

**PROTOTIPE SISTEM PENDINGIN DAN MONITORING PANEL SURYA  
MENGUNAKAN PENYIRAM AIR OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF  
THINGS (IOT)***

**LAPORAN TUGAS AKHIR  
SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UNTUK MEMPEROLEH GELAR S1**

**PADA PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**



Disusun Oleh:

**MAULANA KAMAL**

**30602000023**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2025**

**PROTOTYPE OF THE COOLING SYSTEM AND MONITORING SOLAR  
PANELS USING AUTOMATIC WATER-POURING BASED ON INTERNET  
OF THINGS (IOT)**

**FINAL PROJECT REPORT**

*Proposed to complete one of requirement to obtain bachelor's degree (S1)*

*at Department of Electrical Engineering Study Program*

*Faculty of Industrial Technology*

*Universitas Islam Sultan Agung*



Organized By :

**MAULANA KAMAL**

**30602000023**

**ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM**

**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

### LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PROTOTYPE SISTEM PENDINGIN DAN MONITORING PANEL SURYA MENGGUNAKAN PENYIRAM AIR OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*" ini disusun oleh:

Nama : MAULANA KAMAL  
NIM : 30602000023  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : SENIN  
Tanggal : 03 MARET 2025

Pembimbing I

Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT.  
NIDN : 0623126501

Mengetahui,  
Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.  
NIDN : 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

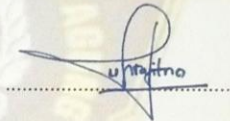
Laporan Tugas Akhir dengan judul "PROTOTIPE SISTEM PENDINGIN DAN MONITORING PANEL SURYA MENGGUNAKAN PENYIRAM AIR OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)" ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : SENIN  
Tanggal : 03 MARET 2025.

Tim Penguji

Tanda Tangan

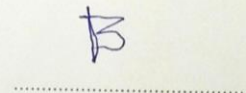
Agus Suprajitno, S.T., M.T.  
NIDN : 0602047301  
Ketua



Munaf Ismail, S.T., M.T.  
NIDN : 0613127302  
Penguji I



Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT.  
NIDN : 0623126501  
Penguji II



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

### SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MAULANA KAMAL  
NIM : 30602000023  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“PROTOTYPE SISTEM PENDINGIN DAN MONITORING PANEL SURYA MENGGUNAKAN PENYIRAM AIR OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 12 Maret 2025

Yang Menyatakan



Maulana Kamal

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

### PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

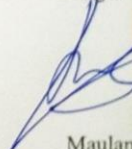
Nama : MAULANA KAMAL  
NIM : 30602000023  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“PROTOTYPE SISTEM PENDINGIN DAN MONITORING PANEL SURYA MENGGUNAKAN PENYIRAM AIR OTOMATIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*”** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 12 Maret 2025

Yang Menyatakan

  
  
Maulana Kamal

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, laporan tugas akhir ini penulis persembahkan untuk orang-orang yang sudah sangat membantu kelancaran selama pembuatan laporan tugas akhir ini dari tahap pembuatan judul hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat serta karunia-Nya yang telah memberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir.
2. Orang tua penulis yang telah memberikan dorongan moral dan material yang tak terhitung jumlahnya sehingga penulis bisa berdiri pada tahap ini. Berkat doa dan dukungan mereka yang tidak henti-hentinya selalu mendorong penulis untuk menjadi pribadi yang lebih baik untuk masa depan penulis.
3. Bapak Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT. yang selama ini sudah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Drajat Widiarto, ST. yang sudah membantu penulis dalam melakukan penelitian dan rekan diskusi yang mengarahkan terkait permasalahan teknis tugas akhir.
5. Nisya Nuriman Kurota' ayun yang sudah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini dengan doa dan dukungan yang diberikan.
6. Semua teman-teman penulis, terkhusus rekan-rekan teknik elektro angkatan 2020 yang sudah membantu penulis dalam penyelesaian laporan tugas akhir.

## MOTTO

“Apapun yang terjadi teruslah bernafas” – Jack Kahuna Laguna

“Didalam kesulitan apapun pasti akan ada jalannya” Q.S. Al-Inshirah

“Kita semua ini hidup didunia ini hanya sementara, dan kita yang masih hidup sekarang perbanyaklah berbuat kebaikan dan saling menolong antar ras yang telah tuhan ciptakan”

“Tetap bersyukur dengan hasil atau pemberian Allah SWT”

“Semakin dewasa, semakin banyak cobaan, jadi cobain dan nikmati aja”



## KATA PENGANTAR

### *Assalamualaikum Wa Rahmatullahi Wa Barakatuh*

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul Prototipe Sistem Pendingin Dan Monitoring Panel Surya Menggunakan Penyiram Air Otomatis Berbasis *Internet Of Things* (Iot). Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak mendapatkan syafaatnya. Aamiin Ya Robbalalamin.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada program studi teknik elektro, fakultas teknologi industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan ini tentunya banyak pihak yang terlibat dalam memberikan bantuan dan dukungan baik secara moral maupun material. Oleh sebab itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terkira kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua penulis, Bapak Suyitno dan Ibu Tutiek Handayani yang selalu mendukung penulis baik secara moral, material maupun doa.
3. Bapak Prof Dr. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Dr. Ir Hj Novi Marlyana, ST., MT., IPU., ASEAN Eng. Sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT selaku kepala program studi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Bapak Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing, mengarahkan serta memotivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir.

7. Bapak Drajat Widiarto, ST selaku Laboran yang telah mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
8. Teman-teman jurusan Teknik Elektro khususnya angkatan 2020 yang telah menemani dan memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dari awal masuk perkuliahan hingga menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Nisya Nuriman Kurota'ayun yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta memotivasi penulis dalam menyusun Tugas Akhir hingga selesai.
10. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan dan atau penelitian Tugas Akhir hingga selesai yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis berharap kritik dan saran dari berbagai pihak dapat berguna untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi, khususnya ilmu teknik elektro dan juga mahasiswa UNISSULA.

Terima kasih

***Wassalamualaikum Wa Rahmatullahi Wa Barakatuh***

Semarang, Februari 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                     |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| LAPORAN TUGAS AKHIR .....                           | i     |
| FINAL PROJECT REPORT .....                          | ii    |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....                  | iii   |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....                     | iv    |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....         | v     |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH ..... | vi    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                           | vii   |
| MOTTO .....                                         | viii  |
| KATA PENGANTAR .....                                | ix    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | xiv   |
| DAFTAR TABEL .....                                  | xvi   |
| ABSTRAK .....                                       | xvii  |
| ABSTRACT .....                                      | xviii |
| BAB I .....                                         | 1     |
| PENDAHULUAN .....                                   | 1     |
| 1.1. Latar Belakang Masalah .....                   | 1     |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                          | 2     |
| 1.3. Batasan Masalah .....                          | 3     |
| 1.4. Tujuan .....                                   | 3     |
| 1.5. Manfaat .....                                  | 3     |
| 1.6. Sistematika Penulisan .....                    | 3     |
| BAB II .....                                        | 5     |
| TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....           | 5     |
| 2.1. Tinjauan Pustaka .....                         | 5     |
| 2.2. Landasan Teori .....                           | 6     |
| 2.2.1. Panel Surya .....                            | 6     |
| 2.2.2. MQTT .....                                   | 8     |
| 2.2.3. Sensor Termokopel Tipe K+ Maxx6675 .....     | 10    |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.4. Relay .....                                                                                             | 10 |
| 2.2.5. ESP32.....                                                                                              | 11 |
| 2.2.6. Arduino IDE.....                                                                                        | 13 |
| 2.2.7. Sensor INA219.....                                                                                      | 14 |
| BAB III .....                                                                                                  | 14 |
| METODE PENELITIAN.....                                                                                         | 14 |
| 3.1. Metode Penelitian.....                                                                                    | 14 |
| 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....                                                                         | 14 |
| 3.3. Alat dan Bahan Penelitian.....                                                                            | 16 |
| 3.4. Perancangan Perangkat Keras .....                                                                         | 20 |
| 3.4.1. Jalur Rangkaian Mikrokontroler .....                                                                    | 21 |
| 3.5. Perancangan Perangkat Lunak.....                                                                          | 21 |
| 3.5.1. Perancangan Program Pada Arduino IDE .....                                                              | 22 |
| 3.5.2. Perancangan MQTT .....                                                                                  | 27 |
| 3.6. Diagram Alur Penelitian .....                                                                             | 32 |
| BAB IV .....                                                                                                   | 37 |
| HASIL PENGUJIAN.....                                                                                           | 37 |
| 4.1. Hasil Perancangan.....                                                                                    | 37 |
| 4.2. Analisa Hasil Pengujian.....                                                                              | 37 |
| 4.2.1. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Tanpa Pendingin Melalui<br>Pengamatan Langsung .....                 | 38 |
| 4.2.2. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Tanpa Pendingin Menggunakan<br>Mikrokontroler ESP32 .....            | 40 |
| 4.2.3. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Menggunakan Pendingin Melalui<br>Pengamatan Langsung .....           | 43 |
| 4.2.4. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Menggunakan Pendingin Dengan<br>Mikrokontroler ESP32 .....           | 45 |
| 4.3. Perbandingan Panel Surya Dengan Pendingin dan Tanpa Pendingin.....                                        | 49 |
| 4.3.1. Perbandingan Nilai Tegangan Panel Surya Pada Kondisi Tanpa Pendingin<br>Dan Menggunakan Pendingin ..... | 49 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2. Perbandingan Nilai Arus Panel Surya Pada Kondisi Tanpa Pendingin Dan Menggunakan Pendingin..... | 54 |
| 4.3.3. Perbandingan Nilai Daya Panel Surya pada Kondisi Tanpa Pendingin dan Menggunakan Pendingin..... | 59 |
| 4.3.4. Perbandingan Nilai Suhu Panel Surya Pada Kondisi Tanpa Pendingin Dan Menggunakan Pendingin..... | 64 |
| 4.4. Tingkat Akurasi VA Meter dengan Sensor INA219.....                                                | 66 |
| 4.4.1. Tingkat Akurasi Pada Saat Tanpa Pendingin.....                                                  | 66 |
| 4.4.2. Tingkat Akurasi Pada Saat Menggunakan Pendingin.....                                            | 70 |
| BAB V.....                                                                                             | 75 |
| KESIMPULAN DAN SARAN.....                                                                              | 75 |
| 5.1. Kesimpulan.....                                                                                   | 75 |
| 5.2. Saran.....                                                                                        | 76 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                                    | 77 |
| LAMPIRAN.....                                                                                          | 80 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Gambar 2. 1. Rangkaian model solar cell menggunakan dioda.....                                      | 6      |
| Gambar 2. 2. Panel Surya Monocrystalline .....                                                      | 7      |
| Gambar 2. 3. Aplikasi MQTT Explorer .....                                                           | 8      |
| Gambar 2. 4. Tampilan Pada MQTT Explorer .....                                                      | 9      |
| Gambar 2. 5. Tampilan Aplikasi IoT MQTT Panel .....                                                 | 9      |
| Gambar 2. 6. Sensor Termokopel Maxx 6675 .....                                                      | 10     |
| Gambar 2. 7. Relay.....                                                                             | 11     |
| Gambar 2. 8. Mikrokontroler ESP32 .....                                                             | 11     |
| Gambar 2. 9. Pin Out Mikrokontroler ESP32 .....                                                     | 12     |
| Gambar 2. 10. Pembacaan ADC pada ESP32.....                                                         | 13     |
| Gambar 2. 11. Aplikasi Arduino IDE .....                                                            | 14     |
| Gambar 2. 12. Tampilan Pada Arduino IDE.....                                                        | 14     |
| Gambar 2. 13. Modul Sensor INA219 .....                                                             | 15     |
| <br>Gambar 3. 1. Lokasi Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung<br>Semarang..... | <br>14 |
| Gambar 3. 2. Lokasi Pengambilan Data.....                                                           | 15     |
| Gambar 3. 3. Titik Pengambilan Data.....                                                            | 15     |
| Gambar 3. 4. Modul Panel Surya Monocrystalline 50 WP.....                                           | 16     |
| Gambar 3. 5. Kabel Penghubung .....                                                                 | 17     |
| Gambar 3. 6. Dudukan Panel Surya.....                                                               | 18     |
| Gambar 3. 7. Lampu DC .....                                                                         | 18     |
| Gambar 3. 8. Pompa Air Aquarium .....                                                               | 19     |
| Gambar 3. 9. VA Meter Digital .....                                                                 | 20     |
| Gambar 3. 10. Desain Wadah Rangkaian Mikrokontroler.....                                            | 20     |
| Gambar 3. 11. Wiring Rangkaian Kontroler.....                                                       | 21     |
| Gambar 3. 12. Tampilan pada saat masuk aplikasi MQTT Explorer.....                                  | 27     |
| Gambar 3. 13. Tampilan layar ketika akan membuat sebuah topik .....                                 | 28     |
| Gambar 3. 14. Tampilan awal pada aplikasi IoT MQTT Panel .....                                      | 28     |
| Gambar 3. 15. Tampilan pada pemilihan panel yang akan digunakan .....                               | 29     |
| Gambar 3. 16. Tampilan Panel yang akan digunakan.....                                               | 30     |
| Gambar 3. 17. Tampilan ketika mengatur panel yang digunakan.....                                    | 31     |
| Gambar 3. 18. Diagram Alur Penelitian.....                                                          | 32     |
| Gambar 3. 19. Diagram Alur Kerja ESP32.....                                                         | 33     |
| Gambar 3. 20. Diagram Alur Kerja Sensor.....                                                        | 34     |
| Gambar 3. 21. Diagram Alur Penghidupan Pompa Air .....                                              | 35     |
| Gambar 3. 22. Diagram Blok Sistem Kendali.....                                                      | 36     |

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 1. Hasil Perancangan Prototipe Sistem Pendingin Dan Monitoring Panel Surya Menggunakan Penyiram Air Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) ..... | 37 |
| Gambar 4. 2. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Tanpa Pendingin melalui pengamatan langsung.....                   | 40 |
| Gambar 4. 3. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Tanpa Pendingin menggunakan mikrokontroler ESP32.....              | 42 |
| Gambar 4. 4. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Menggunakan Pendingin melalui pengamatan langsung.....             | 45 |
| Gambar 4. 5. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya dengan Pendingin menggunakan mikrokontroler ESP32 .....            | 48 |
| Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan yang dihasilkan oleh Panel Surya Melalui Pengamatan Langsung .....                                             | 51 |
| Gambar 4. 7. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan yang dihasilkan oleh Panel Surya Melalui Mikrokontroler ESP32.....                                             | 53 |
| Gambar 4. 8. Grafik Perbandingan Nilai Arus yang dihasilkan oleh Panel Surya melalui Pengamatan Langsung .....                                                 | 56 |
| Gambar 4. 9. Grafik Perbandingan Nilai Arus yang dihasilkan oleh Panel Surya menggunakan Mikrokontroler ESP32.....                                             | 58 |
| Gambar 4. 10. Grafik Perbandingan Nilai Daya Menggunakan Perhitungan dari Nilai Tegangan dan Arus yang didapatkan melalui Pengamatan Langsung.....             | 61 |
| Gambar 4. 11. Grafik Perbandingan Nilai Daya menggunakan Perhitungan dari Nilai Tegangan dan Arus yang dibaca oleh Mikrokontroler ESP32.....                   | 63 |
| Gambar 4. 12. Grafik Perbandingan Nilai Suhu Panel Surya pada kondisi Tanpa Pendingin dan Menggunakan Pendingin.....                                           | 66 |
| Gambar 4. 13. Grafik Akurasi Nilai Tegangan Tanpa Pendingin.....                                                                                               | 68 |
| Gambar 4. 14. Akurasi Nilai Arus Tanpa Pendingin .....                                                                                                         | 70 |
| Gambar 4. 15. Akurasi Nilai Tegangan Dengan Pendingin.....                                                                                                     | 72 |
| Gambar 4. 16. Akurasi Nilai Arus Dengan Pendingin.....                                                                                                         | 74 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1. Tinjauan Pustaka yang digunakan pada penelitian .....                                                                          | 5  |
| Tabel 4. 1. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan pengamatan langsung pada kondisi tanpa pendingin38            |    |
| Tabel 4. 2. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan menggunakan ESP32 pada kondisi tanpa pendingin .....          | 40 |
| Tabel 4. 3. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya melalui pengamatan langsung pada kondisi menggunakan pendingin ..... | 43 |
| Tabel 4. 4. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya melalui mikrokontroler ESP32 pada kondisi menggunakan pendingin..... | 45 |
| Tabel 4. 5. Perbandingan Nilai Tegangan Melalui Pengamatan Langsung .....                                                                  | 49 |
| Tabel 4. 6. Perbandingan Nilai Tegangan Melalui ESP32.....                                                                                 | 51 |
| Tabel 4. 7. Hasil Nilai Arus Pada Melalui Pengamatan Langsung .....                                                                        | 54 |
| Tabel 4. 8. Hasil Nilai Arus Melalui Mikrokontroler ESP32 .....                                                                            | 56 |
| Tabel 4. 9. Perhitungan Nilai Daya yang didapatkan melalui Pengamatan Langsung                                                             | 59 |
| Tabel 4. 10. Perhitungan Nilai Daya melalui Mikrokontroler ESP32 .....                                                                     | 61 |
| Tabel 4. 11. Perbandingan Nilai Suhu Panel Surya pada kondisi Tanpa Pendingin dan Menggunakan Pendingin.....                               | 64 |
| Tabel 4. 12. Akurasi Nilai Tegangan Tanpa Pendingin .....                                                                                  | 66 |
| Tabel 4. 13. Akurasi Nilai Arus Tanpa Pendingin .....                                                                                      | 68 |
| Tabel 4. 14. Akurasi Nilai Tegangan Pada Saat Menggunakan Pendingin .....                                                                  | 70 |
| Tabel 4. 15. Akurasi Nilai Arus Pada Saat Menggunakan Pendingin.....                                                                       | 72 |



## ABSTRAK

Kinerja panel surya adalah menangkap radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik dan tersimpan di tempat penyimpanan serta dialirkan ke alat elektronik. Kinerja panel surya dipengaruhi oleh faktor suhu yang apabila terjadi kenaikan suhu, maka efisiensi akan menjadi rendah, sehingga diperlukan sistem pendingin. Dengan mengusung tema *Internet of Things* (IoT) yang mencakup pemantauan sistem guna mengontrol dan monitor secara jarak jauh yang terhubung dengan internet. Oleh karena itu, penelitian ini akan merancang Prototipe Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya Menggunakan Penyiram Air Otomatis Berbasis *Internet Of Things* (IoT). Hasil pengujian panel surya dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB, nilai tegangan, arus, daya dan suhu yang dihasilkan memiliki perbedaan, dimana nilai tegangan, arus, daya dan suhu yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan pendingin melalui pengamatan langsung tegangan rata-rata 6,52%, arus rata-rata 4,8% dan daya rata-rata 11,63% lebih besar dibanding tanpa sistem pendingin. Sedangkan panel surya monocrystalline dengan menggunakan pendingin melalui ESP32 tegangan rata-rata 7,15%, arus rata-rata 4,2% dan daya rata-rata 11,85% lebih besar dibanding tanpa sistem pendingin. Selain itu, pompa penyiram panel surya dapat bekerja jika suhu pada panel surya diatas 40 °C sesuai dengan batas yang sudah ditetapkan.

**Kata kunci:** Panel surya, Sistem Pendingin, Internet of Things (IoT), ESP32, INA219, Termokopel



## ABSTRACT

The use of solar panels to capture solar radiation, which is converted into electrical energy, stored in a storage unit and then distributed to electronic devices. The performance of solar panels is influenced by temperature factors, where an increase in temperature will result in lower efficiency, thus requiring a cooling system. With the theme of the Internet of Things (IoT), which includes system to control and monitoring remotely connected to the internet, this study will design a prototype of the cooling system and monitoring solar panels using automatic water-pouring based on internet of things (iot). The results of testing the solar panel from 09:00 AM to 03:00 PM show differences in the values of voltage, current, power, and temperature, where the values of voltage, current, power, and temperature produced by the solar panel with cooling, through direct observation, have an average voltage 6.52%, average current 4.8%, and average power 11.63% higher compared to without cooling system. Meanwhile, the monocrystalline solar panel using cooling through the ESP32 has an average voltage 7.15%, average current 4.2%, and average power 11.85% higher compared to without cooling system. Furthermore, the sprinkler pump for the solar panel will operate if the temperature on the solar panel exceeds 40°C, according to the established limit.

**Keywords:** Solar Panels, Cooling System, Internet of Things (IoT), ESP32, INA219, Thermocouple



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Saat ini listrik menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan manusia karena hampir semua sektor kehidupan bergantung dengan listrik. Bahan utama produksi listrik saat ini, khususnya di Indonesia masih menggunakan batu bara sebagai bahan utama dalam produksi tenaga listrik. Dalam produksi batu bara sendiri tentunya mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, karena pengelolaan tambang yang masih belum optimal, sisa limbah tambang batu bara yang tidak dikelola dengan baik menjadikan limbah tersebut sangat buruk untuk lingkungan hidup disekitar tambang batu bara.[1]

Dengan meningkatnya kesadaran dalam menjaga lingkungan hidup, pada saat ini penggunaan energi yang terbarukan mulai menjalar di beberapa sektor dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan adalah menggunakan panel surya untuk memproduksi listrik. Panel surya sendiri sekarang ini sudah digunakan pada tingkat industri untuk membantu *mem-backup* energi listrik, sehingga dapat menekan angka pengeluaran dalam penggunaan listrik. Selain tingkat industri, panel surya juga digunakan pada tingkat rumah tangga untuk membantu menekan biaya pengeluaran listrik tiap bulan.

Panel surya sendiri mempunyai sistem kerja dengan cara menangkap radiasi yang dihasilkan oleh matahari yang selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik yang disimpan pada sebuah penyimpanan atau baterai untuk selanjutnya dialirkan menuju ke peralatan elektronik lainnya. Panel surya mempunyai efisiensi konversi dengan standar suhu pada nilai 25°C, hal ini dikarenakan suhu sangat mempengaruhi kinerja efisiensi pada panel surya, dimana semakin tinggi suhunya, maka akan menghasilkan efisiensi yang rendah. Sehingga penggunaan sistem pendingin diharapkan mampu mengurangi suhu yang berlebih dan mengembalikan suhu ke tingkat normal untuk mendapatkan nilai efisiensi.[2]

Dalam perkembangannya, selain energi terbarukan yang mulai dikembangkan pada saat ini, penggunaan internet dalam kegiatan sehari-hari juga mulai dikembangkan. Pada penelitian ini, penggunaan internet digunakan sebagai salah satu pengembangan digital dalam *monitoring* untuk mengetahui kondisi pada panel surya secara *real time* sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi panel surya pada saat itu juga. Dengan penggunaan internet sebagai pengembangan digital, pada penelitian ini menggunakan MQTT (*Message Queue Telemetry Protocol*) sebagai protokol yang digunakan dalam komunikasi antara mikrokontroler dengan gawai yang digunakan sebagai alat *monitoring* pada penelitian ini.

Lalu cara kerja pada penelitian kali ini secara garis besar adalah sistem akan mendeteksi besar suhu dari panel surya menggunakan sensor Termokopel. Selanjutnya, diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang sudah terprogram melalui aplikasi Arduino IDE. Data yang sudah diproses selanjutnya akan dikirim ke MQTT dan diteruskan ke telepon pintar pengguna yang sudah terkoneksi, lalu data juga diproses untuk membuat keputusan dalam menghidupkan aktuator untuk mendinginkan panel surya apabila kondisi untuk pendinginan sudah terpenuhi. Pada penelitian ini, fitur yang ditampilkan pada telepon pintar adalah nilai besar suhu, nilai tegangan, nilai arus, nilai daya, batas suhu dan juga kondisi relay atau aktuator.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah disebutkan, rumusan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana mengimplementasikan pengambilan data berupa besar nilai suhu, tegangan dan juga arus pada panel surya?
2. Bagaimana sistem mengolah data untuk mengoperasikan aktuator dalam kurun waktu tertentu oleh mikrokontroler?
3. Bagaimana sistem dapat mengirimkan data pada telepon pintar menggunakan MQTT?

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Prototipe digunakan untuk mengukur nilai suhu, arus, tegangan dan daya.
2. Panel surya yang digunakan adalah tipe *monocrystalline* 50wp.
3. Percobaan dilakukan selama 7 jam dengan pengambilan data setiap 15 menit.
4. Keberhasilan alat dapat dilihat dengan indikasi aktuator dapat bekerja.
5. Tidak memperhitungkan besar intensitas cahaya.
6. Tidak mengukur sudut kemiringan panel surya.

### 1.4. Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah :

1. Sistem dapat mengimplementasikan pengambilan data berupa nilai suhu, tegangan, arus serta daya menggunakan sensor termokopel Maxx6675 dan sensor INA219.
2. Sistem dapat mengolah data pada mikrokontroler ESP32 sehingga dapat mengirim hasil pada telepon pintar.
3. Sistem dapat menggerakkan pompa air untuk mendinginkan panel surya.

### 1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk memudahkan mendapatkan nilai efisiensi yang optimal dari panel surya.
2. Untuk memudahkan dalam *monitoring* panel surya pada jarak jauh (daring).
3. Untuk memudahkan dalam perawatan pada panel surya.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri 5 bagian yang masing-masing terdiri dari :

## **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi beberapa aspek seperti latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat pada tugas akhir dan sistematika penulisan laporan.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Bab ini berfokus pada tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian sebagai referensi pendukung serta menjelaskan prinsip dasar tentang perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.

## **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini secara rinci menjelaskan tentang metode penelitian, *flowchart* yang menjelaskan alur pada penelitian, program yang digunakan , perancangan perangkat keras dan pengambilan sampel data.

## **BAB IV : HASIL PENGUJIAN**

Bab ini berisi penjelasan pengujian alat yang digunakan untuk menurunkan suhu pada permukaan panel surya, serta menganalisa hasil yang didapat selama penelitian berlangsung.

## **BAB V : PENUTUP**

Bab ini membahas kesimpulan dari pengujian alat yang telah dilaksanakan serta saran yang dapat digunakan untuk acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

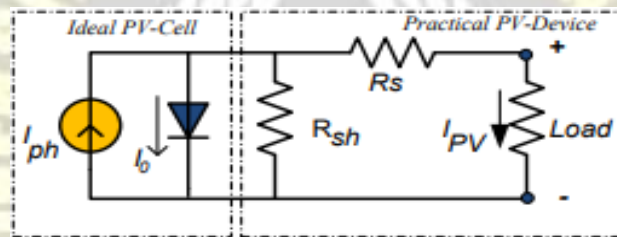
Tabel 2. 1. Tinjauan Pustaka yang digunakan pada penelitian

| No. | Judul Penelitian                                                                                               | Keterangan                                                                                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan Output Pada Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline 50 WP [3] | Pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa panel surya yang menggunakan air pendingin menghasilkan keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan air pendingin |
| 2.  | Analisis Performansi Protokol MQTT Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Ruangan Berbasis IoT [4]              | Pada penelitian tersebut menunjukkan fungsi MQTT sebagai perantara alat atau sensor dengan gawai                                                                                  |
| 3.  | Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Sensor Kelembaban Dan Suhu Berbasis Arduino [5]                | Pada penelitian tersebut menunjukkan tujuan dan cara pembuatan alat penyiram tanaman secara otomatis menggunakan sensor kelembaban.                                               |

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Panel Surya

*Solar panel* atau panel surya merupakan perangkat yang digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya yang terdiri dari sejumlah bahan dengan sifat semi-konduktor. Bahan semi-konduktor yang biasa digunakan dalam panel surya adalah silikon, dengan memanfaatkan sifat semi-konduktor tersebut, cahaya matahari yang mengenai sel surya akan menyebabkan elektron yang berada pada sel surya tersebut terbebas, sehingga menghasilkan arus listrik. Pada umumnya, arus yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan ke baterai dan diubah menggunakan *inverter*, sehingga dapat digunakan untuk keperluan penyaluran listrik baik untuk perumahan ataupun gedung.[6]



Gambar 2. 1. Rangkaian model solar cell menggunakan dioda

Berdasarkan pemodelan matematis PV pada gambar 2.1,  $I_{ph}$  merupakan arus foto dari sel surya, sedangkan  $R_{sh}$  dan  $R_s$  merupakan resistensi seri sel dan shunt interistik pada sel surya. Pada persamaan semikonduktor dengan fotovoltaiik yang menjadikan karakteristik I-V pada sel surya. Fotovoltaiik juga dipengaruhi oleh suhu seperti pada persamaan (1).

$$I = I_L - I_0 [\exp(V + R_s I / V_t) - 1] - V + R_s / R_{sh} \quad (2.1)$$

Dimana  $I_L$  merupakan arus yang dibangkitkan (A),  $I_0$  adalah saturasi dioda p-n(A),  $R_s$  adalah resistor seri pada PV (W),  $R_{sh}$  adalah resistor paralel (W) dan  $a$  adalah parameter dioda,  $V_t$  merupakan tegangan terminal (V), seperti pada persamaan (2).

$$V_t = N_s * K_t / a \quad (2.2)$$

Dimana  $T$  adalah temperature (K),  $R_p$  adalah resistor paralel dan  $q$  adalah muatan elektron. Pada panel surya sendiri komponen utama adalah modul fotovoltaik yang disusun baik seri maupun paralel dari beberapa sel surya. [3]

Sel surya pada panel surya yang dihubungkan secara paralel dengan sebuah dioda dijadikan sumber referensi arus, dimana pada setiap sel surya berfungsi sebagai dioda jenis P-N. Sehingga saat sinar matahari diserap oleh sel surya, energi yang didapatkan diubah menjadi energi listrik tanpa harus melewati komponen mekanis. Oleh sebab itu apabila sel surya disinari pasangan *electron-hole* yang dihasilkan pada seluruh sel menyebabkan terjadinya koneksi listrik pada *junction* P-N dan aliran arus.[7]



Gambar 2. 2. Panel Surya Monocrystalline

Panel surya *monocrystalline* merupakan salah satu jenis panel surya yang terbuat dari silikon batang tunggal dengan ketebalan 0,3 mm yang berbentuk irisan tipis seperti wafers. Panel surya jenis ini memiliki permukaan atas yang beralur mikro dengan tujuan untuk meminimalkan pantulan, penampilan dari *monocrystalline* dapat dilihat dengan warna hitam dan tampilannya yang homogen. Panel surya jenis ini mempunyai keunggulan efisiensi yang lebih baik (14-17%) hal ini disebabkan karena struktur dari silikon batang tunggal yang menyebabkan aliran elektron cenderung lebih baik. *Monocrystalline* mempunyai ukuran yang ramping dan lebih ringan sehingga penggunaannya dapat digunakan pada daerah yang relatif tidak terlalu panas. Panel

surya jenis ini juga mempunyai harga yang relatif lebih tinggi, hal ini disebabkan proses pembuatannya yang lebih rumit.[3]

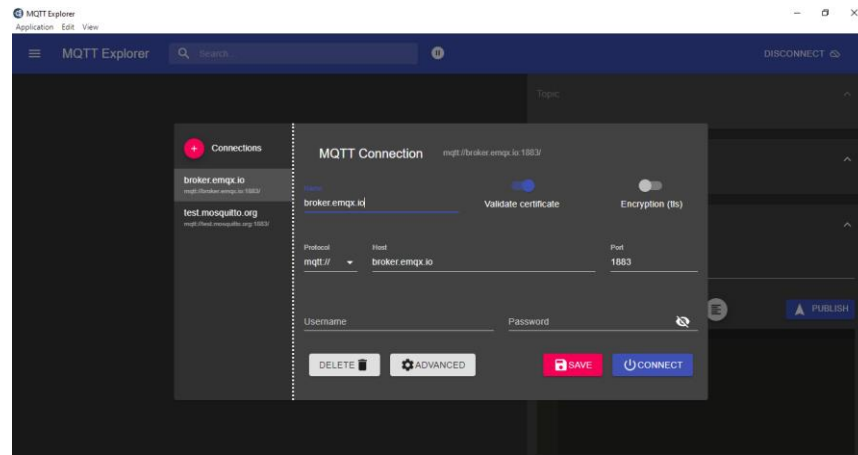
### 2.2.2. MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan salah satu protokol komunikasi terbuka menggunakan model *publish-subscribe*. MQTT mudah digunakan oleh pengguna dikarenakan pengaturan yang sederhana baik dari pihak *publisher* maupun *subscriber*. Dalam MQTT terdapat sistem yang mengatur jalannya pengiriman data, dimana *Broker* berfungsi sebagai perantara *publisher* dan *subscriber* yang memastikan pengiriman data atau topik tersampaikan dari kedua pihak. Dalam penjaminan data yang dikirim, MQTT mempunyai 3 Kualitas Pelayanan atau *Quality of Services* (QoS) untuk penjaminan, yaitu QoS 0, QoS 1, dan QoS 2.[4]

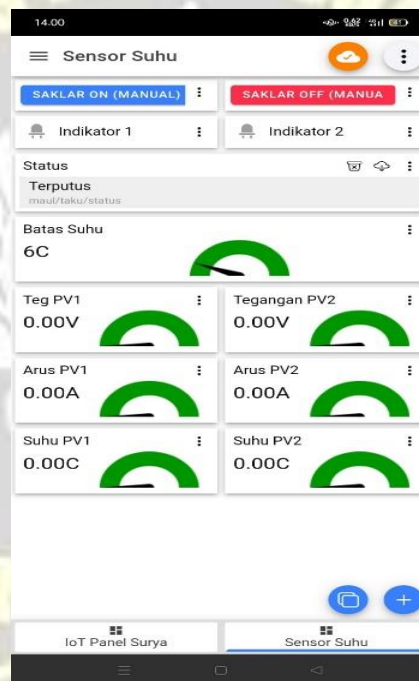


Gambar 2. 3. Aplikasi MQTT Explorer

Untuk membuat suatu topik dapat menggunakan aplikasi MQTT Explorer pada komputer. Aplikasi ini selain untuk membuat suatu topik, juga dapat digunakan sebagai *monitoring* melalui perangkat komputer.



Gambar 2. 4. Tampilan Pada MQTT Explorer



Gambar 2. 5. Tampilan Aplikasi IoT MQTT Panel

Untuk aplikasi yang digunakan pada gawai pintar dapat menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel. Aplikasi ini dapat diunduh pada gawai pintar dan penggunaannya yang mudah sehingga dapat memudahkan pengguna. Didalam aplikasi tersebut terdapat banyak fitur yang dapat digunakan untuk membuat panel monitoring.

### 2.2.3. Sensor Termokopel Tipe K+ Maxx6675

Prinsip kerja yang digunakan pada termokopel berdasarkan efek “*Thermo-electric*” dimana perbedaan panas pada benda yang diukur diubah menjadi tegangan.[8]. Efek ini ditemukan oleh seorang fisikiawan asal Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberikan perbedaan panas secara gradien dapat menghasilkan tegangan listrik.[9]

Maxx6675 merupakan modul sensor suhu yang mempunyai kemampuan pengukuran suhu tinggi dari suhu 0,25°C hingga memungkinkan untuk membaca suhu setinggi 1024°C. Max6675 yang berfungsi untuk mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K. Ujung logam sensor termokopel tipe K biasanya terbuat dari bahan seperti alumel dan chromel [10]



Gambar 2. 6. Sensor Termokopel Maxx 6675

### 2.2.4. Relay

Relay merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar, sehingga dapat digunakan sebagai pengontrol untuk komponen listrik lainnya. Relay dapat berfungsi dikarenakan terdapat medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Pada saat kumparan pada relay diberikan tegangan, medan magnet akan terjadi pada kumparan sehingga arus mengalir pada lilitan kawat.[11]

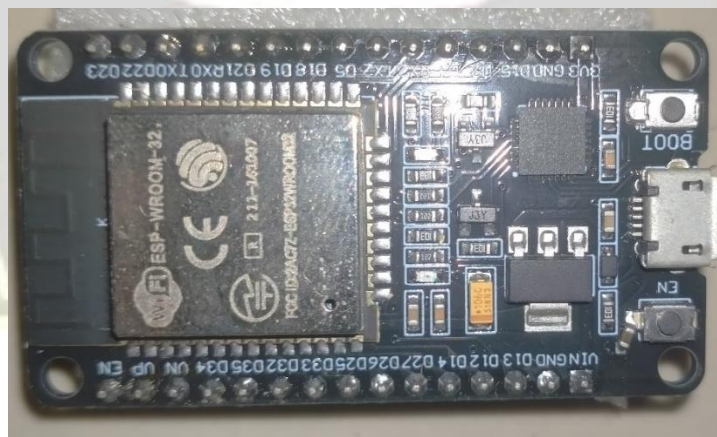


Gambar 2. 7. Relay

Relay terdiri dari kumparan, pegas, saklar dan dua kontak elektrik (*Normaly Close* dan *Normaly Open*). *Normaly Close* (NC) merupakan kondisi ketika saklar terhubung dengan kontak sehingga relay berada pada kondisi aktif atau dikatakan berada dalam kondisi tertutup. Sedangkan *Normaly Open* (NO) merupakan kondisi ketika saklar tidak terhubung dengan kontak sehingga relay berada pada kondisi tidak aktif atau dikatakan berada dalam kondisi terbuka.[12]

#### 2.2.5. ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan WiFi 2,4GHz dan *bluetooth* sehingga ESP32 dapat digunakan dalam berbagai proyek sederhana yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Dilengkapi dengan banyak fitur tambahan dan keunggulan dibandingkan dengan generasi sebelumnya menjadikan ESP32 sangat cocok digunakan untuk membuat proyek elektronika.

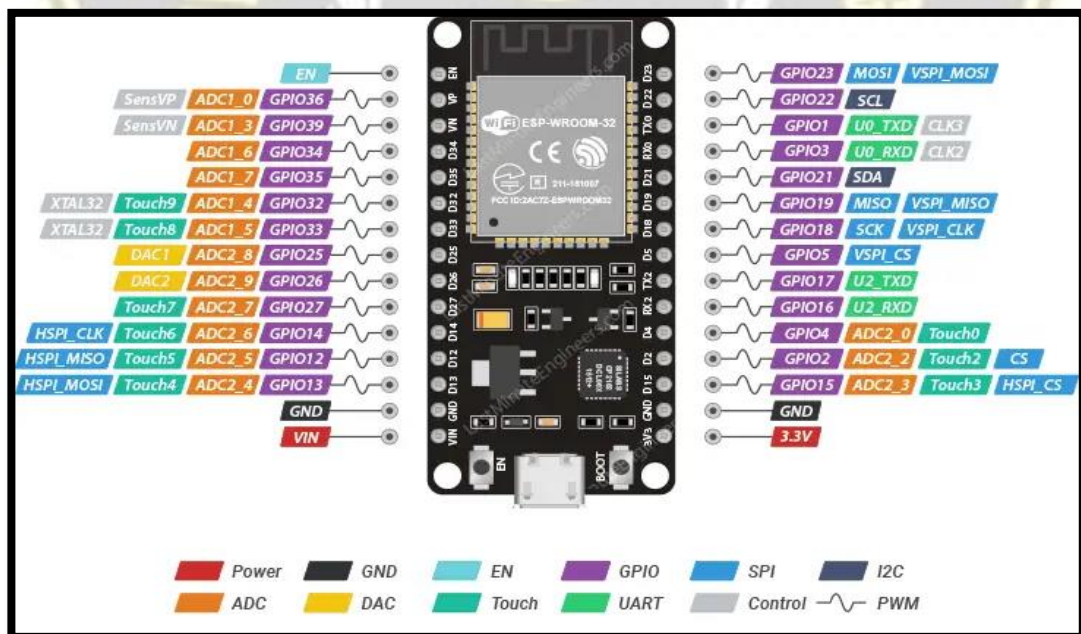


Gambar 2. 8. Mikrokontroler ESP32

ESP32 mempunyai 48 pin dengan fungsi berbeda-beda, sehingga tidak semua pin mempunyai fitur yang sama. Fitur pada ESP32 diantaranya adalah :

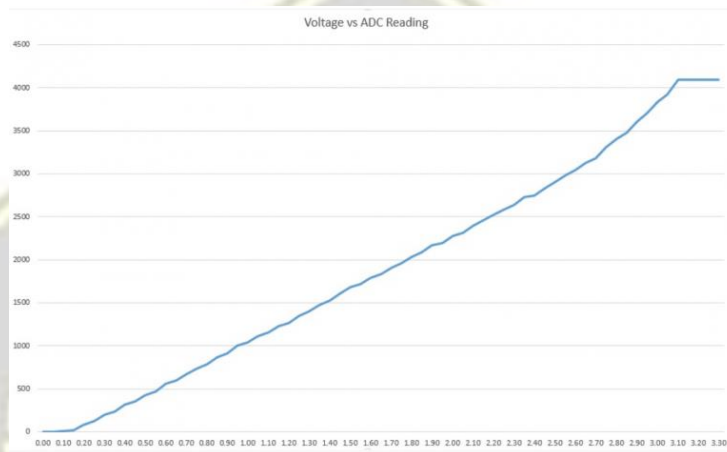
1. 18 kanal *Analog-to-Digital Converter* (ADC).
2. 3 *SPI Interfaces*.
3. 3 *UART Interfaces*.
4. 2 *I2C Interfaces*.
5. 16 kanal keluaran PWM.
6. 2 kanal *Digital-to-Analog Converter* (DAC).
7. 2 *I2S Interfaces*.
8. 10 *Capacitive sensing GPIO's*.

Dengan mempunyai pin out yang lebih banyak dan memori yang lebih besar serta dapat terkoneksi WiFi dan *Bluetooth* menjadikan ESP32 lebih unggul dibandingkan dengan mikrokontroler lain. [13]



Gambar 2. 9. Pin Out Mikrokontroler ESP32

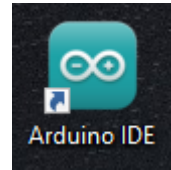
*Input* kanal ADC mempunyai resolusi 12-bit, yang berarti untuk pembacaan analog berada dijarak 0-4095, dimana nilai 0 mewakili 0V dan 4095 mewakili 3.3V. Resolusi kanal yang digunakan juga dapat diatur pada kode yang digunakan dan juga jarak ADC yang digunakan. Pin ADC pada ESP32 tidak mempunyai perilaku linier dimana hal tersebut membuat ESP32 tidak dapat membedakan antar 0 dan 0.1V atau 3.2 dan 3.3V. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.[14]



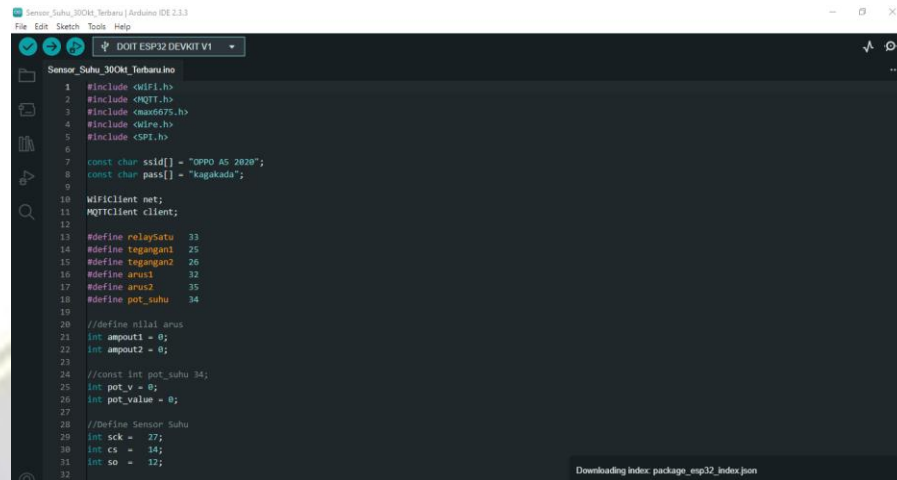
Gambar 2. 10. Pembacaan ADC pada ESP32

### 2.2.6. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang sering digunakan dalam pemrograman. Dengan mempunyai banyak modul pendukung (sensor, monitor, pembaca, dll) menjadikan Arduino IDE menjadi wadah bagi banyak profesional dibidangnya dalam membuat program. Menggunakan bahasa C dan atau C++ menjadikan Arduino IDE salah satu wadah dalam pembuatan program, selain itu aplikasi ini dapat diunduh secara gratis. Karena gratis, menjadikan aplikasi ini bersifat *Open Source* sehingga semua orang dapat menggunakan, mengunduh gambar, membeli komponen, membuat PCB dan merakit sendiri tanpa membayar pembuat Arduino. [15]



Gambar 2. 11. Aplikasi Arduino IDE



Gambar 2. 12. Tampilan Pada Arduino IDE

### 2.2.7. Sensor INA219

INA219 merupakan salah satu sensor untuk mengukur tegangan dan arus listrik dengan menggunakan teknologi *shunt*. Sensor INA219 dapat mengukur arus hingga 3.2A dan juga dapat mengukur tegangan hingga 26V.[16] INA219 biasa digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada panel surya, dengan menggunakan komunikasi jenis I2C, pembacaan nilai yang dikirim pada kontroler melalui pin SCL dan SDA.[17] Pada penggunaan dikontroler ESP32, sensor INA219 dapat digunakan sebanyak 4 buah sensor, hal ini dapat dilakukan dengan cara menghubungkan pin A0 dan atau pin A1 pada modul sensor INA219 serta panggilan alamat pada program di Arduino IDE. Sensor INA219 cukup *tricky* dimana jalur rangkaian input Vin- harus dihubungkan ke pin GND pada ESP32 agar dapat terbaca oleh sensor.

Dalam menghitung daya dapat menggunakan rumus daya pada umumnya, yaitu

$$P = I * V \quad (2.3)$$

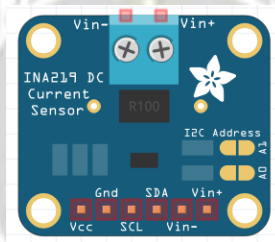
Keterangan :

P : Daya

I : Arus

V : Tegangan

Rumus diatas digunakan untuk menghitung nilai daya yang dihasilkan oleh sensor INA219.



Gambar 2. 13. Modul Sensor INA219

## BAB III

### METODE PENELITIAN

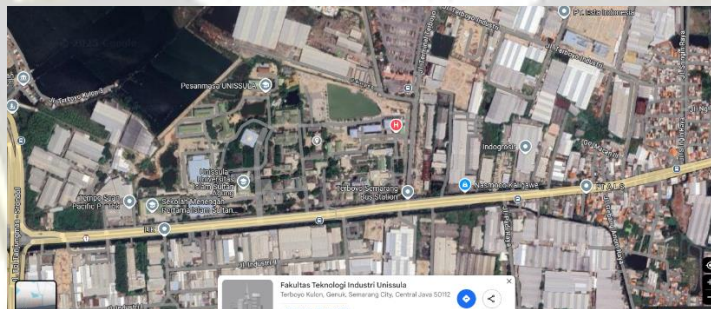
#### 3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan observasi untuk mengumpuln informasi dari jurnal, publikasi ilmiah, *manual books* maupun sumber dari berbagai studi lainnya. Menggunakan studi literatur dapat menjadikan sebagai acuan referensi untuk mengetahui parameter yang akan digunakan pada penelitian.

Pada penelitian ini mengkaji alat pendingin panel surya dapat berfungsi dengan baik, sehingga dapat menghasilkan keluaran yang optimal dibandingkan dengan panel surya tanpa menggunakan pendingin.

#### 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada 2 tempat yaitu Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dimana pada tempat ini dilakukan penelitian baik pencarian studi literatur dan perancangan alat yang digunakan pada penelitian ini.

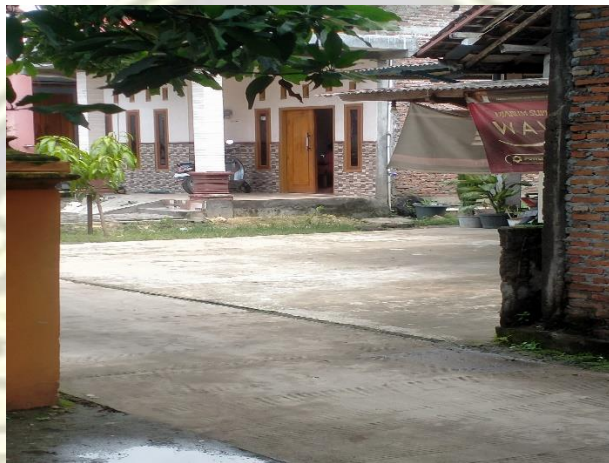


Gambar 3. 1. Lokasi Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Lalu untuk titik pengambilan data dilaksanakan di halaman rumah tetangga yang berada di sekitar lingkungan rumah penulis yang berada di Kampung Margosari, Desa Kuwaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2024 hingga Januari 2025.



Gambar 3. 2. Lokasi Pengambilan Data



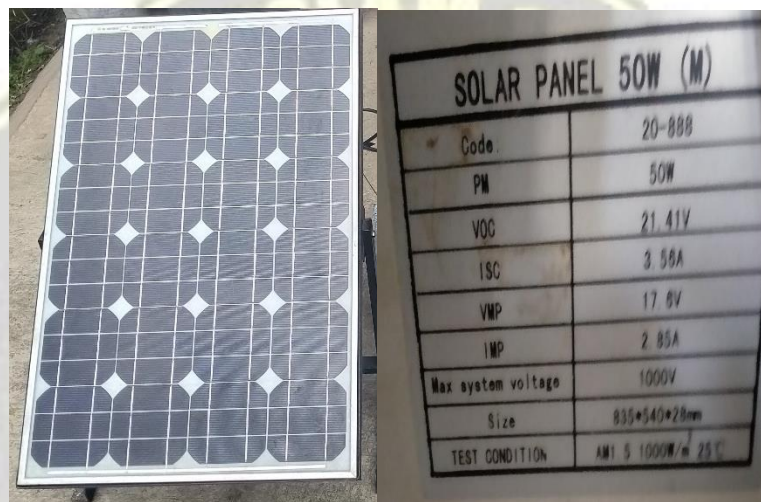
Gambar 3. 3. Titik Pengambilan Data

### 3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan data pada penelitian ini, sebagai berikut :

#### 1. Modul Pannel Surya *Monocrytalline* 50WP

Modul panel surya *monocrystalline* 50 WP berfungsi untuk mengubah cahaya matahari yang diserap menjadi energi listrik, berikut spesifikasi dari panel surya *monocrystalline* 50 WP.



Gambar 3. 4. Modul Panel Surya Monocrystalline 50 WP

| Spesifikasi Solar Panel 50 W |                   |
|------------------------------|-------------------|
| Code                         | 20-888            |
| PM                           | 50 W              |
| VOC                          | 21.41 V           |
| ISC                          | 3.56 A            |
| VMP                          | 17.6 V            |
| IMP                          | 2.85 A            |
| Max System Voltage           | 1000 V            |
| Size                         | 835 * 540 * 28 mm |

## 2. Kabel Penghubung

Kabel penghubung digunakan untuk menghubungkan antara panel surya dengan rangkaian kontroler, berikut spesifikasinya.



Gambar 3. 5. Kabel Penghubung

| Spesifikasi Kabel Penghubung |                    |
|------------------------------|--------------------|
| <b>Merk</b>                  | Federal            |
| <b>Jenis Kabel</b>           | NYMHY 60227 IEC 53 |
| <b>Diameter</b>              | 2 * 1.5 mm         |
| <b>Panjang</b>               | 6 m                |
| <b>Tahanan</b>               | 0.114 $\Omega$     |
| <b>Tegangan</b>              | 300/500 V          |

### 3. Dudukan Panel Surya

Dudukan panel surya digunakan sebagai wadah untuk menempatkan panel surya.



*Gambar 3. 6. Dudukan Panel Surya*

### 4. Lampu DC

Lampu DC digunakan sebagai beban dalam rangkaian, dimana lampu tersebut mendapatkan daya dari keluaran panel surya dan juga sebagai salah satu indikator.



*Gambar 3. 7. Lampu DC*

---

**Spesifikasi Lampu DC**

---

|                 |        |
|-----------------|--------|
| <b>Tegangan</b> | 12 VDC |
|-----------------|--------|

---

|             |      |
|-------------|------|
| <b>Daya</b> | 25 W |
|-------------|------|

---

5. Pompa Air Aquarium

Pompa air aquarium digunakan sebagai aktuator untuk mengalirkan air ke panel surya sebagai pendingin panel.



*Gambar 3. 8. Pompa Air Aquarium*

---

**Spesifikasi Pompa Air Aquarium**

---

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| <b>Tegangan</b> | 220-240 V |
|-----------------|-----------|

---

|             |      |
|-------------|------|
| <b>Daya</b> | 15 W |
|-------------|------|

---

|                     |         |
|---------------------|---------|
| <b>Maksimal Air</b> | 800 L/h |
|---------------------|---------|

---

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| <b>Maksimal Kedalaman</b> | 0.8 m |
|---------------------------|-------|

---

6. Volt Ampere Meter Digital

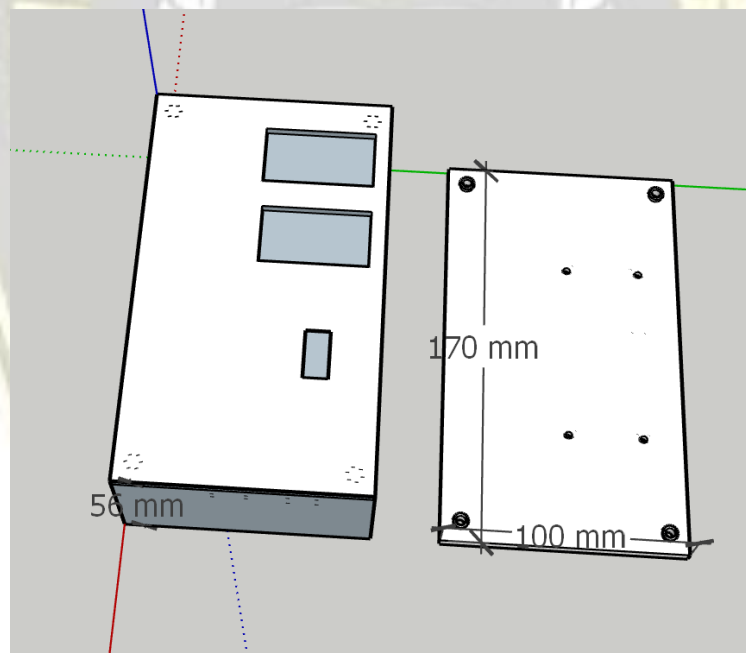
Volt Ampere Meter ( VA Meter) digital digunakan untuk mengukur tegangan dan juga arus yang mengalir pada rangkaian secara langsung, dimana fungsi VA meter ini digunakan sebagai pembanding antara nilai secara langsung serta nilai yang dibaca oleh program.



Gambar 3. 9. VA Meter Digital

### 3.4. Perancangan Perangkat Keras

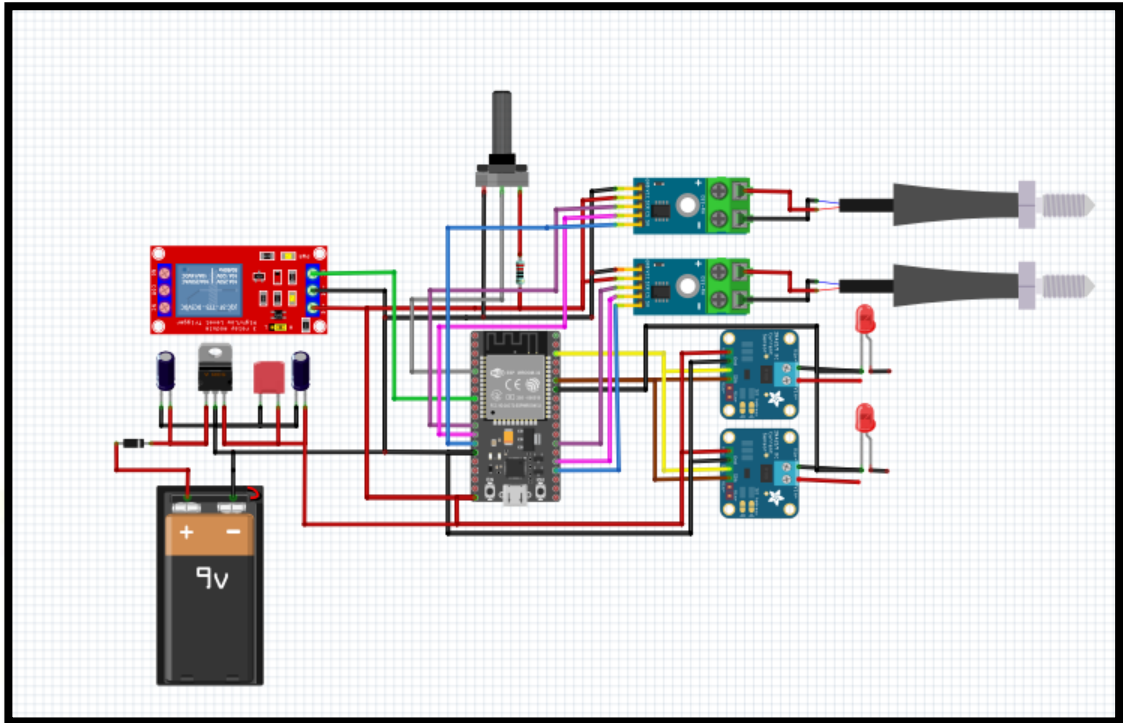
Pada penelitian ini, perangkat keras menggunakan sebuah kotak hitam sebagai wadah dari mikrokontroler, modul sensor yang digunakan, baterai, VA meter dan juga relay yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. 10. Desain Wadah Rangkaian Mikrokontroler

### 3.4.1. Jalur Rangkaian Mikrokontroler

*Wiring* dari rangkaian mikrokontroler yang digunakan pada penelitian kali ini dapat dilihat melalui gambar dibawah ini.



Gambar 3. 11. Wiring Rangkaian Kontroler

Pada rangkaian diatas terdapat rangkaian penurun tegangan menggunakan 2 kapasitor elektrolit, 1 kapasitor biasa, 1 dioda dan juga IC regulator 7805. Sehingga tegangan yang masuk akan dibatasi pada nilai 5 V, dimana tegangan 5 V ini untuk menghidupkan rangkaian mikrokontroler tersebut.

### 3.5. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, pengembangan perangkat lunak secara keseluruhan mencakup pemrograman menggunakan arduino IDE, mengatur alamat MQTT menggunakan MQTT Explorer serta mengatur tampilan muka pada telepon pintar menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel.

### 3.5.1. Perancangan Program Pada Arduino IDE

Perancangan program pada arduino IDE dimulai dengan mendefinisikan *library* yang akan digunakan seperti sensor suhu, WiFi, MQTT, sensor INA219, relay dan juga potensiometer yang digunakan untuk mengatur batas suhu yang digunakan untuk menghidupkan pompa air. Berikut adalah program yang digunakan pada penelitian ini.



```
#include <WiFi.h>
#include <MQTT.h>
#include <max6675.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>

const char ssid[] = "Nama Wifi";
const char pass[] = "Password Wifi";

WiFiClient net;
MQTTClient client;

Adafruit_INA219 Sensor1 (0x41); //A0 Terhubung
Adafruit_INA219 Sensor2 (0x44); //A1 Terhubung

#define relaySatu 33 //output
#define pot_suhu 34 //input

//Define Sensor Suhu
MAX6675 suhu1 (sck,cs,so);
MAX6675 suhu2 (sck2,cs2,so2);
```

```

unsigned long lastMillis = 0;

void connect(){
  // Menghubungkan ke WiFi
  Serial.print("Cek WiFi");
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Sukses Terhubung ke WiFi");
  client.setWill("maul/taku/status", "Terputus", true, 1);
  // Menghubungkan ke Broker
  Serial.print("Cek Broker");
  while(!client.connect(")){ // Client ID boleh dikosongkan
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Sukses Terhubung ke Server");
  Serial.println("");
  client.publish("maul/taku/status", "TERHUBUNG", true, 1);
  client.subscribe("maul/taku/#", 1); // subscribe dengan QoS 1
}

void subscribeData(String &topic, String &data){
  if(topic == "maul/taku/relay"){

```

```
digitalWrite(relaySatu, data.toInt()); //mengirim data status relay
client.publish("maul/taku/relay/status1", String(relaySatu), true, 1);
}
```

```
void publish(){
//Program Potensio
pot_v = analogRead(pot_suhu);
pot_value = map(pot_v, 0, 4095, 0, 40);
Serial.println("");
Serial.print("Batas Suhu : ");
Serial.print(pot_value);
Serial.print(" C ");
Serial.println("");

//Program Sensor Termokopel MAX6675
float temp1 = suhu1.readCelsius();
Serial.println("Pembacaan Sensor Suhu");
Serial.print("Temperature : ");
Serial.print(temp1);
Serial.println(" C ");

float temp2 = suhu2.readCelsius();
Serial.print("Temperature2 : ");
Serial.print(temp2);
Serial.print(" C ");
//Program Sensor INA219
shuntvoltage = Sensor1.getShuntVoltage_mV();
Serial.println("");
Serial.println("Pengukuran Sensor pertama INA219");
```

```

Serial.print("Load Voltage: "); Serial.print(teg1); Serial.println(" V");

amp1 = (Sensor1.getCurrent_mA() * 1.069767) / 1000;
Serial.print("Current:    "); Serial.print(amp1); Serial.println(" A");

watt1 = Sensor1.getPower_mW() / 1000;
    Serial.print("Power:          "); Serial.print(watt1);
    Serial.println(" W");
    Serial.println("");

//Program Sensor Kedua INA219
shuntvoltage2 = Sensor2.getShuntVoltage_mV();
Serial.println("Pengukuran Sensor kedua INA219");
Serial.print("Load Voltage 2: "); Serial.print(teg2); Serial.println(" V");

amp2 = (Sensor2.getCurrent_mA()* 1.069767) / 1000;
Serial.print("Current 2:    "); Serial.print(amp2); Serial.println(" A");

watt2 = Sensor2.getPower_mW() / 1000;
    Serial.print("Power 2:          "); Serial.print(watt2);
    Serial.println(" W");
    Serial.println("");
//program status indikator pada gawai
if(temp1 pot_value){
digitalWrite(relaySatu, HIGH);
client.publish("maul/taku/relay/status2", String(HIGH), true, 1);
}
else {
digitalWrite(relaySatu, LOW);
client.publish("maul/taku/relay/status2", String(LOW), true, 1);
}

```

```

}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Sensor1.begin();
  Sensor2.begin();

  pinMode(relaySatu, OUTPUT);
  pinMode(pot_suhu, INPUT);
  WiFi.begin(ssid, pass);
  client.begin("broker.emqx.io", net);
  client.onMessage(subscribeData);
  connect();
}

void loop() {
  if(!client.connected()){
    connect ();
  }

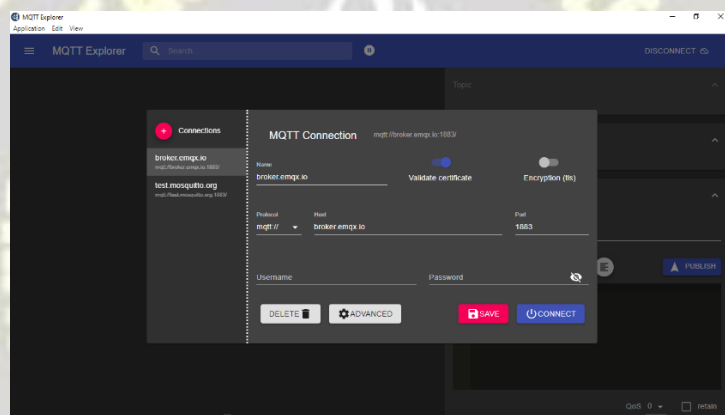
  client.loop();
  // publish a message roughly every second.
  if (millis() - lastMillis > 500) {
    lastMillis = millis();
    publish();
  }
  delay(10);
}

```

Untuk sensor INA219 dapat mengukur nilai tegangan, arus dan daya dengan memanggil perintah yang ingin digunakan. Pada program diatas nilai tegangan yang masuk akan ditambahkan dengan nilai *shunt* dari modul sensor. Lalu untuk nilai daya yang dipanggil oleh program menggunakan nilai tegangan yang belum ditambahkan nilai *shunt*. Sedangkan untuk kalibrasi nilai arus diatas dalah dengan membagi nilai yang terbaca oleh VA meter dengan nilai yang tebaca oleh sensor INA219.

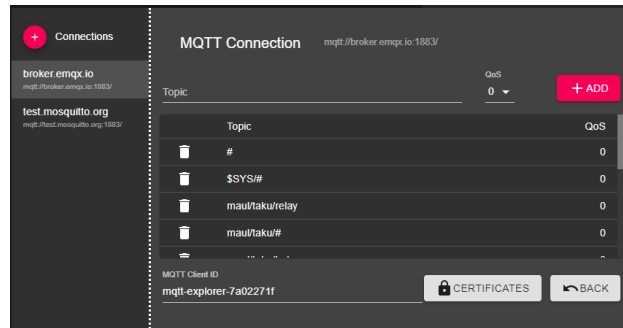
### 3.5.2. Perancangan MQTT

Pada perancangan MQTT mencakup cara untuk mengatur alamat MQTT yang akan digunakan dan juga mengatur tampilan muka pada telepon pintar melalui aplikasi IoT MQTT Panel sebagai berikut.



Gambar 3. 12. Tampilan pada saat masuk aplikasi MQTT Explorer

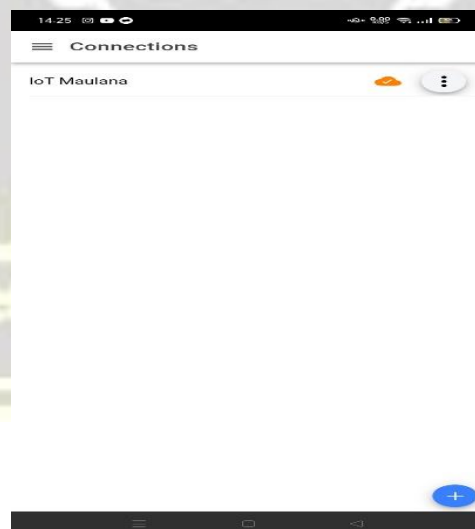
Pada saat masuk kedalam aplikasi MQTT Explorer akan menampilkan tampilan muka seperti Gambar 3.12. Dimana sebelum menyambungkan dengan tombol *connect*, pembuatan topik dilakukan terlebih dahulu agar data yang nanti akan dikirim sesuai dengan alamat topik yang sudah didaftarkan.



Gambar 3. 13. Tampilan layar ketika akan membuat sebuah topik

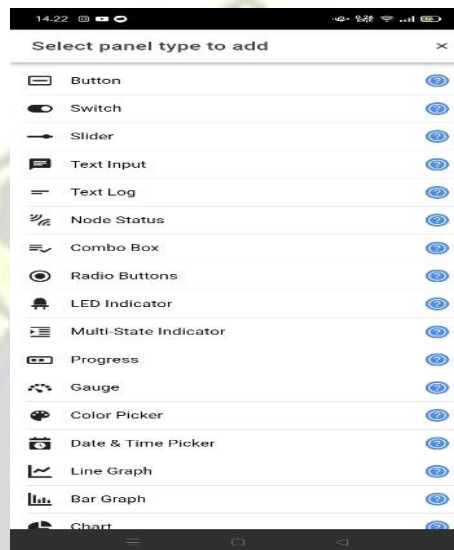
Ketika berada di tampilan awal masuk aplikasi MQTT Explorer, untuk membuat sebuah topik, langkah yang dilakukan selanjutnya adalah dengan menekan tanda *Advance* sehingga nanti dari aplikasi akan mengarahkan ke tampilan muka untuk pembuatan topik. Topik sendiri dapat diisi sesuai dengan selera penamaan.

Setelah pembuatan topik melalui aplikasi MQTT Explorer, untuk selanjutnya dapat membuat tampilan muka yang berada di telepon pintar dengan cara mengunduh aplikasi IoT MQTT Panel. Setelah dibuka, tampilan awal akan menunjukkan layar kosong seperti gambar dibawah.



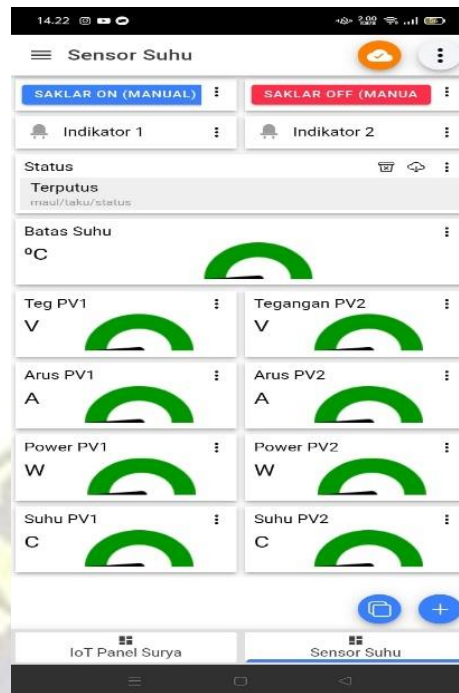
Gambar 3. 14. Tampilan awal pada aplikasi IoT MQTT Panel

Setelah masuk kedalam aplikasi, agar dapat digunakan dengan baik, langkah selanjutnya dapat membuat *connections* terlebih dahulu dengan memencet tombol “+” lalu diisi dengan nama sesuai dengan selera. Setelah membuat *connections* selanjutnya dengan memencet *connections* yang sudah dibuat akan diarahkan untuk membuat tampilan muka sesuai dengan kebutuhan pemakaian.



Gambar 3. 15. Tampilan pada pemilihan panel yang akan digunakan

Setelah menambahkan panel yang akan dibutuhkan, selanjutnya panel akan ditampilkan ke layar telepon pintar seperti gambar dibawah.



Gambar 3. 16. Tampilan Panel yang akan digunakan

Sebelum dapat bekerja, panel yang akan digunakan diatur terlebih dahulu agar sesuai dengan topik yang akan digunakan, karena apabila tidak diatur sesuai dengan topik yang digunakan, panel tidak akan bekerja sebagaimana mestinya.

14:50

← Edit panel

Panel name \*  
Teg PV1

☐ Disable dashboard prefix topic

Topic \*  
maul/taku/volt1

|               |               |
|---------------|---------------|
| Payload min * | Payload max * |
| 0             | 40            |

|      |        |
|------|--------|
| Unit | Factor |
| V    | 1      |

Arc color

13,33 26,67

☐ Enable notification

☐ Payload is JSON Data

☐ Show received timestamp

QoS 0

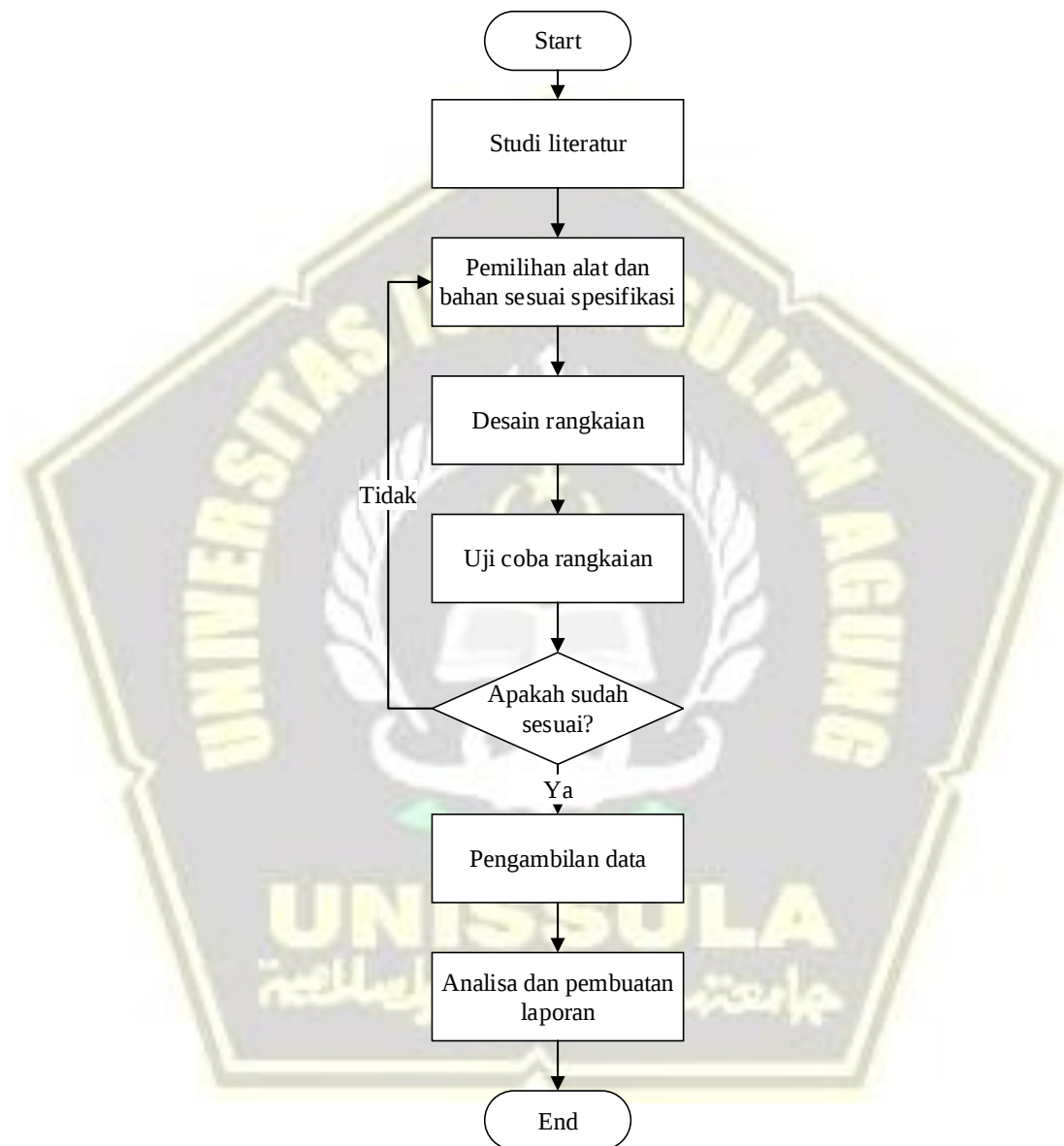
CANCEL SAVE

Gambar 3. 17. Tampilan ketika mengatur panel yang digunakan

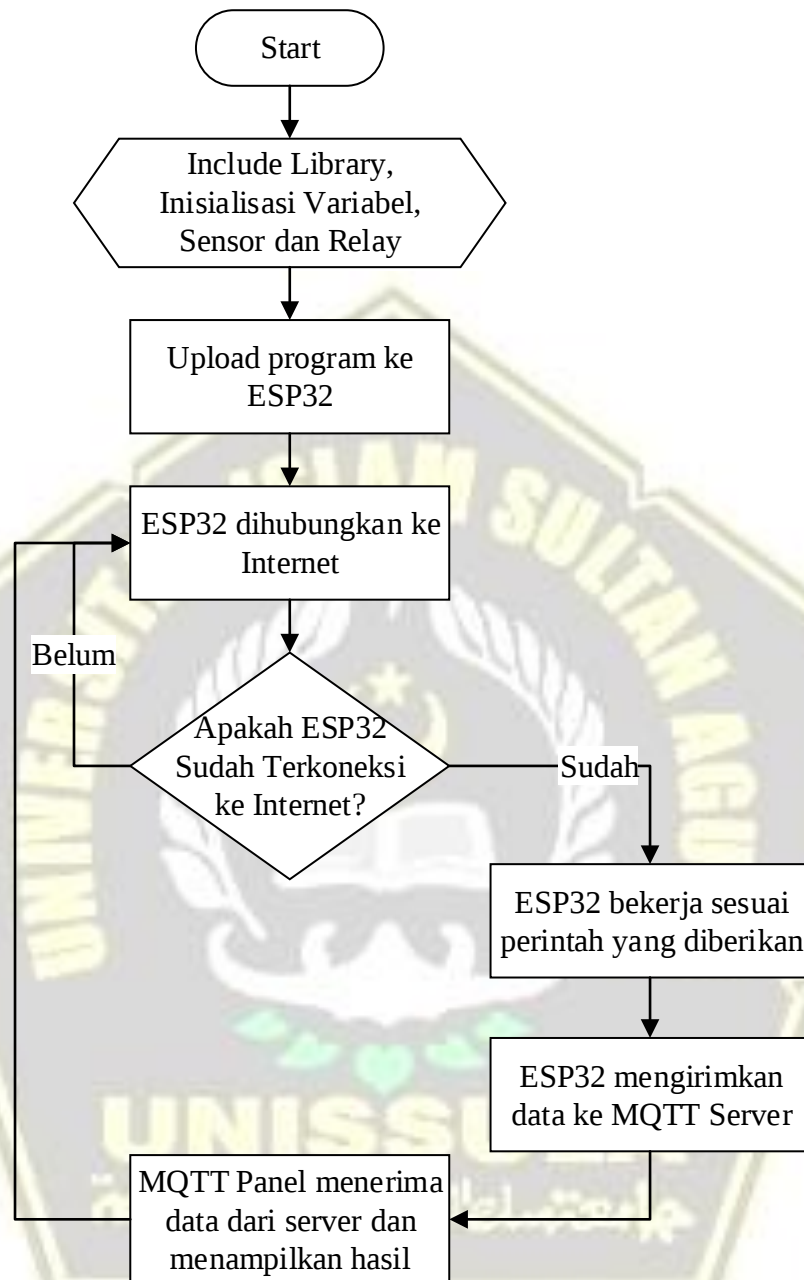
Setelah mengatur panel agar dapat bekerja, selanjutnya tekan tombol "Save" untuk menyimpan pengaturan pada panel. Untuk panel yang digunakan lainnya dapat diatur dengan cara yang sudah dijelaskan, hanya dengan mengubah topik yang akan diusung pada tiap panel dan juga *range* atau jarak batas yang digunakan pada tiap panel.

### 3.6. Diagram Alur Penelitian

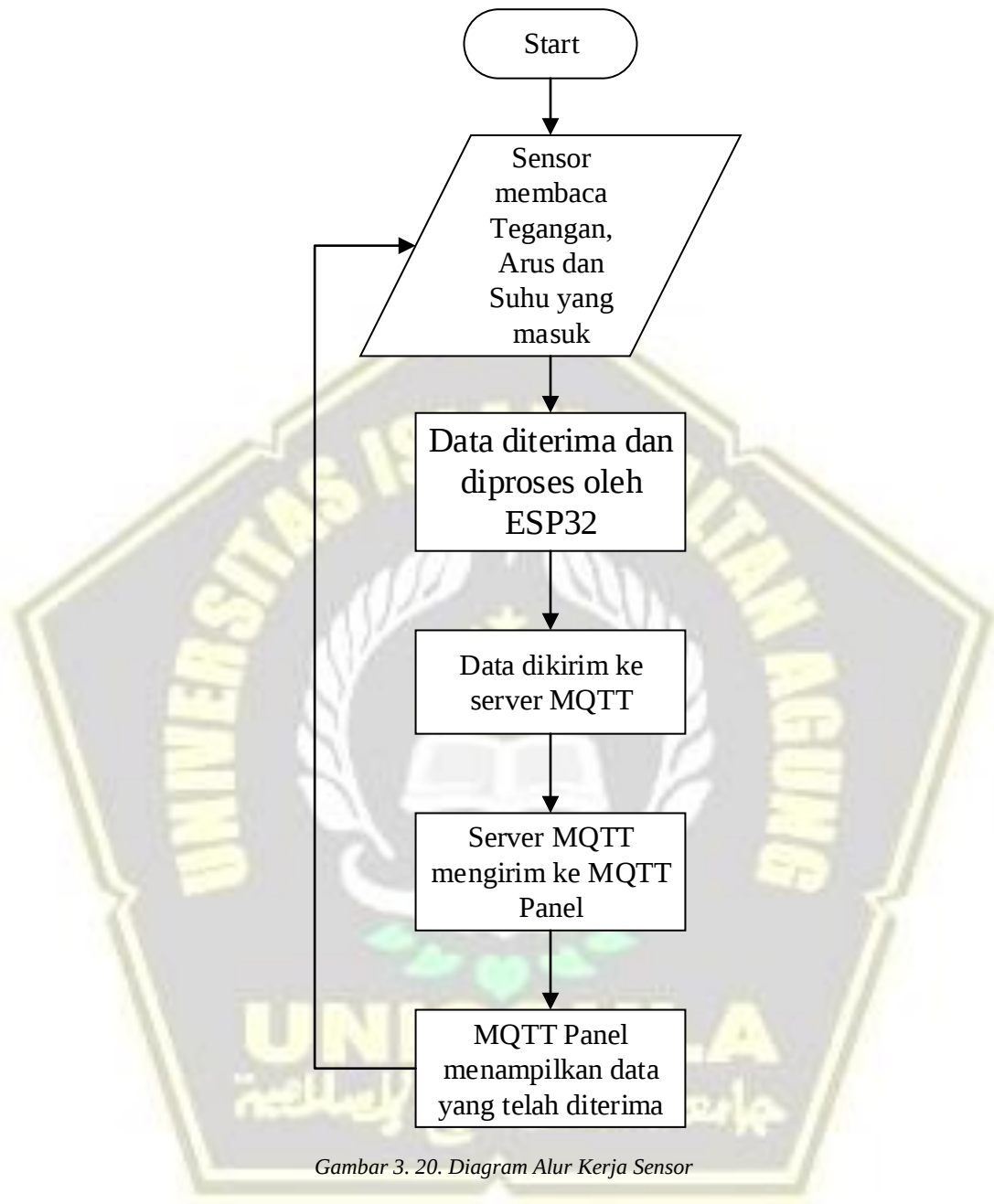
Pada pembahasan ini akan ditampilkan diagram alur penelitian dan juga diagram blok sistem kendali.



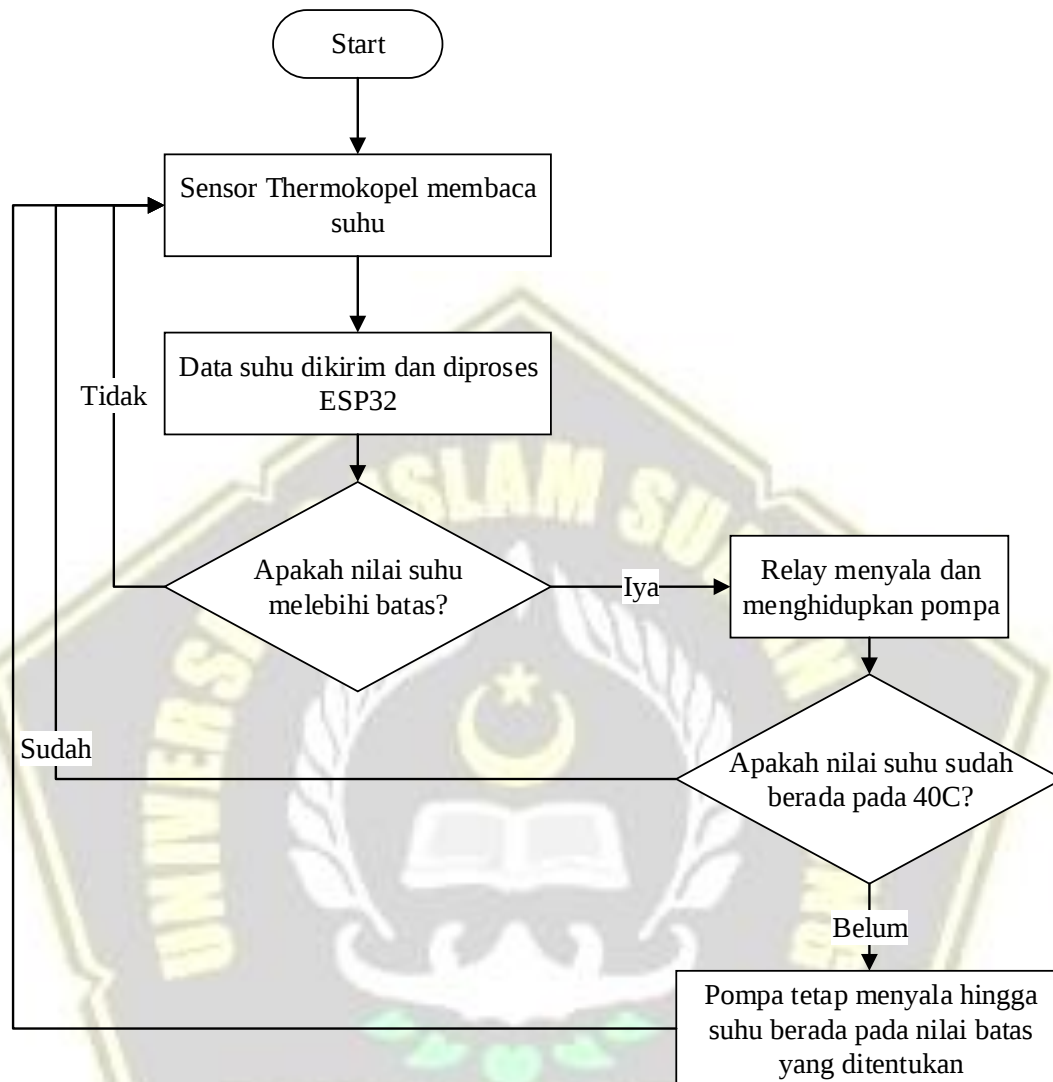
Gambar 3. 18. Diagram Alur Penelitian



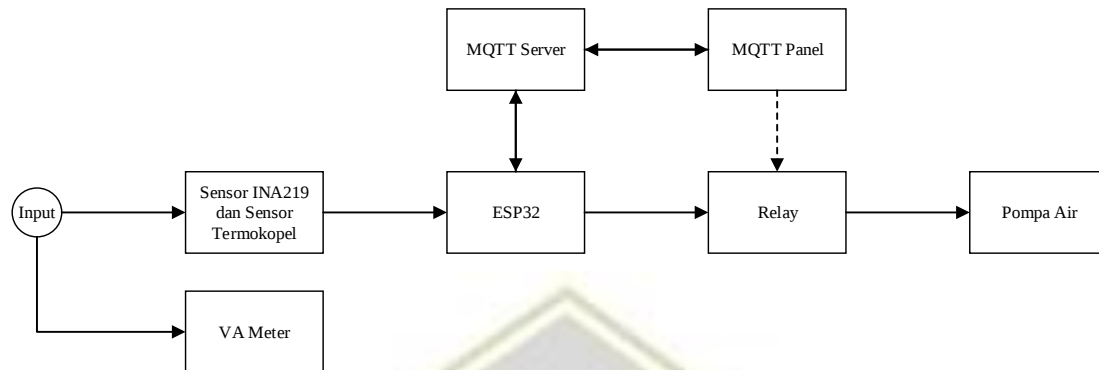
Gambar 3. 19. Diagram Alur Kerja ESP32



Gambar 3. 20. Diagram Alur Kerja Sensor



Gambar 3. 21. Diagram Alur Penghidupan Pompa Air



Gambar 3. 22. Diagram Blok Sistem Kendali



## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN

#### 4.1. Hasil Perancangan

Berikut adalah hasil dari perancangan prototipe sistem pendingin dan *monitoring* panel surya menggunakan penyiram air otomatis berbasis *internet of things* (IoT) dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler.



Gambar 4. 1. Hasil Perancangan Prototipe Sistem Pendingin Dan Monitoring Panel Surya Menggunakan Penyiram Air Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)

#### 4.2. Analisa Hasil Pengujian

Pada tahap ini membahas terkait analisa hasil dari pengujian dan perbandingan mengenai hasil dari keluaran pada panel surya *monocrystalline* yang terhubung dengan beban secara langsung pada 2 kondisi yaitu menggunakan pendingin dan tanpa menggunakan pendingin. Dari kedua kondisi tersebut diambil hasil dari keluaran dengan pengamatan secara langsung melalui VA meter digital dan juga pengamatan melalui sensor yang terhubung ke ESP32 sebagai mikrokontroler. Sebelum dilakukan pengujian lapangan secara langsung, alat yang sudah dirangkai terlebih dahulu melakukan uji keakuratan nilai dengan cara kalibrasi menggunakan *power supply*, sehingga diharapkan hasil yang terbaca oleh sensor tidak terpaut jauh nilai yang didapatkan dengan nilai dari VA meter digital.

#### 4.2.1. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Tanpa Pendingin Melalui Pengamatan

##### Langsung

Tabel 4. 1. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan pengamatan langsung pada kondisi tanpa pendingin

| Waktu | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C) |
|-------|--------------|----------|----------|----------|
| 09.00 | 17,50 V      | 1,70 A   | 29,75 W  | 33,25 C  |
| 09.15 | 17,40 V      | 1,68 A   | 29,23 W  | 33,25 C  |
| 09.30 | 17,10 V      | 1,67 A   | 28,56 W  | 34,75 C  |
| 09.45 | 17,50 V      | 1,74 A   | 30,45 W  | 39,50 C  |
| 10.00 | 17,10 V      | 1,67 A   | 28,56 W  | 37,75 C  |
| 10.15 | 16,90 V      | 1,65 A   | 27,89 W  | 42,00 C  |
| 10.30 | 17,25 V      | 1,67 A   | 28,72 W  | 43,50 C  |
| 10.45 | 17,60 V      | 1,68 A   | 29,57 W  | 43,25 C  |
| 11.00 | 17,00 V      | 1,65 A   | 28,05 W  | 47,00 C  |
| 11.15 | 17,37 V      | 1,73 A   | 30,05 W  | 45,00 C  |
| 11.30 | 17,38 V      | 1,75 A   | 30,33 W  | 45,00 C  |
| 11.45 | 17,39 V      | 1,76 A   | 30,61 W  | 44,20 C  |
| 12.00 | 17,25 V      | 1,68 A   | 28,97 W  | 43,50 C  |
| 12.15 | 17,10 V      | 1,67 A   | 28,56 W  | 40,00 C  |
| 12.30 | 17,05 V      | 1,71 A   | 29,16 W  | 43,00 C  |
| 12.45 | 16,54 V      | 1,69 A   | 27,95 W  | 43,00 C  |
| 13.00 | 16,45 V      | 1,68 A   | 27,64 W  | 41,00 C  |
| 13.15 | 16,36 V      | 1,68 A   | 27,48 W  | 43,00 C  |
| 13.30 | 16,27 V      | 1,66 A   | 27,01 W  | 45,00 C  |
| 13.45 | 16,06 V      | 1,65 A   | 26,50 W  | 44,00 C  |
| 14.00 | 16,14 V      | 1,66 A   | 26,79 W  | 44,00 C  |
| 14.15 | 15,95 V      | 1,64 A   | 26,16 W  | 45,00 C  |
| 14.30 | 15,82 V      | 1,64 A   | 25,94 W  | 45,00 C  |

| Waktu     | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C)  |
|-----------|--------------|----------|----------|-----------|
| 14.45     | 15,09 V      | 1,60 A   | 24,14 W  | 44,00 C   |
| 15.00     | 14,48 V      | 1,58 A   | 22,88 W  | 44,00 C   |
| Total     | 418,05 V     | 41,88 A  | 700,94 W | 1052,95 C |
| Rata-rata | 16,72 V      | 1,68 A   | 28,04 W  | 42,12 C   |

Pada hasil dari tabel diatas, dengan panel surya yang langsung dihubungkan terhadap beban dengan kondisi tanpa pendingin, sehingga didapatkan nilai maksimal daya panel surya yang dihasilkan menggunakan perhitungan untuk jenis *monocrystalline* adalah 50,16 Watt. Dengan perhitungan pada sampel data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

$$I = 1,68 \text{ A}$$

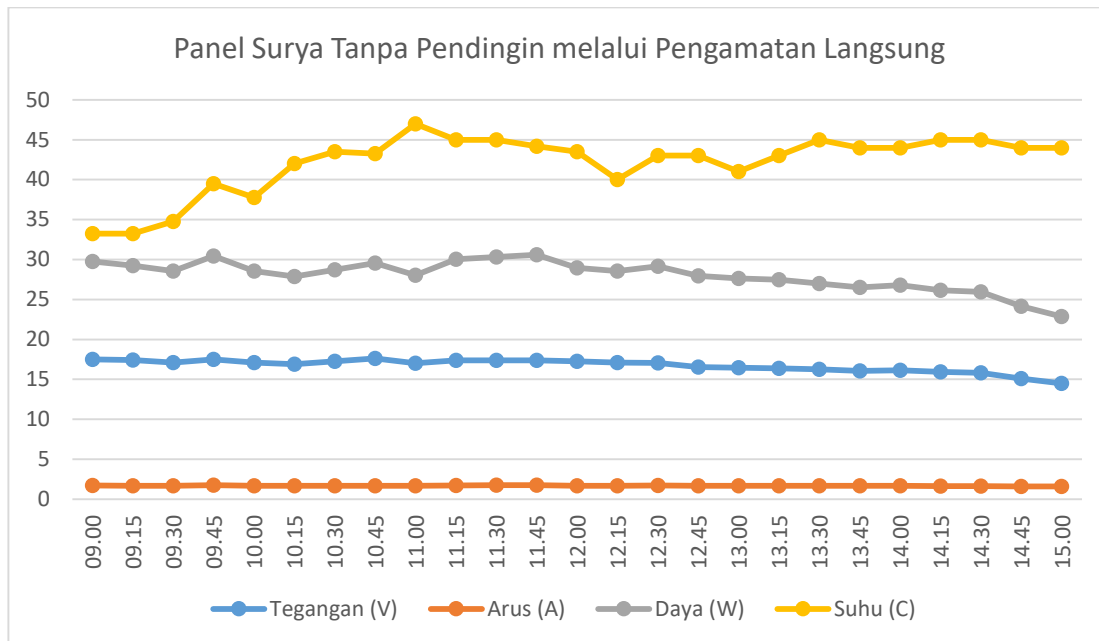
$$V = 17,6 \text{ V}$$

$$P = I * V$$

$$P = 1,68 \text{ A} * 17,6 \text{ V}$$

$$P = 29,57 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi tanpa pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 16,72 V, arus 1,68 A dan daya 28,04 Watt serta dengan suhu rata-rata 42,12 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi tanpa pendingin menunjukan nilai yang didapatkan hingga batas maksimal tegangan pada spesifikasi panel surya dengan jenis *monocrystalline*. Hasil keluaran pada panel surya dapat dipengaruhi juga oleh bayangan, suhu serta faktor lain yang menghalangi cahaya matahari. Menurut tabel diatas dapat dibuat grafik perolehan tegangan, arus, daya dan suhu sebagai berikut :



Gambar 4. 2. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Tanpa Pendingin melalui pengamatan langsung

#### 4.2.2. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Tanpa Pendingin Menggunakan Mikrokontroler ESP32

Tabel 4. 2. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan menggunakan ESP32 pada kondisi tanpa pendingin

| Waktu | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C) |
|-------|--------------|----------|----------|----------|
| 09.00 | 17,16 V      | 1,72 A   | 29,52 W  | 33,25 C  |
| 09.15 | 17,20 V      | 1,72 A   | 29,58 W  | 33,25 C  |
| 09.30 | 16,94 V      | 1,71 A   | 28,97 W  | 34,75 C  |
| 09.45 | 17,09 V      | 1,71 A   | 29,22 W  | 39,50 C  |
| 10.00 | 16,98 V      | 1,71 A   | 29,04 W  | 37,75 C  |
| 10.15 | 17,08 V      | 1,71 A   | 29,21 W  | 42,00 C  |
| 10.30 | 16,96 V      | 1,72 A   | 29,17 W  | 43,50 C  |
| 10.45 | 16,84 V      | 1,73 A   | 29,13 W  | 43,25 C  |
| 11.00 | 17,48 V      | 1,70 A   | 29,72 W  | 47,00 C  |

| Waktu     | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C)  |
|-----------|--------------|----------|----------|-----------|
| 11.15     | 17,20 V      | 1,72 A   | 29,58 W  | 45,00 C   |
| 11.30     | 17,28 V      | 1,73 A   | 29,89 W  | 45,00 C   |
| 11.45     | 17,35 V      | 1,74 A   | 30,19 W  | 44,20 C   |
| 12.00     | 17,13 V      | 1,76 A   | 30,05 W  | 43,50 C   |
| 12.15     | 16,90 V      | 1,77 A   | 29,91 W  | 40,00 C   |
| 12.30     | 16,90 V      | 1,65 A   | 27,89 W  | 43,00 C   |
| 12.45     | 16,50 V      | 1,69 A   | 27,89 W  | 43,00 C   |
| 13.00     | 16,45 V      | 1,67 A   | 27,55 W  | 41,00 C   |
| 13.15     | 16,60 V      | 1,64 A   | 27,22 W  | 43,00 C   |
| 13.30     | 16,00 V      | 1,61 A   | 25,76 W  | 45,00 C   |
| 13.45     | 16,30 V      | 1,62 A   | 26,41 W  | 44,00 C   |
| 14.00     | 16,20 V      | 1,61 A   | 26,08 W  | 44,00 C   |
| 14.15     | 16,20 V      | 1,61 A   | 26,08 W  | 45,00 C   |
| 14.30     | 15,70 V      | 1,59 A   | 24,96 W  | 45,00 C   |
| 14.45     | 15,10 V      | 1,56 A   | 23,56 W  | 44,00 C   |
| 15.00     | 14,60 V      | 1,53 A   | 22,34 W  | 44,00 C   |
| Total     | 416,13 V     | 41,92 A  | 698,91 W | 1052,95 C |
| Rata-rata | 16,65 V      | 1,68 A   | 27,96 W  | 42,12 C   |

Pada hasil tabel diatas, dengan panel surya yang langsung dihubungkan terhadap beban dengan kondisi tanpa pendingin, menurut pembacaan mikrokontroler ESP32 melalui sensor INA219 sehingga didapatkan nilai maksimal daya panel surya yang dihasilkan menggunakan perhitungan untuk jenis *monocrystalline* adalah 50,16 Watt. Dengan perhitungan pada sampel data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

$$I = 1,7 \text{ A}$$

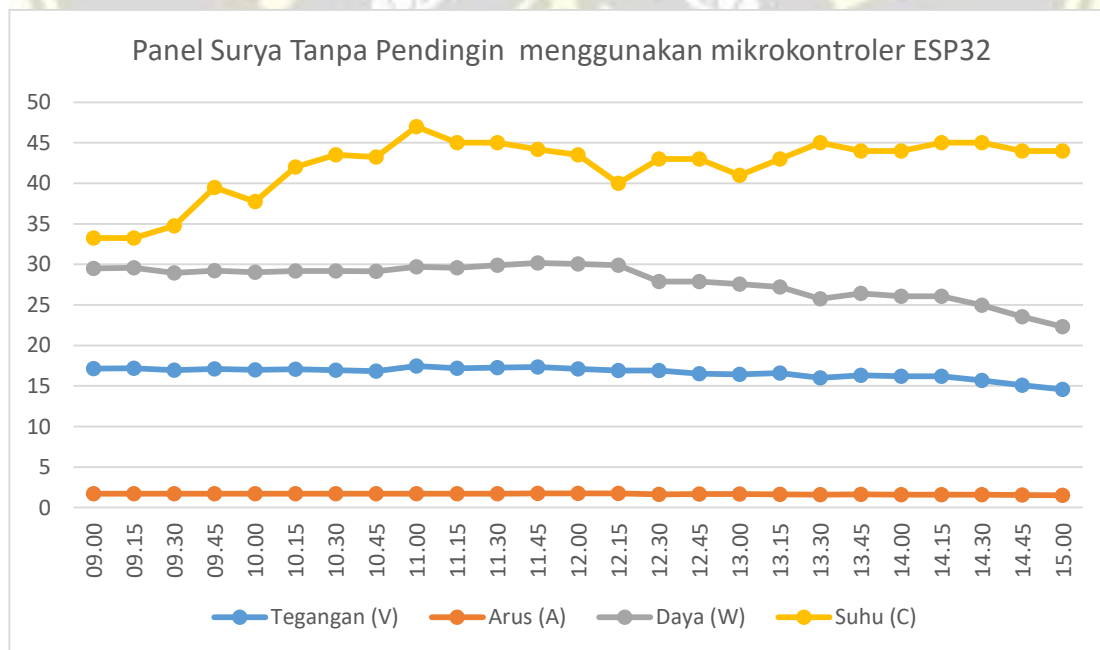
$$V = 17,48 \text{ V}$$

$$P = I * V$$

$$P = 1,7 \text{ A} * 17,48 \text{ V}$$

$$P = 29,72 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi tanpa pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 16,65 V, arus 1,68 A dan daya 27,96 Watt serta dengan suhu rata-rata 42,12 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi tanpa pendingin menunjukkan nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan nilai yang diperoleh menggunakan VA meter, sehingga hal ini menunjukkan untuk akurasi sensor INA219 mendekati mirip hasilnya dengan nilai yang diamati secara langsung menggunakan VA meter. Menurut tabel diatas dapat dibuat grafik perolehan tegangan, arus, daya dan suhu sebagai berikut :



Gambar 4. 3. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Tanpa Pendingin menggunakan mikrokontroler ESP32

#### 4.2.3. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Menggunakan Pendingin Melalui Pengamatan Langsung

Tabel 4. 3. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya melalui pengamatan langsung pada kondisi menggunakan pendingin

| Waktu | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C) |
|-------|--------------|----------|----------|----------|
| 09.00 | 17,90 V      | 1,76 A   | 31,50 W  | 33,25 C  |
| 09.15 | 17,70 V      | 1,76 A   | 31,15 W  | 33,25 C  |
| 09.30 | 17,50 V      | 1,74 A   | 30,45 W  | 34,50 C  |
| 09.45 | 17,40 V      | 1,74 A   | 30,28 W  | 36,75 C  |
| 10.00 | 17,40 V      | 1,73 A   | 30,10 W  | 40,00 C  |
| 10.15 | 18,60 V      | 1,79 A   | 33,29 W  | 39,00 C  |
| 10.30 | 18,70 V      | 1,80 A   | 33,57 W  | 39,25 C  |
| 10.45 | 18,80 V      | 1,80 A   | 33,84 W  | 39,00 C  |
| 11.00 | 18,70 V      | 1,80 A   | 33,66 W  | 40,00 C  |
| 11.15 | 17,90 V      | 1,79 A   | 32,04 W  | 37,00 C  |
| 11.30 | 17,67 V      | 1,78 A   | 31,36 W  | 37,00 C  |
| 11.45 | 17,43 V      | 1,76 A   | 30,68 W  | 39,25 C  |
| 12.00 | 17,85 V      | 1,77 A   | 31,51 W  | 39,50 C  |
| 12.15 | 18,27 V      | 1,77 A   | 32,34 W  | 40,00 C  |
| 12.30 | 18,34 V      | 1,78 A   | 32,65 W  | 39,00 C  |
| 12.45 | 18,52 V      | 1,79 A   | 33,15 W  | 38,00 C  |
| 13.00 | 18,70 V      | 1,78 A   | 32,20 W  | 39,00 C  |
| 13.15 | 17,76 V      | 1,76 A   | 31,26 W  | 39,00 C  |
| 13.30 | 17,69 V      | 1,74 A   | 30,78 W  | 40,00 C  |
| 13.45 | 17,34 V      | 1,72 A   | 29,82 W  | 40,00 C  |
| 14.00 | 17,50 V      | 1,75 A   | 30,63 W  | 40,00 C  |
| 14.15 | 17,45 V      | 1,74 A   | 30,36 W  | 40,00 C  |
| 14.30 | 17,41 V      | 1,73 A   | 30,12 W  | 39,00 C  |

| Waktu     | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C) |
|-----------|--------------|----------|----------|----------|
| 14.45     | 16,50 V      | 1,69 A   | 27,89 W  | 38,00 C  |
| 15.00     | 16,17 V      | 1,66 A   | 26,84 W  | 39,00 C  |
| Total     | 445,20 V     | 43,91 A  | 781,46 W | 958,75 C |
| Rata-rata | 17,81 V      | 1,76 A   | 31,26 W  | 38,35 C  |

Pada hasil dari tabel diatas, dengan panel surya yang langsung dihubungkan terhadap beban dengan kondisi menggunakan pendingin, sehingga didapatkan nilai maksimal daya panel surya yang dihasilkan menggunakan perhitungan untuk jenis *monocrystalline* adalah 50,16 Watt. Dengan perhitungan pada sampel data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

$$I = 1,8 \text{ A}$$

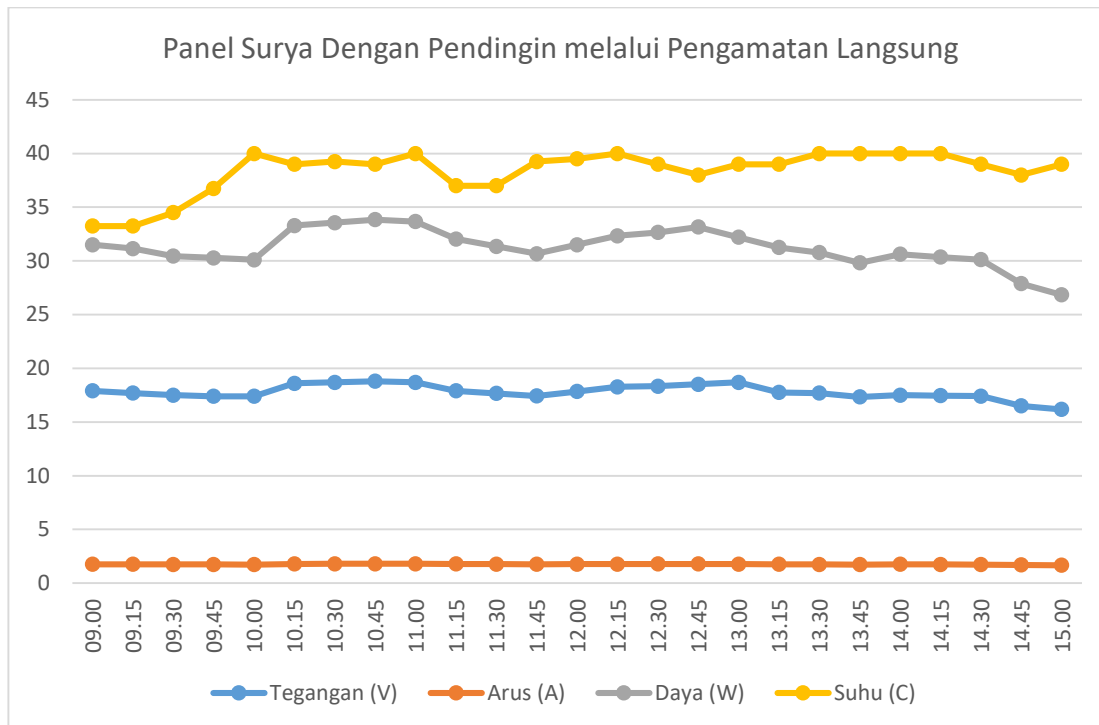
$$V = 18,8 \text{ V}$$

$$P = I * V$$

$$P = 1,8 \text{ A} * 18,8 \text{ V}$$

$$P = 33,84 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi dengan pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 17,81 V, arus 1,76 A dan daya 31,26 Watt serta dengan suhu rata-rata 38,35 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi menggunakan pendingin menunjukan nilai yang didapatkan hingga melebihi batas maksimal tegangan pada spesifikasi panel surya dengan jenis *monocrystalline*. Hasil keluaran pada panel surya dapat dipengaruhi oleh bayangan, suhu serta faktor lain yang menghalangi cahaya matahari. Menurut tabel diatas dapat dibuat grafik perolehan tegangan, arus, daya dan suhu sebagai berikut :



Gambar 4. 4. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Menggunakan Pendingin melalui pengamatan langsung

#### 4.2.4. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Menggunakan Pendingin Dengan Mikrokontroler ESP32

Tabel 4. 4. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya melalui mikrokontroler ESP32 pada kondisi menggunakan pendingin

| Waktu | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C) |
|-------|--------------|----------|----------|----------|
| 09.00 | 17,89 V      | 1,76 A   | 31,49 W  | 33,25 C  |
| 09.15 | 17,67 V      | 1,74 A   | 30,75 W  | 33,25 C  |
| 09.30 | 17,56 V      | 1,73 A   | 30,38 W  | 34,50 C  |
| 09.45 | 17,49 V      | 1,73 A   | 30,26 W  | 36,75 C  |
| 10.00 | 17,51 V      | 1,73 A   | 30,29 W  | 40,00 C  |
| 10.15 | 18,73 V      | 1,80 A   | 33,71 W  | 39,00 C  |
| 10.30 | 18,79 V      | 1,80 A   | 33,82 W  | 39,25 C  |
| 10.45 | 18,85 V      | 1,80 A   | 33,93 W  | 39,00 C  |

| Waktu     | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Suhu (C) |
|-----------|--------------|----------|----------|----------|
| 11.00     | 18,77 V      | 1,80 A   | 33,79 W  | 40,00 C  |
| 11.15     | 17,95 V      | 1,77 A   | 31,77 W  | 37,00 C  |
| 11.30     | 17,73 V      | 1,76 A   | 31,11 W  | 37,00 C  |
| 11.45     | 17,50 V      | 1,74 A   | 30,45 W  | 39,25 C  |
| 12.00     | 17,85 V      | 1,76 A   | 31,33 W  | 39,50 C  |
| 12.15     | 18,20 V      | 1,77 A   | 32,21 W  | 40,00 C  |
| 12.30     | 18,30 V      | 1,77 A   | 32,39 W  | 39,00 C  |
| 12.45     | 18,45 V      | 1,77 A   | 32,88 W  | 38,00 C  |
| 13.00     | 18,75 V      | 1,78 A   | 33,38 W  | 39,00 C  |
| 13.15     | 17,90 V      | 1,76 A   | 31,50 W  | 39,00 C  |
| 13.30     | 17,70 V      | 1,73 A   | 30,62 W  | 40,00 C  |
| 13.45     | 17,30 V      | 1,72 A   | 29,76 W  | 40,00 C  |
| 14.00     | 17,48 V      | 1,75 A   | 30,59 W  | 40,00 C  |
| 14.15     | 17,60 V      | 1,75 A   | 30,80 W  | 40,00 C  |
| 14.30     | 17,30 V      | 1,73 A   | 29,93 W  | 39,00 C  |
| 14.45     | 16,60 V      | 1,68 A   | 27,89 W  | 38,00 C  |
| 15.00     | 16,20 V      | 1,65 A   | 26,73 W  | 39,00 C  |
| Total     | 446,07 V     | 43,77 A  | 781,76 W | 958,75 C |
| Rata-rata | 17,84 V      | 1,75 A   | 31,27 W  | 38,35 C  |

Pada hasil tabel diatas, dengan panel surya yang langsung dihubungkan terhadap beban dengan kondisi menggunakan pendingin, menurut pembacaan mikrokontroler ESP32 melalui sensor, sehingga didapatkan nilai maksimal daya panel surya yang dihasilkan menggunakan perhitungan untuk jenis *monocrystalline* adalah 50,16 Watt. Dengan perhitungan pada sampel data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

$$I = 1,8 \text{ A}$$

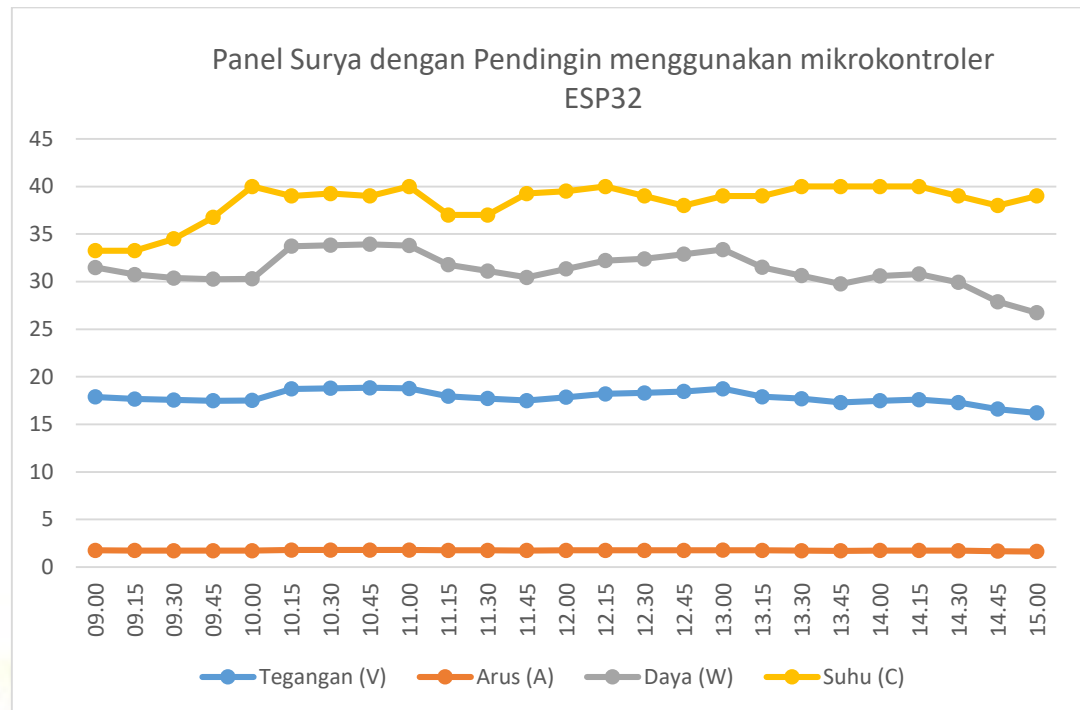
$$V = 18,85 \text{ V}$$

$$P = I * V$$

$$P = 1,8 \text{ A} * 18,85 \text{ V}$$

$$P = 33,93 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi tanpa pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 17,84 V, arus 1,75 A dan daya 31,27 Watt serta dengan suhu rata-rata 38,35 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi menggunakan pendingin menunjukkan nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan nilai yang diperoleh menggunakan VA meter serta dengan menggunakan pendingin nilai tegangan yang didapatkan melebihi nilai batas maksimal dari spesifikasi panel surya *monocrystalline*, sehingga hal ini menunjukkan untuk akurasi sensor INA219 mendekati mirip hasilnya dengan nilai yang diamati secara langsung menggunakan VA meter. Menurut tabel diatas dapat dibuat grafik perolehan tegangan, arus, daya dan suhu sebagai berikut :



Gambar 4. 5. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya dengan Pendingin menggunakan mikrokontroler ESP32

### 4.3. Perbandingan Panel Surya Dengan Pendingin dan Tanpa Pendingin

Pada pembahasan kali ini akan membahas perbandingan nilai dari tegangan, arus, daya dan suhu pada panel surya ketika berada pada kondisi tanpa pendingin dan ketika menggunakan pendingin baik dari segi pengamatan secara langsung ataupun pengamatan yang terbaca oleh sensor pada mikrokontroler ESP32.

#### 4.3.1. Perbandingan Nilai Tegangan Panel Surya Pada Kondisi Tanpa Pendingin Dan Menggunakan Pendingin

##### A. Perbandingan Nilai Tegangan Melalui Pengamatan Langsung

Tabel 4. 5. Perbandingan Nilai Tegangan Melalui Pengamatan Langsung

| Pengamatan Langsung Nilai Tegangan |                 |                  |
|------------------------------------|-----------------|------------------|
| Waktu                              | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
| 09.00                              | 17,50 V         | 17,90 V          |
| 09.15                              | 17,40 V         | 17,70 V          |
| 09.30                              | 17,10 V         | 17,50 V          |
| 09.45                              | 17,50 V         | 17,40 V          |
| 10.00                              | 17,10 V         | 17,40 V          |
| 10.15                              | 16,90 V         | 18,60 V          |
| 10.30                              | 17,25 V         | 18,70 V          |
| 10.45                              | 17,60 V         | 18,80 V          |
| 11.00                              | 17,00 V         | 18,70 V          |
| 11.15                              | 17,37 V         | 17,90 V          |
| 11.30                              | 17,38 V         | 17,67 V          |
| 11.45                              | 17,39 V         | 17,43 V          |
| 12.00                              | 17,25 V         | 17,85 V          |
| 12.15                              | 17,10 V         | 18,27 V          |
| 12.30                              | 17,05 V         | 18,34 V          |
| 12.45                              | 16,54 V         | 18,52 V          |

| <b>Waktu</b>     | <b>Tanpa Pendingin</b> | <b>Dengan Pendingin</b> |
|------------------|------------------------|-------------------------|
| 13.00            | 16,45 V                | 18,70 V                 |
| 13.15            | 16,36 V                | 17,76 V                 |
| 13.30            | 16,27 V                | 17,69 V                 |
| 13.45            | 16,06 V                | 17,34 V                 |
| 14.00            | 16,14 V                | 17,50 V                 |
| 14.15            | 15,95 V                | 17,45 V                 |
| 14.30            | 15,82 V                | 17,41 V                 |
| 14.45            | 15,09 V                | 16,50 V                 |
| 15.00            | 14,48 V                | 16,17 V                 |
| <b>Total</b>     | <b>418,05 V</b>        | <b>445,20 V</b>         |
| <b>Rata-rata</b> | <b>16,72 V</b>         | <b>17,81 V</b>          |

Melihat dari tabel diatas, kenaikan persentase nilai tegangan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

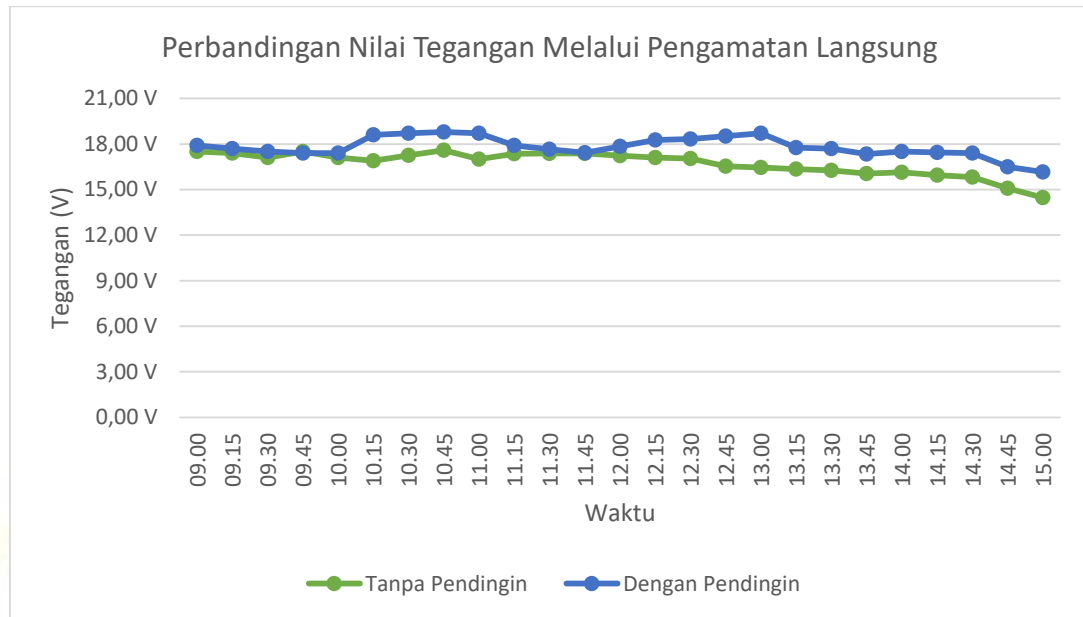
Sehingga apabila nilai rata-rata tegangan yang diperoleh dihitung menggunakan rumus diatas, maka didapatkan hasil.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{17,81 - 16,72}{16,72} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Persentase} = 6,52\%$$

Maka keluaran yang dihasilkan oleh panel surya ketika berada pada kondisi tanpa pendingin dan menggunakan pendingin terlihat jelas terdapat perbedaan sebesar 6,52%, dimana panel surya yang menggunakan pendingin menghasilkan rata-rata tegangan sebesar 17,81 V yang terlihat dengan jelas memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan rata-rata yang tidak menggunakan pendingin sebesar

16,72 V. Untuk lebih jelasnya terkait perbedaan tegangan yang dihasilkan akan ditampilkan pada grafik dibawah.



Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan yang dihasilkan oleh Panel Surya Melalui Pengamatan Langsung

## B. Perbandingan Nilai Tegangan Melalui Mikrokontroler ESP32

Tabel 4. 6. Perbandingan Nilai Tegangan Melalui ESP32

| Hasil Nilai Tegangan Melalui ESP32 |                 |                  |
|------------------------------------|-----------------|------------------|
| Waktu                              | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
| 09.00                              | 17,16 V         | 17,89 V          |
| 09.15                              | 17,20 V         | 17,67 V          |
| 09.30                              | 16,94 V         | 17,56 V          |
| 09.45                              | 17,09 V         | 17,49 V          |
| 10.00                              | 16,98 V         | 17,51 V          |
| 10.15                              | 17,08 V         | 18,73 V          |
| 10.30                              | 16,96 V         | 18,79 V          |
| 10.45                              | 16,84 V         | 18,85 V          |

| <b>Waktu</b>     | <b>Tanpa Pendingin</b> | <b>Dengan Pendingin</b> |
|------------------|------------------------|-------------------------|
| 11.00            | 17,48 V                | 18,77 V                 |
| 11.15            | 17,20 V                | 17,95 V                 |
| 11.30            | 17,28 V                | 17,73 V                 |
| 11.45            | 17,35 V                | 17,50 V                 |
| 12.00            | 17,13 V                | 17,85 V                 |
| 12.15            | 16,90 V                | 18,20 V                 |
| 12.30            | 16,90 V                | 18,30 V                 |
| 12.45            | 16,50 V                | 18,45 V                 |
| 13.00            | 16,45 V                | 18,75 V                 |
| 13.15            | 16,60 V                | 17,90 V                 |
| 13.30            | 16,00 V                | 17,70 V                 |
| 13.45            | 16,30 V                | 17,30 V                 |
| 14.00            | 16,20 V                | 17,48 V                 |
| 14.15            | 16,20 V                | 17,60 V                 |
| 14.30            | 15,70 V                | 17,30 V                 |
| 14.45            | 15,10 V                | 16,60 V                 |
| 15.00            | 14,60 V                | 16,20 V                 |
| <b>Total</b>     | 416,13 V               | 446,07 V                |
| <b>Rata-rata</b> | 16,65 V                | 17,84 V                 |

Menurut tabel diatas, nilai tegangan yang dibaca oleh mikrokontroler ESP32 melalui sensor INA219, kenaikan persentase nilai tegangan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

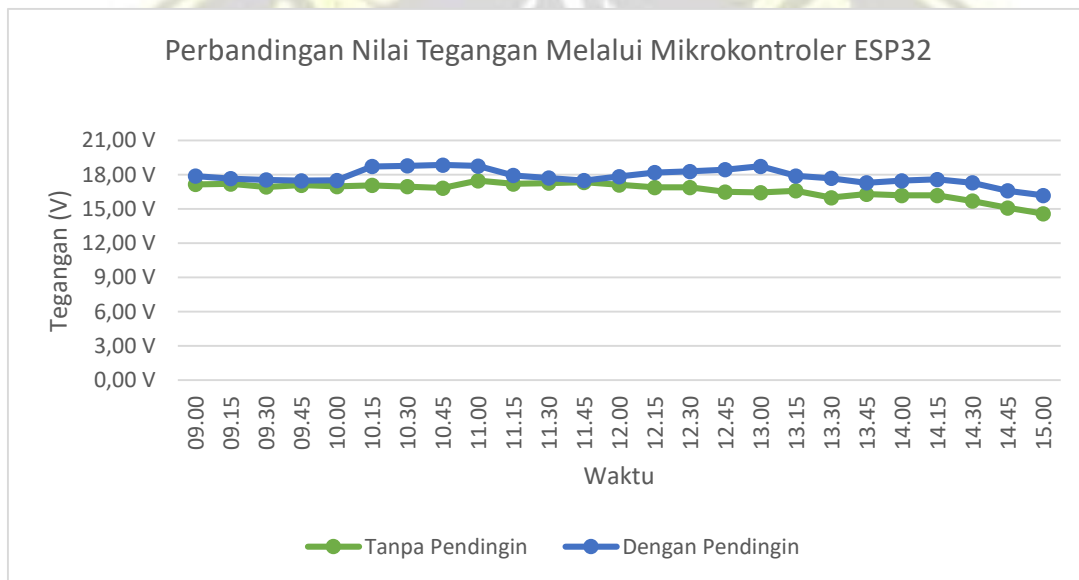
$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

Sehingga apabila nilai rata-rata tegangan yang diperoleh dihitung menggunakan rumus diatas, maka didapatkan hasil.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{17,84 - 16,65}{16,65} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Persentase} = 7,15\%$$

Keluaran yang dihasilkan juga menunjukkan hasil yang sama, yaitu nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya ketika menggunakan pendingin memiliki nilai rata-rata sebesar 17,84 V, sedangkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tanpa menggunakan pendingin sebesar 16,65 V. Hal ini terlihat dengan jelas nilai tegangan yang dihasilkan panel surya yang menggunakan pendingin menghasilkan tegangan rata-rata lebih tinggi sebesar 7,15% dibandingkan dengan yang tidak menggunakan panel surya. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan pada grafik dibawah.



Gambar 4. 7. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan yang dihasilkan oleh Panel Surya Melalui Mikrokontroler ESP32

#### 4.3.2. Perbandingan Nilai Arus Panel Surya Pada Kondisi Tanpa Pendingin Dan Menggunakan Pendingin

##### A. Perbandingan Nilai Arus Melalui Pengamatan Langsung

Tabel 4. 7. Hasil Nilai Arus Pada Melalui Pengamatan Langsung

| Hasil Nilai Arus Melalui Pengamatan Langsung |                 |                  |
|----------------------------------------------|-----------------|------------------|
| Waktu                                        | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
| 09.00                                        | 1,70 A          | 1,76 A           |
| 09.15                                        | 1,68 A          | 1,76 A           |
| 09.30                                        | 1,67 A          | 1,74 A           |
| 09.45                                        | 1,74 A          | 1,74 A           |
| 10.00                                        | 1,67 A          | 1,73 A           |
| 10.15                                        | 1,65 A          | 1,79 A           |
| 10.30                                        | 1,67 A          | 1,80 A           |
| 10.45                                        | 1,68 A          | 1,80 A           |
| 11.00                                        | 1,65 A          | 1,80 A           |
| 11.15                                        | 1,73 A          | 1,79 A           |
| 11.30                                        | 1,75 A          | 1,78 A           |
| 11.45                                        | 1,76 A          | 1,76 A           |
| 12.00                                        | 1,68 A          | 1,77 A           |
| 12.15                                        | 1,67 A          | 1,77 A           |
| 12.30                                        | 1,71 A          | 1,78 A           |
| 12.45                                        | 1,69 A          | 1,79 A           |
| 13.00                                        | 1,68 A          | 1,78 A           |
| 13.15                                        | 1,68 A          | 1,76 A           |
| 13.30                                        | 1,66 A          | 1,74 A           |
| 13.45                                        | 1,65 A          | 1,72 A           |
| 14.00                                        | 1,66 A          | 1,75 A           |
| 14.15                                        | 1,64 A          | 1,74 A           |

| Waktu            | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
|------------------|-----------------|------------------|
| 14.30            | 1,64 A          | 1,73 A           |
| 14.45            | 1,60 A          | 1,69 A           |
| 15.00            | 1,58 A          | 1,66 A           |
| <b>Total</b>     | <b>41,88 A</b>  | <b>43,91 A</b>   |
| <b>Rata-rata</b> | <b>1,68 A</b>   | <b>1,76 A</b>    |

Menurut tabel diatas, kenaikan persentase nilai arus dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

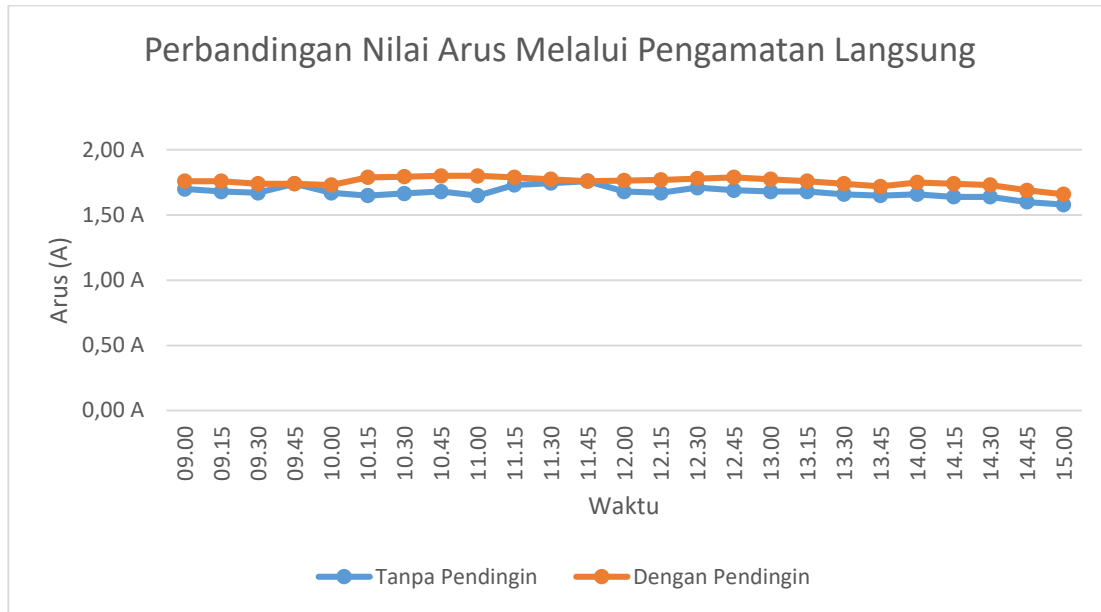
$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

Sehingga apabila nilai rata-rata tegangan yang diperoleh dihitung menggunakan rumus diatas, maka didapatkan hasil.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{1,76 - 1,68}{1,68} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Persentase} = 4,8\%$$

Arus yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin mempunyai nilai lebih tinggi sebesar 4,8%, yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 1,76 A dibandingkan dengan arus yang dihasilkan oleh panel surya yang tidak menggunakan pendingin dengan nilai rata-rata sebesar 1,68 A. Untuk perbandingan nilai arus yang dihasilkan pada tiap kondisi dapat dilihat pada grafik dibawah.



Gambar 4. 8. Grafik Perbandingan Nilai Arus yang dihasilkan oleh Panel Surya melalui Pengamatan Langsung

### B. Perbandingan Nilai Arus Melalui Mikrokontroler ESP32

Tabel 4. 8. Hasil Nilai Arus Melalui Mikrokontroler ESP32

| Hasil Nilai Arus Melalui ESP32 |                 |                  |
|--------------------------------|-----------------|------------------|
| Waktu                          | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
| 09.00                          | 1,72 A          | 1,76 A           |
| 09.15                          | 1,72 A          | 1,74 A           |
| 09.30                          | 1,71 A          | 1,73 A           |
| 09.45                          | 1,71 A          | 1,73 A           |
| 10.00                          | 1,71 A          | 1,73 A           |
| 10.15                          | 1,71 A          | 1,80 A           |
| 10.30                          | 1,72 A          | 1,80 A           |
| 10.45                          | 1,73 A          | 1,80 A           |
| 11.00                          | 1,70 A          | 1,80 A           |
| 11.15                          | 1,72 A          | 1,77 A           |
| 11.30                          | 1,73 A          | 1,76 A           |

| Waktu            | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
|------------------|-----------------|------------------|
| 11.45            | 1,74 A          | 1,74 A           |
| 12.00            | 1,76 A          | 1,76 A           |
| 12.15            | 1,77 A          | 1,77 A           |
| 12.30            | 1,65 A          | 1,77 A           |
| 12.45            | 1,69 A          | 1,77 A           |
| 13.00            | 1,67 A          | 1,78 A           |
| 13.15            | 1,64 A          | 1,76 A           |
| 13.30            | 1,61 A          | 1,73 A           |
| 13.45            | 1,62 A          | 1,72 A           |
| 14.00            | 1,61 A          | 1,75 A           |
| 14.15            | 1,61 A          | 1,75 A           |
| 14.30            | 1,59 A          | 1,73 A           |
| 14.45            | 1,56 A          | 1,68 A           |
| 15.00            | 1,53 A          | 1,65 A           |
| <b>Total</b>     | <b>41,92 A</b>  | <b>43,77 A</b>   |
| <b>Rata-rata</b> | <b>1,68 A</b>   | <b>1,75 A</b>    |

Menurut tabel diatas, nilai arus yang dibaca oleh mikrokontroler ESP32 melalui sensor INA219, kenaikan persentase nilai arus dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

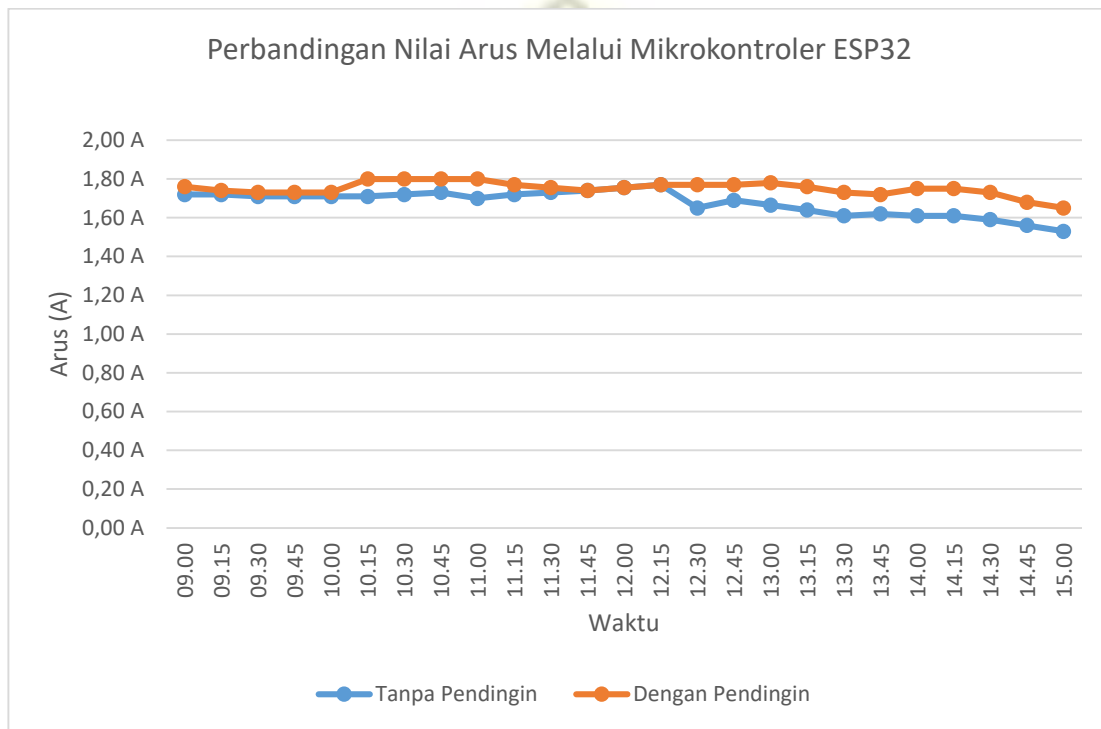
$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

Sehingga apabila nilai rata-rata tegangan yang diperoleh dihitung menggunakan rumus diatas, maka didapatkan hasil.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{1,75 - 1,68}{1,68} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Persentase} = 4,2\%$$

Menurut perhitungan diatas, menunjukan hasil dimana panel surya yang menggunakan pendingin menghasilkan arus dengan nilai rata-rata 1,75 A, hal ini jelas terlihat lebih tinggi sebesar 4,2% dibandingkan dengan panel surya yang tidak menggunakan pendingin dengan nilai arus yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata sebesar 1,68 A. Untuk melihat lebih jelasnya akan dijabarkan pada grafik dibawah.



Gambar 4. 9. Grafik Perbandingan Nilai Arus yang dihasilkan oleh Panel Surya menggunakan Mikrokontroler ESP32

### 4.3.3. Perbandingan Nilai Daya Panel Surya pada Kondisi Tanpa Pendingin dan Menggunakan Pendingin

#### A. Perbandingan Nilai Daya Melalui Pengamatan Langsung

Tabel 4. 9. Perhitungan Nilai Daya yang didapatkan melalui Pengamatan Langsung

| Perhitungan Nilai Daya Pengamatan Langsung |                 |                  |
|--------------------------------------------|-----------------|------------------|
| Waktu                                      | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
| 09.00                                      | 29,75 W         | 31,50 W          |
| 09.15                                      | 29,23 W         | 31,15 W          |
| 09.30                                      | 28,56 W         | 30,45 W          |
| 09.45                                      | 30,45 W         | 30,28 W          |
| 10.00                                      | 28,56 W         | 30,10 W          |
| 10.15                                      | 27,89 W         | 33,29 W          |
| 10.30                                      | 28,72 W         | 33,57 W          |
| 10.45                                      | 29,57 W         | 33,84 W          |
| 11.00                                      | 28,05 W         | 33,66 W          |
| 11.15                                      | 30,05 W         | 32,04 W          |
| 11.30                                      | 30,33 W         | 31,36 W          |
| 11.45                                      | 30,61 W         | 30,68 W          |
| 12.00                                      | 28,97 W         | 31,51 W          |
| 12.15                                      | 28,56 W         | 32,34 W          |
| 12.30                                      | 29,16 W         | 32,65 W          |
| 12.45                                      | 27,95 W         | 33,15 W          |
| 13.00                                      | 27,64 W         | 33,19 W          |
| 13.15                                      | 27,48 W         | 31,26 W          |
| 13.30                                      | 27,01 W         | 30,78 W          |
| 13.45                                      | 26,50 W         | 29,82 W          |
| 14.00                                      | 26,79 W         | 30,63 W          |
| 14.15                                      | 26,16 W         | 30,36 W          |

| <b>Waktu</b>     | <b>Tanpa Pendingin</b> | <b>Dengan Pendingin</b> |
|------------------|------------------------|-------------------------|
| 14.30            | 25,94 W                | 30,12 W                 |
| 14.45            | 24,14 W                | 27,89 W                 |
| 15.00            | 22,88 W                | 26,84 W                 |
| <b>Total</b>     | <b>700,94 W</b>        | <b>782,45 W</b>         |
| <b>Rata-rata</b> | <b>28,04 W</b>         | <b>31,30 W</b>          |

Menurut tabel diatas, kenaikan persentase nilai daya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

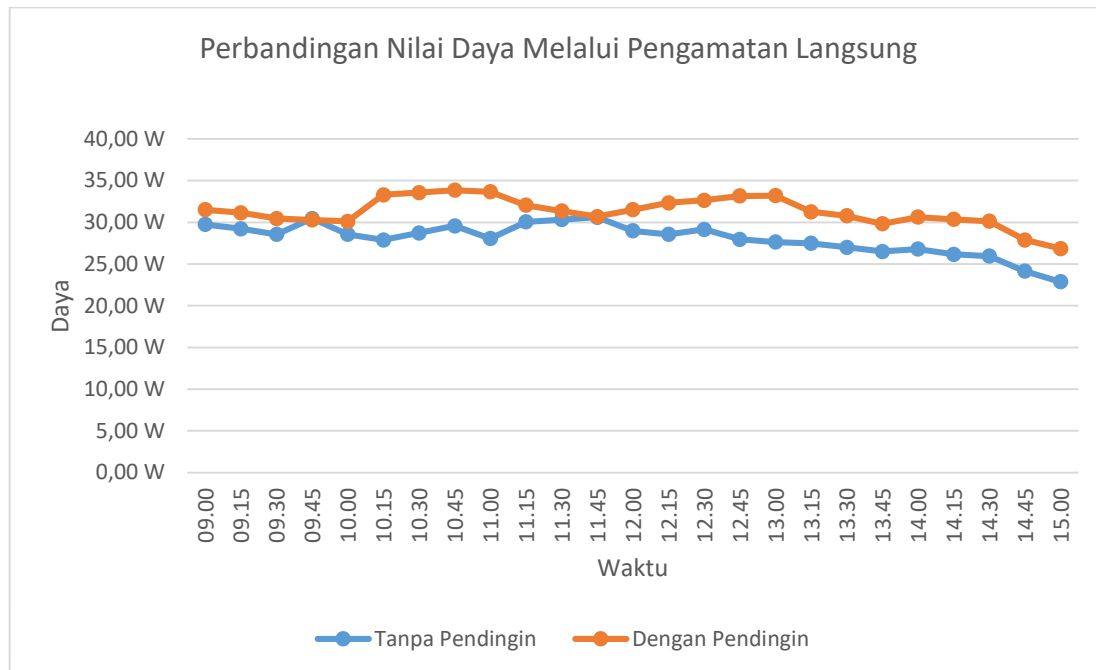
$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

Sehingga apabila nilai rata-rata tegangan yang diperoleh dihitung menggunakan rumus diatas, maka didapatkan hasil.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{31,30 - 28,04}{28,04} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Persentase} = 11,63\%$$

Nilai daya dari panel surya yang menggunakan pendingin mempunyai nilai rata-rata 31,30 W, dari hasil ini jelas terlihat bahwa panel surya yang menggunakan pendingin lebih tinggi sebesar 11,63% daya yang dihasilkan daripada yang tidak menggunakan pendingin yang menghasilkan nilai daya rata-rata sebesar 28,04 W. Untuk tampilan yang lebih jelas terkait perbandingan hasil daya yang diperoleh akan dijabarkan pada grafik dibawah.



Gambar 4. 10. Grafik Perbandingan Nilai Daya Menggunakan Perhitungan dari Nilai Tegangan dan Arus yang didapatkan melalui Pengamatan Langsung

## B. Perbandingan Nilai Daya Melalui Mikrokontroler ESP32

Tabel 4. 10. Perhitungan Nilai Daya melalui Mikrokontroler ESP32

| Perhitngan Nilai Daya Melalui ESP32 |                 |                  |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|
| Waktu                               | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
| 09.00                               | 29,52 W         | 31,49 W          |
| 09.15                               | 29,58 W         | 30,75 W          |
| 09.30                               | 28,97 W         | 30,38 W          |
| 09.45                               | 29,22 W         | 30,26 W          |
| 10.00                               | 29,04 W         | 30,29 W          |
| 10.15                               | 29,21 W         | 33,71 W          |
| 10.30                               | 29,17 W         | 33,82 W          |
| 10.45                               | 29,13 W         | 33,93 W          |
| 11.00                               | 29,72 W         | 33,79 W          |

| Waktu            | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
|------------------|-----------------|------------------|
| 11.15            | 29,58 W         | 31,77 W          |
| 11.30            | 29,89 W         | 31,11 W          |
| 11.45            | 30,19 W         | 30,45 W          |
| 12.00            | 30,05 W         | 31,33 W          |
| 12.15            | 29,91 W         | 32,21 W          |
| 12.30            | 27,89 W         | 32,39 W          |
| 12.45            | 27,89 W         | 32,66 W          |
| 13.00            | 27,39 W         | 33,38 W          |
| 13.15            | 27,22 W         | 31,50 W          |
| 13.30            | 25,76 W         | 30,62 W          |
| 13.45            | 26,41 W         | 29,76 W          |
| 14.00            | 26,08 W         | 30,59 W          |
| 14.15            | 26,08 W         | 30,80 W          |
| 14.30            | 24,96 W         | 29,93 W          |
| 14.45            | 23,56 W         | 27,89 W          |
| 15.00            | 22,34 W         | 26,73 W          |
| <b>Total</b>     | 698,75 W        | 781,52 W         |
| <b>Rata-rata</b> | 27,95 W         | 31,26 W          |

Menurut tabel diatas, nilai daya yang dibaca oleh mikrokontroler ESP32 melalui sensor INA219, kenaikan persentase nilai daya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

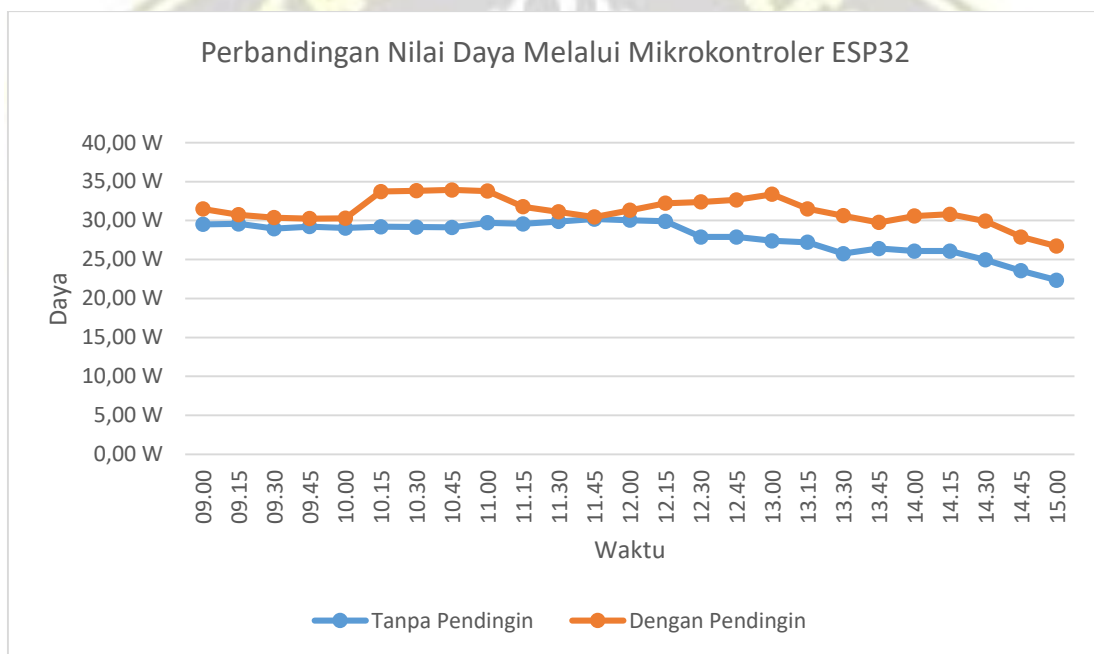
$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

Sehingga apabila nilai rata-rata tegangan yang diperoleh dihitung menggunakan rumus diatas, maka didapatkan hasil.

$$\text{Kenaikan Persentase} = \frac{31,26 - 27,95}{27,95} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Persentase} = 11,85\%$$

Nilai daya yang dihitung dengan menggunakan nilai tegangan dan arus yang dibaca oleh mikrokontroler ESP32 melalui sensor INA219 didapatkan hasil dengan panel surya yang menggunakan pendingin menunjukkan hasil yang lebih tinggi dengan nilai rata-rata 31,26 W dari hasil ini jelas terlihat bahwa panel surya yang menggunakan pendingin lebih tinggi sebesar 11,85% daya yang dihasilkan daripada panel surya yang tidak menggunakan pendingin dengan nilai rata-rata 27,95 W. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan pada grafik dibawah.



Gambar 4. 11. Grafik Perbandingan Nilai Daya menggunakan Perhitungan dari Nilai Tegangan dan Arus yang dibaca oleh Mikrokontroler ESP32

#### 4.3.4. Perbandingan Nilai Suhu Panel Surya Pada Kondisi Tanpa Pendingin Dan Menggunakan Pendingin

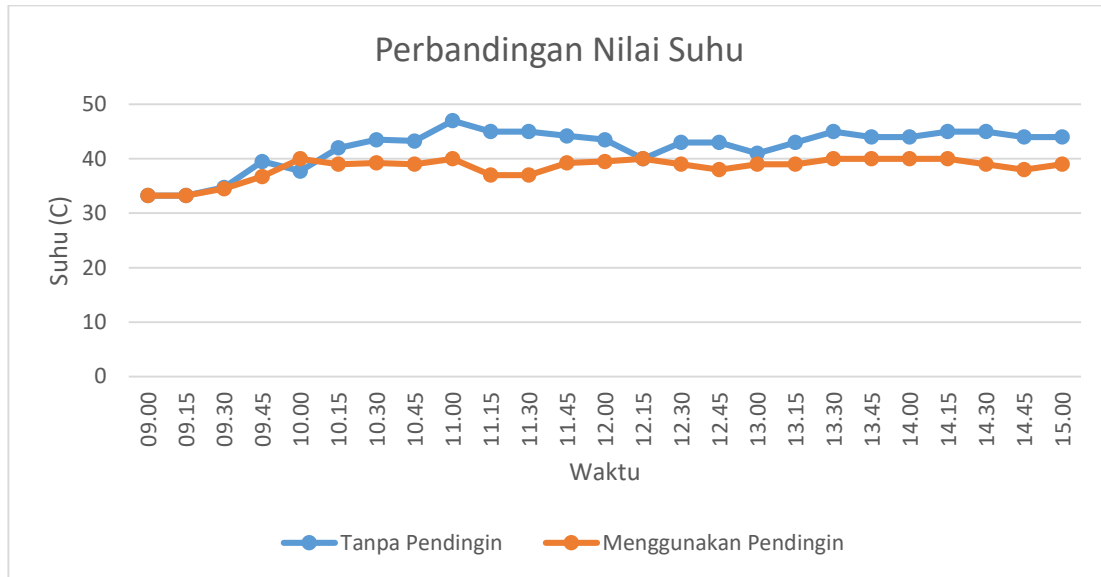
Pada pembahasan pada sub-bab ini akan membahas perbandingan nilai suhu yang didapatkan menggunakan sensor Termokopel Maxx6675.

Tabel 4. 11. Perbandingan Nilai Suhu Panel Surya pada kondisi Tanpa Pendingin dan Menggunakan Pendingin

| Nilai Suhu |                 |                       |
|------------|-----------------|-----------------------|
| Waktu      | Tanpa Pendingin | Menggunakan Pendingin |
| 09.00      | 33,25 °C        | 33,25 °C              |
| 09.15      | 33,25 °C        | 33,25 °C              |
| 09.30      | 34,75 °C        | 34,5 °C               |
| 09.45      | 39,5 °C         | 36,75 °C              |
| 10.00      | 37,75 °C        | 40 °C                 |
| 10.15      | 42 °C           | 39 °C                 |
| 10.30      | 43,5 °C         | 39,25 °C              |
| 10.45      | 43,25 °C        | 39 °C                 |
| 11.00      | 47 °C           | 40 °C                 |
| 11.15      | 45 °C           | 37 °C                 |
| 11.30      | 45 °C           | 37 °C                 |
| 11.45      | 44,2 °C         | 39,25 °C              |
| 12.00      | 43,5 °C         | 39,5 °C               |
| 12.15      | 40 °C           | 40 °C                 |
| 12.30      | 43 °C           | 39 °C                 |
| 12.45      | 43 °C           | 38 °C                 |
| 13.00      | 41 °C           | 39 °C                 |
| 13.15      | 43 °C           | 39 °C                 |
| 13.30      | 45 °C           | 40 °C                 |
| 13.45      | 44 °C           | 40 °C                 |

| Waktu            | Tanpa Pendingin | Dengan Pendingin |
|------------------|-----------------|------------------|
| 14.00            | 44 °C           | 40 °C            |
| 14.15            | 45 °C           | 40 °C            |
| 14.30            | 45 °C           | 39 °C            |
| 14.45            | 44 °C           | 38 °C            |
| 15.00            | 44 °C           | 39 °C            |
| <b>Total</b>     | 1052,95 °C      | 958,75 °C        |
| <b>Rata-rata</b> | 42,12 °C        | 38,35 °C         |

Menurut tabel diatas, suhu yang terbaca oleh sensor Termokopel menunjukkan hasil dimana pada panel surya yang menggunakan pendingin menunjukkan hasil dengan nilai rata-rata suhu sebesar 38,35 °C dan pada panel surya yang tidak menggunakan pendingin menunjukkan hasil dengan nilai rata-rata sebesar 42,12°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada panel surya yang menggunakan pendingin menunjukkan kinerja pompa air yang selalu menyala ketika kondisi sudah tercapai apabila mencapai batas +40 °C dan akan berhenti ketika suhu berada pada suhu  $\leq 40^{\circ}\text{C}$  . Berikut adalah grafik perbandingan nilai suhu.



Gambar 4. 12. Grafik Perbandingan Nilai Suhu Panel Surya pada kondisi Tanpa Pendingin dan Menggunakan Pendingin

#### 4.4. Tingkat Akurasi VA Meter dengan Sensor INA219

Pada pembahasan ini akan membahas terkait tingkat keakuratan antara VA meter dengan Sensor INA219, sehingga nilai yang terbaca oleh VA meter menunjukkan hasil yang tidak signifikan perbedaannya dengan sensor INA219.

##### 4.4.1. Tingkat Akurasi Pada Saat Tanpa Pendingin

###### A. Akurasi Nilai Tegangan

Tabel 4. 12. Akurasi Nilai Tegangan Tanpa Pendingin

| Tanpa Pendingin |              |              |
|-----------------|--------------|--------------|
| VA Meter        |              | INA219       |
| Waktu           | Tegangan (V) | Tegangan (V) |
| 09.00           | 17,50 V      | 17,16 V      |
| 09.15           | 17,40 V      | 17,20 V      |
| 09.30           | 17,10 V      | 16,94 V      |
| 09.45           | 17,50 V      | 17,09 V      |
| 10.00           | 17,10 V      | 16,98 V      |
| 10.15           | 16,90 V      | 17,08 V      |
| 10.30           | 17,25 V      | 16,96 V      |
| 10.45           | 17,60 V      | 16,84 V      |
| 11.00           | 17,00 V      | 17,48 V      |

| Waktu     | Tegangan (V) | Tegangan (V) |
|-----------|--------------|--------------|
| 11.15     | 17,37 V      | 17,20 V      |
| 11.30     | 17,38 V      | 17,28 V      |
| 11.45     | 17,39 V      | 17,35 V      |
| 12.00     | 17,25 V      | 17,13 V      |
| 12.15     | 17,10 V      | 16,90 V      |
| 12.30     | 17,05 V      | 16,90 V      |
| 12.45     | 16,54 V      | 16,50 V      |
| 13.00     | 16,45 V      | 16,45 V      |
| 13.15     | 16,36 V      | 16,60 V      |
| 13.30     | 16,27 V      | 16,00 V      |
| 13.45     | 16,06 V      | 16,30 V      |
| 14.00     | 16,14 V      | 16,20 V      |
| 14.15     | 15,95 V      | 16,20 V      |
| 14.30     | 15,82 V      | 15,70 V      |
| 14.45     | 15,09 V      | 15,10 V      |
| 15.00     | 14,48 V      | 14,60 V      |
| Total     | 418,05 V     | 416,13 V     |
| Rata-rata | 16,72 V      | 16,65 V      |

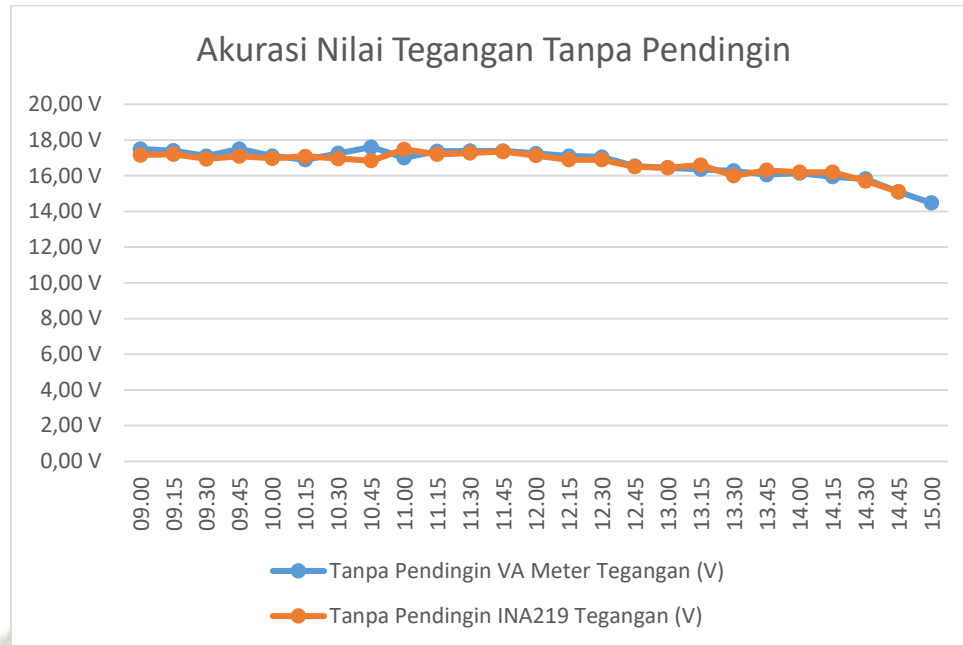
Berdasarkan tabel diatas, untuk mencari tingkat akurasi antara nilai rata-rata VA Meter dengan nilai rata-rata sensor INA219 dapat menggunakan rumus seperti berikut.

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{\text{Nilai INA219} - \text{Nilai VA Meter}}{\text{Nilai VA Meter}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{16,65 - 16,72}{16,72} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 99,58\%$$

Sehingga didapatkan hasil untuk akurasi nilai tegangan tanpa pendingin sebesar 99,58% tingkat akurasi antara VA Meter dengan sensor INA219.



Gambar 4. 13. Grafik Akurasi Nilai Tegangan Tanpa Pendingin

## B. Akurasi Nilai Arus

Tabel 4. 13. Akurasi Nilai Arus Tanpa Pendingin

| Tanpa Pendingin |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| VA Meter        |          | INA219   |
| Waktu           | Arus (A) | Arus (A) |
| 09.00           | 1,70 A   | 1,72 A   |
| 09.15           | 1,68 A   | 1,72 A   |
| 09.30           | 1,67 A   | 1,71 A   |
| 09.45           | 1,74 A   | 1,71 A   |
| 10.00           | 1,67 A   | 1,71 A   |
| 10.15           | 1,65 A   | 1,71 A   |
| 10.30           | 1,67 A   | 1,72 A   |
| 10.45           | 1,68 A   | 1,73 A   |
| 11.00           | 1,65 A   | 1,70 A   |
| 11.15           | 1,73 A   | 1,72 A   |
| 11.30           | 1,75 A   | 1,73 A   |
| 11.45           | 1,76 A   | 1,74 A   |
| 12.00           | 1,68 A   | 1,76 A   |
| 12.15           | 1,67 A   | 1,77 A   |

| Waktu     | Arus (A) | Arus (A) |
|-----------|----------|----------|
| 12.30     | 1,71 A   | 1,65 A   |
| 12.45     | 1,69 A   | 1,69 A   |
| 13.00     | 1,68 A   | 1,67 A   |
| 13.15     | 1,68 A   | 1,64 A   |
| 13.30     | 1,66 A   | 1,61 A   |
| 13.45     | 1,65 A   | 1,62 A   |
| 14.00     | 1,66 A   | 1,61 A   |
| 14.15     | 1,64 A   | 1,61 A   |
| 14.30     | 1,64 A   | 1,59 A   |
| 14.45     | 1,60 A   | 1,56 A   |
| 15.00     | 1,58 A   | 1,53 A   |
| Total     | 41,88 A  | 41,92 A  |
| Rata-rata | 1,68 A   | 1,68 A   |

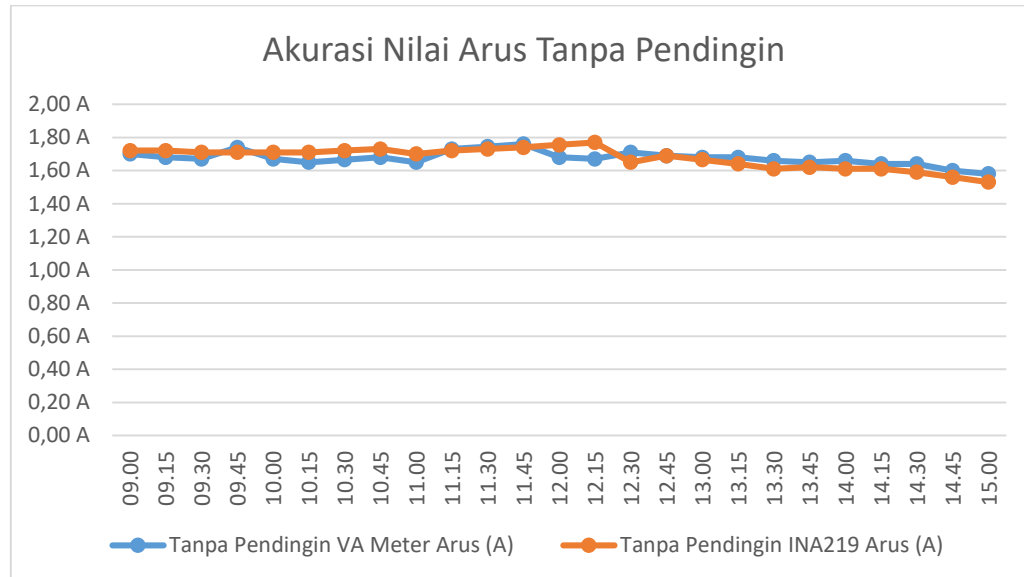
Berdasarkan tabel diatas, untuk mencari tingkat akurasi antara nilai rata-rata VA Meter dengan nilai rata-rata sensor INA219 dapat menggunakan rumus seperti berikut.

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{\text{Nilai INA219} - \text{Nilai VA Meter}}{\text{Nilai VA Meter}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{1,68 - 1,68}{1,68} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\%$$

Sehingga didapatkan hasil untuk akurasi nilai arus tanpa pendingin sebesar 100% tingkat akurasi antara VA Meter dengan sensor INA219.



Gambar 4. 14. Akurasi Nilai Arus Tanpa Pendingin

#### 4.4.2. Tingkat Akurasi Pada Saat Menggunakan Pendingin

##### A. Akurasi Nilai Tegangan

Tabel 4. 14. Akurasi Nilai Tegangan Pada Saat Menggunakan Pendingin

| Dengan Pendingin |              |              |
|------------------|--------------|--------------|
| VA Meter         |              | INA219       |
| Waktu            | Tegangan (V) | Tegangan (V) |
| 09.00            | 17,90 V      | 17,89 V      |
| 09.15            | 17,70 V      | 17,67 V      |
| 09.30            | 17,50 V      | 17,56 V      |
| 09.45            | 17,40 V      | 17,49 V      |
| 10.00            | 17,40 V      | 17,51 V      |
| 10.15            | 18,60 V      | 18,73 V      |
| 10.30            | 18,70 V      | 18,79 V      |
| 10.45            | 18,80 V      | 18,85 V      |
| 11.00            | 18,70 V      | 18,77 V      |
| 11.15            | 17,90 V      | 17,95 V      |
| 11.30            | 17,67 V      | 17,73 V      |
| 11.45            | 17,43 V      | 17,50 V      |
| 12.00            | 17,85 V      | 17,85 V      |
| 12.15            | 18,27 V      | 18,20 V      |

| Waktu     | Tegangan (V) | Tegangan (V) |
|-----------|--------------|--------------|
| 12.30     | 18,34 V      | 18,30 V      |
| 12.45     | 18,52 V      | 18,45 V      |
| 13.00     | 18,70 V      | 18,75 V      |
| 13.15     | 17,76 V      | 17,90 V      |
| 13.30     | 17,69 V      | 17,70 V      |
| 13.45     | 17,34 V      | 17,30 V      |
| 14.00     | 17,50 V      | 17,48 V      |
| 14.15     | 17,45 V      | 17,60 V      |
| 14.30     | 17,41 V      | 17,30 V      |
| 14.45     | 16,50 V      | 16,60 V      |
| 15.00     | 16,17 V      | 16,20 V      |
| Total     | 445,20 V     | 446,07 V     |
| Rata-rata | 17,81 V      | 17,84 V      |

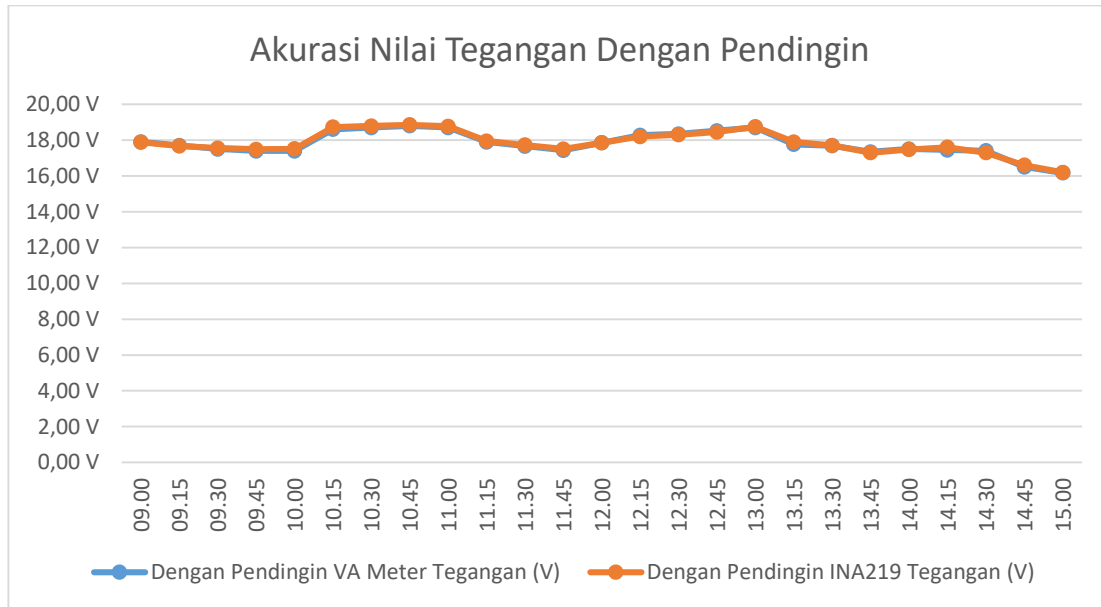
Berdasarkan tabel diatas, untuk mencari tingkat akurasi antara nilai rata-rata VA Meter dengan nilai rata-rata sensor INA219 dapat menggunakan rumus seperti berikut.

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{\text{Nilai INA219} - \text{Nilai VA Meter}}{\text{Nilai VA Meter}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{17,84 - 17,81}{17,81} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 99,83\%$$

Sehingga didapatkan hasil untuk akurasi nilai tegangan dengan pendingin sebesar 99,83% tingkat akurasi antara VA Meter dengan sensor INA219.



*Gambar 4. 15. Akurasi Nilai Tegangan Dengan Pendingin*

## B. Akurasi Nilai Arus

Tabel 4. 15. Akurasi Nilai Arus Pada Saat Menggunakan Pendingin

| Dengan Pendingin |          |          |
|------------------|----------|----------|
| VA Meter         |          | INA219   |
| Waktu            | Arus (A) | Arus (A) |
| 09.00            | 1,76 A   | 1,76 A   |
| 09.15            | 1,76 A   | 1,74 A   |
| 09.30            | 1,74 A   | 1,73 A   |
| 09.45            | 1,74 A   | 1,73 A   |
| 10.00            | 1,73 A   | 1,73 A   |
| 10.15            | 1,79 A   | 1,80 A   |
| 10.30            | 1,80 A   | 1,80 A   |
| 10.45            | 1,80 A   | 1,80 A   |
| 11.00            | 1,80 A   | 1,80 A   |
| 11.15            | 1,79 A   | 1,77 A   |
| 11.30            | 1,78 A   | 1,76 A   |
| 11.45            | 1,76 A   | 1,74 A   |
| 12.00            | 1,77 A   | 1,76 A   |
| 12.15            | 1,77 A   | 1,77 A   |
| 12.30            | 1,78 A   | 1,77 A   |
| 12.45            | 1,79 A   | 1,77 A   |

| Waktu     | Arus (A) | Arus (A) |
|-----------|----------|----------|
| 13.00     | 1,78 A   | 1,78 A   |
| 13.15     | 1,76 A   | 1,76 A   |
| 13.30     | 1,74 A   | 1,73 A   |
| 13.45     | 1,72 A   | 1,72 A   |
| 14.00     | 1,75 A   | 1,75 A   |
| 14.15     | 1,74 A   | 1,75 A   |
| 14.30     | 1,73 A   | 1,73 A   |
| 14.45     | 1,69 A   | 1,68 A   |
| 15.00     | 1,66 A   | 1,65 A   |
| Total     | 43,91 A  | 43,77 A  |
| Rata-rata | 1,76 A   | 1,75 A   |

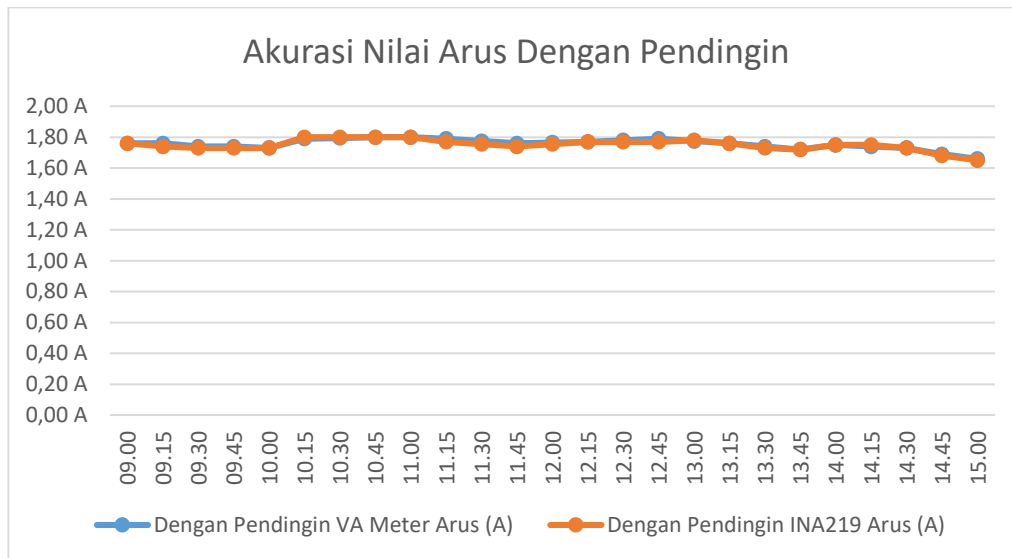
Berdasarkan tabel diatas, untuk mencari tingkat akurasi antara nilai rata-rata VA Meter dengan nilai rata-rata sensor INA219 dapat menggunakan rumus seperti berikut.

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{\text{Nilai INA219} - \text{Nilai VA Meter}}{\text{Nilai VA Meter}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \left( 1 - \frac{1,75 - 1,76}{1,76} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 99,43\%$$

Sehingga didapatkan hasil untuk akurasi nilai arus dengan pendingin sebesar 99,43% tingkat akurasi antara VA Meter dengan sensor INA219.



Gambar 4. 16. Akurasi Nilai Arus Dengan Pendingin



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada panel surya *monocrystalline* dengan menggunakan pendingin didapat hasil melalui pengamatan langsung menghasilkan keluaran rata-rata tegangan 6,52%, arus 4,8% dan daya 11,63% lebih banyak dibandingkan dengan tanpa pendingin.
2. Pada panel surya *monocrystalline* dengan menggunakan pendingin didapat hasil melalui ESP32 menghasilkan keluaran rata-rata tegangan 7,15%, arus 4,2% dan daya 11,85% lebih banyak dibandingkan dengan tanpa pendingin.
3. Pompa air dapat bekerja setiap terjadi perubahan suhu yang terbaca oleh sensor termokopel pada panel surya diatas 40 °C sesuai dengan batas yang sudah ditetapkan.
4. ESP 32 dapat mengirimkan data secara *real-time* meskipun terdapat jeda pada pengirimannya.
5. MQTT Explorer dapat bekerja secara *real-time* untuk mengirimkan dan menerima data dari ESP32 dan telepon pintar.
6. Sensor INA219 dapat membaca nilai tegangan, arus dan daya dengan tingkat keakurasian yang tinggi sesuai dengan VA meter digital dan perhitungan.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan mikrokontroler yang mampu mengirim data secara *real-time* tanpa adanya jeda.
2. Menggunakan sensor suhu yang tingkat akurasi lebih tinggi, terutama untuk mengukur permukaan panel surya.
3. Penelitian dilaksanakan sebaiknya pada musim kemarau/panas, sehingga hasil yang didapatkan lebih baik.
4. Menggunakan pompa air yang lebih bagus untuk spesifikasinya.
5. Menggunakan *data logger* yang dapat menyimpan hasil yang ditangkap oleh sensor, sehingga untuk memudahkan dalam pengambilan data.
6. Menambahkan grafik *history* data pada MQTT Panel.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. A. Wahyu Sabubu, “Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik Dan Sehat,” *J. Lex Renaiss.*, vol. 5, no. 1, pp. 72–90, 2020, doi: 10.20885/jlr.vol5.iss1.art5.
- [2] S. Ghorpade, B. Farakte, S. Kulaye, S. Pawar, and D. Wagh, “Efficiency Improvement of Solar Panel Using Different Cooling Techniques-a Review”.
- [3] T. Elektro, U. Islam, S. Agung, and N. Atikah, “Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan Output Pada Panel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline 50 Wp Analysis Of The Effect Of Temperature On Output Voltage In 50 Wp Monocrystalline And Polycrystalline Solar Panels,” 2024.
- [4] R. M. R. Akbar, T. Y. Arif, and M. Irhamsyah, “Analisis Performansi Protokol MQTT Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Ruangan Berbasis IoT,” *KITEKTRO J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 102–109, 2023.
- [5] S. Fuadi, O. Candra, U. N. Padang, J. Prof, and H. Air, “Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino,” vol. 1, no. 1, pp. 21–25, 2020.
- [6] I. G. I. S. Mahadipa, I. G. J. E. Putra, and P. T. H. Permana, “Perancangan Alat Pengering Biji Kakao Berbasis Arduino Bertenaga Solar Panels,” *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 416–423, 2023.
- [7] W. P. M. P. W, “Analisa Efisiensi Pemakaian Panel Surya Monocrystalline 50 Wp Dan Polycrystalline Analysis of Efficiency of Using 50 Wp Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels Using a 25 W Load,” 2023.
- [8] F. A. Fhadillah, A. Andang, and N. Busaeri, “Sistem Kontrol Suhu Electric Muffle Furnace Menggunakan Sensor Thermokopel Type-K Berbasis

- Mikrokontroller Arduino Uno,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 113, no. 2, pp. 113–124, 2023.
- [9] L. M. Majdi, I. M. Kumendong, I. H. Muhammad, and F. A. Aziz, “Pemanfaatan Termokopel sebagai Sensor Suhu untuk Analisis Kelarutan Zat Terlarut,” vol. 5, no. 2, pp. 85–92, 2024.
- [10] A. Setiyoko and D. E. Yuliana, “Kendali Suhu Minyak Goreng Pada Penggorengan Sosis Menggunakan Kontrol PID,” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 01, pp. 52–62, 2022, doi: 10.31328/jasee.v3i01.6.
- [11] N. Tri *et al.*, “Perancangan Sistem Monitoring Ketersediaan Air Otomatis Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things (IoT),” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 6, pp. 154–164, 2023.
- [12] T. Elektro, S. Itn, and M. Indonesia, “MOTOR MENGGUNAKAN KOMUNIKASI BLUETOOTH SMARTPHONE,” vol. 07, pp. 63–70, 2023.
- [13] M. Yusro, DKK, “Modul Pembelajaran Aplikasi Internet of Things (IoT)”. June, 2021.
- [14] R. Mischianti, “DOIT ESP32 DEV KIT v1: high resolution pinout and specs,” no. December, 2023.
- [15] A. R. T. Saputra, *Prototype Sistem Kontrol Pembersih Panel Surya Berbasis Iot*. 2024.
- [16] Z. P. Muqorrobin, A. Nawawi, A. A. Ardani, and S. P. Setia, “Off-Grid Solar System Monitoring based on ESP-32 and INA219 In Pesanggrahan Gordomulyo,” vol. 1, no. 2, pp. 22–32, 2024, doi: 10.26740/vubeta.v1i2.34859.
- [17] M. Mungkin, H. Satria, J. Yanti, and G. B. A. Turnip, “Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis Iot Polycrystalline Solar Panel Monitoring System Design

Using Iot-Based Firebase Web Technology 1234,” vol. 3, pp. 319–327, 2020.

