

**PENGUJIAN VARIASI *AZIMUTH ANGLE* TERHADAP  
MODEL *FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN  
ORIGINLAB GUI**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



**Disusun Oleh:**

**ADE INDRA SYAPUTRA**

**NPM. 3332180020**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2023**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Pengujian Variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model  
*Flexible Photovoltaic* Menggunakan OriginLab GUI  
Nama : Ade Indra Syaputra  
NPM : 3332180020  
Fakultas/Jurusan: Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 06 Mei 2023



Ade Indra Syaputra  
NPM. 3332180020

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa penelitian ini:

Judul : Pengujian Variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model *Flexible Photovoltaic* Menggunakan OriginLab GUI  
Nama : Ade Indra Syaputra  
NPM : 3332180020  
Fakultas/Jurusan: Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 31 Mei 2023 melalui sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS

### Dewan Penguji

Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfan, M.Sc.  
Pembimbing II : Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.T  
Penguji I : Dr. Suhendar, S.Pd., M.T.  
Penguji II : Heri Haryanto, S.T., M.T.

Tanda Tangan



Mengetahui,  
Ketua Jurusan



Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng.  
NIP. 198307032009121006

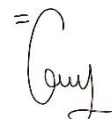
## **PRAKATA**

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmata-Nya, saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulisan penelitian ini dilakukan dalam memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan penelitian ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan penelitian ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang memberikan motivasi dan dukungan dan do'a dalam penyelesaian penelitian ini;
2. Dr. Romi Wiryadinata, S. T., M.Eng., Selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
3. Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T.,M. Sc., Selaku dosen pembimbing satu yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan penelitian ini;
4. Dr. Irma Saraswati, S.Si.,M.T., Selaku dosen pembimbing kedua yang juga telah membimbing saya dalam penulisan sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan penelitian. Semoga penelitian ini membawa manfaat untuk pengembangan ilmu.

Cilegon, 06 Mei 2023



Penulis

**ABSTRAK**

Ade Indra Syaputra

Teknik Elektro

**PENGUJIAN VARIASI AZIMUTH ANGLE TERHADAP MODEL FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC MENGGUNAKAN ORIGINLAB GUI**

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kualitas modul surya, potensi matahari dan pengujian variasi sudut dengan metode sistem *Off-grid* dengan judul “Pengujian variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model *Flexible Solar panel* Menggunakan Origin GUI”. Penelitian ini dilakukan dengan tiga skenario *azimuth angle*, skenario pertama  $0^{\circ}$  U,  $130^{\circ}$  T,  $209^{\circ}$  BD,  $43^{\circ}$  TL, skenario kedua  $43^{\circ}$  TL,  $130^{\circ}$  T,  $209^{\circ}$  BD,  $0^{\circ}$  U, skenario ketiga  $43^{\circ}$  TL,  $209^{\circ}$  BD,  $130^{\circ}$  T,  $0^{\circ}$  U hasil 49%, 45%, dan 35%. Efisiensi panel *flexible monocrystalline* ini tergolong kecil dengan nilai 6% dengan I-V, P-V, *accuracy* sensor tegangan 0,273%, ACS712 2%, sensor DHT 3,25%. Data *logger* untuk *monitoring* terdapat dua konsep *monitoring* panel surya dan *monitoring* radiasi menggunakan pyranometer MS-601F dan hasil pemakaian energi listrik 0,4488 kWh/day.

Kata Kunci : PLTS *Off-grid*, Data *logger*, *Flexible monocrystalline*

## **ABSTRACT**

Ade Indra Syaputra  
*Electrical Engineering*

### **TESTING OF AZIMUTH ANGLE VARIATION OF FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC MODELS USING ORIGINLAB GUI**

*The research that has been carried out resulted in the quality of solar modules, solar potential, and testing of angle variations with the Off-grid system method with the title "Testing Azimuth Angle Variations Against Flexible Solar panel Models Using Origin GUI". This research was conducted with three azimuth angle scenarios, first scenario  $0^\circ$  U,  $130^\circ$  T,  $209^\circ$  BD,  $430^\circ$  TL, second scenario  $430^\circ$  TL,  $130^\circ$  T,  $209^\circ$  BD,  $0^\circ$  U, third scenario  $43^\circ$  TL,  $209^\circ$  BD,  $130^\circ$  T,  $0^\circ$  U yields of 49%, 45%, and 35%. The efficiency of this monocrystalline flexible panel is relatively small with a value of 6% with I-V, P-V, voltage sensor accuracy of 0.273%, ACS712 2%, and DHT sensor of 3.25%. Data logger for monitoring there is two concepts of solar panel monitoring and radiation monitoring using the MS-601F pyranometer and the resulting electricity consumption of 0.4488 kWh/day.*

**Keywords:** PLTS Off-grid, Data logger, Flexible monocrystalline

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.i</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Energi Surya .....	6
2.2 Kualitatif Pancaran Radiasi Matahari.....	7
2.3 Sudut Azimut Matahari .....	7
2.4 Jenis-jenis Panel Surya .....	8
2.5 PLTS <i>Off-grid</i> .....	11
2.6 Parameter <i>External Solar Cell</i> .....	12
2.7 Kajian Pustaka Penelitian .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Metode Penelitian.....	16
3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	16
3.3 Perancangan Desain Alat.....	19
3.4 <i>Hardware dan Software</i> .....	20

3.5	Perancangan Sistem <i>Photovoltaic</i> .....	21
3.5.1	Rangkaian Sistem Panel Surya.....	21
3.5.2	Rangkaian <i>Input Data Logger</i> .....	22
3.5.3	Rangkain <i>Output Data Logger</i> .....	22
3.6	Blok <i>Diagram</i> Penelitian.....	23
3.7	Komponen Penelitian .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Hasil Perancangan Alat Penelitian .....	31
4.2	Pengujian Sistem .....	31
4.2.1	Pengujian Kalibrasi <i>Voltage Sensor 25 V</i> .....	31
4.2.2	Pengujian Kalibrasi <i>ACS712 Type 30 A</i> .....	32
4.2.3	Pengujian <i>DHT AM2302 dan Humidity Temperature Sensors</i> ..	33
4.2.4	Pengujian Kapasitas Baterai .....	33
4.3	Pengujian Kualitas <i>The Flexible Photovoltaic</i> .....	34
4.3.1	<i>Power Quality Flexible Solar panel</i> .....	35
4.3.2	<i>Maximum Power PV Module Flexible</i> .....	37
4.4	Radiasi Matahari Global.....	38
4.4.1	Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Cerah Berawan .....	38
4.4.2	Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Mendung.....	39
4.4.3	Radiasi Matahari Kondisi Hujan.....	40
4.5	Pengujian Variasi Azimuth pada <i>Flexible Photovoltaic</i> .....	41
4.5.1	Pengujian Sudut <i>Azimuth Angle</i> Skenario Satu.....	42
4.5.2	Pengujian Sudut <i>Azimuth Angle</i> Skenario Dua .....	42
4.5.3	Pengujian Sudut <i>Azimuth Angle</i> Skenario Tiga .....	43
4.6	Pemakaian Baterai PLTS.....	44
4.6.1	Pemakaian Baterai 1 VRLA .....	44
4.6.2	Pemakaian Baterai 2 VRLA .....	46
4.7	Selisih Perbandingan Parameter Penggunaan Baterai .....	45
4.7.1	Selisih <i>State of Charge</i> Baterai 1 dan Baterai 2 VRLA.....	46
4.7.2	Selisih <i>State of Health</i> Baterai 1 dan Baterai 2 .....	47
4.7.3	Selisih Tegangan Baterai 1 dan Baterai 2 .....	48
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>50</b>



5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	50
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
	<b>LAMPIRAN A PERALATAN DAN KOMPONEN PENELITIAN .....</b>	<b>A-1</b>
	<b>LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN .....</b>	<b>B-1</b>
	<b>LAMPIRAN C <i>LISTING PROGRAM</i> .....</b>	<b>C-1</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Radiasi Matahari di Indonesia.....	6
Gambar 2.2 Jarak Hubungan Matahari dan Bumi.....	7
Gambar 2.3 Sudut <i>Azimuth</i> Matahari.....	7
Gambar 2.4 Posisi Matahari di Ilustrasikan dengan Sudut Matahari.....	8
Gambar 2.5 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Monocrystalline</i> .....	9
Gambar 2.6 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Polycrystalline</i> .....	9
Gambar 2.7 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Perovskite</i> .....	10
Gambar 2.8 <i>Photovoltaic</i> Jenis <i>Flexible</i> .....	10
Gambar 2.9 Sistem PLTS <i>Off-grid</i> .....	11
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	17
Gambar 3.2 Perancangan Desain Alat .....	19
Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Panel Surya.....	21
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Input Data Logger</i> . .....	22
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Output Data Logger</i> .....	23
Gambar 3.6 <i>Diagram</i> Blok Penelitian.....	23
Gambar 3.7 Panel Surya <i>Flexible Monocrystalline</i> .....	25
Gambar 3.8 <i>Solar Charge Controller</i> PWM 20A.....	26
Gambar 3.9 <i>Power Inverter</i> DC to AC.....	27
Gambar 3.10 Arduino Uno R3 .....	27
Gambar 3.11 Pyranometer MS-601F .....	28
Gambar 4.1 <i>Portable Photovoltaic</i> .....	30
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Kalibrasi <i>Voltage Sensor</i> .....	31
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Kalibrasi ACS712.....	32
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran DHTAM2302.....	33
Gambar 4.5 Kurva Tegangan dan <i>State of Charge</i> VRLA 12 V 20 Ah .....	34
Gambar 4.6 Kurva I-V dan P-V <i>Flexible Photovoltaic</i> .....	35
Gambar 4.7 Kualitas <i>Solar panel Flexible</i> .....	36
Gambar 4.8 Daya Puncak Keluaran <i>Flexible Photovoltaic</i> .....	37
Gambar 4.9 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Cerah Berawan .....	38
Gambar 4.10 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Mendung .....	39

Gambar 4.11 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Hujan .....	40
Gambar 4.12 Hasil Skenario Sudut <i>Azimuth</i> kesatu.....	41
Gambar 4.13 Hasil Skenario Sudut <i>Azimuth</i> kedua .....	42
Gambar 4.14 Hasil Skenario Sudut <i>Azimuth</i> ketiga.....	43
Gambar 4.15 Pemakaian Baterai 1 VRLA.....	45
Gambar 4.16 Pemakaian Baterai 2 VRLA.....	46
Gambar 4.17 Selisih <i>State of Charge</i> Baterai 1 dan 2.....	47
Gambar 4.18 Selisih <i>State of Health</i> Baterai 1 dan 2.....	48
Gambar 4.19 Selisih Tegangan Baterai 1 dan 2.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Hardware dan Software</i> .....	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Panel Surya Model <i>Flexible</i> .....	25
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Solar Charge Controller PWM 20A</i> .....	26
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Power Inverter DC to AC</i> .....	27
Tabel 3.5 Spesifikasi Arduino Uno .....	28
Tabel 3.6 Spesifikasi Pyranometer MS-601F .....	29

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Negara Indonesia semakin meningkat seiringnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan dibidang teknologi. Pemenuhan kebutuhan energi yang diambil sebagian besar dari alam yang meliputi batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang dikenal sebagai bahan bakar fosil [1]. Secara letak geografis Indonesia terletak terdiri dari ribuan pulau yang berdampak tenaga listrik sulit dijangkau oleh daerah terpencil terdalam dan terluar selain itu juga Negara Indonesia juga merupakan daerah tropis yang mempunyai potensi energi matahari. Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2012 rata-rata temperatur sebaran di Kota Cilegon dengan sebesar 31,28°C dan sebaran radiasi matahari yang diperoleh di Kota Cilegon sebesar 4,62 kW/m<sup>2</sup> [2].

Negara Indonesia terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup> per hari di seluruh wilayah Indonesia [3]. Mekanisme pelacakan arah *azimuth* dikategorikan menjadi dua bagian umum, diantaranya sistem pelacakan secara *azimuth angle* dan pelacakan secara *tilt angle* [4]. Sudut pelacakan sumbu *zenith* ialah sudut azimuth matahari dan sudut pelacakan sumbu horizontal ialah sudut elevasi matahari [5].

Energi yang sifatnya menyeluruh pada diri manusia, baik sebagai individu ataupun global, energi baru terbarukan menjadi solusi maju bersama secara konstan memberikan peluang besar untuk menyelamatkan krisis energi [6]. Teknologi sistem *photovoltaic* terdapat beberapa jenis metode di antaranya metode *stand alone photovoltaic system* yang menggunakan baterai sebagai penyimpanan utama dari panel surya, adapun *On-grid* yang terhubung dengan tenaga listrik negara. Metode *stand alone* ini memiliki pertimbangan yang sangat penting dimulai dari perekonomian, sistem hazard, tipe panel surya hingga kemampuan setiap jenis modul panel surya [7].

Kemampuan panel surya dapat menghasilkan berbagai pencapaian dengan parameter pengukuran yang optimal, hal ini menjadi sorotan bahwa pengukuran

yang dilakukan dapat dilakukan sesuai dengan keinginan maka bisa dilakukan pengecekan data secara *real time* dengan menggunakan teknologi *microcontroller* sebagai *prototype* [8]. *Prototype* ini berguna sebagai perekapan data keluaran hasil *photovoltaic* secara terus menerus tanpa harus mengukur dengan alat ukur seperti multimeter, sehingga dapat dibandingkan antara *prototype* dengan template yang tercantum pada panel surya. Perancangan ini menggunakan alat mikrokontroler arduino sebagai kendali adapun sensor arus dan sensor tegangan [9]. Bahasa pemrograman ini adalah bahasa C++ dan program *coding* ini dirancang dalam suatu *software* yang bernama Arduino IDE yang kemudian dilakukan tahap kalibrasi komponen sesuai tipe masing-masingnya [10]. Pemanfaatan sistem pemantauan dengan teknik pengumpulan data *collection* yang telah disimpan penyimpanan memori, tugas dan fungsi sistem ini adalah untuk memantau kinerja *photovoltaic* [11]. Dalam proses sistem data *logger* ini terintegrasi dengan sensor suhu DHT22 dan pengukuran *direct current* sehingga sensor ini diperlukan *pin digital* dan *analog* [12]. Parameter pada sistem akuisisi ini memiliki standarisasi diantaranya pengukuran arus, tegangan, dan radiasi matahari yang *dimonitoring* dalam sistem PV [13].

*Photovoltaic module* dapat memiliki tegangan dan arus pada keluaran nya dengan akibat efek radiasi matahari yang dipancarkan matahari ke bumi. Sebaran radiasi matahari dapat direkam oleh alat ukur pyranometer, radiasi matahari dapat diklasifikasikan menjadi tiga model, diantaranya sebaran radiasi difusi, model radiasi pantul, dan model radiasi langsung. Radiasi matahari dapat berubah ubah sesuai dengan kondisi datang nya musim [14]. Performa modul panel surya menjadi hal utama dalam bidang penyinaran matahari yang diterima, hal ini dapat mempengaruhi suatu kinerja atau kualitas panel surya yang digunakan dan di pengaruhi efek lintang suatu tempat pemasangan panel surya. Kondisi permukaan suatu daerah dan kemiringan dan sudut azimuth pemasangan panel surya, efek efisiensi sangat bergantung kepada cahaya matahari di masyarakat pada umumnya panel surya tidak melampaui efisiensi 20% [15]. Penentuan sudut pengaruh solar panel dapat dilakukan dengan metode sudut deklinasi, sudut lintang, sudut jam matahari, sudut zenith, dan sudut azimuth matahari [16]. rangkaian listrik seri dan paralel dan kombinasi, rangkaian elektronik, penyerap energi surya, kendali

pengisian, inverter, penyimpan energi listrik, alat-alat ukur. [17]. Metode estimasi sudut *azimuth* energi tahunan *photovoltaic* yang dipasang dengan variasi nilai *azimuth*-nya hal ini berdampak pada hasil produksi energi pada panel surya [18]. Data hasil pengambilan data dapat disimpan dengan media data *logger* dengan parameter yang dibutuhkan [19]. Radiasi yang di pancarkan oleh matahari terhadap permukaan solar panel akan di simpan dalam penyimpanan energi baterai dengan melalui proses inverter sebagai pengubah tegangan [20]

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian *solar panel* sistem untuk mengoptimalkan tegangan dan arus oleh karena itu dengan mengatur posisi sudut *azimuth*-nya terdapat empat panel dengan kapasitas 50 WP yang dirangkai secara paralel. Posisi sudut *azimuth* dengan ketentuan nilai-nilai satuan derajat serta dijadikan skenario pengujian. Penelitian ini menggunakan panel surya *flexible monocrystalline* yang berkarakteristik tipis dan ringan serta metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara data *logger*, dengan data *logger* ini sistem pengaplikasian *monitoring* tegangan, arus, dan radiasi pancaran matahari menggunakan alat yaitu pyranometer sebagai salah satu alat ukur penangkapan cahaya matahari dengan satuan  $W/m^2$  hasil data dioleh di *Graphical User Interface* (GUI).

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pemantauan secara *real time* panel surya jenis *flexible monocrystalline*?
2. Bagaimana Pengujian komparasi hasil performa dari panel surya dengan perbandingan cuaca dan variasi sudut *azimuth*?
3. Bagaimana melakukan perhitungan analisis dari efisiensi dari panel surya?
4. Tingkat efisiensi performa dari panel surya jenis *flexible*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang sistem data *logger* sebagai data *collection* dengan terintegrasinya sensor pendeteksian.
2. Mendapatkan hasil yang optimal dari pengujian variasi sudut *azimuth*.
3. Mendapatkan tingkat efisiensi dan kemampuan pada panel surya jenis *flexible*.
4. Melakukan perhitungan analisis perbandingan IV dan PV *Curve* pada pengujian dengan objek panel surya jenis *flexible*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pendidikan dapat memberikan ilmu dalam bidang *solar panel* dan tahap konversi data sehingga ilmu dapat bertambah.
2. Bagi akademisi hasil pengujian penelitian posisi sudut azimuth dapat menjadi referensi bagi para akademisi yang ingin melakukan perkembangan kajian tentang *solar panel* jenis *flexible* dengan menggunakan perangkat analisis data numerik.
3. Bagi berkelanjutan pendidikan diharapkan mampu menjadi bahan referensi jejak sudut azimuth pada panel *flexible* menggunakan OriginLab *Graphical User Interface* dan mampu mengkonversi data secara linier maupun non-linier.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan 4 *solar panel flexible* dengan kapasitas 50 WP yang diatur sudut azimuth nya dengan beberapa skenario.
2. Parameter yang digunakan untuk mengatur posisi sudut azimuth yang satuan derajat, arus, dan tegangan keluaran yang dicapai dalam pengujian skenario azimuth.
3. Melakukan perbandingan terhadap SoC dan SoH baterai.
4. Melakukan tahap uji beban menggunakan *Energy Monitoring System* (EMS).
5. Parameter yang dicapai oleh data *logger* adalah tegangan, arus, dan suhu.



6. SD Card sebagai penyimpanan data dan pengolahan data menggunakan GUI.
7. Penangkapan *solar radiation* menggunakan pyranometer MS-601F.
8. Tidak menggunakan sistem pelacakan jejak matahari.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika yang digunakan dalam penulisan ini disusun berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan dengan maksud memberikan secara garis besar dari setiap bab dalam laporan ini Sistematika penulisan terdiri dari 5 Bab, susunan secara garis besar adalah sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisikan latar belakang dari penelitian, rumusan masalah dari penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan tentang teori-teori penunjang dan ilmu dasar yang berkaitan dengan penelitian ini seperti pengaturan sudut azimut serta sistem energi baru terbarukan.

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisikan tentang metode penelitian berupa data alat yang digunakan pada penelitian, *flowchart*, dan tempat dan waktu penelitian yang dilakukan.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisikan tentang hasil uji coba kinerja komponen penelitian beserta analisisnya.

#### **BAB V PENUTUP**

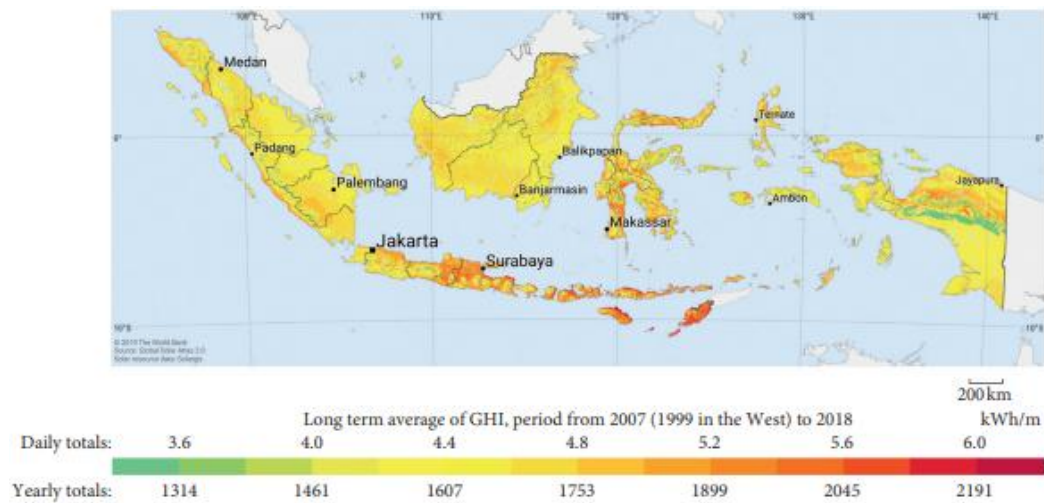
Berisikan tentang kesimpulan hasil penelitian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang mampu mengubah energi panas surya menjadi listrik yang memanfaatkan panas matahari melalui berbagai komponen yang mendukung untuk terjadinya *photovoltaic effect* [21]. Peta radiasi matahari dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.

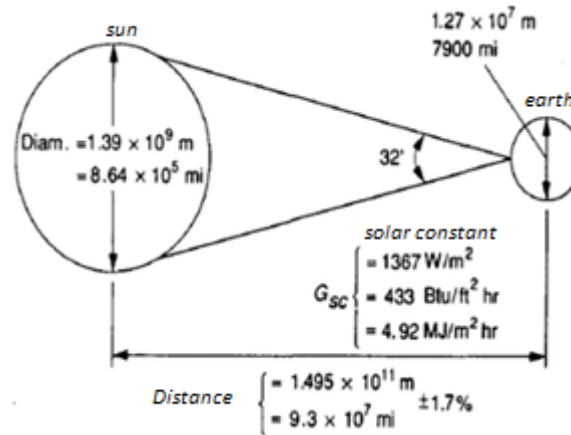


Gambar 2.1 Radiasi Matahari di Indonesia [22]

Berdasarkan Gambar 2.1 potensi energi surya Negara Indonesia yang cukup besar menurut data *Indonesian Renewable Energy Agency* (IRENA) radiasi matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut adalah untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar  $4,5 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$  dengan variasi bulanan sekitar 10% dan Kawasan Timur Indonesia (KTI) dengan nilai sebesar  $5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$  dengan variasi bulanan 9%. Penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar  $4,8 \text{ kWh/m}^2$  dengan variasi bulanan sekitar 9%. Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi hal ini dapat menjadikan suatu potensi perkembangan teknologi yang bermanfaat [23].

## 2.2 Kualitatif Pancaran Radiasi Matahari

Peristiwa momentum eksentrisitas orbit mempunyai jarak antara matahari dan bumi berjarak sebesar 1,7% yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.

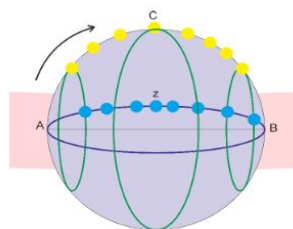


Gambar 2.2 Jarak Hubungan Matahari dan Bumi [24]

Berdasarkan Gambar 2.2 pengukuran astronomi didapat dengan jarak rata-rata bumi terhadap matahari sebesar  $1,495 \times 10^{11} \text{ m}$ . Oleh karena itu, konstanta matahari ( $G_{sc}$ ) adalah energi matahari per unit waktu yang diterima pada suatu jangkauan seluas permukaan yang tegak lurus  $90^\circ$  dengan arah radiasi pada jarak rata-rata matahari sampai bumi dengan parameter di luar atmosfer. Berdasarkan data *World Radiation Center (WRC)* mengambil nilai konstanta matahari ( $G_{sc}$ ) senilai  $1367 \text{ W/m}^2$  dengan nilai toleransi 1% [24].

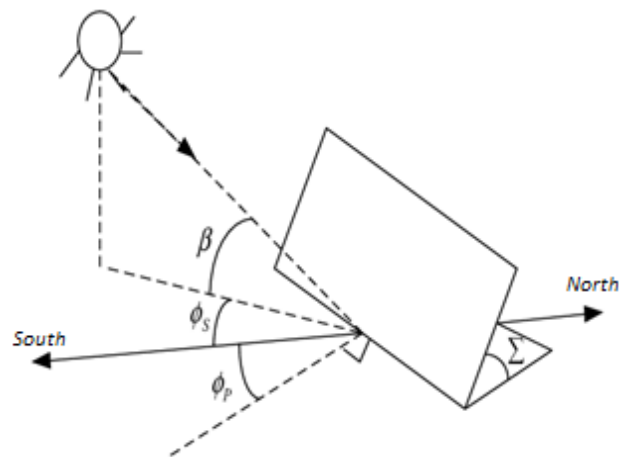
## 2.3 Sudut Azimut Matahari

Azimut adalah sudut yang berbentuk dua garis lurus yang dimana menjadi acuan sudut azimut ini utara sebagai acuan peta atau titik 0 yang kemudian sudut azimut ini dihitung dengan searah jarum jam yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sudut Azimut Matahari [25]

Berdasarkan Gambar 2.3 garis jalur matahari memiliki titik A, B, C titik arah ini dapat berubah berubah sedangkan untuk sudut azimuth matahari pada titik A, Z, B tetap berada pada posisi nya karena pada titik A, Z, B berada pada posisi horizontal yang tegak lurus sejajar dengan arah gerak matahari. Matahari pada posisi terhadap bidang horizontal dengan acuan di bumi setiap sudut berdasarkan titik koordinat di bumi perlu diperhatikan dan dipahami yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Posisi Matahari di Ilustrasikan dengan Sudut Matahari [26]

Berdasarkan Gambar 2.4 Azimut ( $\Psi$ ) ada metode untuk deklarasi untuk menentukan sudut azimuth. Sudut *azimuth* ( $\theta$ ) matahari adalah sudut permukaan horizontal yang dimana proyeksi sinar radiasi matahari terhadap arah mata angin, khususnya acuan nya utara atau selatan. Pada sudut *azimuth* bernilai positif maka matahari pada posisi sebelah barat dari arah selatan dan bernilai negatif maka letak posisi berada di posisi timur dari selatan, azimuth bergerak searah arah jarum jam.

## 2.4 Jenis-jenis Panel Surya

*Renewable energy* merupakan energi bersih tanpa polusi menjadi jawaban dimasa mendatang dengan pemanfaatan cahaya matahari dapat menghasilkan energi listrik. Panel surya yang terkandung memiliki struktur pembuatan sel-sel yang berbeda, panel surya dapat dibagi menjadi beberapa jenis dengan tingkat efisiensi yang berbeda-beda.

#### A. Panel Surya Jenis *Monocrystalline*

Merupakan panel surya yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Photovoltaic* Jenis *Monocrystalline* [27]

Berdasarkan Gambar 2.5 panel surya *monocrystalline* dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik yang berkapasitas besar di tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat panas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Jenis *monocrystalline* mempunyai karakteristik warna hitam dikarenakan ini berasal dari silikon murni dan silikon tersebut terbentuk seperti segi delapan [27].

#### B. Panel Surya Jenis *Polycrystalline*

Panel surya yang memiliki susunan kristal acak yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Photovoltaic* Jenis *Polycrystalline* [28]

Berdasarkan Gambar 2.6 tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline*, oleh karena itu hasil yang tergantung dari cuaca tepatnya sinar matahari yang mengenai dasar permukaan *solar panel* [28].

### C. Panel Surya Jenis *Perovskite*

Perkembangan teknologi *solar panel* dengan jenis sel surya berbasis *perovskite* (PSC) yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.7.

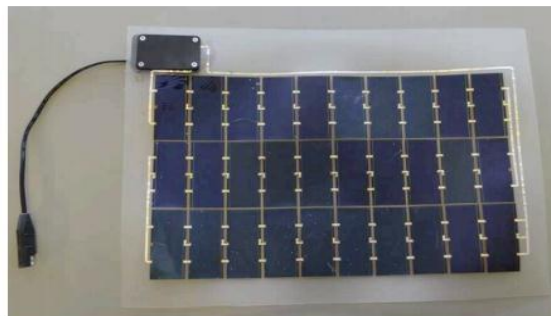


Gambar 2.7 *Solar panel Perovskite* [29]

Berdasarkan Gambar 2.7 Panel jenis *perovskite* telah diimplementasikan beberapa tahun terakhir, dengan asumsi efisiensi dari sel surya *perovskite* ini mencapai sebesar 22,7%. Efisiensi ini memiliki daya saing yang tinggi untuk teknologi PV konvensional, PSC ini memiliki potensi besar untuk kemajuan teknologi PV [28].

### D. Panel Surya Jenis *Flexible Monocrystalline*

*Flexible monocrystalline* panel yang ringan dan bisa ditekuk (tidak kaku) hal ini membuat para pelanggan tertarik [29] yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.8.

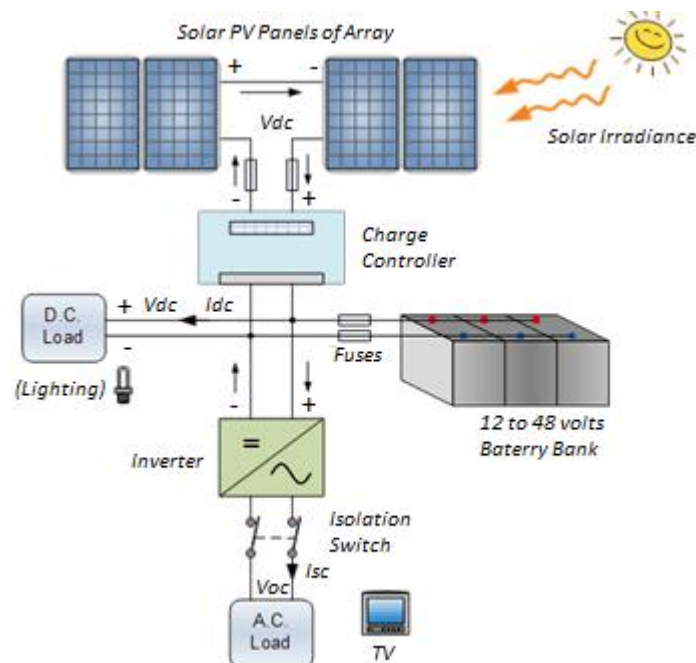


Gambar 2.8 *Photovoltaic Model Flexible Jenis Monocrystalline* [30]

Berdasarkan Gambar 2.8 panel surya *flexible* dapat menghasilkan *output* yang lebih besar dibandingkan panel surya vertikal [31]. *Flexible Solar Cell* (FCS) dalam arsitektur nya yang paling luas dirakit dengan *dual film planar* yang berlawanan atau *substrat foil* dalam kombinasi logam plastik. Tinjauan pengoperasian DSC menunjukkan bahwa target pasar awal diwakili oleh aplikasi dalam ruangan dimana kepadatan keluaran daya lebih unggul dibandingkan teknologi *photovoltaic flexible* yang bersaing [32].

## 2.5 PLTS *Off-grid*

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sistem *off-grid* adalah suatu pembangkit energi bersih yang dikenal sebagai *PV stand alone system* yang artinya metode ini tidak terhubung dengan jaringan PLN sebagai aliran listrik *backup-an*. Pembangkit listrik jenis ini yang menjadi hal utama adalah energi cahaya matahari sebagai sumber radiasi global, PLTS jenis ini sangat direkomendasikan pada tempat yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik seperti daerah terdepan, terluar, dan tertinggal [33]. Sistem rangkaian PLTS *off-grid* terdiri dari *solar charge controller*, baterai VRLA, inverter dan beban listrik yang akan digunakan, sistem ini dilengkapi dengan proteksi seperti MCB DC, MCB AC dan Fuse yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sistem PLTS *Off-grid* [33]

Berdasarkan Gambar 2.9 sistem listrik *Off-grid* ini adalah jawaban dari permasalahan tempat tinggal yang jauh dengan jangkauan listrik PLN sehingga dapat dijadikan bahan energi alternatif sebagai pengkonversi energi matahari melewati sistem proses *photovoltaic efect*. Pertimbangan perencanaan yang sangat jeli yang dapat mempengaruhi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya pembangkit listrik sistem *off-grid* yaitu pemeliharaan pada warga pemukiman, transportasi sulit dijangkau dan terdapat pada daerah tersebut, sebaran radiasi matahari sumber energi mencukupi kebutuhan sistem *off-grid* [34]. Klasifikasi metode PLTS dapat di kategorikan menjadi tiga jenis diantaranya, PLTS *On-grid* dengan memanfaatkan jaringan PLN, PLTS *Off-grid* dengan memanfaatkan energi bank (*battery*) dan PLTS *Hybrid* dengan kombinasi jaringan PLN, penyimpanan baterai dan genset.

## 2.6 Parameter *External Solar Cell*

Performa dan kualitas sebuah panel surya dapat dihitung dengan Persamaan, hal ini dapat menjadi hal yang penting dalam perancangan dan pemilihan *solar panel*, selain itu spesifikasi dari panel surya dapat menjadi acuan kualitas[35].

Ketika panel surya di letakan pada radiasi matahari kemudian proses fotovoltaiik berlangsung pada permukaan panel surya yang dapat dirumuskan dan dihitung dalam Persamaan (2.1)

$$P_{in} = S_o \times A \text{ (watt)} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) adalah persamaan daya masukan yang diterima oleh panel surya yang dimana  $P_{in}$  (daya masukan), dengan hasil  $S_o$  (konstanta matahari) sehingga dari perkalian konstanta matahari dan dikalikan  $A$  (Luas permukaan panel) sehingga di dapatkan hasil daya masukan solar panel.

$$FF = \frac{V_{mp}I_{mp}}{V_{oc}I_{sc}} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) adalah persamaan nilai  $FF$  (faktor pengisian) suatu kondisi pengisian faktor pada panel surya, dihasilkan dari  $I_{mp}$  (arus kerja) dan  $V_{mp}$



(Tegangan kerja) dengan pembagi nya hasil dari  $I_{sc}$  (arus rangkaian jenuh) dan dikalikan dengan  $V_{oc}$  (tegangan rangkaian terbuka).

$$P_{out} = V_{mp} \times I_{mp} \text{ (Watt)} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) adalah persamaan nilai dari  $P_{out}$  (daya keluaran) suatu kondisi pengisian faktor pada panel surya, dihasilkan dari arus kerja  $I_{mp}$  (arus kerja) dan  $V_{mp}$  (tegangan kerja) dengan pembagi nya hasil dari arus rangkaian jenuh dan tegangan rangkaian terbuka. Perhitungan nilai *fill factor* dengan dikalikan hasil tegangan rangkaian terbuka dan arus rangkaian jenuh dapat dihitung dalam Persamaan (2.4)

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \text{ (Watt)} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) adalah persamaan dari daya keluaran dengan *nomenclature*  $P_{out}$  (daya keluaran) perhitungan ini dapat diketahui jika hasil dari  $V_{oc}$  (tegangan rangkaian) dikalikan dengan  $I_{sc}$  (arus rangkaian jenuh) terbuka ini berfisat operasional, dengan melakukan pengukuran langsung terhadap parameter keluaran sel surya, sehingga Persamaan  $P_{out}$  dapat ditentukan. Perhitungan efisiensi panel surya dapat dihitung dalam Persamaan (2.5) [36]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{S \times FF} \times 100\% \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) adalah nilai suatu efisiensi dari panel surya dengan nomenclatur  $\eta$  (efisiensi), sehingga turunan hasil dari efisiensi dapat di cari daya masukan dan daya keluaran dengan istilah  $P_{out}$  (daya keluaran),  $P_{in}$  (daya masukan), kemudian akan di kalkulasikan dengan  $V_{oc}$  (tegangan rangkaian terbuka),  $I_{sc}$  (arus rangkaian jenuh), dikalikan dengan  $FF$  (pengisian faktor) dalam bentuk persen,  $S$  (radiasi matahari total) dapat di ketahui dengan sensor pyranometer dan hasil akan dikalikan terhadap *fill factor*.

## 2.7 Kajian Pustaka Penelitian

Penelitian tentang perancangan pembangkit listrik tenaga surya serta pengaturan *azimuth angle* sudah dilakukan sebelumnya pada penelitian-penelitian

serupa. Didasari penelitian terdahulu baik dari jenis penelitian terdahulu baik dari jenis penelitian maupun teori-teori yang digunakan. Seperti di jurnal, buku, teori maupun penelitian yang mendukung dalam membahas kemiripan mengenai teori - teori penelitian ini sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian. Berikut ini merupakan beberapa referensi sebagai acuan pada penelitian yang dilakukan:

1. Penentuan sudut kemiringan suatu panel surya dapat dilakukan dengan menghitung sudut deklinasi, sudut lintang, sudut jam matahari, sudut zenith, dan sudut azimuth matahari untuk dapat menentukan sudut kemiringan. Dimana sudut kemiringan tersebut juga dipengaruhi oleh posisi latitude dari tempat dan solar peak hour atau waktu matahari puncak [16].
2. Metode uji ini dilakukan dengan pemantauan data secara *realtime* dan posisi panel surya diatur dengan penempatan posisi daerah terpasang, upaya dalam memaksimalkan kinerja dari modul fotovoltaik yakni dengan menerapkan sistem pelacakan matahari sumbu ganda pada modul fotovoltaik berbasis sensor ultraviolet. [17].
3. Estimasi dampak variasi sudut azimuth pada produksi energi tahunan *photovoltaic* kinerja instalasi PV di pengaruhi oleh sudut kemiringan dan *azimuth*, karena parameter ini mengubah jumlah energi matahari yang diserap oleh permukaan modul surya, penelitian ini menunjukkan pengaruh azimuth yang berdampak dari produksi energinya yang dipasang dengan nilai azimuth  $-13^\circ$ ,  $-4^\circ$ ,  $+12^\circ$ , dan  $+21^\circ$ . Pengaturan azimuth ini di lokasi geografis berbeda dengan PV kedua yang dipasang  $-87^\circ$ ,  $-32^\circ$ ,  $+2^\circ$ , dan  $+17^\circ$  [18].
4. Perancangan suatu alat untuk melakukan penyimpanan secara aktual dengan perangkat data logger berbasis Arduino Uno dengan media penyimpan data berupa kartu MicroSD dan format data MS Excel. Parameter daya diperoleh menggunakan modul sensor tegangan dengan prinsip pembagi tegangan dan sensor arus dengan resistor shunt, sehingga data ini dapat menjadi jejak acuan agar data yang tersimpan tetap dalam keadaan kondisi aktual [19].
5. Radiasi matahari yang di pancarkan ke permukaan panel surya pada siang hari akan di simpan dalam baterai dengan kapasitas 20 Ah 12 dengan rangkaian Pengendali Pengisian ini otomatis bekerja dan mengisi (charger)

baterai dan menjaga tegangan baterai agar tetap stabil menggunakan baterai 12 volt maka rangkaian akan menjaga agar tegangan pengisian 12 volt  $\pm$  10 % [20].

Berdasarkan uraian kajian pustaka di atas menunjukkan bahwa penelitian yang sudah dilakukan pada sebelumnya, ternyata masih terdapat beberapa kekurangan sehingga dilakukan penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam mengimplementasikan penelitian-penelitian yang terdahulu dengan cara menggunakan metode *azimuth angle* dan tipe pembangkit *stand alone*, adapun jenis *solar panel* yang digunakan *flexible photovoltaic* dengan parameter  $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$ , suhu Lingkungan, dan kelembapan yang terintegrasi dengan data otomatis *real time* hal ini memiliki pengaruh untuk *output* performa *solar panel*. Kemudian dengan menggunakan metode *stand alone* maka parameter pada baterai PLTS adalah SoC, SoH, dan tegangan selisih.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

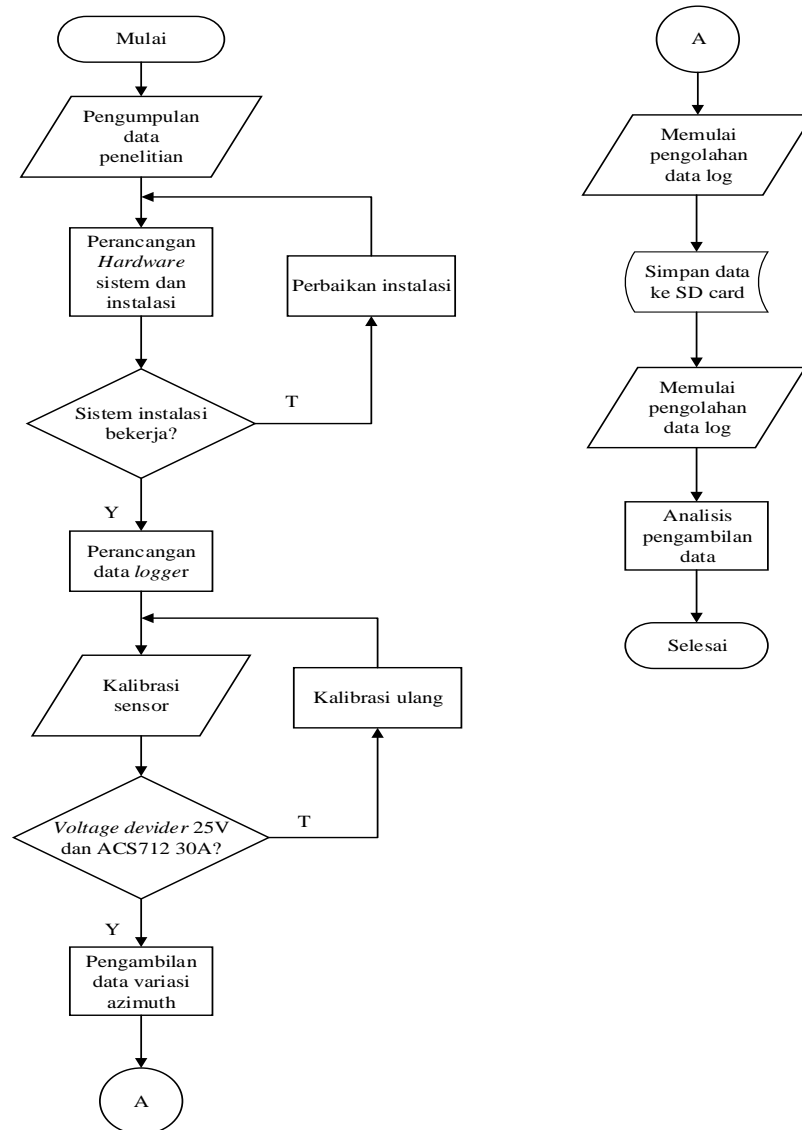
### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah acuan pedoman yang penting untuk diketahui dan dibuat agar melakukan proses pengambilan data dan analisis data sesuai dengan alur yang sudah dirancang supaya tidak keluar batas perancangan penelitian dari tujuan. Pembahasan penelitian ini mengenai pengujian posisi sudut azimut ( $\theta$ ) *solar panel* ini dipasang sistem *flexible* panel surya dengan kapasitas masing-masing 50 *Wattpeak* dengan jumlah 4 *solar panel* dan menggunakan metode data *logger* sebagai sistem pemantauan secara *real time* dan penangkapan radiasi matahari menggunakan pyranometer MS-601F, antara lain:

1. Studi literatur terhadap permasalahan terhadap penelitian.
2. Identifikasi masalah dengan melakukan perumusan latar belakang yang kemudian menghasilkan sebuah perkiraan yang mampu diselesaikan.
3. Melakukan penentuan parameter terhadap alat perancangan sebagai data yang diperlukan untuk mencapai tujuan terhadap penelitian ini.
4. Mengidentifikasi sistem dan untuk analisis data penelitian.
5. Melakukan tahap pengambilan data penelitian.
6. Melakukan konversi data pengambilan terhadap sistem analisa yang digunakan dan menganalisa hasil pengujian penelitian.
7. Menarik kesimpulan untuk pengujian sudut azimut terhadap model *flexible solar panel* dengan parameter yang digunakan.

### 3.2 Flowchart Penelitian

Penelitian yang dilakukan dengan berbagai tahapan dan target yang ingin dicapai untuk memperoleh tujuan yang diharapkan maka perlu ada tahapan langkah-langkah penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 menjelaskan rincian alur penelitian sebagai berikut:

1. Pengumpulan data penelitian panel surya sistem adalah suatu aktifitas yang bertujuan untuk mengumpulkan berbagai teori-teori dari referensi yang berkaitan dengan penelitian yang kemudian dipelajari dan diimplementasikan.
2. Perancangan *Hardware* bertujuan untuk mengimplementasikan sistem instalasi panel surya maupun desain perancangan alat, instalasi yang digunakan dalam hal ini adalah sistem paralel kemudian dalam panel box terdapat MCB DC, fuse DC, terminal blok dan, *solar charge controller*.

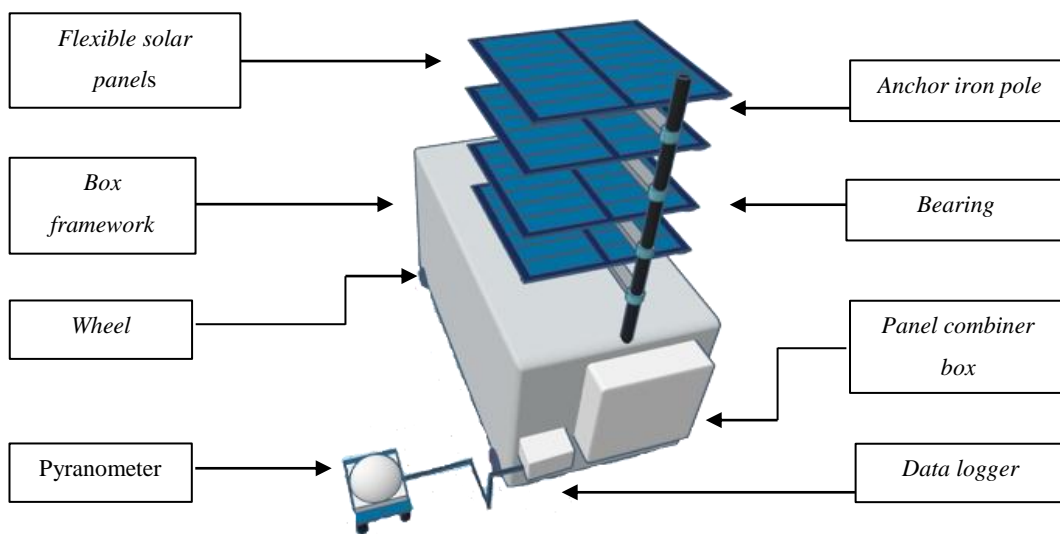
3. Pengujian panel sistem dilakukan *commisioning* menggunakan multimeter dan alat ukur lainnya, hal ini bertujuan untuk, dalam sistem ini tidak terintegrasi dengan baik maka dilakukan pemeliharaan secara berkala.
4. Perancangan sistem akuisisi data otomatis dilakukan dengan merancang data *logger* yang digunakan dalam pengambilan data secara *real ltime*, data *logger* ini dilengkapi sensor yang terintegrasi seperti sensor ACS712 dan tegangan, adapun komponen yang mendukung data *logger* ini seperti DHT AM2302, RTC DS3231, SD *Card modul*, resistor 10k, terminal blok, arduino IDE.
5. Kalibrasi sensor bertujuan untuk mengoptimalkan sensor ataupun komponen yang digunakan untuk pengambilan data supaya data yang diolah dalam mikrokontroller mendapatkan hasil yang akurat, untuk kalibrasi ini dalam bentuk algoritma menggunakan *software* arduino IDE sebagai kalibrasi sensor.
6. Akurasi sensor dari ACS712 dan *voltage divider* merupakan hal yang sangat utama dikarenakan dalam kalibrasi sensor ini harus benar tidak ada kesalahan yang dihasilkan dalam pengukuran, ACS712 dalam penelitian ini menggunakan 30A artinya arus yang dicapai maksimal batas limit mencapai 30A dan untuk *voltage divider* menggunakan 25 V dengan batas optimal tegangan yang dihasilkan 25 V dari panel surya, dari kedua sensor yang terintegrasi diimplementasikan secara aktualiasi di lapangan dengan perintah algoritma yang dirancang, jika dari sensor ACS712 dan *voltage divider* ini mengalami *error* atau *failed to compile* maka dilakukan *re-calibrate* sehingga berhasil mencapai titik akurasi yang baik.
7. Pengaturan variasi *azimuth* dalam hal ini memiliki 4 panel yang diatur dengan berbagai derajat *azimuth*.
8. Pengolahan data *logger* ini dilakukan pada saat semua sistem instalasi panel dan data *logger* sudah berhasil digunakan. Pengambilan data di lapangan FT dengan waktu 7 hari.
9. Sistem pengambilan data ini disimpan dalam SD *Card modul* yang digunakan pada penelitian ini sebagai *row data* atau *data collection*. Kemudian hasil data yang dikumpulkan dalam SD *Card module* diolah

menggunakan Originlab *graphical User Interface* (GUI) sebagai plot grafik dan parameter yang sudah ditentukan.

10. Tahapan terakhir dilakukan nya analisis pengambilan data dengan bertujuan untuk memberikan hasil dan analisa yang didapat dengan data yang sudah terkumpul dan sebagai salah satu jejak penelitian dalam bidang *renewable energy*.

### 3.3 Perancangan Desain Alat

Perancangan desain alat penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Perancangan Desain Alat

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa panel yang digunakan dalam penelitian dengan model *flexible monocrystalline* yang dirangkai secara paralel dengan kapasitas masing-masing panel 50 WP diatur sudut *azimuth* agar pengambilan data bisa dilaksanakan. Tiang ancord dengan tinggi 1 meter dari permukaan box utama sebagai fungsi untuk pondasi pergerakan dari panel surya, tiang ini dirancang agar panel surya bisa ditutup bagian bawah pada saat tidak digunakan dan jika ingin digunakan kembali, maka tiang diangkat agar permukaan panel menjadi posisi horizontal. Kerangka box dengan kerangka besi siku L yang berlubang dengan tinggi 85 cm, panjang 120 cm dan lebar 70 cm pada masing-masing sisi box utama ini dipasang triplek melampin agar terhindar dari debu dan

panas matahari. *Bearing* pada tiang ancord berfungsi sebagai arah pergerakan 360° memutar secara horizontal. Salah satu wilayah bagian *bearing* terdapat 2 *bearing* yang dipasangkan plat besi tipis dengan teknik pengelasan pada besi. Roda pada bagian sisi bawah sebagai salah satu titik tumpuan pada kerangka box utama, terdapat 4 titik yang dipasang roda agar bisa bergerak bebas melaju diberbagai titik lokasi serta roda dilengkapi fitur pengunci agar alat *standby* pada posisi. Panel MDP dipasang kerangka box penelitian, panel instalasi ini sesuai dengan fungsinya ialah tempat *combiner box* dari komponen yang diperlukan. Pyranometer MS-601F digunakan sebagai alat penangkapan radiasi global yang jatuh pada permukaan *glass dome* pyranometer.

### 3.4 Hardware dan Software

Penelitian ini didukung dengan adanya penggunaan secara *Hardware* dan *software* sebagai salah satu penunjang penelitian dengan harapan penelitian ini berhasil seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Hardware* dan *Software*

Perangkat keras	
Arduino uno R3	LCD 20x4 I2C <i>Blue</i>
Sensor DHT 22 AM3302	Sensor tegangan
ACS712 30A	ACS712 30A
RTC DS3231	MicroSD 16Gb
<i>Solar panel Flexible</i>	SCC PWM 20A
Baterai VRLA	<i>Inverter</i> DC to AC
Lampu LED 100 W	Adapter 9V
Pyranometer MS-601F	MC4
Perangkat lunak	
OriginPro 8.5	EasyEDA
Microsoft visio 2016	TinkerCad
ETAP	Arduino IDE

Berdasarkan Tabel 3.1 penelitian ini diperlukannya berbagai komponen perangkat keras sebagai bentuk *hardware* yang nyata dan difungsikan. Perangkat keras dapat digunakan dengan keadaan baik jika terkalibrasi dengan baik, kemudian dari perangkat lunak ini sebagai pendukung pembuatan rangkaian *single diagram* dan rancangan bentuk alat penelitian.

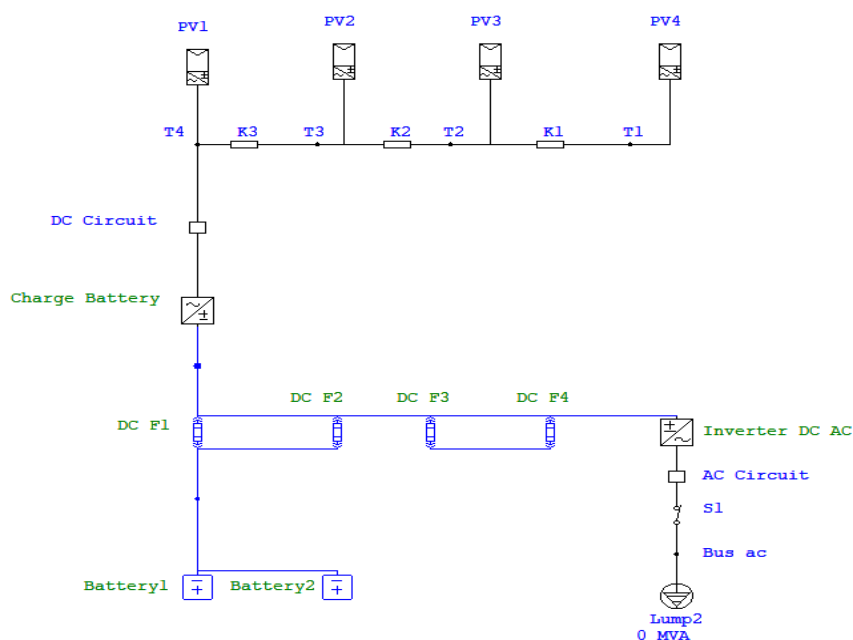


### 3.5 Perancangan Sistem *Photovoltaic*

Perancangan sistem data *logger* otomatis menggunakan beberapa komponen yang dirancang menjadi satu bagian sistem dengan berbagai instrumen meliputi perancangan *microcontroller*, rangkaian *input* dan *output*. Perangkat keras ini dirancang untuk dapat membantu dan *monitor* sistem pembangkit listrik tenaga surya.

#### 3.5.1 Rangkaian Sistem Panel Surya

*Single diagram* MDP bertujuan untuk merealisasikan fungsi dari sistem panel surya dengan komponen yang terhubung agar penelitian dapat dilakukan dengan baik dan benar. Berikut instalasi *diagram* dari sistem panel surya menggunakan *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) ditunjukkan pada Gambar 3.3.



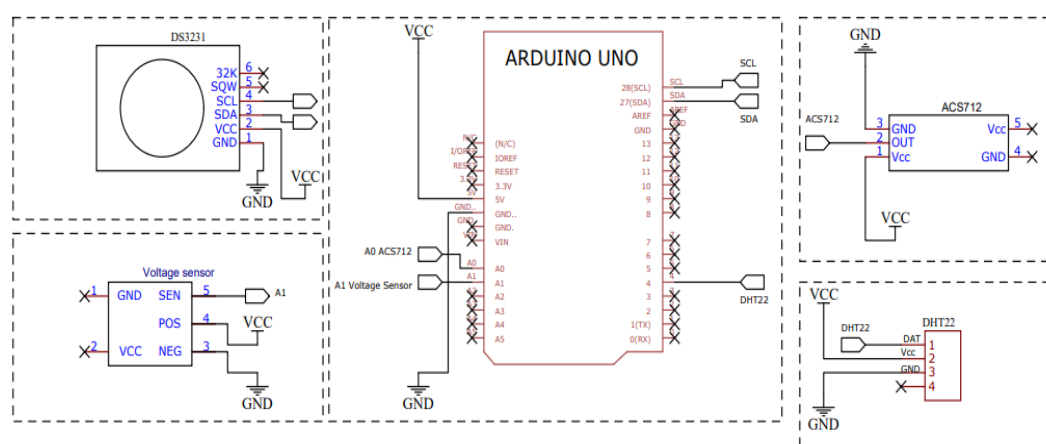
Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Panel Surya

Gambar 3.3 menunjukkan sistem rangkaian panel surya di dalam panel box yang dilengkapi komponen pembatas dan pemutus aliran listrik, sehingga diperlukan komponen seperti MCB AC, MCB DC, dan Fuse DC. Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya ini adalah pada saat radiasi matahari menyinari permukaan sel surya *photovoltaic* yang mampu menghasilkan arus dari

tahap konversi energi dengan menggunakan kabel *connector photovoltaic* dengan jenis MC4 untuk standarisasi kabel panel surya, besar energi dari keluaran panel surya berbeda dengan sel surya yang terintegrasi dalam panel surya tersebut dan penangkapan cahaya matahari yang sampai pada permukaan panel surya.

### 3.5.2 Rangkaian *Input Data Logger*

Rangkaian *input* dari perancangan sistem data *logger* otomatis untuk *monitoring photovoltaic* dengan waktu presisi dan berkelanjutan maka dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4.

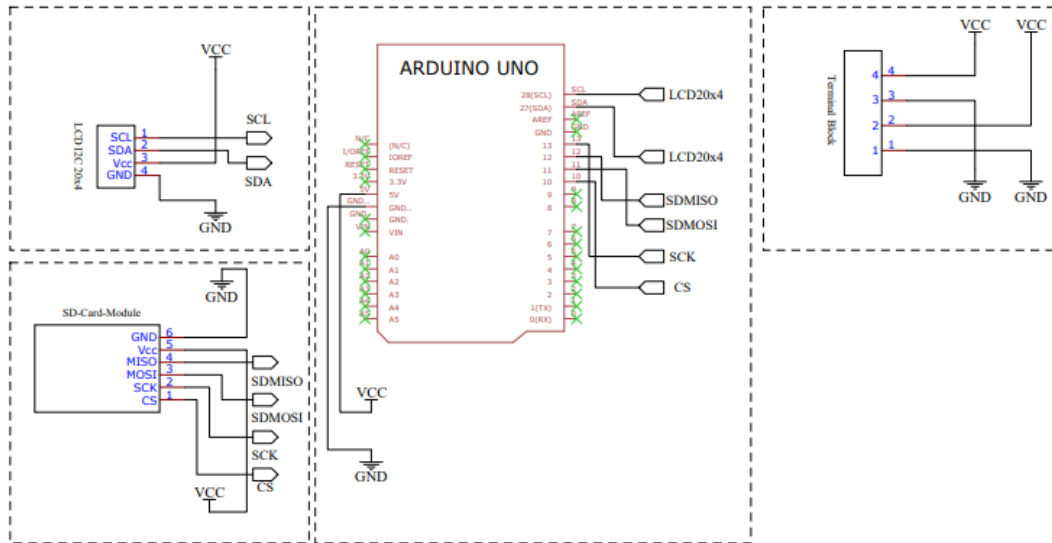


Gambar 3.4 Rangkaian *Input Data Logger*

Berdasarkan Gambar 3.4 dengan adanya perancangan sistem ini dapat dilakukan perekaman data secara otomatis dan *real time* dengan terintegrasi dari beberapa sensor yang diperlukan algoritma pemrograman pada *software* arduino IDE. Dalam perancangan ini terdapat sensor ACS712 sebagai penghitung atau perantara antara arus DC langsung dari panel surya dan mikrokontroler arduino, sensor tegangan dengan batas maksimal 25 V yang artinya dalam pengkodean pendeteksian tegangan batas maksimal 25 V, DHT AM2302 sebagai pembacaan suhu dan *humidity* Lingkungan, serta DS3231 sebagai *real time clock function*.

### 3.5.3 Rangkaian *Output Data Logger*

Rangkaian *output* dari perancangan sistem data otomatis data *logger photovoltaic* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.5.

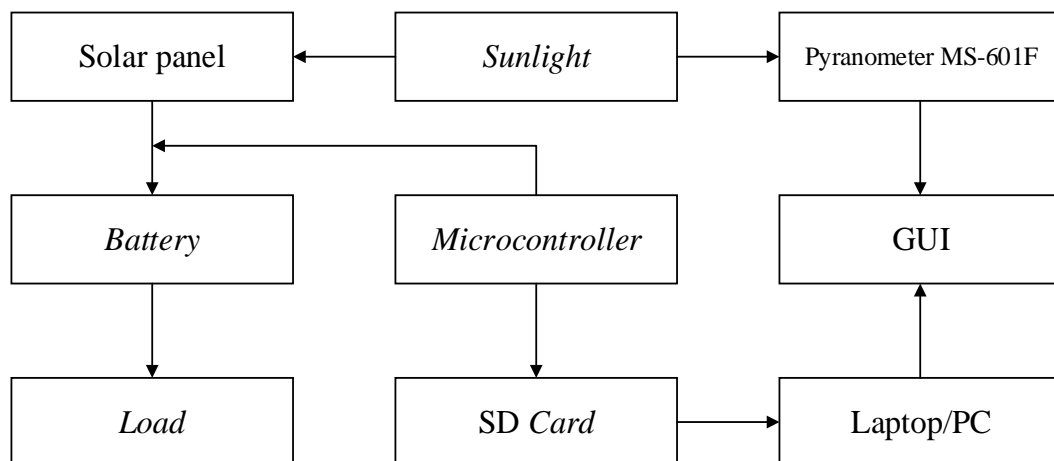


Gambar 3.5 Rangkaian *Output Data Logger*

Berdasarkan Gambar 3.5 perancangan rangkaian sistem *output* dari data *logger photovoltaic*, dengan adanya perancangan sistem ini dapat dilakukan monitor data secara *real time* dengan terintegrasi dari beberapa keluaran yang diterima dari rangkaian *input*.

### 3.6 Blok *Diagram* Penelitian

Tahap ini adalah suatu rancangan *diagram* blok sistem *photovoltaic* dan data *logger* sebagai salah satu *instalation* PV sehingga dapat bekerja sesuai dengan harapan dapat ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Blok *Diagram* Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.6 menjelaskan bahwa sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe *flexible monocrystalline* sebanyak jumlah empat panel dengan spesifikasi panel surya  $P_{\max}$  50 W,  $I_{p\max}$  6,2 A,  $V_{p\max}$  8 V,  $I_{sc}$  6,6 A, dan  $V_{oc}$  8.8 V yang dirangkai secara paralel.
2. *Solar Charge Controler* PWM adalah komponen *charge accu* sumber didapatkan dari proses *photovoltaic* panel surya dalam penelitian ini menggunakan *solar charge controller* dengan spesifikasi *rated voltage* 12 V 24 V, *rated current* 20 A.
3. *Power inverter* sebagai suatu pengubah tegangan yang dihasilkan dari panel surya, tegangan *input* dari panel surya DC (*Direct Current*) selanjutnya diubah oleh *inverter* menjadi AC (*Alternating Current*) dalam penelitian ini digunakan *inverter* dengan spesifikasi 1200 W model MSW, *hight voltage range* 15 V kemudian digunakan beban AC.
4. Komponen *solar charge controller* yang terintegrasi dengan baterai VRLA dengan kapasitas 12 V 20 Ah sebanyak 2 buah baterai dirangkai secara paralel.
5. Pyranometer MS-601F sebagai pengukuran radiasi matahari digunakan dalam pengujian panas matahari dan aplikasi dalam aplikasi *photovoltaic* dan dalam data yang tepat.
6. *Microcontroller* yang digunakan adalah arduino uno dengan dilengkapi sensor ACS712, *voltage sensor*, RTC DS3231, Sensor DHT22, dan LCD 20×4 I2C. Bidang ini dikhususkan sebagai salah satu *monitoring* otomatis yang dapat mendeteksi tegangan, arus, suhu, dan kelembapan lalu kemudian hasil pendataan otomatis disimpan dalam SD Card.
7. Hasil pendataan yang diambil dilakukannya pengolahan data dengan menggunakan *software Grapchical User Interface (GUI)* sebagai visualisasi grafik penelitian.

### 3.7 Komponen Penelitian

Komponen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hal utama yang berpengaruh dalam sistem maupun hasil sebagai berikut:

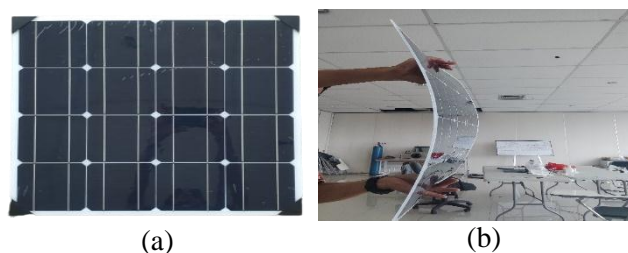
- A. Modul panel surya

Perancangan alat pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sistem *off-grid* dengan panel jenis *flexible monocrystalline* dengan spesifikasi seperti Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Panel Surya Model *Flexible*

Parameter	Spesifikasi
<i>Rated Maximum Power (Mp)</i>	50 Watt
<i>Model panel</i>	<i>Mys-50W</i>
<i>The voltage at Pmax (Vmp)</i>	8 V
<i>Current at Pmax (Imp)</i>	6,2 A
<i>Short-Circuit Current (Isc)</i>	6,6 A
<i>Open-Circuit Current (Voc)</i>	8,8 V
<i>Cell technology</i>	<i>Mono-Si</i>
<i>Intensity solar</i>	1000 W/m <sup>2</sup>
<i>Operating temperature</i>	-40°C + 85°C
<i>Normal Operating Cell Temp (NOCT)</i>	25°C
<i>Air Mass (AM)</i>	1,5
<i>Solar junction box</i>	IP65
<i>Weight</i>	1.5 Kg
<i>Dimension (mm)</i>	530 x 530 x 2.5 mm
<i>Grade class</i>	<i>Class A</i>
<i>Tolerance</i>	3%

Berdasarkan Tabel 3.2 data panel surya yang digunakan adalah panel surya model *flexible* dengan jenis panel *monocrystalline* sebanyak 4 *solar panel* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Panel Surya *Flexible Monocrystalline* (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

Berdasarkan Gambar 3.7 *solar panel flexible* dengan total kapasitas mencapai 200 WP. Panel surya jenis *monocrystalline* model *flexible* mempunyai *cell* dengan jumlah 16 yang dihubung seri dan paralel menghasilkan tegangan dan arus yang mengalir dari kutub positif dan ke kutub negatif kabel tembaga jenis

serabut. Daya yang dihasilkan oleh panel surya model *flexible* dapat dihitung berdasarkan data *sheet* yang terdapat pada bagian belakang *solar panel*.

#### B. *Solar charge controller*

*Solar charge controller* kemampuan untuk *monitoring* dan kendali *charge* dari baterai sehingga seperti Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi *Solar Charge Controller* PWM 20A

Parameter	Spesifikasi
<i>Model</i>	W88-B
<i>Rated voltage</i>	12 V/24 V
<i>Rated current</i>	20 A
<i>Maximal PV voltage</i>	50 V
<i>Maximal PV input power</i>	260 W (12 V) 520 W (24 V)

Berdasarkan Tabel 3.3 menjelaskan bahwa *solar charge controller* dengan tipe model *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah komponen pengendalian keberlangsungan terhadap pengisian baterai yang dipasang pada bagian komponen pendukung PLTS. Komponen SCC ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Solar Charge Controller* PWM 20A

Berdasarkan Gambar 3.8 menunjukkan adalah untuk mengatur *charger battery* yang mempunyai karakteristik cara kerja baterai penuh pada saat 13,4 V hal ini dengan tujuan mengetahui kondisi baterai penuh.

#### C. *Inverter DC to AC*

Penelitian ini menggunakan komponen inverter DC to AC, oleh karena itu kebutuhan dari *solar panel system* adalah arus dan tegangan AC maka diperlukannya komponen *inverter DC to AC* dapat ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Spesifikasi *Power Inverter* DC to AC

Parameter	Spesifikasi
<i>Model</i>	1200W
<i>Conversion efficiency</i>	60%
<i>Input voltage</i>	12 V
<i>Low voltage range</i>	<10,5 V
<i>High voltage range</i>	15 V
<i>Output voltage</i>	230 V $\pm$ 10%
<i>Output frequency</i>	50 Hz + 3%
<i>Output waveform</i>	<i>Modified Sine Wave</i>
<i>Dimension</i>	150 x 93 x 55
<i>Weight</i>	500 mg

Berdasarkan Tabel 3.4 *inverter* DC to AC ini adalah suatu komponen pengubah tegangan yang dihasilkan dari proses distribusi arus dan tegangan dalam kondisi *on*, komponen *inverter* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.9.

Gambar 3.9 *Power Inverter* DC to AC

Berdasarkan Gambar 3.9 komponen *inverter* ini adalah suatu komponen yang digunakan dalam penelitian metode *off-grid* dengan kapasitas 1200 W, komponen ini dapat mengubah tegangan dan arus dari DC ke AC yang diperlukan kontak *breaker* sebagai pengaman dan pemutus.

#### D. Arduino Uno R3

Penelitian ini menggunakan alat *microcontroller* Arduino Uno R3 ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Arduino Uno R3

Berdasarkan Gambar 3.10 Arduino Uno adalah sebuah *board microcontroller* yang berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 *pin input* atau *output* yang dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output* PWM, spesifikasi arduino seperti Tabel 3.5.

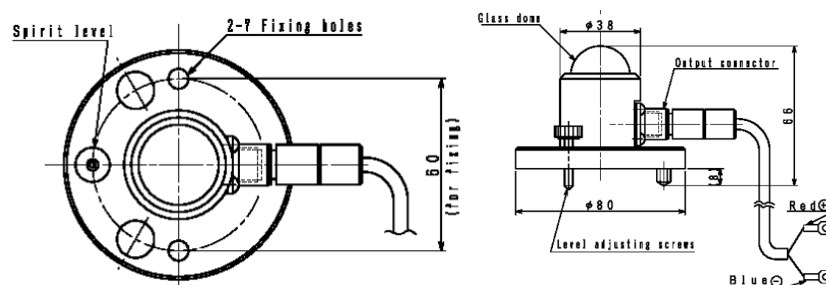
Tabel 3.5 Spesifikasi Arduino Uno

Parameter
<i>Microcontroller</i> : ATMEGA328b.
Tegangan Operasi: 5V
Tegangan <i>Input</i> : 7 s.d. 12 V
Tegangan <i>Input</i> : 6 s.d. 20 V
<i>Pin digital I/O</i> : 14
<i>Pin Analog Input</i> : 6
Arus DC per <i>pin I/O</i> : 40 mA
Arus DC untuk <i>pin 3.3 V</i> : 150 mA
<i>Flash Memory</i> : 32 kB dengan 0.5 kB
EEPROM: 1 kB
SRAM: 2 kB
Kecepatan Pewaktuan: 16 Mhz

Berdasarkan Tabel 3.5 menunjukkan bahwa 6 *analog input*, sebuah *crystal* osilator 16 MHz, koneksi USB, jack *power*, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino uno mampu mendukung mikrokontroler dapat diintegrasikan dengan komputer menggunakan kabel USB dan bisa disuplai dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

#### E. Pyranometer MS-601F

Pyranometer ini digunakan untuk *monitoring* radiasi matahari yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pyranometer MS-601F



Berdasarkan Gambar 3.11 pyranometer dapat digunakan dengan integrasi sensor data *logger* yang digunakan dalam penelitian, pyranometer mempunyai spesifikasi dapat ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Spesifikasi Pyranometer MS-601F

Parameter	Spesifikasi
<i>Spectral response</i>	305 s.d. 2800nm
<i>Response time</i>	17 sec. (95% response)
<i>Zero offset</i>	<i>response to 200m<sup>-2</sup> net thermal radiation (ventilated) : +10 W/m<sup>2</sup></i>
	<i>response to 5K<sup>h</sup><sup>-1</sup> change in ambient temperature: ± 6 W/m<sup>2</sup></i>
<i>Non-stability</i>	-1.7%
<i>Non-linearity</i>	±1.5%
<i>Directional response</i>	±25 Wm <sup>2</sup>
<i>Spectral selectivity</i>	-1.1%
<i>Temperature response</i>	±2.0%
<i>Tilt response</i>	±2.0%
<i>Field of view</i>	2π steradians
<i>Sensitivity</i>	7mV/kWm <sup>2</sup>
<i>Internal resistance</i>	50Ω
<i>Size</i>	See attached drawing
<i>Weight</i>	770g (MS-601)
	1.52kg (MS-601F)
<i>Paint</i>	White (Munsell N-9.5), baked
<i>Power requirement</i>	AC100V or 220V (specified) (MF-601F) 12W/50Hz, 10W/60Hz

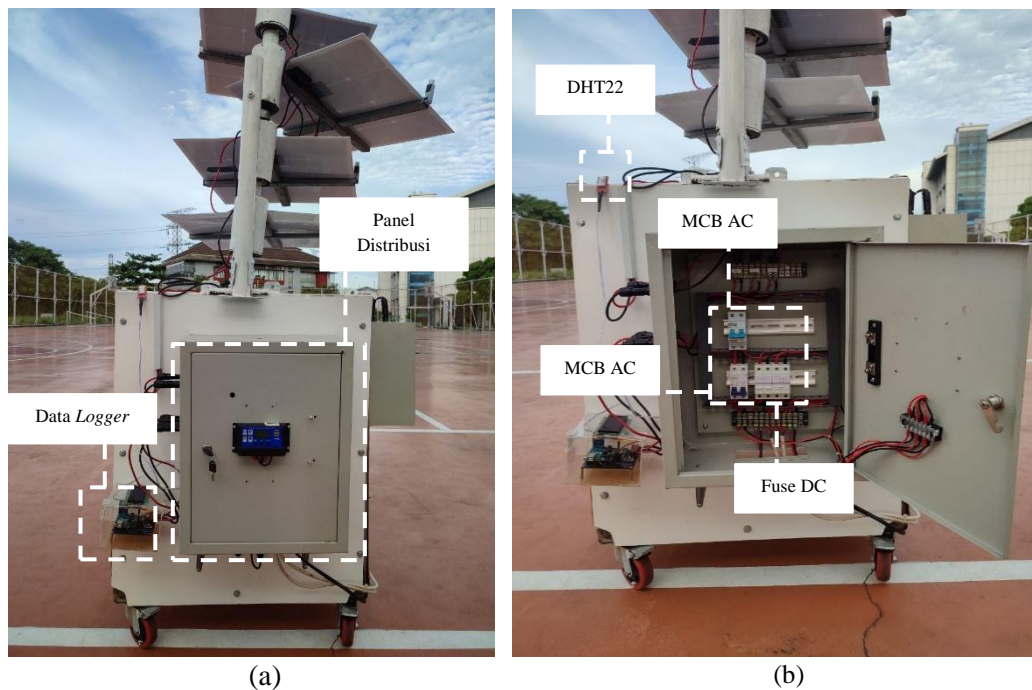
Berdasarkan Tabel 3.6 pyranometer adalah instrumen alat yang mengukur radiasi matahari, pyranometer jenis ini ISO kelas dua, lapisan deteksi matahari terbuat dari *thermopile* dilapisi substrat polimida yang menghasilkan perbedaan suhu radial ketika terkena radiasi matahari, pyranometer jenis ini memiliki akurasi hingga 10 W/m<sup>2</sup> yang artinya *offset* pada pengukuran radiasi matahari global akurat.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perancangan Alat Penelitian

Penelitian ini membahas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan desain yang menggunakan 4 panel surya jenis *flexible* dengan jenis *monocrystalline* yang pada penelitian ini menggunakan sistem *stand alone* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1.



(a) (b)  
Gambar 4.1 *Portable Photovoltaic* (a) Tampak Luar (b) Tampak Dalam

Realisasi dari hasil perancangan *solar panel system* dapat dilihat pada gambar 4.1 dengan tampak depan terdapat komponen *data logger*, *solar charge controller*, dan *combiner box* sebagai distribusi tegangan dan arus agar listrik rumah tangga dapat digunakan, adapun tampak depan namun dengan dibukanya pintu *combiner box* agar instalasi *solar panel* dapat dilihat secara baik, instalasi *solar panel* ini menggunakan fasilitas pengaman hubung singkat agar sistem *solar panel* dapat aktifkan dan tidak ada gangguan secara instalasi penerangan nya.

### 4.2 Pengujian Sistem

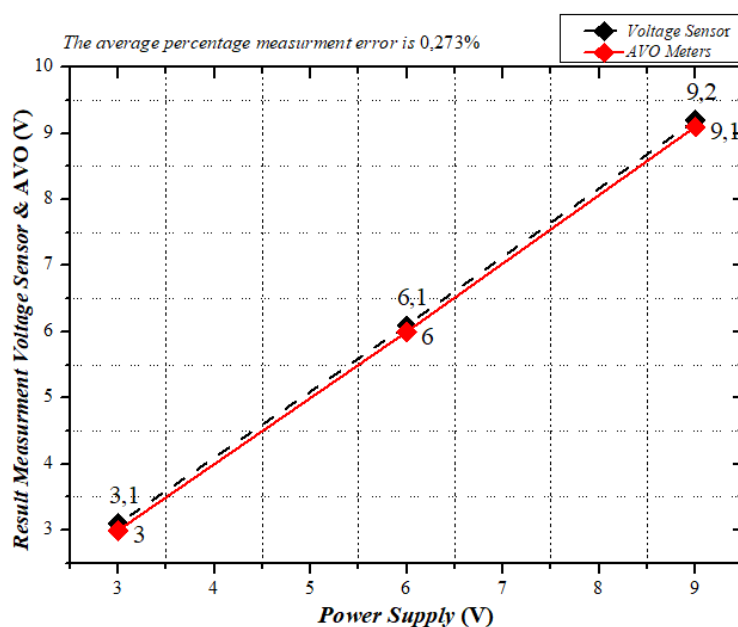
Pengujian sistem merupakan suatu tahapan pengujian komponen yang digunakan dalam pengambilan data, pengujian sistem ini dapat berupa kalibrasi



sensor. Kalibrasi sensor merupakan suatu tahapan untuk pengujian kelayakan terhadap sensor dalam mencapai hasil yang sesuai dengan indikator akurat dan presisi.

#### 4.2.1 Pengujian Kalibrasi Voltage Sensor 25 V

*Voltage Sensor Detector* (VSD) adalah komponen yang mendeteksi satuan tegangan (V) yang diterima oleh panel surya, hasil pengujian kalibrasi ini dengan cara membandingkan dengan alat ukur AVO meter *digital* sehingga mendapatkan suatu hasil Persamaan dan model yang akurat pengukurannya berikut ditunjukkan Gambar 4.2.



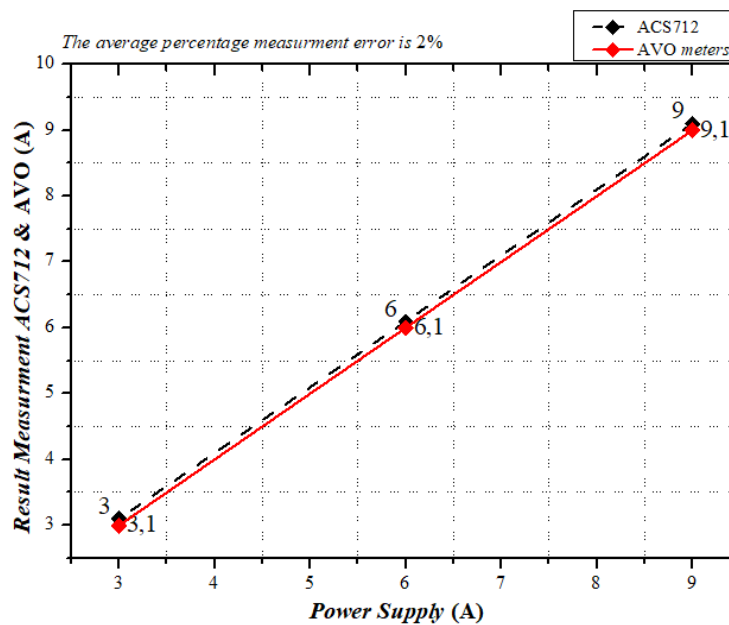
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Kalibrasi Voltage Sensor

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pengukuran dan hasil pembacaan *voltage sensor* 0 s.d. 25V rata-rata *error* sebesar 0,273%. Hasil tersebut didapat dengan melakukan perbandingan alat ukur menggunakan AVO Meter *Digital*, kalibrasi tegangan DC dilakukan dengan menggunakan *power supply*, komponen *power supply* ini berfungsi sebagai *inject* arus dan tegangan yang dibutuhkan oleh komponen yang akan digunakan sebagai dasar nilai nominal pembandingan kalibrasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali pengujian. Pada proses kalibrasi

ini menggunakan kabel PVC 1,5 mm serta kemampuan hantar arus kabel ini mencapai maksimal 18 A dengan rincian perhitungan seperti Lampiran B-1.

#### 4.2.2 Pengujian Kalibrasi ACS712 Type 30 A

Sensor arus adalah komponen pendeteksi arus yang dilakukan pada pengambilan data *short circuit*, sensor ini memiliki 3 model yakni 10 A, 20 A dan 30 A dalam hal ini tahap kalibrasi nya menggunakan DC *power Supply* untuk memberi hantaran arus, kemudian ACS712 dibandingkan dengan alat ukur yang AVO meter *digital* sebagai acuan nilai akurasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

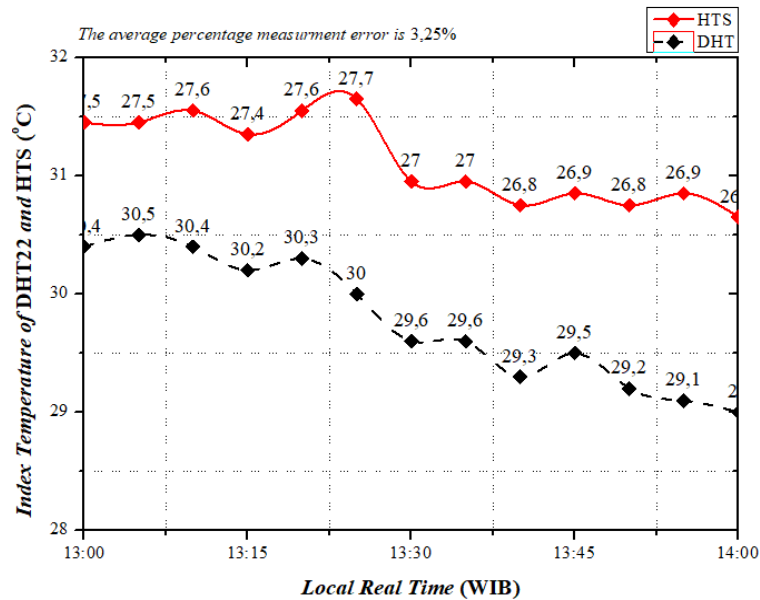


Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Kalibrasi ACS712

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan terintegrasi dengan sistem LCD 20x4 I2C dengan persentase kesalahan pada perbandingan sensor ACS712 dengan alat ukur AVO Meter *Digital* tidak lebih dari  $\pm 5\%$  dari nilai pengukuran, pengukuran kalibrasi ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan nilai DC *power supply* 3 A, 6 A, dan 9 A. Penggunaan kabel yang dilakukan ketika proses kalibrasi ini menggunakan kabel PVC 1,5 mm yang mampu menghantarkan arus sebesar 18 A, tingkat akurasi ini ditentukan dengan algoritma atau algoritma sebagai kalibrasi nilai *measurement* dengan hasil perhitungan sesuai pada Lampiran B-2.

### 4.2.3 Pengujian DHT AM2302 dan *Humidity Temperature Sensor*

Sensor temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah DHT bentuk hasil perbandingan DHT AM2302 dengan alat ukur *digital humidity* temperatur sensor ditunjukkan pada Gambar 4.4.

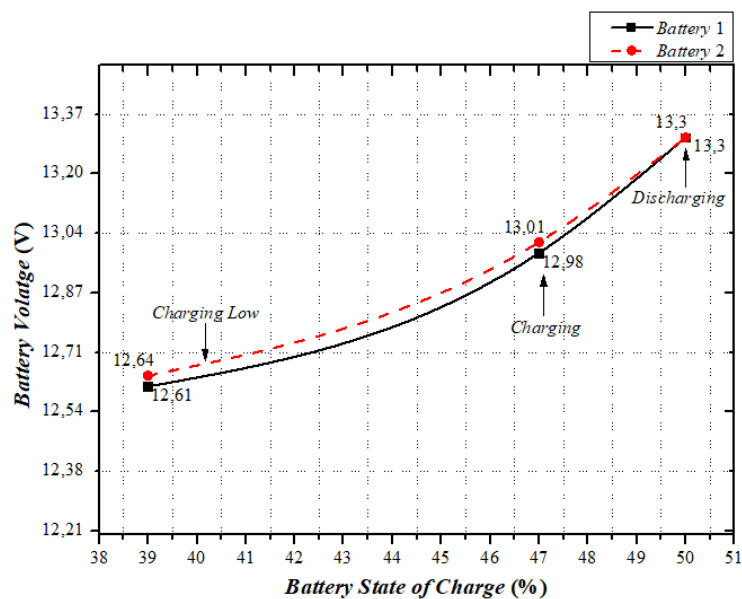


Gambar 4.4 Hasil Pengukuran DHTAM2302

Gambar 4.4 merupakan hasil kalibrasi sensor DHT AM2302 dengan melakukan tahapan algoritma pemrograman, pemrograman yang dilakukan adalah menggunakan bahasa C. kurun waktu 1 jam lama pengukuran ini dilakukan dalam ruangan. Hasil pengukuran suhu dengan 13 kali percobaan dengan rata-rata suhu DHT mencapai 29,7°C, kemudian dari rata-rata 13 kali percobaan selama 1 jam mendapatkan rata-rata persentase kesalahan dari nilai perbandingan antara DHT AM2302 dan *humidity temperature* sensor adalah 3,25% yang dibuktikan dengan hasil perhitungan pada Lampiran B-3.

### 4.2.4 Pengujian Kapasitas Baterai

Pengujian kapasitas baterai VRLA 20 Ah 12 V dengan kemampuan *discharging* dan *charging* yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



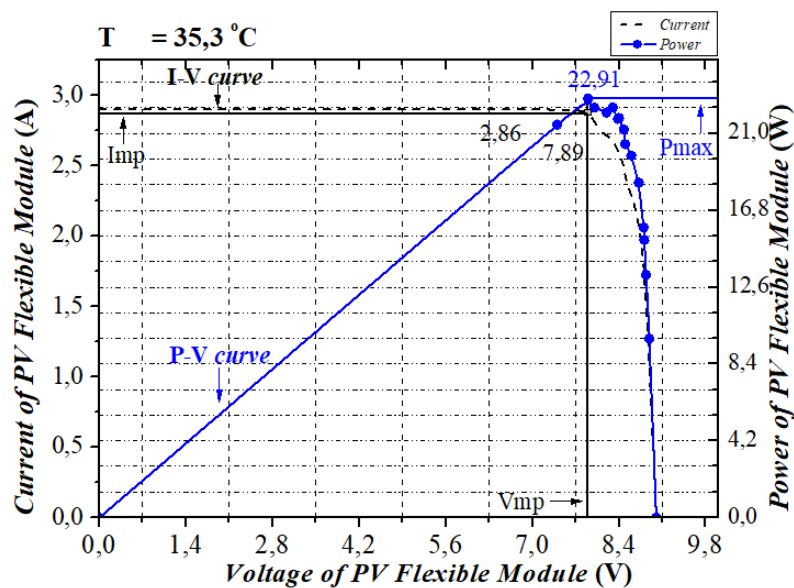
Gambar 4.5 Kurva Tegangan dan *State of Charge* VRLA 12 V 20 Ah

Gambar 4.5 dalam penerapan hal ini pada baterai VRLA 12 V 20 Ah memiliki perbedaan tegangan terhadap SoC (*State of Charge*) pada proses *charging low*, *charging*, dan *discharging* dengan nilai tegangan 12,61 V untuk baterai 1 dan baterai 2 12,64 V. SoC nya senilai *range* 39% s.d. 50%. Nilai baterai cenderung mempunyai nilai tegangan yang lebih rendah saat mengalami *charging low*. Penyimpanan baterai ini juga dapat mengalami penurunan *State of Charge* (SoC) dan tegangan dikarenakan hal ini dapat terjadi reaksi kimia secara lambat yang menyebabkan berkurangnya kapasitas baterai reaksi ini disebut sebagai *self discharge*. SoC adalah suatu parameter kesehatan kapasitas baterai yang terus meningkat atau berkurang dengan pemakaian atau *charge* secara berkala, nilai SoC baterai dan dengan nilai kapasitas pada pengisian atau pegosongan dapat berbeda baik dalam kondisi *charging* atau *discharging*. *Floating use* pada baterai yang digunakan VRLA 12 V 20 Ah berdasarkan data diperoleh 13,5 V s.d. 13,8 V yang artinya pada kondisi baterai penuh maka nilai tegangan 13,5 V s.d. 13,8 V, sedangkan pada pengujian mencapai 13,3 V baterai kondisi penuh dan mempunyai *internal current* 17,480 mΩ. s.d. 20,20 mΩ.

### 4.3 Pengujian Kualitas *The Flexible Photovoltaic*

Suatu kualitas panel surya dapat diukur dengan menggunakan I-V *Curve* dan P-V *Curve* sesuai dengan Gambar 4.6.



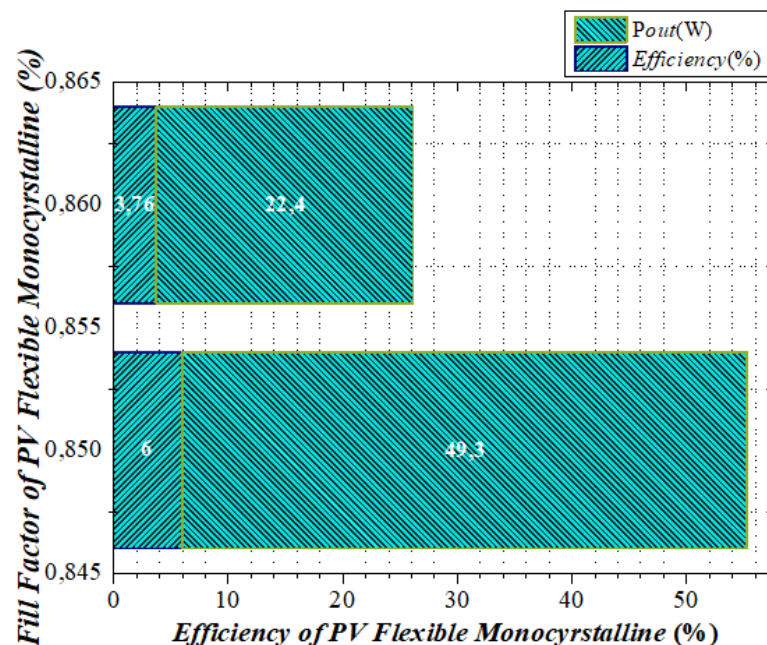


Gambar 4.6 Kurva I-V dan P-V Flexible Photovoltaic

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa kurva karakteristik merupakan suatu kualitas panel surya yang digunakan dalam hal efisiensi panel surya, pada plot grafik menyimpulkan bahwa tegangan terbuka pada *flexible* panel surya tanpa beban mendapatkan titik nilai 9 V sedangkan tegangan menggunakan variabel resistor mendapatkan suatu  $P_{max}$  senilai 7,89 V, sedangkan arus terbuka pada panel surya *flexible* menghasilkan 2,9 A tanpa beban variabel resistor sedangkan arus dengan beban artinya adalah  $I_{mp}$  arus titik puncak mendapatkan hasil senilai 2,86 A, kurva daya yang dihasilkan dari pengukuran  $P_{max}$  dengan nilai 22,91 W.

#### 4.3.1 Power Quality Flexible Solar panel

Panel surya *flexible* memiliki *fill factor*,  $P_{out}$  dan Efisiensi hal ini dapat dihitung dengan berbagai Persamaan yang terkait satu sama lain. Parameter external ini sangat penting dan utama dalam pemilihan, pemakaian, dan pengaplikasian pada dunia nyata sebagai energi baru terbarukan, faktor pengisian, daya keluaran dan efisiensi di pengaruhi dari berbagai aspek seperti cuaca, suhu, letak geografi daerah, pembuatan dan fabrikasi panel surya oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas dari panel surya jenis *flexible* dari *Standart Test Condition* (STC) dan pengukuran secara langsung dengan memanfaatkan sumber radiasi matahari langsung yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



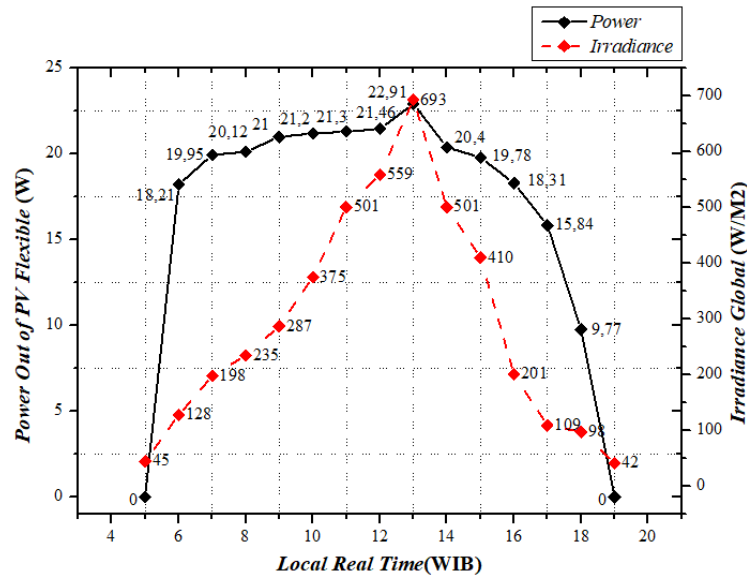
Gambar 4.7 Kualitas Solar panel Flexible

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa *fill factor* kualitas *the flexible photovoltaic* menunjukkan dengan angka yang berbeda, dikarenakan pada saat pengukuran langsung dengan nilai spesifikasi pada panel dengan nilai 0,85 untuk spesifikasi dan 0,86 untuk nilai pengukuran yang dilakukan di bawah radiasi matahari global dalam hal ini menghitung nilai *fill factor* sesuai dengan Persamaan (2.2), kedua *fill factor* ini dengan *range* perbedaan 0,01 dengan  $V_{mp}$   $I_{mp}$  dan  $V_{oc}$   $I_{sc}$  berbeda-beda yang dibuktikan dengan analisis perhitungan pada Lampiran B-6. Efisiensi dari panel *flexible* merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam pemilihan panel surya, nilai yang terukur dalam 2 kondisi yang berbeda maka ada perbedaan nilai efisiensi, panel surya jenis *monocrystalline* ini telah diukur maka menghasilkan nilai 3,7% ini adalah nilai terukur secara lapangan, sedangkan nilai terukur secara spesifikasi maka menghasilkan nilai 6%, nilai ini didapatkan dengan menggunakan Persamaan (2.5). Daya keluaran dari panel surya jenis *flexible* ini menghasilkan daya puncak senilai 49,3 W nilai ini hadir karena perhitungan dari panel surya sesuai spesifikasi, sedangkan jika nilai terukur secara di lapangan maka nilai yang dihasilkan berbeda yaitu nilai 22,4 W. Nilai tersebut dihasilkan dengan menggunakan nilai *fill factor* nilai *fill factor* dengan masing-masing tentunya, spesifikasi panel menghasilkan *fill factor* 0,85 dan untuk *fill*

*factor* pengukuran 0,86. Perhitungan ini sesuai Lampiran B-6 dan menggunakan Persamaan (2.5).

#### 4.3.2 Maximum Power PV Module Flexible

Kemampuan daya maksimum pada *photovoltaic flexible monocrystalline* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Daya Puncak Keluaran *Flexible Photovoltaic*

Gambar 4.8 merupakan hasil pengambilan data secara langsung di bawah radiasi matahari global, daya puncak yang didapatkan oleh panel surya *flexible* dengan kondisi cerah berawan senilai 22,91 W, pengukuran ini dengan bertujuan untuk mencari suatu titik  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  dari panel surya jenis *flexible monocrystalline*. Radiasi yang tertangkap oleh alat ukur pyranometer MS-601F dimulai pengukuran pada pukul 05:00 s.d. 19:00 WIB dengan riwayat data 15 kali perekaman data secara otomatis menggunakan data *logger* dengan integrasi dengan internet, dengan perekaman data secara otomatis radiasi yang dihasilkan dengan titik puncak radiasi tertinggi 693 W/m<sup>2</sup>. Perhitungan daya maksimum didapat dari tegangan dikalikan dengan arus maka menghasilkan titik puncak 22,91 W. Daya masukan dari panel surya *flexible* mencapai 53 W nilai ini dihitung dengan Persamaan (2.2), sedangkan nilai yang diukur secara nilai mencapai 36,729 W. Adapun nilai yang didapatkan dengan Persamaan (2.4) nilai daya pengukuran mendapatkan nilai 22,56 W, sedangkan untuk nilai yang

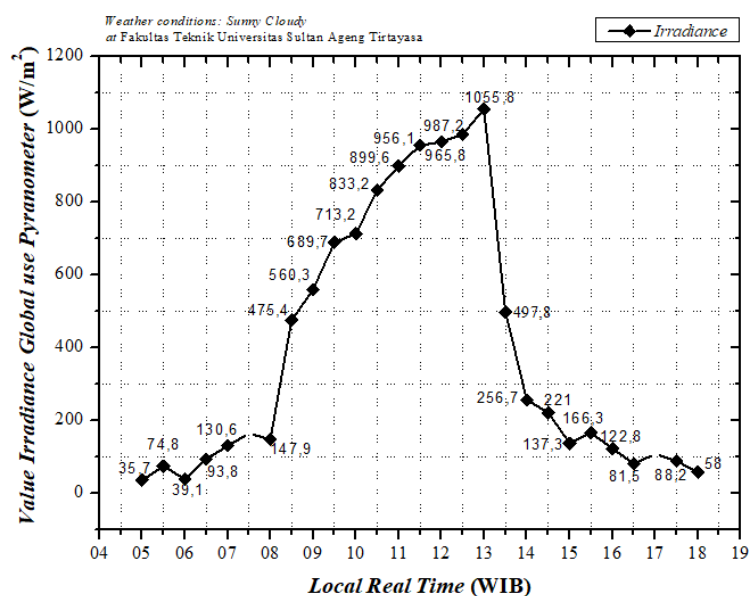
dihasilkan dari spesifikasi panel surya jika dihitung mendapatkan nilai daya 49,6 W.

#### 4.4 Radiasi Matahari Global

Data pengukuran metode radiasi matahari digunakan dengan alat pyranometer dengan tipe MS-601F dengan durasi pengambilan data pengukuran selama 6 hari dengan titik utama Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Hal ini memperlihatkan hasil radiasi matahari yang diterima pada Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Hasil pengukuran radiasi matahari menjadi 3 kondisi cuaca yaitu cuaca cerah berawan, mendung dan hujan. Berikut hasil cuaca kondisi cerah berawan pada penelitian yang dilakukan.

##### 4.4.1 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Cerah Berawan

Cuaca kondisi matahari di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, hal ini berdampak besar terhadap kemampuan dari *flexible photovoltaic*. Hasil pengukuran radiasi total pada kondisi cerah berawan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.9.



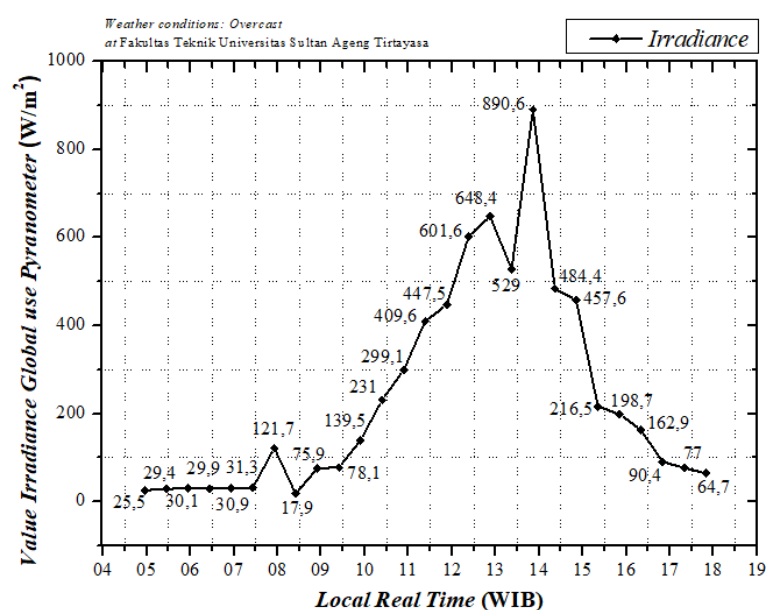
Gambar 4.9 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Cerah Berawan

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa , pengukuran radiasi matahari global dapat dilakukan dengan cara menggunakan alat pendeteksi matahari yang disebut

pyranometer dengan tipe alat MS-601F alat ini terintegrasi dengan data *logger* yang dapat merekam data secara aktual sesuai parameter yang ditentukan, hasil pengukuran di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa pada lapangan utama kampus, radiasi global matahari dengan puncak radiasi dengan nilai  $1055,8 \text{ W/m}^2$ . Nilai ini diukur dengan alat ukur khusus yaitu pyranometer dengan *type* MS-601F, pada pengukuran di lapangan dengan rekam data selama 5 detik dimulai dari pukul 05:00 WIB terdapat angka yang fluktuatif sesuai kondisi cuaca, pada hasilnya pada pukul 06:00 s.d. 13:00 WIB dengan angka yang terbilang naik, adapun hasil yang *down* pada pukul 07:30 s.d. 08:00 WIB dengan penurunan angka sebesar  $16,2 \text{ W/m}^2$ . Pada saat cuaca cerah berawan didapatkan radiasi total  $10501,1 \text{ W/m}^2$ , tegangan total  $229,5 \text{ V}$ , arus total  $70,5 \text{ A}$  dan daya total  $643,74 \text{ W}$ .

#### 4.4.2 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Mendung

Pengambilan data radiasi matahari di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa pada kondisi cuaca mendung berawan, membuktikan bahwa cuaca dapat mempengaruhi suatu daya atau *power* keluaran dari panel surya *flexible*. Hasil *monitoring* data radiasi secara *local real time* dengan akurasi radiasi *offset*  $\pm 10 \text{ W/m}^2$ , berikut hasil kondisi radiasi matahari yang tertangkap oleh alat ukur pyranometer pada kondisi mendung ditunjukkan pada Gambar 4.10.

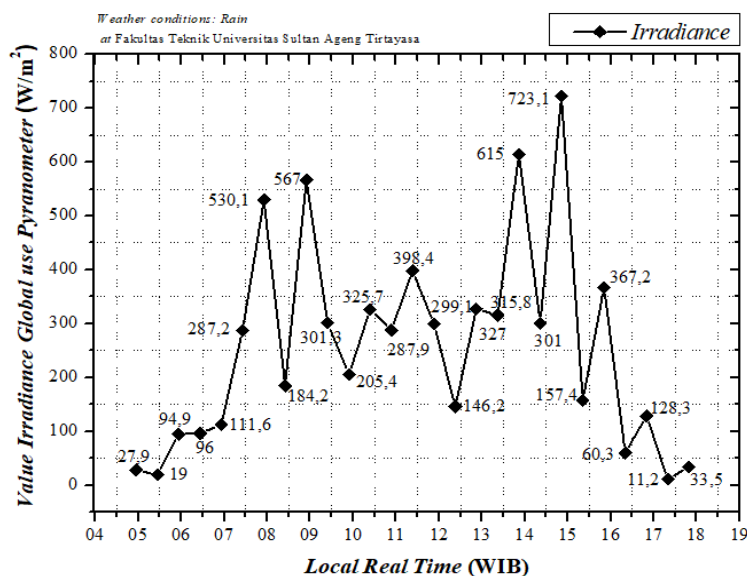


Gambar 4.10 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Mendung

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa di Lingkungan lapangan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa mengalami cuaca mendung yang dapat mempengaruhi panel surya jenis *flexible monocrystalline*, pendataan radiasi matahari langsung dilakukan dengan cara mengintergrasikan data *logger* yang terdapat komponen seperti ADS dan ESP8266. Kondisi cuaca mendung yang dapat mempengaruhi suatu kualitas panel surya *flexible monocrystalline*. Data radiasi pada kondisi cuaca yang mendung pada pukul 06:00 s.d.. 09:30 WIB dengan analisis nilai yang fluaktif, sedangkan pada pukul 09:30 s.d.. 14:00 WIB nilai radiasi matahari meningkat dengan mencapai  $814,7 \text{ W/m}^2$  tidak bertahan lama jika nilai  $890,6 \text{ W/m}^2$ , radiasi akan *drop value* pada pukul 14:30 s.d. 15:30 WIB. Radiasi total pada cuaca mendung  $6354,5 \text{ W/m}^2$ , tegangan total 223,7 V, arus total 46,4 A dan cuaca mendung 411,71 W.

#### 4.4.3 Radiasi Matahari Kondisi Hujan

Radiasi matahari yang tersebar di Lingkungan Fakutas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan kondisi hujan berawan, hal ini dapat mempengaruhi efek kemampuan dari panel surya *flexible* walaupun kondisi cuaca hujan alat ukur pyranometer dengan tipe alat MS-601F dapat mengukur radiasi global yang di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, hal ini dapat mempengaruhi faktor efisiensi, hasil pengukuran dapat ditunjukkan pada gambar Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Radiasi Matahari pada Saat Hujan

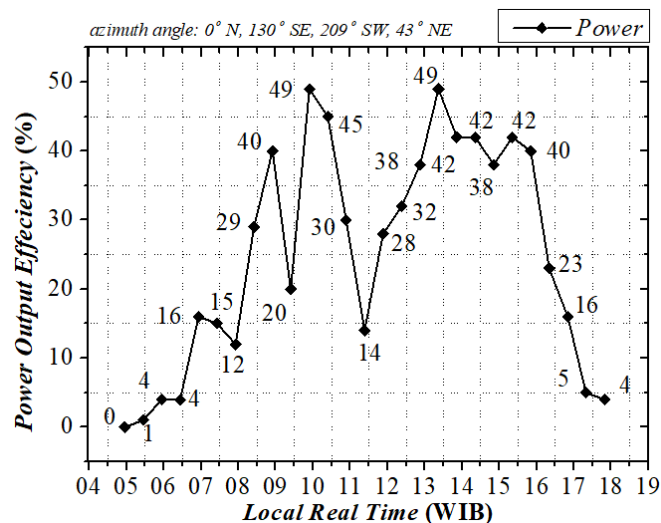
Gambar 4.11 Menunjukkan bahwa kondisi cuaca hujan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa menghasilkan radiasi tertinggi  $723,1 \text{ W/m}^2$  dan nilai terendah  $11,2 \text{ W/m}^2$ , pada saat menghitung data hujan dengan kondisi awan cerah dan kemudian mendung mendapati hasil grafik yang naik turun atau tidak konstan nilainya. Sebelum memakai alat ukur pyranometer hendak kalibrasi dengan menyesuaikan keseimbangan *spirit level*. *Spirit level* adalah suatu titik ukur yang berbentuk gelembung yang terdapat udara sehingga gelembung tersebut dapat disesuaikan dengan keseimbangan bidang datar pada *mounting* pyranometer. Radiasi total pada kondisi hujan  $6888,2 \text{ W/m}^2$ , tegangan total  $201,3 \text{ V}$ , arus total  $30,6 \text{ A}$  dan daya total pada kondisi hujan  $234,24 \text{ W}$ .

#### 4.5 Pengujian Variasi Azimuth Pada Flexible Photovoltaic

Pengambilan tegangan, arus hingga ditemukannya daya pada *solar panel* jenis *flexible monocrystalline* dilakukan dengan memvariasikan sudut *azimuth* panel surya dengan satuan derajat, dengan  $380^\circ$  penuh tidak dalam keadaan sudut penuh. Pada 3 kondisi yang berbeda berikut hasil dari variasi *azimuth* dari panel surya jenis *flexible monocrystalline*.

#### 4.5.1 Pengujian Sudut *Azimuth Angle* Skenario Satu

Hasil pengujian sudut *azimuth angle* dengan acuan dari arah mata angin maka hasil pada Gambar 4.12.



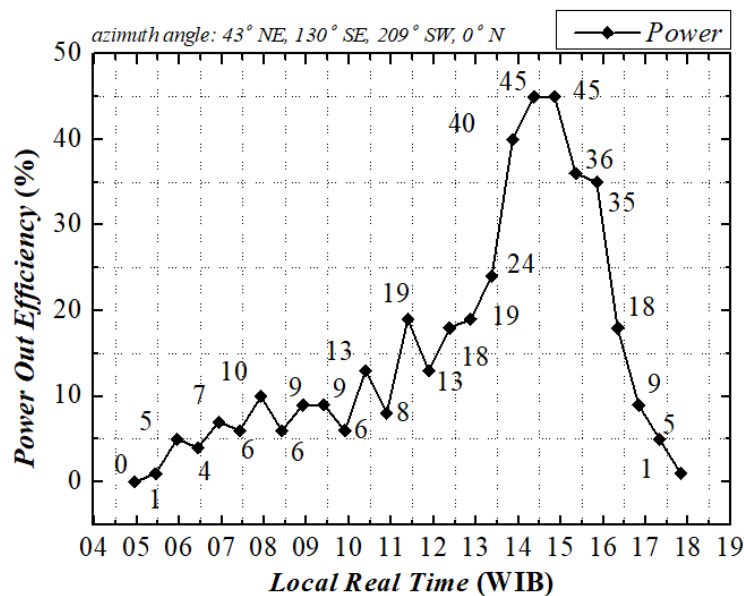
Gambar 4.12 Hasil Skenario Sudut Azimut kesatu

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa hasil pengujian *azimuth angle* pada panel surya jenis *flexible* pada ke-empat panel yang diatur dengan arah mata angin dengan nilai panel kesatu  $0^\circ$  ke arah utara,  $130^\circ$  ke arah tenggara,  $209^\circ$  ke arah barat daya dan  $43^\circ$  ke arah timur laut. Dari ke-empat panel tersebut maka dihasilkan efisiensi daya keluaran dengan nilai 49% pada saat pukul 10:00 dan 13:30 WIB, pengujian ini dilakukan dengan waktu kurun 14 jam dengan posisi panel tetap pada nilai variasi sudut *azimuth* nya hasil ini terdapat nilai yang signifikan dan fluktuatif nilainya dikarenakan nilai ini di pengaruhi dengan cuaca dan kondisi suhu permukaan panel surya jenis *flexible*, untuk mengetahui arah mata angin dalam hal pengambilan data ini menggunakan kompas  $360^\circ$ .

#### 4.5.2 Pengujian Sudut *Azimuth Angle* Skenario Dua

Skenario hasil *azimuth* yakni ke dua yang artinya arah panel surya diarahkan dengan sudut penentuan arah angin matahari. Hasil suatu pengujian data sudut *azimuth angle* dengan skenario dua dengan menggunakan *flexible solar panel* ditunjukkan pada hasil pada Gambar 4.13.





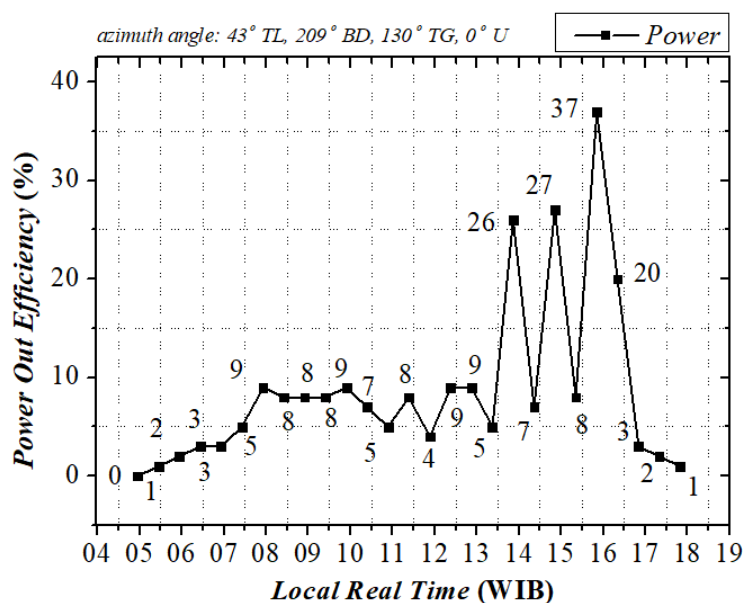
Gambar 4.13 Hasil Skenario Sudut Azimut kedua

Hasil pada Gambar 4.13 merupakan suatu pengukuran secara *real time* dengan menggunakan data *logger* mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya jenis *flexible* dengan mengacu ke arah mata angin 4 titik diantaranya panel ke satu  $43^\circ$  ke arah timur laut,  $130^\circ$  ke arah tenggara,  $209^\circ$  ke arah barat daya, dan  $0^\circ$  ke arah utara. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan kompas sebagai arah mata anginnya nilai yang dihasilkan dari kemampuan panel surya ini dalam satuan persentase maka nilai puncak yang dihasilkan 45%. Data pengukuran mendapatkan suatu nilai persen yang terukur secara sistematis dan kenaikan daya pada kondisi pukul 12.00 s.d. 14.30 WIB dengan kenaikan sebesar 32% terlampir pada Lampiran B-11, suatu nilai persentase dapat diketahui jika nilai kemampuan hantar listrik dan hantar arus diketahui maka di konversikan ke satuan daya kemudian dijadikan dalam persentase dengan parameter nilai aktual dalam pengukuran.

#### 4.5.3 Pengujian Sudut Azimuth Angle Skenario Tiga

Sudut *azimuth angle* dengan skenario ketiga yang mendapatkan kemampuan yang berbeda dari skenario kesatu dan skenario kedua, pada Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan Hasil data pengukuran dengan

skenario ketiga dalam metode *azimuth angle* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hasil Skenario Sudut Azimut ketiga

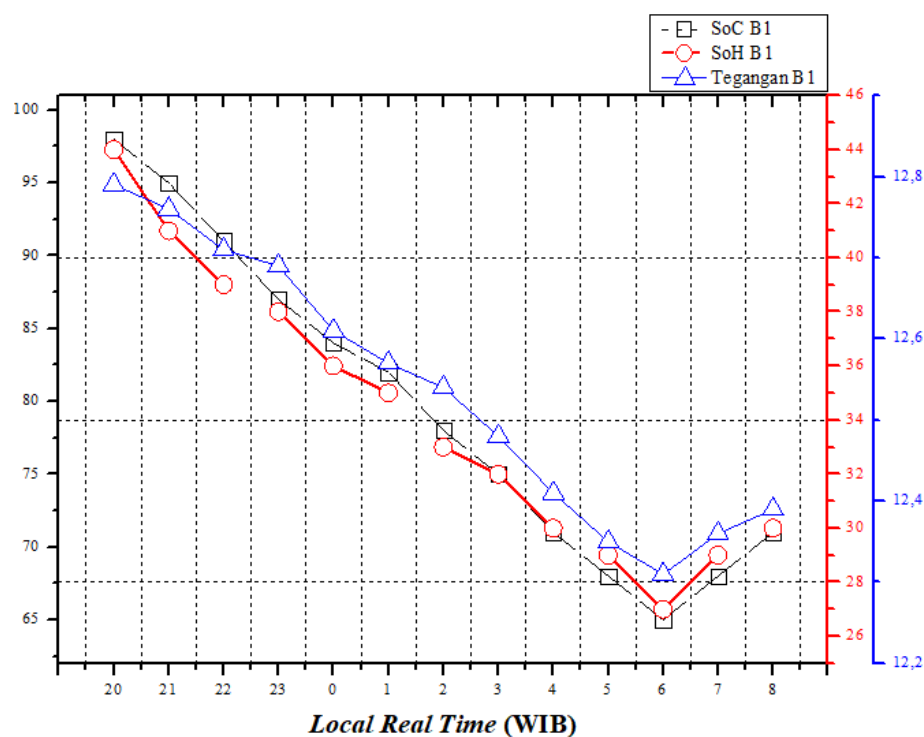
Gambar 4.14 menunjukkan bahwa kemampuan sudut *azimuth* pada panel surya jenis *flexible* yang direkam oleh data *logger* otomatis dengan tegangan dan arus terukur maka nilai suatu kondisi tersebut dihasilkan dengan daya dalam satuan persen maka dihasilkan dengan nilai 37% dan radiasi matahari global dengan nilai  $367,2 \text{ W/m}^2$ , hal ini didapatkan jika sudah mengetahui tegangan dan arus yang terukur kemudian hasil daya akan diketahui dalam kondisi skenario ketiga ini tegangan puncak dengan nilai 8,5 V, arus puncaknya dengan nilai 4,4 A maka menghasilkan daya 37,4 W. Sudut *azimuth* dalam skenario ini dengan sudut  $43^\circ$  ke arah timur laut,  $209^\circ$  ke arah barat daya,  $130^\circ$  ke arah tenggara dan  $0^\circ$  ke arah utara, sudut *azimuth* ini diukur dengan menggunakan kompas sebagai arah mata angin. Nilai pada suatu kemampuan panel *flexible* dirangkai secara paralel, suatu nilai yang signifikan pada pukul 06:00 s.d. 08:00 WIB artinya kenaikan mencapai 7%, sedangkan nilai yang konstan pada pukul 08:30 s.d. 10:00 WIB dan untuk nilai daya yang fluktuatif yang artinya berubah ubah sesuai dengan kondisi pada pukul 13:30 s.d. 17:00 WIB.

#### 4.6 Pemakaian Baterai PLTS

Penggunaan baterai pembangkit listrik tenaga surya jenis *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) pada penelitian ini menggunakan 2 buah baterai yang dirangkaia secara paralel dengan penggunaan baterai seperti berikut.

#### 4.6.1 Pemakaian Baterai 1 VRLA

Penggunaan baterai pada pembangkit listrik tenaga surya hal terpenting dalam sistem *stand alone* pada sistem rangkaian, penggunaan baterai ini dapat diartikan sebagai penyimpanan dan pemakaian dalam waktu kurun penelitian dengan menggunakan beban yang bervariasi diantaranya terdapat, lampu LED dan laptop. Klasifikasi penggunaan paramer baterai terdiri *state of charge*, *state of healt* dan *voltage* kemudian hasil penelitian ini dianalisis dalam bentuk grafik yang menggunakan origin lab sebagai media visual dari analisa penggunaan baterai VRLA 20 Ah 12 V ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pemakaian Baterai 1 VRLA

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa penggunaan baterai selama 12 jam dimulai pukul 20:00 s.d. 08:00 WIB dengan pemakaian beban lampu LED 100 W yang diaktifkan selama 12 jam sesuai dengan keseimbangan dari pemakaian baterai VRLA, baterai 1 dengan kapasitas 20 Ah 12 V dengan rangkaian paralel

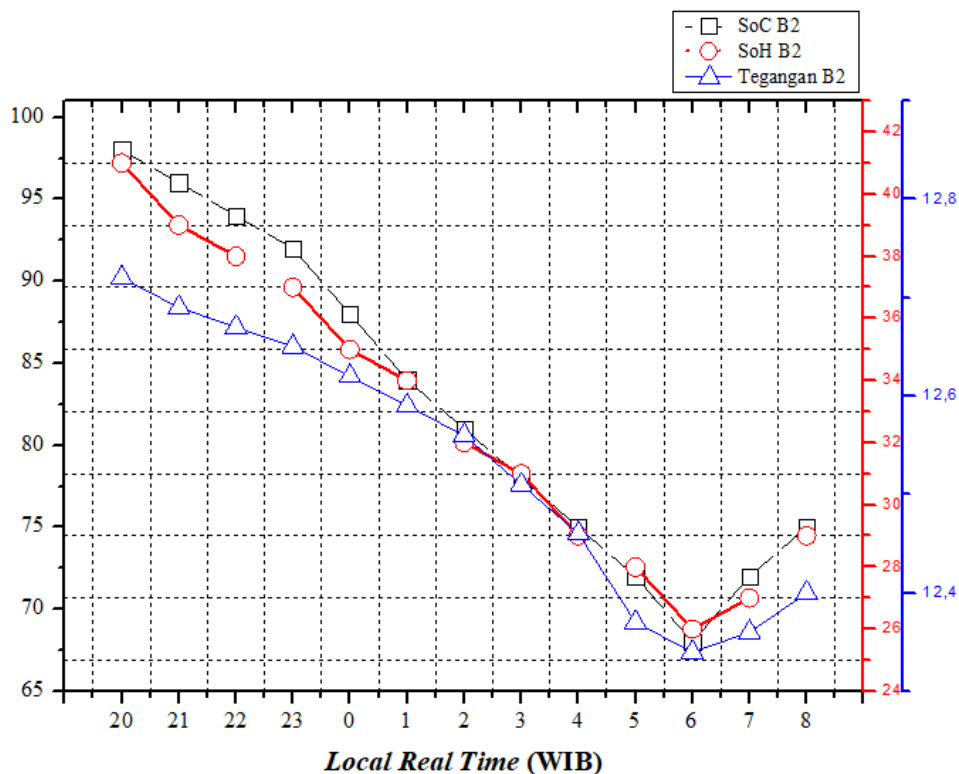
maka konsep penambahan arus akan bertambah sedangkan tegangan baterai tetap, 12 VDC artinya 220 VAC, *supply* tegangan ke komponen *inverter* DC to AC dengan hasil 223 VAC. Beban lampu LED yang digunakan dalam hal ini adalah dapat mempengaruhi *state of charge* dari baterai, *state of health* dan tegangan baterai, *state of charge* merupakan indikator bahwa baterai didefinisikan sebagai baterai dengan kapasitas maksimum kapasitas maksimum dengan nilai 100%. *State of Charge* (SoC) mempunyai rentang waktu 0 % s.d. 100% atau 0 s.d. 1, pemakaian baterai ini terdapat pengisian SoC dengan estimasi 3% s.d. 4% dimulai pukul 06:00 s.d. 08:00 WIB, SoH kenaikan sebesar 2% s.d. 3% dan kenaikan tegangan 4 V s.d. 5 V dengan rincian hasil seperti pada Lampiran B-15.

#### **4.7 Selisih Perbandingan Parameter Penggunaan Baterai**

Hasil selisih yang dihitung dalam sistem dengan baterai VRLA menggunakan 2 buah baterai yang bertujuan untuk mengetahui keseimbangan pemakaian dalam 12 jam pemakaian antara baterai 1 dan baterai 2, dengan hasil sebagai berikut

##### **4.6.2 Pemakaian Baterai 2 VRLA**

Penggunaan baterai VRLA dalam kondisi dipakai dengan hasil kondisi SoC, SoH dan tegangan pada baterai dengan kapasitas 12 V 20 Ah yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.

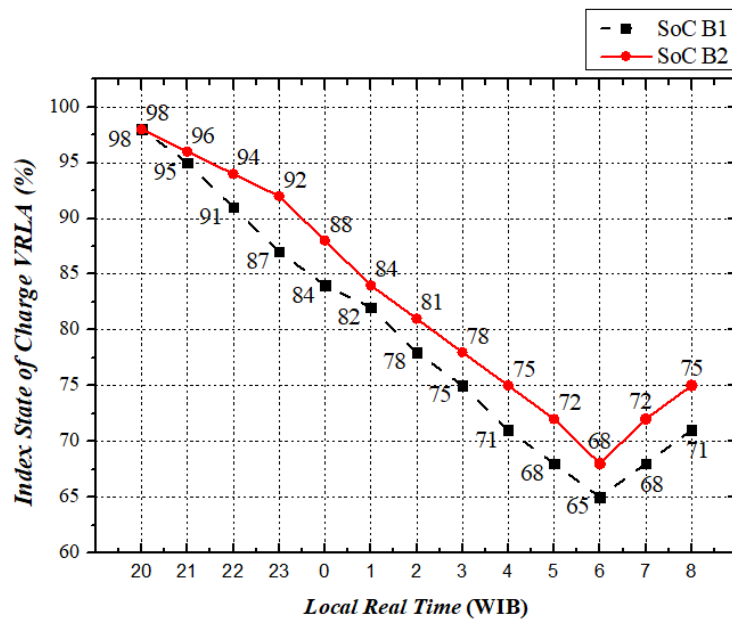


Gambar 4.16 Pemakaian Baterai 2 VRLA

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa kapasitas awal pada baterai 2 dengan *State of Charge* (SoC) 98% dan *State of Health* (SoH) 41% dan tegangan *starting* pada baterai adalah 12,72 V, parameter SoC, SoH dan tegangan terdapat selisih perbedaan dengan baterai 1 namun hal ini tidak pengaruh besar terhadap sistem yang diaktifkan. Pemakaian baterai 2 dengan lama pemakaian selama 12 jam dimulai pada pukul 20:00 s.d. 08:00 WIB mengalami penurunan SoC, SoH dan tegangan baterai hal ini di pengaruhi adanya pemakaian beban selama 12 jam, dengan beban Lampu LED yang di konversi tegangan dan arus oleh komponen *inverter* DC - AC sehingga lampu dapat menerima tegangan dan arus yang terlampir pada Lampiran B-16.

#### 4.7.1 Selisih *State of Charge* Baterai 1 dan Baterai 2 VRLA

Pengujian sistem baterai memiliki parameter yang digunakan yaitu *state of charge* (SoC) dengan hasil selisih yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.17.

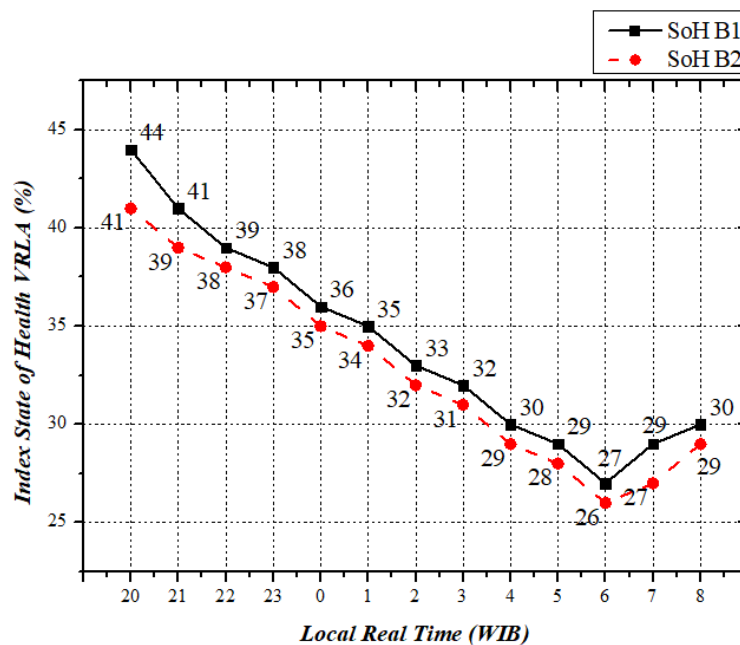


Gambar 4.17 Selisih *State of Charge*

Selisih *State of Charge* (SoH) dalam 2 buah baterai yang dirangkai secara paralel dengan pemakaian selama 12 jam dimulai pukul 20:00 s.d. 08:00 WIB hasil selisih dalam satuan persen (%) dengan menggunakan *digital battery tester* yang sebagai bentuk monitoring sistem baterai sehingga baterai dapat diketahui parameter *State of Charge* (SoC). Nilai yang dihitung untuk mencari selisih antara baterai 1 dan baterai 2 mendapatkan selisih dengan nilai 0, 1, 3, 5, 4, 2, 3, 3, 4, 4, 3, 4, 4, kemudian hasil selisih tersebut mendapatkan rata-rata dalam SoC dengan nilai 3,1% dengan rincian pada Lampiran B-16.

#### 4.7.2 Selisih *State of Health* Baterai 1 dan Baterai 2

Selisih dari baterai 1 dan baterai 2 merupakan keseimbangan dari baterai dengan itu maka baterai dapat digunakan dengan baik dan maksimal dengan waktu pemakaian yang sudah ditentukan dalam parameter penelitian, dalam hal ini kondisi *state of charge* pada baterai satu dan baterai dua tidak jauh berbeda karena pada awal pemakaian *state of charge* kedua baterai itu sama. *State of Charge* merupakan suatu kondisi dimana baterai dapat dikatakan kondisi *charge* yang maksimal dalam satuan persen. Hasil selisih dalam kondisi kesehatan baterai dengan parameter SoH dengan 2 buah baterai yang dirangkai paralel dengan hasil selisih yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.18.

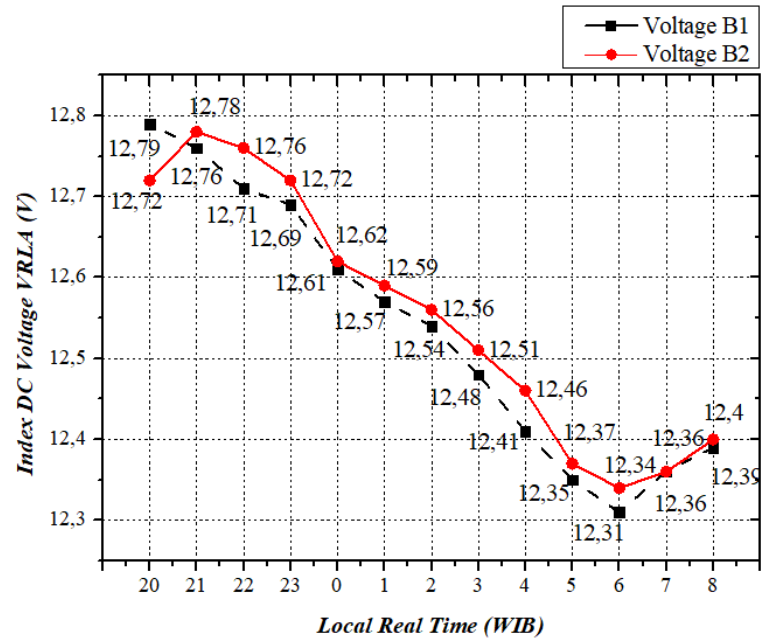


Gambar 4.18 Selisih *State of Health*

Gambar 4.18 merupakan hasil pengujian baterai pemakaian kondisi *state of health* dari VRLA yang digunakan, sistem yang digunakan untuk mengetahui parameter kesehatan dari baterai menggunakan *digital battery tester* dengan alat ukur pada Lampiran A-5 dan teknis pengukuran dilakukan dalam 1 jam sehingga mendapatkan selisih pada selama 12 jam dengan hasil nilai 3, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, dan 1. Selisih SoH ini diukur dalam kondisi baterai aktif pada sistem rangkaian sehingga mendapatkan nilai pada Gambar 4.19, kemudian hasil rata-rata dalam pengukuran pemakaian *state of charge* yang dengan nilai 1,3% dengan hasil rincian pada Lampiran B-17.

### 4.7.3 Selisih Tegangan Baterai 1 dan Baterai 2

Hasil pengujian selisih tegangan pada kondisi baterai yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Selisih Tegangan Baterai 1 dan 2

Gambar 4.19 menunjukkan bahwa kondisi tegangan yang digunakan pada distribusi melalui komponen *inverter* DC to AC dengan rata-rata selisih 0,03 V yang hasil rinciannya sesuai pada Lampiran B-17. Pada pukul 06:00 s.d. 08:00 WIB dengan *supply* tegangan artinya pengecasan dilakukan dengan menggunakan modul surya *flexible*, selisih dari baterai 1 dan baterai 2 tidak jauh berbeda.





## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian dengan judul “Pengujian Variasi *Azimuth Angle* Terhadap Model *Flexible Photovoltaic* Menggunakan OriginLab” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Teknologi *photovoltaic* dengan sistem *stand alone* dan menggunakan penyimpanan baterai VRLA 20Ah 12V, menghasilkan SoC rata-rata 3,1%, SoH rata-rata 1,3%, dan selisih tegangan baterai rata-rata 0,3 V.
2. Sistem *monitoring data logger* dan pyranometer berhasil bekerja dengan baik dan terintegrasi sensor ACS712 memiliki akurasi pada sensor ACS712 rata-rata 2% dan sensor tegangan akurasi rata-rata kesalahan *error* mencapai 0,273% serta *monitoring* radiasi matahari *zero offset* mencapai 10 W/m<sup>2</sup>.
3. Persentase nilai  $P_{\max}$  pada tiga kondisi cuaca mendapatkan nilai 49%, 45% dan 35% dan pemakaian beban listrik 0,4488 kWh/day menghasilkan energi *losses* 0,516 kWh.
4. Rasio efisiensi panel surya jenis *flexible* pada pengukuran bernilai 3,76%, *fill factor* 0,86% dan  $P_{\max}$  22,4%, sedangkan untuk performa pada spesifikasi mendapatkan nilai efisiensi 6%, *fill factor* 0,85% dan  $P_{\max}$  49,3%.

### 5.2 Saran

Penelitian ini memiliki saran dalam pengembangan alat yang dapat dilakukan dengan beberapa perbaikan dan penyempurnaan diantaranya sebagai berikut:

1. Membuat *Baterai Monitoring System* (BMS) untuk mengetahui performa penggunaan dari baterai pembangkit listrik tenaga surya.
2. Menambahkan sistem pelacakan *solar tracker system* pada panel surya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaelani, A, S. Firdaus, and J. Jumena, “Renewable energy policy in Indonesia: The Qur’anic scientific signals in Islamic economics perspective,” *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 7, no. 4, pp. 193–204, 2017.
- [2] Islamy, Z, and A. Sudrajad, “Studi Perencanaan Atap Panel Surya di Hotel The Royale Krakatau Cilegon,” *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 7, no. 2, pp. 119–224, 2014.
- [3] Wicaksono, M.T.C, and I. A. Bangsa, “Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Photovoltaic Rooftop Pada Gedung Gardu Induk Kantor Pusat Pt Pembangkit Jawa Bali,” *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, pp. 107–115.
- [4] Chong, K.K., and C. W. Wong, “General formula for on-axis sun-tracking system and its application in improving tracking accuracy of solar collector,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 3, pp. 298–305, 2009.
- [5] Nazemi, S.D, and M. Boroushaki “Design, Analysis and Optimization of a Solar Dish/Stirling System,” *International Journal of Renewable Energy Development.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–42, 2013.
- [6] Parida, B., S. Iniyan, and R. Goic, “A review of solar photovoltaic technologies,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 15, no. 3, pp. 1625–1636, 2011.
- [7] Risser, V.V and H. Post, “Stand-Alone Photovoltaic Systems,” *Book of Absorption Fluids Data Survey*, pp. 1–437, 1995.
- [8] Yandi, W., S. Syafii, and A. B. Pulungan, “Tracker Tiga Posisi Panel Surya untuk Peningkatan Konversi Energi dengan Catu Daya Rendah,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 3, p. 159, 2017.
- [9] Syafii and R. Nazir, “Performance and energy saving analysis of grid connected photovoltaic in West Sumatera,” *International Journal of Power*

*Electronics and Drive Systems.*, vol.1, no. 4, pp. 1348-1354, 2016

- [10] Syafii, M. I. Rusydi, R. Putra, and M. H. Putra, "Real-time measurement of grid connected solar panels based on wireless sensors network," *Proceeding of International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA)*, pp. 95–99, 2017.
- [11] Gagliarducci, M., D. A. Lampasi, and L. Podestà, "GSM-based monitoring and control of photovoltaic power generation," *Measurement*, vol. 40, no. 3, pp. 314–321, 2007.
- [12] Saptadi, A. H., "Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22 Studi Komparatif pada Platform ATMEL AVR dan Arduino," *Jurnal Informatika, Telekomunikasi dan Elektronika.*, vol. 6, no. 2, 2015.
- [13] Fuentes, M., M. Vivar, J. M. Burgos, J. Aguilera, and J. A. Vacas, "Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino that complies with IEC standards," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 130, pp. 529–543, 2014.
- [14] Coelho, A., dan R. Castro, "Sun tracking pv power plants: Experimental validation of irradiance and power output prediction models," *International Journal of Renewable Energy Research.*, vol. 2, no. 1, pp. 23–32, 2012.
- [15] Brano, V.L., A. Orioli, G. Ciulla, and A. Di Gangi, "An improved five-parameter model for photovoltaic modules," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 94, no. 8, pp. 1358–1370, 2010.
- [16] Afriyani, A. D., S. Prasetya, and R. Filzi, "Analisis Pengaruh Posisi Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan di PT Lentera Bumi Nusantara," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 176–183, 2019.
- [17] Sasmita, D. P. and M. Widyartono, "Sistem Pelacakan Matahari Sumbu

- Ganda Pada Modul Fotovoltaik Berbasis Sensor Ultraviolet,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 09, no. 01, pp. 213–221, 2020.
- [18] Dhimish, M., and S. Silvestre, “Estimating the impact of azimuth-angle variations on photovoltaic annual energy production,” *Clean Energy*, vol. 3, no. 1, pp. 47–58, 2019.
- [19] Pudín, A., and I. R. Mardiyanto, “Desain dan Implementasi Data Logger untuk Pengukuran Daya Keluaran Panel Surya dan Iradiasi Matahari,” *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 2, pp. 240, 2020.
- [20] Widodo, S. and J. Iriani, “Perancangan Listrik Energi Surya 300VA, 220V, 50Hz, Untuk Rumah Tangga Sederhana,” *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, vol. 15, no. 1, p. 1, 2019.
- [21] Yandri, V. R., “Prospek Pengembangan Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik Di Indonesia,” *Jurnal Ilmu Fisika*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, 2012.
- [22] Syahputra, R dan I. Soesanti, “Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia,” *Energy Reports*, vol. 7, pp. 472–490, 2021.
- [23] Paundra, F. and A. Nuridin, “Study of the Potential and Development of Renewable Energy Power in Indonesia : a Review,” *STEAM Engineering (Journal of Science, Technology, Education And Mechanical Engineering)*, vol. 3, no. 2, pp. 62–72, 2022.
- [24] Shah, A., P. Torres, R. Tschärner, N. Wyrsh, and H. Keppner, “Photovoltaic technology: The case for thin-film solar cells,” *Science.*, vol. 285, no. 5428, pp. 692–698, 1999.
- [25] Radhiansyah, M. Reza, and C. Ekaputri, “Desain Optimal Dan Implementasi Penggerak Panel Surya Menggunakan Metode Perhitungan Sudut Azimuth Matahari,” *eProceedings of Engineering.*, vol. 5, no. 3, pp. 3887–3894, 2018.

- [26] Yadav, A. K., and S. S. Chandel, "Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, vol. 23, pp. 503–513, 2013.
- [27] Mustofa., R Magga., and Y. Arifin, "Desain Hybrid Panel Surya Tipe Monocrystalline Dan Thermal Kolektor Fluida Air," *Jurnal IPTEK*, vol. 19, no. 2, pp. 67–74, 2015.
- [28] Setiawan, B., G. Hidayat, and A. Y. Candra, "Rancang Bangun Dc Submersible Pump Sistem Photovoltaic Battery Coupled Dengan Panel Surya Tipe Polycrystalline Skala Laboratorium," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi.*, no. TM-019, pp. 1–8, 2017.
- [29] Galagan, Y., "Perovskite Solar Cells: Toward Industrial-Scale Methods," *Journal of Physical Chemistry Letters.*, vol. 9, no. 15, pp. 4326–4335, 2018.
- [30] Purwoto, B. H., Jatmiko, M. Alimul. F, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 01, pp. 10–14, 2018.
- [31] Trautz K., P. Jenkins, R. Walters, and D. Scheiman, etc., "High efficiency flexible solar panels," *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference.*, pp. 115–119, 2013.
- [32] Ganesh, B.N.V.S., and Y. V. Supriya, "Recent Advancements and Techniques in Manufacture of Solar Cells: Organic Solar Cells," *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 565-573., 2013.
- [33] Budiyanto, B. and H. Setiawan, "Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline," *Jurnal RESISTOR*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021.
- [34] Manab, A., I. Torang. H., A. Rabiula, and H. Matal, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off - Grid di Desa Bungku

Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Jambi,” *Journal of Electrical Power Control and Automatic*, vol. 5, no. 2, pp. 61–66, 2022.

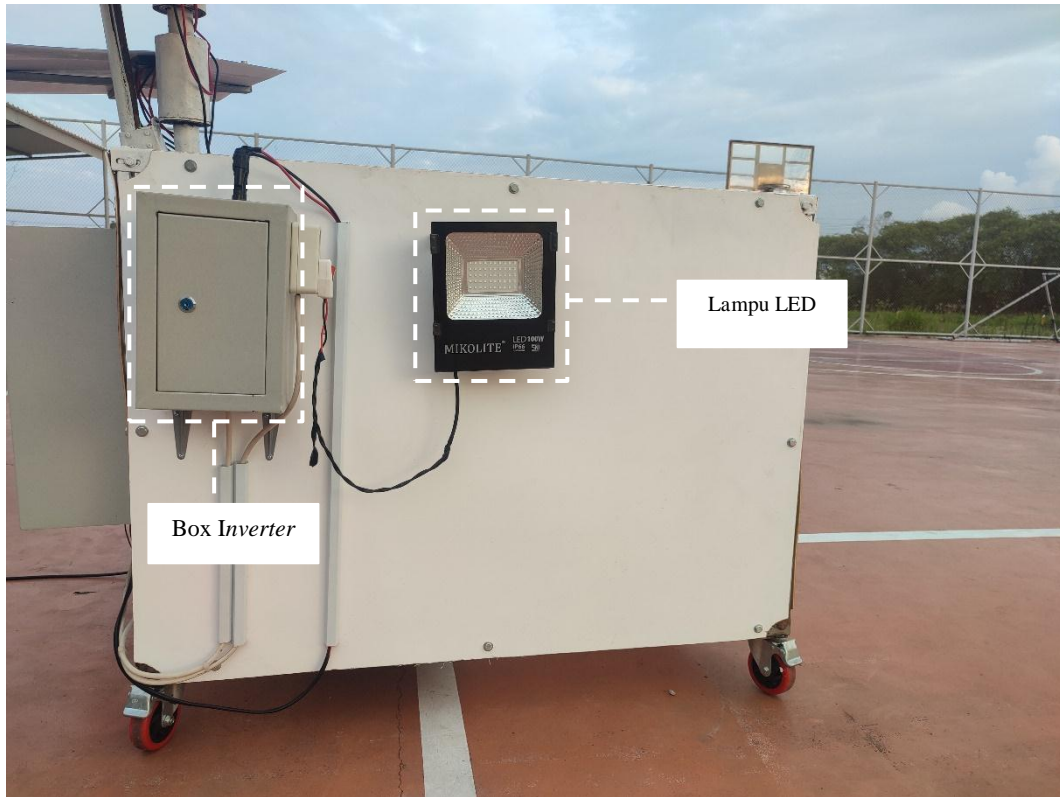
- [35] Naim, M. “Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Mahalona Kecamatan Towuti,” *Vertex Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 27–32, 2017.
- [36] Suhata, Z. Rasyidin dan I. Priyanto, “Efisiensi Sel Surya Sebagai Sumber Energi Satelit Mikro Berbentuk Oktagon,” *Prosiding Siptekgan*, pp. 589–597, 2011.2, p. 7, 2017.





## LAMPIRAN A PERALATAN DAN KOMPONEN PENELITIAN

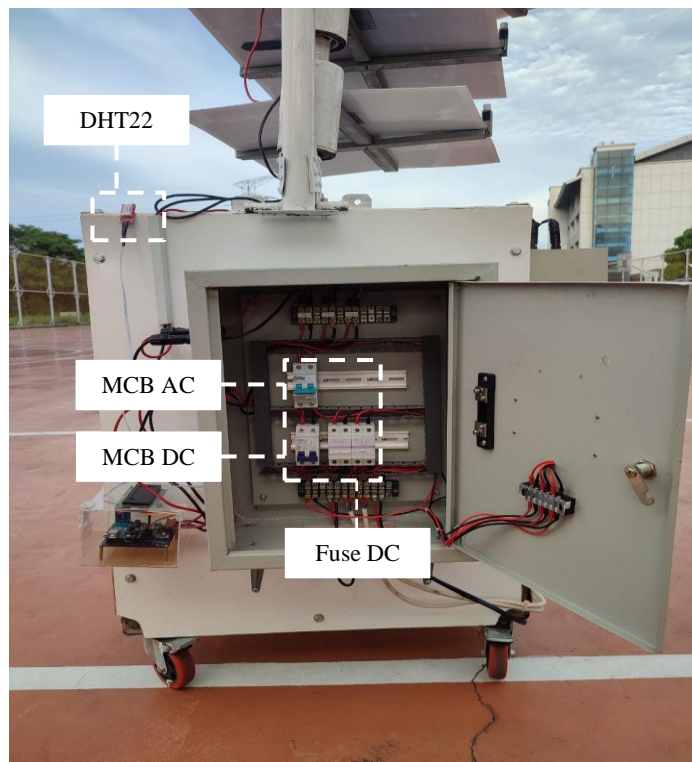
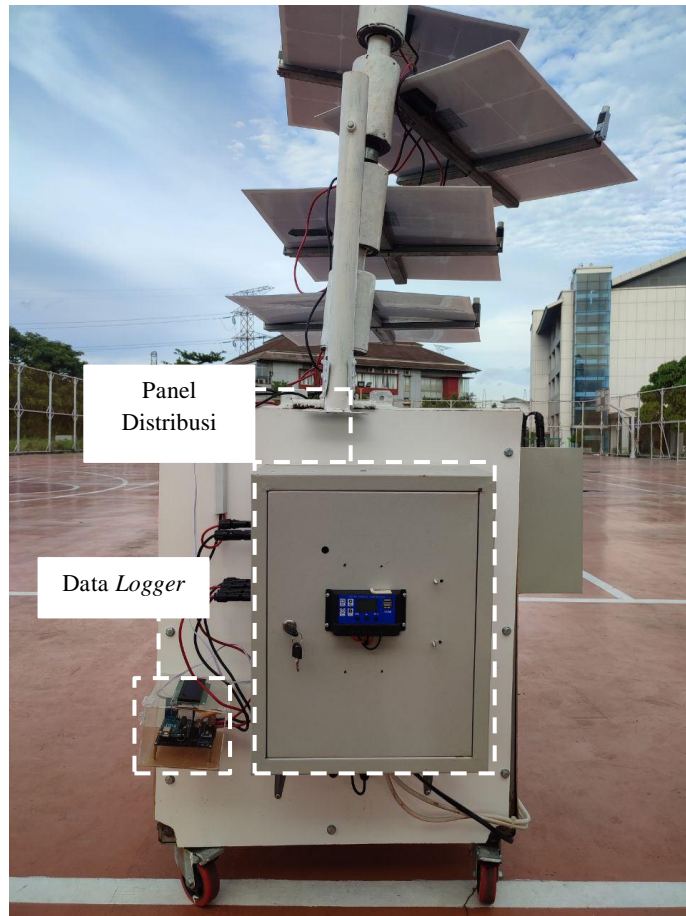
- Alat Penelitian Tampak Kanan



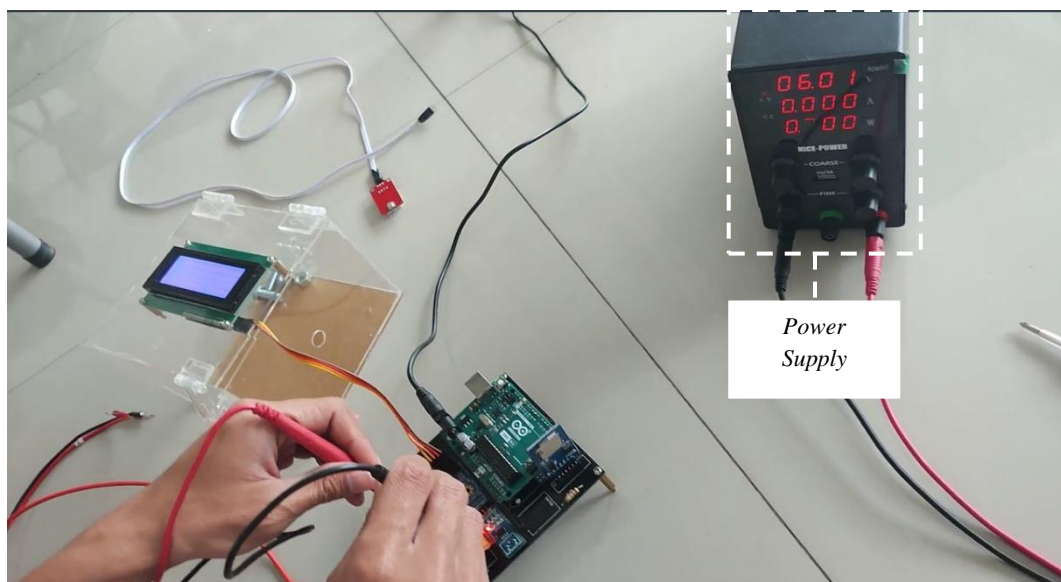
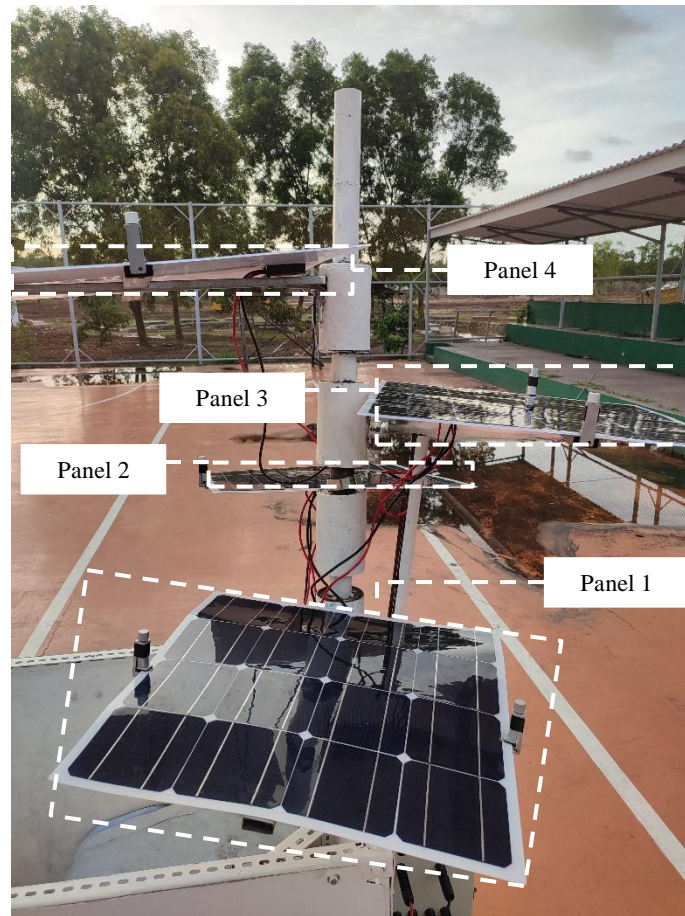
- Alat Penelitian Tampak Kiri



- Alat Penelitian Tampak Depan

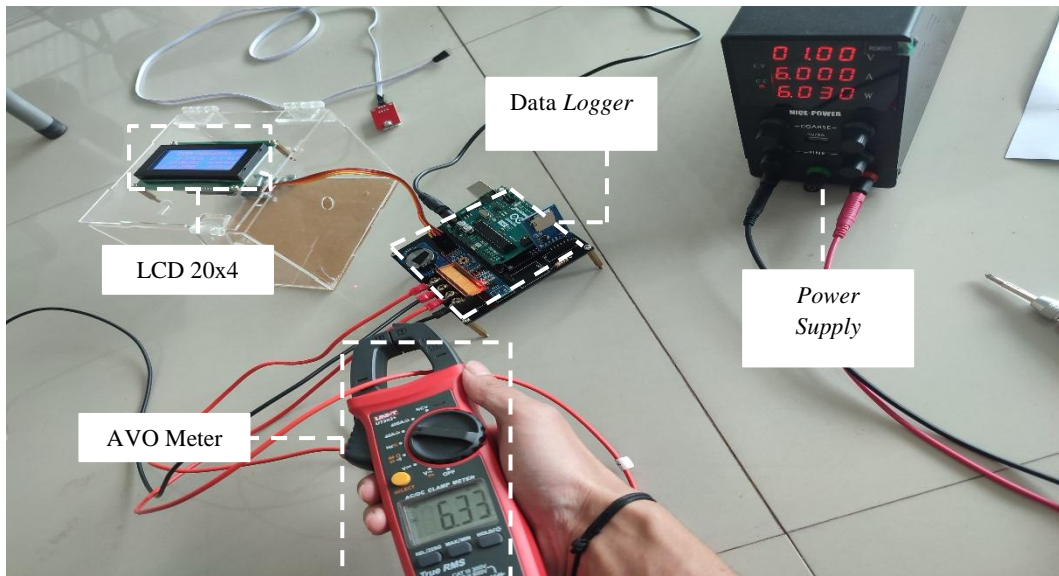


- Foto Panel Surya

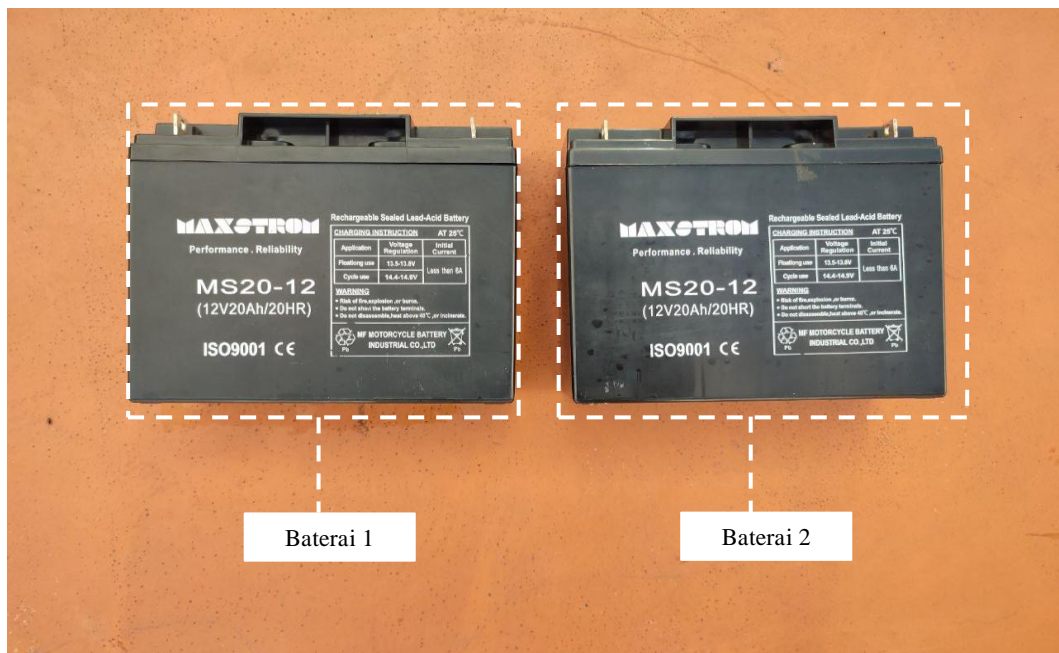


- Kalibrasi Sensor Tegangan

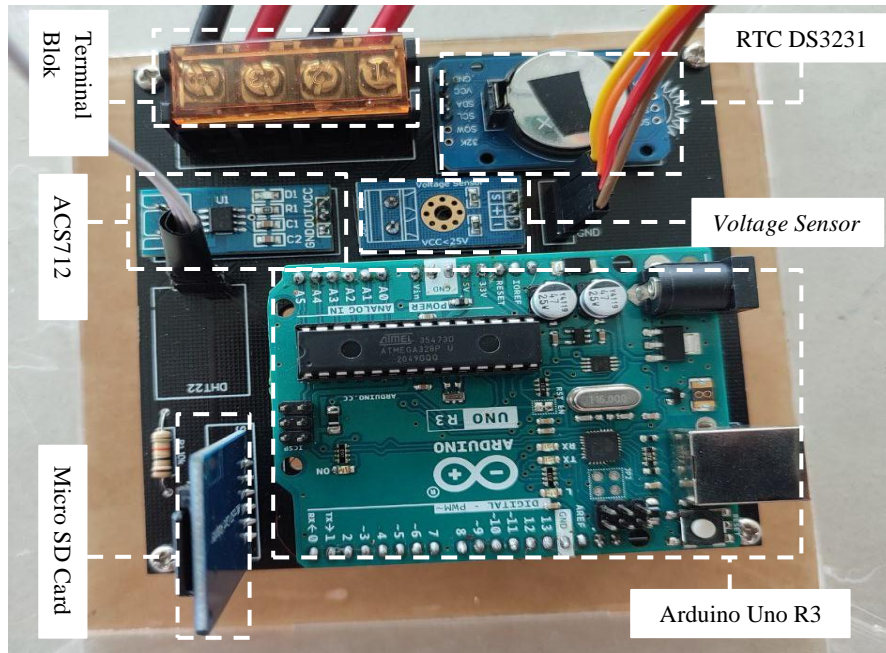
- Kalibrasi Sensor Arus ACS712



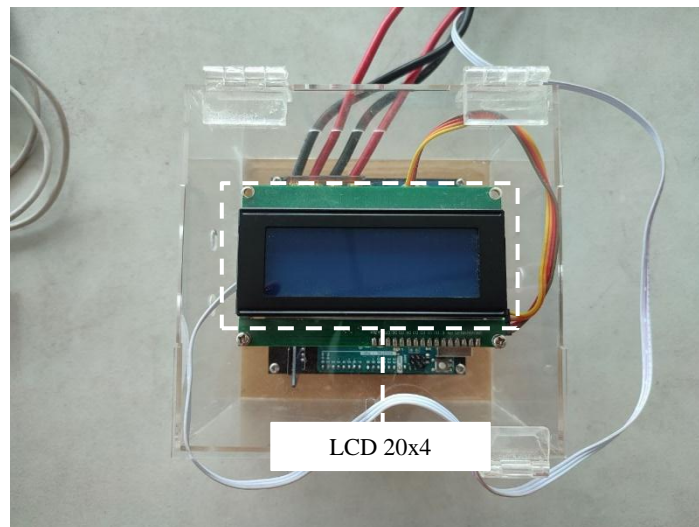
- Baterai 20Ah 12V VRLA



- *Photovoltaic Data Logger*



- *Data logger tampak atas*



- *Alat Ukur*





## LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN

### 1. Pengukuran Kalibrasi Voltage Sensor

Tabel dan perhitungan dari proses kalibrasi dengan perbandingan alat ukur standar kemudian hasil perbandingan tersebut akan menemukan nilai kesalahan absolut yang dinyatakan dengan persen.

Tabel 1 Kalibrasi Voltage Sensor

No.	Power Supply (V)	Voltage Sensor ( $V_1$ )	AVO Meter Digital ( $V_2$ )	Nilai Abs (%)
1.	3	3,1	3	0,033%
2.	6	6,1	6	0,016%
3.	9	9,2	9,1	0,011%
Rata-rata				0,273%

Perhitungan Persentase Kesalahan:

$$\text{Absolute Error} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100\%$$

- $\epsilon_a = \frac{3.1V - 3V}{3V} \times 100\% = 0,033\%$
- $\epsilon_a = \frac{6.1 - 6V}{6V} \times 100\% = 0,016\%$
- $\epsilon_a = \frac{9.2V - 9.1V}{9.1V} \times 100\% = 0,033\%$

### 2. Hasil Pengukuran Kalibrasi ACS712

Tabel dan perhitungan dari proses kalibrasi sensor arus ACS712 dengan perbandingan alat ukur AVO meter dan hasil perbandingan tersebut menghasilkan persentase kesalahan dalam pengukuran.

Tabel 2 Kalibrasi ACS712

No.	Power Supply (A)	ACS712 ( $A_1$ )	AVO Meter Digital ( $A_2$ )	Nilai Abs (%)
1.	3	3,1	3	3,3%
2.	6	6,1	6	1,6%
3.	9	9,1	9	1,1%
Rata-rata				2%

Perhitungan Persentase Kesalahan:

$$\text{Absolute Error} = \frac{A_1 - A_2}{A_2} \times 100\%$$

1.  $\varepsilon_a = \left| \frac{3,1 A - 3 A}{3 A} \right| \times 100\% = 3,3\%$
2.  $\varepsilon_a = \left| \frac{6,1 A - 6 A}{6 A} \right| \times 100\% = 1,6\%$
3.  $\varepsilon_a = \left| \frac{9,1 A - 9 A}{9 A} \right| \times 100\% = 1,1\%$

### 3. Hasil Pengukuran DHT AM2302 Dengan HTS

Tabel berikut ini merupakan hasil perbandingan pengukuran kualitas sensor suhu DHT AM2302 dengan menggunakan alat ukur lainnya yaitu Humidity Temperatur Sensor (HTS) dengan hasil pengukuran selama 1 jam, berikut hasil dan perhitungan kesalahan relatif nya.

Tabel 3 Hasil Perbandingan Temperatur DHT dan HTS

No.	Waktu (WIB)	DHT AM2302 (°C)	HTS (°C)
1.	13:00:00	28,4	27,5
2.	13:05:00	28,5	27,5
3.	13:10:00	28,4	27,6
4.	13:15:00	28,2	27,4
5.	13:20:00	28,3	27,6
6.	13:25:00	28	27,7
7.	13:30:00	28,6	27
8.	13:35:00	29,6	27
9.	13:40:00	27,8	26,8
10.	13:45:00	27,4	26,9
11.	13:50:00	27,2	26,8
12.	13:55:00	27,1	26,9
13.	14:00:00	27	26,7
Rata-rata		29,78	27,1

Perhitungan Persentase Kesalahan:

$$\text{Absolute Error} = \frac{C_1 - C_2}{C_2} \times 100\%$$

1.  $\varepsilon_a = \frac{28,4 - 27,5}{27,5} \times 100\% = 3,27\%$
2.  $\varepsilon_a = \left| \frac{28,5 - 27,5}{27,5} \right| \times 100\% = 3,63\%$
3.  $\varepsilon_a = \left| \frac{28,4 - 27,6}{27,6} \right| \times 100\% = 2,89\%$



4.  $\varepsilon_a = \frac{28.2 - 27.4}{27.4} \times 100\% = 2,9\%$
5.  $\varepsilon_a = \frac{28.3 - 27.6}{27.6} \times 100\% = 2,53\%$
6.  $\varepsilon_a = \left| \frac{28 - 27.7}{27.7} \right| \times 100\% = 1,1\%$
7.  $\varepsilon_a = \frac{28.6 - 27}{27} \times 100\% = 5,9\%$
8.  $\varepsilon_a = \left| \frac{29.6 - 27}{27} \right| \times 100\% = 9,6\%$
9.  $\varepsilon_a = \left| \frac{27.8 - 26.8}{26.8} \right| \times 100\% = 4,85\%$
10.  $\varepsilon_a = \frac{27.4 - 26.9}{26.9} \times 100\% = 1,8\%$
11.  $\varepsilon_a = \frac{27.2 - 26.8}{26.8} \times 100\% = 1,5\%$
12.  $\varepsilon_a = \left| \frac{27.1 - 26.9}{26.9} \right| \times 100\% = 0,7\%$
13.  $\varepsilon_a = \left| \frac{27 - 26.7}{26.7} \right| \times 100\% = 1,12\%$

Hasil pengukuran persentase maka diperlukan rata-rata sebagai berikut:

Tabel 4 Rata-rata Percobaan Pebandingan Temperatur

No.	Persentase Kesalahan(%)
1.	3,27
2.	3,63
3.	2,89
4.	2,9
5.	2,53
6.	1,1
7.	5,9
8.	9,6
9.	4,85
10.	1,8
11.	1,5
12.	0,7
13.	1,7
Rata-rata	3,26

Tabel 5 Perbandingan Kelambapan DHT dan HTS

No.	Time (WIB)	DHT AM2302 (%RH)	HTS (%RH)
1.	13:00:00	57,7	56,1
2.	13:05:00	57,9	56,4
3.	13:10:00	56,8	54,2
4.	13:15:00	56,2	54,1
5.	13:20:00	54,9	52,5

6.	13:25:00	53,2	51,9
7.	13:30:00	53,7	51,7
8.	13:35:00	53,2	51,4
9.	13:40:00	54,5	52,1
10.	13:45:00	56,5	54
11.	13:50:00	55,2	53,5
12.	13:55:00	56,1	54,5
13.	14:00:00	54,1	52,9
Rata-rata		55,4	53,5

Perhitungan Persentase Kesalahan:

$$\text{The Absolute Error} = \frac{RH_1 - RH_2}{RH_2} \times 100\%$$

$$1. \varepsilon_a = \frac{57,7 - 56,1}{56,1} \times 100\% = 2,85\%$$

$$2. \varepsilon_a = \frac{57,9 - 56,4}{56,4} \times 100\% = 2,65\%$$

$$3. \varepsilon_a = \left| \frac{56,8 - 54,2}{54,2} \right| \times 100\% = 4,8\%$$

$$4. \varepsilon_a = \frac{56,2 - 54,1}{54,1} \times 100\% = 3,9\%$$

$$5. \varepsilon_a = \frac{54,9 - 52,5}{52,5} \times 100\% = 4,6\%$$

$$6. \varepsilon_a = \left| \frac{53,2 - 51,9}{51,9} \right| \times 100\% = 2,5\%$$

$$7. \varepsilon_a = \frac{53,7 - 51,7}{51,7} \times 100\% = 3,8\%$$

$$8. \varepsilon_a = \left| \frac{53,2 - 51,4}{51,4} \right| \times 100\% = 3,5\%$$

$$9. \varepsilon_a = \left| \frac{54,5 - 52,1}{52,1} \right| \times 100\% = 4,6\%$$

$$10. \varepsilon_a = \frac{56,5 - 54}{54} \times 100\% = 4,6\%$$

$$11. \varepsilon_a = \frac{55,2 - 53,5}{53,5} \times 100\% = 3,1\%$$

$$12. \varepsilon_a = \left| \frac{56,1 - 54,5}{54,5} \right| \times 100\% = 2,9\%$$

$$13. \varepsilon_a = \left| \frac{54,1 - 52,9}{52,9} \right| \times 100\% = 2,2\%$$

Hasil pengukuran persentase maka diperlukan rata-rata pengukuran sebagai berikut.

Tabel 6 Rata-rata Percobaan Perbandingan Humidity

No.	Persentase Kesalahan (%)
1.	2,85
2.	2,65
3.	4,8
4.	3,9
5.	4,6
6.	2,5
7.	3,8
8.	3,5
9.	4,6
10.	4,6
11.	3,1
12.	2,9
13.	2,2
Rata-rata	3,54

#### 4. Hasil I-V Curve dan P-V Curve

Nilai pengukuran arus, tegangan dan *power* serta *resistance* yang digunakan untuk membuat plot I-V Curve dan P-V Curve antara lain sebagai berikut.

Tabel 7 Pengukuran Nilai Performansi *The Flexible Photovoltaic*

No.	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Hambatan ( $\Omega$ )
1.	0,0	2,9	0,0	0,0
2.	7,4	2,9	21,46	0,9
3.	7,9	2,9	22,91	1,7
4.	8	2,8	22,4	1,9
5.	8,2	2,7	22,14	2,1
6.	8,3	2,7	22,41	2,7
7.	8,38	2,6	21,788	3,1
8.	8,4	2,6	21,84	4,1
9.	8,48	2,5	21,2	5,3
10.	8,5	2,4	20,4	6,4
11.	8,6	2,3	19,78	8,3
12.	8,72	2,1	18,312	9,5
13.	8,8	1,8	15,84	11
14.	8,81	1,72	15,1532	12,5
15.	8,84	1,5	13,26	14,2

16.	8,89	1,1	9,779	16,1
17.	9	0,0	0,0	0,0

Adapun pengukuran yang dilakukan dengan cara perbandingan antara nilai pada spesifikasi dari panel surya dan dilakukan pengukuran secara langsung maka didapatkan suatu perbandingan yang signifikan sebagai berikut nilai yang dilakukan.

Tabel 8 Perbandingan Modul Surya *Flexible*

No.	Parameter	Specification	Measured
1.	$P_{max}$	50	22,91
2.	$V_{oc}$	8,8	9
3.	$I_{sc}$	6,6	2,9
4.	FF	0,85	0,86

Perhitungan *Fill Factor*:

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.2)$$

1.  $FF = \frac{8 \times 6,2}{8,8 \times 6,6} = \frac{49,6}{58,08} = 0,85$  (Nilai spesifikasi panel surya *flexible*)
2.  $FF = \frac{7,89 \times 2,86}{9 \times 2,9} = \frac{22,56}{26,1} = 0,86$  (Nilai pengukuran secara riil panel surya *flexible*)

##### 5. *Power Quality Flexible Photovoltaic*

Perhitungan *fill factor* dari daya masukan dan daya keluaran *solar panel flexible* dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.2), (2.4), (2.5)

Perhitungan daya masukan:

$$P_{in} = S_o \times A \text{ (watt)} \quad (2.2)$$

1.  $P_{in} = 1000W/m^2 \times 53cm = 53 \text{ Watt}$

Daya masukan dari panel surya *flexible* spesifikasi dengan ketentuan radiasi matahari yang ideal menghasilkan daya 53 Watt

Daya masukan dari panel surya dengan cara pengukuran radiasi matahari menggunakan pyranometer sebagai berikut

$$2. P_{in} = 693W/m^2 \times 53cm = 36,729 \text{ Wat}$$

Data masukan mendapatkan titik daya puncak senilai 36,729 Watt

Perhitungan daya keluaran panel surya:

$$P_{out} = V_{mp} \times I_{mp} \text{ (Watt)} \quad (2.3)$$

Daya keluaran dengan spesifikasi panel surya seperti berikut:

$$1. P_{out} = 8 \text{ V} \times 6,2 \text{ A}$$

$$P_{out} = 8 \text{ V} \times 6,2 \text{ A}$$

$$P_{out} = 49,6 \text{ W}$$

Daya keluaran dengan cara pengukuran seperti berikut:

$$2. P_{out} = 7,89 \text{ V} \times 2,86 \text{ A}$$

$$P_{out} = 7,89 \text{ V} \times 2,86 \text{ A}$$

$$P_{out} = 22,56 \text{ W}$$

Selanjutnya adapun perhitungan operasional dengan menggunakan *fill factor* sebagai berikut

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \text{ (Watt)} \quad (2.4)$$

Perhitungan *fill factor* daya keluaran spesifikasi:

$$1. P_{out} = 8,8 \text{ V} \times 6,6 \text{ A} \times FF$$

$$P_{out} = 58,08 \text{ W} \times 0,85$$

$$P_{out} = 49,368 \text{ Watt}$$

Perhitungan *fill factor* daya keluaran dengan cara pengukuran:

$$2. P_{out} = 9 \times 2,9 \text{ A} \times FF$$

$$P_{out} = 26,1 \text{ W} \times 0,86$$

$$P_{out} = 22,446 \text{ Watt}$$

Efisiensi Panel Surya *The Flexible Photovoltaic*:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{S \times F} \times 100\% \quad (2.5)$$

Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung efisiensi panel sesuai spesifikasi dan menghitung efisiensi panel sesuai pengukuran

$$1. \quad \eta = \frac{8,8 \times 6,6 \times 0,85}{1000 \times 0,85} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{49,368}{850} \times 100\%$$

$$\eta = 0,05808 \times 100\%$$

$$\eta = 5,808 \% \approx 6\%$$

Nilai efisiensi terhadap spesifikasi panel surya *flexible* senilai 6%

$$2. \quad \eta = \frac{9 \times 2,9 \times 0,86}{693 \times 0,86} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{22,446}{595,98} \times 100\%$$

$$\eta = 0,0376623377 \times 100\%$$

$$\eta = 3,76\%$$

Nilai efisiensi terhadap pengukuran secara riil panel surya *flexible* senilai 3,76%

## 6. Tabel Data Radiasi Dalam Tiga Kondisi

Hasil pendataan yang direkam secara *real time* dengan 3 kondisi cuaca mendapati hasil ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Tabel Cuaca Dengan Tiga Kondisi

No.	Time (WIB)	Cerah Berawan (W/m <sup>2</sup> )	Mendung (W/m <sup>2</sup> )	Hujan (W/m <sup>2</sup> )
1.	05:00	35,7	25,5	27,9
2.	05:30	74,8	29,4	19
3.	06:00	39,1	30,1	94,9
4.	06:30	93,8	29,9	96
5.	07:00	130,6	30,9	111,6
6.	07:30	164,1	31,3	287,2
7.	08:00	147,9	121,7	530,1
8.	08:30	475,4	17,9	184,2

9.	09:00	560,3	75,9	567
10.	09:30	689,7	78,1	301,3
11.	10:00	713,2	139,5	205,4
12.	10:30	833,2	231	325,7
13.	11:00	899,6	299,1	287,9
14.	11:30	956,1	409,6	398,4
15.	12:00	965,8	447,5	299,1
16.	12:30	987,2	601,6	146,2
17.	13:00	1055,8	648,4	327
18.	13:30	497,8	529	315,8
19.	14:00	256,7	890,6	615
20.	14:30	221	484,4	301
21.	15:00	137,3	457,6	723,1
22.	15:30	166,3	216,5	157,4
23.	16:00	122,8	198,7	367,2
24.	16:30	81,5	162,9	60,3
25.	17:00	107,2	90,4	128,3
26.	17:30	88,2	77	11,2
27.	18:00	58	64,7	33,5

Tabel 10 Pendataan *Power* Pada Kondisi Cerah Berawan

No.	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Cerah Berawan		
		(V)	(A)	(P)
1.	35,7	0,2	0	0
2.	74,8	3,9	0,2	0,78
3.	39,1	9,4	0,4	3,76
4.	93,8	8,8	0,5	4,4
5.	130,6	9,2	1,7	15,64
6.	164,1	9,1	1,7	15,47
7.	147,9	8,9	1,4	12,46
8.	475,4	9,1	3,2	29,12
9.	560,3	9,2	4,4	40,48
10.	689,7	9,4	2,1	19,74
11.	713,2	9,2	5,3	48,76
12.	833,2	9,2	1	9,2
13.	899,6	9,2	3,3	30,36
14.	956,1	9,3	1,5	13,95
15.	965,8	9,3	3	27,9
16.	987,2	9,3	3,4	31,62
17.	1055,8	9,3	4,1	38,13
18.	497,8	9,4	5,2	48,88
19.	256,7	9,2	4,6	42,32
20.	221	9	4,7	42,3
21.	137,3	9,3	4,1	38,13



22.	166,3	9,1	4,6	41,86
23.	122,8	9,1	4,4	40,04
24.	81,5	8,9	2,6	23,14
25.	107,2	8,8	1,8	15,84
26.	88,2	8,3	0,6	4,98
27.	58	6,4	0,7	4,48

Perhitungan daya pada kondisi cuaca cerah berawan:

$$P = A \times V(\text{watt})$$

1.  $0,2 \times 0 = 0 \text{ W}$
2.  $0,2 \times 3,9 = 0,78 \text{ W}$
3.  $0,4 \times 9,4 = 3,76 \text{ W}$
4.  $0,5 \times 8,8 = 4,4 \text{ W}$
5.  $1,7 \times 9,2 = 15,64 \text{ W}$
6.  $1,7 \times 9,1 = 15,47 \text{ W}$
7.  $1,4 \times 8,9 = 12,46 \text{ W}$
8.  $3,2 \times 9,1 = 29,12 \text{ W}$
9.  $4,4 \times 9,2 = 40,48 \text{ W}$
10.  $2,1 \times 9,4 = 19,74 \text{ W}$
11.  $5,3 \times 9,2 = 48,76 \text{ W}$
12.  $1 \times 9,2 = 9,2 \text{ W}$
13.  $3,3 \times 9,2 = 30,36 \text{ W}$
14.  $1,5 \times 9,3 = 13,95 \text{ W}$
15.  $3 \times 9,3 = 27,9 \text{ W}$
16.  $3,4 \times 9,3 = 31,62 \text{ W}$
17.  $4,1 \times 9,3 = 38,13 \text{ W}$
18.  $5,2 \times 9,4 = 48,88 \text{ W}$
19.  $4,6 \times 9,2 = 42,32 \text{ W}$
20.  $4,7 \times 9 = 42,3 \text{ W}$
21.  $4,1 \times 9,3 = 38,13 \text{ W}$
22.  $4,6 \times 9,1 = 41,86 \text{ W}$
23.  $4,4 \times 9,1 = 40,04 \text{ W}$

$$24. 2,6 \times 8,9 = 23,14 W$$

$$25. 1,8 \times 8,8 = 15,84 W$$

$$26. 0,6 \times 8,3 = 4,98 W$$

$$27. 0,7 \times 6,4 = 4,48 W$$

Tabel 11 Pendataan Daya Pada Kondisi Mendung

No.	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Cerah Berawan		
		(V)	(A)	(P)
1.	25,5	0,8	0	0
2.	29,4	3,7	0,3	1,11
3.	30,1	7,8	0,7	5,46
4.	29,9	8,7	0,5	4,35
5.	30,9	8,8	0,8	7,04
6.	31,3	8,9	0,7	6,23
7.	121,7	9,2	1,1	10,12
8.	17,9	9,2	0,6	5,52
9.	75,9	9,1	1	9,1
10.	78,1	9	1	9
11.	139,5	9,1	0,7	6,37
12.	231	9,3	1,4	13,02
13.	299,1	9,3	0,9	8,37
14.	409,6	9,3	2	18,6
15.	447,5	9,2	1,4	12,88
16.	601,6	8,8	2,1	18,48
17.	648,4	9	2,1	18,9
18.	529	9,3	2,6	24,18
19.	890,6	9	4,4	39,6
20.	484,4	9	5	45
21.	457,6	8,9	5,1	45,39
22.	216,5	8,7	4,1	35,67
23.	198,7	8,7	4	34,8
24.	162,9	8,6	2,1	18,06
25.	90,4	8,5	1	8,5
26.	77	8	0,6	4,8
27.	64,7	5,8	0,2	1,16

Perhitungan daya pada kondisi cuaca mendung:

$$P = A \times V(\text{watt})$$

$$1. 0 \times 0,8 = 0 W$$

$$2. 0,3 \times 3,7 = 1,11 W$$

3.  $0,7 \times 7,8 = 5,46 W$
4.  $05 \times 8,7 = 4,35 W$
5.  $0,8 \times 8,8 = 7,04 W$
6.  $0,7 \times 8,9 = 6,23 W$
7.  $1,1 \times 9,2 = 10,12 W$
8.  $0,6 \times 9,2 = 5,52 W$
9.  $1 \times 9,1 = 9,1 W$
10.  $1 \times 9 = 9 W$
11.  $0,7 \times 9,1 = 6,37 W$
12.  $1,4 \times 9,3 = 13,02 W$
13.  $0,9 \times 9,3 = 8,37 W$
14.  $2 \times 9,3 = 18,6 W$
15.  $1,4 \times 9,2 = 12,88 W$
16.  $2,1 \times 8,8 = 18,48 W$
17.  $2,1 \times 9 = 18,9 W$
18.  $2,6 \times 9,3 = 24,18 W$
19.  $4,4 \times 9 = 39,6 W$
20.  $5 \times 9 = 45 W$
21.  $5,1 \times 8,9 = 45,39 W$
22.  $4,1 \times 8,7 = 35,67 W$
23.  $4 \times 8,7 = 34,8 W$
24.  $2,1 \times 8,6 = 18,06 W$
25.  $1 \times 8,5 = 8,5 W$
26.  $0,6 \times 8 = 4,8 W$
27.  $0,2 \times 5,8 = 1,16 W$

Tabel 12 Pendataan Daya Pada Kondisi Hujan

No.	Radiasi Matahari ( $W/m^2$ )	Cerah Berawan		
		V	A	P
1.	27,9	0,2	0	0
2.	19	4,2	0,2	0,84
3.	94,9	8,3	0,2	1,66
4.	96	8,5	0,3	2,55

5.	111,6	8,1	0,4	3,24
6.	287,2	8,7	0,6	5,22
7.	530,1	8,5	1,1	9,35
8.	184,2	8,4	1	8,4
9.	567	8,2	1	8,2
10.	301,3	8,1	1	8,1
11.	205,4	8,2	1,1	9,02
12.	325,7	8,2	0,8	6,56
13.	287,9	3,8	1,3	4,94
14.	398,4	8,8	0,9	7,92
15.	299,1	8,8	0,5	4,4
16.	146,2	8,5	1,1	9,35
17.	327	8,5	1	8,5
18.	315,8	8,5	0,6	5,1
19.	615	8,5	3,1	26,35
20.	301	4,3	1,6	6,88
21.	723,1	6,2	4,3	26,66
22.	157,4	7,8	1	7,8
23.	367,2	8,5	4,4	37,4
24.	60,3	8,4	2,4	20,16
25.	128,3	8,4	0,4	3,36
26.	11,2	8,1	0,2	1,62
27.	33,5	6,6	0,1	0,66

Perhitungan daya pada kondisi cuaca hujan:

$$P = A \times V(\text{watt})$$

1.  $0 \times 0,2 = 0 \text{ W}$
2.  $0,2 \times 4,2 = 0,84 \text{ W}$
3.  $0,2 \times 8,3 = 1,66 \text{ W}$
4.  $0,3 \times 8,5 = 2,25 \text{ W}$
5.  $0,4 \times 8,1 = 3,24 \text{ W}$
6.  $0,6 \times 8,7 = 5,22 \text{ W}$
7.  $1,1 \times 8,5 = 9,35 \text{ W}$
8.  $1 \times 8,4 = 8,4 \text{ W}$
9.  $1 \times 8,2 = 8,2 \text{ W}$
10.  $1 \times 8,2 = 8,2 \text{ W}$
11.  $1,1 \times 8,2 = 9,02 \text{ W}$
12.  $0,8 \times 8,2 = 6,56 \text{ W}$

13.  $1,3 \times 3,8 = 4,94 W$
14.  $0,9 \times 8,8 = 7,92 W$
15.  $0,5 \times 8,8 = 4,94 W$
16.  $1,1 \times 8,5 = 7,92 W$
17.  $1 \times 8,5 = 8,5 W$
18.  $0,6 \times 8,5 = 5,1 W$
19.  $3,1 \times 8,5 = 26,35 W$
20.  $1,6 \times 4,3 = 6,86 W$
21.  $4,3 \times 6,2 = 26,66 W$
22.  $1 \times 7,8 = 7,8 W$
23.  $4,4 \times 8,5 = 37,4 W$
24.  $2,4 \times 8,4 = 20,16 W$
25.  $0,4 \times 8,4 = 3,36 W$
26.  $0,2 \times 8,1 = 1,62 W$
27.  $0,1 \times 6,6 = 0,66 W$

## 7. Penggunaan Beban *Alternating Current*

Data hasil pengujian beban listrik *Alternating Current*, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 13 Pendataan Pemakaian Lampu LED 100W Mikrolite

	No	(WIB)	Lampu LED 100W Mikrolite						
			(W)	(WH)	(A)	(V)	(L <sub>o</sub> )	(H <sub>i</sub> )	(Hz)
14-12-2022	1	20:00	37,4	0	2,62	223	37	37,6	50
	2.	20:10	36,6	0,006	2,61	223	36,4	37,6	50
	3.	20:20	36,4	0,012	2,62	224	36,4	37,6	50
	4.	20:30	36,4	0,018	2,62	222	36,3	37,6	50
	5.	20:40	36,4	0,024	2,63	224	36,3	37,6	50
	6.	20:50	36,4	0,031	2,62	223	36,3	37,6	50
	7.	21:00	36,4	0,036	2,62	225	36,2	37,6	50

Tabel 14 Pendataan Pemakaian Laptop Dell Inspirion Win10 64bit

	No	(WIB)	Laptop Dell Inspirion Win10 64bit						
			(W)	(WH)	(A)	(V)	(L <sub>o</sub> )	(H <sub>i</sub> )	(Hz)
16-12-2022	1	20:00	16,5	0	1,66	225	11	20,1	50

	2.	20:10	11.7	0,002	1,52	224	11	20,3	50
	3.	20:20	11.9	0,004	1,21	223	7,3	20,3	50
	4.	20:30	11.3	0,006	1,21	224	7,3	20,3	50

Tabel 15 Pendataan Pemakaian *Smartphone* Redmi Note 10 Pro

	No	(WIB)	<i>Smartphone</i> Redmi Note 10 Pro						
			(W)	(WH)	(A)	(V)	(L <sub>o</sub> )	(H <sub>i</sub> )	(Hz)
18-12-2022	1.	20:00	31,4	0	2,25	224	0,6	31,4	50
	2.	20:10	21,6	0,003	1,43	224	0,6	31,4	50
	3.	20:20	21,4	0,006	1,39	223	0,6	31,4	50
	4.	20:30	20,3	0,011	1,74	224	0,6	31,4	50
	5.	20:40	10,5	0,013	1,39	223	0,6	31,4	50
	6.	20:50	7,2	0,015	0,71	224	0,6	31,4	50
	7.	21:00	6,7	0,017	0,71	223	0,6	31,4	50

## 8. Pemakaian Baterai 1 dan 2

Pendataan pemakaian kemampuan dari kedua baterai VRLA sebagai berikut:

Tabel 16 Pemakaian Baterai 1 VRLA

	(WIB)	SoC	SoH	Tegangan	IR Baterai	
		(%)	(%)	(V)	(mΩ)	(Ω)
Kondisi Baterai 1	20:00	98	44	12,79	18,55	0,0186
	21:00	95	41	12,76	18,51	0,0185
	22:00	91	39	12,71	18,49	0,0185
	23:00	87	38	12,69	18,46	0,0185
	00:00	84	36	12,61	18,43	0,0184
	01:00	82	35	12,57	18,41	0,0184
	02:00	78	33	12,54	18,39	0,0184
	03:00	75	32	12,48	18,37	0,0184
	04:00	71	30	12,41	18,36	0,0184
	05:00	68	29	12,35	18,34	0,0183
	06:00	65	27	12,31	18,33	0,0183
	07:00	68	29	12,36	18,35	0,0183
	08:00	71	30	12,39	18,34	0,0183
Rata-rata		79	34	12,54	18,41	0,0184

Tabel 17 Pemakaian Baterai 2 VRLA

Ko ndi	(WIB)	SoC	SoH	Tegangan	IR Baterai	
		(%)	(%)	(V)	(mΩ)	(Ω)

	20:00	98	41	12,72	18,93	0,0189
	21:00	96	39	12,69	18,89	0,0189
	22:00	94	38	12,67	18,87	0,0189
	23:00	92	37	12,65	18,84	0,0188
	00:00	88	35	12,62	18,82	0,0188
	01:00	84	34	12,59	18,81	0,0188
	02:00	81	32	12,56	18,78	0,0188
	03:00	78	31	12,51	18,72	0,0187
	04:00	75	29	12,46	18,71	0,0187
	05:00	72	28	12,37	18,69	0,0187
	06:00	68	26	12,34	18,67	0,0187
	07:00	72	27	12,36	18,64	0,0186
	08:00	75	29	12,4	18,61	0,0186
	Rata-rata	83	33	12,55	18,77	0,0188

### 9. Selisih *State of Charge* Pada Baterai 1 dan 2

Tabel 18 Selisih SoC Baterai 1 dan 2

Selisih SoC Baterai 1 dan 2	Waktu (WIB)	SoC Baterai 1 (%)	SoC Baterai 2 (%)	Selisih (%)
	20:00	98	98	0
	21:00	95	96	1
	22:00	91	94	3
	23:00	87	92	5
	00:00	84	88	4
	01:00	82	84	2
	02:00	78	81	3
	03:00	75	78	3
	04:00	71	75	4
	05:00	68	72	4
	06:00	65	68	3
	07:00	68	72	4
08:00	71	75	4	
Rata-rata				3,1

### 10. Selisih *State of Health* Pada Baterai 1 dan 2

Tabel 19 SoH Baterai 1 dan 2

Selisih SoH	Time (WIB)	SoH Baterai 1 (%)	SoH Baterai 2 (%)	Selisih (%)
	20:00	44	41	3
	21:00	41	39	2

	22:00	39	38	1
	23:00	38	37	1
	00:00	36	35	1
	01:00	35	34	1
	02:00	33	32	1
	03:00	32	31	1
	04:00	30	29	1
	05:00	29	28	1
	06:00	27	26	1
	07:00	29	27	2
	08:00	30	29	1
Rata-rata				1,3

## 11. Selisih Tegangan Pada Baterai 1 dan 2

Tabel 20 Selisih Tegangan Baterai 1 dan 2

Selisih Tegangan Baterai 1 dan 2	Time (WIB)	Tegangan Baterai 1 (%)	Tegangan Baterai 2 (%)	Selisih (%)
		20:00	12,79	12,72
	21:00	12,76	12,78	0,02
	22:00	12,71	12,76	0,05
	23:00	12,69	12,72	0,03
	00:00	12,61	12,62	0,01
	01:00	12,57	12,59	0,02
	02:00	12,54	12,56	0,02
	03:00	12,48	12,51	0,03
	04:00	12,41	12,46	0,05
	05:00	12,35	12,37	0,02
	06:00	12,31	12,34	0,03
	07:00	12,36	12,36	0
	08:00	12,39	12,4	0,01
Rata-rata				0,03

## 12. Konsumsi Beban Listrik Tenaga Surya

Sistem pemakaian beban listrik pada energi surya dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 21 Konsumsi Energi Beban

Beban	Jumlah	Daya (Watt)	Penggunaan (Hour)	Total Daya (Wh)	Total Daya (kWh)
Lampu LED	1	37,4	12	448,8	0,4488



Dapat dihitung menggunakan Persamaan:

$$\text{Konsumsi Daya Lampu (Wh)} = t.P.n$$

$$\text{Konsumsi Daya Lampu (kWh)} = \frac{t.P.n}{1000}$$

$$\text{Konsumsi Daya Lampu (Wh)} = 12 \text{ Hours} \times 37,4 \text{ Watt} \times 1 \text{ Buah Lampu}$$

$$\text{Konsumsi Daya Lampu (Wh)} = 448,8 \text{ Wh/day}$$

Jika di konversikan menjadi satuan kWh, maka:

$$\text{Konsumsi Daya Lampu (kWh)} = \frac{12 \text{ Hours} \times 37,4 \text{ Watt} \times 1 \text{ Buah Lampu}}{1000}$$

$$\text{Konsumsi Daya Lampu (kWh)} = 0,4488 \text{ kWh/day}$$

### **13. Energi Listrik Yang di Suplai Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

beban pemakaian listrik yang disuplai dari panel surya. Konsumsi energi listrik dengan asumsi lossess sebesar 15% dengan perhitungan

$$EL = (15\% \times \text{konsumsi energi listrik}) + \text{konsumsi energi listrik}$$

$$EL = (15\% \times 0,4488 \text{ kWh}) + 0,4488 \text{ kWh}$$

$$EL = (0,067 \text{ kWh}) + 0,4488 \text{ kWh}$$

$$EL = 0,516 \text{ kWh}$$



## LAMPIRAN C LISTING PROGRAM

```
#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <DHT.h>

#include <DS3231.h>

#include <SD.h>

#include <SPI.h>

#define DHTPIN 4 // Koneksi pin DHT 22

#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)

#define VIN A0 // Koneksi pin ACS712

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Inisialisasi DHT sensor 16mhz
Arduino

DS3231 clock;

RTCDateTime dt;

File myFile;

//Variables DHT 22

int chk;

float hum; // Simpan nilai kelembapan

float temp; // Simpan nilai temperatur

//Variables ACS712

const float VCC = 5.0; // Supply voltage 4.5 sampai 5.5V.
Normally 5V.

const int model = 2; // Model ACS712

float cutOffLimit = 0.16; // Atur arus dibawah nilai yang
diinginkan, atau atur 0.5
```

```

float sensitivity[] =
    {
        0.185, // for ACS712ELCTR-05B-T
        0.100, // for ACS712ELCTR-20A-T
        0.066 // for ACS712ELCTR-30A-T
    };

const float QOV = 0.5 * VCC; // Atur quiescent output voltage
0.5V

float voltage; // Internal variable untuk voltage

//Variables Voltage Sensor

float voltA1;

float volt;

//Variables Modul Micro Sd

int pinCS = 10; // Pin 10 on Arduino Uno

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

    lcd.init();

    lcd.backlight();

    dht.begin();

    clock.begin();

    pinMode(pinCS, OUTPUT);

    //RTC set date and time

    //Set sketch compiling time

    //clock.setDateTime(__DATE__, __TIME__);
}

```

```

void loop()
{
  lcd.clear();

  //Read data dan simpan ke variable hum and temp
  hum = dht.readHumidity();
  temp= dht.readTemperature();

  //Print nilai temp dan humidity ke lcd monitor
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("H:");
  lcd.print(hum,1);
  lcd.print("%");
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print("T:");
  lcd.print(temp,1);
  lcd.print("'C");

  //read data ACS712
  float voltage_raw = (5.0 / 1023.0) * analogRead(VIN); // Read
voltage dari sensor

  voltage = voltage_raw - QOV + 0.012 ; // 0.000 adalah nilai
untuk membuat tegangan 0 ketika tidak ada arus

  float current = voltage / sensitivity[model];

  //Print current
  lcd.setCursor(0,2);
  if(abs(current) > cutOffLimit)
  {
    lcd.print("I:");
    lcd.print(current,1);
    lcd.setCursor(6,2);
    lcd.print("A");
  }
}

```

```

}
else
{
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("I:0");;
}

//Read data voltage sensor
voltA1=analogRead(1);
volt=((voltA1*0.00489)*5);

//Print voltage
lcd.setCursor (9,2);
lcd.print("V:");
lcd.print(volt,1);
lcd.setCursor (15,2);
lcd.print("V");

//Read date and time
dt = clock.getDateTime();

//Print date and time to lcd monitor
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(dt.year);
lcd.print("-");
lcd.print(dt.month);
lcd.print("-");
lcd.print(dt.day);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print(dt.hour);

```

```

lcd.print(":");
lcd.print(dt.minute);
lcd.print(":");
lcd.print(dt.second);
lcd.print("");

//Simpan data di Modul Micro Sd
myFile = SD.open("test.txt", FILE_WRITE);
if (myFile)
{
    myFile.print(dt.year);
    myFile.print("-");
    myFile.print(dt.month);
    myFile.print("-");
    myFile.print(dt.day);
    myFile.print("");
    myFile.print(", ");
    myFile.print(dt.hour);
    myFile.print(":");
    myFile.print(dt.minute);
    myFile.print(":");
    myFile.print(dt.second);
    myFile.print("");
    myFile.print(", ");
    myFile.print("H:");
    myFile.print(hum,1);
    myFile.print("%");
    myFile.print(", ");
    myFile.print("T:");
    myFile.print(temp,1);
    myFile.print("'C");

```

```

    myFile.print(", ");
    myFile.print("I:");
    myFile.print(current,1);
    myFile.print("A");
    myFile.print(", ");
    myFile.print("V:");
    myFile.print(volt,1);
    myFile.print("V");
    myFile.println(" ");
    myFile.close(); // close the file
  }
//SD Card Initialization
  if (SD.begin())
  {
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("sd recording data");
  }
  else
  {
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("failed");
    return;
  }

  delay(5000);
}

```