

RANCANG BANGUN *PHOTOVOLTAIC PANEL PERFORMANCE*
TESTER BERBASIS MIKROKONTROLER



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

GUNAWAN 42119034
MUHAMMAD RIYAN ARDIYANSYAH 42119046

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Rancang Bangun *Photovoltaic Panel Performance Tester***
Berbasis Mikrokontroler oleh Gunawan NIM 42119034 dan Muhammad Riyan
Ardiyansyah NIM 42119046 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 10 Juli 2023

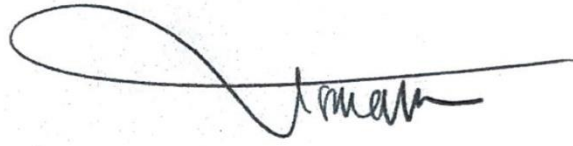
Menyetujui,

Pembimbing I,



Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T.
NIP. 19860404 201504 1 001


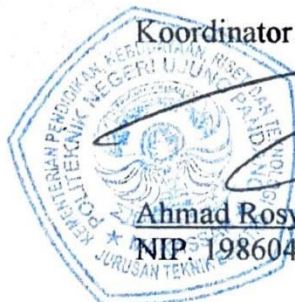
Pembimbing II,



Usman, S.T., M.T.
NIP. 19860719 201903 1 009

Mengetahui,

Koordinator Program Studi







Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T.
NIP. 19860404 201504 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Kamis tanggal 03 Agustus 2023, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa: Gunawan NIM 421 19 034 dan Muhammad Riyan Ardiyansyah NIM 421 19 046 dengan judul **Rancang Bangun Photovoltaic Panel Performance Tester Berbasis Mikrokontroler**.

Makassar, 03 Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|---|
| 1. Ir. H. Ahmad Gaffar, M.T. | Ketua |  |
| 2. Bakhtiar, S.T., M.T. | Sekretaris |  |
| 3. Musfirah Putri Lukman, S.T., M.T | Anggota I |  |
| 4. Zulfiana Safitri Majid, S.T., M.T. | Anggota II |  |
| 5. Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T. | Pembimbing I |  |
| 6. Usman, S.T., M.T. | Pembimbing II |  |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan karunia dan rahmat-Nya sehingga skripsi dengan judul "**Rancang Bangun Photovoltaic Panel Performance Tester Berbasis Mikrokontroler**" dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

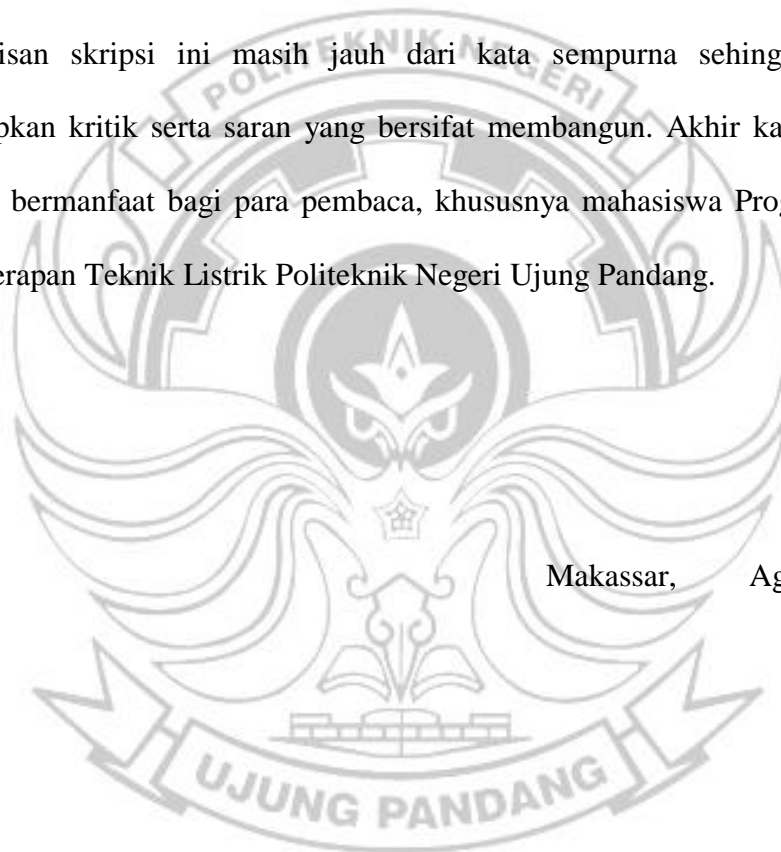
1. Kepada kedua orang tua kami tercinta yang senantiasa selalu memberikan dukungan moril, material dan doa.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang sekaligus sebagai Pembimbing I kami yang telah meluangkan waktu serta memberikan arahan kepada kami untuk menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Usman, S.T., M.T. sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktu serta memberikan arahan kepada kami untuk menyelesaikan skripsi.
6. Bapak Prof. Marwan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku wali kelas kami.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Khususnya Dosen Program Studi D-4 Teknik Listrik.

8. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri ujung Pandang.
9. Bapak Nasution, ayah dari saudari Risma Fitria yang ikut berperan dalam membantu kami.
10. Seluruh teman seperjuangan D4 Teknik Listrik angkatan 2019 khususnya kelas 4B D4 Teknik Listrik yang penulis cintai dan banggakan.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca, khususnya mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023

Penulis



DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------------|-------|
| HALAMAN SAMBUNG..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN PENERIMAAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xviii |
| SURAT PERNYATAAN..... | xx |
| SURAT PERNYATAAN..... | xxi |
| RINGKASAN..... | xxii |
| <i>ABSTRACT</i> | xxiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Penelitian Terkait..... | 5 |
| 2.2 Energi Matahari..... | 6 |
| 2.3 Sel Surya..... | 7 |

| | | |
|--------------------------------|---|----|
| 2.2.1 | Karakteristik Sel Surya..... | 9 |
| 2.2.2 | Efek <i>Photovoltaic</i> | 10 |
| 2.2.3 | Jenis – jenis Sel Surya..... | 10 |
| 2.4 | Radiasi Harian Matahari Pada Permukaan Bumi | 12 |
| 2.5 | Sistem <i>Monitoring</i> | 13 |
| 2.6 | Mikrokontroler..... | 13 |
| 2.6.1 | Arduino IDE..... | 15 |
| 2.6.2 | <i>Robotdyn</i> Mega..... | 17 |
| 2.7 | <i>Internet of Things</i> (IoT)..... | 20 |
| 2.8 | Sensor Arus <i>Module ACS758</i> | 21 |
| 2.9 | <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)..... | 23 |
| 2.10 | Sensor Termokopel Tipe K dan Modul MAX6675 | 24 |
| 2.11 | Sensor Tegangan..... | 27 |
| 2.12 | Sensor BH1750..... | 28 |
| 2.13 | Data <i>Logger Board</i> | 29 |
| 2.14 | ADC ADS 1115 | 30 |
| 2.15 | <i>Relay</i> | 31 |
| 2.15.1 | <i>Relay</i> Mekanik..... | 31 |
| 2.15.2 | <i>Solid State Relay</i> (SSR)..... | 32 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | | 34 |
| 3.1 | Tempat dan Waktu Penelitian..... | 34 |
| 3.2 | Alat dan Bahan | 34 |
| 3.3 | Prosedur/Langkah Kerja | 36 |
| 3.3.1 | Tahapan Perancangan..... | 36 |
| 3.3.2 | Desain <i>Performance Tester</i> | 46 |

| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 3.3.3 | Perancangan Program Arduino | 46 |
| 3.3.4 | Perancangan <i>Website</i> | 49 |
| 3.4 | Tahap Pengujian | 50 |
| 3.4.1 | Mode Manual..... | 50 |
| 3.4.2 | Mode Otomatis | 51 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data | 58 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 59 |
| 4.1 | Kalibrasi Sensor..... | 59 |
| 4.1.1 | Sensor Tegangan | 59 |
| 4.1.2 | Sensor Arus | 60 |
| 4.1.3 | Sensor Iradiasi | 61 |
| 4.1.4 | Sensor Suhu..... | 62 |
| 4.2 | Pengujian Sensor Tegangan dan Arus | 64 |
| 4.2.1 | Pengujian Sensor Tegangan | 64 |
| 4.2.2 | Pengujian Sensor Arus | 66 |
| 4.2.3 | <i>Accuracy specifications</i> Alat Ukur Konvensional Arus dan Tegangan..... | 69 |
| 4.3 | Pengujian Sensor Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel | 70 |
| 4.3.1 | Hasil Pengukuran Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel | 70 |
| 4.3.2 | <i>Accuracy Specifications</i> Alat Ukur Konvensional Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel..... | 73 |
| 4.4 | Kinerja Alat <i>Performance Tester</i> Mode Manual..... | 74 |
| 4.4.1 | Panel Polikristal 500 Wp..... | 75 |
| 4.4.2 | Panel Monokristal 500 Wp..... | 78 |
| 4.4.3 | Panel 1000 Wp..... | 80 |
| 4.4.4 | Karakteristik Grafik Voc Terhadap Suhu Panel dan Isc Terhadap Iradiasi . | 82 |

| | | |
|------------------------|---|-----|
| 4.4.5 | Grafik Performa Panel..... | 87 |
| 4.5 | Kinerja Alat <i>Performance Tester</i> Mode Otomatis Panel Polikristal 500 Wp | 89 |
| 4.5.1 | Pengujian Hari Pertama..... | 90 |
| 4.5.2 | Pengujian Hari Kedua | 92 |
| 4.5.3 | Pengujian Hari Ketiga | 94 |
| 4.5.4 | Pengujian Hari Keempat..... | 96 |
| 4.5.5 | Pengujian Hari Kelima..... | 98 |
| 4.5.6 | Karakteristik Grafik Voc Terhadap Suhu Panel dan Isc Terhadap Iradiasi 100 | |
| 4.5.7 | Grafik Performa Panel Polikristal 500 Wp..... | 107 |
| 4.6 | Tampilan <i>Database</i> dan <i>Website</i> | 110 |
| 4.6.1 | Data Sensor Pada <i>Database</i> Mode Manual | 110 |
| 4.6.2 | Data Sensor Pada <i>Database</i> Mode Otomatis..... | 111 |
| 4.6.3 | Tampilan <i>Website</i> Data Hasil Pengujian | 112 |
| 4.7 | Skenario Hasil Uji <i>Blackbox Testing</i> | 113 |
| 4.8 | Ketahanan Baterai..... | 131 |
| BAB V KESIMPULAN | | 132 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 132 |
| 5.2 | Saran | 133 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 134 |
| LAMPIRAN | | 137 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Karakteristik Kurva I-V; (a) Terhadap Radiasi; (b) Terhadap Suhu... | 8 |
| Gambar 2.2 <i>Photovoltaic</i> | 8 |
| Gambar 2.3 Kurva I-V dan P-V sebuah modul PV | 9 |
| Gambar 2.4 Solar Sel Jenis <i>Poly-crystalline</i> | 11 |
| Gambar 2.5 Solar Sel Jenis <i>Mono-crystalline</i> | 12 |
| Gambar 2.6 Solar Sel Jenis <i>Copper Indium Diselenide</i> | 12 |
| Gambar 2.7 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran | 13 |
| Gambar 2.8 IDE Arduino | 16 |
| Gambar 2.9 Jenis Perangkat Keras Arduino | 17 |
| Gambar 2.10 <i>Robotdyn</i> Mega2560 R3 + ESP8266..... | 18 |
| Gambar 2.11 Sistem Kerja IoT (<i>Internet Of Things</i>) | 21 |
| Gambar 2.12 Sensor arus modul ACS758 | 22 |
| Gambar 2.13 LCD TFT <i>Touchscreen</i> 3.2" | 24 |
| Gambar 2.14 Sensor Termokopel Tipe K | 25 |
| Gambar 2.15 Modul MAX6675 | 27 |
| Gambar 2.16 Rangkaian <i>Voltage Divider</i> | 28 |
| Gambar 2.17 Sensor BH1750 | 29 |
| Gambar 2.18 Data <i>Logger Board</i> | 30 |
| Gambar 2.19 ADS tipe ads1115..... | 31 |
| Gambar 2.20 <i>Relay</i> Mekanik..... | 31 |
| Gambar 2.21 SSR..... | 33 |
| Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem | 37 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Kegiatan..... | 40 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Kerja Alat <i>Performance Tester</i> | 41 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Kerja Alat <i>Performance Tester</i> Mode <i>Offline</i> . | 42 |
| Gambar 3.5 Diagram Alir <i>Upload</i> Data Mode <i>Offline</i> | 43 |
| Gambar 3.6 Diagram Alir Konfigurasi Perangkat ke Internet | 44 |
| Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Kerja Alat Mode Multimeter..... | 45 |
| Gambar 3.8 Desain <i>Performance Tester</i> Untuk Panel PV..... | 46 |
| Gambar 3.9 <i>Software</i> Arduino 1.8.13 | 47 |
| Gambar 3.10 Menu <i>File</i> Baru | 47 |
| Gambar 3.11 Pemilihan <i>Board</i> Arduino | 48 |
| Gambar 3.12 <i>Software</i> <i>Visual Studio Code</i> | 49 |
| Gambar 4.1 Regresi Linier BH1750 | 62 |
| Gambar 4.2 Regresi Linier Suhu Lingkungan & Panel | 63 |
| Gambar 4.3 Spesifikasi Panel Polikristal..... | 75 |
| Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi..... | 77 |
| Gambar 4.5 Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Waktu..... | 78 |
| Gambar 4.6 Spesifikasi Panel Monokristal..... | 78 |
| Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Waktu | 82 |
| Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Waktu | 83 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.9 | Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Panel 1000 Wp Terhadap Waktu..... | 83 |
| Gambar 4.10 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Waktu | 85 |
| Gambar 4.11 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Waktu | 85 |
| Gambar 4.12 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Panel 1000 Wp Terhadap Waktu..... | 86 |
| Gambar 4.13 | Grafik Performa Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 87 |
| Gambar 4.14 | Grafik Performa Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 88 |
| Gambar 4.15 | Grafik Performa Panel Seri 1000 Wp Terhadap Iradiasi | 88 |
| Gambar 4.16 | Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp..... | 92 |
| Gambar 4.17 | Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp..... | 92 |
| Gambar 4.18 | Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp..... | 100 |
| Gambar 4.19 | Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp | 100 |
| Gambar 4.20 | Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp | 101 |
| Gambar 4.21 | Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp | 101 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.22 | Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp..... | 102 |
| Gambar 4.23 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp..... | 103 |
| Gambar 4.24 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp | 104 |
| Gambar 4.25 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp | 104 |
| Gambar 4.26 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp | 105 |
| Gambar 4.27 | Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp | 105 |
| Gambar 4.28 | Grafik Performa Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 107 |
| Gambar 4.29 | Grafik Performa Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 107 |
| Gambar 4.30 | Grafik Performa Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 108 |
| Gambar 4.31 | Grafik Performa Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 108 |
| Gambar 4.32 | Grafik Performa Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi | 109 |
| Gambar 4.33 | Data Sensor <i>Database</i> Mode Manual..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4.34 Data Sensor <i>Database</i> Mode Otomatis | 111 |
| Gambar 4.35 Tampilan <i>Landing Page</i> Pada <i>Website</i> | 112 |
| Gambar 4.36 Tampilan Data Grafik Pada <i>Dashboard Website</i> | 112 |
| Gambar 4.37 Tampilan Data Tabel Pada <i>Dashboard Website</i> | 113 |
| Gambar 4.38 Baterai 12 V 2000 mAh | 131 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Data Teknik <i>Board</i> Arduino Mega 2560 | 18 |
| Tabel 2.2 Perbandingan Mikrokontroler Arduino..... | 19 |
| Tabel 2.3 Konfigurasi <i>Dip-Switch</i> Arduino Mega <i>Robotdyn</i> | 20 |
| Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Arus ACS758..... | 22 |
| Tabel 2.5 Spesifikasi LCD TFT | 24 |
| Tabel 2.6 Spesifikasi Termokopel Tipe K..... | 25 |
| Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor BH1750..... | 29 |
| Tabel 2.8 Spesifikasi <i>Relay</i> Mekanik..... | 32 |
| Tabel 2.9 Spesifikasi SSR..... | 33 |
| Tabel 3.1 Daftar Alat..... | 34 |
| Tabel 3.2 Daftar Bahan | 35 |
| Tabel 3.3 Skenario <i>Blackbox Testing</i> | 53 |
| Tabel 3.4 <i>Blackbox Testing</i> Sensor ACS758 | 53 |
| Tabel 3.5 <i>Blackbox Testing</i> Sensor Tegangan DC..... | 54 |
| Tabel 3.6 <i>Blackbox Testing</i> Sensor Iradiasi Matahari..... | 54 |
| Tabel 3.7 <i>Blackbox Testing</i> Suhu Termokopel Tipe K..... | 55 |
| Tabel 3.8 <i>Blackbox Testing Robotdyn</i> ESP8266 dan Halaman <i>Login Wifi</i> ESP 8266 | 55 |
| Tabel 3.9 <i>Blackbox Testing</i> LCD TFT <i>Touchscreen</i> | 56 |
| Tabel 3.10 <i>Blackbox Testing</i> Menu <i>Login</i> | 57 |
| Tabel 3.11 <i>Blackbox Testing</i> Menu <i>Dashboard</i> | 57 |
| Tabel 3.12 <i>Blackbox Testing</i> Saklar Perangkat..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Tabel 3.13 <i>Blackbox Testing Push Button</i> | 58 |
| Tabel 4.1 Pengujian Sensor Tegangan | 64 |
| Tabel 4.2 Persentase <i>Error</i> Sensor Tegangan | 65 |
| Tabel 4.3 Pengujian Sensor Arus Untuk Panel Tersusun Paralel Cuaca Berawan | 66 |
| Tabel 4.4 Pengujian Sensor Arus Untuk Panel Tersusun Paralel Cuaca Cerah.... | 67 |
| Tabel 4.5 Persentase Error Sensor Arus Pengukuran Pertama | 68 |
| Tabel 4.6 Persentase Error Sensor Arus Pengukuran Kedua | 68 |
| Tabel 4.7 <i>Accuracy Specification Digital Multimeter</i> Fluke 15B+..... | 69 |
| Tabel 4.8 <i>Accuracy Specification AC/DC Digital Clamp Meter</i> Kewtech KT203 | 69 |
| Tabel 4.9 Pengukuran Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel | 71 |
| Tabel 4.10 Persentase <i>Error</i> Pengujian Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel | 72 |
| Tabel 4.11 Selisih Hasil Pengujian Sensor Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel | 73 |
| Tabel 4.12 Data Hasil Pengujian Panel Polikristal 500 Wp..... | 76 |
| Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Panel Monokristal 500 Wp | 79 |
| Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian Panel Paralel 1000 Wp..... | 80 |
| Tabel 4.15 Rata - rata Persentase Performa Panel Hasil Pengujian | 89 |
| Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Hari Pertama Panel 500 Wp Mode Otomatis... | 90 |
| Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Hari Kedua Panel 500 Wp Mode Otomatis | 93 |
| Tabel 4.18 Data Hasil Pengujian Hari Ketiga Panel 500 Wp Mode Otomatis | 94 |
| Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian Hari Keempat Panel 500 Wp Mode Otomatis . | 96 |
| Tabel 4.20 Data Hasil Pengujian Hari Kelima Panel 500 Wp Mode Otomatis | 98 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4.21 Rata - rata Performa Panel Polikristal 500 Wp Selama Lima hari.... | 110 |
| Tabel 4.22 Skenario Uji <i>Blackbox Testing</i> | 114 |
| Tabel 4.23 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Sensor ACS758..... | 114 |
| Tabel 4.24 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Sensor Tegangan DC | 116 |
| Tabel 4.25 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Sensor Iradiasi Matahari | 118 |
| Tabel 4.26 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Suhu Termokopel Tipe K | 120 |
| Tabel 4.27 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji <i>Robotdyn</i> ESP8266 dan Halaman <i>Login Wifi</i> ESP8266 | 122 |
| Tabel 4.28 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji LCD TFT <i>Touchscreen</i> | 123 |
| Tabel 4.29 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Menu <i>Login</i> | 128 |
| Tabel 4.30 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Menu <i>Dashboard</i> | 129 |
| Tabel 4.31 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji Sakelar Perangkat | 130 |
| Tabel 4.32 <i>Blackbox Testing</i> Hasil Uji <i>Push Button</i> | 131 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Lampiran 1. Tabel RAB Performance Tester | 137 |
| Lampiran 2. Data Hasil Pengujian Panel Polikristal 500 Wp Mode Manual..... | 138 |
| Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Panel Monokristal 500 Wp Mode Manual .. | 140 |
| Lampiran 4. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pane Monokristal 500 Wp Terhadap Iradiasi Matahari Mode Manual..... | 142 |
| Lampiran 5. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Waktu Mode Manual | 143 |
| Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Panel Paralel 1000 Wp Mode Manual | 143 |
| Lampiran 7. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Panel 1000 Wp Terhadap Iradiasi Matahari Mode Manual | 145 |
| Lampiran 8. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Panel 1000 Wp Terhadap Waktu Mode Manual..... | 146 |
| Lampiran 9. Data Hasil Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis | 146 |
| Lampiran 10. Data Hasil Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis | 148 |
| Lampiran 11. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp..... | 150 |
| Lampiran 12. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp..... | 151 |
| Lampiran 13. Data Hasil Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis | 151 |

| | |
|---|-----|
| Lampiran 14. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp | 153 |
| Lampiran 15. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp | 154 |
| Lampiran 16. Data Hasil Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis | 154 |
| Lampiran 17. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp..... | 156 |
| Lampiran 18. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp..... | 157 |
| Lampiran 19. Data Hasil Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis | 157 |
| Lampiran 20. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp | 159 |
| Lampiran 21. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp | 160 |
| Lampiran 22. <i>Wiring Diagram</i> Perangkat | 160 |
| Lampiran 23 <i>Source Code Performance Tester</i> | 161 |
| Lampiran 24 <i>Source Code Website</i> Perftesid.com..... | 161 |
| Lampiran 25. Pembuatan dan Pengujian <i>Performance Tester</i> | 161 |
| Lampiran 26. Panduan Pengguna <i>Performance Tester</i> | 166 |

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gunawan

NIM : 421 19 034

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul Rancang Bangun *Photovoltaic Panel Performance Tester* Berbasis Mikrokontroler merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 03 Agustus 2023



Gunawan

NIM 421 19 034

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Riyan Ardiyansyah

NIM : 421 19 046

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul Rancang Bangun *Photovoltaic Panel Performance Tester* Berbasis Mikrokontroler merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 03 Agustus 2023



Muhammad Riyan Ardiyansyah

NIM 421 19 046

RANCANG BANGUN *PHOTOVOLTAIC* PANEL PERFORMANCE TESTER BERBASIS MIKROKONTROLER

RINGKASAN

Panel surya merupakan teknologi utama dalam menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Namun, performa panel surya dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu lingkungan, iradiasi matahari, dan kondisi cuaca. Oleh karena itu, pengukuran yang akurat dan efisien terhadap performa panel surya menjadi hal penting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur performa panel surya dengan merancang perangkat yang mampu mengukur parameter seperti *Voc* (*Open Circuit Voltage*), *Isc* (*Short Circuit Current*), suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari pada panel *photovoltaic*. Dalam penelitian ini, metode *blackbox testing* digunakan untuk menganalisis fungsi keseluruhan sistem, terutama fokus pada perangkat pengujian pada panel *photovoltaic*. Pengujian dilakukan dalam dua mode, yaitu mode pengukuran manual dan mode pengukuran otomatis. Pada mode pengukuran manual, pengujian dilakukan pada beberapa konfigurasi panel, termasuk lima panel polikristal yang dihubungkan secara seri dengan total daya 500 Wp, lima panel monokristal yang dihubungkan secara seri dengan total daya 500 Wp, dan 10 panel yang terdiri dari lima panel polikristal dihubungkan secara seri dan diparalelkan dengan lima panel monokristal yang dihubungkan secara seri dengan total daya 1000 Wp. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata performa untuk masing-masing konfigurasi panel yaitu panel polikristal 500 Wp memiliki rata-rata performa sebesar 33,93%, panel monokristal 500 Wp memiliki rata-rata performa sebesar 36,44%, dan panel 1000 Wp memiliki rata-rata performa sebesar 35,31%. Pada mode pengukuran otomatis, pengujian dilakukan pada panel polikristal dengan total daya 500 Wp selama lima hari. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata performa selama lima hari sebesar 67,43%. Selain itu, pengujian terhadap sensor-sensor pada perangkat performance tester juga dilakukan, dan hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata persentase error dari sensor-sensor tersebut berada di bawah 3% sehingga alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja.

Kata kunci : Panel surya, *Performance Tester*, *Blackbox Testing*

RANCANG BANGUN PHOTOVOLTAIC PANEL PERFORMANCE TESTER BERBASIS MIKROKONTROLER

ABSTRACT

Solar panels are the primary technology used to convert sunlight into electricity. However, the effectiveness of solar panels can be influenced by various factors, including ambient temperature, solar irradiation, and weather conditions. Hence, achieving precise and efficient measurement of solar panel performance holds significant importance. The aim of this research is to gauge the performance of solar panels through the creation of a device capable of measuring key parameters such as Voc (Open Circuit Voltage), Isc (Short Circuit Current), ambient temperature, panel temperature, and solar irradiation on photovoltaic panels. In this study, the blackbox testing approach is employed to comprehensively examine the overall system's functionality, with particular emphasis on scrutinizing the performance of the devices on photovoltaic panels. The experimentation is conducted through two distinct modes: manual measurement mode and automatic measurement mode. Under the manual measurement mode, tests are executed across various panel configurations. These configurations encompass: a series connection of five polycrystalline panels, yielding a cumulative power output of 500 Wp; a series connection of five monocrystalline panels, also producing 500 Wp; and a combined arrangement of 10 panels, which comprises five polycrystalline panels connected in series alongside five monocrystalline panels connected in both series and parallel, resulting in a total power output of 1000 Wp. The experimental findings reveal that the average performance for each panel configuration is as follows: the 500 Wp polycrystalline panel attains an average performance of 33.93%; the 500 Wp monocrystalline panel demonstrates an average performance of 36.44%; and the 1000 Wp composite panel showcases an average performance of 35.31%. Moving on to the automatic measurement mode, an evaluation is carried out on a 500 Wp polycrystalline panel over a five-days period. The outcomes demonstrate an average performance of 67,43% across these five days. Furthermore, an assessment of the sensors integrated into the performance testing device is conducted, revealing that the average error percentage of these sensors remains below 3%. Consequently, the measuring instrument qualifies for classification as a precision measuring tool.

Keywords : Solar panels, Performance Tester, Blackbox Testing.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern ini, perkembangan teknologi di bidang energi terbarukan kian berkembang pesat. Salah satunya adalah energi sinar matahari. Bertambahnya kebutuhan akan energi bagi kalangan masyarakat juga menjadi salah satu alasan berkembangnya teknologi energi terbarukan. Pengembangan dalam pemanfaatan energi terbarukan adalah suatu upaya untuk menghadapi krisis energi dan pemanasan global akibat pemanfaatan energi fosil (Kiswanto dkk., 2022). Energi dari pancaran radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi sebesar 1367 W/m^2 . Wilayah Indonesia termasuk wilayah yang menerima radiasi matahari yang tinggi karena berada pada daerah ekuatorial. Rata-rata radiasi matahari di wilayah ini berkisar $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dengan variabilitas sedang sekitar 10 - 51 %, namun wilayah Makassar berbeda dapat mencapai 80% (Muhammad & Usman, 2019).

Photovoltaic system merupakan salah satu contoh *device* yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung, sehingga tidak lagi memanfaatkan bahan bakar minyak yang lambat laun akan habis. Dengan kemajuan ilmu dan teknologi, terutama dibidang pengembangan sumber energi alternatif yang dikombinasikan dengan rangkaian elektronika pendukung lainnya, diharapkan dapat menciptakan suatu informasi baru dalam bidang energi alternatif, khususnya terkait dengan *photovoltaic system* (Lukman, 2015). Perkembangan teknologi PV terus mengalami kemajuan, namun tidak untuk teknologi optimasi,

monitoring dan *management*. Sehingga dapat memungkinkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mengalami degradasi efisiensi bahkan kehilangan kemampuan konversinya karena kelalaian pemiliknya. *Monitoring* secara berkala sangat diperlukan untuk mengetahui performa PLTS dari waktu ke waktu, mengingat efisiensi PV sangat dipengaruhi oleh iradiasi matahari dan kondisi dari PLTS itu sendiri (Muttaqin, 2017).

Pengukuran performa sebuah panel *photovoltaic* dapat dilakukan pada berbagai kondisi dengan mengevaluasi performa parameter-parameter dari PV panel, seperti Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari. Sebuah PLTS dirancang untuk pemakaian waktu lama karena memang investasi untuk itu tidaklah murah, oleh karena itu penting untuk mengetahui parameter-parameter tersebut untuk merencanakan tindakan preventif agar dapat mengetahui performa panel *photovoltaic* dari waktu ke waktu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat diketahui bahwa pentingnya sebuah pengukuran performa panel *photovoltaic* menimbulkan banyak gagasan untuk membuat proses *monitoring* menjadi lebih mudah, murah dan tidak membuang banyak waktu. Salah satunya adalah merancang sebuah sistem yang dapat melakukan pengukuran performa pada panel *photovoltaic*. Pembacaan pengukuran yang cepat membuat pengukuran performa bisa sangat akurat. Sistem ini dapat menampilkan data performa sebuah panel *photovoltaic* pada sebuah *display* dan *website* dengan menggunakan mikrokontroler *Robotdyn Mega 2560 + ESP8266*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat *performance tester* untuk *monitoring* performa panel *photovoltaic*?
2. Bagaimana menganalisis performa *performance tester* dan panel *photovoltaic* yaitu *Voc (Open Circuit Voltage)*, *Isc (Short Circuit Current)*, suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Membahas *performance tester* pada *photovoltaic* panel mempunyai ruang lingkup yang luas dan merupakan salah satu pembahasan yang rumit dalam penyelesaian beberapa masalah. Maka dari itu, pada perancangan *performance tester* ini, penulis memberi batasan masalah, sebagai berikut:

1. Parameter-parameter yang dilakukan pengukuran, yaitu *Voc*, *Isc*, suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari.
2. Menggunakan mikrokontroler *Robotdyn Mega 2560 rev3*.
3. Pengiriman data menggunakan *ESP8266*.

1.4 Tujuan Penelitian

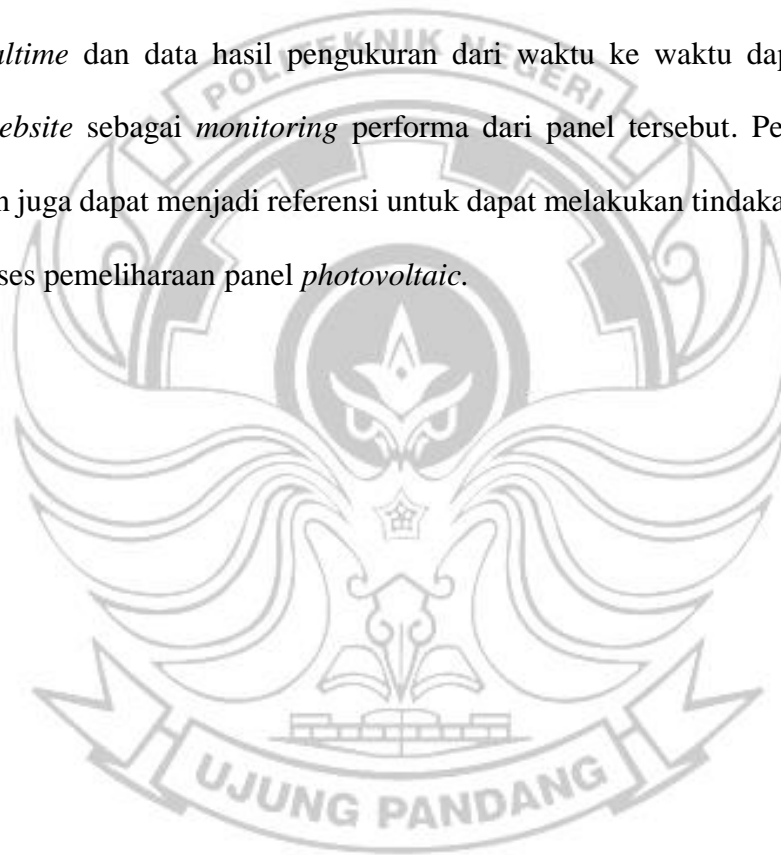
Berdasarkan penjabaran rumusan masalah di atas, maka tujuan perancangan *performance tester* pada panel PV adalah sebagai berikut:

1. Dapat merancang dan membuat *performance tester* untuk *monitoring* performa dari panel *photovoltaic*.

2. Dapat menganalisis performa *performance tester* dan panel *photovoltaic* yaitu *Voc (Open Circuit Voltage)*, *Isc (Short Circuit Current)*, suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat membuat perangkat yang dapat mengukur *Voc*, *Isc*, suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari pada panel *photovoltaic* secara *realtime* dan data hasil pengukuran dari waktu ke waktu dapat diakses melalui *website* sebagai *monitoring* performa dari panel tersebut. Penelitian ini diharapkan juga dapat menjadi referensi untuk dapat melakukan tindakan preventif dalam proses pemeliharaan panel *photovoltaic*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait adalah upaya peneliti untuk mencari perbandingan dan selanjutnya untuk menemukan inspirasi baru untuk penelitian selanjutnya di samping itu kajian terdahulu membantu penelitian dapat memposisikan penelitian serta menunjukkan orisinalitas dari penelitian. Pada bagian ini peneliti mencantumkan berbagai hasil penelitian terdahulu terkait dengan penelitian yang hendak dilakukan, kemudian membuat ringkasannya, baik penelitian yang sudah terpublikasikan atau belum terpublikasikan. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih terkait dengan tema yang penulis kaji.

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Kiswanto (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Solar Power Meter Berbasis Arduino Uno dengan Data *Logger* untuk Pengukuran Insolasi dan Iradiasi Sinar Matahari”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat pengukur insolasi dan iradiasi sinar matahari berbasis Arduino Uno yang dilengkapi dengan data *logger* untuk mendukung analisis data.

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Pramana (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Intensitas Radiasi Matahari”. Penelitian ini merancang sistem monitoring intensitas cahaya matahari atau *irradiance* meter menggunakan sensor *photodiode* BPW21 beserta instrumen pendukung lainnya, yaitu temperatur dan kelembaban.

Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Tiyas & Widyartono (2020) yang berjudul “Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya”. Penelitian ini membahas tentang pengaruh suhu terhadap kinerja panel surya karena kenaikan suhu mengakibatkan tegangan rangkaian terbuka (Voc) mengalami penurunan dan daya yang dihasilkan oleh panel surya menurun. Kenaikan suhu pada panel surya juga berpengaruh pada efisiensi listrik panel surya.

Berdasarkan penelitian-penelitian terkait di atas terdapat kelebihan dan kekurangan pada penelitian ini. Adapun kelebihan dan kekurangannya yaitu pada penelitian ini berfokus pada parameter – parameter Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi sedangkan pada penelitian terkait hanya berfokus pada beberapa parameter tersebut. Penelitian ini menggunakan IoT (*Internet Of Things*) sedangkan untuk penelitian terkait belum menggunakan IoT. Penelitian ini menggunakan LCD TFT *touchscreen* yang dapat mempermudah pengguna dalam penggunaannya. Kekurangan – kekurangan penelitian terkait menjadi acuan penulis untuk lebih meningkatkan proses *monitoring* performa panel surya dengan menambahkan parameter – parameter pengukuran pada waktu tertentu.

2.2 Energi Matahari

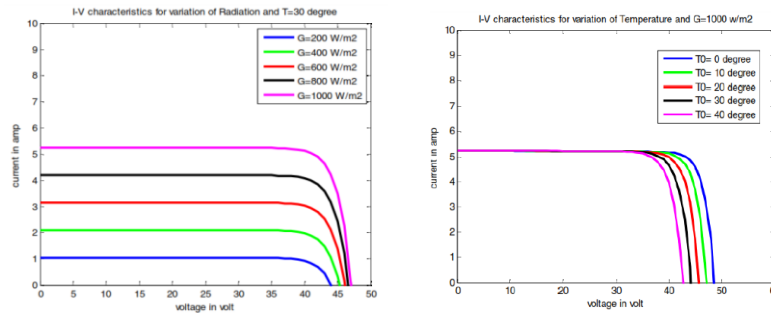
Energi matahari adalah salah satu sumber energi yang terbarukan, menjanjikan dan populer saat ini untuk industri ataupun kehidupan manusia. Energi matahari ini dapat secara langsung dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan perangkat *photovoltaic* (PV) atau panel surya. PV mengubah gelombang elektromagnetik (foton) yang terjadi berdasarkan interaksi foton-elektron di

sambungan P-N bahan semikonduktor. Hal ini terjadi karena PV ini terbuat dari bahan semikonduktor yaitu Silikon (Si) atau Germanium (Ge) (Usman dkk., 2021).

Radiasi matahari (*global irradiance*) adalah pancaran energi yang berasal dari proses reaksi fusi yang terjadi di matahari. Energi inilah yang biasa disebut dengan energi matahari (konstanta matahari) yang merupakan energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari bumi di luar atmosfer. Atmosfer bumi mengurangi radiasi yang melewati pemantulan serta penyebaran. Di cuaca yang bagus pada siang hari, pancaran bisa mencapai 1000 W/m^2 di permukaan bumi. Radiasi matahari yang dipancarkan mempunyai panjang gelombang dengan jangkauan $0,25 \mu\text{m} - 3 \mu\text{m}$ (untuk di luar atmosfer bumi), sedangkan untuk di atmosfer bumi berkisar antara $0,32 \mu\text{m} - 2,53 \mu\text{m}$. 7% radiasi tersebut adalah ultraviolet, 47% adalah cahaya tampak ($0,4 \mu\text{m} - 0,75 \mu\text{m}$), 46% merupakan cahaya inframerah (Usman dkk., 2018).

2.3 Sel Surya

Solar cell merupakan komponen terkecil penyusun suatu panel/modul surya. *solar cell* pada umumnya menggunakan bahan *silicon* memiliki ketebalan minimum 0,3 mm dan biasanya menghasilkan tegangan 0,5 Volt. Karakteristik suatu *solar cell* pada umumnya digambarkan pada kurva I-V dengan radiasi yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Usman dkk., 2018).



(a)

(b)

Gambar 2.1 Karakteristik Kurva I-V; (a) Terhadap Radiasi; (b) Terhadap Suhu
(Sumber: Usman dkk., 2018)

Irradiasi matahari (G) dapat diketahui dari data nilai rata-rata radiasi matahari yang sampai ke bumi, dengan nilai 1667 W/m^2 . Nilai ini merupakan batas atas teoritis dari ketersediaan *energy* surya di bumi (Sahara, 2022).

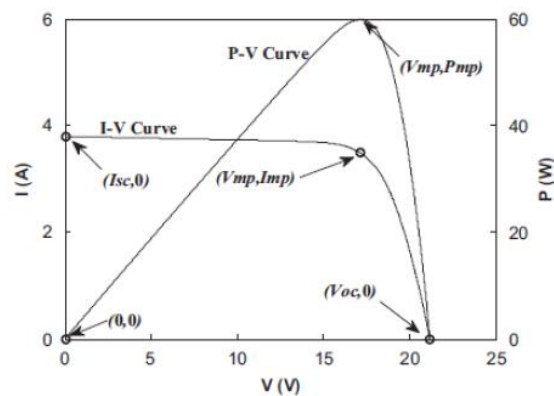
Sel surya sering disebut sel *photovoltaic* atau fotovoltan adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar *diode p-n junction*, bahan semi konduktor jenis-p dibuat dari silikon yang diserap boron kepermukaannya, sedangkan bahan semikonduktor jenis-n pada permukaannya diserap fospor. Sel PV adalah suatu perangkat yang mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Sistem sel PV pada dasarnya terdiri dari *pn junction* atau ikatan antara sisi positif dan negatif di dalam sebuah sistem semikonduktor (Putra & Sapriansyah, 2020).



Gambar 2.2 *Photovoltaic*
(Sumber: Lukman, 2015)

2.2.1 Karakteristik Sel Surya

Karakteristik PV secara umum digambarkan pada kurva I-V atau P-V, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Kurva ini memberikan bagaimana hubungan antara tegangan terhadap arus serta tegangan terhadap daya keluaran PV. Dari I-V atau P-V, akan didapatkan parameter seperti I_{sc} , V_{oc} , V_m , dan I_m . Parameter-parameter ini tercantum pada setiap keping PV, sebagai informasi dari PV tersebut. Karakteristik PV yang dicantumkan ini umumnya diuji pada kondisi standar atau *Standard Test Condition* (STC) yaitu iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Parameter-parameter tersebut sebagai gambaran karakteristik PV, sangat dipengaruhi oleh iradiasi dan suhu. Kenaikan iradiasi akan menyebabkan naiknya dari parameter yang disebutkan di atas, begitu pun pada kondisi sebaliknya. Sedangkan kenaikan suhu akan menyebabkan kenaikan I_{sc} akan tetapi secara signifikan menurunnya V_{oc} . Akan tetapi penurunan suhu, akan menurunkan I_{sc} dan menyebabkan kenaikan V_{sc} secara signifikan. Kedua kondisi ini akan menyebabkan perubahan I_m dan V_m yang pada akhirnya akan mempengaruhi nilai P_m (Usman dkk., 2021).



Gambar 2.3 Kurva I-V dan P-V sebuah modul PV
(Sumber: Usman dkk., 2021)

Sel surya menghasilkan daya maksimum pada tegangan tertentu. Gambar 2.3 menunjukkan karakteristik tegangan-arus dan juga tegangan-daya. Ini menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum. Titik ini disebut *Maximum Power Point (MPP)*. *Maximum Power Point* (V_{mp} dan I_{mp}) pada kurva I-V adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel sel surya. Untuk mengukur arus maksimum, maka kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum. Dengan menggunakan ampermeter akan didapatkan sebuah arus maksimum yang dinamakan *short circuit current* atau I_{sc} . Pengukuran terhadap tegangan (V) dilakukan pada terminal positif dan negatif dari modul sel surya dengan tidak menghubungkan sel surya dengan komponen lainnya. Pengukuran ini dinamakan *open circuit voltage* atau V_{oc} (Alfanz dkk., 2016).

2.2.2 Efek *Photovoltaic*

Efek *photovoltaic* adalah suatu fenomena yang munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan *energy* cahaya. Oleh karena itu, sel surya atau *solar cell* sering disebut juga dengan sel *photovoltaic* (PV). Efek *photovoltaic* ini ditemukan oleh Hendri Becquerel pada tahun 1839 (Bagastama, 2019).

2.2.3 Jenis – jenis Sel Surya

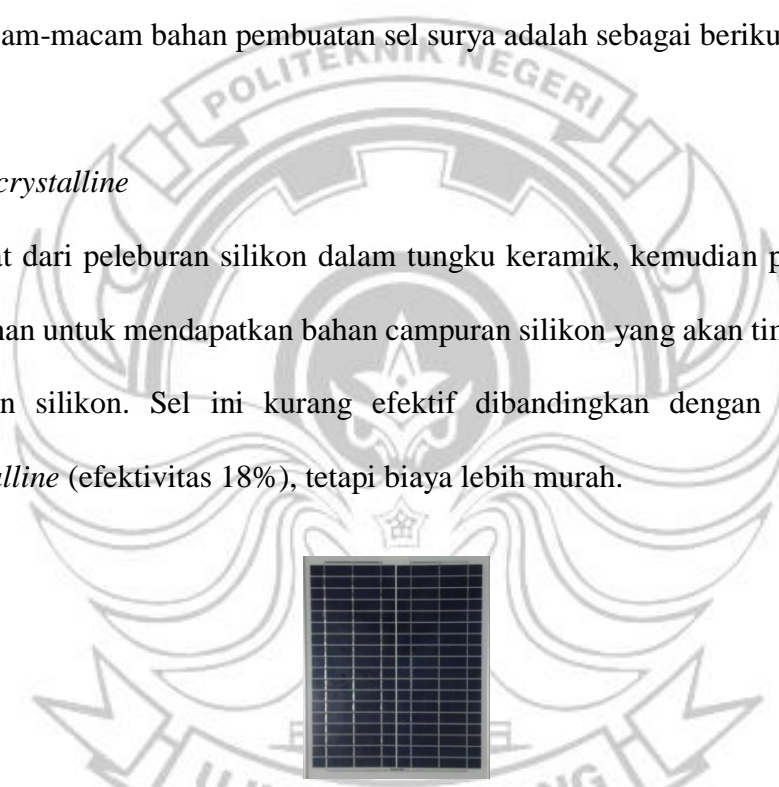
Modul surya ialah komponen utama dalam sistem *Photovoltaic (PV)* yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, listrik yang dihasilkan berupa arus DC. Kapasitas daya modul surya diukur dalam satuan *Wattpeak* (Wp). Modul surya

dapat menghasilkan listrik berupa arus DC. Listrik DC dapat digunakan langsung untuk beban-beban DC atau juga dapat untuk mengisi aki/baterai. Listrik dari modul surya ini juga dapat digunakan pada peralatan-peralatan listrik yang memerlukan arus AC dengan menggunakan *inverter* yang nantinya akan mengubah arus DC menjadi AC (Khaffi dkk., 2020).

Bahan yang digunakan banyak jenisnya dan memiliki efisiensi yang berbeda-beda. Macam-macam bahan pembuatan sel surya adalah sebagai berikut (Harahap, 2020):

1) *Poly-crystalline*

Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibandingkan dengan sel *mono-crystalline* (efektivitas 18%), tetapi biaya lebih murah.



Gambar 2.4 Solar Sel Jenis Poly-crystalline
(Sumber: Harahap, 2020)

2) *Mono-crystalline*

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. *Mono-crystalline* dapat dibuat setelah 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%.



Gambar 2.5 Solar Sel Jenis Mono-crystalline
(Sumber: Harahap, 2020)

3) *Copper Indium Diselenide*

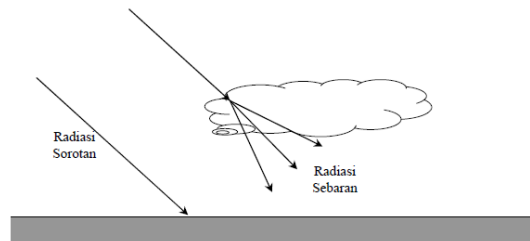
Merupakan bahan dari film tipis *poly-crystalline*. Nilai efisiensi 17.7%.



Gambar 2.6 Solar Sel Jenis Copper Indium Diselenide
(Sumber: Harahap, 2020)

2.4 Radiasi Harian Matahari Pada Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran seperti terlihat pada Gambar 2.7 (Samsurizal dkk., 2019).



Gambar 2.7 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran
(Sumber: Samsurizal dkk., 2019)

2.5 Sistem Monitoring

Monitoring adalah siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. Umumnya, *monitoring* digunakan dalam *checking* antara kinerja dan target yang telah ditentukan. *Monitoring* ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (*on the track*) (Pramana dkk., 2018).

2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan *chip* mikrokomputer yang secara fisik berupa sebuah IC (*integrated Circuit*). Mikrokontroler biasanya digunakan dalam sistem yang kecil, murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks seperti dalam aplikasi PC. Mikrokontroler banyak ditemukan dalam peralatan seperti *microwave*, *oven*, *keyboard*, *CD player*, *VCR*, *remote control*, robot, dll. Mikrokontroler berisikan bagian – bagian utama yaitu CPU (*Central Processing Unit*). RAM (*Random-Access Memory*) dan port I/O (*Input/Output*). Selain bagian-bagian utama tersebut, terdapat beberapa perangkat keras yang dapat digunakan untuk banyak keperluan seperti melakukan pencacahan, melakukan komunikasi serial, melakukan interupsi dll. Mikrokontroler tertentu bahkan menyertakan ADC

(*Analog-To-Digital Converter*), *USB controller*, *CAN (Controller Area Network)* dll (Dharmawan, 2017).

Mikrokontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan di dalamnya, dan program tersebut dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Aplikasi mikrokontroler normalnya terkait pembacaan data dari luar dan atau pengontrolan peralatan di luarnya. Contoh aplikasi yang sangat sederhana adalah melakukan pengendalian untuk menyalakan dan mematikan LED yang terhubung ke kaki mikrokontroler. Mikrokontroler memiliki jalur-jalur masukan (*port* masukan) serta jalur-jalur keluaran (*port* keluaran) yang memungkinkan mikrokontroler tersebut untuk bisa digunakan dalam aplikasi pembacaan data, pengontrolan, serta penyajian informasi. *Port* masukan digunakan untuk memasukkan informasi atau data dari luar ke mikrokontroler. Contoh informasi yang dimasukkan ke mikrokontroler ini adalah informasi kondisi saklar yang dihubungkan ke kaki mikrokontroler, apakah sedang terbuka atau tertutup. Jalur masukan umumnya berupa jalur digital, dimana jalur ini digunakan oleh mikrokontroler untuk membaca keadaan digital (apakah logika 0 atau 1) yang diberikan oleh perangkat di luar mikrokontroler. Mikrokontroler tertentu berisikan ADC dengan sebagian dari jalur-jalur I/O-nya yang digunakan sebagai masukan analog. Jalur-jalur ini selanjutnya bisa digunakan untuk keperluan seperti pembacaan tegangan dari sensor suhu analog. *Port* keluaran digunakan untuk mengeluarkan data atau informasi dari mikrokontroler. Adanya *port* keluaran ini memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat seperti LED, motor, *relay* dan menyajikan informasi melalui perangkat seperti *seven-segment*

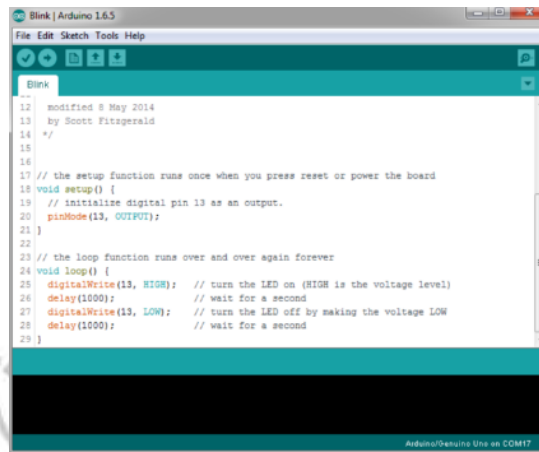
dan LCD. Untuk bisa bekerja, mikrokontroler perlu diberikan tegangan dari luar. Umumnya IC mikrokontroler dapat bekerja pada tegangan 5V, namun demikian, sebagian IC mikrokontroler seperti ATMEGA16L dapat dioperasikan dengan tegangan 3V (Dharmawan, 2017).

2.6.1 Arduino IDE

Arduino merupakan *prototyping* platform yang bersifat *open-source*, menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan. *Hardware* dan *software* arduino didesain agar mudah digunakan oleh pemula yang tidak memiliki pengalaman *programming* dan pengetahuan tentang elektronika. *Hardware* arduino berupa papan pengembangan yang berisi mikrokontroler AVR buatan atmel. *Software* arduino terdiri dari bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang gratis untuk didownload dan digunakan. IDE ini memungkinkan kita untuk menulis, mengedit program dan mengkonversinya menjadi kode-kode instruksi untuk selanjutnya diprogramkan di papan arduino (*arduino board*). Berikut adalah beberapa kelebihan Arduino (Dharmawan, 2017):

- 1) IDE arduino bersifat *multi-platform* (bisa dijalankan di Windows, Macintosh, dan Linux) dan mudah digunakan. Tampilan IDE Arduino diperlihatkan pada Gambar 2.8.
- 2) Papan Arduino dapat dihubungkan menggunakan kabel USB, bukan melalui *port* serial.

- 3) *Hardware* dan *software*-nya bersifat *open source*, sehingga kita bisa menggunakan skema rangkaiannya dan membuat sendiri papan arduino tanpa membayar pada penciptanya.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink | Arduino 1.6.5". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". The main text area contains the following code:

```
--  
12 modified 6 May 2014  
13 by Scott Fitzgerald  
14 */  
15  
16  
17 // the setup function runs once when you press reset or power the board  
18 void setup() {  
19   // initialize digital pin 13 as an output.  
20   pinMode(13, OUTPUT);  
21 }  
22  
23 // the loop function runs over and over again forever  
24 void loop() {  
25   digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)  
26   delay(1000); // wait for a second  
27   digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW  
28   delay(1000); // wait for a second  
29 }
```

The status bar at the bottom right indicates "Arduino/Sequoia Uno on COM17".

Gambar 2.8 IDE Arduino
(Sumber: Dharmawan, 2017)

Arduino diciptakan untuk para pemula bahkan yang tidak memiliki basic bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui *library*. Arduino menggunakan *software processing* yang digunakan untuk menulis program ke dalam arduino. *Processing* sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan java. *Software* Arduino ini dapat di-*install* diberbagai *operating system* (OS) seperti: LINUX, Mac OS, Windows. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. *Software* IDE arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian (Risal, 2017):

- 1) *Editor* program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. *Listing* program pada arduino disebut *sketch*.

- 2) *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
- 3) *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

Terdapat banyak pilihan perangkat keras arduino yang bisa berupa: *board*, modul, *shield* maupun kit. Gambar 2.9 memperlihatkan jenis perangkat keras arduino yang ditawarkan saat ini. Perangkat keras tersebut terbagi ke dalam kategori level pemula sampai *expert* (Dharmawan, 2017).

| Entry Level | Enhanced Features | Internet of Things | Entry Level |
|------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Arduino Uno | Arduino Mega | Arduino MKR1000 | Arduino Gemma |
| Arduino 101 | Arduino Zero | Arduino WIFI Shield 101 | Lilypad Arduino USB |
| Arduino Pro | Arduino Proto Shield | | Lilypad Arduino Main Board |
| Arduino Pro Mini | | | Lilypad Arduino Simple |
| Arduino Micro | | | Lilypad Arduino Simple Snap |

Gambar 2.9 Jenis Perangkat Keras Arduino
(Sumber: Dharmawan, 2017)

2.6.2 *Robotdyn* Mega

Komponen *Robotdyn mega* terdiri dari Arduino Mega 2560 dan ESP8266. Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh Atmel Corporation. Berbagai papan arduino menggunakan tipe atmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan Atmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan Atmega2560 (Kaswandari, 2017).



Gambar 2.10 *Robotdyn* Mega2560 R3 + ESP8266
(Sumber: *sinauprogramming.com*)

Adapun data teknis *board Robotdyn* Mega2560 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Data Teknik *Board* Arduino Mega 2560

| | |
|-------------------------------|---|
| <i>Digital I/O Pins</i> | 54 (of which 15 provide PWM output) |
| <i>Analog Input Pins</i> | 16 |
| <i>DC Current per I/O Pin</i> | 40 mA |
| <i>DC Current for 3.3 V</i> | 50 mA |
| <i>Flash Memory</i> | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| <i>SRAM</i> | 8 KB |
| <i>EEPROM</i> | 4 KB |
| <i>Clock Speed</i> | 16 MHz |

(Sumber: Arifin dkk.,2016)

Arduino Mega2560 Rev 3 memiliki fitur-fitur baru berikut (Arifin dkk., 2016):

- 1) 1.0 pinout: Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, *shield* akan kompatibel baik dengan papan yang

menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.

- 2) Sirkuit RESET.
- 3) *Chip* Atmega16U2 menggantikan *chip* Atmega8U2.

Arduino Mega *Robotdyn* adalah papan mikrokontroler yang dikembangkan dari Arduino Mega 2560. Arduino Mega *Robotdyn* dilengkapi dengan modul wifi yaitu chip ESP8266 yang dapat difungsikan untuk mengkoneksikan mikrokontroler ke internet. *Board* ini memiliki pin I/O yang sama dengan Arduino Mega 2560 hanya terletak perbedaan pada modul wifi dan kecepatan CPU Speed serta beberapa keunggulan lainnya (Robi, 2019).

Tabel 2.2 Perbandingan Mikrokontroler Arduino

| Parameter | Uno | Mega 2560 | <i>Robotdyn</i> |
|--------------------------------|----------------|----------------|------------------------|
| <i>Processor</i> | Atmega 328P | Atmega 2560 | Atmega 2560 ESP8266 |
| <i>Operating/Input Voltage</i> | 5 V / 7 – 12 V | 5 V / 7 – 12 V | 5 V / 7 – 12 V 3v3 |
| <i>CPU Speed</i> | 16 Mhz | 16 Mhz | 16 Mhz 80 Mhz |
| <i>Analog In/Out</i> | 6/0 | 16/0 | 16/0 1/0 |
| <i>Digital IO/PWM</i> | 14/6 | 54/15 | 54/15 |
| Exprom (kB) | 1 kb | 4kb | 4kb |
| SRAM | 2 kb | 8 kb | 8 kb 64 kb |
| Flash(kB) | 32 kb | 256 kb | 32 Mb 8 Mb |
| USB | Regular | Regular | CH340G |
| UART | 1 | 4 | 4 1/wifi |

(Sumber: ROBI, 2019)

Selain terdapat mikrokontroler Arduino Mega 2560 dalam *board* yang sama dilengkapi juga dengan mikrokontroler ESP8266 yang dapat berjalan masing - masing secara independen maupun berjalan bersamaan dengan protokol komunikasi serial. Untuk memilih fungsi pada *board* digunakan sejajar dip-Switch yang berjumlah 8 buah, berikut adalah konfigurasi penggunaan masing-masing dip-Switch (Munaji dkk., 2020):

Tabel 2.3 Konfigurasi Dip-Switch Arduino Mega *Robotdyn*

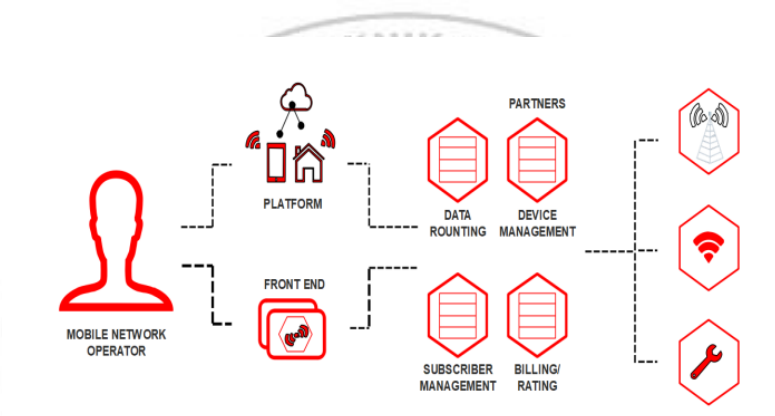
| Posisi Dip - Switch | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| CH340 terhubung ke ESP8266 (<i>Upload Sketch</i>) | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | ON | ON | Tidak Digunakan |
| CH340 terhubung ke ESP8266 (terhubung) | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | ON | OFF | Tidak Digunakan |
| CH340 terhubung ke ATmega2560 (<i>Upload Sketch</i>) | OFF | OFF | ON | ON | OFF | OFF | OFF | Tidak Digunakan |
| CH340 terhubung ke Mega2560 COM 3(terhubung ke ESP8266) | ON | ON | ON | ON | OFF | OFF | OFF | Tidak Digunakan |
| Mega2560+ESP8266 | ON | ON | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | Tidak Digunakan |
| Semua Modul Bekerja Secara Independen | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | Tidak Digunakan |

(Sumber: Munaji dkk., 2020)

2.7 Internet of Things (IoT)

Internet Of Things (IoT) adalah skenario dari suatu objek yang dapat melakukan suatu pengiriman data/informasi melalui jaringan tanpa campur tangan manusia. Teknologi IoT telah berkembang dari konvergensi *micro-*

electromechanical systems (MEMS), dan internet pada jaringan nirkabel. Sedangkan “A Things” dapat didefinisikan sebagai subjek seperti orang dengan implan jantung, hewan peternakan dengan *transponder chip* dan lain-lain. IoT sangat erat hubungannya dengan komunikasi mesin dengan mesin (M2M) tanpa campur tangan manusia ataupun komputer yang lebih dikenal dengan istilah cerdas (*smart*) (Ridho Effendy, 2021).



Gambar 2.11 Sistem Kerja IoT (*Internet Of Things*)
(Sumber: Ridho Effendy, 2021)

2.8 Sensor Arus *Module ACS758*

ACS758 merupakan salah satu sensor arus yang memiliki *range* pengukuran yang tinggi. Hal ini memungkinkan ACS758 mampu digunakan tanpa perlu menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi yang lainnya. Sensor arus mampu mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ampere meter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol. Penggabungan sensor arus dengan sensor tegangan sendiri dapat dimanfaatkan untuk menyeimbangkan

jika terdapat lebih dari 1 rangkaian listrik. Untuk sensor arus sendiri memiliki banyak tipe yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Letak perbedaan dari masing-masing tipe itu sendiri ada pada kemampuan dalam membaca daya pada rangkaian listrik yang sedang digunakan (Azham, 2022). Adapun bentuk fisik dari sensor arus ACS758 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.12 Sensor arus modul ACS758
(Sumber: Azham, 2022)

Adapun spesifikasi pada sensor arus modul ACS758 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Arus ACS758

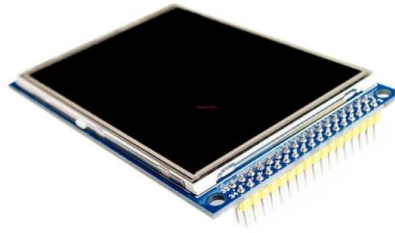
| No. | Karakteristik | Simbol | Nilai | Satuan | Catatan |
|-----|--|-------------------|------------|--------|-------------------|
| 1. | <i>Forward Supply Voltage</i> | V_{CC} | 8 | V | |
| 2. | <i>Forward Output Voltage</i> | V_{IOUT} | 28 | V | |
| 3. | <i>Reverse Output Voltage</i> | V_{RIOUT} | -0.5 | V | |
| 4. | <i>Output Source Current</i> | $I_{OUT(Source)}$ | 3 | mA | V_{IOUT} to GND |
| 5. | <i>Output Sink Current</i> | $I_{OUT(Sink)}$ | 1 | mA | VCC to V_{IOUT} |
| 6. | <i>Nominal Operating Ambient Temperature</i> | T_{OP} | -40 to 85 | °C | Range E |
| | | | -40 to 125 | °C | Range K |
| | | | -40 to 150 | °C | Range L |

| No. | Karakteristik | Simbol | Nilai | Satuan | Catatan |
|-----|--|------------|-------|------------|--|
| 7. | <i>Working Voltage for Basic Isolation</i> | V_{WFSI} | 990 | VDC or Vpk | <i>For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 2nd Edition</i> |
| | | | 700 | Vrms | |
| | | | 450 | Vrms | |
| 8. | <i>Primary Sampled Current</i> | I_p | 200 | A | |

(Sumber: www.allegromicro.com)

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf maupun grafis. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis *display* elektronik. LCD merupakan media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator dan layar komputer. Salah satu jenis LCD, yaitu TFT LCD 3,2" *Touch Screen Module* adalah salah satu modul yang dapat digunakan oleh Arduino Uno atau Arduino Mega untuk menampilkan visualisasi grafis, bahkan dilengkapi dengan LCD layar sentuh yang dapat mendeteksi jari tangan atau *stylus*. Jenis LCD TFT Module ini paling umum digunakan sebagai *display* unit dan *input device* pada proyek Arduino. LCD display ini dapat menampilkan data berupa *text*, grafis ataupun gambar bitmap (Sardadi, 2018).



Gambar 2.13 LCD TFT *Touchscreen* 3.2"
(Sumber: *Shopee.co.id*)

Adapun spesifikasi pada LCD TFT adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Spesifikasi LCD TFT

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>Driver IC</i> | ILI9341-16 |
| <i>Screen Size</i> | 3.2 inch |
| <i>Board Size</i> | 95mm x 65mm |
| <i>Data Interface</i> | 16 bit |
| <i>Screen Resolution</i> | 320 x 240 Pixel |
| <i>Screen Type</i> | TFT |
| <i>Power</i> | 5V / 3.3V |
| <i>Touch Function</i> | YES (<i>resistive touch</i>) |
| <i>Library Support</i> | UTFT |
| <i>Board Support</i> | Arduino Mega |
| <i>Breakout Shift Register</i> | TFT Shield V2,2 |

(Sumber: *Shopee.co.id*)

2.10 Sensor Termokopel Tipe K dan Modul MAX6675

Termokopel tipe K terbuat dari nikel dan memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, sehingga dapat digunakan di sebagian besar aplikasi. Termokopel tipe-K adalah jenis sensor yang paling umum dipasaran untuk kalibrasi sensor temperatur dan banyak digunakan dalam pengukuran bidang industri karena keakuratannya. Dalam desain ini, termokopel tipe-K dihubungkan ke modul

MAX6675 atau MAX31855. Modul dapat melakukan serangkaian pemrosesan pada sinyal temperatur yang dikumpulkan oleh termokopel tipe-K, dan akhirnya mengubah sinyal analog menjadi keluaran sinyal digital melalui konverter ADC dalam modul (Prayudha dkk., 2022).



Gambar 2.14 Sensor Termokopel Tipe K
(Sumber: Alibaba.com)

Thermocouple tipe K ini memiliki keunggulan linearitas yang baik, gaya elektromotif termal yang besar, sensitivitas yang tinggi, stabilitas dan keseragaman yang baik, kinerja anti-oksidasi yang kuat dan harga rendah, dan digunakan dalam atmosfer inert oksidasi. Termokopel tipe-K tidak dapat digunakan secara langsung dalam suhu tinggi untuk sulfur, mengurangi atau mereduksi, mengoksidasi di atmosfer bolak-balik dan dalam ruang hampa, dan tidak direkomendasikan untuk digunakan pada atmosfer pengoksidasi yang lemah.

Adapun *datasheet* pada sensor termokopel tipe K adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Spesifikasi Termokopel Tipe K

| | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|
| <i>Temperature</i> | <i>Temperature Range</i> | -270 °C - 1260 °C |
| <i>Output</i> | <i>Output Voltage</i> | -6.4 - 54.9 mV |

| | | |
|----------------------------|---------------------------------------|---|
| <i>Composition</i> | <i>positive leg</i> | 90% nickel, 10% chromium |
| | <i>negative leg</i> | 95% nickel, 2% aluminum, 2% manganese and 1% silicon. |
| <i>Insulation Material</i> | <i>lightweight insulating product</i> | <i>Ceramic beads insulation</i> |
| | <i>outer metal sheath</i> | Magnesium Oxide (MgO) |
| <i>Temperature Range</i> | <i>Thermocouple grade wire</i> | 454 to 2,300F (-270 to 1260°C) |
| | <i>Extension wire</i> | 32 to 392F (0 to 200°C) |
| <i>Accuracy</i> | <i>Standard</i> | +/- 2.2°C or +/- .75% |
| <i>Sensitivity</i> | | 41µV/°C |

(Sumber: www.tempsens.com)

Untuk melakukan akuisisi data temperatur dengan menggunakan termokopel tipe-K diperlukan modul untuk mengkompensasi *cold junction* termokopel. Gambar 2.15 menampilkan MAX6675 dimana modul ini adalah salah satu dari banyak modul yang kompatibel dengan Arduino yang dapat mengkompensasi *cold junction* termokopel tipe-K yang dapat mengukur temperatur dari 0°C - +1024°C. Rangkaian MAX6675 untuk pengolahan data pada sensor temperatur termokopel dari data analog diubah menjadi data digital karena pada IC MAX6675 sudah terdapat pengolah data ADC atau *Analog to Digital Converter* (Prayudha dkk., 2022).



Gambar 2.15 Modul MAX6675
(Sumber: Prayudha dkk., 2022)

2.11 Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan adalah *voltage divider* (pembagi tegangan). Hambatan atau yang bisa disebut juga sebagai resistor memiliki fungsi untuk mengontrol aliran arus yang ada pada suatu rangkaian. Selain berfungsi sebagai pengontrol arus, resistor juga memiliki fungsi sebagai pembagi tegangan. Sehingga terciptalah suatu rangkaian yang disebut dengan rangkaian pembagi tegangan (*Voltage Divider*). Hubungan antara tegangan, arus dan hambatan tersebut dinyatakan dalam Hukum OHM, yang dinyatakan dalam notasi sebagai persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3), Dimana V adalah Beda Potensial/Tegangan (Volt), I adalah Kuat Arus (Ampere), R adalah Hambatan (Ω) (Utomo dkk., 2021).

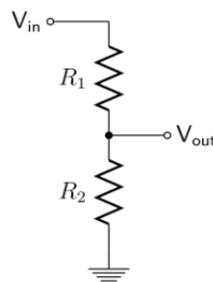
$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.1)$$

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(2.3)$$

Rangkaian pembagi tegangan atau *voltage divider* ini merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengubah nilai tegangan yang awalnya besar menjadi kecil. Atau bisa juga dijelaskan sebagai rangkaian yang dapat

menyesuaikan tegangan. Gambar 2.16 merupakan rangkaian pembagi tegangan, dimana V_{in} adalah sumber tegangan atau tegangan yang masuk sedangkan V_{out} adalah tegangan keluaran, dan R adalah Hambatan. Adapun rumus untuk mencari nilai tegangan keluaran dari rangkaian tersebut diformulasikan pada persamaan (2.4) (Utomo dkk., 2021).



Gambar 2.16 Rangkaian *Voltage Divider*
(Sumber: Muttaqin, 2017)

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.12 Sensor BH1750

Modul sensor cahaya BH1750 adalah sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Sensor BH1750 ini lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti foto *diode* dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas. Sensor cahaya digital BH1750 ini dapat melakukan pengukuran dengan keluaran lux (lx) dengan jangkauan luas dan resolusi tinggi dari 1- 65535 lx (Mawaddah, 2020).



Gambar 2.17 Sensor BH1750
(Sumber: Mawaddah, 2020)

Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor BH1750

| Parameter | Nilai / Jenis |
|---------------------------|---------------|
| Deteksi lux | 0 – 65535 lx |
| Suplai Tegangan (Vcc) | 3.3 V |
| Rentang Tegangan Operasi | 2.4 – 3.3 V |
| Suhu Pengoperasian Sensor | -40°C – 85°C |
| Arus Operasi | 0,12 mA |

(Sumber: *elprocus.com*)

2.13 Data Logger Board

Data logger board merupakan *shield* yang digunakan untuk melakukan data logging pada SD Card. *Shield* ini kompatibel dengan Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, Leonardo, Mega R3/Mega ADK. *Shield* ini dilengkapi dengan RTC (*Real Time Clock*) yang digunakan untuk mengetahui waktu penyimpanan data yang dilakukan, meskipun Arduino yang digunakan sudah tidak teraliri power RTC akan tetap berjalan karena terdapat baterai pada modul ini, sehingga proses penyimpanan selanjutnya tetap akan memberikan waktu yang sesuai dan modul SD Card yang digunakan untuk menyimpan. Data logger board ini dibuat menyerupai

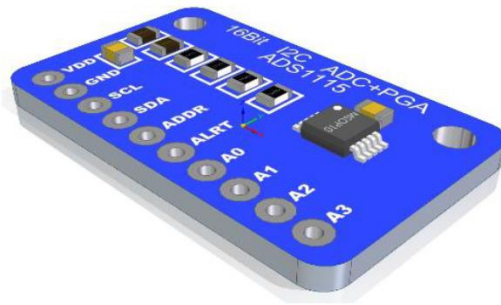
breadboard sehingga dapat memudahkan dalam meletakkan sensor, resistor, transistor, IC, atau komponen lain di saat sedang membuat sebuah perangkat *embedded*. Gambar 2.19 memperlihatkan bentuk dari data *logger board* (Lianda dkk., 2019).



Gambar 2.18 Data *Logger Board*
(Sumber: *Shopee.com*)

2.14 ADC ADS 1115

ADC ADS1115 adalah suatu alat yang mengubah sinyal atau tegangan analog menjadi digital. ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS). Sedangkan resolusi ADC menentukan ketelitian nilai konversi ADC. Bentuk komunikasi yang paling mendasar antara wujud digital dan analog dan piranti (biasanya berupa IC) disebut komparator. ADC juga digunakan untuk meningkatkan ketelitian pembacaan nilai analog. ADC ADS1115 adalah salah satu 15 jenis dari ADC yang banyak digunakan. ADS1115 memiliki resolusi 16-bit dan dapat melakukan konversi hingga 860SPS (*sample per second*). ADC ini menggunakan komunikasi I2C dan memiliki 4-channel masukan analog (RIZAL, 2023).



Gambar 2.19 ADS tipe ads1115
(Sumber: RIZAL, 2023)

2.15 Relay

2.15.1 Relay Mekanik

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsipnya, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka (Turang, 2015).



Gambar 2.20 Relay Mekanik
(Sumber: tokopedia.com)

Adapun *datasheet* pada *relay* yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8 Spesifikasi *Relay* Mekanik

| | |
|---|--|
| <i>Voltage Rating</i> | 12v |
| <i>Max Current Rating</i> | 200A |
| <i>Terminal Configuration</i> | <i>None Standard</i> |
| <i>Number Of Terminals</i> | 4 |
| <i>Terminal Size</i> | 2 x 6.3 mm <i>Male Lucar Terminals</i> (Pins 85 & 86) - 2 x M6 <i>Studs</i> (Pins 30 & 87) |
| <i>Bracket Type</i> | <i>Fixed</i> |
| <i>Mounting Hole Size</i> | 6 mm |
| <i>Dimensions LxWxH (Including Terminals)</i> | 45x45x60 mm |

(Sumber: www.almsolutions.co.uk)

2.15.2 *Solid State Relay* (SSR)

Pengertian dan fungsi *solid state relay* (SSR) sebenarnya sama dengan *relay* elektromekanik atau *magnetic contactor* (MC) yaitu sebagai saklar elektronik yang biasa digunakan atau diaplikasikan di industri-industri sebagai device pengendali. Namun, *relay* elektro mekanik memiliki banyak keterbatasan bila dibandingkan dengan SSR, salah satunya seperti siklus hidup kontak yang terbatas, mengambil banyak ruang, dan besarnya daya kontaktor *relay*. Karena keterbatasan ini, banyak produsen *relay* menawarkan perangkat SSR dengan semikonduktor modern yang menggunakan SCR, TRIAC, atau output transistor sebagai pengganti saklar kontak mekanik. *Output device* (SCR, TRIAC, atau transistor) adalah optikal yang digabungkan sumber cahaya LED yang berada dalam *relay*. *Relay* akan dihidupkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan power DC yang rendah. Isolasi optik antara input dan output inilah yang menjadi kelebihan yang ditawarkan oleh SSR bila dibanding *relay* elektromekanik (Kustiawan, 2018).



Gambar 2.21 SSR
(Sumber: tokopedia.com)

Tabel 2.9 Spesifikasi SSR

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| <i>Input Voltage</i> | 3~32 VDC |
| <i>Rated Current</i> | 60 A |
| <i>Voltage Output</i> | 5 – 200 VDC |
| <i>Peak Voltage</i> | 600 VDC |
| <i>Leakage current</i> | 1.0 mA |
| <i>Respon Time</i> | 1.0 ms |
| <i>Input Immunity</i> | 2 kV (EN61000-4-4) |
| <i>Isolation Strength</i> | 4 kVrms (EN60950/VDE0805) |
| <i>Insulation Strength</i> | 1000MΩ / 500VDC (EN60950/VDE0805) |
| <i>Circumstance</i> | -40°C ~ +80°C ; 35~85%RH |

(Sumber: alldatasheet.com)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di lingkungan kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang dan di Perumahan Bumi Tamalanrea Permai, Makassar. Proses perencanaan, penyediaan alat dan komponen, pembuatan alat, pengujian, evaluasi dan analisis serta penyusunan laporan membutuhkan waktu 6 bulan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada perancangan dan pembuatan ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Daftar Alat

| No. | Daftar Alat | Jumlah |
|-----|-----------------------------|--------|
| 1 | Multimeter | 1 buah |
| 2 | Solder | 1 buah |
| 3 | Penghisap Timah | 1 buah |
| 4 | Tang | 1 buah |
| 5 | Lem Tembak | 1 buah |
| 6 | Penggaris | 1 buah |
| 7 | Obeng | 1 buah |
| 8 | <i>Smartphone</i> | 1 buah |
| 9 | Laptop | 1 buah |
| 10 | <i>Lux Meter</i> | 1 buah |
| 11 | <i>Solar Power Meter</i> | 1 buah |
| 12 | Termometer | 1 buah |
| 13 | <i>Infrared Thermometer</i> | 1 buah |

Tabel 3.2 Daftar Bahan

| No. | Daftar Bahan | Jumlah |
|-----|---|----------|
| 1 | <i>Robotdyn Mega + Esp8266</i> | 1 buah |
| 2 | <i>LCD Touchscreen</i> | 1 buah |
| 3 | Termokopel Tipe K & Modul MAX6675 | 2 buah |
| 4 | Sensor Arus ACS758 | 1 buah |
| 5 | Sensor Tegangan | 1 buah |
| 6 | Kabel <i>Jumper</i> | 5 set |
| 7 | <i>Portable Power Supply for Arduino 12V 2000mAH & IC7805</i> | 2 buah |
| 8 | Modul <i>Push Button</i> | 1 buah |
| 9 | Kemasan Alat | 1 ls |
| 10 | <i>Data Logger Shield</i> | 1 buah |
| 11 | Kabel 1x2.5 mm ² | 10 Meter |
| 12 | Kabel 1x6 mm ² | 10 meter |
| 13 | Lem lilin | 10 buah |
| 14 | Pasta Solder | 1 buah |
| 15 | Timah Solder | 3 roll |
| 16 | <i>Banana Plug (female)</i> | 3 buah |
| 17 | Kabel Multimeter | 1 set |
| 18 | Saklar <i>ON/OFF</i> | 1 buah |
| 19 | <i>Protoboard</i> | 1 buah |
| 20 | Papan PCB | 1 buah |
| 21 | <i>3.5 mm TRRS to TRRS cable</i> | 3 buah |
| 22 | <i>SD Card</i> | 1 buah |
| 23 | <i>SD Card Reader</i> | 1 buah |
| 24 | Sensor BH1750 | 1 buah |
| 25 | ADS1115 | 1 buah |
| 26 | <i>Hosting Website</i> | 1 ls |
| 27 | <i>Relay 12V 200A</i> | 1 buah |

| No. | Daftar Bahan | Jumlah |
|-----|---------------------------|---------|
| 28 | SSR | 1 buah |
| 29 | Mata solder | 2 buah |
| 30 | MC4 Connector | 6 buah |
| 31 | MC4 Spanner | 1 buah |
| 32 | Metal Clamp | 1 buah |
| 33 | Youngpro SC01 Suction Cup | 1 buah |
| 34 | Box x1 & X2B | 1 buah |
| 35 | Heatsrink Isolasi | 3 meter |
| 36 | Modul Relay 5V 2 channel | 1 buah |
| 37 | Sticker Alat | 1 ls |

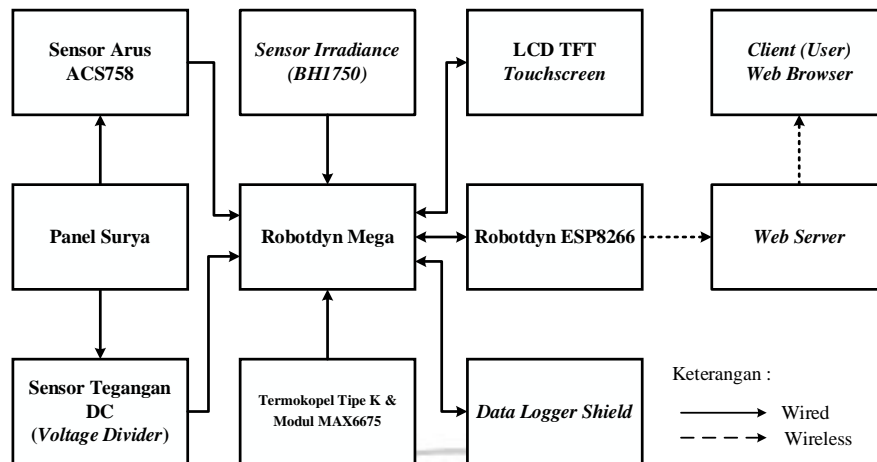
3.3 Prosedur/Langkah Kerja

3.3.1 Tahapan Perancangan

Dalam perancangan dan pembuatan *performance tester* untuk panel *photovoltaic* menggunakan mikrokontroler *Robotdyn Mega 2560* ini terdiri atas dua tahap yaitu perancangan pembuatan alat dan pembuatan *website*.

1) Blok diagram sistem alat

Perancangan perangkat keras digambarkan dalam diagram blok dengan tujuan sebagai acuan pembuatan perangkat keras agar memudahkan dalam merangkainya dalam rangkaian yang terpadu.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 3.1, *input* dari perangkat ini yang terhubung langsung dengan *output* panel surya yaitu sensor arus ACS758 sebagai sensor arus untuk mengukur arus hubung singkat (Isc) panel *photovoltaic*, Sensor Tegangan DC untuk mengukur tegangan hubung buka (Voc) panel *photovoltaic*. *Input* selanjutnya, yaitu sensor iradiasi dengan menggunakan sensor BH1750 untuk mengukur iradiasi matahari, sensor suhu termokopel tipe k & modul MAX6675 yang berfungsi untuk mengukur suhu lingkungan dan suhu panel surya. *Robotdyn* Mega, yaitu mikrokontroler yang berfungsi untuk mengolah data yang diterima dan mengontrol jalannya sistem. LCD TFT *Touchscreen* yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran dan menu untuk memilih mode kerja perangkat, *Data Logger Shield* untuk menyimpan data hasil pengukuran, *Robotdyn* ESP8266 untuk menerima data dari *Robotdyn* mega dan menghubungkan perangkat secara nirkabel ke *server* dan mengirimkan data ke *server*, *web server* berfungsi untuk menyimpan data secara *cloud* di internet, dan *client (user)* dengan menggunakan *web browser* berfungsi untuk mengakses data yang tersimpan di Internet.

2) Diagram alir rancang bangun

Pada saat perangkat dinyalakan perangkat akan mulai melakukan inisialisasi perangkat. *Robotdyn* ESP8266 akan mulai menghubungkan perangkat ke internet sesuai dengan konfigurasi yang telah dilakukan. Setelah itu akan tampil menu pada *display* LCD TFT *Touchscreen* untuk memilih mode kerja perangkat, yaitu secara otomatis atau manual.

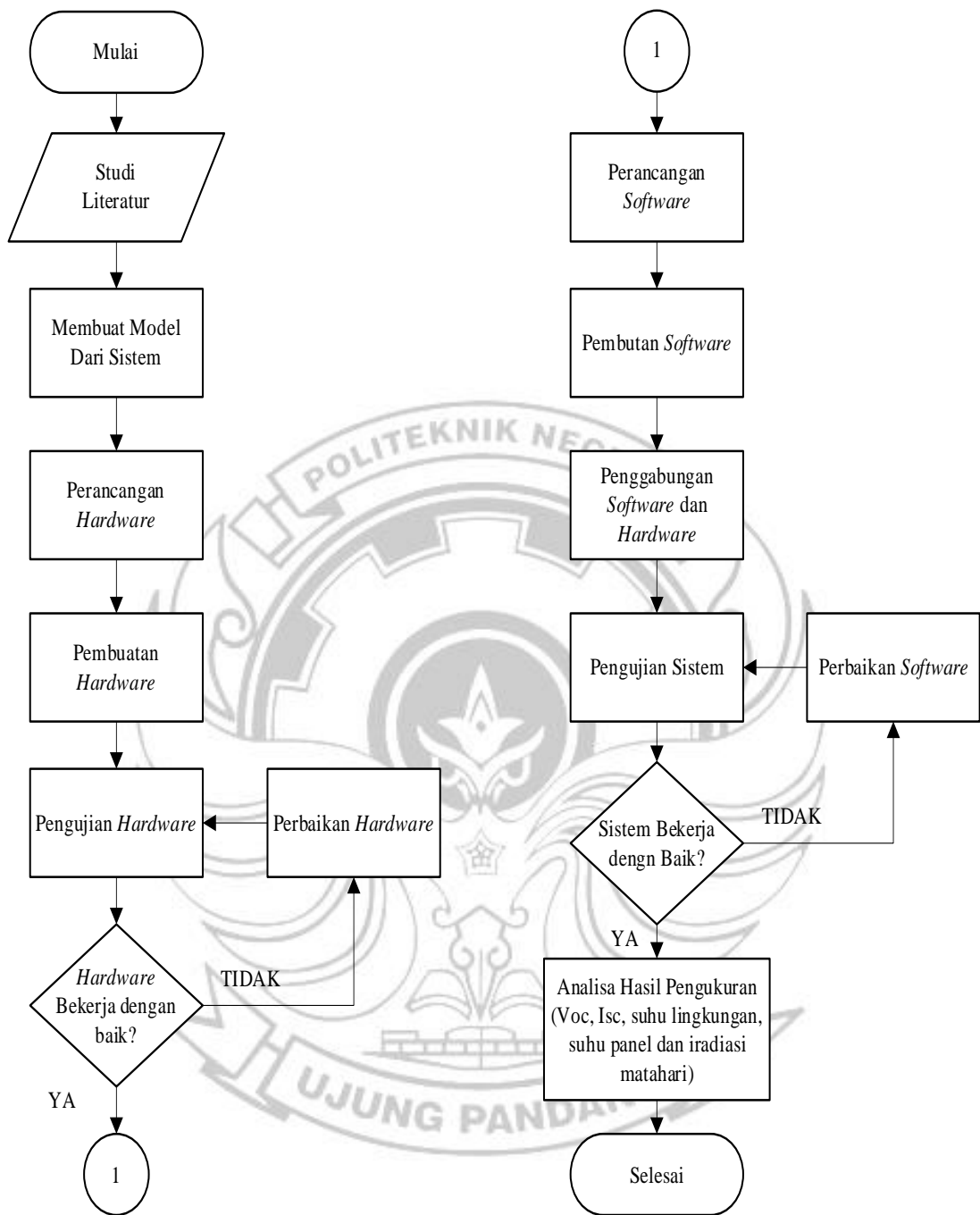
Pada mode manual, sistem akan mulai membaca data masukan dari *push button start*, apabila *push button start* tidak ditekan maka data masukan bernilai = 0 dan sistem tidak akan mulai bekerja. Sedangkan apabila *push button* ditekan maka data masukan bernilai = 1 dan sistem akan mulai bekerja. Kemudian, sistem akan mulai melakukan proses pengukuran dan mengumpulkan data hasil pengukuran dari sensor Tegangan DC, ACS758, termokopel tipe k & modul MAX6675, dan BH1750 yang akan dikirimkan dan diolah pada *Robotdyn* Mega. Data yang telah diproses oleh *Robotdyn* Mega akan ditampilkan pada LCD TFT dan disimpan di SD Card. Setelah itu data hasil pengukuran akan dikirimkan ke *web server* dan akan ditampilkan pada *dashboard website*.

Pada mode otomatis, sistem akan mulai bekerja ketika memilih mode otomatis pada *display* LCD TFT *Touchscreen*. Terdapat pilihan waktu pada mode otomatis yakni waktu pengukuran selama 1 jam hingga 8 jam. Kemudian, sistem akan mulai melakukan proses pengukuran dan mengumpulkan data hasil pengukuran dari sensor Tegangan DC, ACS758, termokopel tipe k & modul MAX6675, dan BH1750 yang akan dikirimkan dan diolah pada *Robotdyn* Mega. Data yang telah diproses oleh *Robotdyn* Mega akan disimpan di SD Card. Setelah itu data hasil pengukuran akan dikirimkan ke *web server* dan akan ditampilkan pada *dashboard*

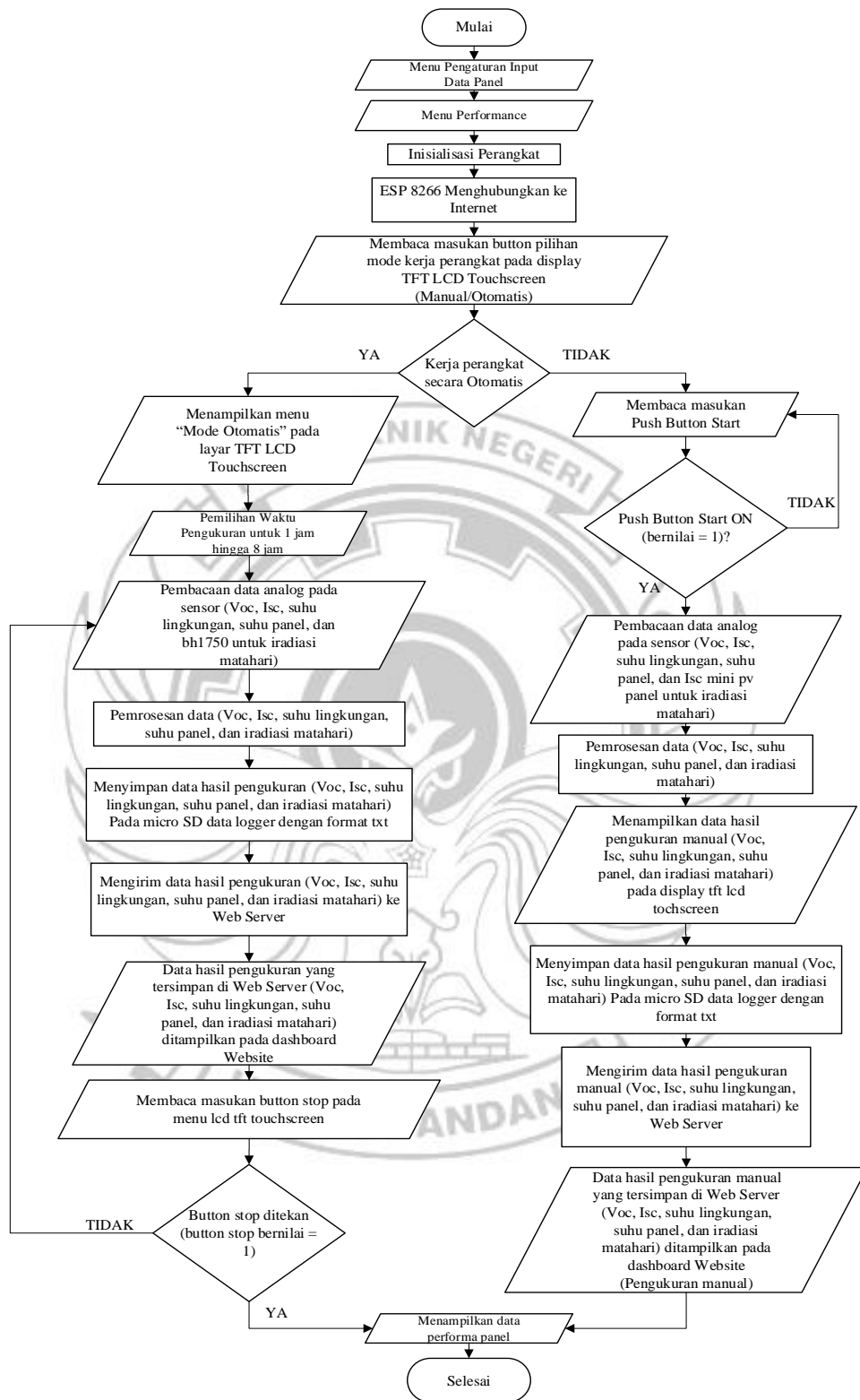
website. Proses penyimpanan dan pengiriman data hasil pengukuran akan dilakukan setiap 10 menit, dan pengukuran otomatis akan berhenti ketika waktu setting telah selesai atau *button stop* pada display LCD TFT *Touchscreen* ditekan.

Pada mode offline, sistem akan mulai bekerja ketika memilih mode offline pada *display* LCD TFT *Touchscreen*. Terdapat menu otomatis dan manual pada mode offline. Apabila memilih mode otomatis terdapat pilihan waktu pada mode otomatis yakni waktu pengukuran selama 1 jam hingga 8 jam. Jika memilih mode manual, apabila *push button start* tidak ditekan maka data masukan bernilai = 0 dan sistem tidak akan mulai bekerja. Sedangkan apabila *push button* ditekan maka data masukan bernilai = 1 dan sistem akan mulai bekerja. Kemudian, sistem akan mulai melakukan proses pengukuran dan mengumpulkan data hasil pengukuran dari sensor Tegangan DC, ACS758, termokopel tipe k & modul MAX6675, dan BH1750 yang akan dikirimkan dan diolah pada *Robotdyn Mega*. Setelah itu, untuk mengirimkan data yang tersimpan secara *offline* ke *website* membuka menu “*Upload Data*” yang terletak di menu “Pengaturan”.

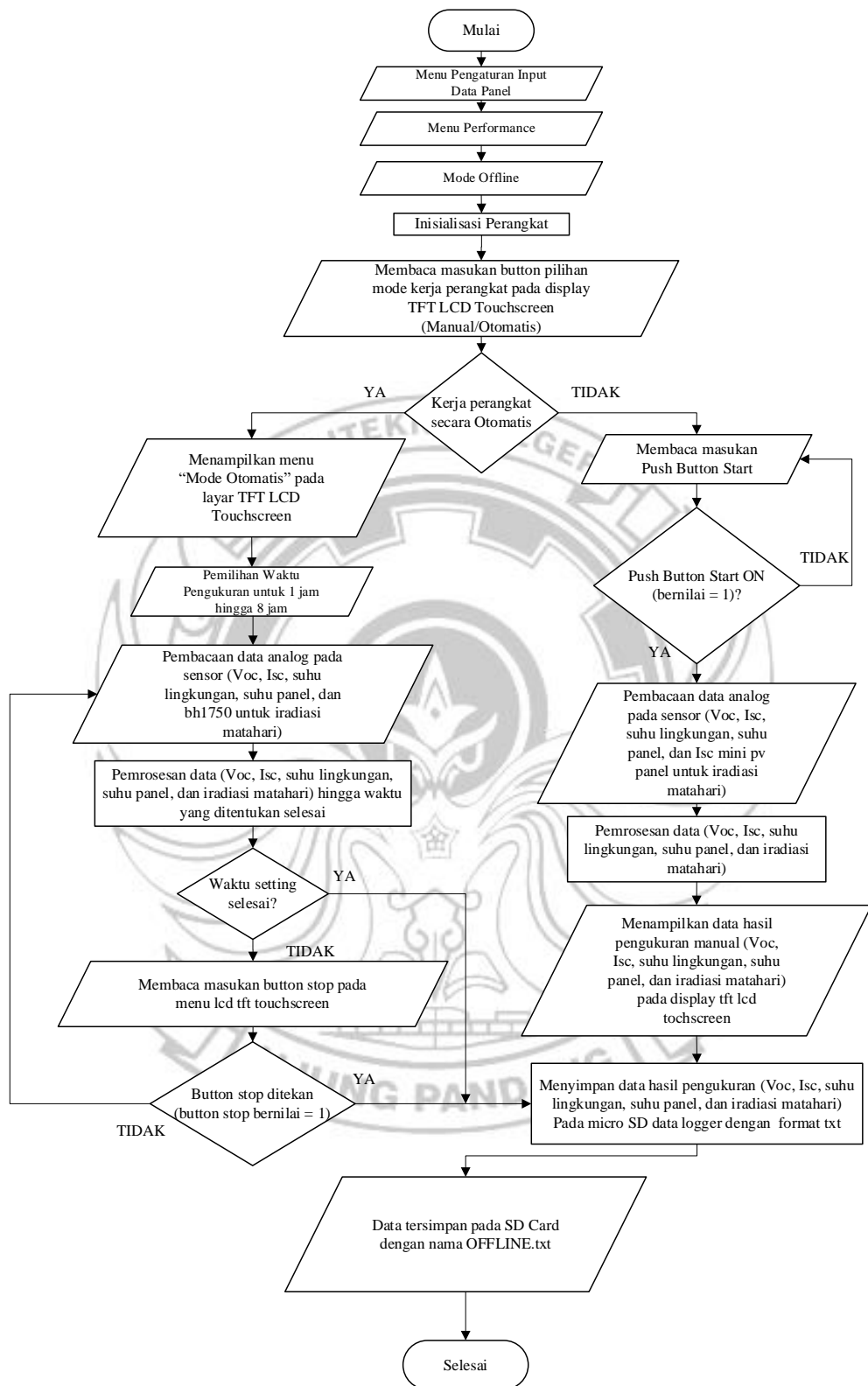
Pada mode multimeter, sistem akan mulai membaca data masukan pada saat mode multimeter ditekan. Sistem akan mulai melakukan proses pengukuran dan mengumpulkan data hasil pengukuran dari sensor Tegangan DC, ACS758, termokopel tipe k & modul MAX6675, dan BH1750 yang akan dikirimkan dan diolah pada *Robotdyn Mega*. Pada mode multimeter juga terdapat pilihan untuk memilih permenu pengukuran yang ingin dilakukan. Data yang telah diproses oleh *Robotdyn Mega* akan ditampilkan pada LCD TFT.



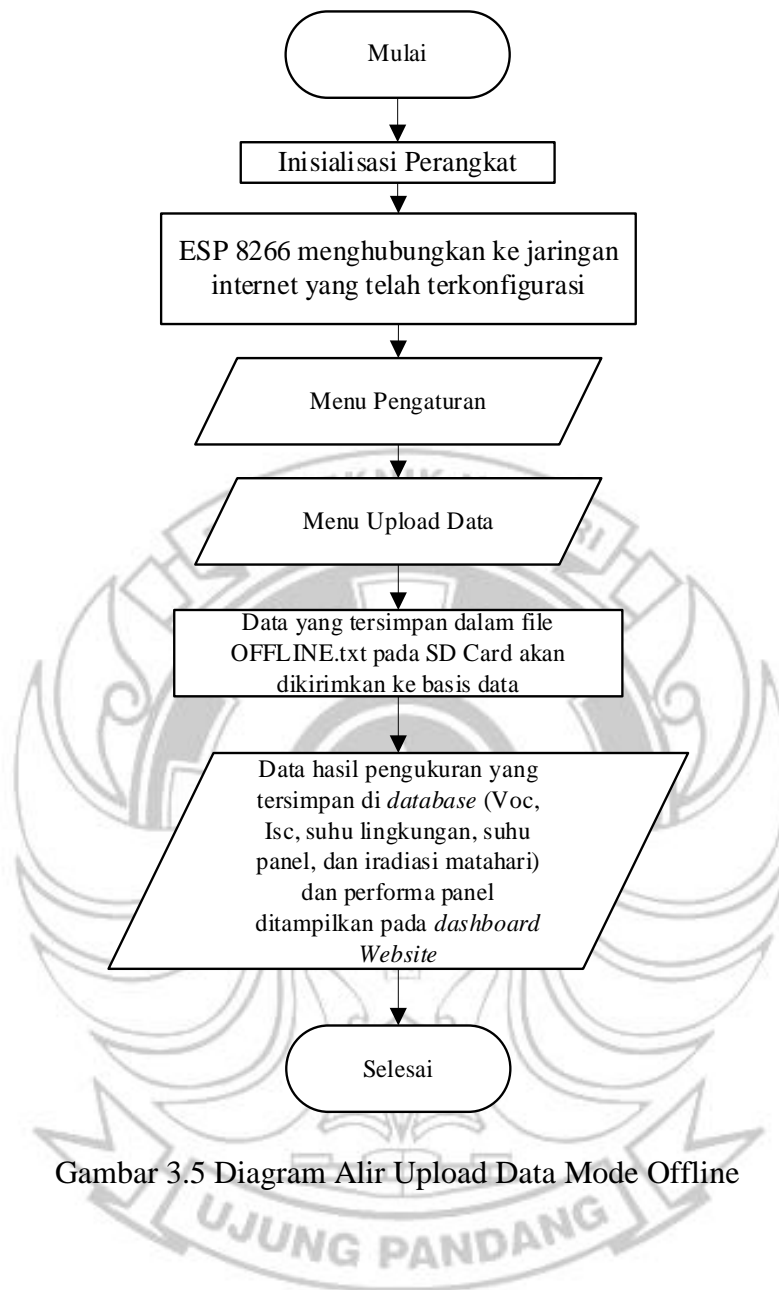
Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Kegiatan



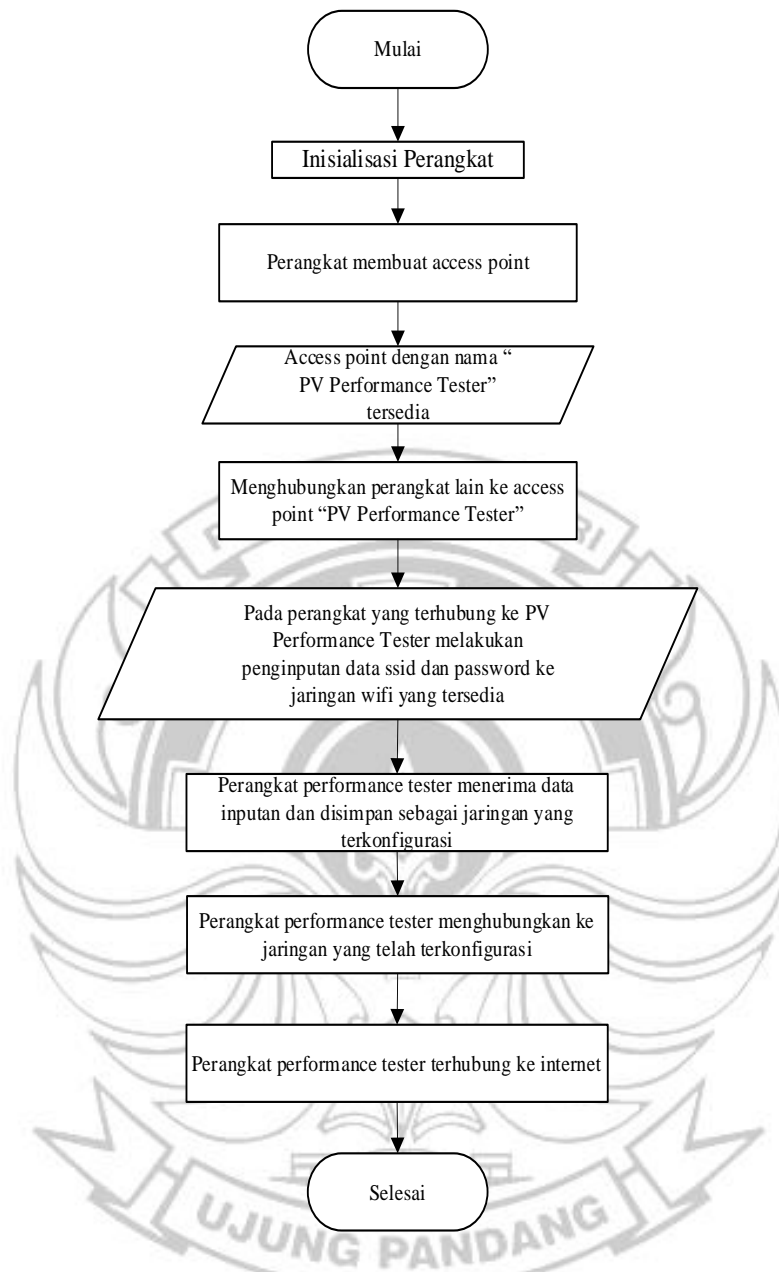
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Kerja Alat *Performance Tester*



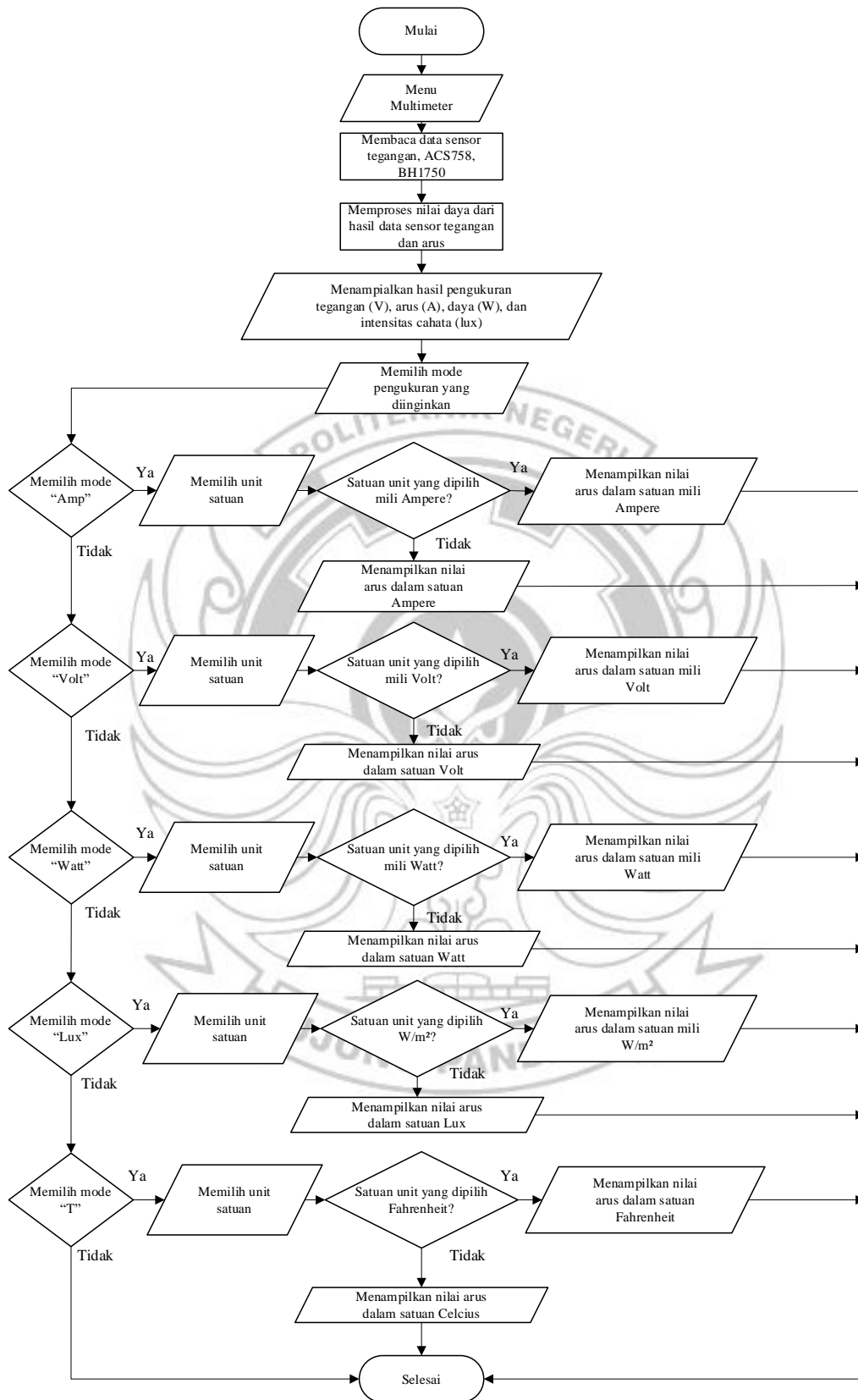
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Kerja Alat Performance Tester Mode Offline



Gambar 3.5 Diagram Alir Upload Data Mode Offline



Gambar 3.6 Diagram Alir Konfigurasi Perangkat ke Internet



Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Kerja Alat Mode Multimeter

3.3.2 Desain *Performance Tester*

Desain *Performance Tester* untuk panel PV, memiliki dimensi dengan panjang 21,5 cm, lebar 14,5 cm dan tinggi 8,5 cm yang dapat dilihat seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.8 Desain *Performance Tester* Untuk Panel PV

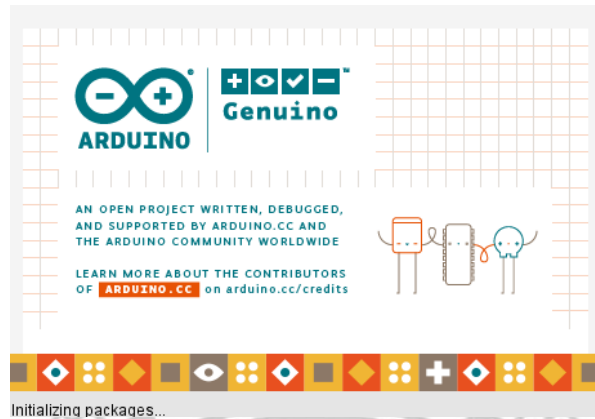
3.3.3 Perancangan Program Arduino

Persiapan yang akan dilaksanakan dalam memasukan program ke dalam *board Robotdyn* Mega adalah sebagai berikut:

- 1) Merakit seluruh rangkaian.
- 2) Menginstal dan membuka *software* arduino (dalam penelitian ini penulis menggunakan versi 1.8.13).
- 3) Mengetik program pada *software* arduino.
- 4) Melakukan pengecekan (*Verify*) program yang telah ditulis, untuk mengetahui apakah ada kesalahan dalam penulisan atau tidak.
- 5) Mengupload program ke *board Robotdyn* Mega.
- 6) Menjalankan program.

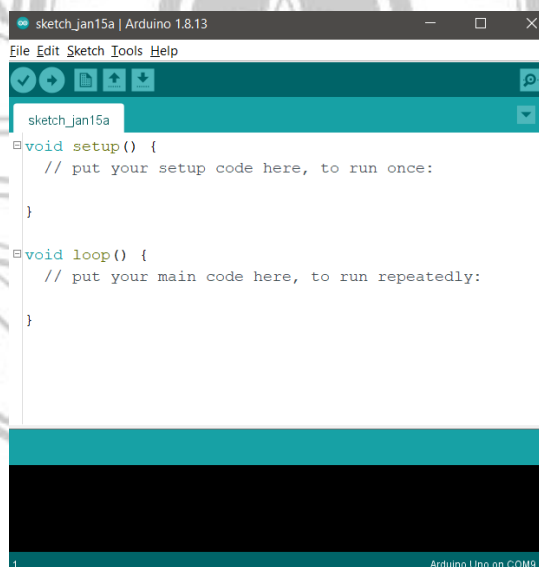
Adapun langkah-langkah yang dilakukan:

- 1) Menekan *Local Disk C* → *Program Files* → *arduino-nightly* → *arduino.exe*.



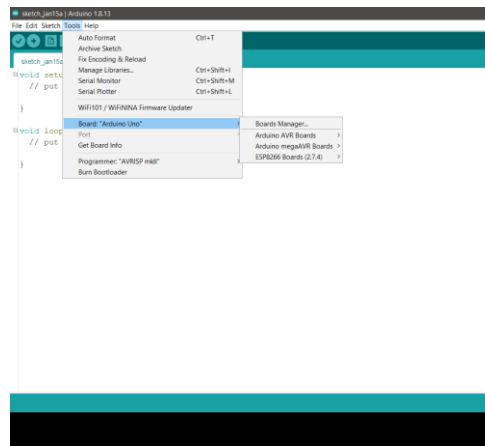
Gambar 3.9 Software Arduino 1.8.13

- 2) Menekan *File* → *New* pada software Arduino, kemudian akan muncul kotak dialog seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.10 Menu File Baru

- 3) Memilih dahulu jenis *board* Arduino Mega. Klik *Tools* → *Board* → *Arduino Mega* sebelum mulai menuliskan *syntax*.



Gambar 3.11 Pemilihan *Board* Arduino

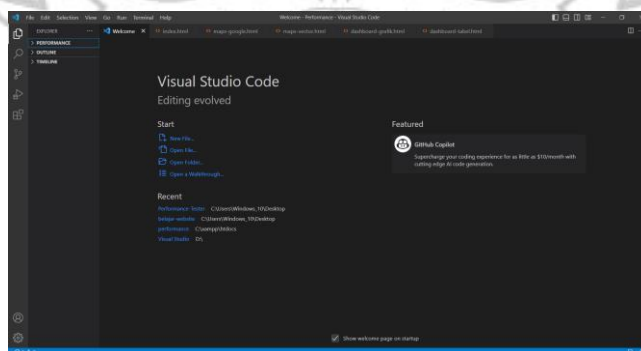
- 4) Membuat proyek baru, kemudian memasukkan *syntax* pemrograman pada kotak dialog Arduino.
- 5) Membuat pemrograman untuk LCD TFT *touchscreen*
- 6) Membuat pemrograman untuk sensor tegangan
- 7) Membuat pemrograman untuk sensor arus758
- 8) Membuat pemrograman untuk sensor termokopel type-k & max6675
- 9) Membuat pemrograman untuk sensor BH1750
- 10) Membuat pemrograman untuk data *logger*
- 11) Membuat pemrograman untuk *relay*
- 12) Menggabungkan semua program sensor dan modul agar dapat menampilkan semua hasil sensor.
- 13) Membuat pemrograman untuk pengiriman dan penerimaan data di *Robotdyn* ESP8266.
- 14) Mengecek (*Verify*) program tersebut dengan cara mengklik *button Verify* berlogo centang (✓) di kiri atas *Menu Bar software* Arduino setelah *syntax* pemrograman selesai dibuat.

- 15) Meng-*upload* program ke *board* Arduino setelah proses *Verify* berhasil dan penulisan program dinyatakan benar oleh *software* arduino. Caranya adalah dengan menghubungkan *board* Arduino ke PC / Laptop menggunakan kabel USB, kemudian mengklik *button upload* berlogo (→) pada *Menu Bar software* Arduino.
- 16) Menyimpan *syntax* pemrograman yang telah dibuat dengan cara *File* → *Save As* atau *Ctrl+Shift+S* setelah selesai di-*upload*, kemudian memilih lokasi penyimpanan yang diinginkan. Lalu melepas *board* Arduino dari PC / Laptop kemudian menjalankan rangkaian sistem yang telah dirakit sebelumnya.

3.3.4 Perancangan *Website*

Perancangan *website* dan basis data untuk menyimpan data logging sensor perangkat dan untuk menampilkan hasil sensor dalam bentuk pemetaan. Perancangan *website* ini menggunakan pemrograman PHP, JavaScript, dan css melalui aplikasi Visual Studio Code sedangkan untuk sistem basis data atau penyimpanannya menggunakan MySQL. Kegiatan yang dilakukan diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Memasang *software* Visual Studio Code.
- 2) Membuka aplikasi Visual Studio Code.



Gambar 3.12 *Software* Visual Studio Code

- 3) Membuat basis data/SQL yang berisikan parameter pengukuran alat dengan menggunakan MySQL.

- 4) Membuat program *service.device.php* untuk menerima data yang dikirimkan *Robotdyn ESP8266* menggunakan PHP.
- 5) Membuat program *connection.php* untuk menghubungkan file *service.device.php* dengan basis data/SQL menggunakan PHP.
- 6) Membuat *service.data.php* untuk mengambil data dari basis data dan membuat program *dashboard.php* untuk menampilkan data hasil pengukuran ke dalam *website* sesuai dengan data yang diterima/data yang tersimpan di basis data.
- 7) Membuat program *login.php* untuk membuat menu login pada *website*.
- 8) Membuat program CSS untuk program *dashboard.php* dan *login.php*.
- 9) Membuat program JavaScript untuk program *dashboard.php*.
- 10) Mengunggah file *website* ke dalam *server hosting*.

3.4 Tahap Pengujian

Dalam tahap pengujian *performance tester* untuk panel *photovoltaic* menggunakan *Robotdyn Mega 2560* dilakukan setelah perakitan selesai. Adapun langkah – langkah tahap pengujian dilakukan dengan mode manual, otomatis dan mode multimeter adalah sebagai berikut:

3.4.1 Mode Manual

- 1) Menghubungkan dan memasang semua modul sensor pada panel *photovoltaic*.
- 2) Menyalakan perangkat dengan cara mengoperasikan saklar *on/off* pada *performance tester*. Setelah perangkat melakukan *booting* maka secara otomatis perangkat akan mencoba untuk terhubung ke jaringan Wifi yang

telah terkonfigurasi dengan *Robotdyn* ESP8266. Apabila Wifi yang terkonfigurasi tidak tersedia maka *Robotdyn* ESP8266 akan membuat *access point* dengan nama “PV Performance Tester”. Kemudian, pengguna bisa menghubungkan ke *access point* tersebut untuk mengkonfigurasi ulang Wifi.

- 3) Memasukkan data panel pada menu “Input Data Panel” yang ada pada menu ”Pengaturan”.
- 4) Memilih mode “Performance” kemudian memilih mode manual pada *display* LCD TFT.
- 5) Menekan *push button start* pada perangkat maka perangkat akan mulai melakukan pengukuran, kemudian setelah 7 detik hasil pengukuran ditampilkan pada *display* LCD TFT dan data hasil pengukuran disimpan ke dalam SD Card pada *Data Logger Shield*. Data hasil pengukuran akan dikirimkan ke *server*.
- 6) Data yang telah terkirim akan tersimpan pada basis data kemudian akan ditampilkan melalui *website* dalam bentuk tabel dan grafik.
- 7) Setelah itu pengguna atau user yang ingin melihat data hasil sensor dapat mengakses data melalui *website* yang telah disediakan.

3.4.2 Mode Otomatis

- 1) Menghubungkan dan memasang semua modul sensor pada panel *photovoltaic*.
- 2) Menyalakan perangkat dengan cara mengoperasikan sakelar *on/off* pada *performance tester*. Setelah perangkat melakukan *booting* maka secara otomatis perangkat akan mencoba untuk terhubung ke jaringan Wifi yang

telah terkonfigurasi dengan *Robotdyn* ESP8266. Apabila Wifi yang terkonfigurasi tidak tersedia maka *Robotdyn* ESP8266 akan membuat *access point* dengan nama “PV Performance Tester”. Kemudian, pengguna bisa menghubungkan ke *access point* tersebut untuk mengkonfigurasi ulang Wifi.

- 3) Memasukkan data panel pada menu “Input Data Panel” yang ada pada menu ”Pengaturan”.
- 4) Memilih mode “Performance” kemudian memilih mode otomatis pada *display* LCD TFT
- 5) Memilih lamanya waktu pengukuran yang diinginkan mulai dari 1 jam hingga 8 jam, Setelah itu, perangkat akan mulai melakukan pengukuran, kemudian data hasil pengukuran dikirimkan ke *server* dan disimpan ke dalam *SD Card* pada *Data Logger Shield*. Proses pengiriman dan penyimpanan data dilakukan setiap 10 menit.
- 6) Data yang telah terkirim akan tersimpan pada basis data kemudian akan ditampilkan melalui *website* dalam bentuk tabel dan grafik.
- 7) Setelah itu pengguna atau user yang ingin melihat data hasil sensor dapat mengakses data melalui *website* yang telah disediakan.
- 8) Pengukuran selesai ketika waktu yang dipilih sebelumnya telah selesai atau menekan *stop* pada *display* untuk menghentikan pengukuran mode otomatis sebelum selesainya waktu yang telah dipilih.

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan dengan metode *blackbox testing* dengan menggunakan beberapa skenario pengujian. Berikut merupakan tabel skenario pengujian *blackbox testing*:

Tabel 3.3 Skenario *Blackbox Testing*

| Data Masukan/Keluaran | Skenario Pengujian |
|---|--|
| Sensor Arus ACS758 | Pembacaan data Arus hubung singkat (Isc) pada panel <i>photovoltaic</i> |
| Sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) | Pembacaan data Tegangan hubung buka (Voc) pada panel <i>photovoltaic</i> |
| Sensor Iradiasi (BH1750) | Pembacaan data iradiasi dengan data lux pada BH1750 |
| Sensor suhu Termokopel tipe K | Pembacaan data suhu lingkungan dan suhu panel <i>photovoltaic</i> |
| <i>Robotdyn ESP8266</i> | Penerima jaringan internet |
| LCD TFT <i>Touchscreen</i> | Pengatur mode perangkat (<i>otomatis/manual</i>) |
| <i>Login</i> | Melakukan login masuk ke <i>website</i> |
| <i>Dashboard</i> | Menampilkan data hasil pengukuran |
| Sakelar <i>ON/OFF</i> | Menyalakan dan mematikan perangkat |
| <i>Push Button Start</i> | Memulai pengukuran manual |

Skenario dan hasil yang diharapkan dengan metode *blackbox testing* pada perangkat ini dapat dilihat pada Tabel 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 dan 3.13 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 *Blackbox Testing* Sensor ACS758

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|--|---|
| Pembacaan data Arus hubung singkat (Isc) | Sensor ACS758 dapat membaca arus hubung singkat (Isc) pada keluaran panel <i>photovoltaic</i> |
| Penampilan data pada <i>display</i> LCD | Data dari sensor ACS758 yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor ACS758 akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|-------------------------------|--|
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor ACS758 yang telah diproses akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger |

Tabel 3.5 *Blackbox Testing* Sensor Tegangan DC

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|---|--|
| Pembacaan data Tegangan hubung buka (Voc) | Sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) dapat membaca tegangan hubung buka (Voc) pada keluaran panel <i>photovoltaic</i> |
| Penampilan data pada <i>display</i> LCD | Data dari sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. |
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor Tegangan DC yang telah diproses akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data <i>Logger</i> |

Tabel 3.6 *Blackbox Testing* Sensor Iradiasi Matahari

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|---|---|
| Pembacaan lux | Sensor BH1750 dapat membaca intensitas cahaya (lux) dan dikonversi ke iradiasi matahari (W/m^2) |
| Penampilan data pada <i>display</i> LCD TFT | Data dari sensor BH1750 yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD TFT dalam satuan iradiasi (W/m^2) |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor BH1750 yang telah dikonversi ke satuan W/m^2 akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|-------------------------------|---|
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor BH1750 yang telah dikonversi ke satuan W/m ² akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger |

Tabel 3.7 *Blackbox Testing* Suhu Termokopel Tipe K

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|---|--|
| Pembacaan data suhu lingkungan dan suhu panel | Sensor suhu termokopel tipe K dapat membaca suhu pada lingkungan dan suhu pada panel <i>photovoltaic</i> |
| Penampilan data pada <i>display</i> LCD | Data dari sensor suhu termokopel tipe K yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor suhu termokopel tipe K akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. |
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor suhu Termokopel Tipe K yang telah diproses akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger |

Tabel 3.8 *Blackbox Testing Robotdyn* ESP8266 dan Halaman Login Wifi ESP8266

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|--|--|
| Mode <i>access point</i> | <i>Robotdyn</i> ESP8266 membuat <i>access point</i> yang dapat diakses kemudian menampilkan halaman untuk memasukkan ssid dan <i>password</i> wifi |
| Memasukkan ssid dan <i>password</i> yang tidak sesuai dengan jaringan yang tersedia pada halaman login ESP8266 | Sistem memberitahu bahwa data yang dimasukkan tidak sesuai dengan jaringan yang tersedia |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|--|--|
| Memasukkan ssid dan <i>password</i> yang sesuai dengan jaringan yang tersedia pada halaman login ESP8266 | <i>Robotdyn</i> ESP8266 terhubung ke jaringan Wifi sesuai dengan ssid dan <i>password</i> yang dimasukkan. |
| Terhubung ke <i>Internet</i> | <i>Robotdyn</i> ESP8266 terkoneksi dengan <i>internet</i> |

Tabel 3.9 *Blackbox Testing* LCD TFT Touchscreen

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|-------------------------------------|---|
| Pemilihan menu mode kerja perangkat | Menampilkan menu untuk memilih mode kerja perangkat (mode otomatis, mode manual, dan mode multimeter) |
| Pemilihan mode otomatis | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> Mega untuk bekerja dalam mode otomatis dan menampilkan pada layar bahwa perangkat bekerja pada mode otomatis |
| Pemilihan mode manual | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> Mega untuk bekerja dalam mode manual dan menampilkan data hasil pengukuran (Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari) pada layar |
| Pemilihan mode multimeter | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> Mega untuk bekerja dalam mode multimeter dan menampilkan data pengukuran pada layar. |
| Pemilihan mode pengaturan | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> Mega untuk bekerja dalam mode pengaturan dan menampilkan pemilihan menu untuk input data panel dan kalibrasi sensor arus pada layar. |
| <i>Button stop</i> ditekan | Mengirim perintah ke <i>Robotdyn</i> Mega untuk menghentikan pengukuran secara otomatis |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|-----------------------------------|---|
| Menu Upload Data | Mengirim perintah ke <i>Robotdyn</i> Mega untuk mengirimkan data file OFFLINE.txt yang di SD Card ke basis data |
| <i>Button stop upload</i> ditekan | Mengirimkan perintah untuk menyelesaikan upload data |
| Performa Panel Surya | Menampilkan hasil performa panel surya pada layar LCD TFT |

Tabel 3.10 *Blackbox Testing* Menu Login

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|---|---|
| Memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang tidak terdaftar | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah |
| Memasukkan <i>username</i> saja | Terdapat peringatan untuk memasukkan <i>password</i> |
| Memasukkan <i>password</i> saja | Terdapat peringatan untuk memasukkan <i>username</i> |
| Memasukkan <i>username</i> dengan benar namun <i>password</i> salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah |
| Memasukkan <i>password</i> dengan benar namun <i>username</i> salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah |
| Memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> dengan benar | Dapat masuk ke sistem dan menampilkan menu <i>dashboard</i> |

Tabel 3.11 *Blackbox Testing* Menu *Dashboard*

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|----------------------------------|--|
| Tabel pemantauan | Menghasilkan tabel pemantauan sensor Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari |
| Grafik pemantauan terhadap waktu | Menghasilkan data Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari dalam bentuk grafik terhadap waktu |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|-------------|--|
| Filter data | Menampilkan data sesuai dengan filter yang dipilih |
| Ekspor data | Data berhasil diekspor dalam format .csv |

Tabel 3.12 *Blackbox Testing* Saklar Perangkat

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|-------------------|--|
| Status <i>ON</i> | Perangkat mulai bekerja dalam keadaan <i>standby</i> |
| Status <i>OFF</i> | Perangkat dalam keadaan tidak bekerja |

Tabel 3.13 *Blackbox Testing Push Button*

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <i>Push Button</i> tidak ditekan | Perangkat tidak memulai pengukuran |
| <i>Push Button</i> ditekan | Perangkat memulai pengukuran |

3.5 Teknik Analisis Data

Setelah melakukan proses perancangan baik itu perancangan alat maupun pemrograman dan pembuatan *website*, maka data yang diperoleh akan dianalisis secara deskriptif. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis dengan membandingkan data *nameplate* pada panel surya dengan hasil pengukuran. Pada penelitian ini dilakukan metode *blackbox testing* yang bertujuan untuk membantu dalam menganalisis hal fungsional pada sistem yang dirancang secara keseluruhan terhadap *performance tester* pada panel *photovoltaic* berdasarkan tampilan *website* yang digunakan, fungsi yang ada, hasil dari sensor yang diberikan, serta proses transmisi data yang berjalan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kalibrasi Sensor

4.1.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan bekerja dengan cara mengubah besaran tegangan masukan yang diterima oleh sensor menjadi tegangan DC yang dapat dibaca oleh *Robotdyn* mega yaitu 0 - 5 volt. Besaran tegangan yang dikirimkan oleh sensor dalam bentuk analog kemudian akan dikonversi oleh *Robotdyn* mega menjadi bentuk nilai digital dengan menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*). Modul ADC yang digunakan adalah ADS1115 dan mempunyai resolusi ADC pada mode *single ended* sebesar 15-bit. Rentang nilai ADC ADS1115 adalah 0 – 32767 yang merepresentasikan 0 - 5 volt.

$$V_{in} = \frac{32767}{5V} \times \text{Nilai ADC sensor} \dots\dots\dots(4.1)$$

Nilai digital tersebut yang akan dikelola oleh *Robotdyn* mega sehingga menjadi nilai tegangan terukur, Adapun persamaan yang digunakan yaitu persamaan (2.4). Untuk memperoleh hasil yang presisi atau akurat dilakukan penyesuaian nilai resistor pada persamaan tersebut terhadap hasil yang terukur oleh multimeter. Berdasarkan beberapa pengujian yang telah dilakukan didapatkan konfigurasi nilai resistor yang memiliki nilai tegangan mendekati tegangan terukur oleh multimeter yaitu R1 bernilai 203.000 ohm dan R2 bernilai 950 ohm.

4.1.2 Sensor Arus

Pada alat ini digunakan sensor ACS758 digunakan untuk mengukur arus dilengkapi dengan konduktor tembaga. Keluaran dari sensor ini adalah tegangan analog dengan sensitivitas 10 mV/A, yaitu setiap terdapat arus yang melewati sensor sebesar 1 A, maka sensor akan merespon dengan memberikan keluaran sebesar 10 mV. Berdasarkan karakteristik sensor arus, apabila kondisi arus = 0 maka tegangan keluarannya adalah 2,5 V. Kalibrasi pada sensor perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai arus sesuai dengan nilai yang terukur pada multimeter. Sinyal input dari sensor dikonversi menjadi data digital oleh ADC ADS1115 pada mode *single ended* dengan resolusi 15-bit yang artinya terdapat 32768 (0 – 32767) nilai yang merepresentasikan nilai 0 – 5 V tegangan DC yang dibaca oleh *Robotdyn* mega dengan menggunakan persamaan (4.1). Sensor arus bersifat *bidirectional* yang artinya pada saat sensor mengukur 0 A maka ADC akan bernilai setengah dari nilai ADC 15-bit sehingga nilai ADC tersebut perlu dikurangkan dengan nilai ADC kalibrasi untuk mendapatkan nilai ADC = 0. Adapun rumus kalibrasi sensor pada program yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Nilai ADC} = \text{Nilai ADC dari sensor} - \text{nilai ADC kalibrasi} \dots\dots\dots(4.2)$$

Nilai ADC kalibrasi = nilai ADC dari sensor saat membaca 0 A sehingga ketika dikurangkan nilai ADC akan bernilai 0. Nilai ADC yang telah dikalibrasi dikonversi menjadi nilai V_{in} dari sensor menggunakan persamaan (4.1) kemudian diubah dalam bentuk arus yang sebenarnya dengan menggunakan rumus:

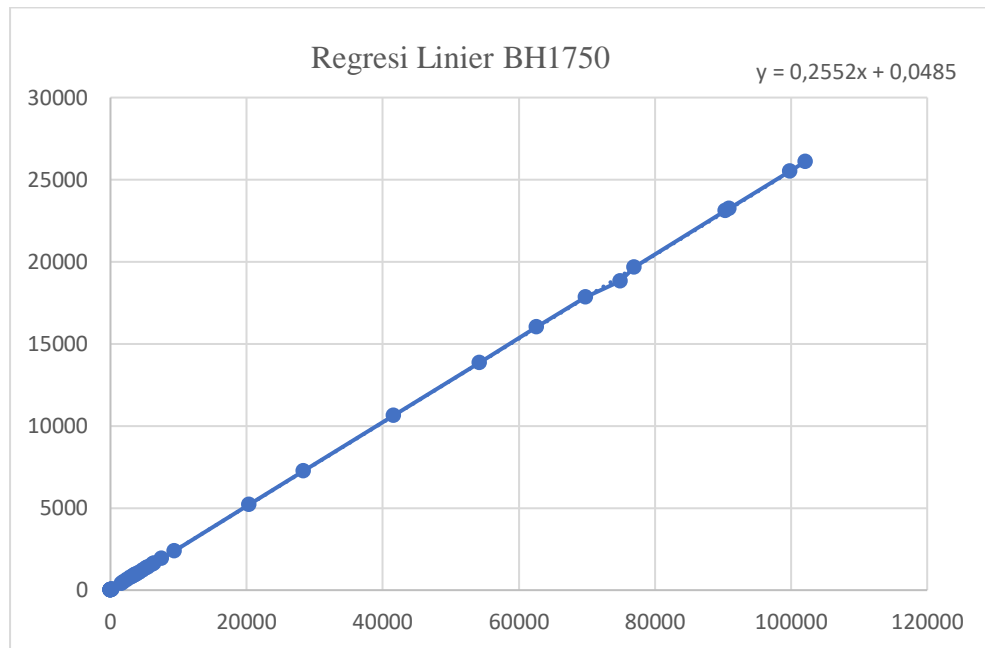
$$\text{Arus} = V_{in} \times \frac{1000}{\text{sensitivitas ACS758}} \dots\dots\dots(4.3)$$

4.1.3 Sensor Iradiasi

Sensor untuk membaca iradiasi yang digunakan adalah sensor BH1750. Sensor BH1750 membaca nilai lux yang kemudian akan dikonversi menjadi nilai iradiasi (W/m^2). Sensor BH1750 memiliki rentang pengukuran lux 1- 65535 lx. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengkonversi nilai lux ke W/m^2 adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai Iradiasi} = \text{Nilai lux} \times 0.0079 \dots\dots\dots(4.4)$$

Berdasarkan persamaan (4.4) nilai iradiasi tertinggi yang dapat dibaca BH1750 sebesar $517,72 W/m^2$ yang artinya sensor tidak dapat membaca nilai yang lebih tinggi dari nilai tersebut. Sedangkan, kondisi pengujian standar PV panel dilakukan pada saat kondisi $1000 W/m^2$. Sehingga, pada sensor BH1750 perlu dilakukan modifikasi agar mampu membaca nilai iradiasi hingga $1000 W/m^2$ atau lebih. Modifikasi sensor dilakukan dengan cara menambahkan cover pada sensor sehingga cahaya yang masuk lebih terbatas daripada kondisi tanpa menggunakan cover. Sehingga perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan nilai lux sebenarnya. Metode kalibrasi sensor iradiasi yang digunakan adalah teknik regresi linier. Pengujian sensor BH1750 terhadap *lux meter* sebelum dikalibrasi menjadi dasar untuk mendapatkan persamaan regresi linier, metode yang digunakan ialah menjadikan sumbu Y menjadi nilai X. Sumbu Y merupakan sensor BH1750 dan sumbu X merupakan nilai *lux meter*.



Gambar 4.1 Regresi Linier BH1750

Berdasarkan Gambar 4.1 pengambilan data nilai BH1750 sebelum kalibrasi dibuat regresi linier dari data tersebut didapatkan persamaan $y = 0,2552x + 0,0485$ sehingga pada program dibuatkan persamaan sebagai berikut:

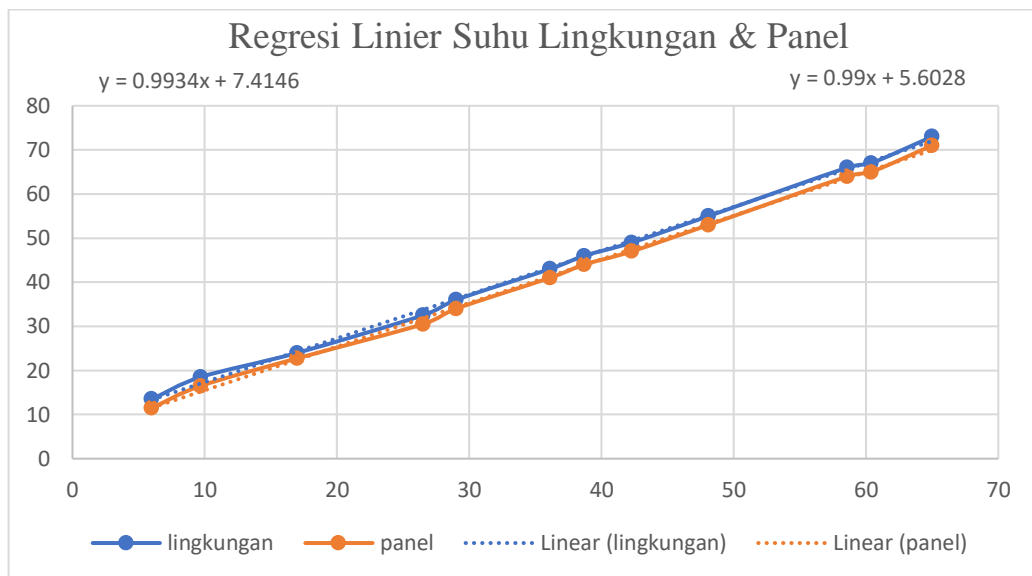
$$\text{Lux} = \frac{\text{Lux} - 0,0485}{0,2552} \dots\dots\dots(4.5)$$

Selanjutnya, nilai lux yang telah didapatkan akan dikonversi dengan menggunakan persamaan (4.4) sehingga didapatkan hasil iradiasi matahari dengan satuan W/m^2 .

4.1.4 Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan yaitu termokopel tipe k dengan modul MAX6675. Proses kalibrasi sensor suhu ini menggunakan pengujian pada temperatur air es, air panas, dan air hangat yang akan dikalibrasi terhadap termometer dengan metode kalibrasi yang digunakan adalah teknik regresi linier.

Pengujian sensor suhu termokopel terhadap termometer sebelum dikalibrasi menjadi dasar untuk mendapatkan persamaan regresi linier, metode yang digunakan ialah menjadikan sumbu Y menjadi nilai X. Sumbu Y merupakan termokopel tipe K dan sumbu X merupakan nilai termometer.



Gambar 4.2 Regresi Linier Suhu Lingkungan & Panel

Berdasarkan Gambar 4.2 pengambilan data nilai termokopel tipe k sebelum kalibrasi didapat dari data air es, air panas, dan air hangat, setelah dibuat regresi linier dari data tersebut didapatkan persamaan untuk suhu lingkungan $y = 0,9934x + 7,4146$ dan suhu panel $y = 0,99x + 5,6028$ sehingga pada program dibuatkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Suhu Lingkungan} = \frac{\text{Nilai Suhu Termokopel} - 7,4146}{0,9934} \dots\dots\dots(4.6)$$

$$\text{Suhu Panel} = \frac{\text{Nilai Suhu Termokopel} - 5,6028}{0,99} \dots\dots\dots(4.7)$$

4.2 Pengujian Sensor Tegangan dan Arus

Pengujian sensor tegangan dan arus dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh pada alat *performance tester* dan alat ukur konvensional. Pada pengukuran tegangan dan arus dilakukan pengukuran untuk panel yang disusun secara seri dan panel yang disusun secara paralel. Pada panel yang tersusun seri terdapat 10 panel yang diujikan sedangkan untuk panel yang tersusun paralel terdapat 8 panel yang diujikan. Pada pengujian ini untuk membandingkan akurasi pembacaan dari sensor tegangan dan arus pada alat *performance tester* dengan alat konvensional yang ada di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung pandang.

4.2.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pada pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan panel yang disusun secara seri untuk mendapatkan nilai tegangan yang bervariasi. Pengujian sensor tegangan untuk panel tersusun seri dilakukan pada tanggal 24 Juni 2023 hari sabtu saat kondisi cuaca cerah tepatnya pada pukul 12.00 WITA di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berikut merupakan tabel data hasil pengukuran yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.1 Pengujian Sensor Tegangan

| No. | Jumlah Panel | Alat <i>Performance Tester</i> (V) | Alat Ukur Konvensional (V) |
|-----|--------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1 Panel | 22,05 | 22,15 |
| 2 | 2 Panel | 43,75 | 43,34 |
| 3 | 3 Panel | 65,63 | 64,6 |
| 4 | 4 Panel | 88,02 | 86,5 |
| 5 | 5 Panel | 110 | 108 |
| 6 | 6 Panel | 133,19 | 130,5 |
| 7 | 7 Panel | 153,63 | 151,7 |

| No. | Jumlah Panel | Alat <i>Performance Tester</i> (V) | Alat Ukur Konvensional (V) |
|-----|--------------|------------------------------------|----------------------------|
| 8 | 8 Panel | 177,9 | 174,9 |
| 9 | 9 Panel | 205,2 | 202,2 |
| 10 | 10 Panel | 224,5 | 221,7 |

Berdasarkan data Tabel 4.1 untuk dapat diketahui nilai persentase *error* dari hasil yang diperoleh pada alat ukur *performance tester* dengan dibandingkan dengan alat ukur konvensional dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%Error = \frac{|alat\ performance\ tester - alat\ ukur\ konvensional|}{alat\ ukur\ konvensional} \times 100\% \dots\dots\dots(4.7)$$

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pengukuran data untuk tegangan:

$$\%Error = \frac{|22,05 - 22,15|}{22,15} \times 100\%$$

$$\%Error = 0,45\%$$

Sehingga dari hasil perhitungan persentase *error*, didapatkan tabel hasil perhitungan persentase *error* sebagai berikut:

Tabel 4.2 Persentase *Error* Sensor Tegangan

| No. | Jumlah Panel | Persentase <i>Error</i> (%) |
|-------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | 1 Panel | 0,45 |
| 2 | 2 Panel | 0,95 |
| 3 | 3 Panel | 1,59 |
| 4 | 4 Panel | 1,76 |
| 5 | 5 Panel | 1,85 |
| 6 | 6 Panel | 2,06 |
| 7 | 7 Panel | 1,27 |
| 8 | 8 Panel | 1,72 |
| 9 | 9 Panel | 1,48 |
| 10 | 10 Panel | 1,26 |
| Rata – rata | | 1,44 |

Berdasarkan Tabel 4.2 persentase *error* untuk panel tersusun seri dapat dilihat pada tabel di atas. Menurut standar PLN yang tercantum pada buku instrumentasi dan pengukuran listrik. Besar kecilnya ketelitian alat-alat ukur dibagi menjadi tiga yaitu Alat Cermat atau presisi ($<0,5\%$), Alat Kerja ($\pm 1-2\%$), dan Alat Ukur Kasar ($>3\%$). Hasil pengujian sensor tegangan perbandingan alat ukur *performance tester* dengan alat ukur konvensional yang berada di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang memiliki nilai rata – rata persentase *error* sebesar 1,44%. Jadi, alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja dengan nilai persentase *error* terbesar dan terkecil yaitu 2,06% dan 0,45%.

4.2.2 Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian sensor arus dilakukan dengan menggunakan panel yang disusun secara paralel untuk mendapatkan nilai arus yang bervariasi. Pengukuran sensor arus untuk panel tersusun paralel dilakukan untuk pengukuran pertama pada tanggal 25 Juni 2023 hari minggu saat cuaca berawan di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang dan pengukuran kedua dilakukan pada tanggal 11 Agustus 2023 hari jumat saat kondisi cuaca cerah tepatnya pada pukul 11.45 WITA di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berikut merupakan tabel data hasil pengukuran yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.3 Pengujian Sensor Arus Untuk Panel Tersusun Paralel Cuaca Berawan

| No. | Jumlah Panel | Alat <i>Performance Tester</i> (A) | Alat Ukur Konvensional (A) |
|-----|--------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 Panel | 0,69 | 0,68 |
| 2 | 2 Panel | 2,38 | 2,44 |
| 3 | 3 Panel | 3,58 | 3,6 |
| 4 | 4 Panel | 5,94 | 5,96 |

| No. | Jumlah Panel | Alat <i>Performance Tester</i> (A) | Alat Ukur Konvensional (A) |
|-----|--------------|------------------------------------|----------------------------|
| 5 | 5 Panel | 7,91 | 7,96 |
| 6 | 6 Panel | 13,57 | 13,63 |
| 7 | 7 Panel | 13,76 | 13,71 |
| 8 | 8 Panel | 19,01 | 19,04 |

Tabel 4.4 Pengujian Sensor Arus Untuk Panel Tersusun Paralel Cuaca Cerah

| No. | Jumlah Panel | Alat <i>Performance Tester</i> (A) | Alat Ukur Konvensional (A) |
|-----|--------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 Panel | 5,32 | 5,35 |
| 2 | 2 Panel | 10,69 | 10,73 |
| 3 | 3 Panel | 16,03 | 15,98 |

Pada modul yang diukur memiliki luas penampang kabel 1,5 mm² yang memiliki KHA (Kapasitas Hantar Arus) 24 A berdasarkan PUIL 2011 sehingga penulis membatasi pengukuran *rating ampere* hanya sampai beberapa panel sesuai dengan KHA kabel tersebut. Berdasarkan data Tabel 4.3 dan 4.4 dapat diketahui nilai persentase *error* dari hasil yang diperoleh pada alat ukur *performance tester* dengan dibandingkan dengan alat ukur konvensional dengan menggunakan rumus persamaan (4.7). Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pengukuran data Tabel 4.3 untuk arus:

$$\%Error = \frac{|0,69 - 0,68|}{0,68} \times 100\%$$

$$\%Error = 1,47\%$$

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pengukuran data

Tabel 4.4 untuk arus:

$$\%Error = \frac{|5,32 - 5,35|}{5,35} \times 100\%$$

$$\%Error = 0,56\%$$

Sehingga dari hasil perhitungan persentase *error*, didapatkan tabel hasil perhitungan persentase *error* sebagai berikut:

Tabel 4.5 Persentase *Error* Sensor Arus Pengukuran Pertama

| No. | Jumlah Panel | Persentase <i>Error</i> (%) |
|-------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | 1 Panel | 1,47 |
| 2 | 2 Panel | 2,46 |
| 3 | 3 Panel | 0,56 |
| 4 | 4 Panel | 0,34 |
| 5 | 5 Panel | 0,63 |
| 6 | 6 Panel | 0,44 |
| 7 | 7 Panel | 0,36 |
| 8 | 8 Panel | 0,16 |
| Rata - rata | | 0,80 |

Tabel 4.6 Persentase *Error* Sensor Arus Pengukuran Kedua

| No. | Jumlah Panel | Persentase <i>Error</i> (%) |
|-------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | 1 Panel | 0,56 |
| 2 | 2 Panel | 0,37 |
| 3 | 3 Panel | 0,31 |
| Rata - rata | | 0,42 |

Berdasarkan Tabel 4.5 dan 4.6 persentase *error* untuk panel tersusun paralel dapat dilihat bahwa hasil pengujian sensor arus perbandingan alat ukur *performance tester* dengan alat ukur konvensional yang berada di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang memiliki rata - rata nilai persentase *error* untuk Tabel 4.5 dan 4.6 sebesar 0,8% dan 0,42 . Jadi, alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja dengan nilai persentase *error* terbesar dan terkecil pada pengujian sensor arus Tabel 4.5 yaitu 02,46% dan 0,16% sedangkan untuk Tabel 4.6 yaitu 0,56% dan 0,31%.

4.2.3 Accuracy specifications Alat Ukur Konvensional Arus dan Tegangan

Adapun *accuracy specifications* alat ukur konvensional arus dan tegangan yang digunakan sebagai perbandingan tegangan dan arus adalah sebagai berikut:

1) *Digital Multimeter* Fluke 15B+

Tabel 4.7 Accuracy Specification Digital Multimeter Fluke 15B+

| Function | Range | Resolution | Accuracy |
|---------------------------|----------|------------|-------------------|
| AC Volts (40 Hz – 500 Hz) | 4.000 V | 0.001 V | $\pm(1,0\% + 3)$ |
| | 40.00 V | 0.01 V | |
| | 400.0V | 0.1 V | |
| | 1000 V | 1 V | |
| AC Milivolts | 400.0 mV | 0.1 mV | $\pm(3.0\% + 3)$ |
| DC Milivolts | 400.0 mV | 0.1 mV | $\pm(1.0\% + 10)$ |
| DC Volts | 4.000 V | 0.001 V | $\pm(0.5\% + 3)$ |
| | 40.00 V | 0.01 V | |
| | 401.0V | 0.1 V | |
| | 1000 V | 1 V | |

(Sumber: assets.fluke.com)

2) AC/DC Digital Clamp Meter Kewtech KT203

Tabel 4.8 Accuracy Specification AC/DC Digital Clamp Meter Kewtech KT203

| Function | Range | Measuring Range | Accuracy |
|----------------|----------------|-----------------------------------|--|
| AC Current (A) | 40 A | 0 – 40.00 A | $\pm 3.0\%rdg \pm 8dgt$ |
| | 400 A | 15.0 – 299.9 A 300.0 – 400.0 A | $\pm 3.5\%rdg \pm 6dgt$ $\pm 4.0\%rdg \pm 6dgt$ |
| DC Current (A) | 40 A | 0 – 40.00 A | $\pm 3.0\%rdg \pm 8dgt$ |
| | 400 A | 15.0 – 299.9 A 300.0 – 400.0 A | $\pm 3.5\%rdg \pm 6dgt$ $\pm 4.0\%rdg \pm 6dgt$ |
| AC Voltage (V) | 400 V 600 V | 0 – 400.0 V 150 – 600 V | $\pm 2.0\%rdg \pm 5dgt$ |

| Function | Range | Measuring Range | Accuracy |
|----------------|----------------|----------------------------|---|
| DC Voltage (V) | 400 V 600 V | 0 – 400.0 V 150 – 600 V | $\pm 1.5\% \text{rdg} \pm 5 \text{dgt}$ |

(Sumber: www.kew-ltd.co.jp)

Berdasarkan dari Tabel 4.7 dan 4.8 *accuracy specifications* alat konvensional yang digunakan sebagai perbandingan hasil nilai tegangan dan arus yang telah dilakukan menunjukkan data yang didapatkan oleh alat *performance tester* sudah berada dalam rentang akurasi dari alat ukur konvensional tersebut.

4.3 Pengujian Sensor Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel

Pengujian sensor iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh pada alat *performance tester* dan alat ukur konvensional. Pada pengukuran iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel dilakukan pengukuran pada salah satu panel. Kemudian, melakukan pengukuran dalam rentang waktu per 30 menit dalam pengambilan data yang dimulai dari pukul 10.00 hingga pukul 16.00. Pada pengujian ini untuk membandingkan akurasi pembacaan dari sensor iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel pada alat *performance tester* dengan hasil pengukuran alat konvensional yang ada di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang.

4.3.1 Hasil Pengukuran Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel

Pengukuran iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel matahari dilakukan pada tanggal 12 Juli 2023 hari rabu di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berikut merupakan tabel data hasil pengukuran yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.9 Pengukuran Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel

| No. | Waktu | Alat <i>Performance Tester</i> | | | Alat Ukur Konvensional | | |
|-----|-------|--------------------------------|----------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|-----------------|
| | | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) |
| 1 | 10.00 | 353,11 | 34,82 | 39,58 | 351,7 | 34,5 | 41 |
| 2 | 10.30 | 205,24 | 34,31 | 41,35 | 199 | 34,9 | 40,2 |
| 3 | 11.00 | 139,96 | 32,05 | 37,82 | 137,8 | 31,1 | 36,8 |
| 4 | 11.30 | 985,36 | 37,33 | 50,44 | 982,3 | 37,5 | 50,5 |
| 5 | 12.00 | 951,37 | 36,58 | 57,76 | 956,4 | 37,5 | 57,5 |
| 6 | 12.30 | 984,14 | 43,3 | 58,77 | 981,9 | 43,1 | 59 |
| 7 | 13.00 | 280,72 | 35,07 | 44,13 | 287,6 | 35 | 44,8 |
| 8 | 13.30 | 79,47 | 30,79 | 36,3 | 77,4 | 30,1 | 35,4 |
| 9 | 14.00 | 152,83 | 29,78 | 32,76 | 143,9 | 29,3 | 32,9 |
| 10 | 14.30 | 605,33 | 38,85 | 48,67 | 592,8 | 39,3 | 50,6 |
| 11 | 15.00 | 314,16 | 43,88 | 52,71 | 308,22 | 43 | 52,9 |
| 12 | 15.30 | 167,68 | 31,8 | 41,1 | 164 | 31,2 | 42,1 |
| 13 | 16.00 | 34 | 29,53 | 32,51 | 38,1 | 29,3 | 31,9 |

Berdasarkan data Tabel 4.9 dapat diketahui nilai persentase *error* dari hasil pengujian iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel yang diperoleh pada alat ukur *performance tester* dengan dibandingkan dengan alat ukur konvensional dengan menggunakan rumus persamaan (4.7). Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pengukuran data untuk iradiasi:

$$\%Error = \frac{|353,11 - 351,7|}{351,7} \times 100\%$$

$$\%Error = 0,4 \%$$

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pengukuran data untuk suhu lingkungan:

$$\%Error = \frac{|34,82 - 34,5|}{34,5} \times 100\%$$

$$\%Error = 0,93\%$$

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pengukuran data untuk suhu panel:

$$\%Error = \frac{|39,58 - 41|}{41} \times 100\%$$

$$\%Error = 3,46\%$$

Sehingga dari hasil perhitungan persentase *error*, didapatkan tabel hasil perhitungan persentase *error* sebagai berikut:

Tabel 4.10 Persentase *Error* Pengujian Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel

| No. | Waktu | Persentase <i>Error</i> (%) | | |
|-------------|-------|-----------------------------|-----------------|------------|
| | | Iradiasi | Suhu Lingkungan | Suhu Panel |
| 1 | 10.00 | 0,40 | 0,93 | 3,46 |
| 2 | 10.30 | 3,14 | 1,69 | 2,86 |
| 3 | 11.00 | 1,57 | 3,05 | 2,77 |
| 4 | 11.30 | 0,31 | 0,45 | 0,12 |
| 5 | 12.00 | 0,53 | 2,45 | 0,45 |
| 6 | 12.30 | 0,23 | 0,46 | 0,39 |
| 7 | 13.00 | 2,39 | 0,20 | 1,50 |
| 8 | 13.30 | 2,67 | 2,29 | 2,54 |
| 9 | 14.00 | 6,21 | 1,64 | 0,43 |
| 10 | 14.30 | 2,11 | 1,15 | 3,81 |
| 11 | 15.00 | 1,93 | 2,05 | 0,36 |
| 12 | 15.30 | 2,24 | 1,92 | 2,38 |
| 13 | 16.00 | 10,76 | 0,78 | 1,91 |
| Rata - rata | | 2,65 | 1,47 | 1,77 |

Berdasarkan Tabel 4.10 persentase *error* untuk hasil pengujian iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel bahwa pengujian perbandingan alat ukur *performance tester* dengan alat ukur konvensional yang berada di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang memiliki memiliki nilai rata – rata persentase *error* untuk iradiasi matahari sebesar 2,65%, suhu lingkungan sebesar 1,47%, dan suhu panel sebesar 1,77%. Jadi, alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja dengan nilai

persentase *error* terbesar dan terkecil pada pengujian iradiasi yaitu 10,76% dan 0,23%, nilai persentase *error* terbesar dan terkecil pada pengujian suhu lingkungan, yaitu 3,05% dan 0,2%, sedangkan nilai persentase *error* terbesar dan terkecil pada pengujian suhu panel, yaitu 3,81% dan 0,12%.

4.3.2 Accuracy Specifications Alat Ukur Konvensional Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel

Adapun *accuracy specifications* alat ukur konvensional suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi yang digunakan sebagai perbandingan tegangan dan arus adalah sebagai berikut:

1) Lutron SPM-1116SD Solar Power Meter

Accuracy Specifications pada alat ukur lutron SPM-1116SD solar power meter, yaitu $\pm 10 \text{ W/m}^2$ typically, $\pm 3 \text{ btu} / (\text{ft}^2 \times \text{h})$ typically, or $\pm 5\%$ reading.

2) HTC-2 Thermometer Suhu

Accuracy Specifications pada alat ukur HTC-2 thermometer suhu, yaitu $\pm 1^\circ\text{C}$ (1.8°F).

3) Benetech GM900 Infrared Thermometer

Accuracy Specifications pada alat ukur benetech GM900 infrared thermometer, yaitu $0\sim 950^\circ\text{C}$ ($32\sim 1742^\circ\text{F}$): $\pm 1.5^\circ\text{C}$ ($\pm 2.7^\circ\text{F}$) or $\pm 1.5\%$ & $-50\sim 0^\circ\text{C}$ ($-58\sim 32^\circ\text{F}$): $\pm 3^\circ\text{C}$ ($\pm 5^\circ\text{F}$).

Tabel 4.11 Selisih Hasil Pengujian Sensor Iradiasi, Suhu Lingkungan, dan Suhu Panel

| No | Waktu | Selisih | | |
|----|-------|----------|-----------------|------------|
| | | Iradiasi | Suhu Lingkungan | Suhu Panel |
| 1 | 10.00 | 1,41 | 0,32 | 1,42 |

| No | Waktu | Selisih | | |
|----|-------|----------|-----------------|------------|
| | | Iradiasi | Suhu Lingkungan | Suhu Panel |
| 2 | 10.30 | 6,24 | 0,59 | 1,15 |
| 3 | 11.00 | 2,16 | 0,95 | 1,02 |
| 4 | 11.30 | 3,06 | 0,17 | 0,06 |
| 5 | 12.00 | 5,03 | 0,92 | 0,26 |
| 6 | 12.30 | 2,24 | 0,2 | 0,23 |
| 7 | 13.00 | 6,88 | 0,07 | 0,67 |
| 8 | 13.30 | 2,07 | 0,69 | 0,9 |
| 9 | 14.00 | 8,93 | 0,48 | 0,14 |
| 10 | 14.30 | 12,53 | 0,45 | 1,93 |
| 11 | 15.00 | 5,94 | 0,88 | 0,19 |
| 12 | 15.30 | 3,68 | 0,6 | 1 |
| 13 | 16.00 | 4,1 | 0,23 | 0,61 |

Berdasarkan Tabel 4.11 selisih dari pengujian sensor iradiasi, suhu lingkungan, dan suhu panel terdapat satu data hasil pengukuran yang melebihi rentang dari *accuracy specifications* alat ukur konvensional yakni pada pukul 14.30 WITA untuk suhu panel.

4.4 Kinerja Alat *Performance Tester* Mode Manual

Pengujian Kinerja alat *performance tester* dilakukan pengukuran dengan menggunakan mode manual pada alat. Pengujian dilakukan terhadap panel polikristal yang disusun seri dengan daya 500 Wp, panel monokristal disusun seri dengan daya 500 Wp, dan panel dengan daya 1000 Wp yang disusun paralel dari panel polikristal 500 Wp dan panel monokristal 500 Wp. Pengukuran dilakukan

pada tanggal 12 Juli 2023 hari Kamis di Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengukuran dilakukan tiap ±10 menit yang dimulai dari pukul 09.00 WITA hingga pukul 16.00 WITA. Setelah dilakukan pengukuran tersebut maka didapatkan performa dari panel yang diukur.

4.4.1 Panel Polikristal 500 Wp

Pengujian dilakukan dengan menyusun beberapa panel yang disusun secara seri hingga daya panel sebesar 500 Wp. Panel polikristal yang diukur memiliki spesifikasi panel seperti pada gambar berikut:

| POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE | | 100W |
|---|--------------|------|
| MODEL NO | VISERD-100WP | |
| RATED MAXIMUM POWER [P _{max}] | 100WP | |
| VOLTAGE AT MAXIMUM POWER [V _{mp}] | 17.6V | |
| CURRENT AT MAXIMUM POWER [I _{mp}] | 5.71A | |
| OPEN CIRCUIT VOLTAGE [V _{oc}] | 21V | |
| SHORT CIRCUIT CURRENT [I _{sc}] | 6.4A | |
| MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE | 1000 V | |

All technical data at Standard Test Conditions
 AM=1.5 E=1000 W m² TC=25 °C
 Measurement Tolerance 0 ±3

Warning

- Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light.
- One module on its own is below the safety extra low volt level. But multiple modules connected in series (summing the voltage) represent a danger.

MADE IN CHINA CE

Gambar 4.3 Spesifikasi Panel Polikristal

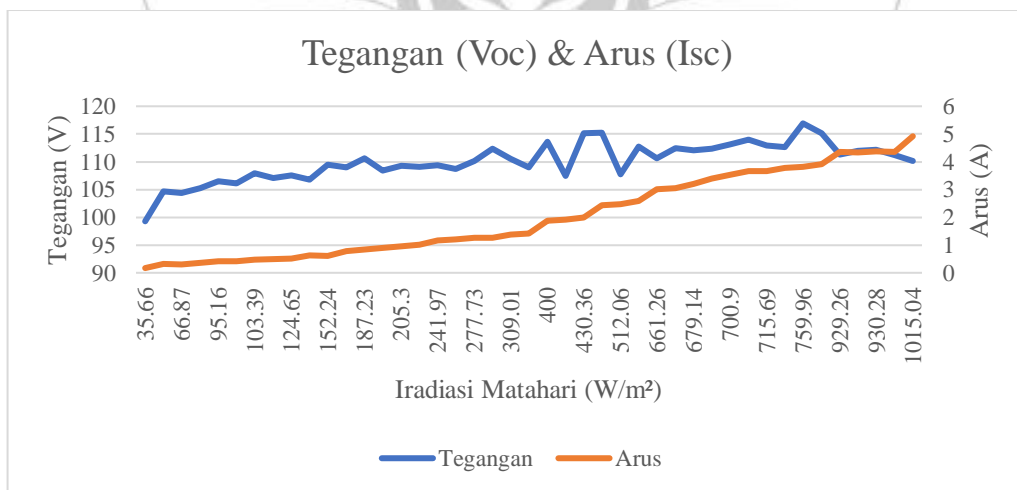
Berdasarkan Gambar 4.3 terdapat 5 panel yang disusun seri sehingga memiliki daya sebesar 500 Wp, sehingga dengan daya 500 Wp panel tersebut memiliki tegangan (Voc) sebesar 105 V dengan arus (Isc) sebesar 6.4 A. Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel polikristal 500 Wp. Nilai performa panel didapatkan dengan menggunakan rumus pada program sebagai berikut:

$$\%Performa = \frac{V_{oc\text{pengukuran}} \times I_{sc\text{pengukuran}}}{V_{oc\text{panel}} \times I_{sc\text{panel}}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.8)$$

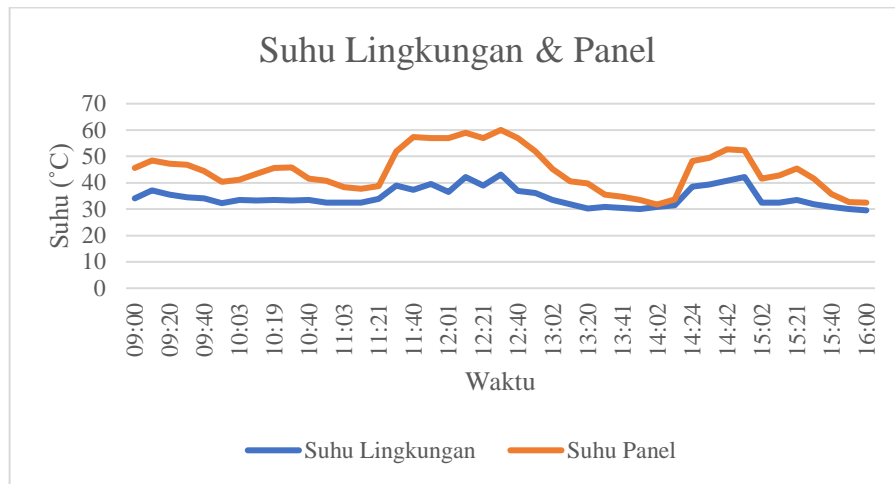
Tabel 4.12 Data Hasil Pengujian Panel Polikristal 500 Wp

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 09:00 | 112,41 | 3,04 | 34,06 | 45,64 | 671,15 | Cerah | 50,81 |
| 2 | 09:08 | 112,09 | 3,21 | 37,08 | 48,42 | 679,14 | Cerah | 53,48 |
| 3 | 09:20 | 115,14 | 3,91 | 35,57 | 47,16 | 782,09 | Cerah | 66,99 |
| 4 | 09:30 | 112,71 | 2,59 | 34,56 | 46,91 | 605,85 | Cerah Berawan | 43,40 |
| 5 | 09:40 | 108,44 | 0,9 | 34,06 | 44,38 | 195,05 | Berawan | 14,52 |
| 6 | 09:50 | 112,35 | 1,27 | 32,3 | 40,34 | 292,38 | Berawan | 21,32 |
| 7 | 10:03 | 113,62 | 1,88 | 33,56 | 41,1 | 400 | Cerah Berawan | 31,70 |
| 8 | 10:09 | 110,56 | 1,37 | 33,31 | 43,37 | 309,01 | Cerah Berawan | 22,52 |
| 9 | 10:19 | 108,66 | 1,2 | 33,56 | 45,64 | 248,04 | Berawan | 19,40 |
| 10 | 10:32 | 109,36 | 1,16 | 33,31 | 45,9 | 241,97 | Berawan | 18,92 |
| 11 | 10:40 | 109,25 | 0,96 | 33,56 | 41,6 | 205,3 | Berawan Tebal | 15,61 |
| 12 | 10:51 | 109,02 | 0,79 | 32,55 | 40,85 | 180,74 | Berawan Tebal | 12,78 |
| 13 | 11:03 | 107,56 | 0,52 | 32,55 | 38,32 | 124,65 | Berawan Tebal | 8,40 |
| 14 | 11:11 | 109,5 | 0,6 | 32,55 | 37,82 | 152,24 | Berawan Tebal | 9,78 |
| 15 | 11:21 | 116,92 | 3,81 | 33,81 | 38,83 | 759,96 | Cerah | 66,29 |
| 16 | 11:32 | 112,19 | 4,37 | 38,84 | 51,96 | 930,28 | Cerah | 72,93 |
| 17 | 11:40 | 111,31 | 4,35 | 37,33 | 57,26 | 929,26 | Cerah | 72,05 |
| 18 | 11:51 | 111,24 | 4,35 | 39,6 | 57,01 | 936,76 | Cerah | 72,01 |
| 19 | 12:01 | 111,94 | 4,33 | 36,58 | 57,01 | 930,05 | Cerah | 72,15 |
| 20 | 12:10 | 110,64 | 3,31 | 42,2 | 59,03 | 661,26 | Cerah | 54,50 |
| 21 | 12:21 | 107,73 | 2,48 | 38,84 | 57,01 | 512,06 | Cerah | 39,76 |
| 22 | 12:31 | 110,17 | 4,92 | 43,12 | 60,04 | 1015,04 | Cerah | 80,66 |
| 23 | 12:40 | 107,48 | 1,91 | 36,83 | 57,01 | 428,65 | Cerah Berawan | 30,55 |
| 24 | 12:50 | 109 | 1,42 | 36,07 | 51,96 | 313,3 | Cerah Berawan | 23,11 |
| 25 | 13:02 | 109,13 | 1,01 | 33,56 | 45,14 | 205,4 | Berawan Tebal | 16,44 |

Untuk data hasil pengujian panel polikristal 500 Wp mode manual lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 2. Berdasarkan Tabel 4.12 data performa pada panel polikristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 80,66% pada saat pukul 12.31 WITA dengan Voc terukur sebesar 110,17 V, Isc sebesar 4,92 A, suhu lingkungan sebesar 43,12°C, suhu panel sebesar 60,04 °C, dan iradiasi matahari sebesar 1015,04 W/m² dalam kondisi cuaca cerah. Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 2,49% pada saat pukul 16.00 WITA dengan Voc terukur sebesar 99,28 V, Isc sebesar 0,17 A, suhu lingkungan sebesar 29,53°C, suhu panel sebesar 32,51°C, dan iradiasi matahari sebesar 35,66 W/m² dalam kondisi cuaca berawan tebal. Sehingga dari data hasil Tabel 4.12 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh sebagai berikut:



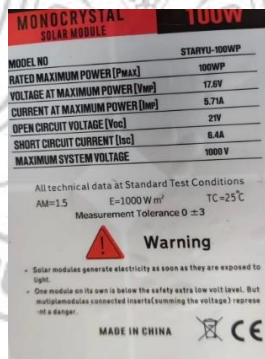
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



Gambar 4.5 Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Waktu

4.4.2 Panel Monokristal 500 Wp

Pengujian dilakukan dengan menyusun beberapa panel yang disusun secara seri hingga daya panel sebesar 500 Wp. Panel monokristal yang diukur memiliki spesifikasi panel seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.6 Spesifikasi Panel Monokristal

Berdasarkan Gambar 4.6 terdapat lima panel yang disusun seri sehingga memiliki daya sebesar 500 Wp, sehingga dengan daya 500 Wp panel tersebut memiliki tegangan (Voc) sebesar 105 V dengan arus (Isc) sebesar 6.4 A. Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel monokristal 500 Wp.

Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Panel Monokristal 500 Wp

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 09:02 | 112,6 | 3,37 | 33,05 | 46,15 | 658,68 | Cerah | 56,47 |
| 2 | 09:12 | 106,42 | 1,12 | 35,07 | 48,17 | 204,73 | Berawan | 17,74 |
| 3 | 09:22 | 104,71 | 0,84 | 35,32 | 47,66 | 201,18 | Berawan | 13,15 |
| 4 | 09:31 | 115,42 | 4,65 | 34,56 | 47,5 | 909,85 | Cerah | 79,87 |
| 5 | 09:42 | 108,38 | 1,16 | 33,31 | 44,13 | 205,88 | Berawan | 18,71 |
| 6 | 09:52 | 115,26 | 2,27 | 32,55 | 40,59 | 488,87 | Cerah Berawan | 38,91 |
| 7 | 10:04 | 111,17 | 1,48 | 33,05 | 41,6 | 309,82 | Cerah Berawan | 24,50 |
| 8 | 10:10 | 110,55 | 1,5 | 33,56 | 43,62 | 310,17 | Cerah Berawan | 24,68 |
| 9 | 10:20 | 109,21 | 1,31 | 34,06 | 45,64 | 270,25 | Berawan | 21,33 |
| 10 | 10:33 | 109,64 | 1,29 | 32,55 | 45,39 | 251,12 | Berawan | 21,11 |
| 11 | 10:41 | 109,46 | 0,82 | 34,06 | 41,86 | 192,56 | Berawan Tebal | 13,36 |
| 12 | 10:52 | 108,64 | 0,81 | 31,54 | 41,1 | 175,96 | Berawan Tebal | 13,03 |
| 13 | 11:04 | 107,9 | 0,6 | 32,05 | 38,83 | 130,62 | Berawan Tebal | 9,63 |
| 14 | 11:12 | 109,78 | 0,71 | 32,06 | 37,82 | 162,34 | Berawan Tebal | 11,64 |
| 15 | 11:22 | 117,88 | 3,81 | 35,07 | 40,09 | 669,21 | Cerah | 66,77 |
| 16 | 11:33 | 113,52 | 4,69 | 38,84 | 52,21 | 923,77 | Cerah | 79,19 |
| 17 | 11:41 | 112,1 | 4,72 | 39,6 | 57,21 | 929,48 | Cerah | 78,82 |
| 18 | 11:51 | 112,75 | 4,76 | 38,34 | 57,21 | 935,77 | Cerah | 79,91 |
| 19 | 12:01 | 113,52 | 4,74 | 37,84 | 56,25 | 930,02 | Cerah | 80,14 |
| 20 | 12:11 | 112,98 | 5,31 | 40,35 | 59,03 | 1088,96 | Cerah | 89,21 |
| 21 | 12:21 | 114,51 | 5,39 | 39,85 | 57,51 | 1111,5 | Cerah | 91,85 |
| 22 | 12:31 | 111,23 | 5,11 | 43,37 | 60,29 | 1003,27 | Cerah | 84,58 |
| 23 | 12:41 | 107,87 | 1,71 | 37,58 | 55,24 | 349,81 | Cerah Berawan | 27,45 |
| 24 | 12:51 | 109,36 | 1,56 | 35,57 | 51,45 | 302,92 | Berawan | 25,33 |
| 25 | 13:03 | 109,22 | 1,13 | 34,06 | 45,14 | 204,73 | Berawan | 18,37 |

Untuk data hasil pengujian panel monokristal 500 Wp mode manual lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 3. Berdasarkan Tabel 4.13 data performa pada panel monokristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 91,85% pada saat pukul 12.21 WITA dengan Voc terukur sebesar 114,51 V, Isc sebesar 5,39 A, suhu lingkungan sebesar 39,85°C, suhu panel sebesar 57,51°C, dan iradiasi matahari sebesar 1111,5 W/m² dengan kondisi cuaca cerah. Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 2,83% pada saat pukul 16.01 WITA dengan Voc terukur sebesar 101,31 V, Isc sebesar 0,19 A, suhu lingkungan sebesar 30,03°C, suhu panel sebesar 32,26°C, dan iradiasi matahari sebesar 34,71 W/m² dengan kondisi cuaca berawan tebal. Sehingga dari data hasil Tabel 4.13 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 4 dan 5.

4.4.3 Panel 1000 Wp

Pengujian dilakukan dengan menyusun lima panel polikristal secara seri dan lima panel monokristal secara seri. Kemudian lima panel polikristal dan lima panel monokristal tersebut disusun secara paralel hingga daya panel diperoleh 1000 Wp. Sehingga dengan daya 1000 Wp panel tersebut memiliki tegangan (Voc) sebesar 105 V dengan arus (Isc) sebesar 12,8 A. Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel 1000 Wp.

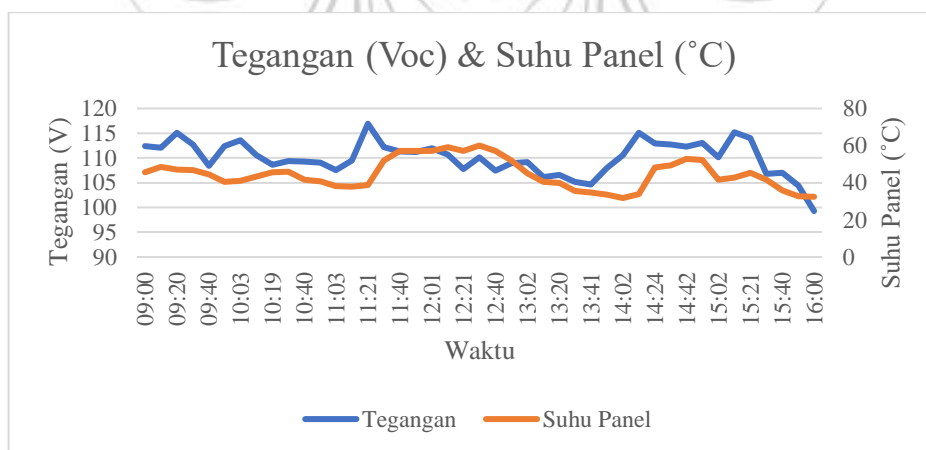
Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian Panel Paralel 1000 Wp

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 09:04 | 112,24 | 5,93 | 34,31 | 47,66 | 665,18 | Cerah | 49,52 |
| 2 | 09:14 | 114,32 | 8,28 | 35,81 | 47,16 | 769,18 | Cerah | 70,43 |

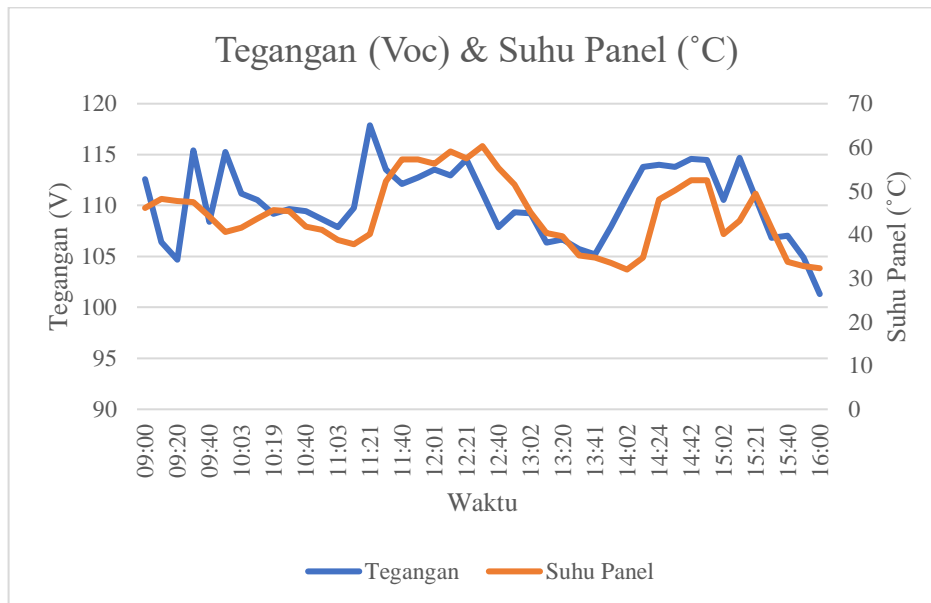
| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 3 | 09:24 | 108,41 | 3,39 | 34,06 | 46,65 | 340,37 | Cerah Berawan | 27,34 |
| 4 | 09:32 | 108,55 | 3,46 | 35,57 | 47,16 | 346,35 | Cerah Berawan | 27,95 |
| 5 | 09:43 | 108,71 | 2,01 | 33,31 | 43,62 | 203,81 | Berawan | 16,26 |
| 6 | 09:51 | 110,3 | 1,98 | 32,55 | 40,59 | 200,9 | Berawan | 16,25 |
| 7 | 10:02 | 112,54 | 3,67 | 32,05 | 42,11 | 391,74 | Cerah Berawan | 30,73 |
| 8 | 10:11 | 110,43 | 2,79 | 33,81 | 43,62 | 293,1 | Berawan | 22,92 |
| 9 | 10:21 | 110,19 | 2,78 | 34,06 | 45,64 | 291,57 | Berawan | 22,79 |
| 10 | 10:33 | 110,22 | 2,79 | 32,8 | 45,64 | 297,75 | Berawan | 22,88 |
| 11 | 10:42 | 109,85 | 1,97 | 34,06 | 41,35 | 199,05 | Berawan Tebal | 16,10 |
| 12 | 10:53 | 108,66 | 1,56 | 32,3 | 41,6 | 172,58 | Berawan Tebal | 12,61 |
| 13 | 11:05 | 108,47 | 1,26 | 31,8 | 38,57 | 140,13 | Berawan Tebal | 10,17 |
| 14 | 11:13 | 110,6 | 1,65 | 31,54 | 36,81 | 185,18 | Berawan Tebal | 13,58 |
| 15 | 11:23 | 112,7 | 5,04 | 35,57 | 41,35 | 486,02 | Cerah Berawan | 42,26 |
| 16 | 11:34 | 112,47 | 9,62 | 39,6 | 54,48 | 981,99 | Cerah | 80,50 |
| 17 | 11:42 | 112,14 | 9,19 | 37,08 | 58,27 | 934,81 | Cerah | 76,68 |
| 18 | 11:51 | 112,13 | 9,21 | 38,34 | 57,26 | 937,9 | Cerah | 76,84 |
| 19 | 12:02 | 112,93 | 9,21 | 38,34 | 55,74 | 935,57 | Cerah | 77,39 |
| 20 | 12:12 | 112,92 | 10,28 | 42,11 | 57,74 | 1042,37 | Cerah | 86,37 |
| 21 | 12:22 | 109,59 | 8,41 | 39,6 | 57,26 | 885,08 | Cerah | 68,58 |
| 22 | 12:32 | 110,87 | 10,05 | 42,87 | 60,04 | 1038,5 | Cerah | 82,91 |
| 23 | 12:42 | 107,41 | 3,25 | 36,58 | 54,99 | 330,32 | Cerah Berawan | 25,97 |
| 24 | 12:51 | 109,13 | 2,79 | 35,82 | 50,69 | 294,26 | Berawan | 22,65 |
| 25 | 13:04 | 109,25 | 2,14 | 34,31 | 44,38 | 206,54 | Berawan | 17,40 |

Untuk data hasil pengujian panel paralel 1000 Wp mode manual lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 6. Berdasarkan Tabel 4.14 data performa pada panel 1000 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 86,37% pada saat pukul 12.12 WITA dengan Voc terukur sebesar 112,92 V, Isc sebesar 10,28 A, suhu lingkungan sebesar 42,11°C, suhu panel sebesar 57,74°C, dan iradiasi matahari sebesar 1042,4 W/m² dengan kondisi cuaca cerah. Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 2,54% pada saat pukul 16.01 WITA dengan Voc terukur sebesar 100,26 V, Isc sebesar 0,34 A, suhu lingkungan sebesar 30,03°C, suhu panel sebesar 32,51°C, dan iradiasi matahari sebesar 33,99 W/m² dengan kondisi cuaca berawan tebal. Sehingga dari data hasil Tabel 4.14 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 7 dan 8.

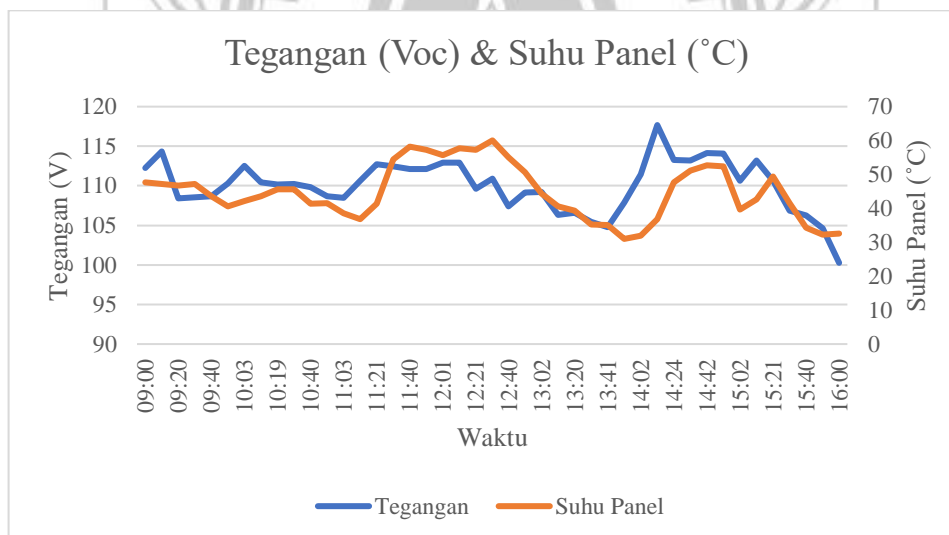
4.4.4 Karakteristik Grafik Voc Terhadap Suhu Panel dan Isc Terhadap Iradiasi



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Waktu



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Waktu

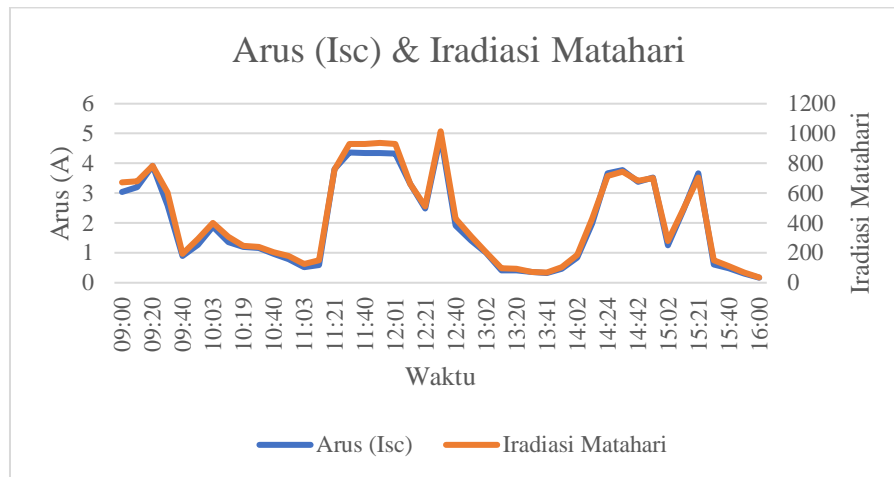


Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Panel 1000 Wp Terhadap Waktu

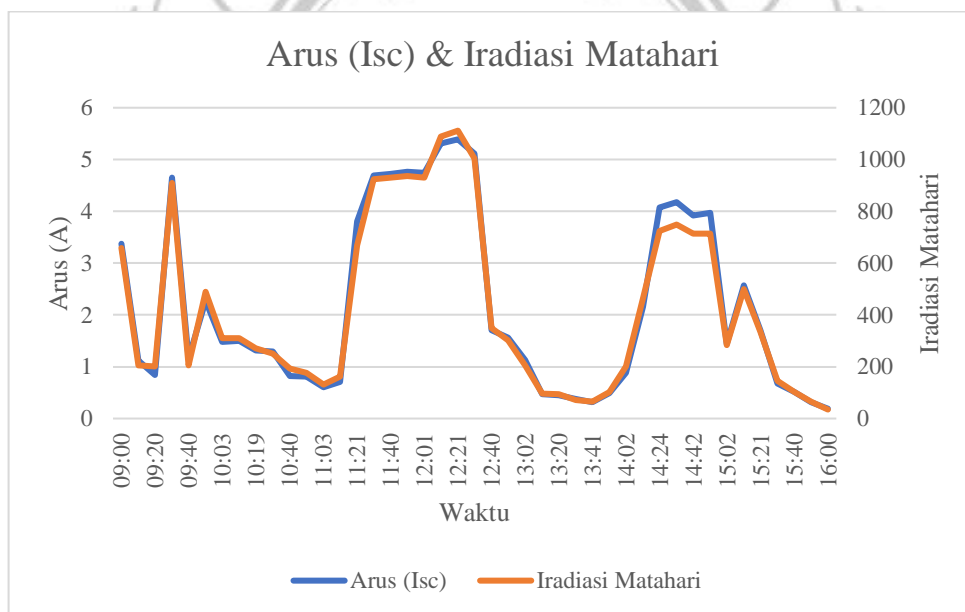
Berdasarkan Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9, memperlihatkan hubungan yang signifikan antara suhu panel dan tegangan terbuka (Voc) yang dihasilkan oleh panel surya. Fenomena ini berkaitan erat dengan karakteristik material semikonduktor yang ada di dalam panel surya. Ketika suhu panel meningkat, terjadi peningkatan

aktivitas termal dalam material semikonduktor, yang pada gilirannya menyebabkan terjadinya peningkatan gerakan elektron. Dalam hal ini, peningkatan gerakan elektron menghasilkan suatu kondisi di mana tegangan terbuka (V_{oc}) yang dihasilkan oleh panel surya menurun. Penurunan tegangan terbuka (V_{oc}) ketika suhu panel naik adalah fenomena umum dalam sel fotovoltaik. Ini disebabkan oleh efek negatif dari perubahan suhu pada karakteristik sifat elektrik material semikonduktor, yang mengakibatkan adanya peningkatan arus bocor dan penurunan potensial tegangan. Dalam konteks ini, perubahan arus bocor lebih signifikan dibandingkan perubahan arus utama yang dapat menghasilkan penurunan tegangan terbuka (V_{oc}). Sebaliknya, ketika suhu panel menurun, aktivitas termal dalam material semikonduktor juga berkurang, yang dapat menghasilkan penurunan gerakan elektron. Ini kemudian menyebabkan kenaikan tegangan terbuka (V_{oc}) karena karakteristik material semikonduktor berubah menjadi lebih sesuai dengan kondisi ideal.

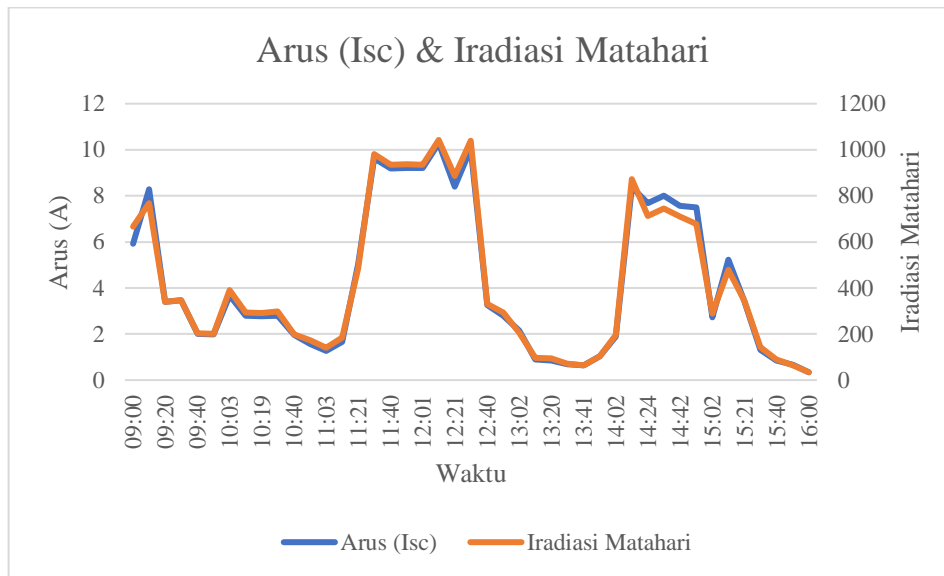
Oleh karena itu, pengamatan pada Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 menegaskan bahwa suhu panel memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa panel surya. Pengurangan suhu panel bisa meningkatkan tegangan terbuka (V_{oc}) dan kinerja keseluruhan panel surya, yang menjadi kunci dalam mencapai efisiensi yang lebih baik pada sistem energi surya.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Waktu



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Waktu



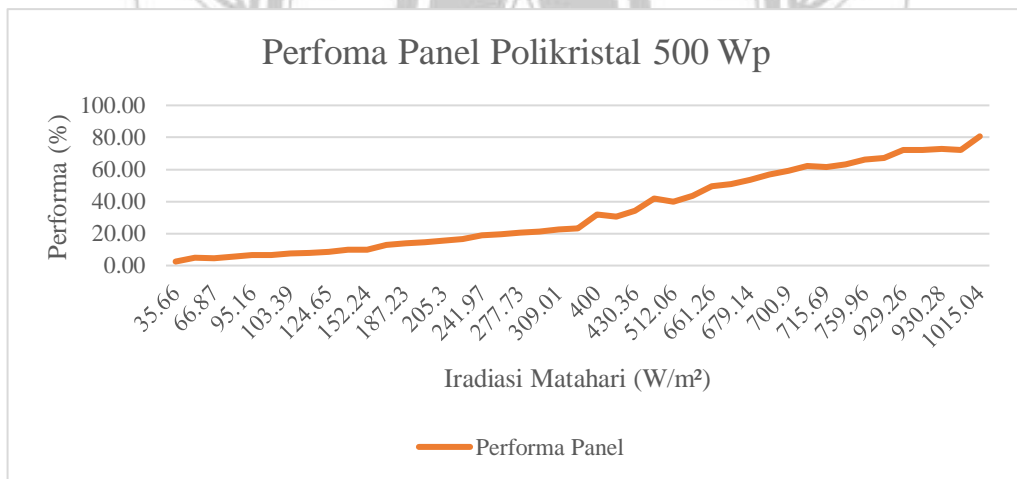
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Panel 1000 Wp Terhadap Waktu

Berdasarkan pada Gambar 4.10, 4.11, dan 4.12, analisis perbandingan antara hasil arus (Isc) dengan iradiasi matahari pada panel surya menunjukkan pola yang signifikan. Terdapat suatu hubungan erat yang dapat diamati antara iradiasi matahari dan arus (Isc) yang dihasilkan. Secara umum, dapat diamati bahwa ketika iradiasi matahari mengalami kenaikan, arus (Isc) yang dihasilkan pada panel surya juga mengalami peningkatan yang sejalan. Sebaliknya, apabila intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, arus yang dihasilkan oleh panel surya juga menurun seiringnya. Fenomena ini sesuai dengan prinsip dasar sel fotovoltaik. Ketika intensitas radiasi matahari meningkat, energi cahaya yang lebih besar diserap oleh material semikonduktor di dalam sel. Hal ini mengakibatkan terbentuknya lebih banyak pasangan *elektron-hole*, yang pada gilirannya menghasilkan aliran arus yang lebih besar dalam rangkaian sirkuit. Sebaliknya, ketika intensitas radiasi matahari menurun, jumlah energi *foton* yang diserap oleh

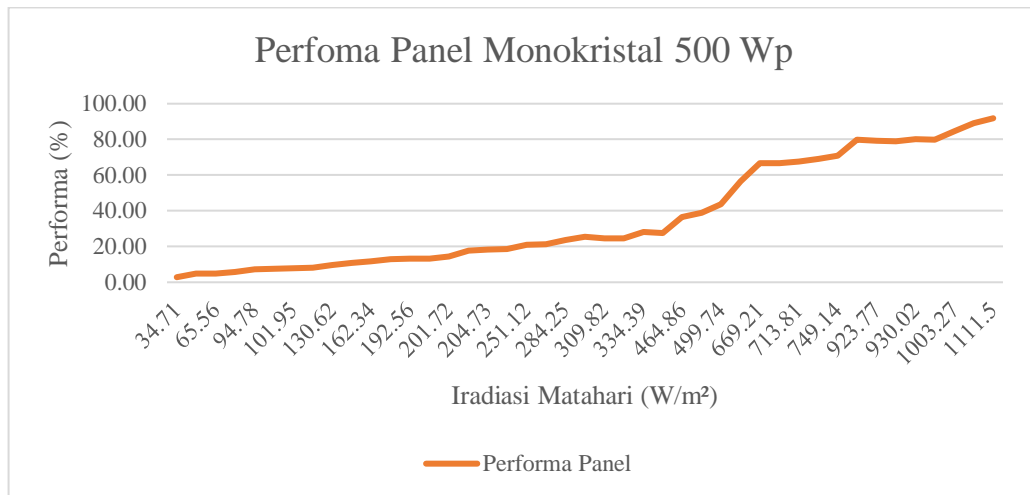
panel surya juga menurun. Akibatnya, jumlah pasangan *elektron-hole* yang tercipta pun berkurang, menyebabkan penurunan aliran arus (I_{sc}) dalam sirkuit.

Sehingga hasil perbandingan tersebut sesuai dengan karakteristik kurva I-V (arus-tegangan) yang diilustrasikan dalam Gambar 2.1, maka penting untuk menghubungkannya. Kurva ini memvisualisasikan bagaimana relasi antara arus dan tegangan pada panel surya berubah seiring variasi iradiasi matahari dan suhu. Dengan demikian, hasil pengujian yang telah dilakukan sejalan dengan karakteristik ini dan memberikan konfirmasi empiris terhadap prediksi teoretis yang diwakili dalam kurva I-V.

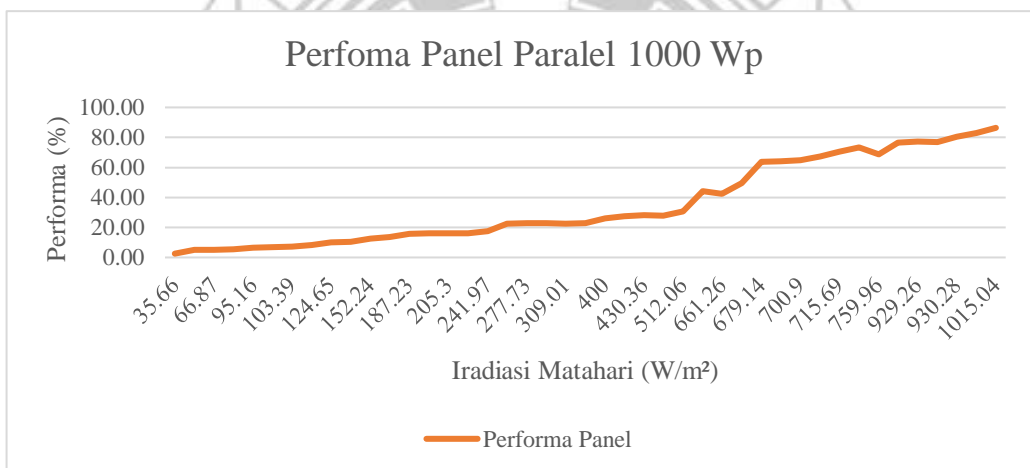
4.4.5 Grafik Performa Panel



Gambar 4.13 Grafik Performa Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



Gambar 4.14 Grafik Perfoma Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



Gambar 4.15 Grafik Perfoma Panel Seri 1000 Wp Terhadap Iradiasi

Berdasarkan Gambar 4.13, 4.14, dan 4.15, terlihat bahwa performa panel polikristal 500 Wp, panel monokristal 500 Wp, dan panel gabungan 1000 Wp memiliki keterkaitan yang signifikan dengan iradiasi matahari yang diterimanya. Grafik tersebut menggambarkan bahwa semakin tinggi intensitas iradiasi matahari yang masuk ke panel, semakin tinggi juga performa panel dalam menghasilkan energi listrik. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar teknologi fotovoltaik, peningkatan iradiasi matahari berarti lebih banyak foton energi yang dapat diserap oleh material

semikonduktor dalam panel, sehingga mengakibatkan peningkatan aliran arus dan daya yang dihasilkan. Sehingga, dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa rata-rata persentase performa panel polikristal 500 Wp, panel monokristal 500 Wp, dan panel gabungan 1000 Wp pada hari tersebut mencapai 33,93%, 36,44%, dan 35,31%. Berdasarkan Gambar 4.13, 4.14, dan 4.15 untuk performa panel polikristal, panel monokristal dan panel gabungan polikristal & monokristal dengan daya 1000 Wp memiliki rata – rata performa panel sebagai berikut:

Tabel 4.15 Rata - rata Persentase Performa Panel Hasil Pengujian

| No | Panel | Daya (Wp) | Rata - rata performa (%) |
|----|---------------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | Polikristal | 500 | 33,93 |
| 2 | Monokristal | 500 | 36,44 |
| 3 | Polikristal & Monokristal | 1000 | 35,31 |

Berdasarkan Tabel 4.15, rata-rata persentase performa dari hasil pengujian pada hari kamis, 12 Juli 2023, di Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang yaitu panel monokristal menunjukkan rata-rata performa sebesar 36,44%, melebihi rata-rata performa panel polikristal yang mencapai 33,93%. Hasil dari pengujian tersebut mengindikasikan bahwa panel monokristal memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan panel polikristal.

4.5 Kinerja Alat *Performance Tester* Mode Otomatis Panel Polikristal 500 Wp

Pengujian Kinerja alat *performance tester* juga dilakukan dengan pengukuran menggunakan mode otomatis pada alat. Pengujian dilakukan terhadap panel polikristal 500 Wp. Terdapat lima panel polikristal yang disusun seri sehingga memiliki daya sebesar 500 Wp. Berdasarkan Gambar 4.3 dengan daya 500 Wp

panel tersebut memiliki tegangan (Voc) sebesar 105 V dengan arus (Isc) sebesar 6.4 A. Pada mode otomatis, alat akan melakukan pengukuran secara otomatis setiap 10 menit yang waktu pengukurannya dipilih dengan waktu terlama yakni 8 jam pada alat *performance tester*. Pengukuran dilakukan selama lima hari yaitu tanggal 8, 9, 11, 12, dan 13 Agustus 2023 untuk mengetahui performa dari panel polikristal 500 Wp yang berada di Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Setelah dilakukan pengukuran tersebut maka didapatkan performa dari panel yang diukur.

4.5.1 Pengujian Hari Pertama

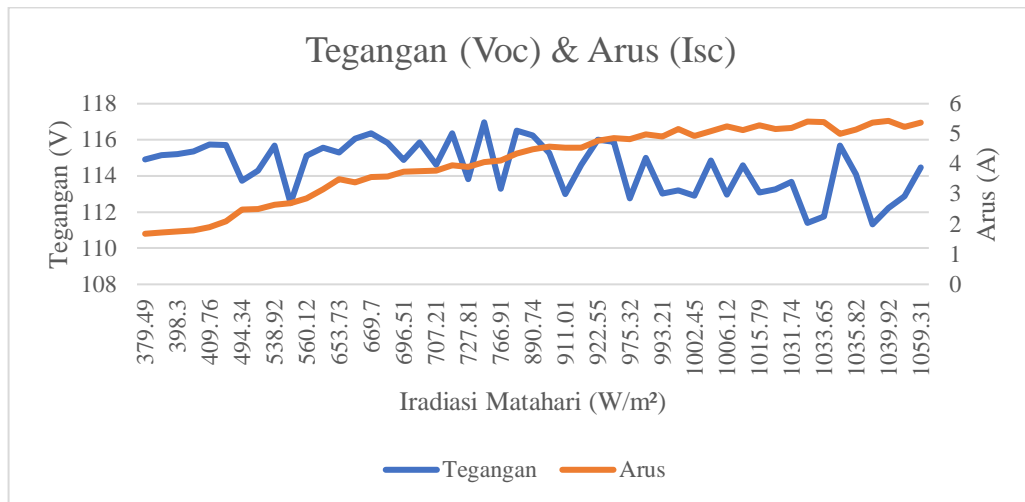
Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel yang disusun seri dengan daya 500 Wp pada hari Selasa tanggal 8 Agustus 2023:

Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Hari Pertama Panel 500 Wp Mode Otomatis

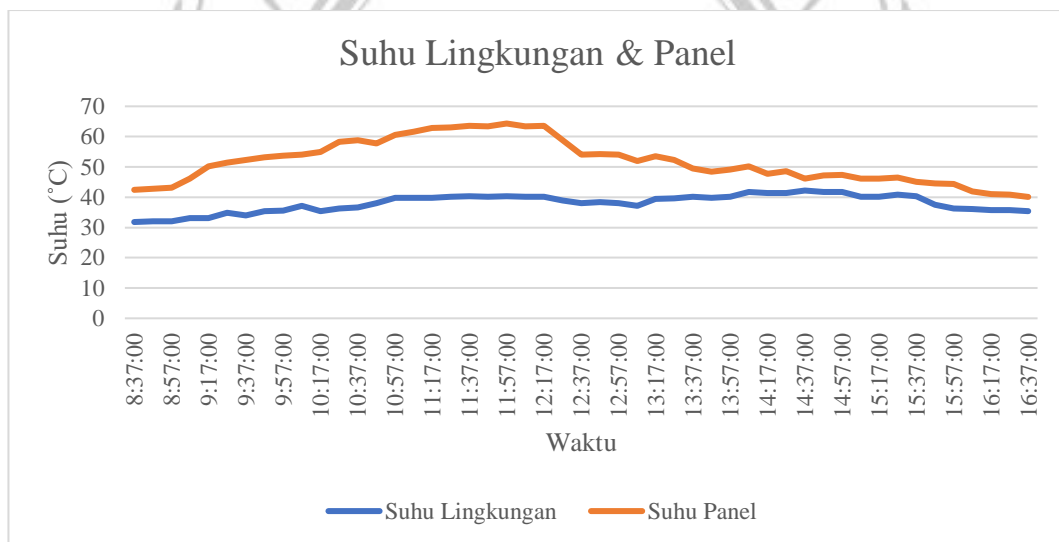
| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Selasa | 08/08/2023 08:37 | 115,12 | 2,85 | 560,12 | 42,36 | 31,8 | 48,89 |
| Selasa | 08/08/2023 08:47 | 114,28 | 2,51 | 505,21 | 42,87 | 32,05 | 42,21 |
| Selasa | 08/08/2023 08:57 | 113,74 | 2,48 | 494,34 | 43,12 | 32,05 | 41,67 |
| Selasa | 08/08/2023 09:07 | 115,84 | 2,54 | 513,76 | 46,15 | 33,05 | 43,78 |
| Selasa | 08/08/2023 09:17 | 115,31 | 2,53 | 510,21 | 50,19 | 33,05 | 43,41 |
| Selasa | 08/08/2023 09:27 | 114,88 | 2,72 | 553,38 | 51,45 | 34,82 | 46,50 |
| Selasa | 08/08/2023 09:37 | 112,49 | 2,7 | 551,19 | 52,21 | 34,06 | 45,31 |
| Selasa | 08/08/2023 09:47 | 114,62 | 3,77 | 707,21 | 53,22 | 35,32 | 64,32 |
| Selasa | 08/08/2023 09:57 | 113,82 | 3,9 | 727,81 | 53,72 | 35,57 | 66,11 |
| Selasa | 08/08/2023 10:07 | 113,29 | 4,12 | 766,91 | 53,98 | 37,08 | 69,57 |
| Selasa | 08/08/2023 10:17 | 114,61 | 4,54 | 913,88 | 54,99 | 35,32 | 77,41 |
| Selasa | 08/08/2023 10:27 | 112,77 | 4,82 | 975,32 | 58,27 | 36,33 | 80,88 |
| Selasa | 08/08/2023 10:37 | 112,99 | 4,83 | 980,48 | 58,77 | 36,58 | 81,21 |
| Selasa | 08/08/2023 10:47 | 113,02 | 4,91 | 993,21 | 57,76 | 38,09 | 82,58 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Selasa | 08/08/2023 10:57 | 112,92 | 4,93 | 1002,45 | 60,54 | 39,85 | 82,84 |
| Selasa | 08/08/2023 11:07 | 114,08 | 5,14 | 1035,82 | 61,55 | 39,85 | 87,26 |
| Selasa | 08/08/2023 11:17 | 112,88 | 5,23 | 1054,12 | 62,81 | 39,85 | 87,85 |
| Selasa | 08/08/2023 11:27 | 113,07 | 5,29 | 1015,79 | 63,07 | 40,1 | 89,0 |
| Selasa | 08/08/2023 11:37 | 112,98 | 5,24 | 1006,12 | 63,57 | 40,35 | 88,10 |
| Selasa | 08/08/2023 11:47 | 111,76 | 5,39 | 1033,65 | 63,32 | 40,1 | 89,64 |
| Selasa | 08/08/2023 11:57 | 112,24 | 5,43 | 1039,92 | 64,33 | 40,35 | 90,69 |
| Selasa | 08/08/2023 12:07 | 111,32 | 5,37 | 1036,12 | 63,32 | 40,1 | 88,13 |
| Selasa | 08/08/2023 12:17 | 111,41 | 5,41 | 1032,28 | 63,57 | 40,1 | 89,69 |
| Selasa | 08/08/2023 12:27 | 113,66 | 5,2 | 1031,74 | 58,77 | 38,84 | 87,16 |
| Selasa | 08/08/2023 12:37 | 114,46 | 5,37 | 1059,31 | 53,98 | 38,09 | 91,47 |

Untuk data hasil pengujian hari pertama panel polikristal 500 Wp mode otomatis lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 4.16 data performa pada panel polikristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 91,47% pada saat pukul 12.37 WITA dengan Voc terukur sebesar 114,46 V, Isc sebesar 5,37 A, suhu lingkungan sebesar 38,09°C, suhu panel sebesar 53,98°C, dan iradiasi matahari sebesar 1059,31 W/m². Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 28,73% pada saat pukul 16.37 WITA dengan Voc terukur sebesar 114,9 V, Isc sebesar 1,68 A, suhu lingkungan sebesar 35,32°C, suhu panel sebesar 40,09°C, dan iradiasi matahari sebesar 379,49 W/m². Sehingga dari data hasil Tabel 4.16 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh sebagai berikut:



Gambar 4.16 Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp



Gambar 4.17 Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp

4.5.2 Pengujian Hari Kedua

Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel yang disusun seri dengan daya 500 Wp pada hari Rabu tanggal 9 Agustus 2023:

Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Hari Kedua Panel 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Rabu | 09/08/2023 08:31 | 114,56 | 2,45 | 483,21 | 41,86 | 32,05 | 41,74 |
| Rabu | 09/08/2023 08:41 | 115,03 | 2,65 | 530,76 | 41,35 | 34,56 | 45,34 |
| Rabu | 09/08/2023 08:51 | 114,35 | 2,21 | 432,16 | 43,37 | 35,07 | 37,58 |
| Rabu | 09/08/2023 09:01 | 115,21 | 2,33 | 450,26 | 45,39 | 33,31 | 39,92 |
| Rabu | 09/08/2023 09:11 | 115,07 | 2,33 | 448,65 | 46,15 | 35,07 | 39,87 |
| Rabu | 09/08/2023 09:21 | 114,97 | 2,69 | 541,45 | 48,67 | 35,82 | 46,00 |
| Rabu | 09/08/2023 09:31 | 114,03 | 3,62 | 703,26 | 53,98 | 34,06 | 61,40 |
| Rabu | 09/08/2023 09:41 | 114,67 | 2,68 | 539,25 | 50,19 | 35,07 | 45,71 |
| Rabu | 09/08/2023 09:51 | 115,07 | 2,77 | 556,74 | 47,16 | 34,06 | 47,41 |
| Rabu | 09/08/2023 10:01 | 113,24 | 3,68 | 710,92 | 53,22 | 36,83 | 61,99 |
| Rabu | 09/08/2023 10:11 | 113,43 | 4,26 | 842,28 | 52,21 | 37,33 | 71,88 |
| Rabu | 09/08/2023 10:21 | 113,92 | 4,48 | 902,32 | 53,47 | 37,84 | 75,92 |
| Rabu | 09/08/2023 10:31 | 113,73 | 4,54 | 916,57 | 53,22 | 38,09 | 76,81 |
| Rabu | 09/08/2023 10:41 | 115,34 | 4,9 | 995,84 | 48,17 | 37,33 | 84,08 |
| Rabu | 09/08/2023 10:51 | 112,29 | 4,88 | 991,54 | 58,77 | 38,09 | 81,52 |
| Rabu | 09/08/2023 11:01 | 112,56 | 4,86 | 987,49 | 59,03 | 34,31 | 81,38 |
| Rabu | 09/08/2023 11:11 | 114,23 | 5,17 | 1008,57 | 53,22 | 39,35 | 87,86 |
| Rabu | 09/08/2023 11:21 | 113,29 | 5,12 | 998,26 | 59,28 | 36,58 | 86,29 |
| Rabu | 09/08/2023 11:31 | 113,67 | 5,16 | 1005,25 | 59,78 | 38,34 | 87,26 |
| Rabu | 09/08/2023 11:41 | 110,53 | 5,4 | 1055,24 | 61,3 | 40,35 | 88,80 |
| Rabu | 09/08/2023 11:51 | 115,87 | 5,4 | 1052,15 | 54,48 | 37,33 | 93,09 |
| Rabu | 09/08/2023 12:01 | 111,02 | 5,38 | 1047,17 | 64,58 | 41,36 | 88,86 |
| Rabu | 09/08/2023 12:11 | 111,25 | 5,27 | 1035,73 | 65,09 | 42,37 | 87,22 |
| Rabu | 09/08/2023 12:21 | 110,27 | 5,37 | 1042,28 | 64,83 | 37,58 | 88,09 |
| Rabu | 09/08/2023 12:31 | 110,13 | 5,12 | 998,36 | 66,35 | 39,35 | 83,88 |

Untuk data hasil pengujian hari ketiga panel polikristal 500 Wp mode otomatis lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 10. Berdasarkan Tabel 4.17 data performa pada panel polikristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 93,09% pada saat pukul 12.51 WITA dengan Voc terukur sebesar 115,87 V, Isc sebesar 5,4 A, suhu lingkungan sebesar 37,33°C, suhu panel sebesar 54,48°C, dan iradiasi matahari sebesar 1052,87 W/m². Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 27,62% pada saat pukul 16.11 WITA dengan Voc terukur sebesar 114,68 V, Isc sebesar 1,62 A, suhu lingkungan sebesar 35,82°C, suhu panel sebesar 40,34°C, dan iradiasi matahari sebesar 336,97 W/m². Sehingga dari data hasil Tabel 4.17 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 11 dan 12.

4.5.3 Pengujian Hari Ketiga

Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel yang disusun seri dengan daya 500 Wp pada hari Jumat tanggal 11 Agustus 2023:

Tabel 4.18 Data Hasil Pengujian Hari Ketiga Panel 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Jumat | 11/08/2023 08:38 | 114,25 | 2,47 | 490,68 | 40,34 | 33,31 | 41,97 |
| Jumat | 11/08/2023 08:48 | 114,98 | 2,48 | 496,22 | 41,1 | 32,55 | 42,41 |
| Jumat | 11/08/2023 08:58 | 115,46 | 2,61 | 522,26 | 45,14 | 32,05 | 44,82 |
| Jumat | 11/08/2023 09:08 | 114,55 | 3,55 | 664,91 | 48,17 | 34,06 | 60,49 |
| Jumat | 11/08/2023 09:18 | 114,04 | 3,59 | 674,26 | 48,42 | 35,07 | 60,90 |
| Jumat | 11/08/2023 09:28 | 115,58 | 3,67 | 688,79 | 48,17 | 35,32 | 63,10 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| Jumat | 11/08/2023 09:38 | 113,21 | 3,75 | 697,36 | 51,2 | 34,82 | 63,15 |
| Jumat | 11/08/2023 09:48 | 113,34 | 3,75 | 699,39 | 50,44 | 35,07 | 63,22 |
| Jumat | 11/08/2023 09:58 | 113,54 | 3,81 | 719,19 | 51,7 | 35,07 | 64,35 |
| Jumat | 11/08/2023 10:08 | 114,01 | 4,05 | 759,41 | 51,2 | 36,33 | 68,69 |
| Jumat | 11/08/2023 10:18 | 113,33 | 4,5 | 907,77 | 53,47 | 38,59 | 75,87 |
| Jumat | 11/08/2023 10:28 | 113,48 | 4,51 | 910,11 | 52,21 | 38,09 | 76,14 |
| Jumat | 11/08/2023 10:38 | 112,7 | 4,5 | 906,21 | 55,74 | 39,35 | 75,45 |
| Jumat | 11/08/2023 10:48 | 113,73 | 4,86 | 988,6 | 52,46 | 38,84 | 82,23 |
| Jumat | 11/08/2023 10:58 | 113,63 | 4,89 | 992,75 | 54,23 | 39,6 | 82,66 |
| Jumat | 11/08/2023 11:08 | 112,69 | 5,11 | 1026,21 | 55,49 | 39,09 | 85,67 |
| Jumat | 11/08/2023 11:18 | 111,47 | 5,2 | 1044,51 | 59,53 | 39,35 | 86,23 |
| Jumat | 11/08/2023 11:28 | 112,66 | 5,08 | 1006,26 | 58,02 | 40,1 | 85,14 |
| Jumat | 11/08/2023 11:38 | 111,65 | 5,01 | 996,77 | 59,03 | 38,59 | 83,22 |
| Jumat | 11/08/2023 11:48 | 111,45 | 5,35 | 1024,44 | 60,29 | 40,35 | 88,71 |
| Jumat | 11/08/2023 11:58 | 110,93 | 5,41 | 1030,74 | 60,04 | 40,1 | 89,28 |
| Jumat | 11/08/2023 12:08 | 110,02 | 5,39 | 1027,24 | 62,31 | 39,85 | 88,22 |
| Jumat | 11/08/2023 12:18 | 110,09 | 5,35 | 1023,36 | 66,1 | 40,35 | 87,62 |
| Jumat | 11/08/2023 12:28 | 111,34 | 5,35 | 1022,93 | 61,05 | 42,2 | 88,62 |
| Jumat | 11/08/2023 12:38 | 111,14 | 5,36 | 1025,54 | 59,53 | 39,6 | 88,62 |

Untuk data hasil pengujian hari ketiga panel polikristal 500 Wp mode otomatis lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 13. Berdasarkan Tabel 4.18 data performa pada panel polikristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 89,28% pada saat pukul 11.58 WITA dengan Voc terukur sebesar 110,93 V, Isc sebesar 5,41 A, suhu lingkungan sebesar 40,1°C, suhu panel sebesar 60,04°C, dan iradiasi matahari sebesar 1030,74 W/m². Sedangkan persentase performa

terkecil, yaitu 11,29% pada saat pukul 16.28 WITA dengan Voc terukur sebesar 110,21 V, Isc sebesar 0,69 A, suhu lingkungan sebesar 33,56°C, suhu panel sebesar 39,08°C, dan iradiasi matahari sebesar 146,21 W/m². Sehingga dari data hasil Tabel 4.18 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 14 dan 15.

4.5.4 Pengujian Hari Keempat

Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel yang disusun seri dengan daya 500 Wp pada hari Sabtu tanggal 12 Agustus 2023:

Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian Hari Keempat Panel 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Sabtu | 12/08/2023 08:36 | 115,64 | 2,87 | 568,53 | 42,87 | 31,54 | 49,37 |
| Sabtu | 12/08/2023 08:46 | 114,32 | 2,52 | 510,13 | 43,12 | 31,8 | 42,87 |
| Sabtu | 12/08/2023 08:52 | 113,8 | 2,49 | 499,17 | 44,89 | 31,8 | 42,23 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:02 | 115,89 | 3,6 | 678,82 | 46,91 | 32,8 | 62,08 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:12 | 115,38 | 3,51 | 658,82 | 50,44 | 32,8 | 60,2 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:22 | 114,92 | 3,77 | 702,7 | 51,7 | 34,31 | 64,45 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:32 | 112,55 | 2,72 | 554,67 | 55,24 | 33,81 | 45,53 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:42 | 114,68 | 3,79 | 713,3 | 53,47 | 35,07 | 64,64 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:52 | 113,88 | 3,92 | 732,1 | 53,72 | 35,32 | 66,43 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:07 | 113,35 | 4,14 | 772,32 | 54,23 | 36,83 | 69,9 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:17 | 114,67 | 4,56 | 920,68 | 55,24 | 35,07 | 77,75 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:27 | 112,82 | 4,84 | 983,02 | 58,52 | 36,07 | 81,22 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:37 | 113,04 | 4,56 | 919,12 | 59,03 | 36,34 | 76,64 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:46 | 113,07 | 4,93 | 1001,51 | 58,02 | 37,84 | 82,97 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Sabtu | 12/08/2023 10:56 | 112,97 | 4,95 | 1005,66 | 60,54 | 39,6 | 83,22 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:06 | 114,03 | 5,16 | 1039,12 | 61,81 | 39,6 | 87,49 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:16 | 112,81 | 5,25 | 1057,42 | 63,07 | 34,82 | 88,13 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:27 | 113 | 5,32 | 1019,17 | 63,32 | 36,07 | 89,54 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:37 | 112,99 | 5,27 | 1009,68 | 63,83 | 35,57 | 88,59 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:47 | 111,79 | 5,42 | 1037,35 | 63,58 | 36,58 | 90,14 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:57 | 112,27 | 5,46 | 1043,65 | 64,58 | 36,58 | 91,15 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:07 | 111,34 | 5,4 | 1040,15 | 63,57 | 38,59 | 89,47 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:17 | 111,43 | 5,44 | 1036,27 | 63,83 | 38,59 | 90,16 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:26 | 113,68 | 5,23 | 1035,84 | 59,03 | 38,59 | 88,49 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:36 | 114,48 | 5,4 | 1063,45 | 52,97 | 37,84 | 91,99 |

Untuk data hasil pengujian hari keempat panel polikristal 500 Wp mode otomatis lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 16. Berdasarkan Tabel 4.19 data performa pada panel polikristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 91,99% pada saat pukul 12.36 WITA dengan Voc terukur sebesar 114,48 V, Isc sebesar 5,4 A, suhu lingkungan sebesar 37,84°C, suhu panel sebesar 52,97°C, dan iradiasi matahari sebesar 1063,45 W/m². Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 30,21% pada saat pukul 16.07 WITA dengan Voc terukur sebesar 115,16 V, Isc sebesar 1,76 A, suhu lingkungan sebesar 32,29°C, suhu panel sebesar 42,11°C, dan iradiasi matahari sebesar 390,32 W/m². Sehingga dari data hasil Tabel 4.19 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 17 dan 18.

4.5.5 Pengujian Hari Kelima

Berikut merupakan data hasil pengujian untuk panel yang disusun seri dengan daya 500 Wp pada hari Minggu tanggal 13 Agustus 2023:

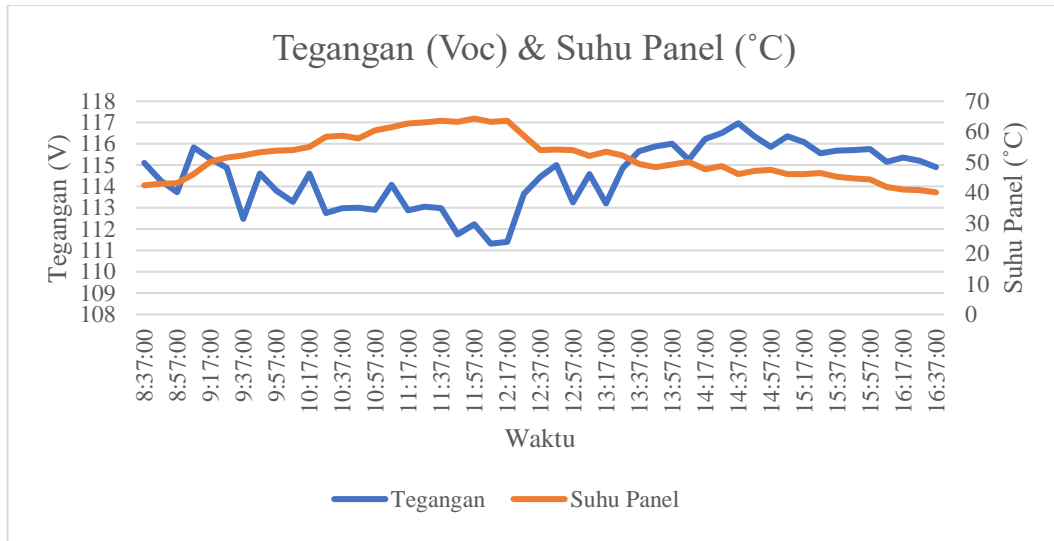
Tabel 4.20 Data Hasil Pengujian Hari Kelima Panel 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Minggu | 13/08/2023 08:46 | 113,25 | 2,41 | 490,38 | 34,03 | 33,05 | 40,61 |
| Minggu | 13/08/2023 08:56 | 113,89 | 3,36 | 645,97 | 35,54 | 33,31 | 56,95 |
| Minggu | 13/08/2023 09:06 | 114,26 | 3,34 | 640,43 | 37,84 | 34,06 | 56,79 |
| Minggu | 13/08/2023 09:16 | 114,63 | 3,6 | 678,04 | 40,34 | 33,81 | 60,34 |
| Minggu | 13/08/2023 09:22 | 114,26 | 3,15 | 612,19 | 42,11 | 35,07 | 52,62 |
| Minggu | 13/08/2023 09:32 | 114,48 | 3,92 | 728,31 | 41,86 | 35,32 | 66,76 |
| Minggu | 13/08/2023 09:42 | 113,85 | 4,18 | 767,04 | 53,72 | 37,33 | 70,22 |
| Minggu | 13/08/2023 09:52 | 112,75 | 4,37 | 877,65 | 59,28 | 38,09 | 73,30 |
| Minggu | 13/08/2023 10:02 | 110,58 | 2,44 | 498 | 59,03 | 36,83 | 40,11 |
| Minggu | 13/08/2023 10:12 | 112,79 | 2,61 | 513,83 | 55,74 | 37,58 | 43,74 |
| Minggu | 13/08/2023 10:22 | 114,95 | 3,39 | 642,73 | 52,21 | 38,09 | 58,05 |
| Minggu | 13/08/2023 10:32 | 112,89 | 3,21 | 609,14 | 56,25 | 37,08 | 53,86 |
| Minggu | 13/08/2023 10:42 | 112,95 | 5,16 | 1013,33 | 62,56 | 40,6 | 86,66 |
| Minggu | 13/08/2023 10:52 | 110,56 | 4,26 | 776 | 66,35 | 40,1 | 70,02 |
| Minggu | 13/08/2023 11:02 | 113,49 | 2,76 | 524,19 | 59,28 | 39,6 | 46,55 |
| Minggu | 13/08/2023 11:12 | 113,47 | 5,36 | 1051,34 | 63,07 | 39,35 | 90,55 |
| Minggu | 13/08/2023 11:22 | 113,08 | 5,2 | 1021,43 | 63,57 | 40,35 | 87,50 |
| Minggu | 13/08/2023 11:32 | 113,21 | 5,12 | 1010,76 | 63,07 | 40,6 | 86,26 |
| Minggu | 13/08/2023 11:42 | 113,01 | 5,4 | 1066,76 | 65,09 | 39,09 | 90,81 |
| Minggu | 13/08/2023 11:52 | 113,05 | 4,14 | 764,4 | 54,23 | 39,35 | 69,71 |
| Minggu | 13/08/2023 12:01 | 112,06 | 4,18 | 771,35 | 58,02 | 37,08 | 69,73 |

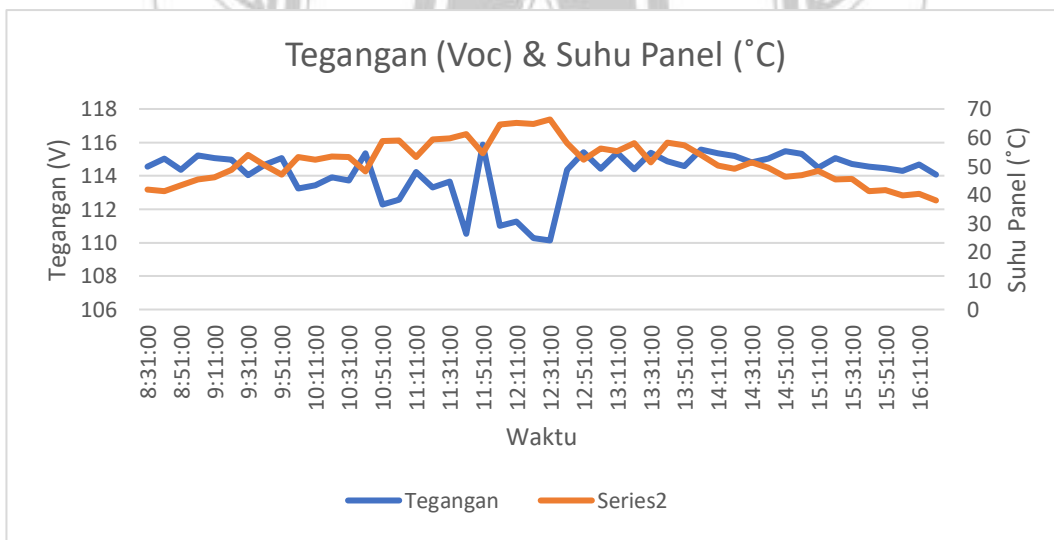
| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| Minggu | 13/08/2023 12:10 | 112,52 | 4,19 | 782,23 | 55,02 | 38,34 | 70,16 |
| Minggu | 13/08/2023 12:21 | 116,95 | 5,44 | 1076,36 | 48,42 | 38,09 | 94,63 |
| Minggu | 13/08/2023 12:31 | 115,21 | 5,29 | 1033,36 | 50,95 | 39,35 | 90,69 |
| Minggu | 13/08/2023 12:41 | 114,11 | 5,21 | 1023,56 | 54,99 | 38,09 | 88,51 |

Untuk data hasil pengujian hari kelima panel polikristal 500 Wp mode otomatis lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 19. Berdasarkan Tabel 4.20 data performa pada panel polikristal 500 Wp memiliki persentase performa terbesar, yaitu 94,63% pada saat pukul 12.21 WITA dengan Voc terukur sebesar 116,95 V, Isc sebesar 5,44 A, suhu lingkungan sebesar 38,09°C, suhu panel sebesar 48,42°C, dan iradiasi matahari sebesar 1076,36 W/m². Sedangkan persentase performa terkecil, yaitu 25,59% pada saat pukul 16.31 WITA dengan Voc terukur sebesar 114,65 V, Isc sebesar 1,5 A, suhu lingkungan sebesar 36,33°C, suhu panel sebesar 43,88°C, dan iradiasi matahari sebesar 401,18 W/m². Sehingga dari data hasil Tabel 4.20 dapat dibuatkan gambar grafik untuk masing – masing parameter yang telah diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 20 dan 21.

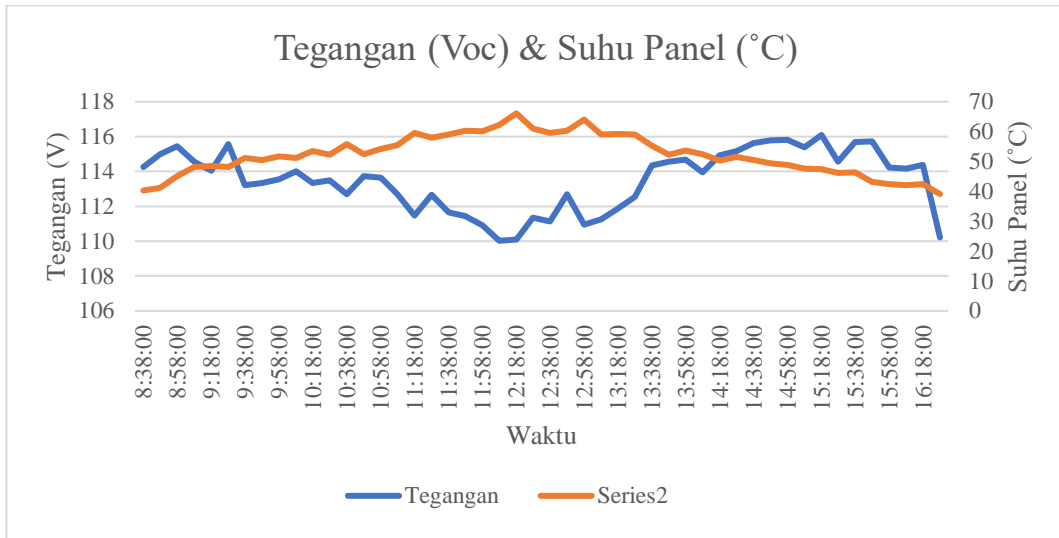
4.5.6 Karakteristik Grafik Voc Terhadap Suhu Panel dan Isc Terhadap Iradiasi



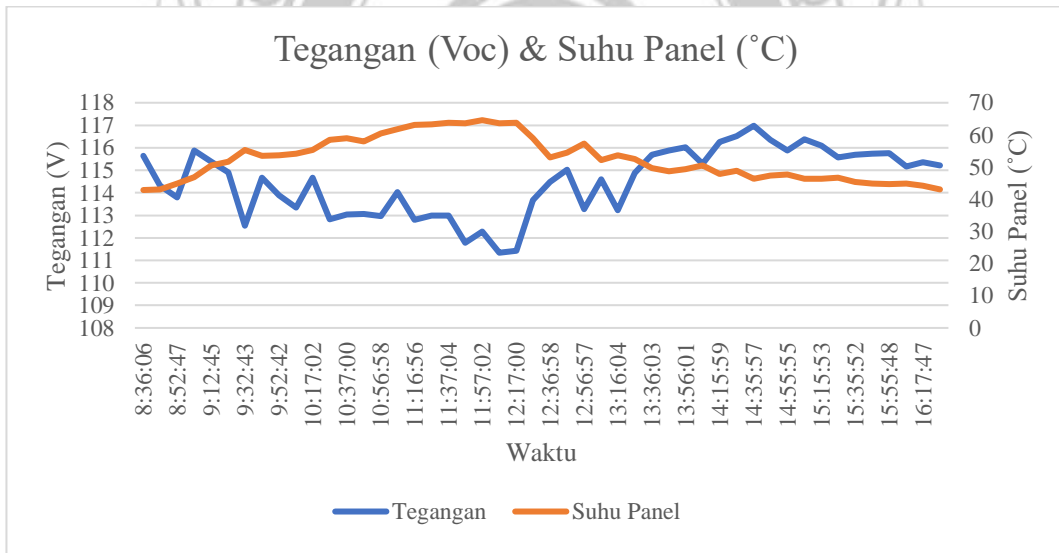
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp



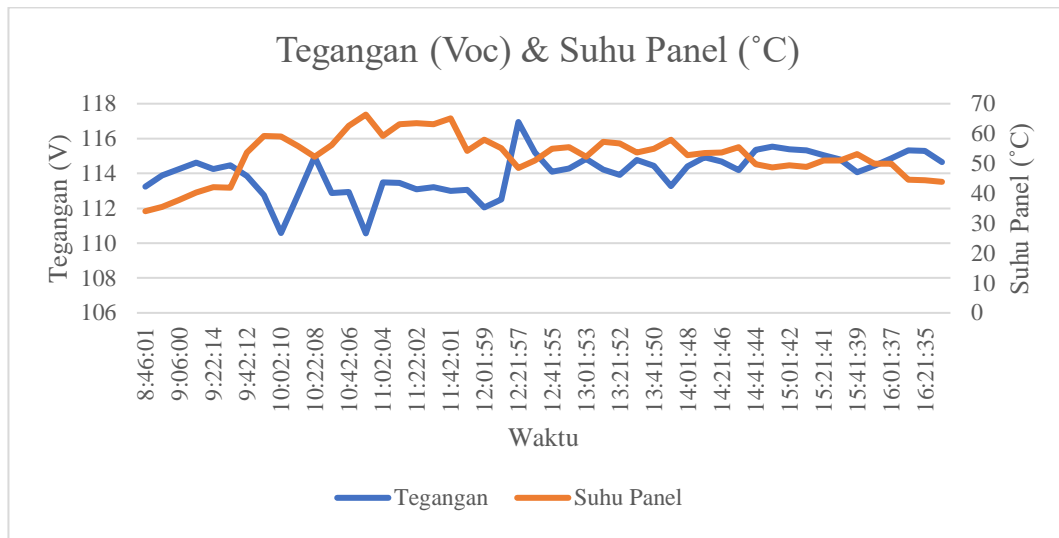
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp

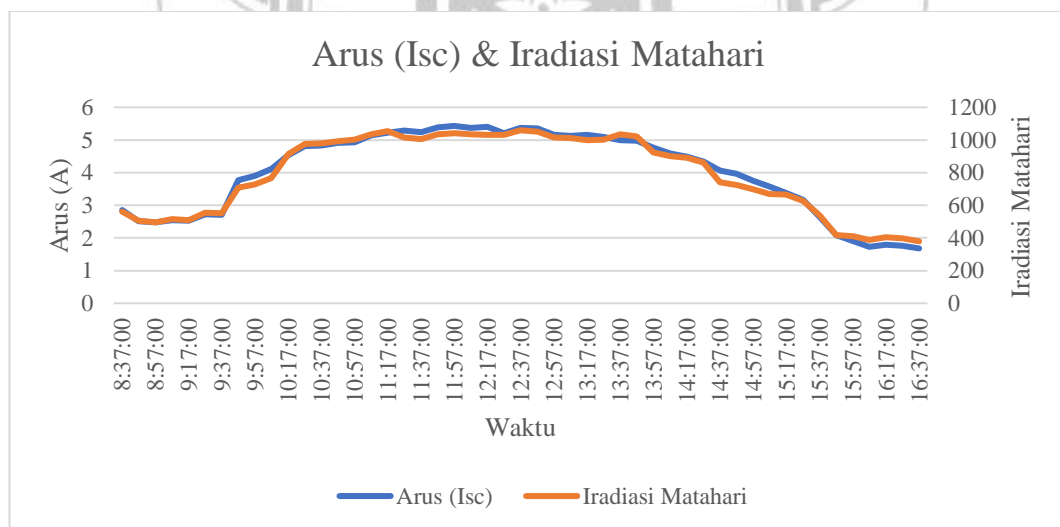


Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan (Voc) dan Suhu Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp

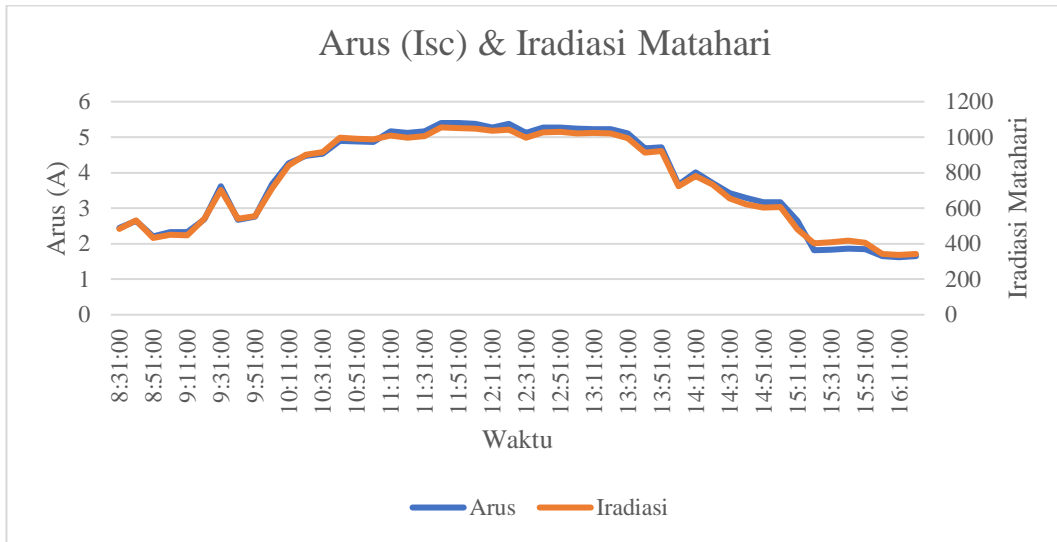
Berdasarkan Gambar 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 dan 4.22, memperlihatkan hubungan yang signifikan antara suhu panel dan tegangan terbuka (Voc) yang dihasilkan oleh panel surya. Fenomena ini berkaitan erat dengan karakteristik material semikonduktor yang ada di dalam panel surya. Ketika suhu panel meningkat, terjadi peningkatan aktivitas termal dalam material semikonduktor, yang pada gilirannya menyebabkan terjadinya peningkatan gerakan elektron. Dalam hal ini, peningkatan gerakan elektron menghasilkan suatu kondisi di mana tegangan terbuka (Voc) yang dihasilkan oleh panel surya menurun. Penurunan tegangan terbuka (Voc) ketika suhu panel naik adalah fenomena umum dalam sel fotovoltaik. Ini disebabkan oleh efek negatif dari perubahan suhu pada karakteristik sifat elektrik material semikonduktor, yang mengakibatkan adanya peningkatan arus bocor dan penurunan potensial tegangan. Dalam konteks ini, perubahan arus bocor lebih signifikan dibandingkan perubahan arus utama yang dapat

menghasilkan penurunan tegangan terbuka (Voc). Sebaliknya, ketika suhu panel menurun, aktivitas termal dalam material semikonduktor juga berkurang, yang dapat menghasilkan penurunan gerakan elektron. Ini kemudian menyebabkan kenaikan tegangan terbuka (Voc) karena karakteristik material semikonduktor berubah menjadi lebih sesuai dengan kondisi ideal.

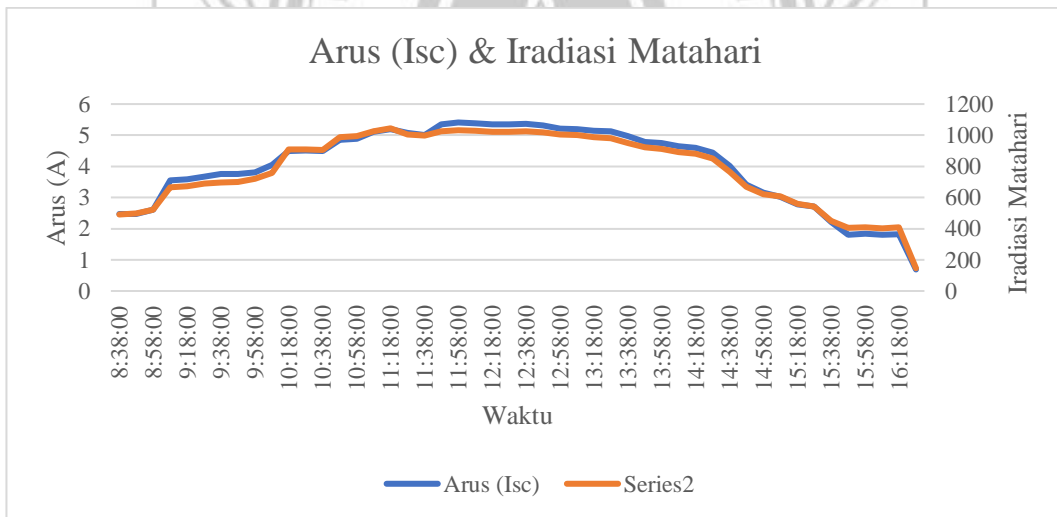
Oleh karena itu, pengamatan pada Gambar 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 dan 4.22 menegaskan bahwa suhu panel memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa panel surya. Pengurangan suhu panel bisa meningkatkan tegangan terbuka (Voc) dan kinerja keseluruhan panel surya, yang menjadi kunci dalam mencapai efisiensi yang lebih baik pada sistem energi surya.



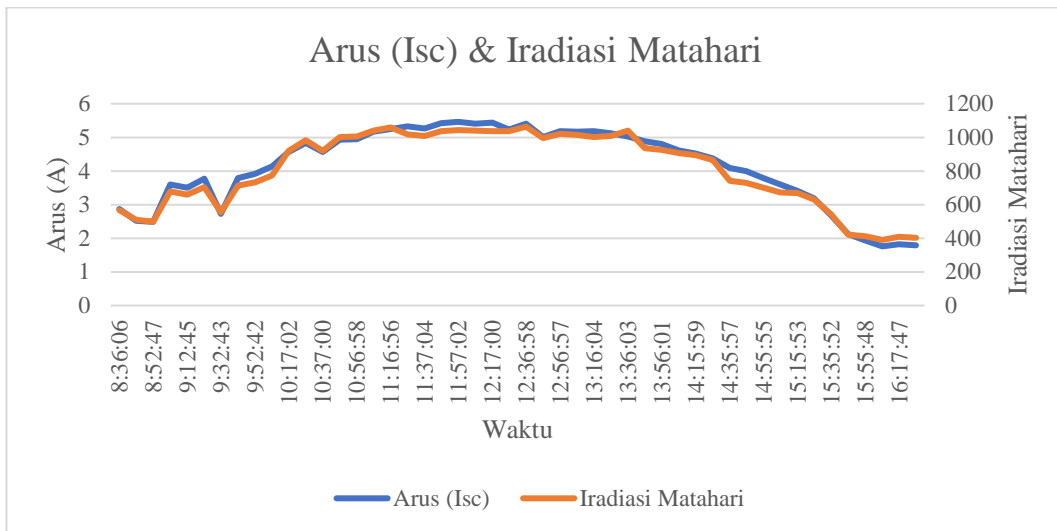
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp



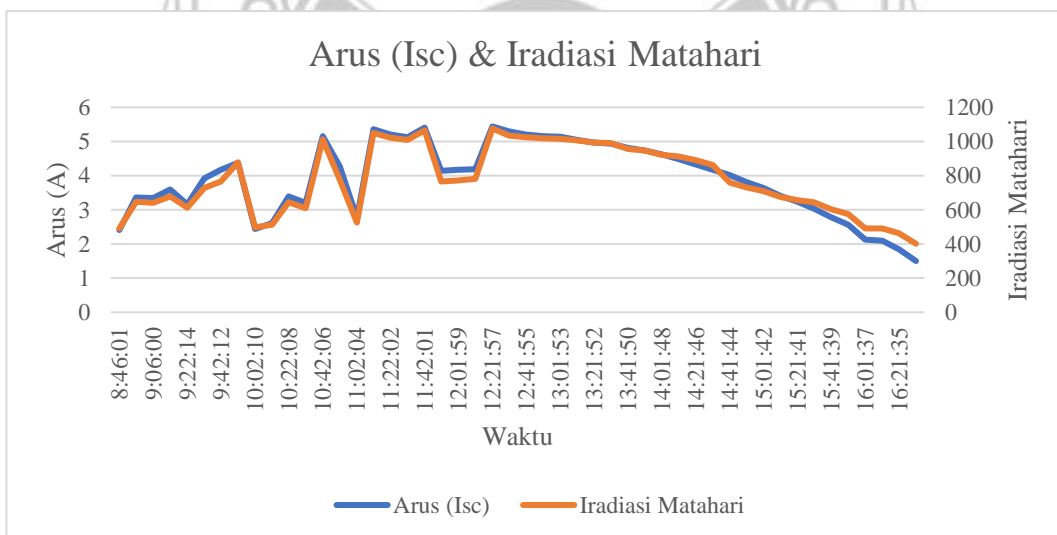
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp



Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp



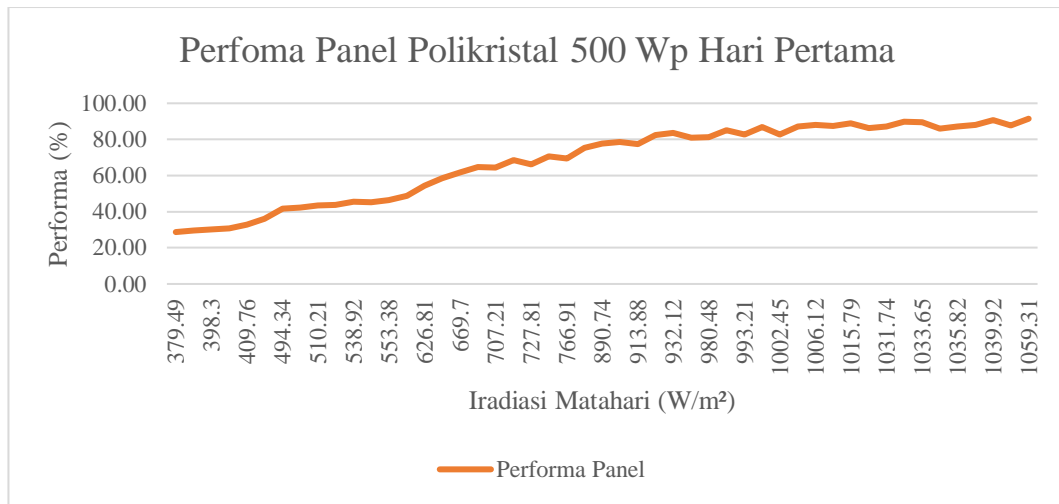
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Pengukuran Arus (Isc) dan Iradiasi Matahari Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp

Berdasarkan pada Gambar 4.23, 4.24, 4.25, 4.26 dan 4.27, analisis perbandingan antara hasil arus (Isc) dengan iradiasi matahari pada panel surya menunjukkan pola yang signifikan. Terdapat suatu hubungan erat yang dapat diamati antara iradiasi matahari dan arus (Isc) yang dihasilkan. Secara umum, dapat

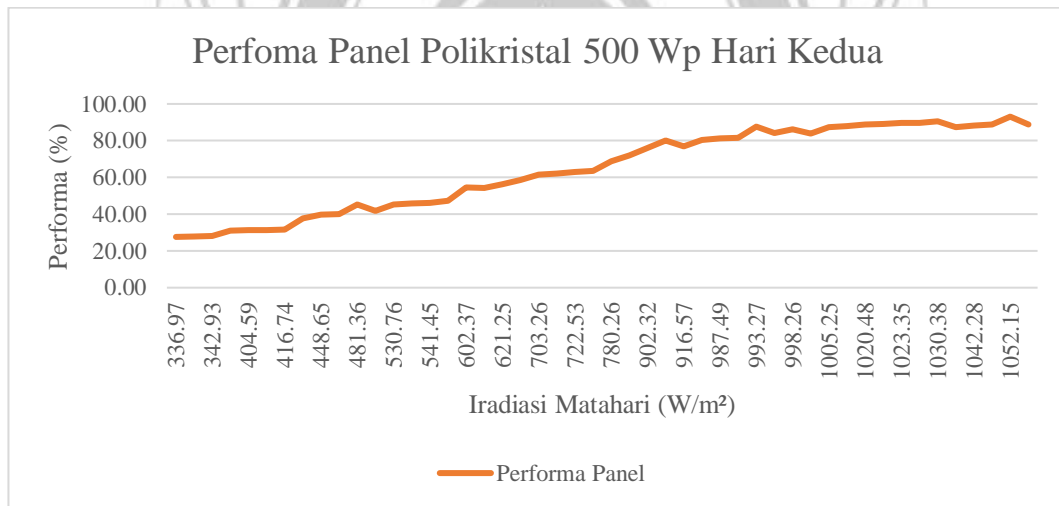
diamati bahwa ketika iradiasi matahari mengalami kenaikan, arus (I_{sc}) yang dihasilkan pada panel surya juga mengalami peningkatan yang sejalan. Sebaliknya, apabila intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, arus yang dihasilkan oleh panel surya juga menurun seiringnya. Fenomena ini sesuai dengan prinsip dasar sel fotovoltaik. Ketika intensitas radiasi matahari meningkat, energi cahaya yang lebih besar diserap oleh material semikonduktor di dalam sel. Hal ini mengakibatkan terbentuknya lebih banyak pasangan *elektron-hole*, yang pada gilirannya menghasilkan aliran arus yang lebih besar dalam rangkaian sirkuit. Sebaliknya, ketika intensitas radiasi matahari menurun, jumlah energi *foton* yang diserap oleh panel surya juga menurun. Akibatnya, jumlah pasangan *elektron-hole* yang tercipta pun berkurang, menyebabkan penurunan aliran arus (I_{sc}) dalam sirkuit.

Sehingga hasil perbandingan tersebut sesuai dengan karakteristik kurva I-V (arus-tegangan) yang diilustrasikan dalam Gambar 2.1, maka penting untuk menghubungkannya. Kurva ini memvisualisasikan bagaimana relasi antara arus dan tegangan pada panel surya berubah seiring variasi iradiasi matahari dan suhu. Dengan demikian, hasil pengujian yang telah dilakukan sejalan dengan karakteristik ini dan memberikan konfirmasi empiris terhadap prediksi teoretis yang diwakili dalam kurva I-V.

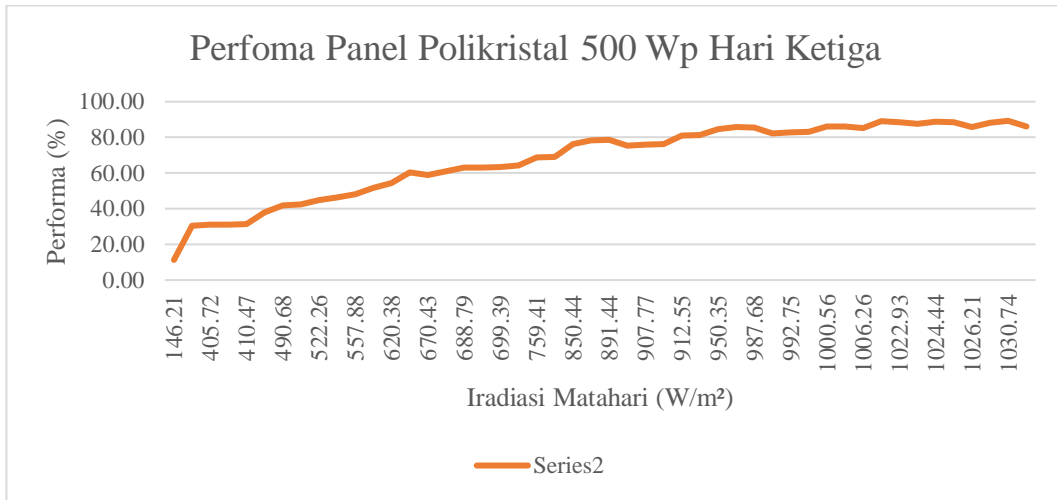
4.5.7 Grafik Performa Panel Polikristal 500 Wp



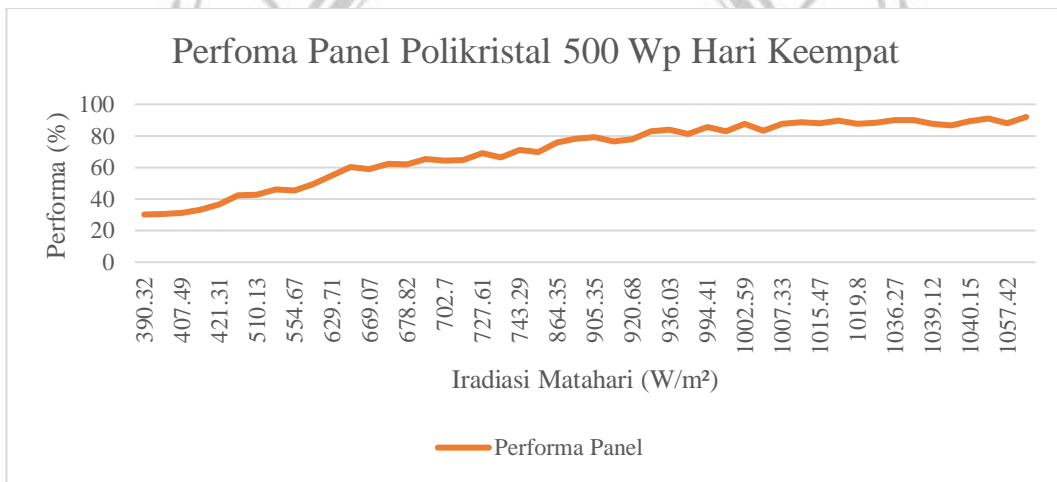
Gambar 4.28 Grafik Performa Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



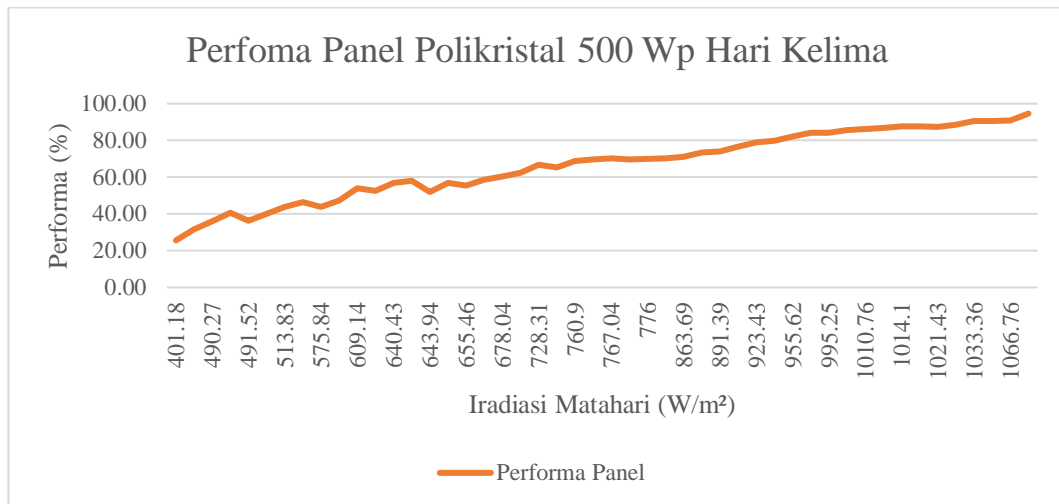
Gambar 4.29 Grafik Performa Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



Gambar 4.30 Grafik Performa Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



Gambar 4.31 Grafik Performa Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi



Gambar 4.32 Grafik Performa Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp Terhadap Iradiasi

Berdasarkan Gambar 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, dan 4.32 terlihat bahwa performa panel polikristal 500 Wp memiliki keterkaitan yang signifikan dengan iradiasi matahari yang diterimanya. Grafik tersebut menggambarkan bahwa semakin tinggi intensitas iradiasi matahari yang masuk ke panel, semakin tinggi juga performa panel dalam menghasilkan energi listrik. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar teknologi fotovoltaik, peningkatan iradiasi matahari berarti lebih banyak foton energi yang dapat diserap oleh material semikonduktor dalam panel, sehingga mengakibatkan peningkatan aliran arus dan daya yang dihasilkan. Sehingga, dari pengujian yang telah dilakukan selama 5 hari didapatkan bahwa rata-rata persentase performa panel polikristal 500 Wp untuk hari pertama sampai hari kelima yaitu 68,05%, 64,56%, 67,73%, 70,36%, dan 66,47%. Sehingga untuk performa panel polikristal 500 Wp yang telah diuji selama lima hari memiliki rata – rata performa sebagai berikut:

Tabel 4.21 Rata - rata Performa Panel Polikristal 500 Wp Selama Lima hari

| No | Tanggal Pengujian | Rata - rata performa (%) |
|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 08 Agustus 2023 | 68,05 |
| 2 | 09 Agustus 2023 | 64,56 |
| 3 | 11 Agustus 2023 | 67,73 |
| 4 | 12 Agustus 2023 | 70,36 |
| 5 | 13 Agustus 2023 | 66,47 |
| Rata – rata | | 67,43 |

Berdasarkan Tabel 4.20, diperoleh rata-rata persentase performa tertinggi dari hasil pengujian selama lima hari di Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang terjadi pada hari keempat, tanggal 12 Agustus 2023. Sementara itu, performa terendah tercatat pada hari kedua, tanggal 09 Agustus 2023. Hasil ini mengindikasikan bahwa rata-rata performa panel polikristal 500 Wp selama periode lima hari pengujian adalah sebesar 67,43%.

4.6 Tampilan *Database* dan *Website*

4.6.1 Data Sensor Pada *Database* Mode Manual

| id | token | tegangan | arus | suhuPanel | suhuLingkungan | iradiasi | performa | waktu |
|----|----------|----------|------|-----------|----------------|----------|----------|---------------------|
| 1 | 03a29ffd | 112.41 | 3.04 | 45.64 | 34.06 | 671.15 | 50.81 | 2023-07-12 09:00:00 |
| 2 | 03a29ffd | 112.60 | 3.37 | 46.15 | 33.05 | 658.68 | 56.47 | 2023-07-12 09:02:00 |
| 3 | 03a29ffd | 112.24 | 5.93 | 47.66 | 34.31 | 665.18 | 49.52 | 2023-07-12 09:04:00 |
| 4 | 03a29ffd | 112.09 | 3.21 | 48.42 | 37.08 | 679.14 | 53.48 | 2023-07-12 09:08:00 |
| 5 | 03a29ffd | 106.42 | 1.12 | 48.17 | 35.07 | 204.73 | 17.74 | 2023-07-12 09:12:00 |
| 6 | 03a29ffd | 114.32 | 8.28 | 47.16 | 35.81 | 769.18 | 70.43 | 2023-07-12 09:14:00 |
| 7 | 03a29ffd | 115.14 | 3.91 | 47.16 | 35.57 | 782.09 | 66.99 | 2023-07-12 09:20:00 |
| 8 | 03a29ffd | 104.71 | 0.84 | 47.66 | 35.32 | 201.18 | 13.15 | 2023-07-12 09:22:00 |
| 9 | 03a29ffd | 108.41 | 3.39 | 46.65 | 34.06 | 340.37 | 27.34 | 2023-07-12 09:24:00 |
| 10 | 03a29ffd | 112.71 | 2.59 | 46.91 | 34.56 | 605.85 | 43.40 | 2023-07-12 09:30:00 |
| 11 | 03a29ffd | 115.42 | 4.65 | 47.50 | 34.56 | 909.85 | 79.87 | 2023-07-12 09:31:00 |
| 12 | 03a29ffd | 105.55 | 3.46 | 47.16 | 35.57 | 346.35 | 27.95 | 2023-07-12 09:32:00 |
| 13 | 03a29ffd | 106.44 | 0.90 | 44.38 | 34.06 | 195.05 | 14.52 | 2023-07-12 09:40:00 |
| 14 | 03a29ffd | 108.38 | 1.16 | 44.13 | 33.31 | 205.88 | 18.71 | 2023-07-12 09:42:00 |
| 15 | 03a29ffd | 108.71 | 2.01 | 43.62 | 33.31 | 203.81 | 16.26 | 2023-07-12 09:43:00 |
| 16 | 03a29ffd | 112.35 | 1.27 | 40.34 | 32.30 | 292.38 | 21.32 | 2023-07-12 09:50:00 |
| 17 | 03a29ffd | 115.26 | 2.27 | 40.59 | 32.55 | 488.87 | 38.91 | 2023-07-12 09:52:00 |
| 18 | 03a29ffd | 110.30 | 1.98 | 40.59 | 32.55 | 200.90 | 16.25 | 2023-07-12 09:51:00 |

Gambar 4.33 Data Sensor Database Mode Manual

Pada Gambar 4.33 merupakan tampilan hasil data pengujian mode manual yang telah dilakukan oleh alat *performance tester* dari gambar tersebut parameter yang ditampilkan yaitu Voc (*Open Circuit Voltage*), Isc (*Short Circuit Current*), suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari. Sedangkan token pada tampilan tersebut berfungsi sebagai autentifikasi dari alat yang digunakan. Data hasil yang direkam oleh alat dikirim tiap selesai melakukan pengukuran manual ke *database*. Pada gambar tersebut terdapat 129 baris data sensor yang telah direkam setiap ± 10 menit selama 8 jam waktu pengukuran dengan menggunakan mode manual telah masuk ke dalam *database*.

4.6.2 Data Sensor Pada *Database* Mode Otomatis

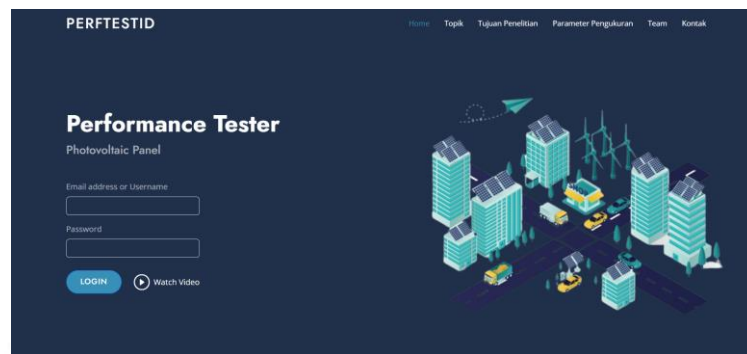
| | tegangan | arus | suhuPanel | suhuLingkungan | iradiasi | performa | waktu |
|--------------------|----------|------|-----------|----------------|----------|----------|---------------------|
| □ Edit Copy Delete | 18.50 | 1.85 | 57.26 | 22.74 | 1008.65 | 53.08 | 2023-07-29 00:57:10 |
| □ Edit Copy Delete | 18.39 | 1.89 | 60.54 | 19.46 | 1006.29 | 53.97 | 2023-07-29 01:07:09 |
| □ Edit Copy Delete | 18.46 | 1.85 | 59.03 | 14.68 | 1022.30 | 52.98 | 2023-07-29 01:17:08 |
| □ Edit Copy Delete | 18.63 | 1.76 | 55.49 | 13.17 | 1032.54 | 57.11 | 2023-07-29 01:27:07 |
| □ Edit Copy Delete | 18.48 | 1.78 | 58.77 | 13.93 | 1033.94 | 57.23 | 2023-07-29 01:37:06 |
| □ Edit Copy Delete | 18.48 | 1.76 | 56.75 | 12.67 | 1036.38 | 56.65 | 2023-07-29 01:47:05 |
| □ Edit Copy Delete | 18.27 | 1.76 | 62.56 | 11.16 | 1024.30 | 56.00 | 2023-07-29 01:57:04 |
| □ Edit Copy Delete | 18.07 | 1.74 | 65.34 | 11.16 | 1037.52 | 54.81 | 2023-07-29 02:07:03 |
| □ Edit Copy Delete | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2023-08-02 23:34:00 |
| □ Edit Copy Delete | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2023-08-02 23:34:33 |
| □ Edit Copy Delete | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2023-08-02 23:38:04 |
| □ Edit Copy Delete | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2023-08-02 23:39:47 |
| □ Edit Copy Delete | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2023-08-02 23:40:11 |
| □ Edit Copy Delete | 5.62 | 0.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.38 | 2023-08-02 23:43:11 |
| □ Edit Copy Delete | 5.72 | 0.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.47 | 2023-08-02 23:53:10 |
| □ Edit Copy Delete | 5.71 | 0.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.65 | 2023-08-03 00:03:09 |
| □ Edit Copy Delete | 5.68 | 0.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.63 | 2023-08-03 00:13:08 |
| □ Edit Copy Delete | 115.64 | 2.87 | 42.87 | 29.53 | 568.53 | 49.37 | 2023-08-12 08:36:06 |
| □ Edit Copy Delete | 113.80 | 2.49 | 44.89 | 28.03 | 499.17 | 42.23 | 2023-08-12 08:52:47 |
| □ Edit Copy Delete | 115.89 | 3.60 | 46.91 | 29.78 | 678.82 | 62.08 | 2023-08-12 09:02:46 |
| □ Edit Copy Delete | 115.38 | 3.51 | 50.44 | 30.29 | 658.82 | 60.20 | 2023-08-12 09:12:45 |
| □ Edit Copy Delete | 114.92 | 3.77 | 35.04 | 27.77 | 702.70 | 64.45 | 2023-08-12 09:22:44 |

Gambar 4.34 Data Sensor *Database* Mode Otomatis

Pada Gambar 4.34 merupakan tampilan hasil data pengujian mode otomatis yang telah dilakukan oleh alat *performance tester* dari gambar tersebut parameter yang ditampilkan yaitu Voc (*Open Circuit Voltage*), Isc (*Short Circuit Current*), suhu lingkungan, suhu panel, dan iradiasi matahari. Sedangkan token pada tampilan tersebut berfungsi sebagai autentifikasi dari alat yang digunakan. Data hasil yang direkam oleh alat dikirim tiap 10 menit ke *database*. Pada gambar tersebut hasil

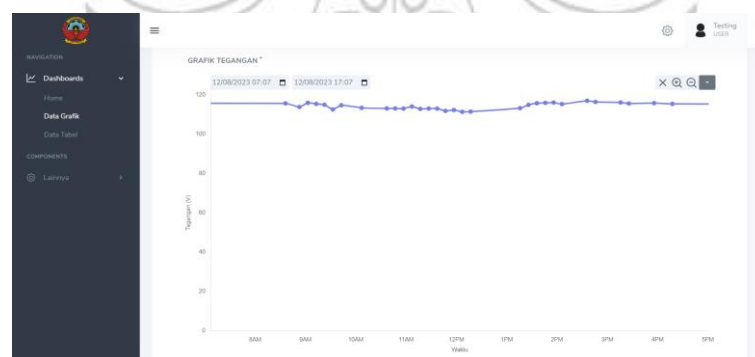
dari pengujian yang telah direkam selama 8 jam waktu pengukuran mode otomatis dengan data yang dikirimkan setiap 10 menit pada mode otomatis dan telah masuk ke dalam *database*.

4.6.3 Tampilan *Website* Data Hasil Pengujian



Gambar 4.35 Tampilan *Landing Page* Pada *Website*

Berdasarkan Gambar 4.35 merupakan tampilan *landing page* pada *website*. Pada *landing page* terdapat menu login untuk dapat masuk ke halaman *dashboard* pada *website*. Selain itu, pada *landing page* juga terdapat informasi singkat mengenai topik, tujuan penelitian, parameter pengukuran, *team*, dan kontak.



Gambar 4.36 Tampilan Data Grafik Pada *Dashboard Website*

Berdasarkan Gambar 4.36 merupakan tampilan data grafik pada *dashboard website* untuk pengukuran mode otomatis pada panel polikristal 500 Wp. Pada data

grafik akan ditampilkan data yang telah direkam oleh alat *performance tester*. Data yang ditampilkan dapat dipilah sesuai dengan rentang waktu yang diinginkan. Data grafik yang akan ditampilkan yakni grafik setiap parameter yang diukur, seperti grafik tegangan(Voc), arus (Isc), suhu lingkungan, suhu panel, iradiasi matahari dan performa pada panel.

| No | Tegangan (V) | Arus (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m²) | Performa (%) | Waktu |
|----|--------------|----------|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|
| 1 | 115.64 | 2.87 | 29.53 | 42.87 | 568.53 | 49.37 | 2023-08-12 08:36:06 |
| 2 | 113.80 | 2.49 | 29.03 | 44.89 | 499.17 | 42.23 | 2023-08-12 08:52:47 |
| 3 | 115.89 | 3.60 | 29.78 | 46.91 | 678.82 | 62.08 | 2023-08-12 09:02:46 |

Gambar 4.37 Tampilan Data Tabel Pada *Dashboard Website*

Berdasarkan Gambar 4.47 merupakan tampilan data tabel pada *dashboard website* untuk pengukuran mode otomatis pada panel polikristal 500 Wp. Pada data tabel akan ditampilkan data yang telah direkam oleh alat *performance tester*. Data yang ditampilkan dapat dipilah sesuai dengan rentang waktu yang diinginkan. Parameter yang ditampilkan, yaitu tegangan (Voc), arus (Isc), suhu lingkungan, suhu panel, iradiasi matahari, performa panel dan waktu pengukuran.

4.7 Skenario Hasil Uji *Blackbox Testing*

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan dengan metode *blackbox testing* dengan menggunakan beberapa skenario pengujian. Berikut merupakan tabel skenario pengujian *blackbox testing*:

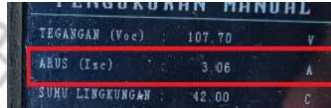
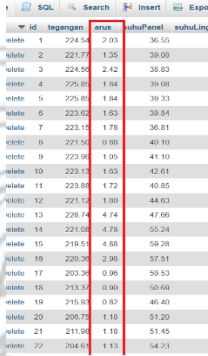
Tabel 4.22 Skenario Uji *Blackbox Testing*

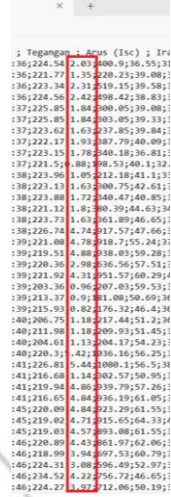
| Data Masukan/Keluaran | Skenario Pengujian |
|---|---|
| Sensor Arus ACS758 | Pembacaan data Arus hubung singkat (I_{sc}) pada panel <i>photovoltaic</i> |
| Sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) | Pembacaan data Tegangan hubung buka (V_{oc}) pada panel <i>photovoltaic</i> |
| Sensor Iradiasi (BH1750) | Pembacaan data iradiasi dengan data lux pada BH1750 |
| Sensor suhu Termokopel tipe K | Pembacaan data suhu lingkungan dan suhu panel <i>photovoltaic</i> |
| <i>Robotdyn ESP8266</i> | Penerima jaringan internet |
| LCD TFT <i>Touchscreen</i> | Pengatur mode perangkat (<i>otomatis/manual</i>) |
| <i>Login</i> | Melakukan login masuk ke <i>website</i> |
| <i>Dashboard</i> | Menampilkan data hasil pengukuran |
| Sakelar <i>ON/OFF</i> | Menyalakan dan mematikan perangkat |
| <i>Push Button Start</i> | Memulai pengukuran manual |

Skenario, hasil yang diharapkan, hasil sebenarnya dan kesimpulan dengan metode blackbox testing pada perangkat ini dapat dilihat pada Tabel 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, dan 4.32 adalah sebagai berikut:

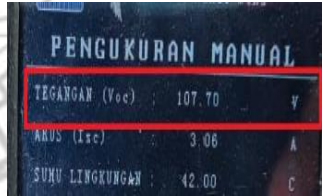
Tabel 4.23 *Blackbox Testing* Hasil Uji Sensor ACS758

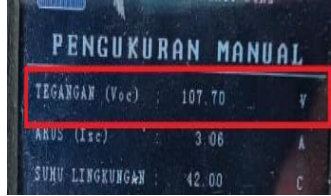

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|---|----------------------------------|------------|---|
| Pembacaan data Arus hubung singkat (I_{sc}) | Sensor ACS758 dapat membaca arus hubung | Sensor ACS758 dapat membaca arus | Berhasil |  |

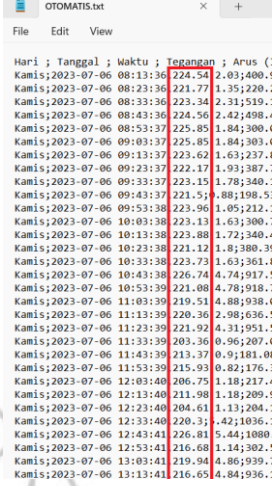
| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|---|---|------------|---|
| | singkat (Isc) pada keluaran panel <i>photovoltaic</i> | hubung singkat (Isc) | | |
| Penampilan data pada <i>display</i> LCD | Data dari sensor ACS758 yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD | Data sensor ACS758 diproses dan ditampilkan di <i>display</i> LCD | Berhasil |  |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor ACS758 akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. | Data sensor ACS758 terkirim ke basis data | Berhasil |  |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------------------------|--|--|------------|---|
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor ACS758 yang telah diproses akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger | Data sensor ACS758 dapat diproses dan tersimpan di SD Card | Berhasil |  |

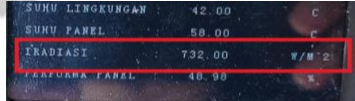
Tabel 4.24 *Blackbox Testing* Hasil Uji Sensor Tegangan DC

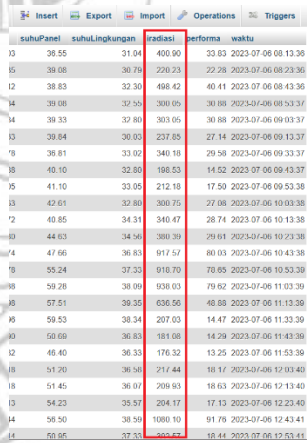
| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|--|--|------------|---|
| Pembacaan data Tegangan hubung buka (Voc) | Sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) dapat membaca tegangan hubung buka (Voc) pada keluaran panel <i>photovoltaic</i> | Sensor tegangan membaca tegangan hubung buka (Voc) | Berhasil |  |

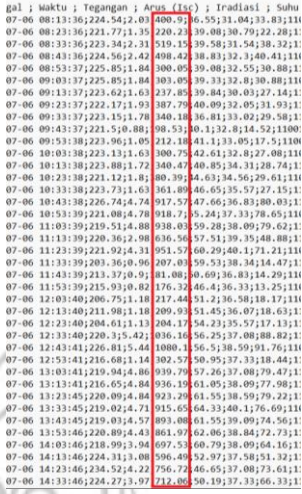
| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|---|---|------------|---|
| Penampilan data pada <i>display</i> LCD | Data dari sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD | Data sensor tegangan dapat diproses dan dapat ditampilkan pada <i>display</i> LCD | Berhasil |  |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor Tegangan DC (<i>Voltage Divider</i>) akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. | Data dari sensor tegangan dikirimkan ke basis data | Berhasil |  |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------------------------|---|---|------------|--|
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor Tegangan DC yang telah diproses akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger | Data dari sensor tegangan yang telah diproses dapat disimpan pada SD Card | Berhasil |  <pre> OTOMATIS.txt File Edit View Hari ; Tanggal ; Waktu ; Tegangan ; Arus (Kamis;2023-07-06 08:13:36 224.54 2.03;400.5 Kamis;2023-07-06 08:23:36 221.77 1.35;220.5 Kamis;2023-07-06 08:33:36 223.34 2.31;519.5 Kamis;2023-07-06 08:43:36 224.56 2.42;498.4 Kamis;2023-07-06 08:53:37 225.85 1.84;300.4 Kamis;2023-07-06 09:03:37 225.85 1.64;303.4 Kamis;2023-07-06 09:13:37 223.62 1.63;237.1 Kamis;2023-07-06 09:23:37 222.17 1.93;387.5 Kamis;2023-07-06 09:33:37 223.15 1.78;340.5 Kamis;2023-07-06 09:43:37 221.51 1.88;198.5 Kamis;2023-07-06 09:53:38 223.96 1.05;212.2 Kamis;2023-07-06 10:03:38 223.13 1.63;300.5 Kamis;2023-07-06 10:13:38 223.88 1.72;340.5 Kamis;2023-07-06 10:23:38 221.12 1.8;300.3 Kamis;2023-07-06 10:33:38 223.73 1.63;361.1 Kamis;2023-07-06 10:43:38 226.74 4.74;917.1 Kamis;2023-07-06 10:53:39 221.08 4.78;918.5 Kamis;2023-07-06 11:03:39 219.51 4.88;938.4 Kamis;2023-07-06 11:13:39 220.36 2.98;636.5 Kamis;2023-07-06 11:23:39 221.92 4.31;951.1 Kamis;2023-07-06 11:33:39 203.36 0.96;207.4 Kamis;2023-07-06 11:43:39 213.37 0.9;181.0 Kamis;2023-07-06 11:53:39 215.93 0.82;176.5 Kamis;2023-07-06 12:03:40 206.75 1.18;217.4 Kamis;2023-07-06 12:13:40 211.98 1.18;209.5 Kamis;2023-07-06 12:23:40 204.61 1.13;204.4 Kamis;2023-07-06 12:33:40 220.31 4.42;1036.5 Kamis;2023-07-06 12:43:41 226.81 5.44;1080 Kamis;2023-07-06 12:53:41 216.68 1.14;302.5 Kamis;2023-07-06 13:03:41 219.94 4.86;939.5 Kamis;2023-07-06 13:13:41 216.65 4.84;936.5 </pre> |

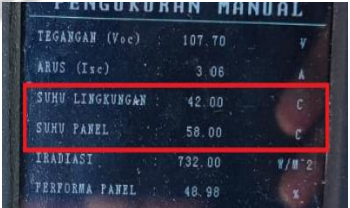
Tabel 4.25 Blackbox Testing Hasil Uji Sensor Iradiasi Matahari


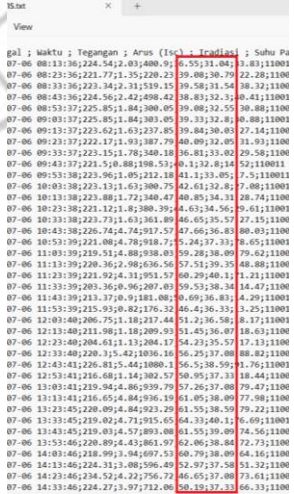
| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|----------------------|---|---|------------|--|
| Pembacaan lux | Sensor BH1750 dapat membaca intensitas cahaya (lux) dan dikonversi ke iradiasi matahari (W/m ²) | Sensor BH1750 membaca intensitas cahaya (lux) dan dapat dikonversi ke iradiasi matahari (W/m ²) | Berhasil |  <pre> SUHU LINGKUNGAN 42.00 C SUHU PANEL 59.00 C IRADIASI 732.00 W/M^2 TEMPERATUR PANEL 48.98 C </pre> |
| Penampilan data pada | Data dari sensor BH1750 yang | Data dari sensor BH1750 | Berhasil | |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|------------|---|---------------------|-----------|-----------------|---------|----------|-------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|----|-------|-------|---------|-------|---------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|
| display LCD TFT | telah diproses akan ditampilkan pada display LCD TFT dalam satuan iradiasi (W/m^2) | diproses dan ditampilkan pada display LCD dalam satuan iradiasi (W/m^2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor BH1750 yang telah dikonversi ke satuan W/m^2 akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. | Data sensor BH1750 terkonversi ke satuan W/m^2 dan terkirim ke basis data | Berhasil |  <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>suhuPanel</th> <th>suhu.lingkungan</th> <th>radiasi</th> <th>performa</th> <th>waktu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>36.55</td><td>31.04</td><td>400.90</td><td>33.63</td><td>2023-07-06 08:13:36</td></tr> <tr><td>15</td><td>38.08</td><td>30.79</td><td>220.23</td><td>22.28</td><td>2023-07-06 08:23:36</td></tr> <tr><td>12</td><td>38.83</td><td>32.30</td><td>488.42</td><td>40.41</td><td>2023-07-06 08:43:36</td></tr> <tr><td>14</td><td>39.08</td><td>32.55</td><td>300.05</td><td>30.88</td><td>2023-07-06 09:53:37</td></tr> <tr><td>14</td><td>39.33</td><td>32.80</td><td>303.05</td><td>30.88</td><td>2023-07-06 09:03:37</td></tr> <tr><td>13</td><td>39.84</td><td>30.00</td><td>237.85</td><td>27.14</td><td>2023-07-06 09:13:37</td></tr> <tr><td>78</td><td>38.81</td><td>33.00</td><td>340.18</td><td>29.58</td><td>2023-07-06 09:33:37</td></tr> <tr><td>16</td><td>40.10</td><td>32.60</td><td>198.53</td><td>14.52</td><td>2023-07-06 09:43:37</td></tr> <tr><td>15</td><td>41.10</td><td>33.05</td><td>212.18</td><td>17.50</td><td>2023-07-06 09:53:38</td></tr> <tr><td>13</td><td>42.61</td><td>32.80</td><td>300.75</td><td>27.08</td><td>2023-07-06 10:03:38</td></tr> <tr><td>72</td><td>40.85</td><td>34.31</td><td>340.47</td><td>28.74</td><td>2023-07-06 10:13:38</td></tr> <tr><td>13</td><td>44.63</td><td>34.90</td><td>380.39</td><td>29.61</td><td>2023-07-06 10:23:38</td></tr> <tr><td>74</td><td>47.66</td><td>36.85</td><td>917.57</td><td>80.03</td><td>2023-07-06 10:43:38</td></tr> <tr><td>78</td><td>55.24</td><td>37.30</td><td>918.70</td><td>78.85</td><td>2023-07-06 10:53:39</td></tr> <tr><td>16</td><td>59.28</td><td>38.09</td><td>938.03</td><td>79.62</td><td>2023-07-06 11:03:39</td></tr> <tr><td>16</td><td>57.51</td><td>39.35</td><td>636.56</td><td>48.88</td><td>2023-07-06 11:13:39</td></tr> <tr><td>16</td><td>59.53</td><td>38.34</td><td>207.03</td><td>14.47</td><td>2023-07-06 11:33:39</td></tr> <tr><td>10</td><td>50.69</td><td>36.83</td><td>181.08</td><td>14.29</td><td>2023-07-06 11:43:39</td></tr> <tr><td>12</td><td>46.40</td><td>36.33</td><td>176.32</td><td>13.25</td><td>2023-07-06 11:53:39</td></tr> <tr><td>18</td><td>51.20</td><td>36.50</td><td>217.44</td><td>18.17</td><td>2023-07-06 12:03:40</td></tr> <tr><td>18</td><td>51.45</td><td>36.07</td><td>208.93</td><td>18.63</td><td>2023-07-06 12:13:40</td></tr> <tr><td>13</td><td>54.23</td><td>35.57</td><td>204.17</td><td>17.13</td><td>2023-07-06 12:23:40</td></tr> <tr><td>14</td><td>58.50</td><td>38.59</td><td>1080.10</td><td>91.78</td><td>2023-07-06 12:43:41</td></tr> <tr><td>14</td><td>50.95</td><td>37.31</td><td>300.72</td><td>18.44</td><td>2023-07-06 12:53:41</td></tr> </tbody> </table> | | suhuPanel | suhu.lingkungan | radiasi | performa | waktu | 10 | 36.55 | 31.04 | 400.90 | 33.63 | 2023-07-06 08:13:36 | 15 | 38.08 | 30.79 | 220.23 | 22.28 | 2023-07-06 08:23:36 | 12 | 38.83 | 32.30 | 488.42 | 40.41 | 2023-07-06 08:43:36 | 14 | 39.08 | 32.55 | 300.05 | 30.88 | 2023-07-06 09:53:37 | 14 | 39.33 | 32.80 | 303.05 | 30.88 | 2023-07-06 09:03:37 | 13 | 39.84 | 30.00 | 237.85 | 27.14 | 2023-07-06 09:13:37 | 78 | 38.81 | 33.00 | 340.18 | 29.58 | 2023-07-06 09:33:37 | 16 | 40.10 | 32.60 | 198.53 | 14.52 | 2023-07-06 09:43:37 | 15 | 41.10 | 33.05 | 212.18 | 17.50 | 2023-07-06 09:53:38 | 13 | 42.61 | 32.80 | 300.75 | 27.08 | 2023-07-06 10:03:38 | 72 | 40.85 | 34.31 | 340.47 | 28.74 | 2023-07-06 10:13:38 | 13 | 44.63 | 34.90 | 380.39 | 29.61 | 2023-07-06 10:23:38 | 74 | 47.66 | 36.85 | 917.57 | 80.03 | 2023-07-06 10:43:38 | 78 | 55.24 | 37.30 | 918.70 | 78.85 | 2023-07-06 10:53:39 | 16 | 59.28 | 38.09 | 938.03 | 79.62 | 2023-07-06 11:03:39 | 16 | 57.51 | 39.35 | 636.56 | 48.88 | 2023-07-06 11:13:39 | 16 | 59.53 | 38.34 | 207.03 | 14.47 | 2023-07-06 11:33:39 | 10 | 50.69 | 36.83 | 181.08 | 14.29 | 2023-07-06 11:43:39 | 12 | 46.40 | 36.33 | 176.32 | 13.25 | 2023-07-06 11:53:39 | 18 | 51.20 | 36.50 | 217.44 | 18.17 | 2023-07-06 12:03:40 | 18 | 51.45 | 36.07 | 208.93 | 18.63 | 2023-07-06 12:13:40 | 13 | 54.23 | 35.57 | 204.17 | 17.13 | 2023-07-06 12:23:40 | 14 | 58.50 | 38.59 | 1080.10 | 91.78 | 2023-07-06 12:43:41 | 14 | 50.95 | 37.31 | 300.72 | 18.44 | 2023-07-06 12:53:41 |
| | suhuPanel | suhu.lingkungan | radiasi | performa | waktu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 36.55 | 31.04 | 400.90 | 33.63 | 2023-07-06 08:13:36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 38.08 | 30.79 | 220.23 | 22.28 | 2023-07-06 08:23:36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 38.83 | 32.30 | 488.42 | 40.41 | 2023-07-06 08:43:36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 39.08 | 32.55 | 300.05 | 30.88 | 2023-07-06 09:53:37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 39.33 | 32.80 | 303.05 | 30.88 | 2023-07-06 09:03:37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 39.84 | 30.00 | 237.85 | 27.14 | 2023-07-06 09:13:37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | 38.81 | 33.00 | 340.18 | 29.58 | 2023-07-06 09:33:37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 40.10 | 32.60 | 198.53 | 14.52 | 2023-07-06 09:43:37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 41.10 | 33.05 | 212.18 | 17.50 | 2023-07-06 09:53:38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 42.61 | 32.80 | 300.75 | 27.08 | 2023-07-06 10:03:38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | 40.85 | 34.31 | 340.47 | 28.74 | 2023-07-06 10:13:38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 44.63 | 34.90 | 380.39 | 29.61 | 2023-07-06 10:23:38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | 47.66 | 36.85 | 917.57 | 80.03 | 2023-07-06 10:43:38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | 55.24 | 37.30 | 918.70 | 78.85 | 2023-07-06 10:53:39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 59.28 | 38.09 | 938.03 | 79.62 | 2023-07-06 11:03:39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 57.51 | 39.35 | 636.56 | 48.88 | 2023-07-06 11:13:39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 59.53 | 38.34 | 207.03 | 14.47 | 2023-07-06 11:33:39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 50.69 | 36.83 | 181.08 | 14.29 | 2023-07-06 11:43:39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 46.40 | 36.33 | 176.32 | 13.25 | 2023-07-06 11:53:39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 51.20 | 36.50 | 217.44 | 18.17 | 2023-07-06 12:03:40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 51.45 | 36.07 | 208.93 | 18.63 | 2023-07-06 12:13:40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 54.23 | 35.57 | 204.17 | 17.13 | 2023-07-06 12:23:40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 58.50 | 38.59 | 1080.10 | 91.78 | 2023-07-06 12:43:41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 50.95 | 37.31 | 300.72 | 18.44 | 2023-07-06 12:53:41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------------------------|--|---|------------|---|
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor BH1750 yang telah dikonversi ke satuan W/m^2 akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger | Data sensor BH1750 terkonversi ke satuan W/m^2 dan tersimpan pada SD Card | Berhasil |  |


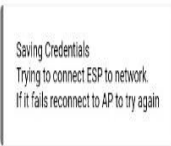
Tabel 4.26 *Blackbox Testing* Hasil Uji Suhu Termokopel Tipe K

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|--|---|------------|---|
| Pembacaan data suhu lingkungan dan suhu panel | Sensor suhu termokopel tipe K dapat membaca suhu pada lingkungan dan suhu pada panel <i>photovoltaic</i> | Sensor suhu termokopel tipe K dapat membaca suhu lingkungan dan panel <i>photovoltaic</i> | Berhasil |  |
| Penampilan data pada <i>display LCD</i> | Data dari sensor suhu termokopel | Data sensor suhu termokopel | Berhasil | |


| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---------------------------------|--|---|------------|---|
| | tipe K yang telah diproses akan ditampilkan pada <i>display</i> LCD | tipe K diproses dan dapat ditampilkan pada <i>display</i> LCD | | |
| Pengiriman data pada basis data | Data dari sensor suhu termokopel tipe K akan dikirimkan ke basis data dengan menggunakan protokol HTTP. | Data sensor suhu termokopel tipe K terkirim ke basis data | Berhasil |  |
| Penyimpanan data pada SD Card | Data dari sensor suhu Termokopel Tipe K yang telah diproses akan disimpan pada SD Card yang ada pada Data Logger | Data sensor suhu termokopel tipe K diproses dan disimpan pada SD Card | Berhasil |  |



Tabel 4.27 *Blackbox Testing* Hasil Uji *Robotdyn* ESP8266 dan Halaman Login Wifi ESP8266


| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|--|--|---|---|--|
| Mode <i>access point</i> | <i>Robotdyn</i> ESP8266 membuat <i>access point</i> yang dapat diakses kemudian menampilkan halaman untuk memasukkan ssid dan <i>password</i> wifi | <i>Robotdyn</i> ESP8266 membuat <i>access point</i> yang diakses dan dapat ditampilkan untuk memasukkan SSID dan <i>password</i> wifi | Berhasil |  |
| Memasukkan SSID dan <i>password</i> yang tidak sesuai dengan jaringan yang tersedia pada halaman | Sistem memberitahu bahwa data yang dimasukkan tidak sesuai dengan jaringan yang tersedia | <i>Robotdyn</i> ESP8266 tidak terhubung ke jaringan WiFi | Berhasil, tampilan tidak keluar dari <i>window</i> <i>web page</i> <i>login</i> | |





| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|--|---|---|--|
| login ESP8266 | | | | |
| Memasukkan ssid dan password yang sesuai dengan jaringan yang tersedia pada halaman login ESP8266 | <i>Robotdyn</i> ESP8266 terhubung ke jaringan WiFi sesuai dengan ssid dan password yang dimasukkan. | <i>Robotdyn</i> ESP8266 terhubung ke jaringan WiFi | Berhasil, tampilan akan keluar dari <i>window</i> <i>web page</i> <i>login</i> |   |
| Terhubung ke <i>Internet</i> | <i>Robotdyn</i> ESP8266 terkoneksi dengan <i>internet</i> | <i>Robotdyn</i> ESP8266 terkoneksi internet | Berhasil | |

Tabel 4.28 *Blackbox Testing* Hasil Uji LCD TFT Touchscreen

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------------------------------|---|--|------------|---|
| Pemilihan menu mode kerja perangkat | Menampilkan menu untuk memilih mode kerja perangkat | Dapat memilih mode kerja perangkat (mode otomatis, | Berhasil |  |

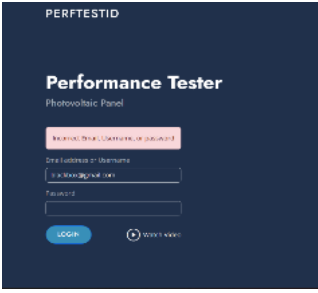
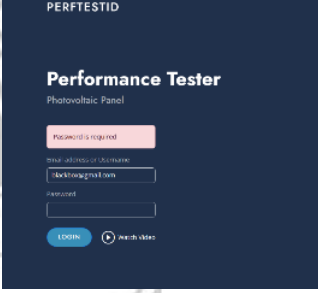
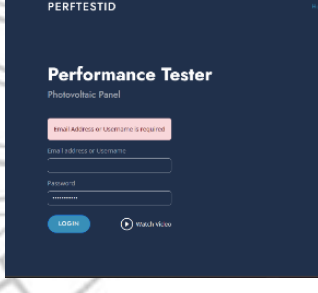
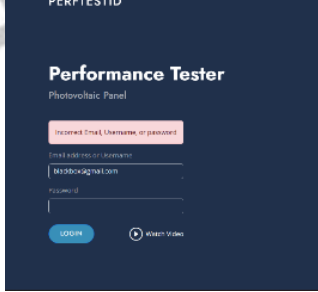
| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------------------|---|---|------------|---|
| | (mode otomatis, mode manual, dan mode multimeter) | mode manual, dan mode multimeter) | | |
| Pemilihan mode otomatis | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> untuk bekerja dalam mode otomatis dan menampilkan pada layar bahwa perangkat bekerja pada mode otomatis | Dapat mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> untuk bekerja dalam mode otomatis | Berhasil |  |
| Pemilihan mode manual | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk bekerja | Dapat mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk bekerja | Berhasil |  |

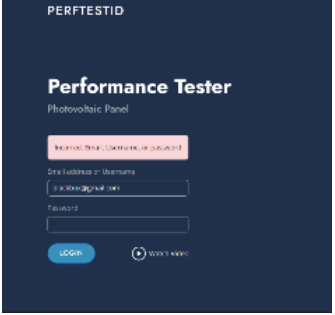
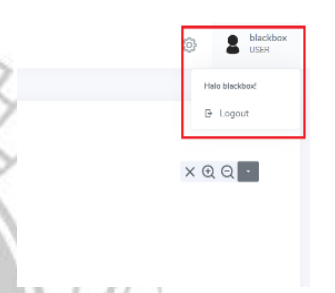
| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---------------------------|--|--|------------|---|
| | dalam mode manual dan menampilkan data hasil pengukuran (Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari) pada layar | dalam mode manual | | |
| Pemilihan mode multimeter | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk bekerja dalam mode multimeter dan menampilkan data pengukuran pada layar. | Dapat mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk bekerja dalam mode multimeter | Berhasil |  |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|----------------------------|--|--|------------|---|
| Pemilihan mode pengaturan | Mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk bekerja dalam mode pengaturan dan menampilkan pemilihan menu untuk input data panel dan kalibrasi sensor arus pada layar. | Dapat mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk bekerja dalam mode pengaturan | Berhasil |    |
| <i>Button stop</i> ditekan | Mengirim perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk menghentikan pengukuran secara otomatis | Dapat mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk menghentikan pengukuran secara otomatis | Berhasil |  |

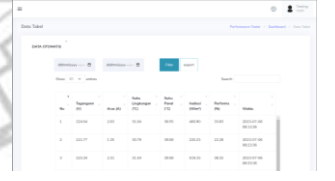

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|----------------------------|--|--|---|---|
| Menu Upload Data | Mengirim perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk mengirim data file OFFLINE.txt yang di SD Card ke basis data | File OFFLINE.txt dapat terkirim ke basis data dengan kondisi koneksi jaringan yang stabil. | Berhasil, tetapi jika jaringan koneksi ke internet kurang stabil maka terdapat data yang tidak terkirim |  |
| Button stop upload ditekan | Mengirimkan perintah untuk menyelesaikan upload data | Dapat mengirimkan perintah ke <i>Robotdyn</i> mega untuk menyelesaikan upload data | Berhasil |  |
| Performa Panel Surya | Menampilkan hasil performa panel surya pada layar LCD TFT | Dapat menampilkan nilai performa panel surya | Berhasil |  |


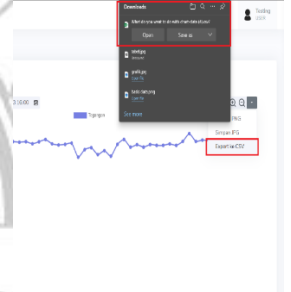
Tabel 4.29 *Blackbox Testing* Hasil Uji Menu Login

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|--|--|------------|---|
| Memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> yang tidak terdaftar | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah | Berhasil |  |
| Memasukkan <i>username</i> saja | Terdapat peringatan untuk memasukkan <i>password</i> | Terdapat peringatan untuk memasukkan <i>password</i> | Berhasil |  |
| Memasukkan <i>password</i> saja | Terdapat peringatan untuk memasukkan <i>username</i> | Terdapat peringatan untuk memasukkan <i>username</i> | Berhasil |  |
| Memasukkan <i>username</i> dengan benar namun <i>password</i> salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah | Berhasil |  |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|---|---|---|------------|--|
| Memasukkan <i>password</i> dengan benar namun <i>username</i> salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah | Sistem memberitahu bahwa kombinasi salah | Berhasil |  |
| Memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i> dengan benar | Dapat masuk ke sistem dan menampilkan menu <i>dashboard</i> | Masuk ke sistem dan menampilkan menu <i>dashboard</i> | Berhasil |  |

Tabel 4.30 *Blackbox Testing* Hasil Uji Menu Dashboard

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|----------------------------------|--|--|------------|---|
| Tabel pemantauan | Menghasilkan tabel pemantauan sensor Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari | Menampilkan tabel data hasil sensor sensor Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari | Berhasil |  |
| Grafik pemantauan terhadap waktu | Menghasilkan data Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi | Voc, Isc, suhu lingkungan, suhu panel dan iradiasi matahari | Berhasil |  |

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------|--|--|------------|--|
| | matahari dalam bentuk grafik terhadap waktu | dalam bentuk grafik | | |
| Filter data | Menampilkan data sesuai dengan filter yang dipilih | Menampilkan data sesuai dengan filter yang dipilih | Berhasil |  |
| Ekspor data | Data berhasil diekspor dalam format .csv | Data berhasil diekspor dalam format .csv | Berhasil |  |

Tabel 4.31 *Blackbox Testing* Hasil Uji Sakelar Perangkat

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|-------------------|--|--|------------|---|
| Status <i>ON</i> | Perangkat mulai bekerja dalam keadaan <i>standby</i> | Perangkat bekerja dalam keadaan <i>standby</i> | Berhasil |  |
| Status <i>OFF</i> | Perangkat dalam keadaan tidak bekerja | Perangkat tidak bekerja | Berhasil |  |

Tabel 4.32 *Blackbox Testing* Hasil Uji *Push Button*

| Butir Uji | Hasil yang diharapkan | Hasil Sebenarnya | Kesimpulan | Bukti Visual |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|--|
| <i>Push Button</i> tidak ditekan | Perangkat tidak memulai pengukuran | Perangkat tidak melakukan pengukuran | Berhasil |  |
| <i>Push Button</i> ditekan | Perangkat memulai pengukuran | Perangkat melakukan pengukuran | Berhasil |  |

4.8 Ketahanan Baterai

Pengujian ketahanan baterai dimulai pada pukul 08.13 WITA hingga pukul 18.33 WITA. Baterai pada alat *performance tester* dapat bertahan hingga ± 10 jam. Baterai yang digunakan pada *alat performance tester* terdiri dari dua baterai, yaitu baterai 12 V x 2000 mAh. Baterai tersebut kemudian disusun secara paralel sehingga memiliki kapasitas sebesar 12 V x 4000 mAh.



Gambar 4.38 Baterai 12 V 2000 mAh
(Sumber: tokopedia.com)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, pembuatan, dan pengujian pada alat *panel photovoltaic performance tester* berbasis mikrokontroler, maka dapat disimpulkan:

1. Cara merancang dan membuat *performance tester* untuk panel *photovoltaic*, yaitu didesain terlebih dahulu kemudian menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Setelah itu, membuat *alat performance tester*, yaitu dengan melakukan proses *wiring* komponen – komponen yang akan digunakan sesuai dengan gambar *wiring diagram*, kemudian *upload* program yang telah dibuat ke *Robotdyn mega*. Melakukan pembuatan *website* untuk alat *performance tester*. Selanjutnya, melakukan pengujian alat *performance tester*.
2. Performa dari *performance tester* dilakukan dengan pengujian terhadap masing – masing komponen sensor yang digunakan. Kemudian nilai sensor – sensor tersebut dibandingkan dengan nilai sensor alat konvensional di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang dan hasil yang diperoleh *% error* rata – rata untuk tiap sensor berada di bawah 3% yang berarti alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja. Pengukuran performa dilakukan dengan dua mode pengukuran, yaitu mode otomatis dan mode manual. Pada mode pengukuran manual, pengujian pada panel *photovoltaic* yang diuji di kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang, terdiri dari panel polikristal 500 Wp, panel monokristal 500 Wp, dan gabungan panel polikristal dan monokristal sehingga

menghasilkan daya 1000 Wp. Kemudian didapatkan rata-rata persentase performa panel surya pada tanggal 12 Juli 2023 untuk panel polikristal 500 Wp sebesar 33,93%, persentase untuk panel monokristal 500 Wp sebesar 36,44%, dan persentase panel polikristal dan monokristal 1000 Wp sebesar 35,31%. Pada mode pengukuran otomatis, pengujian dilakukan pada panel polikristal dengan daya 500 Wp selama lima hari. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata performa panel polikristal selama lima hari sebesar 67,43%.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan dan menyempurnakan, penulis memberikan saran antara lain:

1. Untuk menambah kapasitas rating pengukuran, sebaiknya menggunakan komponen ataupun *relay* dengan spesifikasi rating pengukuran yang tinggi.
2. Untuk display LCD TFT *Touchscreen*, jika fungsi kerja layar sentuh untuk tampilan pada alat ingin lebih sensitif, disarankan menggunakan LCD TFT *touchscreen* dengan jenis *capacitive touchscreen*.
3. Untuk pengembangan selanjutnya selain menggunakan *website*, dapat menambahkan aplikasi berbasis android untuk *monitoring* data hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfanz, R., Sumaedi, R., & Suhendar, S. (2016). Analisis Sistem Fotovoltaik Menggunakan Respon Dinamika Induksi pada Lilitan Kawat Tembaga. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 4(1), 6-11.
- Arifin, J., Zulita, L. N., & Hermawansyah, H. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 90-91. <https://doi.org/10.37676/jmi.v12i1.276>
- Azham, M. N. G. (2022). *LKP: Prediksi Jarak Tempuh Mobil Listrik Menggunakan Sensor Arus* [Laporan Kerja Praktik]. U. Dinamika. <http://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/6163>
- Bagastama, I. (2019). *Pembangkit Listrik Menggunakan Panel Surya Dengan Inverter 1000 Watt* [Laporan Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya]. Palembang. <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/7933>
- Dharmawan, H. A. (2017). *Mikrokontroler: konsep dasar dan praktis*. Universitas Brawijaya Press.
- Harahap, P. (2020). Pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap daya yang dihasilkan dari berbagai jenis sel surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 73-80. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4420>
- Kaswandari, Y. (2017). *Rancang Bangun Sistem Kendali Tirai Vertical Blind Dan Lampu Ruangan Melalui Smartphone Android Berbasis Arduino* [Laporan Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya]. <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/4522>
- Khaffi, A., Idris, A. R., & Sofyan, S. (2020). Rancang Bangun Modul Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI), Makassar.
- Kiswanto, A., Rachmad, H. C., Solichan, A., Saptadi, A. H., Mariani, D., & Prasetyo, M. T. (2022). Rancang Bangun Solar Power Meter Berbasis Arduino Uno dengan Data Logger untuk Pengukuran Insolasi dan Iradiasi Sinar Matahari. *AVITEC*, 4(1), 99-108.
- Kustiawan, E. (2018). Meningkatkan efisiensi peralatan dengan menggunakan solid state relay (SSR) dalam pengaturan suhu pack pre-heating oven (PHO). *Jurnal STT Yuppentek*, 9(1), 1-6.

- Lianda, J., Custer, J., & Adam, A. (2019). Sistem Monitoring Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Uno. Seminar Nasional Industri dan Teknologi, Bengkulu.
- Lukman, M. P. (2015). Optimalisasi Daya Sistem Hibrid Photovoltaic Dengan Suatu Sistem Photovoltaic Thermal Sebagai Sumber Energi Listrik Dan Sistem Pemanas Air. *JTRISTE*, 2(1), 34-45. <https://jurnal.kharisma.ac.id/jtriste/article/view/85>
- Mawaddah, L. (2020). *Rancang bangun automatic human blood type detector menggunakan sensor cahaya BH1750 berdasarkan sifat optik dengan metode ABO* Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta]. <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/50424>
- Muhammad, U., & Usman, U. (2019). Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Solar Meter Berbasis Java Programming. Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika, Makassar.
- Munaji, M., Siswanto, A., Irmansyah, F., & Abdullah, M. L. (2020). Rancang Bangun Pengamanan Stop Kontak Berbasis Arduino Mega. *Mestro: Jurnal Teknik Mesin dan Elektro*, 2(01), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.47685/mestro.v2i02.264>
- Muttaqin, R. (2017). *Analisa performansi dan monitoring pembangkit listrik tenaga surya di departemen teknik fisika FTI-ITS* [Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Surabaya.
- Pramana, D. G. D., Wijaya, I. W. A., & Suyadnya, I. M. A. (2018). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega 328. *Jurnal Spektrum*, 4(2), 89-96.
- Prayudha, Y. W. P., Fadhil, S., & Novianto, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Alat Thermobath sebagai Alat Kalibrasi Temperatur dengan Sistem Arduino Uno. *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 4(1), 25-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v4i1.2541>
- Putra, D. E., & Sapriansyah, H. (2020). Nilai Ekonomis Penggunaan Solar Cell terhadap Genset sebagai Catu Daya pada Base Transciever Station (Bts) Telkomsel di Lokasi Kelapa Dua Kabupaten Banyuwasin. *Jurnal Ampere*, 5(1), 9-20. <https://doi.org/10.31851/ampere.v5i1.4309>
- Ridho Effendy, M. A. (2021). *Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis Iot Menggunakan Arduino Uno Pada Plts Pematang Johar* [Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara]. Medan. <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/16946>

- Risal, M. (2017). Sistem Kontrol Sirkulasi Air Dan Pemberian Pakan Pada Akuarium Ikan Hias. *JURNAL IT*, 8(2), 126-135. <https://doi.org/https://doi.org/10.37639/jti.v8i2.29>
- RIZAL, A. (2023). *Rancang Bangun Resistivity Meter Digital Berbasis Aarduino Mega2560 Universitas Mataram*].
- Robi, R. (2019). *Kontrol dan Monitoring Starbot (Smart Trash Ronot) Menggunakan Aplikasi BLYNK* Politeknik Negeri Sriwijaya]. <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/7967>
- Sahara, N. Y. (2022). *Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 240 Wp Untuk Membebani Motor Pompa Air 1 phasa* [Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara]. Medan. <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/18858>
- Samsurizal, S., Christiono, C., & Makkulau, A. (2019). Evaluasi Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh Irradiance Pada Array Photovoltaic Jenis Monocrystalline. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 8(1), 28-34. <https://doi.org/10.36055/setrum.v8i1.5135>
- Sardadi, A. B. (2018). *Rancang Bangun Alat Display Harga Secara Otomatis Menggunakan LCD Grafis* [Tugas Akhir, Institut Bisnis Dan Informatika Stikom Surabaya]. Surabaya. <http://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/3167>
- Turang, D. A. O. (2015). Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF), Yogyakarta.
- Usman, U., Ahmad, A., Akhdan, M. R., & Ardiyansyah, M. R. (2021). Rancang Bangun Photovoltaic Simulator Untuk Pengujian Karakteristik Panel Surya. Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M), Makassar.
- Usman, U., Muhammad, U., & Wibowo, N. R. (2018). Rancang Bangun Pyranometer Berbasis Mikrokontroler. *Patria Artha Technological Journal*, 2(2), 139-144. <https://doi.org/10.33857/patj.v2i2.137>
- Utomo, M. S. D., Fuada, S., Liu, C., Asri, H. N., Alwan, M. F., Kinanti, K. A., & Pratiwi, W. (2021). Analisis Perhitungan Teori dengan Menggunakan Variasi Simulator Online pada Rangkaian Pembagi Tegangan. *Telecommunications, Networks, Electronics, and Computer Technologies (TELNECT)*, 1(2), 61-70. <https://doi.org/10.36055/setrum.v4i1.459>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel RAB *Performance Tester*

| No. | Daftar Bahan | Jumlah | Satuan (Rupiah) | Total (Rupiah) |
|-----|---|----------|-----------------|----------------|
| 1 | <i>Robotdyn Mega + Esp8266</i> | 1 buah | 500.000 | 500.000 |
| 2 | LCD <i>Touchscreen</i> | 1 buah | 400.000 | 400.000 |
| 3 | Termokopel Tipe K & Modul MAX6675 | 2 buah | 150.000 | 300.000 |
| 4 | Sensor Arus ACS758 | 1 buah | 320.000 | 320.000 |
| 5 | Sensor Tegangan | 1 buah | 90.000 | 90.000 |
| 6 | Kabel <i>Jumper</i> | 5 set | 35.000 | 175.000 |
| 7 | <i>Portable Power Supply for Arduino 12V 2000mAH & IC7805</i> | 2 buah | 150.000 | 300.000 |
| 8 | Modul <i>Push Button</i> | 1 buah | 5.000 | 5.000 |
| 9 | Kemasan Alat | 1 ls | 80.000 | 80.000 |
| 10 | <i>Data Logger Shield</i> | 1 buah | 100.000 | 100.000 |
| 11 | Kabel 1x2.5 mm ² | 10 Meter | 6.000 | 60.000 |
| 12 | Kabel 1x6 mm ² | 10 meter | 50.000 | 500.000 |
| 13 | Lem lilin | 10 buah | 5.000 | 50.000 |
| 14 | Pasta Solder | 1 buah | 15.000 | 15.000 |
| 15 | Timah Solder | 3 roll | 25.000 | 75.000 |
| 16 | <i>Banana Plug (female)</i> | 3 buah | 30.000 | 90.000 |
| 17 | Kabel Multimeter | 1 set | 44.000 | 44.000 |
| 18 | Saklar <i>ON/OFF</i> | 1 buah | 10.000 | 10.000 |
| 19 | <i>Protoboard</i> | 1 buah | 40.000 | 40.000 |
| 20 | Papan PCB | 1 buah | 10.000 | 10.000 |

| No. | Daftar Bahan | Jumlah | Satuan (Rupiah) | Total (Rupiah) |
|---------------|---------------------------|---------|-----------------|----------------|
| 21 | 3.5 mm TRRS to TRRS cable | 3 buah | 130.000 | 390.000 |
| 22 | SD Card | 1 buah | 100.000 | 100.000 |
| 23 | SD Card Reader | 1 buah | 133.000 | 133.000 |
| 24 | Sensor BH1750 | 1 buah | 100.000 | 100.000 |
| 25 | ADS1115 | 1 buah | 100.000 | 100.000 |
| 26 | Hosting Website | 1 ls | 500.000 | 500.000 |
| 27 | Relay 12V 200A | 1 buah | 180.000 | 180.000 |
| 28 | SSR | 1 buah | 155.000 | 155.000 |
| 29 | Mata solder | 2 buah | 40.000 | 80.000 |
| 30 | MC4 Connector | 6 buah | 35.000 | 210.000 |
| 31 | MC4 Spanner | 1 buah | 20.000 | 20.000 |
| 32 | Metal Clamp | 1 buah | 50.000 | 50.000 |
| 33 | Youngpro SC01 Suction Cup | 1 buah | 45.000 | 45.000 |
| 34 | Box x1 & X2B | 1 buah | 15.000 | 15.000 |
| 35 | Heatsink Isolasi | 3 meter | 15.000 | 45.000 |
| 36 | Modul Relay 5V 2 channel | 1 buah | 30.000 | 30.000 |
| 37 | Sticker | 1 ls | 125.000 | 125.000 |
| JUMLAH | | | | 5.442.000 |

Lampiran 2. Data Hasil Pengujian Panel Polikristal 500 Wp Mode Manual

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 09:00 | 112,41 | 3,04 | 34,06 | 45,64 | 671,15 | Cerah | 50,81 |
| 2 | 09:08 | 112,09 | 3,21 | 37,08 | 48,42 | 679,14 | Cerah | 53,48 |
| 3 | 09:20 | 115,14 | 3,91 | 35,57 | 47,16 | 782,09 | Cerah | 66,99 |
| 4 | 09:30 | 112,71 | 2,59 | 34,56 | 46,91 | 605,85 | Cerah Berawan | 43,40 |
| 5 | 09:40 | 108,44 | 0,9 | 34,06 | 44,38 | 195,05 | Berawan | 14,52 |
| 6 | 09:50 | 112,35 | 1,27 | 32,3 | 40,34 | 292,38 | Berawan | 21,32 |
| 7 | 10:03 | 113,62 | 1,88 | 33,56 | 41,1 | 400 | Cerah Berawan | 31,70 |

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 8 | 10:09 | 110,56 | 1,37 | 33,31 | 43,37 | 309,01 | Cerah Berawan | 22,52 |
| 9 | 10:19 | 108,66 | 1,2 | 33,56 | 45,64 | 248,04 | Berawan | 19,40 |
| 10 | 10:32 | 109,36 | 1,16 | 33,31 | 45,9 | 241,97 | Berawan | 18,92 |
| 11 | 10:40 | 109,25 | 0,96 | 33,56 | 41,6 | 205,3 | Berawan Tebal | 15,61 |
| 12 | 10:51 | 109,02 | 0,79 | 32,55 | 40,85 | 180,74 | Berawan Tebal | 12,78 |
| 13 | 11:03 | 107,56 | 0,52 | 32,55 | 38,32 | 124,65 | Berawan Tebal | 8,40 |
| 14 | 11:11 | 109,5 | 0,6 | 32,55 | 37,82 | 152,24 | Berawan Tebal | 9,78 |
| 15 | 11:21 | 116,92 | 3,81 | 33,81 | 38,83 | 759,96 | Cerah | 66,29 |
| 16 | 11:32 | 112,19 | 4,37 | 38,84 | 51,96 | 930,28 | Cerah | 72,93 |
| 17 | 11:40 | 111,31 | 4,35 | 37,33 | 57,26 | 929,26 | Cerah | 72,05 |
| 18 | 11:51 | 111,24 | 4,35 | 39,6 | 57,01 | 936,76 | Cerah | 72,01 |
| 19 | 12:01 | 111,94 | 4,33 | 36,58 | 57,01 | 930,05 | Cerah | 72,15 |
| 20 | 12:10 | 110,64 | 3,31 | 42,2 | 59,03 | 661,26 | Cerah | 54,50 |
| 21 | 12:21 | 107,73 | 2,48 | 38,84 | 57,01 | 512,06 | Cerah | 39,76 |
| 22 | 12:31 | 110,17 | 4,92 | 43,12 | 60,04 | 1015,04 | Cerah | 80,66 |
| 23 | 12:40 | 107,48 | 1,91 | 36,83 | 57,01 | 428,65 | Cerah Berawan | 30,55 |
| 24 | 12:50 | 109 | 1,42 | 36,07 | 51,96 | 313,3 | Cerah Berawan | 23,11 |
| 25 | 13:02 | 109,13 | 1,01 | 33,56 | 45,14 | 205,4 | Berawan Tebal | 16,44 |
| 26 | 13:11 | 106,1 | 0,41 | 31,8 | 40,59 | 96,46 | Berawan Tebal | 6,51 |
| 27 | 13:20 | 106,53 | 0,41 | 30,29 | 39,84 | 95,16 | Berawan Tebal | 6,54 |
| 28 | 13:32 | 105,23 | 0,36 | 30,79 | 35,54 | 72,67 | Berawan Tebal | 5,58 |
| 29 | 13:41 | 104,63 | 0,32 | 30,54 | 34,79 | 66,82 | Berawan Tebal | 4,96 |
| 30 | 13:52 | 107,93 | 0,47 | 30,03 | 33,52 | 103,39 | Berawan Tebal | 7,53 |
| 31 | 14:02 | 110,61 | 0,84 | 30,79 | 31,75 | 187,23 | Berawan | 13,89 |
| 32 | 14:13 | 115,13 | 1,99 | 31,54 | 33,77 | 430,36 | Cerah Berawan | 34,05 |
| 33 | 14:24 | 112,9 | 3,66 | 38,59 | 48,17 | 715,69 | Cerah | 61,43 |

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-------------|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 34 | 14:32 | 112,68 | 3,77 | 39,35 | 49,43 | 743,37 | Cerah | 63,19 |
| 35 | 14:42 | 112,31 | 3,39 | 40,86 | 52,71 | 684,41 | Cerah | 56,72 |
| 36 | 14:50 | 113,09 | 3,53 | 42,2 | 52,21 | 700,9 | Cerah | 59,32 |
| 37 | 15:02 | 110,13 | 1,26 | 32,55 | 41,6 | 277,73 | Berawan | 20,59 |
| 38 | 15:13 | 115,22 | 2,44 | 32,55 | 42,87 | 493,3 | Cerah Berawan | 41,79 |
| 39 | 15:21 | 113,96 | 3,66 | 33,56 | 45,39 | 706,28 | Cerah | 62,00 |
| 40 | 15:30 | 106,83 | 0,62 | 31,8 | 41,6 | 149,19 | Berawan Tebal | 9,84 |
| 41 | 15:40 | 107,04 | 0,49 | 30,79 | 35,8 | 110,31 | Berawan Tebal | 7,77 |
| 42 | 15:50 | 104,39 | 0,3 | 30,03 | 32,76 | 66,87 | Berawan Tebal | 4,66 |
| 43 | 16:00 | 99,28 | 0,17 | 29,53 | 32,51 | 35,66 | Berawan Tebal | 2,49 |
| Rata – rata | | | | | | | | 33,93 |

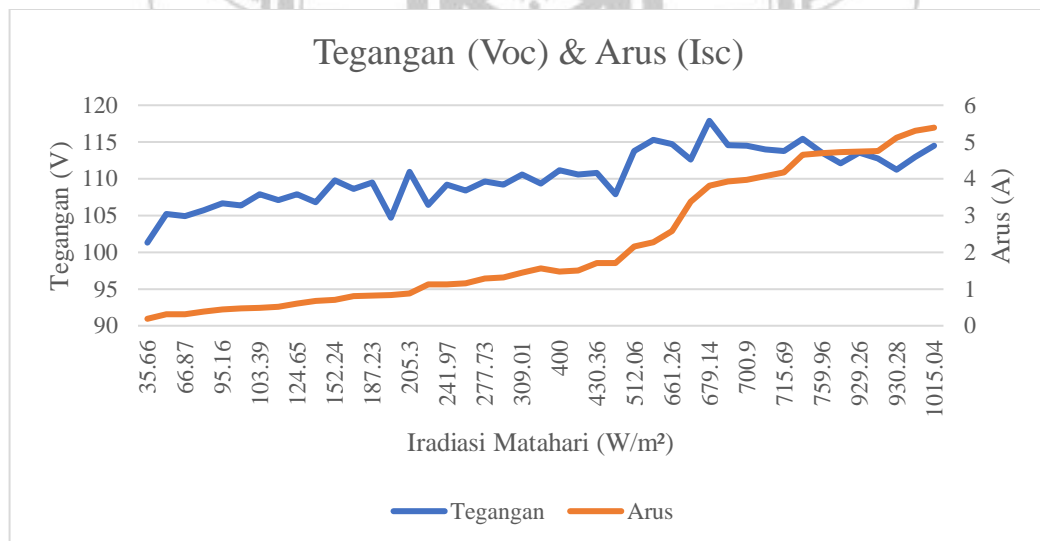
Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Panel Monokristal 500 Wp Mode Manual

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 09:02 | 112,6 | 3,37 | 33,05 | 46,15 | 658,68 | Cerah | 56,47 |
| 2 | 09:12 | 106,42 | 1,12 | 35,07 | 48,17 | 204,73 | Berawan | 17,74 |
| 3 | 09:22 | 104,71 | 0,84 | 35,32 | 47,66 | 201,18 | Berawan | 13,15 |
| 4 | 09:31 | 115,42 | 4,65 | 34,56 | 47,5 | 909,85 | Cerah | 79,87 |
| 5 | 09:42 | 108,38 | 1,16 | 33,31 | 44,13 | 205,88 | Berawan | 18,71 |
| 6 | 09:52 | 115,26 | 2,27 | 32,55 | 40,59 | 488,87 | Cerah Berawan | 38,91 |
| 7 | 10:04 | 111,17 | 1,48 | 33,05 | 41,6 | 309,82 | Cerah Berawan | 24,50 |
| 8 | 10:10 | 110,55 | 1,5 | 33,56 | 43,62 | 310,17 | Cerah Berawan | 24,68 |
| 9 | 10:20 | 109,21 | 1,31 | 34,06 | 45,64 | 270,25 | Berawan | 21,33 |
| 10 | 10:33 | 109,64 | 1,29 | 32,55 | 45,39 | 251,12 | Berawan | 21,11 |
| 11 | 10:41 | 109,46 | 0,82 | 34,06 | 41,86 | 192,56 | Berawan Tebal | 13,36 |

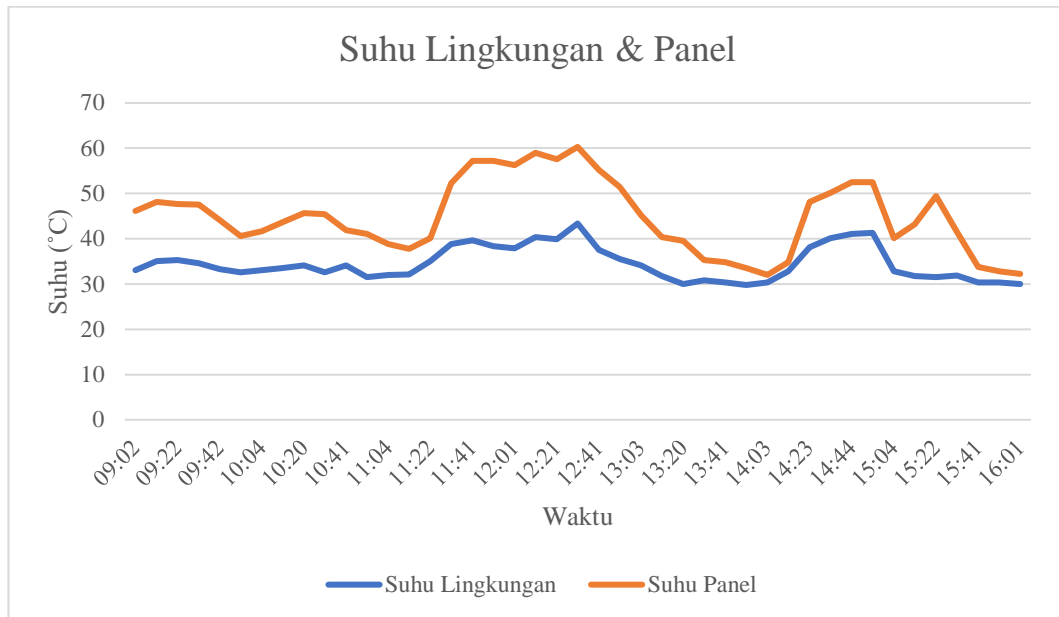
| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 12 | 10:52 | 108,64 | 0,81 | 31,54 | 41,1 | 175,96 | Berawan Tebal | 13,03 |
| 13 | 11:04 | 107,9 | 0,6 | 32,05 | 38,83 | 130,62 | Berawan Tebal | 9,63 |
| 14 | 11:12 | 109,78 | 0,71 | 32,06 | 37,82 | 162,34 | Berawan Tebal | 11,64 |
| 15 | 11:22 | 117,88 | 3,81 | 35,07 | 40,09 | 669,21 | Cerah | 66,77 |
| 16 | 11:33 | 113,52 | 4,69 | 38,84 | 52,21 | 923,77 | Cerah | 79,19 |
| 17 | 11:41 | 112,1 | 4,72 | 39,6 | 57,21 | 929,48 | Cerah | 78,82 |
| 18 | 11:51 | 112,75 | 4,76 | 38,34 | 57,21 | 935,77 | Cerah | 79,91 |
| 19 | 12:01 | 113,52 | 4,74 | 37,84 | 56,25 | 930,02 | Cerah | 80,14 |
| 20 | 12:11 | 112,98 | 5,31 | 40,35 | 59,03 | 1088,96 | Cerah | 89,21 |
| 21 | 12:21 | 114,51 | 5,39 | 39,85 | 57,51 | 1111,5 | Cerah | 91,85 |
| 22 | 12:31 | 111,23 | 5,11 | 43,37 | 60,29 | 1003,27 | Cerah | 84,58 |
| 23 | 12:41 | 107,87 | 1,71 | 37,58 | 55,24 | 349,81 | Cerah Berawan | 27,45 |
| 24 | 12:51 | 109,36 | 1,56 | 35,57 | 51,45 | 302,92 | Berawan | 25,33 |
| 25 | 13:03 | 109,22 | 1,13 | 34,06 | 45,14 | 204,73 | Berawan | 18,37 |
| 26 | 13:12 | 106,38 | 0,47 | 31,8 | 40,34 | 97,04 | Berawan Tebal | 7,42 |
| 27 | 13:20 | 106,65 | 0,45 | 30,03 | 39,58 | 94,78 | Berawan Tebal | 7,14 |
| 28 | 13:33 | 105,71 | 0,38 | 30,79 | 35,29 | 71,95 | Berawan Tebal | 5,90 |
| 29 | 13:41 | 105,19 | 0,32 | 30,29 | 34,79 | 65,11 | Berawan Tebal | 4,99 |
| 30 | 13:53 | 107,91 | 0,49 | 29,78 | 33,52 | 101,95 | Berawan Tebal | 7,83 |
| 31 | 14:03 | 110,92 | 0,88 | 30,29 | 32,01 | 201,72 | Berawan | 14,55 |
| 32 | 14:13 | 113,8 | 2,16 | 32,8 | 34,79 | 464,86 | Cerah Berawan | 36,51 |
| 33 | 14:23 | 114,01 | 4,07 | 38,09 | 48,13 | 723,3 | Cerah | 69,03 |
| 34 | 14:33 | 113,8 | 4,18 | 40,1 | 50,19 | 749,14 | Cerah | 70,81 |
| 35 | 14:44 | 114,56 | 3,92 | 41,11 | 52,46 | 713,37 | Cerah | 66,81 |
| 36 | 14:51 | 114,46 | 3,97 | 41,36 | 52,46 | 713,81 | Cerah | 67,70 |
| 37 | 15:04 | 110,55 | 1,44 | 32,8 | 40,09 | 284,25 | Berawan | 23,75 |

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-------------|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 38 | 15:13 | 114,68 | 2,57 | 31,8 | 43,13 | 499,74 | Cerah Berawan | 43,84 |
| 39 | 15:22 | 110,77 | 1,71 | 31,54 | 49,43 | 334,39 | Berawan | 28,12 |
| 40 | 15:30 | 106,82 | 0,68 | 31,84 | 41,5 | 146,28 | Berawan Tebal | 10,73 |
| 41 | 15:41 | 107,06 | 0,51 | 30,29 | 33,77 | 102,13 | Berawan Tebal | 8,07 |
| 42 | 15:51 | 104,89 | 0,32 | 30,29 | 32,76 | 65,56 | Berawan Tebal | 4,98 |
| 43 | 16:01 | 101,31 | 0,19 | 30,03 | 32,26 | 34,71 | Berawan Tebal | 2,83 |
| Rata – rata | | | | | | | | 36,44 |

Lampiran 4. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pane Monokristal 500 Wp Terhadap Iradiasi Matahari Mode Manual



Lampiran 5. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Panel Monokristal 500 Wp Terhadap Waktu Mode Manual



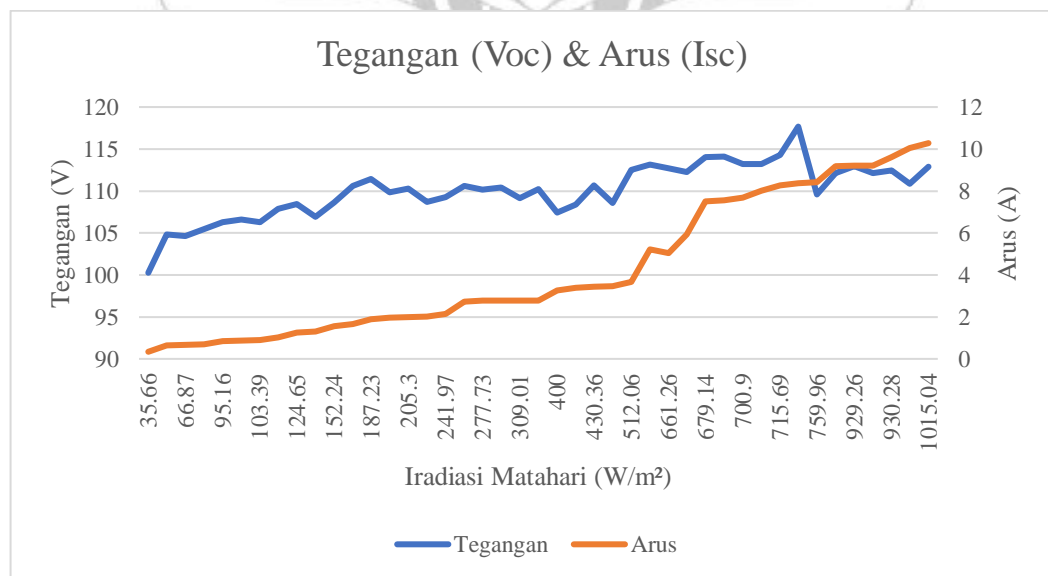
Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Panel Paralel 1000 Wp Mode Manual

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 09:04 | 112,24 | 5,93 | 34,31 | 47,66 | 665,18 | Cerah | 49,52 |
| 2 | 09:14 | 114,32 | 8,28 | 35,81 | 47,16 | 769,18 | Cerah | 70,43 |
| 3 | 09:24 | 108,41 | 3,39 | 34,06 | 46,65 | 340,37 | Cerah Berawan | 27,34 |
| 4 | 09:32 | 108,55 | 3,46 | 35,57 | 47,16 | 346,35 | Cerah Berawan | 27,95 |
| 5 | 09:43 | 108,71 | 2,01 | 33,31 | 43,62 | 203,81 | Berawan | 16,26 |
| 6 | 09:51 | 110,3 | 1,98 | 32,55 | 40,59 | 200,9 | Berawan | 16,25 |
| 7 | 10:02 | 112,54 | 3,67 | 32,05 | 42,11 | 391,74 | Cerah Berawan | 30,73 |
| 8 | 10:11 | 110,43 | 2,79 | 33,81 | 43,62 | 293,1 | Berawan | 22,92 |
| 9 | 10:21 | 110,19 | 2,78 | 34,06 | 45,64 | 291,57 | Berawan | 22,79 |
| 10 | 10:33 | 110,22 | 2,79 | 32,8 | 45,64 | 297,75 | Berawan | 22,88 |
| 11 | 10:42 | 109,85 | 1,97 | 34,06 | 41,35 | 199,05 | Berawan Tebal | 16,10 |

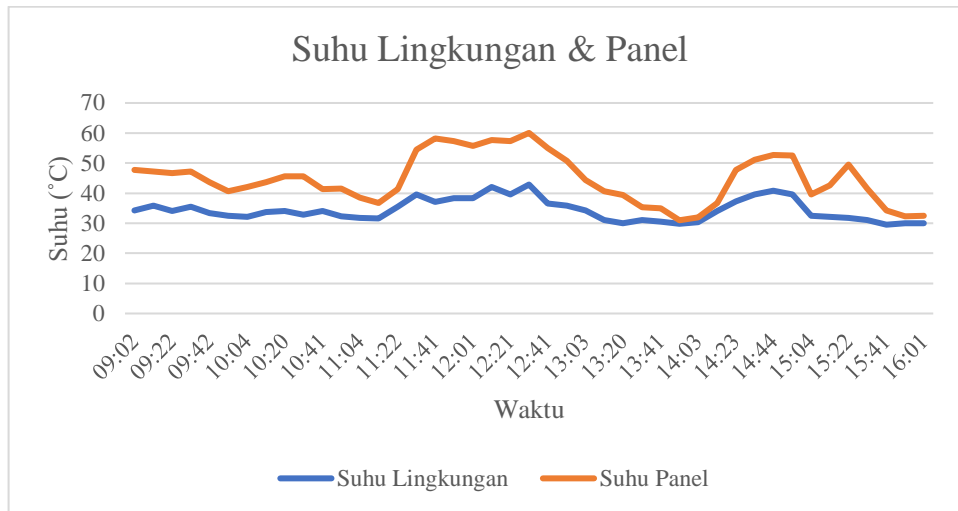
| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 12 | 10:53 | 108,66 | 1,56 | 32,3 | 41,6 | 172,58 | Berawan Tebal | 12,61 |
| 13 | 11:05 | 108,47 | 1,26 | 31,8 | 38,57 | 140,13 | Berawan Tebal | 10,17 |
| 14 | 11:13 | 110,6 | 1,65 | 31,54 | 36,81 | 185,18 | Berawan Tebal | 13,58 |
| 15 | 11:23 | 112,7 | 5,04 | 35,57 | 41,35 | 486,02 | Cerah Berawan | 42,26 |
| 16 | 11:34 | 112,47 | 9,62 | 39,6 | 54,48 | 981,99 | Cerah | 80,50 |
| 17 | 11:42 | 112,14 | 9,19 | 37,08 | 58,27 | 934,81 | Cerah | 76,68 |
| 18 | 11:51 | 112,13 | 9,21 | 38,34 | 57,26 | 937,9 | Cerah | 76,84 |
| 19 | 12:02 | 112,93 | 9,21 | 38,34 | 55,74 | 935,57 | Cerah | 77,39 |
| 20 | 12:12 | 112,92 | 10,28 | 42,11 | 57,74 | 1042,37 | Cerah | 86,37 |
| 21 | 12:22 | 109,59 | 8,41 | 39,6 | 57,26 | 885,08 | Cerah | 68,58 |
| 22 | 12:32 | 110,87 | 10,05 | 42,87 | 60,04 | 1038,5 | Cerah | 82,91 |
| 23 | 12:42 | 107,41 | 3,25 | 36,58 | 54,99 | 330,32 | Cerah Berawan | 25,97 |
| 24 | 12:51 | 109,13 | 2,79 | 35,82 | 50,69 | 294,26 | Berawan | 22,65 |
| 25 | 13:04 | 109,25 | 2,14 | 34,31 | 44,38 | 206,54 | Berawan | 17,40 |
| 26 | 13:14 | 106,31 | 0,9 | 31,04 | 40,59 | 96,54 | Berawan Tebal | 7,12 |
| 27 | 13:20 | 106,6 | 0,86 | 30,03 | 39,33 | 93,69 | Berawan Tebal | 6,82 |
| 28 | 13:34 | 105,46 | 0,69 | 31,04 | 35,29 | 71,39 | Berawan Tebal | 5,41 |
| 29 | 13:42 | 104,8 | 0,64 | 30,54 | 35,04 | 64,73 | Berawan Tebal | 4,99 |
| 30 | 13:54 | 107,88 | 1,03 | 29,78 | 31 | 104,18 | Berawan Tebal | 8,27 |
| 31 | 14:04 | 111,43 | 1,89 | 30,29 | 32,01 | 196,51 | Berawan | 15,67 |
| 32 | 14:14 | 117,67 | 8,38 | 34,06 | 36,81 | 872,24 | Cerah | 73,37 |
| 33 | 14:24 | 113,24 | 7,69 | 37,33 | 47,66 | 712,97 | Cerah | 64,79 |
| 34 | 14:34 | 113,2 | 8,01 | 39,6 | 51,2 | 745,8 | Cerah | 67,47 |
| 35 | 14:45 | 114,13 | 7,56 | 40,86 | 52,71 | 711,25 | Cerah | 64,20 |
| 36 | 14:52 | 114,05 | 7,5 | 39,6 | 52,46 | 677,02 | Cerah | 63,64 |
| 37 | 15:04 | 110,6 | 2,73 | 32,55 | 39,58 | 288,84 | Berawan | 22,47 |

| No. | Waktu | Voc (V) | Isc (A) | Suhu Lingkungan (°C) | Suhu Panel (°C) | Iradiasi (W/m ²) | Kondisi Cuaca | Performa (%) |
|------------|-------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| 38 | 15:14 | 113,16 | 5,23 | 32,05 | 42,61 | 477,84 | Cerah Berawan | 44,03 |
| 39 | 15:22 | 110,64 | 3,43 | 31,8 | 49,43 | 343,48 | Berawan | 28,24 |
| 40 | 15:31 | 106,89 | 1,31 | 31,04 | 41,6 | 142,63 | Berawan Tebal | 10,42 |
| 41 | 15:42 | 106,26 | 0,84 | 29,53 | 34,28 | 89,14 | Berawan Tebal | 6,64 |
| 42 | 15:51 | 104,66 | 0,66 | 30,03 | 32,26 | 65,16 | Berawan Tebal | 5,14 |
| 43 | 16:01 | 100,26 | 0,34 | 30,03 | 32,51 | 33,99 | Berawan Tebal | 2,54 |
| Rata- rata | | | | | | | | 35,31 |

Lampiran 7. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Panel 1000 Wp Terhadap Iradiasi Matahari Mode Manual



Lampiran 8. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Panel 1000 Wp Terhadap Waktu Mode Manual



Lampiran 9. Data Hasil Pengujian Hari Pertama Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Selasa | 08/08/2023 08:37 | 115,12 | 2,85 | 560,12 | 42,36 | 31,8 | 48,89 |
| Selasa | 08/08/2023 08:47 | 114,28 | 2,51 | 505,21 | 42,87 | 32,05 | 42,21 |
| Selasa | 08/08/2023 08:57 | 113,74 | 2,48 | 494,34 | 43,12 | 32,05 | 41,67 |
| Selasa | 08/08/2023 09:07 | 115,84 | 2,54 | 513,76 | 46,15 | 33,05 | 43,78 |
| Selasa | 08/08/2023 09:17 | 115,31 | 2,53 | 510,21 | 50,19 | 33,05 | 43,41 |
| Selasa | 08/08/2023 09:27 | 114,88 | 2,72 | 553,38 | 51,45 | 34,82 | 46,50 |
| Selasa | 08/08/2023 09:37 | 112,49 | 2,7 | 551,19 | 52,21 | 34,06 | 45,31 |
| Selasa | 08/08/2023 09:47 | 114,62 | 3,77 | 707,21 | 53,22 | 35,32 | 64,32 |
| Selasa | 08/08/2023 09:57 | 113,82 | 3,9 | 727,81 | 53,72 | 35,57 | 66,11 |
| Selasa | 08/08/2023 10:07 | 113,29 | 4,12 | 766,91 | 53,98 | 37,08 | 69,57 |
| Selasa | 08/08/2023 10:17 | 114,61 | 4,54 | 913,88 | 54,99 | 35,32 | 77,41 |
| Selasa | 08/08/2023 10:27 | 112,77 | 4,82 | 975,32 | 58,27 | 36,33 | 80,88 |
| Selasa | 08/08/2023 10:37 | 112,99 | 4,83 | 980,48 | 58,77 | 36,58 | 81,21 |
| Selasa | 08/08/2023 10:47 | 113,02 | 4,91 | 993,21 | 57,76 | 38,09 | 82,58 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Selasa | 08/08/2023 10:57 | 112,92 | 4,93 | 1002,45 | 60,54 | 39,85 | 82,84 |
| Selasa | 08/08/2023 11:07 | 114,08 | 5,14 | 1035,82 | 61,55 | 39,85 | 87,26 |
| Selasa | 08/08/2023 11:17 | 112,88 | 5,23 | 1054,12 | 62,81 | 39,85 | 87,85 |
| Selasa | 08/08/2023 11:27 | 113,07 | 5,29 | 1015,79 | 63,07 | 40,1 | 89,0 |
| Selasa | 08/08/2023 11:37 | 112,98 | 5,24 | 1006,12 | 63,57 | 40,35 | 88,10 |
| Selasa | 08/08/2023 11:47 | 111,76 | 5,39 | 1033,65 | 63,32 | 40,1 | 89,64 |
| Selasa | 08/08/2023 11:57 | 112,24 | 5,43 | 1039,92 | 64,33 | 40,35 | 90,69 |
| Selasa | 08/08/2023 12:07 | 111,32 | 5,37 | 1036,12 | 63,32 | 40,1 | 88,13 |
| Selasa | 08/08/2023 12:17 | 111,41 | 5,41 | 1032,28 | 63,57 | 40,1 | 89,69 |
| Selasa | 08/08/2023 12:27 | 113,66 | 5,2 | 1031,74 | 58,77 | 38,84 | 87,16 |
| Selasa | 08/08/2023 12:37 | 114,46 | 5,37 | 1059,31 | 53,98 | 38,09 | 91,47 |
| Selasa | 08/08/2023 12:47 | 115,01 | 4,98 | 990,48 | 54,23 | 38,34 | 85,23 |
| Selasa | 08/08/2023 12:57 | 113,27 | 5,16 | 1015,79 | 53,98 | 38,09 | 86,22 |
| Selasa | 08/08/2023 13:07 | 114,59 | 5,13 | 1011,56 | 51,96 | 37,08 | 87,48 |
| Selasa | 08/08/2023 13:17 | 113,21 | 5,16 | 998,68 | 53,47 | 39,35 | 86,93 |
| Selasa | 08/08/2023 13:27 | 114,87 | 5,09 | 1003,32 | 52,21 | 39,6 | 87,01 |
| Selasa | 08/08/2023 13:37 | 115,67 | 5 | 1035,25 | 49,43 | 40,1 | 86,06 |
| Selasa | 08/08/2023 13:47 | 115,88 | 4,85 | 932,12 | 48,42 | 39,85 | 83,63 |
| Selasa | 08/08/2023 13:57 | 116,02 | 4,77 | 922,55 | 49,18 | 40,1 | 82,35 |
| Selasa | 08/08/2023 14:07 | 115,27 | 4,58 | 901,44 | 50,19 | 41,7 | 78,56 |
| Selasa | 08/08/2023 14:17 | 116,24 | 4,49 | 890,74 | 47,66 | 41,36 | 77,67 |
| Selasa | 08/08/2023 14:27 | 116,5 | 4,34 | 860,44 | 48,67 | 41,36 | 75,24 |
| Selasa | 08/08/2023 14:37 | 116,97 | 4,06 | 740,38 | 46,15 | 42,2 | 70,67 |
| Selasa | 08/08/2023 14:47 | 116,35 | 3,96 | 724,7 | 47,16 | 41,7 | 68,56 |
| Selasa | 08/08/2023 14:57 | 115,87 | 3,76 | 698,67 | 47,41 | 41,7 | 64,83 |
| Selasa | 08/08/2023 15:07 | 116,37 | 3,57 | 669,7 | 46,15 | 40,1 | 61,82 |
| Selasa | 08/08/2023 15:17 | 116,08 | 3,38 | 666,17 | 46,15 | 40,1 | 58,39 |
| Selasa | 08/08/2023 15:27 | 115,56 | 3,16 | 626,81 | 46,4 | 40,86 | 54,34 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Selasa | 08/08/2023 15:37 | 115,69 | 2,65 | 538,92 | 45,14 | 40,35 | 45,62 |
| Selasa | 08/08/2023 15:47 | 115,72 | 2,09 | 418,41 | 44,63 | 37,58 | 35,99 |
| Selasa | 08/08/2023 15:57 | 115,75 | 1,9 | 409,76 | 44,38 | 36,33 | 32,73 |
| Selasa | 08/08/2023 16:07 | 115,15 | 1,73 | 387,42 | 41,86 | 36,07 | 29,64 |
| Selasa | 08/08/2023 16:17 | 115,36 | 1,79 | 404,59 | 41,1 | 35,82 | 30,73 |
| Selasa | 08/08/2023 16:27 | 115,2 | 1,76 | 398,3 | 40,85 | 35,82 | 30,17 |
| Selasa | 08/08/2023 16:37 | 114,9 | 1,68 | 379,49 | 40,09 | 35,32 | 28,73 |
| Rata - Rata | | | | | | | 68,05 |

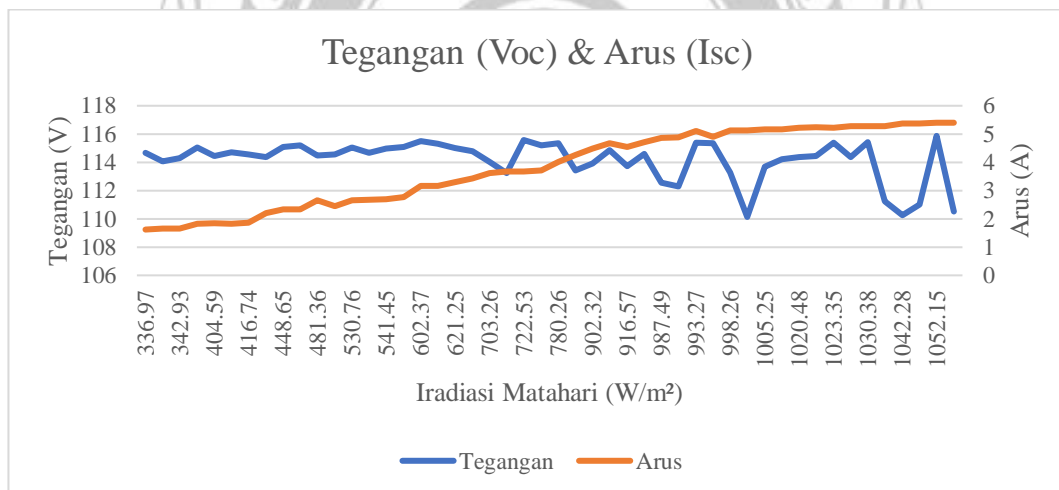
Lampiran 10. Data Hasil Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Rabu | 09/08/2023 08:31 | 114,56 | 2,45 | 483,21 | 41,86 | 32,05 | 41,74 |
| Rabu | 09/08/2023 08:41 | 115,03 | 2,65 | 530,76 | 41,35 | 34,56 | 45,34 |
| Rabu | 09/08/2023 08:51 | 114,35 | 2,21 | 432,16 | 43,37 | 35,07 | 37,58 |
| Rabu | 09/08/2023 09:01 | 115,21 | 2,33 | 450,26 | 45,39 | 33,31 | 39,92 |
| Rabu | 09/08/2023 09:11 | 115,07 | 2,33 | 448,65 | 46,15 | 35,07 | 39,87 |
| Rabu | 09/08/2023 09:21 | 114,97 | 2,69 | 541,45 | 48,67 | 35,82 | 46,00 |
| Rabu | 09/08/2023 09:31 | 114,03 | 3,62 | 703,26 | 53,98 | 34,06 | 61,40 |
| Rabu | 09/08/2023 09:41 | 114,67 | 2,68 | 539,25 | 50,19 | 35,07 | 45,71 |
| Rabu | 09/08/2023 09:51 | 115,07 | 2,77 | 556,74 | 47,16 | 34,06 | 47,41 |
| Rabu | 09/08/2023 10:01 | 113,24 | 3,68 | 710,92 | 53,22 | 36,83 | 61,99 |
| Rabu | 09/08/2023 10:11 | 113,43 | 4,26 | 842,28 | 52,21 | 37,33 | 71,88 |
| Rabu | 09/08/2023 10:21 | 113,92 | 4,48 | 902,32 | 53,47 | 37,84 | 75,92 |
| Rabu | 09/08/2023 10:31 | 113,73 | 4,54 | 916,57 | 53,22 | 38,09 | 76,81 |
| Rabu | 09/08/2023 10:41 | 115,34 | 4,9 | 995,84 | 48,17 | 37,33 | 84,08 |

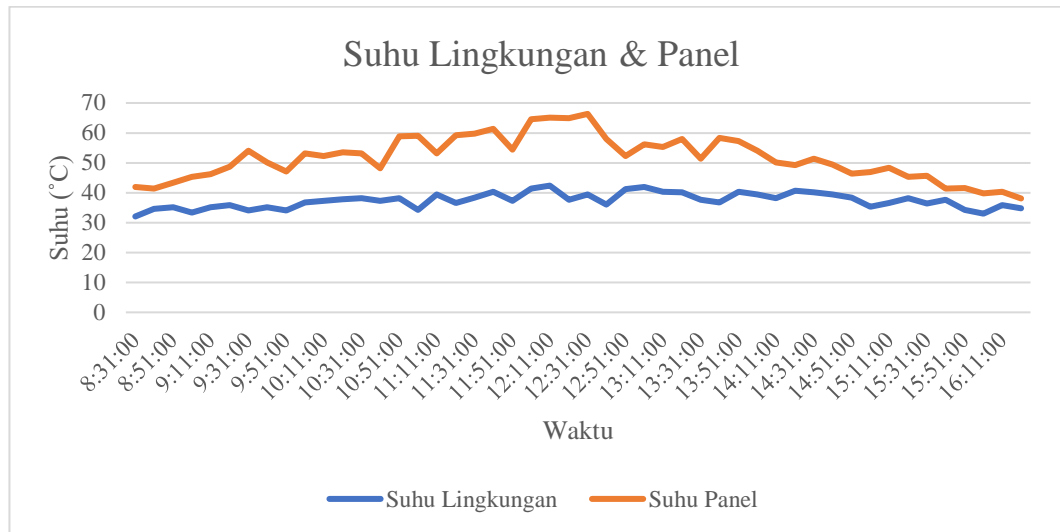
| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Rabu | 09/08/2023 10:51 | 112,29 | 4,88 | 991,54 | 58,77 | 38,09 | 81,52 |
| Rabu | 09/08/2023 11:01 | 112,56 | 4,86 | 987,49 | 59,03 | 34,31 | 81,38 |
| Rabu | 09/08/2023 11:11 | 114,23 | 5,17 | 1008,57 | 53,22 | 39,35 | 87,86 |
| Rabu | 09/08/2023 11:21 | 113,29 | 5,12 | 998,26 | 59,28 | 36,58 | 86,29 |
| Rabu | 09/08/2023 11:31 | 113,67 | 5,16 | 1005,25 | 59,78 | 38,34 | 87,26 |
| Rabu | 09/08/2023 11:41 | 110,53 | 5,4 | 1055,24 | 61,3 | 40,35 | 88,80 |
| Rabu | 09/08/2023 11:51 | 115,87 | 5,4 | 1052,15 | 54,48 | 37,33 | 93,09 |
| Rabu | 09/08/2023 12:01 | 111,02 | 5,38 | 1047,17 | 64,58 | 41,36 | 88,86 |
| Rabu | 09/08/2023 12:11 | 111,25 | 5,27 | 1035,73 | 65,09 | 42,37 | 87,22 |
| Rabu | 09/08/2023 12:21 | 110,27 | 5,37 | 1042,28 | 64,83 | 37,58 | 88,09 |
| Rabu | 09/08/2023 12:31 | 110,13 | 5,12 | 998,36 | 66,35 | 39,35 | 83,88 |
| Rabu | 09/08/2023 12:41 | 114,37 | 5,27 | 1027,42 | 58,02 | 36,07 | 89,67 |
| Rabu | 09/08/2023 12:51 | 115,42 | 5,27 | 1030,38 | 52,21 | 41,2 | 90,49 |
| Rabu | 09/08/2023 13:01 | 114,43 | 5,24 | 1021,39 | 56,25 | 41,86 | 89,20 |
| Rabu | 09/08/2023 13:11 | 115,38 | 5,23 | 1023,35 | 55,24 | 40,35 | 89,77 |
| Rabu | 09/08/2023 13:21 | 114,38 | 5,22 | 1020,48 | 58,02 | 40,1 | 88,83 |
| Rabu | 09/08/2023 13:31 | 115,38 | 5,1 | 993,27 | 51,45 | 37,58 | 87,54 |
| Rabu | 09/08/2023 13:41 | 114,86 | 4,68 | 912,56 | 58,27 | 36,83 | 79,97 |
| Rabu | 09/08/2023 13:51 | 114,58 | 4,71 | 921,23 | 57,26 | 40,35 | 80,28 |
| Rabu | 09/08/2023 14:01 | 115,57 | 3,67 | 722,53 | 53,98 | 39,35 | 63,09 |
| Rabu | 09/08/2023 14:11 | 115,36 | 4,01 | 780,26 | 50,19 | 38,09 | 68,81 |
| Rabu | 09/08/2023 14:21 | 115,2 | 3,71 | 733,94 | 49,18 | 40,6 | 63,58 |
| Rabu | 09/08/2023 14:31 | 114,8 | 3,43 | 653,38 | 51,45 | 40,1 | 58,57 |
| Rabu | 09/08/2023 14:41 | 115,02 | 3,29 | 621,25 | 49,43 | 39,35 | 56,29 |
| Rabu | 09/08/2023 14:51 | 115,49 | 3,17 | 602,37 | 46,4 | 38,34 | 54,46 |
| Rabu | 09/08/2023 15:01 | 115,32 | 3,17 | 605,84 | 46,91 | 35,32 | 54,38 |
| Rabu | 09/08/2023 15:11 | 114,49 | 2,65 | 481,36 | 48,42 | 36,58 | 45,12 |
| Rabu | 09/08/2023 15:21 | 115,05 | 1,82 | 402,87 | 45,39 | 38,09 | 31,14 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Rabu | 09/08/2023 15:31 | 114,72 | 1,83 | 408,26 | 45,64 | 36,33 | 31,22 |
| Rabu | 09/08/2023 15:41 | 114,56 | 1,86 | 416,74 | 41,35 | 37,58 | 31,68 |
| Rabu | 09/08/2023 15:51 | 114,44 | 1,84 | 404,59 | 41,6 | 34,31 | 31,31 |
| Rabu | 09/08/2023 16:01 | 114,29 | 1,65 | 342,93 | 39,84 | 33,05 | 28,04 |
| Rabu | 09/08/2023 16:11 | 114,68 | 1,62 | 336,97 | 40,34 | 35,82 | 27,62 |
| Rabu | 09/08/2023 16:21 | 114,06 | 1,65 | 341,67 | 38,07 | 34,82 | 27,98 |
| Rata - rata | | | | | | | 64,56 |

Lampiran 11. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp



Lampiran 12. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Kedua Panel Polikristal 500 Wp



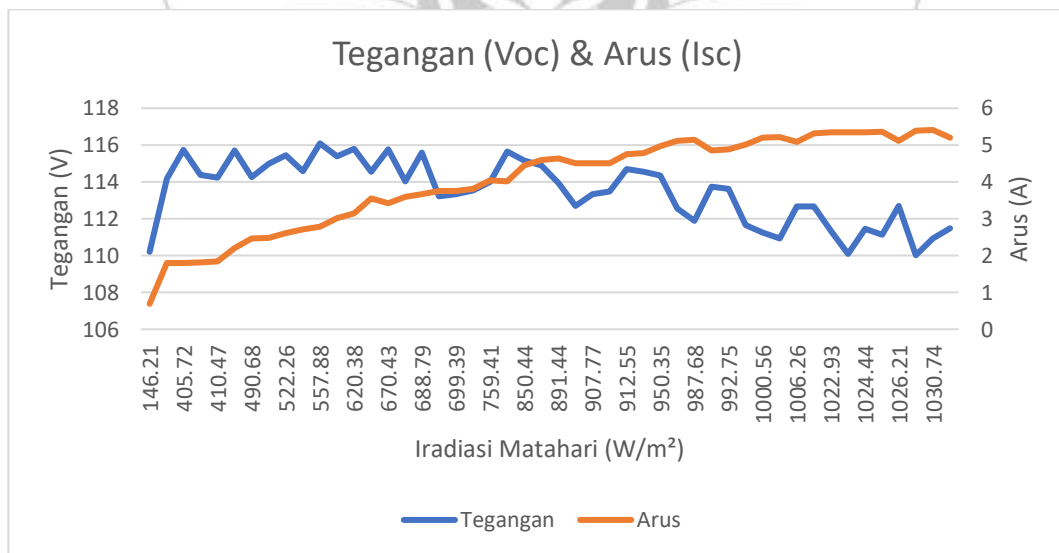
Lampiran 13. Data Hasil Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Jumat | 11/08/2023 08:38 | 114,25 | 2,47 | 490,68 | 40,34 | 33,31 | 41,97 |
| Jumat | 11/08/2023 08:48 | 114,98 | 2,48 | 496,22 | 41,1 | 32,55 | 42,41 |
| Jumat | 11/08/2023 08:58 | 115,46 | 2,61 | 522,26 | 45,14 | 32,05 | 44,82 |
| Jumat | 11/08/2023 09:08 | 114,55 | 3,55 | 664,91 | 48,17 | 34,06 | 60,49 |
| Jumat | 11/08/2023 09:18 | 114,04 | 3,59 | 674,26 | 48,42 | 35,07 | 60,90 |
| Jumat | 11/08/2023 09:28 | 115,58 | 3,67 | 688,79 | 48,17 | 35,32 | 63,10 |
| Jumat | 11/08/2023 09:38 | 113,21 | 3,75 | 697,36 | 51,2 | 34,82 | 63,15 |
| Jumat | 11/08/2023 09:48 | 113,34 | 3,75 | 699,39 | 50,44 | 35,07 | 63,22 |
| Jumat | 11/08/2023 09:58 | 113,54 | 3,81 | 719,19 | 51,7 | 35,07 | 64,35 |
| Jumat | 11/08/2023 10:08 | 114,01 | 4,05 | 759,41 | 51,2 | 36,33 | 68,69 |
| Jumat | 11/08/2023 10:18 | 113,33 | 4,5 | 907,77 | 53,47 | 38,59 | 75,87 |
| Jumat | 11/08/2023 10:28 | 113,48 | 4,51 | 910,11 | 52,21 | 38,09 | 76,14 |
| Jumat | 11/08/2023 10:38 | 112,7 | 4,5 | 906,21 | 55,74 | 39,35 | 75,45 |

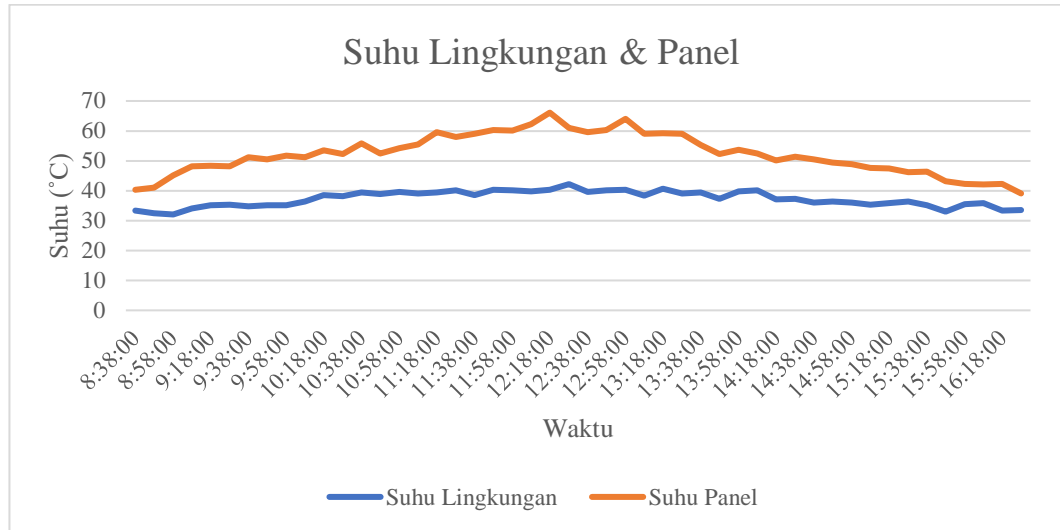
| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| Jumat | 11/08/2023 10:48 | 113,73 | 4,86 | 988,6 | 52,46 | 38,84 | 82,23 |
| Jumat | 11/08/2023 10:58 | 113,63 | 4,89 | 992,75 | 54,23 | 39,6 | 82,66 |
| Jumat | 11/08/2023 11:08 | 112,69 | 5,11 | 1026,21 | 55,49 | 39,09 | 85,67 |
| Jumat | 11/08/2023 11:18 | 111,47 | 5,2 | 1044,51 | 59,53 | 39,35 | 86,23 |
| Jumat | 11/08/2023 11:28 | 112,66 | 5,08 | 1006,26 | 58,02 | 40,1 | 85,14 |
| Jumat | 11/08/2023 11:38 | 111,65 | 5,01 | 996,77 | 59,03 | 38,59 | 83,22 |
| Jumat | 11/08/2023 11:48 | 111,45 | 5,35 | 1024,44 | 60,29 | 40,35 | 88,71 |
| Jumat | 11/08/2023 11:58 | 110,93 | 5,41 | 1030,74 | 60,04 | 40,1 | 89,28 |
| Jumat | 11/08/2023 12:08 | 110,02 | 5,39 | 1027,24 | 62,31 | 39,85 | 88,22 |
| Jumat | 11/08/2023 12:18 | 110,09 | 5,35 | 1023,36 | 66,1 | 40,35 | 87,62 |
| Jumat | 11/08/2023 12:28 | 111,34 | 5,35 | 1022,93 | 61,05 | 42,2 | 88,62 |
| Jumat | 11/08/2023 12:38 | 111,14 | 5,36 | 1025,54 | 59,53 | 39,6 | 88,62 |
| Jumat | 11/08/2023 12:48 | 112,68 | 5,32 | 1018,5 | 60,29 | 40,1 | 89,18 |
| Jumat | 11/08/2023 12:58 | 110,94 | 5,21 | 1004,89 | 64,08 | 40,35 | 85,99 |
| Jumat | 11/08/2023 13:08 | 111,26 | 5,2 | 1000,56 | 59,03 | 38,34 | 86,07 |
| Jumat | 11/08/2023 13:18 | 111,88 | 5,14 | 987,68 | 59,28 | 40,6 | 85,55 |
| Jumat | 11/08/2023 13:28 | 112,54 | 5,12 | 980,42 | 59,03 | 39,09 | 85,72 |
| Jumat | 11/08/2023 13:38 | 114,34 | 4,97 | 950,35 | 55,24 | 39,35 | 84,54 |
| Jumat | 11/08/2023 13:48 | 114,55 | 4,78 | 922,12 | 52,21 | 37,33 | 81,46 |
| Jumat | 11/08/2023 13:58 | 114,69 | 4,75 | 912,55 | 53,72 | 39,85 | 81,04 |
| Jumat | 11/08/2023 14:08 | 113,94 | 4,64 | 891,44 | 52,46 | 40,1 | 78,65 |
| Jumat | 11/08/2023 14:18 | 114,91 | 4,59 | 880,74 | 50,19 | 37,08 | 78,46 |
| Jumat | 11/08/2023 14:28 | 115,17 | 4,45 | 850,44 | 51,45 | 37,33 | 76,24 |
| Jumat | 11/08/2023 14:38 | 115,64 | 4,02 | 764,55 | 50,45 | 36,07 | 69,15 |
| Jumat | 11/08/2023 14:48 | 115,77 | 3,42 | 670,43 | 49,43 | 36,33 | 58,89 |
| Jumat | 11/08/2023 14:58 | 115,8 | 3,15 | 620,38 | 48,93 | 36,07 | 54,26 |
| Jumat | 11/08/2023 15:08 | 115,38 | 3,02 | 606,42 | 47,66 | 35,32 | 51,83 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Jumat | 11/08/2023 15:18 | 116,09 | 2,78 | 557,88 | 47,41 | 35,82 | 48,00 |
| Jumat | 11/08/2023 15:28 | 114,57 | 2,71 | 543,52 | 46,15 | 36,33 | 46,18 |
| Jumat | 11/08/2023 15:38 | 115,7 | 2,21 | 448,63 | 46,4 | 35,07 | 38,03 |
| Jumat | 11/08/2023 15:48 | 115,73 | 1,8 | 405,72 | 43,12 | 33,05 | 30,98 |
| Jumat | 11/08/2023 15:58 | 114,22 | 1,84 | 410,47 | 42,35 | 35,57 | 31,25 |
| Jumat | 11/08/2023 16:08 | 114,16 | 1,8 | 402,25 | 42,11 | 35,82 | 30,55 |
| Jumat | 11/08/2023 16:18 | 114,37 | 1,82 | 407,3 | 42,35 | 33,31 | 30,95 |
| Jumat | 11/08/2023 16:28 | 110,21 | 0,69 | 146,21 | 39,08 | 33,56 | 11,29 |
| Rata - rata | | | | | | | 67,73 |

Lampiran 14. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp



Lampiran 15. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Ketiga Panel Polikristal 500 Wp



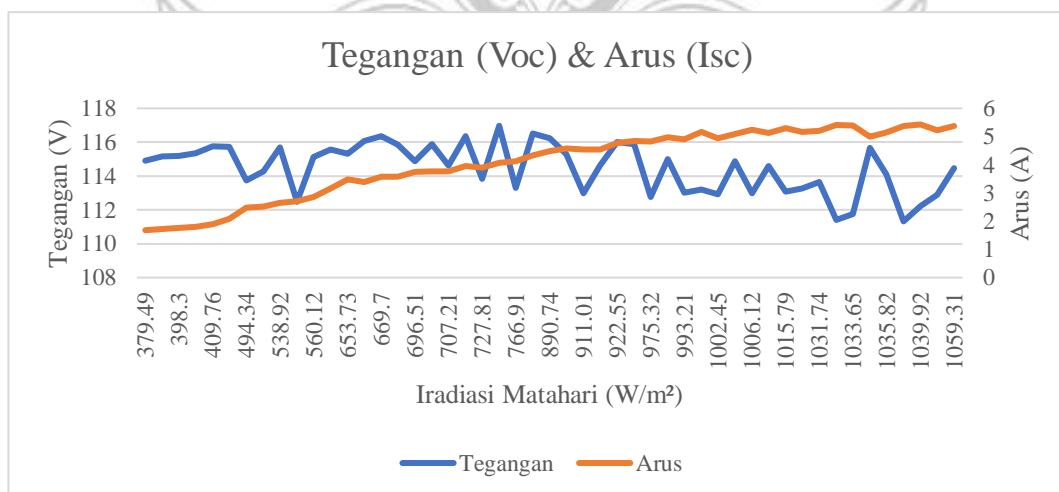
Lampiran 16. Data Hasil Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Sabtu | 12/08/2023 08:36 | 115,64 | 2,87 | 568,53 | 42,87 | 31,54 | 49,37 |
| Sabtu | 12/08/2023 08:46 | 114,32 | 2,52 | 510,13 | 43,12 | 31,8 | 42,87 |
| Sabtu | 12/08/2023 08:52 | 113,8 | 2,49 | 499,17 | 44,89 | 31,8 | 42,23 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:02 | 115,89 | 3,6 | 678,82 | 46,91 | 32,8 | 62,08 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:12 | 115,38 | 3,51 | 658,82 | 50,44 | 32,8 | 60,2 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:22 | 114,92 | 3,77 | 702,7 | 51,7 | 34,31 | 64,45 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:32 | 112,55 | 2,72 | 554,67 | 55,24 | 33,81 | 45,53 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:42 | 114,68 | 3,79 | 713,3 | 53,47 | 35,07 | 64,64 |
| Sabtu | 12/08/2023 09:52 | 113,88 | 3,92 | 732,1 | 53,72 | 35,32 | 66,43 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:07 | 113,35 | 4,14 | 772,32 | 54,23 | 36,83 | 69,9 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:17 | 114,67 | 4,56 | 920,68 | 55,24 | 35,07 | 77,75 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:27 | 112,82 | 4,84 | 983,02 | 58,52 | 36,07 | 81,22 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:37 | 113,04 | 4,56 | 919,12 | 59,03 | 36,34 | 76,64 |

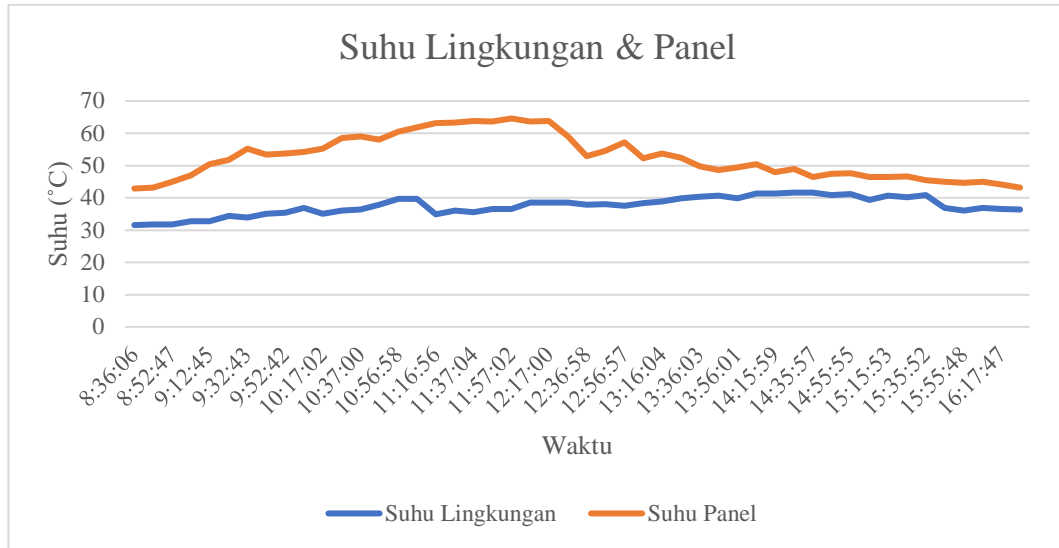
| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| Sabtu | 12/08/2023 10:46 | 113,07 | 4,93 | 1001,51 | 58,02 | 37,84 | 82,97 |
| Sabtu | 12/08/2023 10:56 | 112,97 | 4,95 | 1005,66 | 60,54 | 39,6 | 83,22 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:06 | 114,03 | 5,16 | 1039,12 | 61,81 | 39,6 | 87,49 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:16 | 112,81 | 5,25 | 1057,42 | 63,07 | 34,82 | 88,13 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:27 | 113 | 5,32 | 1019,17 | 63,32 | 36,07 | 89,54 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:37 | 112,99 | 5,27 | 1009,68 | 63,83 | 35,57 | 88,59 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:47 | 111,79 | 5,42 | 1037,35 | 63,58 | 36,58 | 90,14 |
| Sabtu | 12/08/2023 11:57 | 112,27 | 5,46 | 1043,65 | 64,58 | 36,58 | 91,15 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:07 | 111,34 | 5,4 | 1040,15 | 63,57 | 38,59 | 89,47 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:17 | 111,43 | 5,44 | 1036,27 | 63,83 | 38,59 | 90,16 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:26 | 113,68 | 5,23 | 1035,84 | 59,03 | 38,59 | 88,49 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:36 | 114,48 | 5,4 | 1063,45 | 52,97 | 37,84 | 91,99 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:46 | 115,02 | 5,01 | 994,41 | 54,48 | 38,09 | 85,68 |
| Sabtu | 12/08/2023 12:56 | 113,28 | 5,19 | 1019,8 | 57,26 | 37,58 | 87,55 |
| Sabtu | 12/08/2023 13:06 | 114,6 | 5,16 | 1015,47 | 52,21 | 38,34 | 87,93 |
| Sabtu | 12/08/2023 13:16 | 113,22 | 5,19 | 1002,59 | 53,72 | 38,84 | 87,5 |
| Sabtu | 12/08/2023 13:26 | 114,88 | 5,12 | 1007,33 | 52,46 | 39,85 | 87,51 |
| Sabtu | 12/08/2023 13:36 | 115,68 | 5,03 | 1039,26 | 49,68 | 40,35 | 86,5 |
| Sabtu | 12/08/2023 13:46 | 115,89 | 4,88 | 936,03 | 48,67 | 40,6 | 84,07 |
| Sabtu | 12/08/2023 13:56 | 116,03 | 4,8 | 926,46 | 49,43 | 39,87 | 82,88 |
| Sabtu | 12/08/2023 14:06 | 115,28 | 4,61 | 905,35 | 50,44 | 41,36 | 79,13 |
| Sabtu | 12/08/2023 14:15 | 116,25 | 4,52 | 894,65 | 47,92 | 41,36 | 78,17 |
| Sabtu | 12/08/2023 14:25 | 116,51 | 4,37 | 864,35 | 48,93 | 41,61 | 75,74 |
| Sabtu | 12/08/2023 14:35 | 116,98 | 4,09 | 743,29 | 46,4 | 41,61 | 71,15 |
| Sabtu | 12/08/2023 14:45 | 116,36 | 3,99 | 727,61 | 47,41 | 40,86 | 69,15 |
| Sabtu | 12/08/2023 14:55 | 115,88 | 3,79 | 701,58 | 47,66 | 41,11 | 65,31 |
| Sabtu | 12/08/2023 15:05 | 116,38 | 3,6 | 672,61 | 46,4 | 39,35 | 62,35 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Sabtu | 12/08/2023 15:15 | 116,09 | 3,41 | 669,07 | 46,4 | 40,6 | 58,95 |
| Sabtu | 12/08/2023 15:25 | 115,57 | 3,19 | 629,71 | 46,65 | 40,1 | 54,82 |
| Sabtu | 12/08/2023 15:35 | 115,7 | 2,68 | 541,82 | 45,39 | 40,86 | 46,16 |
| Sabtu | 12/08/2023 15:45 | 115,73 | 2,12 | 421,31 | 44,89 | 36,84 | 36,51 |
| Sabtu | 12/08/2023 15:55 | 115,76 | 1,93 | 412,66 | 44,63 | 36,07 | 33,27 |
| Sabtu | 12/08/2023 16:07 | 115,16 | 1,76 | 390,32 | 44,89 | 36,81 | 30,21 |
| Sabtu | 12/08/2023 16:17 | 115,37 | 1,82 | 407,49 | 44,13 | 36,58 | 31,22 |
| Sabtu | 12/08/2023 16:27 | 115,21 | 1,79 | 401,2 | 43,12 | 36,33 | 30,69 |
| Rata - Rata | | | | | | | 70,36 |

Lampiran 17. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp



Lampiran 18. Grafik Pengukuran Suhu Lingkungan dan Suhu Pengujian Hari Keempat Panel Polikristal 500 Wp



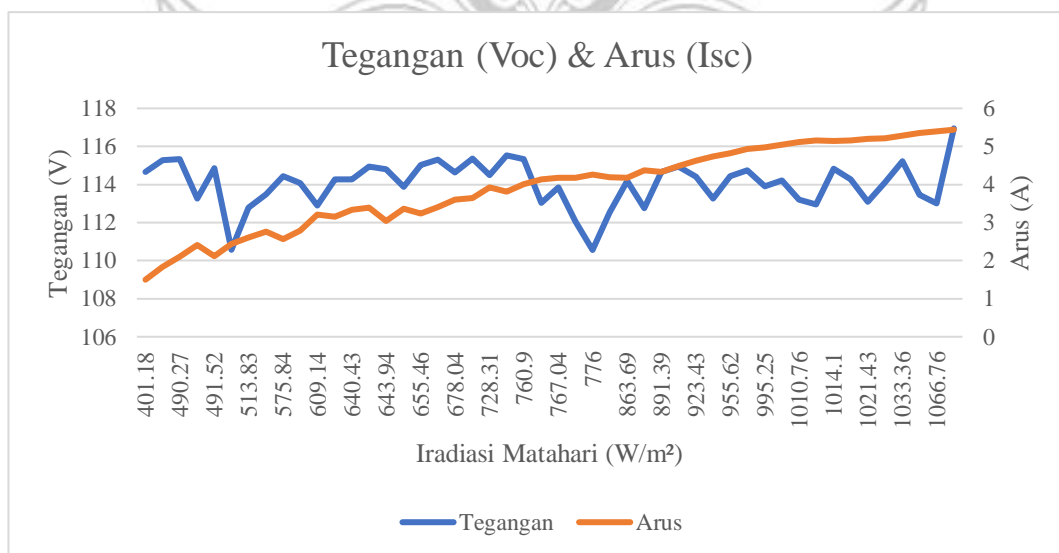
Lampiran 19. Data Hasil Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp Mode Otomatis

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Minggu | 13/08/2023 08:46 | 113,25 | 2,41 | 490,38 | 34,03 | 33,05 | 40,61 |
| Minggu | 13/08/2023 08:56 | 113,89 | 3,36 | 645,97 | 35,54 | 33,31 | 56,95 |
| Minggu | 13/08/2023 09:06 | 114,26 | 3,34 | 640,43 | 37,84 | 34,06 | 56,79 |
| Minggu | 13/08/2023 09:16 | 114,63 | 3,6 | 678,04 | 40,34 | 33,81 | 60,34 |
| Minggu | 13/08/2023 09:22 | 114,26 | 3,15 | 612,19 | 42,11 | 35,07 | 52,62 |
| Minggu | 13/08/2023 09:32 | 114,48 | 3,92 | 728,31 | 41,86 | 35,32 | 66,76 |
| Minggu | 13/08/2023 09:42 | 113,85 | 4,18 | 767,04 | 53,72 | 37,33 | 70,22 |
| Minggu | 13/08/2023 09:52 | 112,75 | 4,37 | 877,65 | 59,28 | 38,09 | 73,30 |
| Minggu | 13/08/2023 10:02 | 110,58 | 2,44 | 498 | 59,03 | 36,83 | 40,11 |
| Minggu | 13/08/2023 10:12 | 112,79 | 2,61 | 513,83 | 55,74 | 37,58 | 43,74 |
| Minggu | 13/08/2023 10:22 | 114,95 | 3,39 | 642,73 | 52,21 | 38,09 | 58,05 |
| Minggu | 13/08/2023 10:32 | 112,89 | 3,21 | 609,14 | 56,25 | 37,08 | 53,86 |
| Minggu | 13/08/2023 10:42 | 112,95 | 5,16 | 1013,33 | 62,56 | 40,6 | 86,66 |

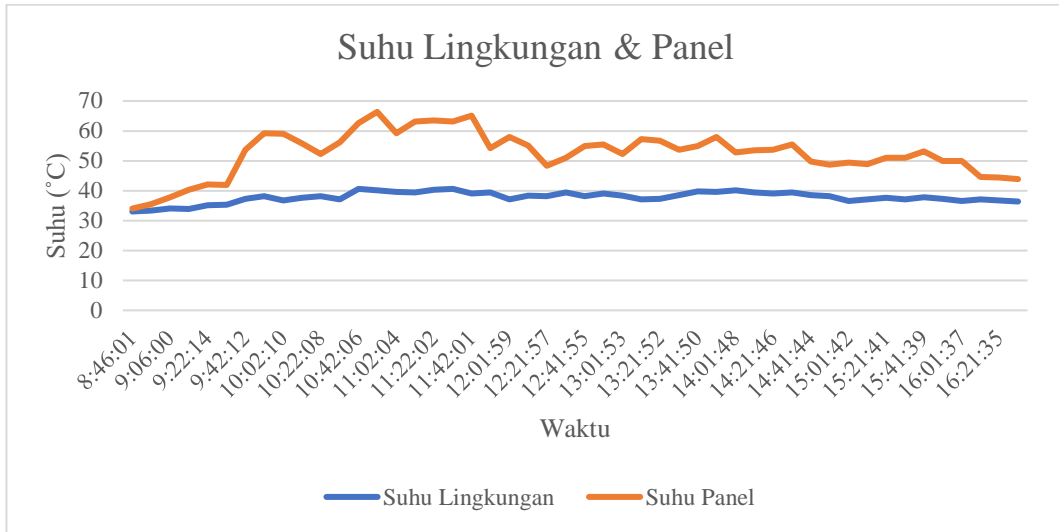
| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|--------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| Minggu | 13/08/2023 10:52 | 110,56 | 4,26 | 776 | 66,35 | 40,1 | 70,02 |
| Minggu | 13/08/2023 11:02 | 113,49 | 2,76 | 524,19 | 59,28 | 39,6 | 46,55 |
| Minggu | 13/08/2023 11:12 | 113,47 | 5,36 | 1051,34 | 63,07 | 39,35 | 90,55 |
| Minggu | 13/08/2023 11:22 | 113,08 | 5,2 | 1021,43 | 63,57 | 40,35 | 87,50 |
| Minggu | 13/08/2023 11:32 | 113,21 | 5,12 | 1010,76 | 63,07 | 40,6 | 86,26 |
| Minggu | 13/08/2023 11:42 | 113,01 | 5,4 | 1066,76 | 65,09 | 39,09 | 90,81 |
| Minggu | 13/08/2023 11:52 | 113,05 | 4,14 | 764,4 | 54,23 | 39,35 | 69,71 |
| Minggu | 13/08/2023 12:01 | 112,06 | 4,18 | 771,35 | 58,02 | 37,08 | 69,73 |
| Minggu | 13/08/2023 12:10 | 112,52 | 4,19 | 782,23 | 55,02 | 38,34 | 70,16 |
| Minggu | 13/08/2023 12:21 | 116,95 | 5,44 | 1076,36 | 48,42 | 38,09 | 94,63 |
| Minggu | 13/08/2023 12:31 | 115,21 | 5,29 | 1033,36 | 50,95 | 39,35 | 90,69 |
| Minggu | 13/08/2023 12:41 | 114,11 | 5,21 | 1023,56 | 54,99 | 38,09 | 88,51 |
| Minggu | 13/08/2023 12:51 | 114,28 | 5,16 | 1017,32 | 55,49 | 39,09 | 87,69 |
| Minggu | 13/08/2023 13:01 | 114,84 | 5,14 | 1014,1 | 52,21 | 38,34 | 87,80 |
| Minggu | 13/08/2023 13:11 | 114,21 | 5,04 | 1006,32 | 57,26 | 37,08 | 85,72 |
| Minggu | 13/08/2023 13:21 | 113,91 | 4,97 | 995,25 | 56,75 | 37,33 | 84,23 |
| Minggu | 13/08/2023 13:31 | 114,76 | 4,93 | 990,18 | 53,72 | 38,59 | 84,21 |
| Minggu | 13/08/2023 13:41 | 114,44 | 4,82 | 955,62 | 54,99 | 39,85 | 82,07 |
| Minggu | 13/08/2023 13:51 | 113,26 | 4,74 | 946,27 | 58,02 | 39,6 | 79,95 |
| Minggu | 13/08/2023 14:01 | 114,42 | 4,63 | 923,43 | 52,71 | 40,1 | 78,86 |
| Minggu | 13/08/2023 14:11 | 114,94 | 4,48 | 911,23 | 53,47 | 39,35 | 76,64 |
| Minggu | 13/08/2023 14:21 | 114,67 | 4,33 | 891,39 | 53,72 | 39,09 | 73,91 |
| Minggu | 13/08/2023 14:31 | 114,19 | 4,18 | 863,69 | 55,49 | 39,35 | 71,05 |
| Minggu | 13/08/2023 14:41 | 115,34 | 4,01 | 760,9 | 49,68 | 38,59 | 68,87 |
| Minggu | 13/08/2023 14:51 | 115,53 | 3,81 | 731,37 | 48,67 | 38,09 | 65,44 |
| Minggu | 13/08/2023 15:01 | 115,37 | 3,64 | 708,95 | 49,43 | 36,58 | 62,45 |
| Minggu | 13/08/2023 15:11 | 115,31 | 3,41 | 676,47 | 48,93 | 37,08 | 58,56 |

| Hari | Tanggal | Voc (V) | Isc (A) | Iradiasi (W/m ²) | Suhu Panel (°C) | Suhu Lingkungan (°C) | Performa (%) |
|-------------|------------------|---------|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| Minggu | 13/08/2023 15:21 | 115,04 | 3,24 | 655,46 | 50,95 | 37,58 | 55,53 |
| Minggu | 13/08/2023 15:31 | 114,79 | 3,04 | 643,94 | 50,95 | 37,08 | 51,89 |
| Minggu | 13/08/2023 15:41 | 114,06 | 2,79 | 604,31 | 53,22 | 37,84 | 47,42 |
| Minggu | 13/08/2023 15:51 | 114,44 | 2,57 | 575,84 | 49,94 | 37,33 | 43,75 |
| Minggu | 13/08/2023 16:01 | 114,87 | 2,12 | 491,52 | 49,94 | 36,58 | 36,24 |
| Minggu | 13/08/2023 16:11 | 115,33 | 2,1 | 490,27 | 44,63 | 37,08 | 36,04 |
| Minggu | 13/08/2023 16:21 | 115,29 | 1,84 | 462,05 | 44,38 | 36,83 | 31,52 |
| Minggu | 13/08/2023 16:31 | 114,65 | 1,5 | 401,18 | 43,88 | 36,33 | 25,59 |
| Rata - rata | | | | | | | 66,47 |

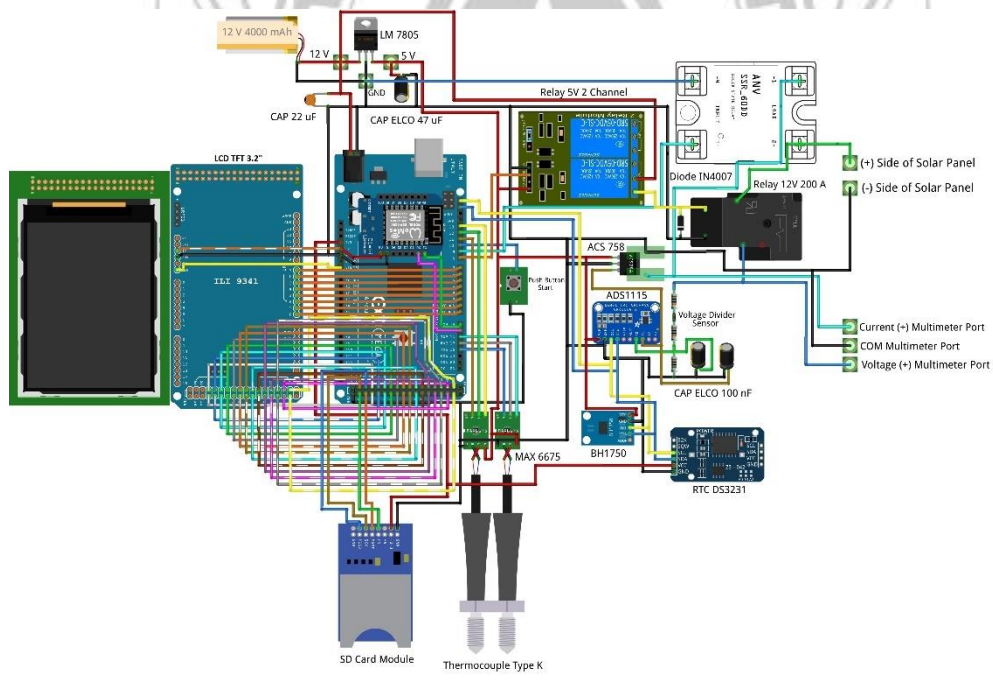
Lampiran 20. Grafik Pengukuran Tegangan (Voc) dan Arus (Isc) Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp



Lampiran 21. Grafik Pengukuran Tegangan (V_{oc}) dan Arus (I_{sc}) Pengujian Hari Kelima Panel Polikristal 500 Wp



Lampiran 22. Wiring Diagram Perangkat



fritzing

Lampiran 23. *Source Code Performance Tester*

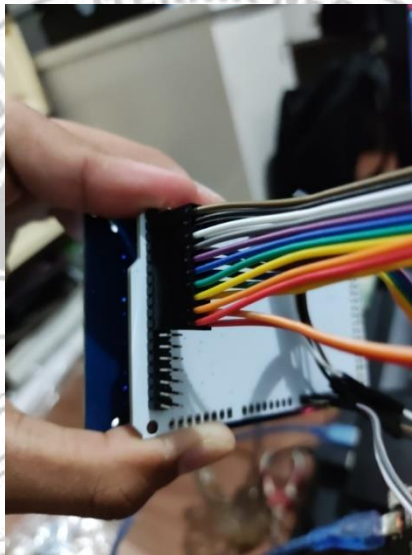
<https://github.com/mrynna/Photovoltaic-Panel-Performance-Tester>

Lampiran 24. *Source Code Website Perftesid.com*

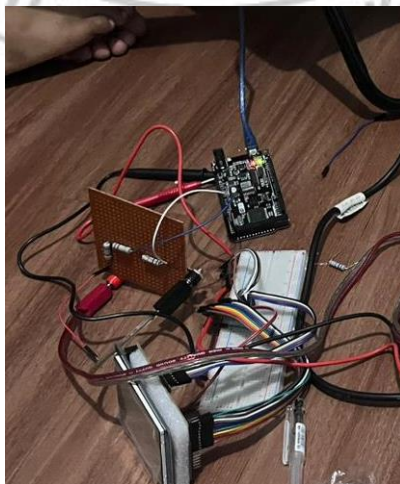
<https://github.com/mrynna/perftesid-web>

Lampiran 25. Pembuatan dan Pengujian *Performance Tester*

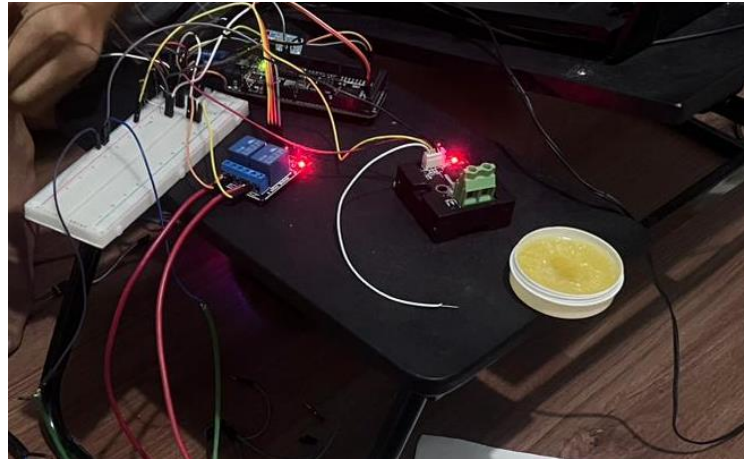
a. *Wiring LCD TFT Touchscreen*



b. *Wiring Sensor Tegangan*



c. *Wiring Sensor Arus ACS758*



d. Pengujian Sensor - sensor





e. Pencatatan Data Hasil Pengujian





f. Modul Pengujian





Lampiran 26. Panduan Pengguna *Performance Tester*

Photovoltaic Panel Performance Tester

Poiteknik Negeri Ujung Pandang



Photovoltaic Panel Performance Tester

Panduan Pengguna

Versi 1.0

17/07/2023

Panduan Pengguna

Versi 1.0

Link Buku Panduan Pengguna: <http://bit.ly/44MBibJ>

LEMBAR CATATAN KONSULTASI/ASISTENSI PROPOSAL





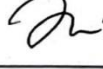

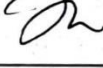

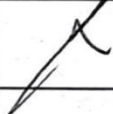
D4 TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Nama /No. Induk Mahasiswa : Gunawan / 42119034

Judul Skripsi : Rancang Bangun Photovoltaic Panel Performance Tester Berbasis Mikrokontroler

Pembimbing : 1. Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T.
2. Usman, S.T., M.T.

| No. | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing I | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing II | Tanda Tangan | |
|-----|----------|-----------------------------|----------|--|---|---|
| | | | | | PB I | PB II |
| 1. | 16/01/23 | Tata tulis, referensi | 16/01/23 | Penggantian sensor dan penambahan subbab peneliran terdahulu |  |  |
| 2. | 19/01/23 | RAB, referensi, flowchart | 19/01/23 | BAB I, Flowchart |  |  |
| 3. | 25/01/23 | Gambar | 25/01/23 | Spesifikasi komponen, teknik analisis data. |  |  |
| 4. | | ACC | 30/01/23 | Daftar pustaka, flowchart, & rumus yang digunakan. |  |  |
| 5. | | | | ACC 1/23 sisa jumlah proposal | |  |
| 6. | | | | | | |
| 7. | | | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |
| 10. | | | | | | |
| 11. | | | | | | |
| 12. | | | | | | |

LEMBAR CATATAN KONSULTASI/ASISTENSI PROPOSAL

D4 TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Nama /No. Induk Mahasiswa : Muhammad Riyan Ardiyansyah / 42119046

Judul Skripsi : Rancang Bangun Photovoltaic Panel Performance Tester Berbasis Mikrokontroler

Pembimbing : 1. Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T.
2. Usman, S.T., M.T.

| No. | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing I | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing II | Tanda Tangan | |
|-----|----------|-----------------------------|----------|--|--------------|-------|
| | | | | | PB I | PB II |
| 1. | 16/01/23 | Tata tulis, referensi | 16/01/23 | Komponen sensor, dan penambahan sub bab penelitian | | |
| 2. | 19/01/23 | RAB, referensi, flowchart | 19/01/23 | BAB I, flowchart | | |
| 3. | 25/01/23 | Gambar | 25/01/23 | Spesifikasi komponen, teknik analisis data | | |
| 4. | | ACC | | Daftar pustaka, prosedur, & rumus yang digunakan. | | |
| 5. | | | | ACC 1/23 & ringkasan proposal | | |
| 6. | | | | | | |
| 7. | | | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |
| 10. | | | | | | |
| 11. | | | | | | |
| 12. | | | | | | |

LEMBAR CATATAN KONSULTASI/ASISTENSI SKRIPSI

D4 TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Nama /No. Induk Mahasiswa : Gunawan / 42119034

Judul Skripsi : Rancang Bangun Photovoltaic Panel Performance Tester Berbasis Mikrokontroler

Pembimbing : 1. Ahmad Rosyid Loris, S.T., M.T.
2. Usman, S.T., M.T.

| No. | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing I | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing II | Tanda Tangan | |
|-----|----------|-------------------------------------|----------|--------------------------------------|--------------|-------|
| | | | | | PB I | PB II |
| 1. | 11/05/23 | Asistensi Alat (komponen) | 11/05/23 | Asistensi Alat | | |
| 2. | 11/05/23 | Pengambilan sensor | 11/05/23 | Asistensi pengambilan data (BAB II) | | |
| 3. | 11/05/23 | Asistensi Har | 11/05/23 | Asistensi Bab IV (Format dan Revisi) | | |
| 4. | 12/05/23 | Asistensi Bab IV (Pengambilan data) | 12/05/23 | Asistensi Bab IV dan V | | |
| 5. | 12/05/23 | Asistensi Bab IV | | Acc 12/07/23 | | |
| 6. | 12/05/23 | Asistensi Bab IV & V | | | | |
| 7. | | ACC 13/07/23 | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |
| 10. | | | | | | |
| 11. | | | | | | |
| 12. | | | | | | |
| 13. | | | | | | |
| 14. | | | | | | |
| 15. | | | | | | |

LEMBAR CATATAN KONSULTASI/ASISTENSI SKRIPSI
D4 TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG


Nama /No. Induk Mahasiswa : Muhammad Riyan Archipusyah / 42119046
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Photovoltaic Panel Performance Tester Berbasis Mikrokontroler
 Pembimbing : 1. Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T.
 2. Usman, S.T., M.T.

| No. | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing I | Tgl | Uraian/Anjuran Pembimbing II | Tanda Tangan | |
|-----|----------|-------------------------------------|----------|---|--------------|-------|
| | | | | | PB I | PB II |
| 1. | 11/05/23 | Asistensi Alat (komponen) | 11/05/23 | Asistensi Alat | | |
| 2. | 11/05/23 | Penggantian sensor | 24/06/23 | Asistensi pengambilan data (BAB IV) | | |
| 3. | 15/05/23 | Asistensi Alat | 11/07/23 | Asistensi Bab IV (Format dan penulisan) | | |
| 4. | 11/07/23 | Asistensi Bab IV (Pengambilan data) | 11/07/23 | Asistensi Bab IV dan V | | |
| 5. | 11/07/23 | Asistensi Bab IV | | Acc 17/07/23 | | |
| 6. | 11/07/23 | Asistensi Bab IV & V | | | | |
| 7. | | ACC 13/07/23 | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |
| 10. | | | | | | |
| 11. | | | | | | |
| 12. | | | | | | |
| 13. | | | | | | |
| 14. | | | | | | |
| 15. | | | | | | |

**LAMPIRAN BERTA ACARA
PRELAKSANAAN UJIAN SIDANG SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Gunawan
No. Stambuk : 42119034

Catatan/Daftar Revisi Penguji :

| No. | Nama | Uraian | Tanda Tangan |
|-----|----------------|--|---|
| 1 | Musfah Putri L | <ul style="list-style-type: none">- Jelaskan level program dan rumus penguluan BH1750.- Perbaiki rumusan masalah.- Perbaiki ringkasan.- Perbaiki Tujuan Penelitian.- Analisis nya harus jelas.- Pengambilan data harus lebih lama untuk penentuan Quality.- Perbaiki Tulisan.- Perbaiki Pengambilan data.- Kode programnya memang ada referensi. |  |

Makassar, 3 - 8 - 2023
Sekretaris Penguji,


Bakhtiar, S.T., M.T.
19700323 199601 1 001


Catatan:

Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir Konfirmasi secepatnya ke Bagian Akademik

**LAMPIRAN BERTA ACARA
PRELAKSANAAN UJIAN SIDANG SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Muhammad Riyan Ardiyansyah
No. Stambuk : 42119046

Catatan/Daftar Revisi Penguji :

| No. | Nama | Uraian | Tanda Tangan |
|-----|----------------|---|---|
| 1. | Zulpiana Majid | → Akan lebih baik kalau pengukuran dilakukan lebih dari 1 hari, agar lebih akurat |  |

Makassar, 3 - 0 - 2023
Sekretaris Penguji,



Bakhtiar, S.T., M.T.
19700323 199601 1 001

Catatan:

Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir Konfirmasi secepatnya ke Bagian Akademik