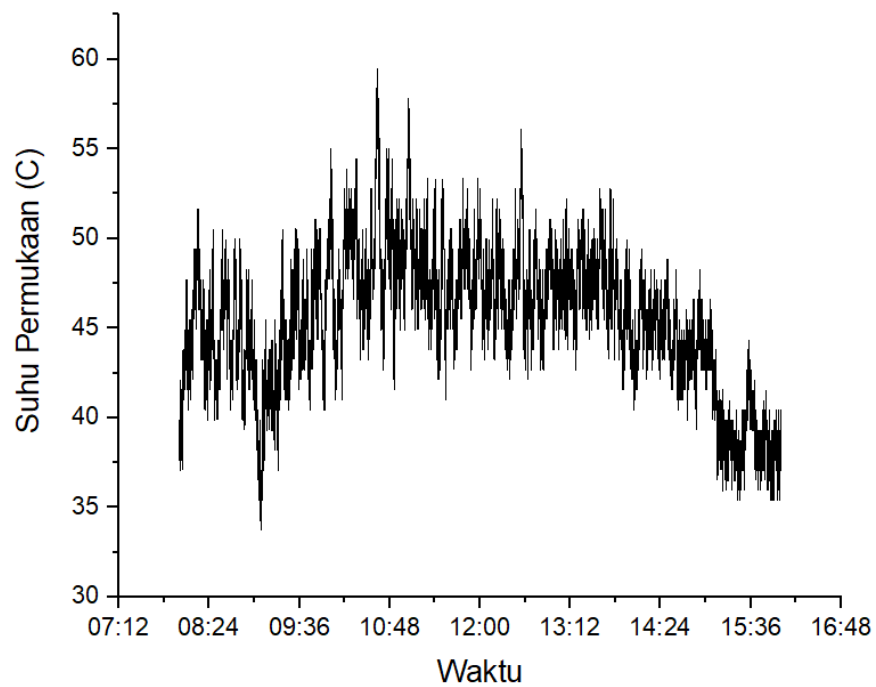
Berikut adalah hasil dari pengambilan data metode No Cooling Dengan Tracking yang telah diambil



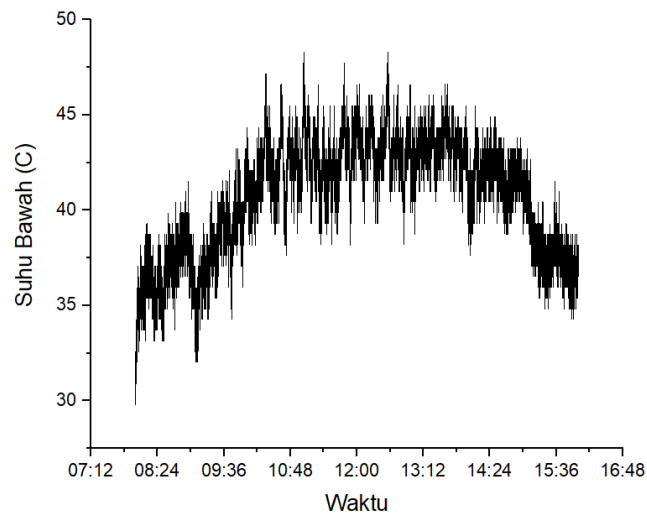
Gambar 4.13 Grafik Tegangan Panel Metode No Cooling Dengan Tracking



Gambar 4.14 Grafik Arus Panel Metode No Cooling Dengan Tracking



Gambar 4.15 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode No Cooling Dengan Tracking



Gambar 4.16 Grafik Suhu Bawah Panel Metode No Cooling Dengan Tracking

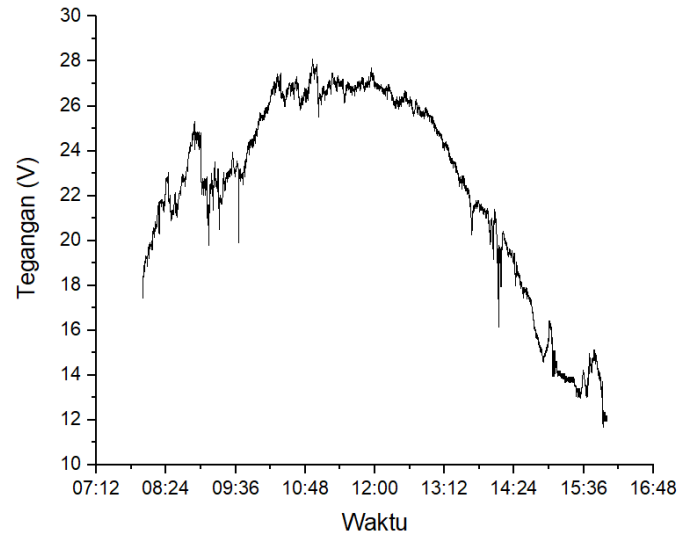
Dari beberapa grafik diatas dapat dilihat bahwa metode no cooling dengan tracking memiliki nilai tegangan rata rata sebesar 21.058 volt, arus rata rata sebesar 1.476 ampere dan rata rata suhu permukaan dan bawah panel 41,4°C dan 37,02 °C. Grafik arus memiliki noise, hal ini terjadi karena wiring dan grounding yang kurang baik. Sedangkan penurunan yang terjadi pada grafik suhu dan tegangan terjadi dikarenakan terjadinya mendung.

#### 4.1.4 Metode Water Cooling Dengan Tracking

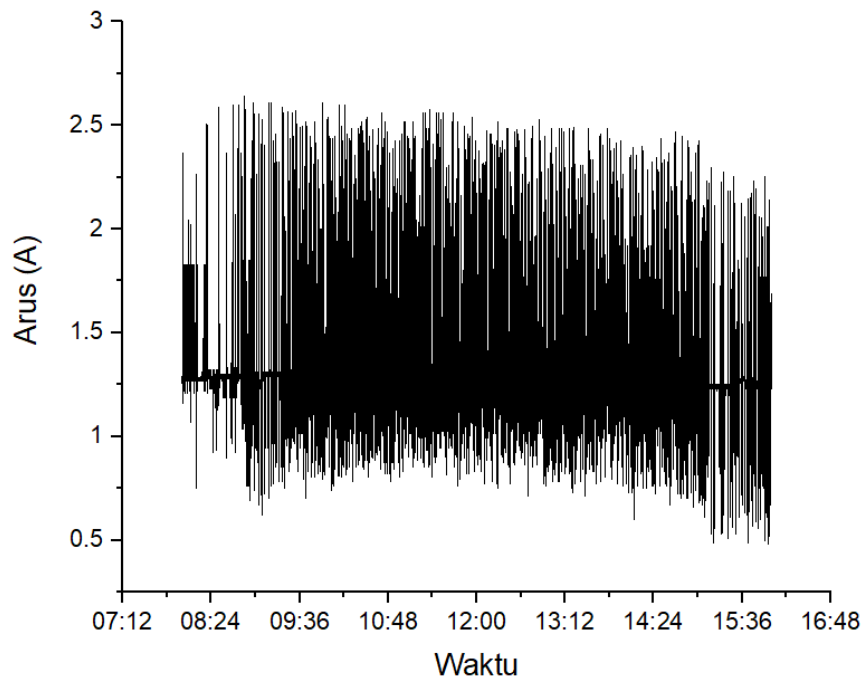


Gambar 4.17 Metode Cooling Dengan Tracking

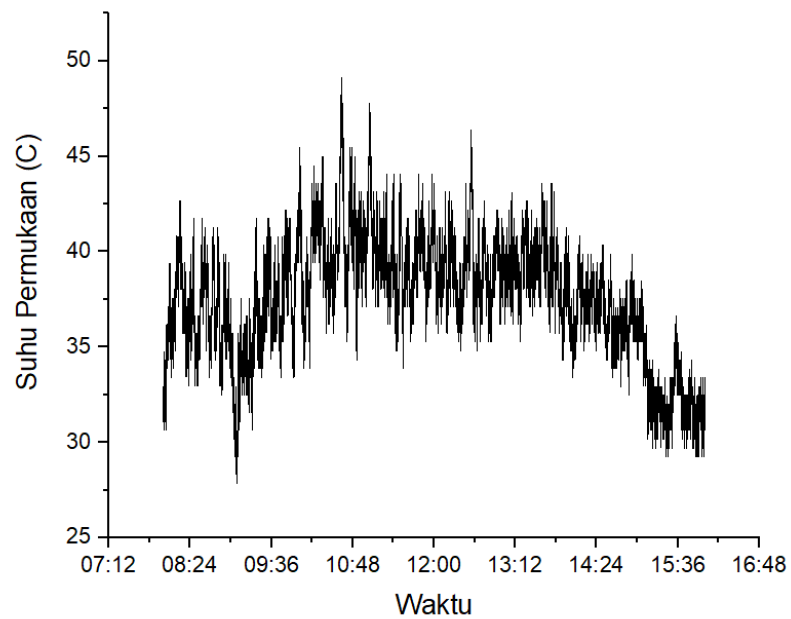
Berikut adalah hasil dari pengambilan data metode Cooling Dengan Tracking yang telah diambil



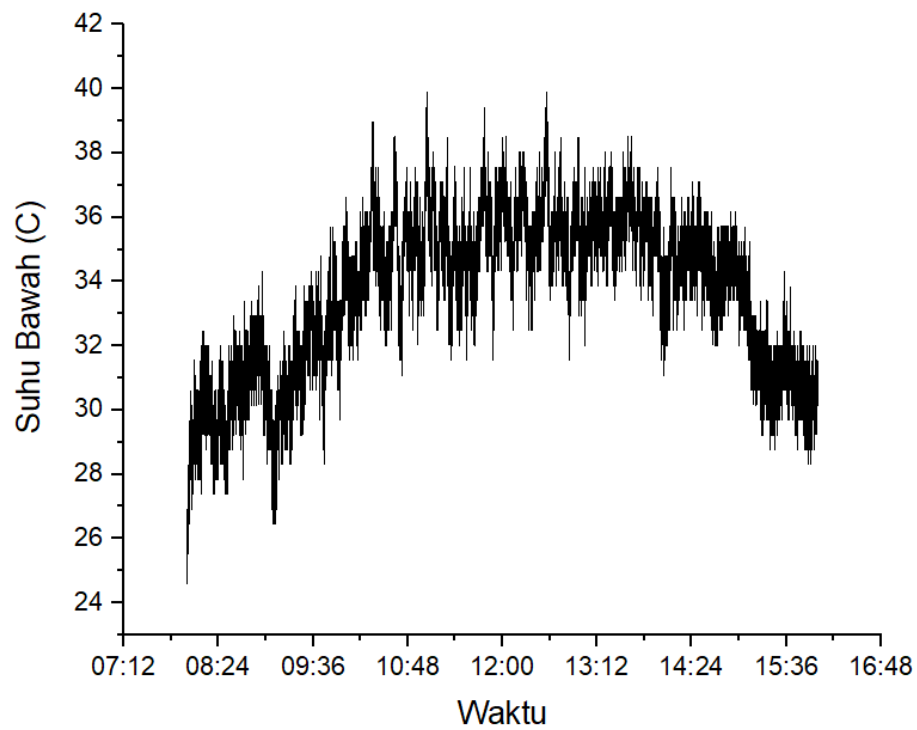
Gambar 4.18 Grafik Tegangan Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking



Gambar 4.19 Grafik Arus Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking



Gambar 4.20 Grafik Suhu Permukaan Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking

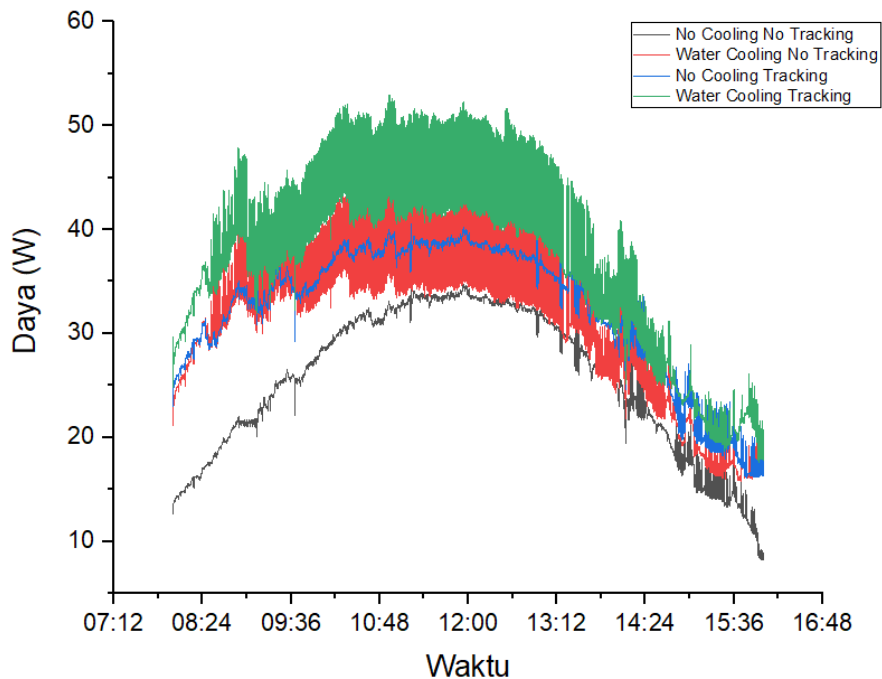


Gambar 4.21 Grafik Suhu Bawah Panel Metode Water Cooling Dengan Tracking

Dari beberapa grafik diatas dapat dilihat bahwa metode Water cooling dengan tracking memiliki nilai tegangan rata rata sebesar 21.37 volt dan arus rata rata sebesar 1.54 ampere dan rata rata suhu permukaan dan bawah panel sebesar 35.5°C dan 31.7°C. Grafik arus memiliki noise yang tinggi hal ini terjadi karena wiring dan grounding yang kurang baik pada rangkaian. Sedangkan penurunan yang terjadi pada grafik suhu dan tegangan terjadi dikarenakan terjadinya mendung.

#### 4.2 Analisa Metode Keseluruhan

Grafik 4.22 menunjukkan bahwa dari ketiga metode yang telah dilakukan dan dibandingkan dengan keadaan normal tanpa metode, untuk metode Water Cooling dengan Tracking menghasilkan tegangan rata – rata tertinggi yaitu sebesar 21.37 volt dengan nilai tertinggi sebesar 28.57 volt kemudian metode no cooling dengan tracking sebesar 21.05 volt dengan nilai tertinggi 26.4 volt dan terakhir metode water cooling tanpa tracking sebesar 20.05 volt dengan nilai terbesar 25.7 volt.

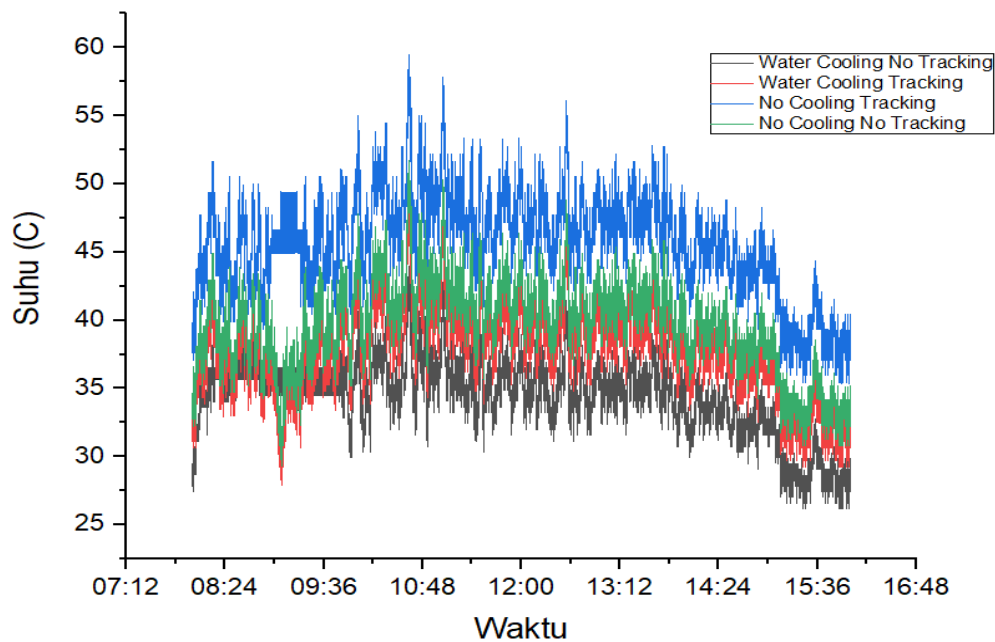


Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Output Daya

Metode water cooling dengan tracking sendiri memiliki rata – rata arus tertinggi yaitu 1.54 ampere dengan nilai arus tertinggi sebesar 2.31 ampere dan

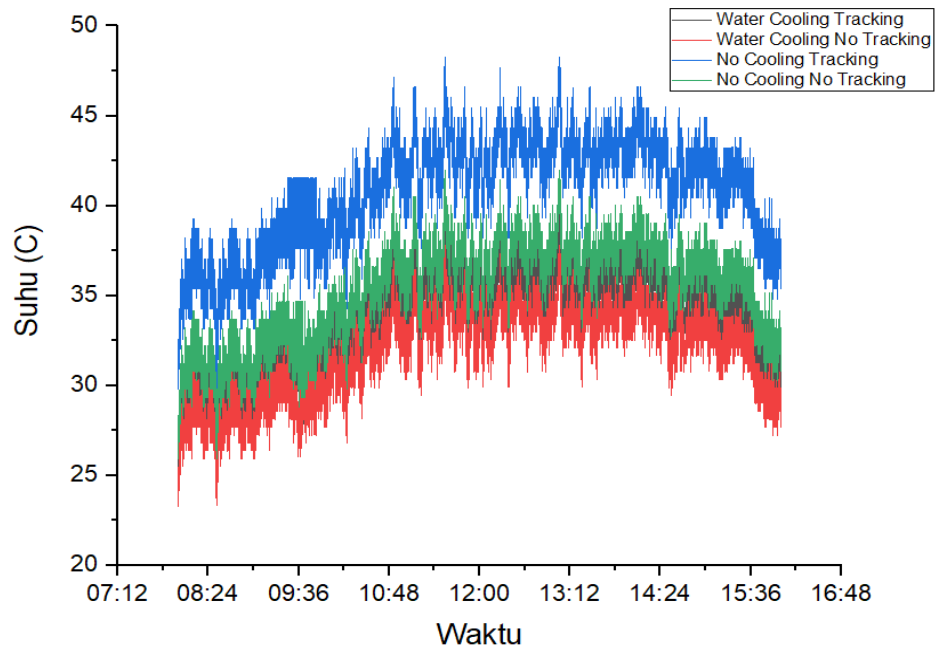
memiliki rata rata daya sebesar rata – rata sebesar 32.9 Watt. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode water cooling dengan tracking memiliki kenaikan output daya paling tinggi sebesar 24.2% atau sebesar 2.5 - 6.8 W dibanding pemasangan PV tanpa metode. Untuk Metode No Cooling Tracking memiliki rata rata daya output sebesar 31.08 Watt dimana metode tersebut menghasilkan daya lebih besar dari pada PV tanpa metode sebesar 16.3% atau sebesar 2.1 - 5.1 W. Terakhir metode water cooling no tracking memiliki daya output rata rata sebesar 29.53 Watt yang berarti menghasilkan daya lebih besar dari PV tanpa metode sebesar 11.4% atau sebesar 1.5 – 4.8 W.

Grafik 4.22 juga menunjukan metode no cooling tanpa tracking dan metode water cooling no tracking memiliki noise yang lebih tinggi dibanding metode yang lain, hal tersebut terjadi karena wiring dan grounding pada metode no cooling tanpa tracking dan water cooling tanpa tracking kurang baik dari metode lain sehingga menimbulkan noise yang cukup besar. Sedangkan penurunan yang terjadi pada grafik suhu dan tegangan terjadi dikarenakan terjadinya mendung.



Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan





Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Suhu Ambient

Grafik 4.23 dan 4.24 menunjukkan bahwa suhu paling rendah didapatkan pada metode water cooling tanpa tracker dengan rata rata suhu permukaan sebesar  $33.5^{\circ}\text{C}$  dan rata rata suhu pada bawah panel sebesar  $29.9^{\circ}\text{C}$ . Metode water cooling tanpa tracking dapat menurunkan suhu pada modul PV sebesar 13.28% atau sekitar 4 sampai  $10^{\circ}\text{C}$  dibanding dengan pemasangan PV menggunakan metode no cooling no tracking atau keadaan normal.

Metode water cooling tanpa tracking memiliki suhu lebih rendah dari pada water cooling dengan tracking. Hal tersebut terjadi karena metode water cooling tanpa tracking tidak tegak lurus kepada matahari secara langsung yang menjadikan suhu pada metode water cooling tanpa tracking tidak setinggi suhu pada metode water cooling dengan tracking.

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Effisiensi

Method	Rata rata Tegangan	Rata rata Arus	Rata rata Daya	Suhu Permukaan	Suhu Ambient	$\eta_{electric}$	$\eta_{thermal}$	$\eta_o$
No Cooling No Tracking	19.81 V	1.34 A	26.54 W	39.4 °C	35.2 °C	18.7 %	0.01 %	18.71%
Water Cooling No Tracking	20.051 V	1.473 A	29.53 W	33.05 °C	29.9 °C	19.3 %	0.08 %	19.38 %
No Cooling Tracking	21.058 V	1.476 A	31.08 W	41.4 °C	37.02 °C	18.5 %	-0.21 %	18.29 %
Water Cooling Tracking	21.37 V	1.54 A	32.9 W	35.5 °C	31.07 °C	19.1 %	0.04 %	19.14 %

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa metode water cooling tanpa tracking memiliki kenaikan efisiensi sebesar 0.67 % dibandingkan tanpa metode atau metode no cooling tanpa tracking. Sedangkan untuk metode no cooling dengan tracking memiliki penurunan efisiensi 0.42 % dibandingkan tanpa metode dan metode water cooling dengan tracking memiliki kenaikan sebesar 0.43 % dibandingkan tanpa metode. Perbedaan kenaikan tersebut disebabkan oleh turunnya suhu pada benda.

Penggunaan daya yang digunakan pada setiap metode berbeda untuk metode water cooling tanpa tracking menggunakan pompa 5 watt dan beban lampu bolam 5 watt yang menjadikan rata rata daya yang masuk pada baterai sebesar 19.5 watt. Metode no cooling dengan tracking menggunakan motor stepper 9 watt dan beban lampu bolam sebesar 5 watt yang menjadikan rata rata daya yang masuk pada baterai sebesar 17.06 watt. Metode water cooling dengan tracking menggunakan motor stepper 9 watt pompa 5 watt dan beban lampu bolam 5 watt yang menjadikan rata rata daya yang masuk pada baterai sebesar 13.9 watt. Penggunaan metode metode tersebut kurang efektif untuk *photovoltaic cell* (PV) berskala kecil.

### 4.3 Validasi Data

Pada penelitian ini validasi pada pengukuran tegangan dan arus menggunakan Multimeter dan pengukuran suhu menggunakan thermogun yang dilakukan pada metode no cooling tanpa tracking.

Tabel 4.2 Tabel Pengukuran Arus dan Tegangan Metode No Cooling Tanpa Tracking

Jam	Tegangan Sensor	Tegangan Multimeter	Error (%)	Arus Sensor	Arus Multimeter	Error (%)
08:00	10.28V	10.69V	3.9	1.30A	1.33A	2.3
09:00	13.97V	14.58V	4.2	1.33A	1.37A	3
10:00	20.91V	21.83V	4.3	1.34A	1.4A	4.3
11:00	22.46V	23.50V	4.5	1.35A	1.41A	4.3
12:00	23.31V	24.15V	3.5	1.36A	1.4A	2.9
13:00	24.20V	24.85V	2.7	1.41A	1.49A	5.4
14:00	19.14V	20.1V	4.8	1.37A	1.43A	4.2
15:00	14.69V	15.32V	4.2	1.3A	1.39A	6.5
16:00	7.41V	7.77V	4.7	1.29A	1.34A	3.8

Hasil dari pengujian yang telah disajikan pada tabel 4.1, dapat dilihat bahwa hasil pengukuran yang dihasilkan oleh sensor memiliki akurasi yang tinggi dengan rata – rata *error* sebesar 4,08%. Maka dapat dikatakan bahwa sensor tegangan dan arus memiliki akurasi yang tinggi yaitu sebesar 95.92%.

Dari table 4.2 menunjukkan bahwa sensor tegangan memiliki tingkat akurasi yang cukup rendah dan pada grafik 4.2 juga dapat kita lihat bahwa sensor arus memiliki akurasi yang rendah pula karena nilai memiliki error yang cukup tinggi dan dari data yang didapat kita lihat bahwa sensor memiliki simpangan rata rata sebesar 0.95% yang berarti sensor tersebut memiliki presisi yang tinggi dan sudah dapat mengukur tegangan dan arus selama penelitian berlangsung.

Tabel 4.3 Tabel Pengukuran Suhu Metode No Cooling Tanpa Tracking

Jam	Suhu Permukaan Sensor	Suhu Permukaan Thermogun	Error (%)	Suhu Bawah Sensor	Suhu Bawah Thermogun	Error (%)
08:00	33.6 °C	35.2 °C	4.6	28.3 °C	30.1 °C	6
09:00	37.1 °C	38.9 °C	4.7	32.7°C	34.2 °C	4.4
10:00	39.5 °C	41.2 °C	4.2	35.6 °C	36.7 °C	3
11:00	43.4 °C	44.5 °C	2.5	37.1 °C	38.1 °C	2.7
12:00	44.9 °C	45.9 °C	2.2	38.1 °C	39.7 °C	4.1
13:00	39.6 °C	40.1 °C	1.3	37.2 °C	39.2 °C	5.2
14:00	39.1 °C	40.9 °C	4.5	36.1 °C	38.2 °C	5.5
15:00	37.1 °C	38.2 °C	2.9	35.6 °C	37.8 °C	5.9
16:00	33.2°C	34.9 °C	4.9	32.2°C	34.2 °C	5.9

Pengujian Dari hasil pengujian yang telah disajikan pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran yang dihasilkan oleh sensor memiliki akurasi yang tinggi dengan rata – rata *error* sebesar 4,13%. Maka dapat dikatakan bahwa sensor suhu memiliki akurasi 95.87%.

Dari grafik 4.3 menunjukkan bahwa sensor suhu memiliki error yang cukup tinggi dan tingkat akurasi yang rendah karena data menunjukka selisih yang cukup besar dan dari data yang di dapat kita lihat bahwa sensor memiliki simpangan rata rata sebesar 0.59% yang berarti sensor tersebut memiliki presisi yang tinggi dan sudah dapat mengukur suhu selama penelitian berlangsung.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Perancangan *photovoltaic cell* (PV) dengan *solar tracker* telah berhasil dilakukan menggunakan penggerak utama berupa motor stepper dan arduino sebagai controller.
2. Perancangan *photovoltaic cell* (PV) dengan *water cooling* telah berhasil dilakukan menggunakan penggerak utama berupa pompa untuk mengalirkan air.
3. Penggunaan metode *water cooling* terbukti dapat menyebabkan kenaikan daya dengan dikombinasikan dengan metode lainya maupun tanpa metode lain. Terjadi kenaikan daya disebabkan *water cooling* sebesar 11.4% dibandingkan dengan daya *output* awal. dan kenaikan efisiensi sebesar 0.67% pada bagian suhu terjadi penurunan pada metode ini sebesar 13.28% dibanding dengan suhu normal.
4. Dengan penggunaan metode *Tracking* daya yang dihasilkan oleh panel terbukti meningkat sebanyak 16.3% dan penurunan efisiensi sebesar 0.42% dibandingkan tanpa metode saat tidak dikombinasikan dengan *water cooling* dan kenaikan output sebesar 24.2% dan kenaikan efisiensi sebesar 0.43% saat dikombinasikan dengan *water cooling*. Untuk bagian suhu, *water cooling* kurang mampu menurunkan suhu panel karena disaat bersamaan panel tegak lurus terhadap matahari.
5. Metode yang telah diuji coba kurang efektif untuk digunakan pada modul *photovoltaic cell* (PV) berskala kecil.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan lebih lanjut dari skripsi ini diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Pada metode tracking sebaiknya menggunakan actuator linear karena lebih mudah digunakan dan memiliki gaya yang lebih kuat

2. Untuk mengimplementasikan efek water cooling yang lebih akurat sebaiknya menggunakan air yang cukup dan tidak terlalu sedikit.
3. Sebaiknya pengambilan data dilakukan pada musim kemarau agar meminimalisir terjadinya hujan dan mudah mendapatkan data yang dibutuhkan.
4. Modul *photovoltaic cell* (PV) yang digunakan diharapkan tidak terlalu kecil agar daya yang masuk lebih efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian ESDM Republik Indonesia. “RUPTL PT PLN 2018-2027 : Pertumbuhan yang Realistis dan Meningkatkan Target EBT.” <http://ebtke.esdm.go.id/post/2018/03/14/1908/ruptl.pt.pln.20182027.pertumbuhan.yang.realistis.dan.meningkatkan.target.ebt?lang=en>. 23 Juli 2020
- [2] N.A. Handayani, D. Ariyanti. “Potency of Solar Energy Applications in Indonesia.” *Int. Journal of Renewable Energy Development (IJRED)*., vol. 2, pp. 33-38. 2012.
- [3] R. Ali and S. Celik, “Effect of Cooling on Solar Panel Performance,” *Int. Proc. Chem. Biol. Environ. Eng.*, vol. 100, pp. 118–123, 2017.
- [4] Hachicha, A.A., Ghenai, C. and Hamid, A.K., “Enhancing the performance of a photovoltaic module using different cooling methods,” *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, vol. 9, no. 9, pp.1106-1109. 2015.
- [5] J, Siecker. K, Kusakana. B,P, Numbi. “A Review of Solar Photovoltaic Systems Cooling Technologies.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 79, pp 192-203. 2017.
- [6] Asri, Muhammad. Serwin. “Rancang Bangun Solar Tracker System untuk Optimasi Output Daya Pada Panel Surya.” *Jurnal Instek Informatika dan Sains.*, vol. 4, pp 11-20. 2019.
- [7] H. Tabaei and M. Ameri, “Improving the effectiveness of a photovoltaic water pumping system by using booster reflector and cooling array surface by a film of water,” *Iran. J. Sci. Technol. - Trans. Mech. Eng.*, vol. 39, no. M1, pp. 51–60, 2015.
- [8] F. Grubisic-Cabo and S. Nizetic, “Photovoltaic Panels: A Review Of The Cooling Techniques,” *Trans. FAMENA*, vol. 40, no. SI-1, pp. 63–74, 2016.

- [9] J. A. Luceño-Sánchez, A. M. Díez-Pascual, and R. P. Capilla, “Materials for photovoltaics: State of art and recent developments,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, no. 4, 2019
- [10] Purwanto, Bambang Hari. “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.” *Jurnal Emitor.*, vol.18, pp 10-14, 2018.
- [11] OumaimaBendra “Optimizing Solar Cells Efficiency by Cooling Techniques,” *Capstone report Alakhwayn University*, 2017.
- [12] Jyoti Mishra. “Arduino based Dual Axis Smart Solar Tracker.” *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS).*, vol.3, pp 532-535. 2017.
- [13] Yahyoui, Imene. “Design Principles of Photovoltaic Irrigation Systems.” In *Advances in Renewable Energies and Power Technologies.*, vol.1.United Kingdom: Elseiver, 2018, pp. 295-332. 2018.
- [14] Fadhil, Muthna Jasim. “Design and Implementation of Smart Electronic Solar Tracker Based on Arduino.” *TELKOMNIKA.*, vol. 17, pp 2486-2496. 2019.
- [15] Amber, Khuram Pervez. “Experimental Performance Analysis of Two Diferent Passive Cooling Techniques for Solar Photovoltaic Installations.” *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2020.
- [16] Jamaluddin, Musthofa. “The Effect of Fins Number Variation on Aluminum Heat Sink to the Photovoltaic Performance.”*Proceedings of the 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials*, 2020.
- [17] Arifin, Zaenal. “Numerical and Experimental Investigation of Air Cooling for Photovoltaic Panels Using Aluminum Heatsinks.” *Hindawi International Journal of Photoenergy.*, vol. 2020, 2019.
- [18] Habibie, Abyan. “Experimental method for improving efficiency on photovoltaic cell with using floating installation method.” *AIP Conference Proceedings.*, 2020.



- [19] Setyohandoko, Gabriel. “ A Numerical Approach to Study the Performance of Photovoltaic Panels by using Aluminium Heat Sink.” *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*,. 2020.
- [20] Abdurahman Saleh, Ed. “Indonesia Energy Outlook”. 2019
- [21] R. Hosseini, N. Hosseini, and H. Khorasanizadeh, “An Experimental Study of Combining a Photovoltaic System with a Heating System,” *Proc. World Renew. Energy Congr. – Sweden, 8–13 May, 2011, Linköping, Sweden*, vol. 57, pp. 2993–3000, 2011.

## **LAMPIRAN**

## Lampiran 1. Pemrograman Pada Arduino

```
#include <AccelStepper.h>
#define motorInterfaceType 1
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <SPI.h>
#include "SdFat.h"

//ONLY CHANGE THIS FOR CALIBRATION
int nilaiKecepatan = 200;
int offset = 10;
//int nilaiLDRMalam = 100;
int nilaiLDRMalam = 0;

//sensor and endstop declaration
int LDR1 = A1;
int LDR2 = A0;
int nilaiLDR1, nilaiLDR2, selisih;
int vccEndStop1 = 43;
int gndEndStop1 = 41;
int endStop1 = 39;
int vccEndStop2 = 37;
int gndEndStop2 = 35;
int endStop2 = 33;

//stepper
int enablePin = 49;
int dirPin = 47;
int stepPin = 45;
```

```

//lm35
int firstlm35pin = A2;
int secondlm35pin = A3;
float firstlm35mv, firstlm35cel, secondlm35mv, secondlm35cel,
    firstlm35, secondlm35;

//ina and sd card initiation
SdFat SD;
Adafruit_INA219 ina219(0x40);
//Adafruit_INA219 ina219(0x44);
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 1000;
unsigned long detik, menit, jam;
const int chipSelect = 53;
float shuntvoltage = 0;
float busvoltage = 0;
float current_mA = 0;
float loadvoltage = 0;
float energy = 0;
File dataLog;

AccelStepper stepper = AccelStepper(motorInterfaceType, stepPin, dirPin);

void setup() {
// communication in 9600 baud rate
    Serial.begin(9600);
    SD.begin(chipSelect);
    ina219.begin();

```

```

// make arduino pinout as output for stepper
pinMode(enablePin, OUTPUT);
pinMode(stepPin, OUTPUT);
pinMode(dirPin, OUTPUT);
// make arduino pinout as output for endStop
pinMode(vccEndStop1, OUTPUT);
pinMode(gndEndStop1, OUTPUT);
pinMode(endStop1, INPUT_PULLUP);
pinMode(vccEndStop2, OUTPUT);
pinMode(gndEndStop2, OUTPUT);
pinMode(endStop2, INPUT_PULLUP);
digitalWrite(vccEndStop1, HIGH);
digitalWrite(gndEndStop1, LOW);
digitalWrite(vccEndStop2, HIGH);
digitalWrite(gndEndStop2, LOW);

// for making the driver run, this should be like this
digitalWrite(enablePin, HIGH);

// Set your speed here
stepper.setMaxSpeed(500);

}

void loop(){
  sensorLDR();
  stepperControl();
  dataLogger();
}

void dataLogger() {
  unsigned long currentMillis = millis();

```

```

if (currentMillis - previousMillis >= interval)
{
    previousMillis = currentMillis;
    sensorValues();
    Serialdata();

    detik++;
    if(detik >= 60){
        detik = 0;
        menit++;
        if(menit >= 60){
            menit = 0;
            jam++;
        }
    }
}
dataLog = SD.open("dataLog.csv", FILE_WRITE);
if (dataLog) {
    if(jam <10){
        dataLog.print("0");
    }
    dataLog.print(jam);
    dataLog.print(":");
    if(menit <10){
        dataLog.print("0");
    }
    dataLog.print(menit);
    dataLog.print(":");
    if(detik <10){
        dataLog.print("0");
    }
}

```

```

    dataLog.print(detik);
    dataLog.print(", ");
    dataLog.print(loadvoltage);
    dataLog.print(", ");
    dataLog.print(current_mA);
    dataLog.print(", ");
    dataLog.print(firstlm35cel);
    dataLog.print(", ");
    dataLog.println(secondlm35cel);
    dataLog.close();
}
}
}

void stepperControl() {
    if(nilaiLDR1 > nilaiLDRMalam && nilaiLDR2 > nilaiLDRMalam){
        digitalWrite(enablePin, LOW);
        if(digitalRead(endStop1) == LOW || digitalRead(endStop2) == LOW){
            stepper.setSpeed(0);
            digitalWrite(enablePin, HIGH);
        }else{
            if(selisih > offset){
                stepper.setSpeed(nilaiKecepatan);
                stepper.runSpeed();
            //    Serial.println("maju");
            }else if(selisih < -offset){
                stepper.setSpeed(-nilaiKecepatan);
                stepper.runSpeed();
            //    Serial.println("mundur");
            }else{
                stepper.setSpeed(0);
            }
        }
    }
}

```

```

//    Serial.println("stopp");
//
//
//
// else if(nilaiLDR1 < nilaiLDRMalam && nilaiLDR2 < nilaiLDRMalam){
//    stepper.setSpeed(nilaiKecepatan);
//    stepper.runSpeed();
//    if(digitalRead(endStop1) == LOW || digitalRead(endStop2) == LOW){
//        stepper.setSpeed(0);
//        digitalWrite(sleepPin, LOW);
//    }else{
//
//    }
// }
// }
}

```

```

void sensorLDR(){
    nilaiLDR1 = analogRead(LDR1);
    nilaiLDR2 = analogRead(LDR2);
    selisih = nilaiLDR1 - nilaiLDR2;
}

void sensorValues() {
    shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
    busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
    current_mA = ina219.getCurrent_mA();
    loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);
    energy = energy + loadvoltage * current_mA / 3600;
    firstlm35 = analogRead(firstlm35pin);
    secondlm35 = analogRead(secondlm35pin);
    firstlm35mv = ( firstlm35/1024.0)*5000;
}

```



```

firstlm35cel = firstlm35mv/10;
secondlm35mv = ( secondlm35/1024.0)*5000;
secondlm35cel = secondlm35mv/10;
}
void Serialdata() {
    if(jam <10){
        Serial.print("0");
    }
    Serial.print(jam);
    Serial.print(":");
    if(menit <10){
        Serial.print("0");
    }
    Serial.print(menit);
    Serial.print(":");
    if(detik <10){
        Serial.print("0");
    }
    Serial.print(detik);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(loadvoltage);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(current_mA);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(firstlm35cel);
    Serial.print(", ");
    Serial.println(secondlm35cel);
    Serial.print("nilai LDR 1 : ");
    Serial.println(nilaiLDR1);
    Serial.print("nilai LDR 2 : ");

```

```
Serial.println(nilaiLDR2); }
```

## Lampiran 2 Data Spesifikasi Alat

### Lampiran 2.1 Data Modul PV

Modul PV My Solar MY50M-12	
Spesifikasi	Keterangan
Pmax	50W
Vmp	17.6V
Imp	2.86A
Voc	22V
Isc	3.03A
Max System Voltage	700V
Temperature range	-45°C - 85°C
Dimension	54 cm x 65 cm
Efficient	14.2 %
Weight	4.2 Kg

### Lampiran 2.2 Data Arduino Mega

Arduino Mega	
Spesifikasi	Keterangan
Tegangan input	5-12V
Pin I/O	54
Pin Analog Input	16
Arus DC	20mA
SRAM	8 KB
Clock Speed	16 MHz
Memory Flash	256 KB

### Lampiran 2.3 Data Motor Stepper

Motor Stepper NEMA 23 5718HB2401	
Spesifikasi	Keterangan
Step Angel	1.8°
Phase	2
Rated Voltage	2.8 V
Rated Current	3.5 A
Resistance	0.8 ohm
Inductance	2.4 mH
<i>Holding Torque</i>	1.3 Nm
Rotor Inertia	260gcm <sup>2</sup>

### Lampiran 2.4 Data Sensor LDR

Sensor Cahaya LDR	
Spesifikasi	Keterangan
Arus Maksimum	100 mA
Waktu Respon	20 ms
Tegangan Maksimum	100 V
Suhu Operasi	-30°C - 70°C
Resistansi	10Ohm – 100kOhm

### Lampiran 2.5 Data Sensor Arus dan Tegangan

Sensor INA219	
Spesifikasi	Keterangan
Resistor Current Sense	01.Ohm
Voltage Max	26 V
Current Max	3.2 A
Dimension	2 x 2.2 cm

### **Lampiran 2.6 Data Sensor Suhu**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Temperature Range	-70°C - 380 °C
Accuracy	0.5 °C
Measurement Resolution	0.02 °C
Dimension	1.1 x 1.1 cm

### **Lampiran 2.7 Data Pompa Air**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Power	-5 W
Water Flow	230 l/hour
Hmax	1 m

### **Lampiran 3 Data Hasil Penelitian**

#### **Lampiran 3.1 Metode No Cooling Tanpa Tracking**

Hari Ke-1 (Jumat, 17 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	10.24	1.24	33.99	28.82
08:30	13.72	1.28	40.70	34.20
09:00	16.52	1.33	42.40	34.70
09:30	19.09	1.33	41.32	34.20
10:00	21.09	1.34	40.80	34.60
10:30	23.13	1.37	42.70	36.10
11:00	23.72	1.38	40.90	37.10
11:30	24.22	1.37	41.32	36.10
12:00	24.53	1.39	41.80	35.90

12:30	24.00	1.38	44.70	39.00
13:00	23.14	1.37	43.20	37.60
13:30	22.03	1.40	41.80	36.10
14:00	20.13	1.38	42.70	37.60
14:30	17.97	1.38	41.32	36.63
15:00	14.59	1.31	42.29	38.12
15:30	11.67	1.28	39.85	36.14
16:00	7.39	1.22	36.91	34.22

Hari Ke-2 (Sabtu, 18 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	10.78	1.22	33.49	28.62
08:30	14.36	1.26	40.20	34.00
09:00	16.86	1.29	43.90	34.50
09:30	19.43	1.31	40.82	34.00
10:00	21.83	1.33	40.30	34.40
10:30	23.77	1.33	42.20	36.00
11:00	24.16	1.36	40.40	36.90
11:30	24.56	1.35	40.82	35.90
12:00	24.97	1.36	41.30	35.70
12:30	24.34	1.36	44.20	38.80
13:00	23.68	1.35	42.70	37.40
13:30	22.57	1.36	41.30	35.90
14:00	20.77	1.36	42.20	37.40
14:30	18.41	1.36	40.82	36.43

15:00	14.93	1.27	41.79	37.92
15:30	12.01	1.26	39.35	35.94
16:00	7.93	1.20	36.41	34.02

Hari Ke-3 (Minggu, 19 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	10.30	1.25	33.59	28.02
08:30	13.81	1.28	40.30	33.40
09:00	16.59	1.33	42.00	33.90
09:30	19.19	1.34	40.92	33.40
10:00	21.17	1.35	40.40	33.80
10:30	23.21	1.37	42.30	35.30
11:00	23.82	1.39	40.50	36.30
11:30	24.32	1.37	40.92	35.30
12:00	24.67	1.40	41.40	35.10
12:30	24.11	1.39	44.30	38.20
13:00	23.21	1.37	42.80	36.80
13:30	22.11	1.40	41.40	35.30
14:00	20.22	1.39	42.30	36.80
14:30	18.02	1.38	40.92	35.83
15:00	14.67	1.31	41.89	37.32
15:30	11.73	1.29	39.45	35.34
16:00	7.49	1.22	36.51	33.42

Hari Ke-4 (Senin, 20 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	10.19	1.21	33.89	28.52
08:30	13.61	1.26	40.60	33.90
09:00	16.42	1.29	42.30	34.40
09:30	19.08	1.30	41.22	33.90
10:00	20.99	1.33	40.70	34.30
10:30	23.02	1.33	42.60	35.80
11:00	23.60	1.35	40.80	36.80
11:30	24.11	1.35	41.22	35.80
12:00	24.41	1.36	41.70	35.60
12:30	23.99	1.35	44.60	38.70
13:00	23.01	1.35	43.10	37.30
13:30	21.97	1.36	41.7	35.80
14:00	20.03	1.35	42.60	37.30
14:30	17.91	1.36	41.22	36.33
15:00	14.51	1.27	42.19	37.82
15:30	11.61	1.25	39.75	35.84
16:00	7.12	1.20	36.81	33.92

Hari Ke-5 (Selasa, 21 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	9.97	1.23	33.79	28.12
08:30	13.25	1.27	40.50	33.60

09:00	16.45	1.31	42.20	34.00
09:30	19.03	1.32	41.12	33.50
10:00	20.92	1.34	40.60	33.90
10:30	23.01	1.35	42.50	35.40
11:00	23.33	1.37	40.70	36.40
11:30	24.21	1.36	41.12	35.40
12:00	25.01	1.38	41.60	35.20
12:30	23.98	1.37	44.50	38.30
13:00	23.11	1.36	43.00	36.90
13:30	21.86	1.38	41.60	35.40
14:00	19.95	1.37	42.50	36.90
14:30	17.51	1.37	41.12	35.93
15:00	14.52	1.29	42.19	37.42
15:30	11.62	1.27	39.75	35.44
16:00	7.31	1.21	36.71	33.52

Hari Ke-6 (Rabu, 22 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	10.39	1.24	33.89	28.82
08:30	14.01	1.28	40.60	34.20
09:00	17.11	1.32	42.30	34.70
09:30	19.14	1.33	41.22	34.20
10:00	21.09	1.35	40.70	34.60
10:30	23.08	1.36	42.60	36.10
11:00	23.71	1.38	40.80	37.10
11:30	24.21	1.37	41.22	36.10



12:00	24.24	1.39	41.70	35.90
12:30	24.04	1.38	44.60	39.00
13:00	23.21	1.37	43.10	37.60
13:30	22.01	1.39	41.70	36.10
14:00	20.06	1.38	42.60	37.60
14:30	18.19	1.38	41.22	36.63
15:00	14.55	1.30	42.19	38.12
15:30	11.60	1.28	39.75	36.14
16:00	7.32	1.22	36.81	34.22

Hari Ke-7 (Kamis, 23 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object (°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	9.95	1.22	33.39	27.32
08:30	13.42	1.26	40.10	32.70
09:00	15.83	1.30	41.80	33.20
09:30	18.81	1.31	40.72	32.70
10:00	20.68	1.33	40.20	33.10
10:30	22.83	1.34	42.10	34.60
11:00	23.08	1.36	40.30	35.60
11:30	24.04	1.35	40.72	34.60
12:00	24.02	1.37	41.30	34.40
12:30	23.68	1.36	44.10	37.50
13:00	22.76	1.34	42.60	36.10
13:30	21.80	1.37	41.20	34.60
14:00	19.89	1.36	42.10	36.10

14:30	17.92	1.36	40.72	35.13
15:00	14.50	1.30	41.69	36.62
15:30	11.59	1.26	39.25	34.64
16:00	7.31	1.20	36.31	32.72

### **Lampiran 3.2 Methode No Cooling Tracking**

Hari Ke-1 (Jumat, 17 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.04	1.36	38.81	32.31
08:30	20.71	1.41	35.22	27.73
09:00	23.71	1.44	36.74	30.62
09:30	24.09	1.47	45.51	37.44
10:00	23.32	1.64	46.73	39.12
10:30	25.57	1.72	48.97	40.78
11:00	26.21	1.71	46.18	40.67
11:30	26.06	1.71	47.23	40.77
12:00	24.89	1.70	47.84	41.96
12:30	25.88	1.73	51.22	44.18
13:00	24.92	1.70	49.56	42.42
13:30	22.64	1.69	47.81	41.31
14:00	21.98	1.52	47.24	42.43
14:30	20.38	1.51	46.14	41.32
15:00	17.81	1.43	47.82	40.91
15:30	13.18	1.37	45.58	40.23
16:00	11.81	1.30	42.08	37.98

Hari Ke-2 (Sabtu, 18 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.24	1.34	38.61	32.71
08:30	20.91	1.39	35.02	28.13
09:00	23.91	1.42	36.54	31.02
09:30	24.29	1.45	45.31	37.84
10:00	23.52	1.62	46.53	39.52
10:30	25.77	1.70	48.77	41.18
11:00	26.41	1.69	45.98	41.07
11:30	26.26	1.69	47.03	41.17
12:00	25.09	1.68	47.64	42.36
12:30	26.08	1.71	51.02	44.58
13:00	25.12	1.68	49.36	42.82
13:30	22.84	1.67	47.61	41.71
14:00	22.18	1.50	47.04	42.83
14:30	20.58	1.49	45.94	41.72
15:00	18.01	1.41	47.62	41.31
15:30	13.38	1.35	45.38	40.63
16:00	12.01	1.28	41.88	38.38

Hari Ke-3 (Minggu, 19 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	16.64	1.33	38.91	32.21
08:30	20.31	1.38	35.32	27.63

09:00	23.31	1.41	36.84	30.52
09:30	23.69	1.44	45.61	37.34
10:00	22.92	1.61	46.83	39.02
10:30	25.17	1.69	49.07	40.68
11:00	25.81	1.68	46.28	40.57
11:30	25.66	1.68	47.33	40.67
12:00	24.49	1.67	47.94	41.86
12:30	25.48	1.70	51.32	44.08
13:00	24.52	1.67	49.66	42.32
13:30	22.24	1.66	47.91	41.21
14:00	21.58	1.49	47.34	42.33
14:30	19.98	1.48	46.24	41.22
15:00	17.41	1.40	47.92	40.81
15:30	12.78	1.34	45.68	40.13
16:00	11.41	1.27	42.18	37.88

Hari Ke-4 (Senin, 20 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	16.84	1.37	38.51	32.81
08:30	20.51	1.42	34.92	28.23
09:00	23.51	1.45	36.44	31.12
09:30	23.89	1.48	45.21	37.94
10:00	23.12	1.65	46.43	39.62
10:30	25.37	1.73	48.67	41.28
11:00	26.01	1.72	45.88	41.17
11:30	25.86	1.72	46.93	41.27

12:00	24.69	1.71	47.54	42.46
12:30	25.68	1.74	50.92	44.68
13:00	24.72	1.71	49.26	42.92
13:30	22.44	1.70	47.51	41.81
14:00	21.78	1.53	46.94	42.93
14:30	20.18	1.52	45.84	41.82
15:00	17.61	1.44	47.52	41.41
15:30	12.98	1.38	45.28	40.73
16:00	11.61	1.31	41.78	38.48

Hari Ke-5 (Selasa, 21 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	16.74	1.33	38.71	32.51
08:30	20.41	1.38	35.12	27.93
09:00	23.41	1.41	36.64	30.82
09:30	23.79	1.44	45.41	37.64
10:00	23.02	1.61	46.63	39.32
10:30	25.27	1.69	48.87	40.98
11:00	25.91	1.68	46.08	40.87
11:30	25.76	1.68	47.13	40.97
12:00	24.59	1.67	47.74	42.16
12:30	25.58	1.70	51.12	44.38
13:00	24.62	1.67	49.46	42.62
13:30	22.34	1.66	47.71	41.51
14:00	21.68	1.49	47.14	42.63

14:30	20.08	1.48	46.04	41.52
15:00	17.51	1.40	47.72	41.11
15:30	12.88	1.34	45.48	40.43
16:00	11.51	1.27	41.98	38.18

Hari Ke-6 (Rabu, 22 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.14	1.36	39.01	32.01
08:30	20.81	1.41	35.42	27.43
09:00	23.81	1.44	36.34	30.32
09:30	24.19	1.47	45.11	37.14
10:00	23.42	1.64	46.33	38.82
10:30	25.67	1.72	48.57	40.58
11:00	26.31	1.71	45.78	40.47
11:30	26.16	1.71	46.83	40.47
12:00	24.99	1.70	47.44	41.66
12:30	25.98	1.73	50.82	43.88
13:00	25.02	1.70	49.16	42.12
13:30	22.74	1.69	47.41	41.01
14:00	22.08	1.52	46.84	42.13
14:30	20.48	1.51	45.74	41.02
15:00	17.91	1.43	47.42	40.61
15:30	13.28	1.37	45.18	39.93
16:00	11.91	1.30	41.68	37.68

Hari Ke-7 (Kamis, 23 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	16.94	1.34	39.11	33.01
08:30	20.61	1.39	35.42	28.43
09:00	23.61	1.42	36.94	31.32
09:30	23.99	1.45	45.71	38.14
10:00	23.22	1.62	46.93	39.82
10:30	25.47	1.70	49.17	41.48
11:00	26.11	1.69	46.38	41.37
11:30	25.96	1.69	47.43	41.57
12:00	24.79	1.68	48.04	42.66
12:30	25.78	1.71	51.42	44.88
13:00	24.82	1.68	49.76	43.12
13:30	22.54	1.67	48.01	42.01
14:00	21.88	1.50	47.44	43.13
14:30	20.28	1.49	46.34	42.02
15:00	17.71	1.41	48.02	41.61
15:30	13.08	1.37	45.78	40.93
16:00	11.71	1.28	42.28	38.68

### **Lampiran 3.3 Methode Water Cooling Tanpa Tracking**

Hari Ke-1 (Jumat, 17 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.42	1.38	33.62	27.42

08:30	20.92	1.58	34.51	27.81
09:00	24.16	1.56	35.61	28.61
09:30	23.93	1.56	36.59	30.43
10:00	24.22	1.58	39.58	33.45
10:30	25.31	1.58	41.36	34.86
11:00	25.93	1.60	37.17	33.95
11:30	25.94	1.61	37.88	33.53
12:00	25.97	1.62	36.23	32.92
12:30	26.17	1.61	37.94	34.75
13:00	24.61	1.60	37.52	34.34
13:30	23.57	1.51	36.23	33.92
14:00	22.97	1.43	35.81	34.31
14:30	21.59	1.41	35.46	33.51
15:00	19.31	1.38	35.88	33.23
15:30	15.12	1.31	34.61	32.64
16:00	11.39	1.33	31.13	30.04

Hari Ke-2 (Sabtu, 18 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	15.42	1.18	27.62	24.42
08:30	18.92	1.38	32.51	25.81
09:00	22.16	1.36	33.61	26.61
09:30	21.93	1.36	35.59	28.43
10:00	22.22	1.38	37.58	31.45
10:30	23.31	1.38	39.36	32.86



11:00	23.93	1.40	35.17	31.95
11:30	23.94	1.41	35.88	31.53
12:00	23.97	1.42	34.23	30.92
12:30	24.17	1.41	35.94	32.75
13:00	22.61	1.40	35.52	32.34
13:30	21.57	1.31	34.23	31.92
14:00	20.97	1.23	33.81	32.31
14:30	19.59	1.21	33.46	31.51
15:00	17.31	1.18	33.88	31.23
15:30	13.12	1.11	32.61	30.64
16:00	9.39	1.13	29.13	28.04

Hari Ke-3 (Minggu, 19 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	16.92	1.33	29.12	25.92
08:30	20.42	1.53	34.01	27.31
09:00	23.66	1.51	35.11	28.11
09:30	23.43	1.51	37.09	29.93
10:00	23.72	1.53	39.08	32.95
10:30	24.81	1.53	40.86	34.36
11:00	25.43	1.55	36.67	33.45
11:30	25.44	1.56	37.38	33.03
12:00	25.47	1.57	35.73	32.42
12:30	25.67	1.56	37.44	34.25
13:00	24.11	1.55	37.02	33.84

13:30	23.07	1.46	35.73	33.42
14:00	22.47	1.38	35.31	33.81
14:30	21.09	1.36	34.96	33.01
15:00	18.81	1.33	35.38	32.73
15:30	14.62	1.26	34.11	32.14
16:00	10.89	1.28	30.63	29.54

Hari Ke-4 (Senin, 20 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	15.92	1.23	28.12	24.92
08:30	19.42	1.43	33.01	26.31
09:00	22.66	1.41	34.11	27.11
09:30	22.43	1.41	36.09	28.93
10:00	22.72	1.43	38.08	31.95
10:30	23.81	1.43	39.86	33.36
11:00	24.43	1.45	35.67	32.45
11:30	24.44	1.46	36.88	32.03
12:00	24.47	1.47	34.73	31.42
12:30	24.67	1.46	36.44	33.25
13:00	23.11	1.45	36.02	32.84
13:30	22.07	1.36	34.73	32.42
14:00	21.47	1.28	34.31	32.81
14:30	20.09	1.26	33.06	32.01
15:00	17.81	1.23	34.38	31.73
15:30	13.62	1.16	33.11	31.14

16:00	9.89	1.18	29.63	28.54
-------	------	------	-------	-------

Hari Ke-5 (Selasa, 21 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	16.42	1.28	28.62	25.42
08:30	19.92	1.48	33.51	26.81
09:00	23.16	1.46	34.61	27.61
09:30	22.93	1.46	36.59	29.43
10:00	23.22	1.48	38.58	32.45
10:30	24.31	1.48	40.36	33.86
11:00	24.93	1.50	36.17	32.95
11:30	24.94	1.51	36.88	32.53
12:00	24.97	1.52	35.23	31.92
12:30	25.17	1.51	36.94	33.75
13:00	23.61	1.50	36.52	33.34
13:30	22.57	1.41	35.23	32.92
14:00	21.97	1.33	34.81	33.31
14:30	20.59	1.31	34.46	32.51
15:00	18.31	1.28	34.88	32.23
15:30	14.12	1.21	33.61	31.64
16:00	10.39	1.23	30.13	29.04

Hari Ke-6 (Rabu, 22 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.92	1.43	30.12	26.92

08:30	21.42	1.63	35.01	28.31
09:00	24.66	1.61	36.11	29.11
09:30	24.43	1.61	38.09	30.93
10:00	24.72	1.63	40.08	33.95
10:30	25.81	1.63	41.86	35.36
11:00	26.43	1.65	37.67	34.45
11:30	26.44	1.66	38.38	34.03
12:00	26.47	1.67	36.73	33.42
12:30	26.67	1.66	38.44	34.25
13:00	24.11	1.65	38.02	34.84
13:30	24.07	1.56	36.73	34.42
14:00	23.47	1.48	36.31	34.81
14:30	23.09	1.46	35.96	34.01
15:00	19.81	1.43	36.38	33.73
15:30	15.62	1.36	35.11	33.14
16:00	11.89	1.38	31.63	30.54

Hari Ke-7 (Kamis, 23 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	14.92	1.13	27.12	23.92
08:30	18.42	1.23	32.01	25.31
09:00	21.66	1.21	33.11	26.11
09:30	21.43	1.21	35.09	27.93
10:00	21.72	1.23	37.08	30.95
10:30	22.81	1.23	38.86	32.36

11:00	23.43	1.35	34.67	31.45
11:30	23.44	1.36	35.38	31.03
12:00	23.47	1.37	33.73	30.42
12:30	23.67	1.36	35.44	32.25
13:00	22.11	1.35	35.02	31.84
13:30	21.07	1.26	33.73	31.42
14:00	20.47	1.33	33.31	31.81
14:30	20.59	1.31	32.96	31.01
15:00	16.81	1.13	33.38	31.73
15:30	12.62	1.06	32.11	30.14
16:00	8.89	1.08	28.63	27.54

### **Lampiran 3.4 Methode Water Cooling Tracking**

Hari Ke-1 (Jumat, 17 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.51	1.46	33.10	27.95
08:30	21.39	1.68	34.44	29.34
09:00	24.98	1.66	35.71	29.31
09:30	25.01	1.66	37.15	32.07
10:00	25.43	1.84	36.63	31.72
10:30	26.73	1.93	37.21	33.01
11:00	27.41	1.93	37.66	35.73
11:30	26.99	1.92	39.93	34.87
12:00	27.13	1.91	40.42	35.74
12:30	26.52	1.97	42.25	37.65

13:00	26.08	1.91	41.82	36.26
13:30	24.67	1.92	40.41	35.31
14:00	23.98	1.72	39.95	36.22
14:30	21.49	1.63	39.03	35.31
15:00	18.52	1.61	38.57	35.72
15:30	14.47	1.50	37.64	36.22
16:00	12.29	1.49	34.91	33.06

Hari Ke-2 (Sabtu, 18 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.31	1.36	31.10	25.95
08:30	21.19	1.58	32.44	27.34
09:00	24.78	1.56	33.71	27.31
09:30	24.81	1.56	35.15	30.07
10:00	25.23	1.74	34.63	29.72
10:30	26.53	1.83	35.21	31.01
11:00	27.21	1.83	35.66	33.73
11:30	26.79	1.82	37.93	32.87
12:00	26.93	1.81	38.42	33.74
12:30	26.32	1.87	40.25	35.65
13:00	25.88	1.81	39.82	34.26
13:30	24.47	1.82	38.41	33.31
14:00	23.78	1.62	37.95	34.22
14:30	21.29	1.53	37.03	33.31
15:00	18.32	1.51	36.57	33.72

15:30	14.27	1.40	35.64	34.22
16:00	12.09	1.39	32.91	31.06

Hari Ke-3 (Minggu, 19 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.61	1.51	32.60	27.45
08:30	21.49	1.73	33.94	28.84
09:00	25.08	1.71	35.21	28.81
09:30	25.11	1.71	36.65	31.57
10:00	25.53	1.89	36.13	31.22
10:30	26.83	1.98	36.71	32.51
11:00	27.51	1.98	37.16	35.23
11:30	27.09	1.97	39.43	34.37
12:00	27.23	1.96	39.92	35.24
12:30	26.62	2.02	41.75	37.15
13:00	26.18	1.96	41.32	35.76
13:30	24.77	1.97	39.91	34.81
14:00	24.08	1.77	39.45	35.72
14:30	21.59	1.68	38.53	34.81
15:00	18.62	1.66	38.07	35.22
15:30	14.57	1.55	37.14	35.72
16:00	12.39	1.54	34.41	32.56

Hari Ke-4 (Senin, 20 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
--------------	--------------------	-----------------	-------------------	---------------------

08:00	17.21	1.31	31.60	26.45
08:30	21.09	1.43	32.94	27.84
09:00	24.68	1.51	34.21	27.81
09:30	24.71	1.51	35.65	30.57
10:00	25.13	1.69	35.13	30.22
10:30	26.43	1.78	35.71	31.51
11:00	27.11	1.78	36.16	34.23
11:30	26.69	1.77	38.43	33.37
12:00	26.83	1.76	38.92	34.24
12:30	26.22	1.82	40.75	36.15
13:00	25.78	1.76	40.32	34.76
13:30	24.37	1.77	38.91	33.81
14:00	23.68	1.67	38.45	34.72
14:30	21.19	1.48	37.53	33.81
15:00	18.22	1.46	37.07	34.22
15:30	14.17	1.35	36.14	34.72
16:00	11.99	1.34	33.41	31.56

Hari Ke-5 (Selasa, 21 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.41	1.41	32	26.95
08:30	21.29	1.63	33.44	28.34
09:00	24.88	1.61	34.71	28.31
09:30	24.91	1.61	36.15	31.07
10:00	25.33	1.79	35.63	30.72



10:30	26.63	1.88	36.21	32.01
11:00	27.31	1.88	36.66	34.73
11:30	26.89	1.87	38.93	33.87
12:00	27.03	1.86	39.42	34.74
12:30	26.42	1.92	41.25	36.65
13:00	25.98	1.86	40.82	35.26
13:30	24.57	1.87	39.41	34.31
14:00	23.88	1.67	38.95	35.22
14:30	21.39	1.58	38.03	34.31
15:00	18.42	1.56	37.57	34.72
15:30	14.37	1.45	36.64	35.22
16:00	12.19	1.44	33.91	32.06

Hari Ke-6 (Rabu, 22 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.46	1.56	33.60	28.45
08:30	21.34	1.78	34.94	29.84
09:00	24.93	1.76	36.21	29.81
09:30	24.96	1.76	37.65	32.57
10:00	25.38	1.94	37.13	32.22
10:30	26.68	2.03	37.71	33.51
11:00	27.36	2.03	38.16	36.23
11:30	26.94	2.02	40.43	35.37
12:00	27.08	2.01	40.92	36.24
12:30	26.47	2.07	42.75	38.15
13:00	26.03	2.01	42.32	36.76

13:30	24.62	2.02	40.91	35.81
14:00	23.93	1.82	40.45	36.72
14:30	21.44	1.73	39.53	35.81
15:00	18.47	1.71	39.07	36.22
15:30	14.42	1.60	38.14	36.72
16:00	12.24	1.59	35.41	33.56

Hari Ke-7 (Kamis, 23 Juli 2020)

<b>Waktu</b>	<b>Tegangan(V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Object(°C)</b>	<b>Ambient (°C)</b>
08:00	17.36	1.26	30.60	25.45
08:30	21.24	1.48	31.94	26.84
09:00	24.83	1.46	33.21	26.81
09:30	24.86	1.46	34.65	29.57
10:00	25.28	1.64	34.13	29.22
10:30	26.58	1.73	34.71	30.51
11:00	27.26	1.73	34.16	33.23
11:30	26.84	1.72	37.43	32.37
12:00	26.98	1.71	37.92	33.24
12:30	26.37	1.77	39.75	35.15
13:00	25.93	1.71	39.32	33.76
13:30	24.52	1.72	37.91	32.81
14:00	23.83	1.52	37.45	33.72
14:30	21.34	1.43	36.53	32.81
15:00	18.37	1.41	36.07	33.22
15:30	14.32	1.30	35.14	33.72

16:00	12.14	1.29	32.41	30.56
-------	-------	------	-------	-------