

# **ANALISIS KONVERSI ENERGI FLEXIBLE SOLAR PANEL DAN SISTEM KONTROL BATERAI PLTS SENTRALISASI**

## **SKRIPSI**

**Oleh :**

**HELVI PETER WARUWU  
18.812.0007**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/7/23

Access From (repository.uma.ac.id)10/7/23

# **ANALISIS KONVERSI ENERGI FLEXIBLE SOLAR PANEL DAN SISTEM KONTROL BATERAI PLTS SENTRALISASI**

## **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Oleh :

**HELVI PETER WARUWU**  
**18.812.0007**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
202**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/7/23

Access From (repository.uma.ac.id)10/7/23

## LEMBAR PENGESAHAN


Judul Skripsi : ANALISIS KONVERSI ENERGI FLEXIBLE SOLAR  
PANEL DAN SISTEM KONTROL BATERAI PLTS  
SENTRALISASI

Nama : HELVI PETER WARUWU

Npm : 188120007

Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing


  
Ir. Habib Satria, MT, IPP

Pembimbing I

  
Moranain Mutgskin, ST, M.Si

Pembimbing II



  
Dekan

Dekan



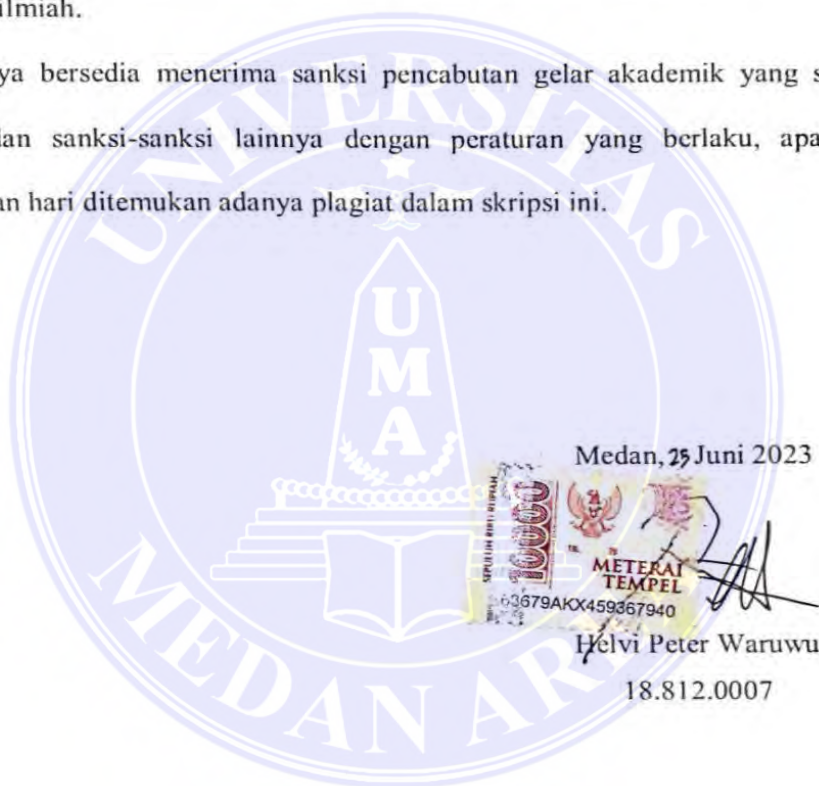
  
Ka. Prodi

Ka. Prodi

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Helvi Peter Waruwu

NPM : 18.812.0007

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **ANALISIS KONVERSI ENERGI SOLAR PANEL FLEXIBLE DAN SISTEM KONTROL BATERAI BERBASIS PLTS SENTRALISASI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 15 Juni 2023

Yang menyatakan

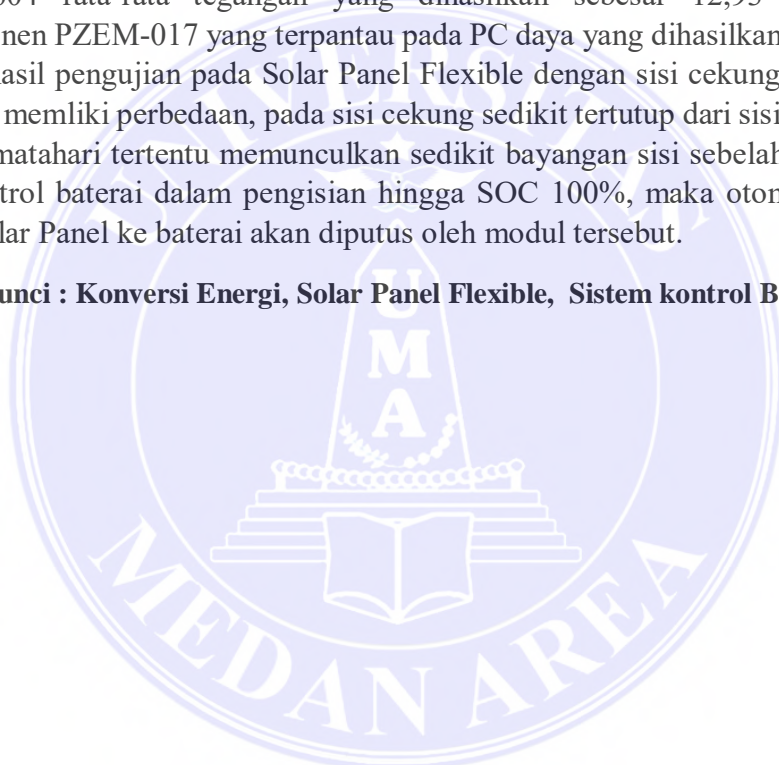


( Helvi Peter Waruwu )

## ABSTRAK

Pemantauan konversi Solar Panel dan sistem kontrol baterai sangat berguna untuk melihat efisiensi penggunaan energi perubahan tegangan, arus, dan daya pada intensitas cahaya matahari. Tujuan dari pemantauan energi konversi Solar Panel Flexible dan sistem kontrol baterai untuk melihat kinerja yang dihasilkan Solar Panel Flexible dalam berbagai bentuk dan suplai ke baterai. Solar Panel yang digunakan yaitu Solar Panel Flexible berkapasitas 115 Wp. komponen lainnya, Solar Charger Controller, Wattmeter, Baterai 12V, XH-M604, PZEM-017, dan Beban DC. data output dari Solar Panel Flexible bentuk cekung, rata-rata yang di dihasilkan pada daya sebesar 14,21 Watt. dan data output dari Solar Panel Flexible bentuk datar, rata-rata yang di dihasilkan pada daya sebesar 16,37 Watt. pada modul XH-M604 rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 12,93 Volt., Untuk Komponen PZEM-017 yang terpantau pada PC daya yang dihasilkan sebesar 10,51 Watt. hasil pengujian pada Solar Panel Flexible dengan sisi cekung dan sisi datar terlihat memiliki perbedaan, pada sisi cekung sedikit tertutup dari sisi sebelahnya di posisi matahari tertentu memunculkan sedikit bayangan sisi sebelah. Pada Sistem pengontrol baterai dalam pengisian hingga SOC 100%, maka otomatis tegangan dari Solar Panel ke baterai akan diputus oleh modul tersebut.

**Kata Kunci : Konversi Energi, Solar Panel Flexible, Sistem kontrol Baterai**



## ABSTRACT

*Monitoring the conversion of Solar Panels and battery control systems is very useful for seeing the efficiency of energy use, changes in voltage, current, and power at the intensity of sunlight. The purpose of monitoring the energy conversion of the Flexible Solar Panel and the battery control system is to see the performance produced by the Flexible Solar Panel in various forms and supply to the battery. The solar panels used are flexible solar panels with a capacity of 115 Wp. other components, Solar Charger Controller, Wattmeter, 12V Battery, XH-M604, PZEM-017, and DC Loads. output data from a concave-shaped Flexible Solar Panel, the average generated at a power of 14.21 Watts. and output data from flat-shaped Flexible Solar Panels, the average of which is generated at a power of 16.37 Watt. on the XH-M604 module the average generated voltage is 12.93 Volts. For the PZEM-017 component which is monitored on the PC the power generated is 10.51 Watts. the test results on Flexible Solar Panels with a concave side and a flat side seem to have a difference, the concave side is slightly closed from the other side in a certain sun position it casts a little shadow on the other side. In the battery control system when charging up to 100% SOC, the voltage from the Solar Panel to the battery will be automatically disconnected by the module.*

**Keywords :** *Energy Conversion, Flexible Solar Panel, Battery control system*

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Takengon pada tanggal 14 Desember 2000 dari ayah Sabaati Waruwu dan ibu Liana Waruwu. Penulis merupakan Anak ketiga dari tiga bersaudara/i.

Tahun 2018 penulis lulus dari SMA Negeri 1 Takengon dan pada tahun 2018 juga penulis mendaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi lebih memahami dan memperdalam pengetahuan tentang dunia Elektro serta berbagai hal yang berhubungan dengan kelistrikan baik tegangan tinggi maupun tegangan rendah, dan bisa diterapkan penulis dalam kehidupan sehari-hari. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. PLN (PERSERO) ULP Siantar Kota.

Demikian riwayat hidup penulis untuk sekedar diketahui

Terimakasih

Helvi Peter Waruwu



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan kasih karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ANALISIS KONVERSI ENERGI FLEXIBLE SOLAR PANEL DAN SISTEM KONTROL BATERAI PLTS SENTRALISASI”. Skripsi ini disusun dengan awal penulis dalam rangka memenuhi persyaratan Pendidikan menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dalam proses penyelesaian proposal ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang setulusnya kepada yang terhormat:

1. Orang Tua Bapak Saba'ati Waruwu, Ibu Liana Waruwu, Saudari Yenni Sarli Waruwu, dan Saudara Jefrinas Waruwu yang telah memberi doa dan dukungan berupa moril/spiritual dan material kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmat Syah, S.Kom, M.Kom, Selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Bapak Ir. Habib Satria, MT, IPP, Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
5. Bapak Ir. Habib Satria, MT, IPP, Selaku Dosen Pembimbing I Untuk Tugas Akhir Ini Yang Memberikan Saran Dan Kritik Yang Membangun Dalam Penyusunan Tugas Akhir Ini.
6. Bapak Moranain Mungkin, ST, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II untuk tugas akhir ini yang memberikan saran dan kritik yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.

7. Para Staff dan Pengajar Universitas Medan Area khususnya Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik yang telah membantu dalam akademik dan administrasi.
8. Rekan-rekan penulis terkhususnya buat Himpunan Mahasiswa Elektro dan teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2018 Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah memberikan banyak dukungan, motivasi, dan upaya dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk kesempurnaan dan kebaikan skripsi ini serta penulis berharap kiranya skripsi ini akan bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 25 Juni 2023

Helvi Peter Waruwu

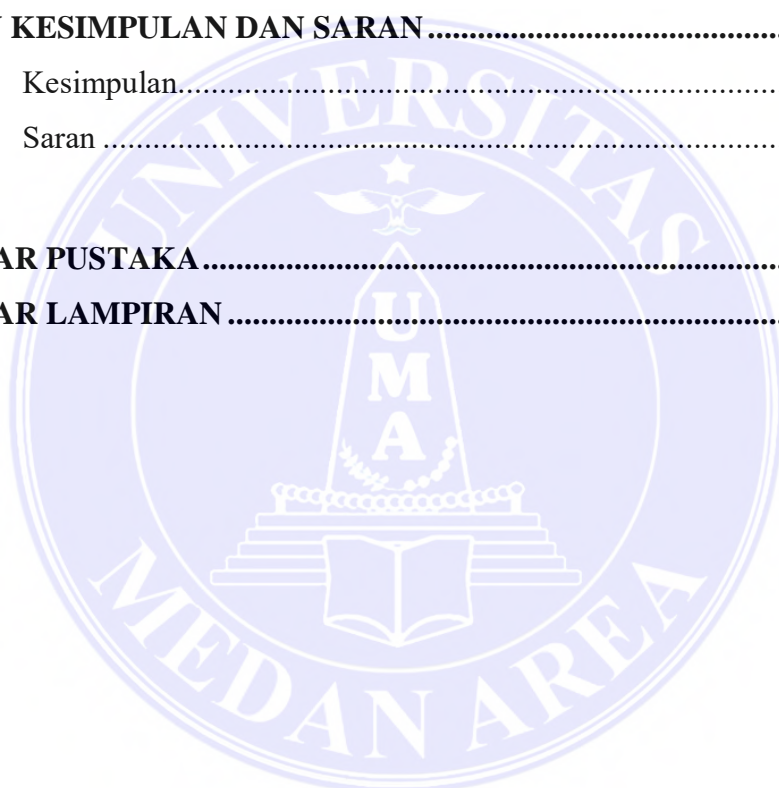
NPM 188120007

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Solar Panel (Panel Surya).....	7
2.1.1 Solar Panel Flexible.....	8
2.1.1 Prinsip Kerja Solar Panel .....	9
2.1.4 Jenis Solar Panel.....	11
2.1.4.1 Monocrystalline (Mono-Crystalline).....	11
2.1.4.2 Polycrystalline (Poly-Crystalline).....	13
2.1.4.3 Thin film Solar Cell (TFSC) .....	14
2.1.4 Karakteristik Solar Panel .....	15
2.1.5 Daya Listrik Panel Surya .....	18

2.1.6	Faktor Utama Yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya .....	19
2.2	<i>Solar Charger Controller</i> (SCC).....	21
2.3	Baterai .....	25
2.3.1	Prinsip Kerja Baterai.....	26
2.3.2	Parameter Baterai .....	27
2.3.3	<i>State of Charge</i> (SOC).....	29
2.3.4	<i>Constant Current/Constant Voltage</i> .....	32
2.4	Wattmeter .....	33
2.5	Modul Energi DC PZEM-017 .....	34
2.6	Resistor Shunt.....	35
2.7	Module XH-M604 .....	36
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>38</b>
3.1	Waktu dan dan Penelitian.....	38
3.1.1	Waktu Penelitian .....	38
3.1.2	Tempat Penelitian .....	38
3.2	Peralatan dan Bahan.....	39
3.3	Variabel Penelitian.....	39
3.3.1	Langkah-langkah Penelitian .....	40
3.4	Pengumpulan Data.....	42
3.4.1	Study Literature .....	42
3.4.2	Study Obsersavi.....	42
3.4.3	Study Dokumentasi.....	42
3.5	Peralatan Pengambilan Data.....	43
3.5.1	Solar Panel Flexible .....	43
3.5.2	Wattmeter .....	45
3.5.3	PZEM-017 .....	46
3.5.4	<i>Solar Charger Controller</i> (SCC).....	47
3.5.5	Module XH-M604 .....	48
3.5.6	Baterai.....	49
3.5.7	Multimeter .....	50
3.6	Skema pengambilan data .....	51

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1 Pemaparan Pengambilan Data Energi Konversi Flexible Solar Panel ...	53
4.2 pengambilan data Nilai Konversi energi Solar Panel Flexible.....	55
4.3 Analisa Data Nilai Konversi energi Solar Panel Flexible .....	57
4.4 Pemaparan Sistem Pengontrol Baterai.....	65
4.5 Pengambilan Data Sistem Kontrol Baterai .....	69
4.6 Analisa Data Sistem Kontrol Baterai.....	70
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>76</b>
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>78</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>81</b>



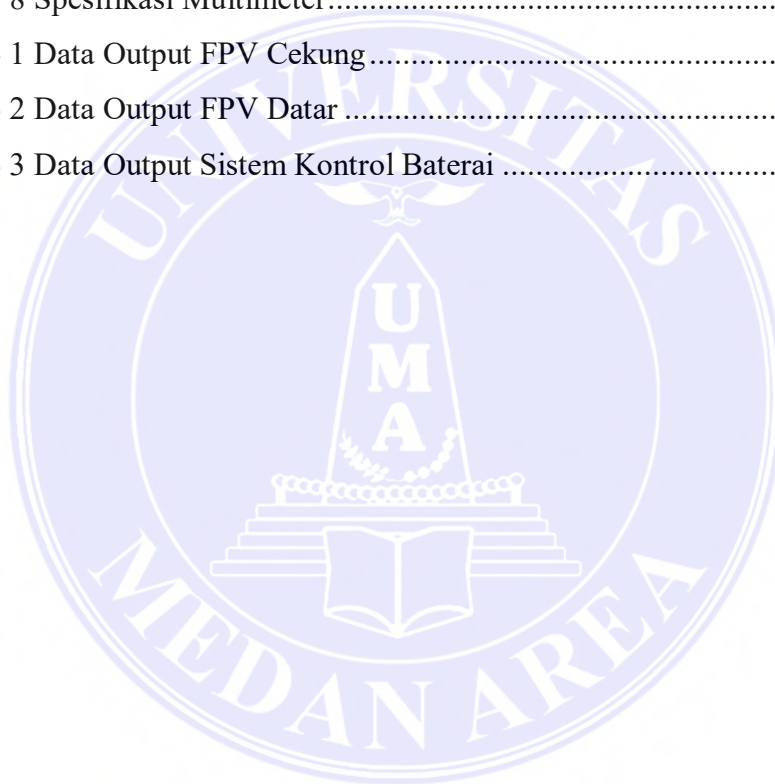
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2 1 Panel Surya.....	7
Gambar 2 2 Panel Surya Flexible .....	8
Gambar 2 3 efek sambungan fotovoltaiik p-n. ....	10
Gambar 2 4 Sel Surya Monocrystalline .....	12
Gambar 2 5 Sel Surya Polycrystalline .....	13
Gambar 2 6 Sel Surya Thin Film.....	14
Gambar 2 7 Kurva Arus Tegangan Surya Panel.....	15
Gambar 2 8 Grafik Pengaruh Intensitas Cahaya pada Kurva I-V .....	19
Gambar 2 9 Grafik Pengaruh Suhu Panel pada Kurva I-V .....	20
Gambar 2 10 Grafik Pengaruh bayangan Panel pada Kurva I-V .....	21
Gambar 2 11 Solar Charger Controller (SCC) .....	22
Gambar 2 12 Blok Diagram Solar Charge Controller (SCC).....	22
Gambar 2 13 Baterai .....	25
Gambar 2 14 Proses reaksi Elektrokimia saat Charging dan Discharging.....	26
Gambar 2 15 Kapasitas Baterai .....	27
Gambar 2 16 Proses SOC dari 100%-0% .....	30
Gambar 2 17 Ketergantungan OCV pada SOC pada suhu yang berbeda .....	31
Gambar 2 18 Sistem SOC dan DOD .....	32
Gambar 2 19 Grafik Constant Current/Constant Voltage .....	33
Gambar 2 20 Wattmeter Digital .....	34
Gambar 2 21 modul energi dc pzem-017 .....	35
Gambar 2 22 Resistor Shunt.....	36
Gambar 2 23 Module XH-M604 .....	37
Gambar 3 1 Wiring Diagram Solar Panel Flexible bentuk Cekung (a) dan bentuk Datar (b) .....	40
Gambar 3 2 Flowchart Penelitian .....	41
Gambar 3 3 Solar Panel Flexible .....	43
Gambar 3 4 Wattmeter.....	45
Gambar 3 5 PZEM-017.....	46
Gambar 3 6 Solar Charger Controller (SCC) .....	47
Gambar 3 7 Module XH-M604 .....	48

Gambar 3 8 Baterai GTZ-5S 12V5Ah .....	49
Gambar 3 9 Multimeter SANWA CD800a .....	51
Gambar 3 10 (a) Sistem Konversi Solar Panel (b) sistem Kontrol Baterai.....	52
Gambar 3 11 Bentuk Solar Panel Flexible .....	52
Gambar 4 1 Rangkaian pemngambilan data energi konversi solar panel flexible	53
Gambar 4 2 Grafik tegangan FPV Cekung dan Datar .....	57
Gambar 4 3 Grafik Arus FPV Cekung dan Datar.....	58
Gambar 4 4 Grafik Daya FPV Cekung dan Datar .....	58
Gambar 4 5 Grafik tegangan FPV Cekung dan Datar .....	59
Gambar 4 6 Grafik Arus FPV Cekung dan Datar.....	60
Gambar 4 7 Grafik Daya FPV Cekung dan Datar .....	60
Gambar 4 8 Grafik Voc FPV Cekung dan Datar.....	61
Gambar 4 9 Grafik Isc FPV Cekung dan Datar.....	62
Gambar 4 10 Grafik Pmax FPV Cekung dan Datar.....	62
Gambar 4 11 Grafik Lux Meter .....	63
Gambar 4 12 Skema Perancangan Sistem Kontrol Baterai.....	68
Gambar 4 13 Tampilan Software PZEM-017 .....	68
Gambar 4 14 Gambar hasil monitoring dengan software PZEM-017 .....	69
Gambar 4 15 Grafik Tegangan XH-M604 .....	71
Gambar 4 16 Grafik Tegangan PZEM-017.....	72
Gambar 4 17 Grafik Arus PZEM-017 .....	72
Gambar 4 18 Grafik Daya PZEM-017.....	73

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	38
Tabel 3 2 Alat dan Bahan.....	39
Tabel 3 3 Spesifikasi Solar Panel Flexible SG-Flex-115-SX .....	43
Tabel 3 4 Spesifikasi Wattmeter.....	45
Tabel 3 5 Spesifikasi PZEM-017.....	46
Tabel 3 6 spesifikasi Solar Charger Controller (SCC) 30A-PWM-LCD.....	47
Tabel 3 7 Spesifikasi Modul XH-M604.....	49
Tabel 3 8 Spesifikasi Multimeter.....	50
Tabel 4 1 Data Output FPV Cekung.....	55
Tabel 4 2 Data Output FPV Datar .....	56
Tabel 4 3 Data Output Sistem Kontrol Baterai .....	70





## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perancangan Sistem Konversi Solar Panel Flexible .....	81
Lampiran 2 Perancangan Sistem Kontrol Baterai .....	81
Lampiran 3 Proses Pengujian dan Pengukuran .....	82
Lampiran 4 Tampilan Monitoring PZEM-017 pada PC .....	82
Lampiran 5 Bentuk FPV Cekung dan Datar .....	82



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan mendasar bagi semua makhluk hidup. Energi terbarukan dan energi tak terbarukan adalah dua jenis energi. Energi tak terbarukan dihasilkan oleh fosil bumi yang berumur jutaan tahun, sedangkan energi terbarukan dihasilkan oleh sumber daya alam yang tidak terbatas dan tidak pernah habis. Energi tak terbarukan, berbeda dengan energi terbarukan, jumlahnya sangat kecil dan akan habis jika digunakan terus menerus. (Rahmat Hasrul, 2021)

Indonesia merupakan salah satu iklim tropis, yang dimana tingkat kekuatan matahari mempunyai potensi energi matahari yang sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m<sup>2</sup> / hari. (Yuliananda, S., Sarya, G, 2015) Ada beberapa energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan salah satunya adalah sumber energi matahari. Dalam upaya pemanfaatan sumber energi matahari ini dibutuhkan suatu penerapan teknologi yaitu Photovoltaic atau Solar Panel untuk memenuhi kebutuhan energi manusia. Dengan kata lain bila dimanfaatkan secara tepat, maka energi dari matahari dapat digunakan sebagai energi elektif untuk menggantikan penggunaan energi konvensional seperti energi fosil atau minyak bumi.

Solar Panel merupakan salah satu perangkat sistem yang dapat mengubah dari panas matahari menjadi energi listrik. Namun saat ini pemakaian dalam energi matahari belum sepenuhnya menggantikan energi fosil, dikarenakan Solar Panel

hanya dipakai sebatas untuk rumah, perkantoran dan industry saja, padahal di tahun saat ini sudah banyak kebutuhan yang berada di luar rumah memerlukan sumber daya listrik. Dizaman sekarang yang semakin berkembangnya pula ilmu pengetahuan, banyak penemuan-penemuan baru yang pada dasarnya membutuhkan listrik sebagai sumber utama. Dengan kata lain, semakin bertambah pula kebutuhan akan adanya listrik dalam kehidupan sehari-hari seperti perangkat elektronik dan pada kendaraan bertenaga listrik yang digunakan diluar ruangan. Untuk mengatasi dari penggunaan pada luar ruangan adalah menggunakan perangkat photovoltaic portable atau dikenal juga Solar Panel Flexible, perangkat Solar Panel ini dapat menyediakan energi listrik selama penggunaan di luar ruangan, dikarenakan Solar Panel ini dapat menyesuaikan keadaan di tempat seperti dilipat atau ditekuk dan ringan, Solar Panel Flexible (FPV) adalah salah satu teknologi Solar Panel yang memenuhi kebutuhan di saat ini. (Zhao, Lichen Luo, Deying Zhu, Rui, 2018).

Pemantauan nilai konversi Solar Panel dan sistem kontrol baterai sangat berguna untuk melihat efisiensi penggunaan energi pada sebuah Solar Panel Flexible seperti pada perubahan tegangan, arus, dan daya pada intensitas cahaya matahari. Tujuan dari pemantauan energi konversi Solar Panel Flexible dan system kontrol menggunakan Komputer adalah untuk melihat hasil kinerja yang dihasilkan Solar Panel Flexible yang bisa dalam beberapa sisi bentuk yang dihubungkan ke baterai.

Namun demikian, hambatan yang signifikan menghalangi pertumbuhan energi terbarukan di Indonesia. Khususnya Energy Storage System (ESS) yang merupakan salah satu bagian krusial dalam instalasi PLTS. Baterai adalah

perangkat yang menyimpan dan mendistribusikan energi listrik. Baterai digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari karena penyimpanan dan pasokan arus listriknya yang sangat baik dan sederhana. Dengan Energy Storage System (ESS), penyimpanan energi listrik digunakan untuk menyimpan energi sebagai pemasok untuk menggantikan operasi pembangkitan yang mahal pada saat beban puncak dan menggunakan sumber energi yang murah untuk sumber pengisian ESS di luar beban puncak. ada beberapa hal yang perlu kita ketahui dan pahami sebelum memilih baterai, misalnya limit baterai, berapa besar tegangan yang dihasilkan, cycle (siklus) pengaruh baterai, DoD (Profundity of release), dan masih banyak lagi. . (Chang, W.-Y.2013)

Overcharging adalah kesalahan umum yang dilakukan oleh masyarakat ketika baterai dalam kondisi 100% tetapi masih mengisi daya. Akibat elektrolisis, baterai dapat mengembangkan gas dan kehilangan air. Baterai akan mengalami kerusakan yang cepat jika beban yang tidak seimbang kemudian diatur. Akibatnya, sangat penting untuk memiliki pengaturan yang ideal dan tepat sasaran. sehingga baterai akan dapat bertahan lama. (Adi Jaya dkk, 2021)

Maka, diperlukan Analisis energi konversi solar panel dan system kontrol baterai berbasis PLTS sentralisasi yang dapat mengukur, menampilkan dan menyimpan data pengukuran kinerja parameter Solar Panel Flexible serta Memonitoring dan megontrol Tegangan pada Baterai Vdc dalam pemakaian daya selama satu hari. Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, penulis mengajukan judul “ANALISIS KONVERSI ENERGI FLEXIBLE SOLAR PANEL DAN SISTEM KONTROL BATERAI PLTS SENTRALISASI”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Mengukur energi surya yang dikonversi ke energi listrik dalam melakukan penelitian selama satu hari dalam berbagai parameter yaitu tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan dari Solar Panel Flexible.
2. Bagaimana Memonitoring dan mengontrol besaran tegangan yang masuk ke baterai selama pengisian dan dalam pemakaian daya selama satu hari.
3. Bagaimana Menganalisis dari penggunaan alat Konversi Energi Solar Panel Flexible dan Sistem pada Kontrol Baterai yang Berbasis PLTS Sentralisasi.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian antara lain :

1. Mengetahui seberapa besar energi nilai energi konversi yang dihasilkan oleh Solar Panel Flexible berbasis PLTS Sentralisasi.
2. Memahami tentang perawatan baterai agar energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam pengisian serta penggunaan baterai dan bisa bertahan lama.
3. Menganalisa Konversi Energi dihasilkan Solar Panel Flexible dalam dua sisi dan Menganalisa tegangan dan arus pada sistem kontrol dalam pengisian ke baterai .

## 1.4 Batasan Masalah

Yang menjadi Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini hanya mengukur tegangan, arus, dan daya pada Solar Panel Flexible dan dilakukan dengan dua sisi yaitu cekung dan datar
2. Penelitian ini hanya menggunakan beban tambahan berupa Lampu DC.
3. Penelitian ini hanya memantau tegangan, arus, dan daya selama mengontrol pengisian baterai.
4. Parameter yang diobservasi adalah pengukuran besaran secara berkala dengan interval setiap satu jam sekali dalam satu hari.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dapat tercapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh pengalaman didalam menganalisis data, serta mengetahui hubungan antara data-data yang diperoleh.
2. Mengetahui konversi energi maksimum dan minimum yang dihasilkan Solar Panel Flexible.
3. Menambah pengetahuan tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Berikut adalah garis besar isi dari masing-masing bab dalam Skripsi ini, yang kemudian dirinci menjadi sub-sub pokok bahasan untuk memberikan penjelasan yang lebih mendalam mengenai permasalahan tersebut.

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang pembuatan laporan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori berupa konsep dasar dalam penyusunan alat dan laporan sehingga menghasilkan karya yang bernilai ilmiah dan memiliki daya guna.

## BAB III METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan penulis untuk mengerjakan serta menyelesaikan tugas akhir ini.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengukuran serta pengujian sistem yang dirancang, kemudian dilakukan analisa terhadap alat yang dibuat.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang simpulan dan saran dari pembuatan alat dan laporan sebagai upaya untuk perbaikan kedepan

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Solar Panel (Panel Surya)

Komponen utama dari sistem pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah energi matahari secara langsung menjadi listrik adalah susunan panel surya. Jumlah daya keluaran dari proses konversi dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan, termasuk paparan sinar matahari panel surya, suhunya, arahnya, dan spektrumnya. (Muhammad Rizal Fachri, Ira Devi Sara, dan Yuwaldi Away,2015).



Gambar 2 1 Panel Surya

Sumber : <https://blue.kumparan.com>

Photovoltaic, lebih dikenal Panel surya merupakan komponen yang bisa mengkonversi dari energi matahari menjadi energi listrik (arus DC dan tegangan DC). Perangkat Photovoltaic yang khas adalah sel surya, yang terdiri dari dua lapisan semikonduktor dengan polaritas yang berlawanan. Salah satunya adalah lapisan positif (tipe-p) dan yang lainnya adalah lapisan negatif (tipe-n). Ketika dua lapisan semikonduktor ada secara independen, mereka menunjukkan netralitas listrik.(L. Zhao, D. Luo, and R. Zhu, 2018)



### 2.1.1 Solar Panel Flexible

Panel surya fleksibel adalah panel tipis dan fleksibel yang dapat ditekuk agar sesuai dengan tempat pemasangannya. Jika dibandingkan dengan panel surya standar, jenis ini memiliki lebar hanya beberapa mikron. Panel surya monocrystalline terbuat dari bahan dengan hanya satu kristal silikon, sedangkan panel Polycrystalline terbuat dari wafer silikon dengan beberapa kristal silikon. Karena lebih sederhana dan lebih murah untuk membuat sel polikristalin, panel polikristalin biasanya harganya sedikit lebih murah tetapi kurang efektif. Biasanya, sel aktif panel kaku dan selebar rambut manusia.



Gambar 2 2 Panel Surya Flexible

(Sumber : <https://pasangpanelsurya.com>)

Secara umum, sel panel surya fleksibel kurang tahan lama dibandingkan panel surya standar. Selain itu, sel surya jenis ini lebih rentan terhadap kerusakan. Panel Surya Fleksibel harus ditingkatkan ketahanannya terhadap elemen sebelum dapat menjadi norma di industri. Efisiensinya yang lebih rendah dalam mengubah sinar matahari menjadi energi yang dapat digunakan dibandingkan dengan panel surya konvensional adalah masalah lain.

Efisiensi panel surya polikristalin dan monokristalin tipikal rata-rata berkisar antara 14 hingga 17 persen. Sebaliknya, efisiensi panel surya film tipis hanya 11 sampai 13 persen. Sebaliknya, Panel Surya Fleksibel berbasis graphene hanya memiliki efisiensi maksimum sekitar 4%, meskipun diharapkan akan segera meningkat menjadi 10%.

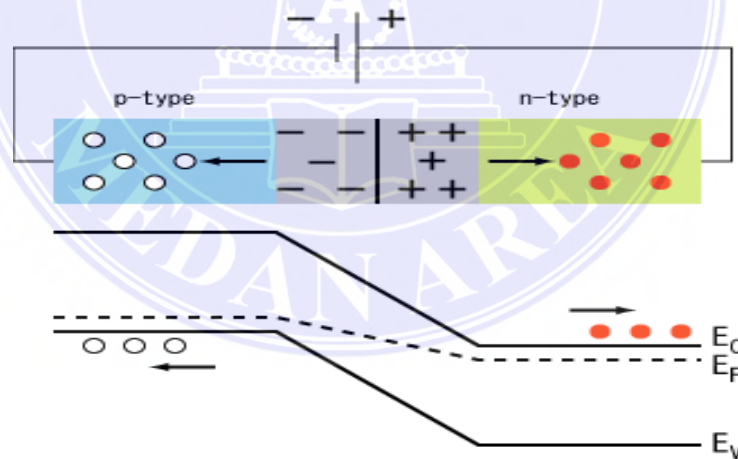
Seperti panel surya mono dan poli konvensional, panel surya fleksibel terbuat dari silikon. Meskipun elektroda rapuh tertanam di panel ini, bentuknya yang lebih tipis memungkinkan fleksibilitas. Panel organik dengan elektroda graphene telah muncul sebagai hasil dari kemajuan teknologi baru-baru ini. Panel Surya Fleksibel lebih mudah beradaptasi dan lentur berkat bahan graphene. Meskipun teknologi graphene masih dalam tahap awal, para peneliti percaya bahwa material tersebut memiliki potensi masa depan yang signifikan.. (pasangpanelsurya,2021)

### **2.1.1 Prinsip Kerja Solar Panel**

Persimpangan p-n, atau persimpangan semikonduktor tipe-p dan tipe-n, adalah cara kerja panel surya konvensional. Elektron adalah komponen fundamental dari ikatan atom semikonduktor ini. Struktur atom semikonduktor tipe-n memiliki kelebihan elektron, atau muatan negatif, sedangkan semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan lubang, atau muatan positif. Doping material dengan atom dopan dapat menyebabkan kondisi ini memiliki terlalu banyak elektron dan lubang. Misalnya, silikon didoping dengan atom boron untuk menghasilkan silikon tipe p, sedangkan silikon didoping dengan atom fosfor untuk menghasilkan silikon tipe n. Pada antarmuka kontak di persimpangan p-n, elektron pada lapisan semikonduktor tipe-n akan berdifusi ke dalam lapisan semikonduktor tipe-p. Batas

semikonduktor tipe-p dikelilingi oleh daerah muatan negatif. Di sisi semikonduktor tipe-n, muatan positif juga dihasilkan di sekitar batas. Area muatan ruang dan medan listrik internal bawaan, yang mengarah dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p, akan dihasilkan dari perilaku difusi muatan ini.

Area muatan ruang juga digambarkan sebagai daerah penipisan, yang pada akhirnya akan menghambat perilaku difusi muatan lebih lanjut pada antarmuka. Pada dasarnya panel surya terdiri atas sambungan p-n yang fungsinya sama dengan diode. Ketika sinar matahari mengenai permukaan pada perangkat panel surya, maka energi dari sinar matahari akan diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian diode p ke n dan selanjutnya akan mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke perangkat panel surya. Bisa dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2 3 efek sambungan fotovoltaiik p-n.

(Sumber: <https://upload.wikimedia.org>)

Ketika dua lapisan semikonduktor ada secara independen, mereka menunjukkan netralitas listrik. Ketika dua lapisan digabungkan bersama dengan kontak dekat, persimpangan p-n akan terbentuk. Pada antarmuka kontak di efek p-n, elektron pada lapisan semikonduktor tipe-n akan berdifusi ke lapisan

semikonduktor tipe-p, Daerah muatan negatif dihasilkan di sekitar batas semikonduktor tipe-p. wilayah muatan positif juga dihasilkan di sekitar batas di sisi semikonduktor tipe-n. Difusi muatan ini akan menghasilkan area muatan ruang, dan membangun medan listrik internal bawaan, dengan arah yang menunjuk dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p. Area muatan ruang juga digambarkan sebagai wilayah penipisan, yang pada akhirnya akan menghambat perilaku difusi muatan lebih lanjut pada antarmuka.

Selanjutnya, keseimbangan antara medan listrik internal yang terpasang dan medan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yang dibentuk oleh efek fotovoltaik menghasilkan arus fotovoltaik yang stabil. Elektron fotovoltaik yang dihasilkan kemudian akan mengalir ke sirkuit eksternal untuk memberi daya pada beban. Setelah bekerja, elektron akhirnya akan kembali ke elektroda yang berlawanan dan bergabung kembali dengan lubang yang dihasilkan di pita valensi. Ini adalah proses yang lengkap dari efek fotovoltaik. (L. Zhao, D. Luo, and R. Zhu, 2018)

#### **2.1.4 Jenis Solar Panel**

Fotovoltaik pada panel surya menghasilkan listrik dari intensitas cahaya; ketika intensitas cahaya berkurang (karena mendung, mendung, atau hujan), demikian juga arus listrik yang dihasilkan. Kategori panel surya berikut biasanya digunakan:

##### **2.1.4.1 Monocrystalline (Mono-Crystalline)**

Di Indonesia, jenis panel surya yang paling banyak digunakan adalah monocrystalline silicon. Panel Surya Silikon Monokristalin memiliki kelebihan, dan ini bukan tanpa alasan. Panel surya semacam ini dibuat dengan mesin dari irisan

tipis silikon. Panel Surya Silikon Monokristalin ini adalah salah satu panel surya yang paling berguna dan efisien karena kelebihanannya. Hal ini disebabkan oleh efisiensi penyerapan yang unggul dari panel surya silikon monokristalin dibandingkan bahan lain untuk sel surya.



Gambar 2 4 Sel Surya *Monocrystalline*

(Sumber: <http://learn4electrical.altervista.org/difference-between-monocrystalline-and-polycrystalline-solar-panels>)

Sel berbasis matahari batu mulia tunggal atau mono diproduksi menggunakan silikon permata tunggal melalui interaksi yang disebut Czochralski, penyempurnaan material diselesaikan dengan siklus kristalisasi. Dalam pengembangan batu mulia tunggal ini memerlukan perawatan yang sah sebagai proses “rekristalisasi”, yang membuat sel berbasis sinar matahari ini lebih mahal dan membutuhkan berbagai macam perawatan seperti obat-obatan. Panel surya *Monocrystalline* ini memiliki efisiensi sampai 14-17%. Kekurangan dari panel surya *Monocrystalline* adalah efisiensinya akan turun pada saat cuaca berawan. (Suwarti, Wahyono, Budhi Prasetyo, 2018)

#### 2.1.4.2 Polycrystalline (Poly-Crystalline)



Gambar 2 5 Sel Surya *Polycrystalline*

(Sumber: <http://learn4electrical.altervista.org/difference-between-monocrystalline-and-polycrystalline-solar-panels>)

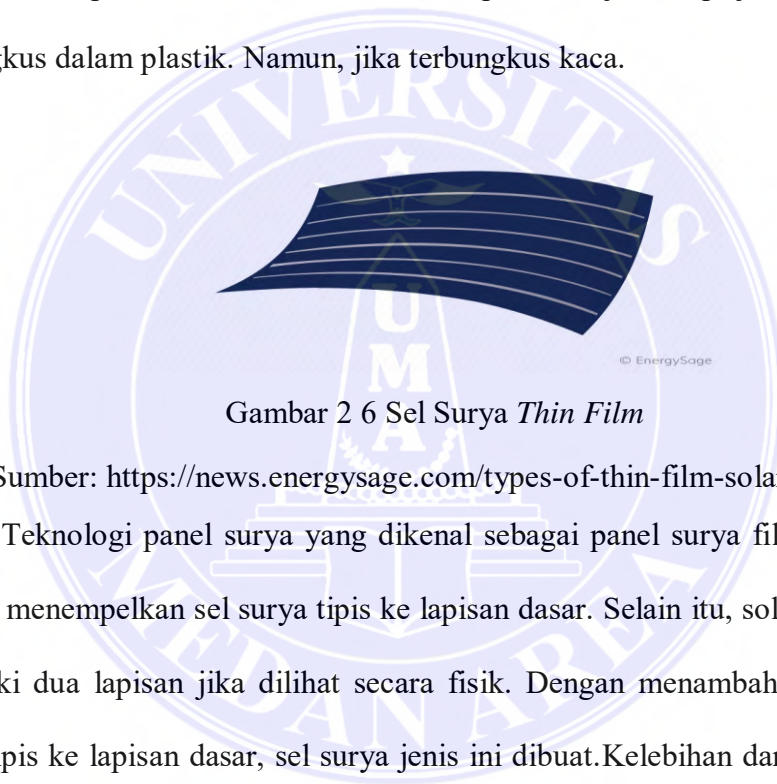
Panel Surya Silikon Polikristalin adalah terobosan dalam teknologi panel surya yang dimungkinkan oleh bahan yang terbuat dari batang silikon yang dilelehkan. Rekomendasi panel surya ini juga menggunakan teknologi panel surya terbaru, artinya panel surya sudah tersusun lebih rapi dan rapat. Selain itu, Panel Surya Silikon Polikristalin ini akan tampak retak, memberikan tampilan yang khas. Mirip dengan kebanyakan panel surya pada umumnya, teknologi panel surya semacam ini juga tidak bekerja dengan baik dalam kondisi mendung atau mendung. Panel surya silikon polikristalin kurang efisien dibandingkan panel surya silikon monokristalin. Oleh karena itu, diperlukan penampang yang lebih besar untuk panel surya yang menggunakan teknologi ini untuk menghasilkan jumlah listrik yang sama.

Sel berbasis matahari silikon *Polycrystalline* atau disebut silicon *Polycrystalline* memiliki susunan kristal acak. Tipe *Polycrystalline* ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *Monocrystalline* untuk menghasilkan daya energi listrik yang sama, akan tetapi kelebihan dari *Polycrystalline* ialah dapat menghasilkan listrik pada saat cuaca berawan. Panel

surya *Polycrystalline* ini memiliki efisiensi berkisar sampai 11,5-14%. (Suwarti, Wahyono, Budhi Prasetyo, 2018)

#### 2.1.4.3 Thin film Solar Cell (TFSC)

Film tipis semikonduktor dipasang pada kaca, plastik, atau logam di panel surya film tipis. Film ini sangat tipis, seringkali dua puluh kali lebih tipis dari wafer silikon kristal. Akibatnya, panel surya film tipis ringan dan fleksibel. Produk mungkin cukup fleksibel untuk dibentuk, seperti menjadi atap, jika sel film tipis terbungkus dalam plastik. Namun, jika terbungkus kaca.



Gambar 2 6 Sel Surya *Thin Film*

(Sumber: <https://news.energysage.com/types-of-thin-film-solar-panels>)

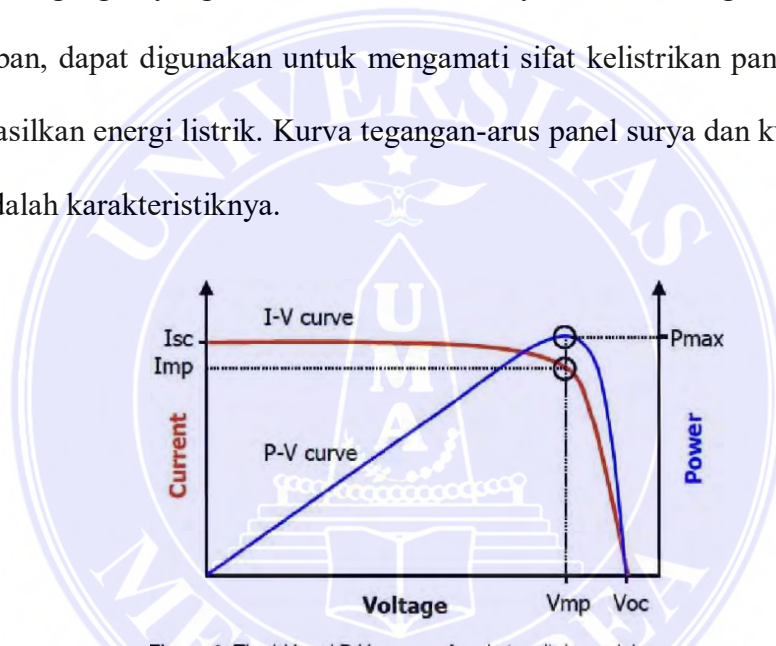
Teknologi panel surya yang dikenal sebagai panel surya film tipis dibuat dengan menempelkan sel surya tipis ke lapisan dasar. Selain itu, solar cell film ini memiliki dua lapisan jika dilihat secara fisik. Dengan menambahkan bahan sel surya tipis ke lapisan dasar, sel surya jenis ini dibuat. Kelebihan dari film tipis ini adalah PV film ramping tiga hub, memiliki kemampuan lebih tinggi ketika daya yang dihasilkan oleh udara teduh 45% lebih tinggi daripada papan lain dengan daya serupa. (Suwarti, Wahyono, Budhi Prasetyo, 2018)

Karena sangat tipis, sel surya jenis ini ringan dan fleksibel. *Thin film photovoltaic* (TFPV) adalah nama lain untuk sel surya jenis ini. Selain itu, sel surya ini dikategorikan menurut bahannya:

- a. *Amorphous Thin-Film Silicon (a-Si) Solar Cells*
- b. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells*
- c. *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells*

#### 2.1.4 Karakteristik Solar Panel

Grafik digunakan untuk memahami karakteristik panel surya karena merupakan instrumen non-linear. Karakteristik sel surya ini, yang didasarkan pada arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya dalam berbagai kondisi cahaya dan beban, dapat digunakan untuk mengamati sifat kelistrikan panel surya untuk menghasilkan energi listrik. Kurva tegangan-arus panel surya dan kurva tegangan-daya adalah karakteristiknya.



Gambar 2.7 Kurva Arus Tegangan Surya Panel

(Sumber: <https://temonsoejadi.id/2020/05/25/parameter-performance-panel-surya>)

Gambar 2.7 menggambarkan kurva I-V, di mana arus menempati sumbu vertikal dan tegangan menempati sumbu horizontal. Kondisi Uji Standar (STC) untuk sebagian besar kurva I-V mencakup panel surya pada 25 derajat Celcius (77 derajat Fahrenheit) dan radiasi 1000 W/m<sup>2</sup>, juga dikenal sebagai satu puncak matahari per jam matahari puncak. STC mewakili kondisi laboratorium yang ideal untuk tujuan informasi. (Yuliananda DKK, 2015)



Kurva I-V terdiri dari beberapa hal yang penting:

1. *Voltage at Maximum Power (Vmp)*

Tegangan di mana output daya terbesar disebut sebagai tegangan pada daya maksimum (Vmp). Tegangan aktual yang ingin Anda lihat saat pengontrol MPPT terhubung dalam kondisi pengujian standar disebut Vmp. Pada akhirnya, Vmp asli bergerak lebih dari satu hari tergantung pada kondisi, suhu, bayangan, residu dan tanah yang menempel pada lapisan luar papan.

2. *Current at Maximum Power (Imp)*

Imp adalah arus dalam amp pada output daya tertinggi. Arus listrik sebenarnya saat terhubung ke pengontrol MPPT dalam mode pengisian massal dalam kondisi pengujian standar adalah Imp. Jumlah sinar bagus yang mengenai panel surya mempengaruhi arus sebenarnya.

3. *Maximum Power Point (Pmax)*

Output daya maksimum panel surya, Pmax, ditentukan dengan mengalikan volt dengan amp untuk mendapatkan watt tertinggi (volt x amp = watt). Selama mode pengisian massal, pengontrol MPPT menyeimbangkan volt dan amp pada input panel untuk memaksimalkan output daya dengan mengukur tegangan panel surya secara berkala pada berbagai beban. Watt panel surya terdaftar sebagai Pmax, Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 (Syukri, Mahdi, dkk, 2010)

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (1)$$

Dimana:

Pmax = Maximum Power Point (W)

$V_{mp}$  = Voltage at Maximum Power (V)

$I_{mp}$  = Current at Maximum Power (A)

#### 4. *Open Circuit Voltage (Voc),*

Kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai ketika tidak ada arus dikenal sebagai tegangan rangkaian terbuka (Voc). Multimeter digunakan untuk mengukur voc melalui kabel yang terpasang pada panel surya. Ini akan menjadi panel Voc 1 + panel Voc 2, dan seterusnya jika dua panel surya atau lebih dihubungkan secara seri. Karena kenaikan matahari yang cepat dan suhu panel surya yang relatif rendah, tegangan puncak biasanya terjadi pada tengah pagi. Tegangan yang diizinkan oleh solar charge controller (SCC) tidak boleh dilampaui oleh nilai Voc+. Sementara beberapa solar charge controller (SCC) akan mati secara otomatis jika tegangan yang diterima melebihi batas, yang lain akan terus berfungsi dengan kemungkinan rusak dan umur yang lebih pendek.. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2. (Syukri, Mahdi, dkk, 2010)

$$V_{OC} = \frac{KT}{q} 1n \left( \frac{I_{SC}}{I_S} + 1 \right) \quad (2)$$

Dimana:

k = konstanta boltzmann (1.30x10<sup>-16</sup>erg)

q = konstanta muatan elektron (1.602x10<sup>-19</sup> C

T = suhu dalam Kelvin

I<sub>s</sub> = Arus saturasi

#### 5. *Short Circuit Current (Isc)*

Arus keluaran maksimum yang dapat dihasilkan panel sel surya ketika tidak ada hambatan atau korsleting dikenal sebagai arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ). Multimeter yang dirancang untuk mengukur amp dapat digunakan untuk mengukur arus dengan melewati tegangan melaluinya (pengukuran ini tidak membahayakan panel surya, tetapi harus berhati-hati untuk menghindari percikan api). +20 persen  $I_{sc}$  adalah arus tertinggi yang dihasilkan panel surya di bawah kondisi pengujian standar dan direkomendasikan untuk menentukan kapasitas penanganan arus yang diperlukan dari pengontrol muatan surya (SCC) yang kompatibel.

Untuk mengetahui Arus hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3. (Syukri, Mahdi, dkk, 2010)

$$I_{SC} = qG(L_n + L_p) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

G = tingkat generasi

$L_n$  = panjang difusi elektron

$L_p$  = panjang difusi hole

### 2.1.5 Daya Listrik Panel Surya

Nilai WP dari setiap panel surya adalah unik. Istilah "Watt-Peak" mengacu pada jumlah maksimum daya listrik yang dapat dihasilkan panel surya. Saat matahari sedang terik, panel surya 100 WP menunjukkan bahwa daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan per jam adalah 100 watt.

daya listrik yang dihasilkan pada panel surya dalam satu hari dihitung dengan menggunakan persamaan (4):

$$P = WP \times n \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

P = Daya yang dihasilkan dalam satu hari (Watt Hour)

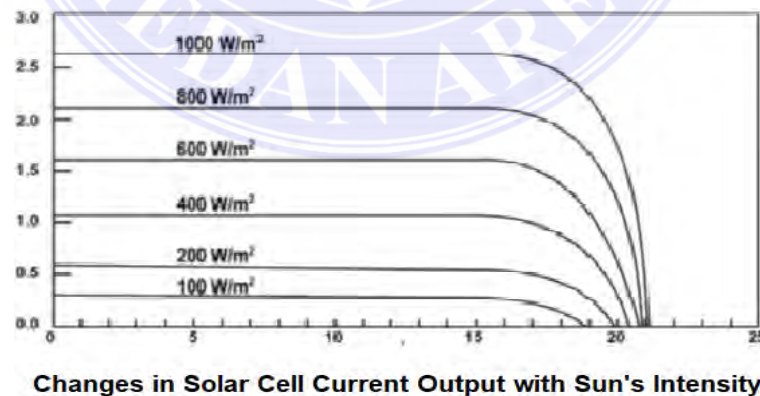
WP = Besar daya listrik tertinggi yang dihasilkan panel surya (Watt Peak)

n = Lama terik matahari menyinari panel surya dalam satu hari

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja panel surya seperti cuaca mendung akan berakibat pada minimnya intensitas cahaya matahari dan suhu yang berpengaruh pada semikonduktor.

### 2.1.6 Faktor Utama Yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya

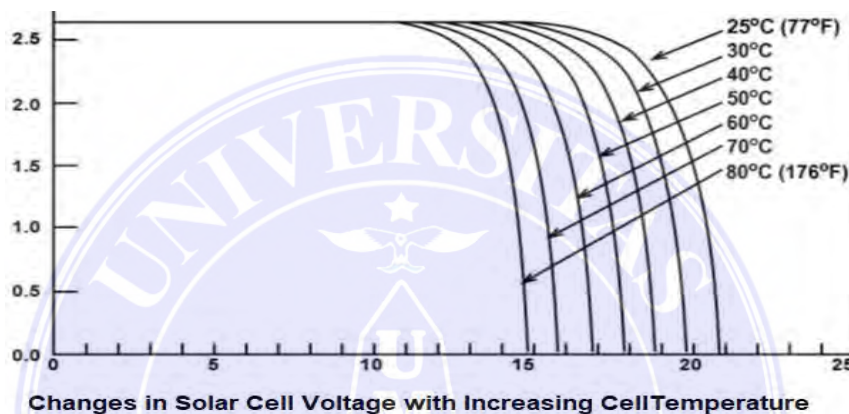
Keluaran arus panel surya sebanding dengan intensitas energi matahari yang dipancarkannya. Cahaya matahari yang lebih intens akan menghasilkan keluaran modul yang lebih besar. Seperti yang ditunjukkan di bawah ini, ketika tingkat sinar matahari turun, bentuk kurva I-V tetap sama, tetapi bergeser ke bawah yang menunjukkan output arus yang lebih rendah. Sedangkan voltase tidak terpengaruh oleh intensitas cahaya matahari. (Solar Energy, 2021)



Gambar 2 8 Grafik Pengaruh Intensitas Cahaya pada Kurva I-V

(Sumber: <https://www.electricalengineeringtoolbox.com/2021/12/factors-affecting-performance-of-solar.html>)

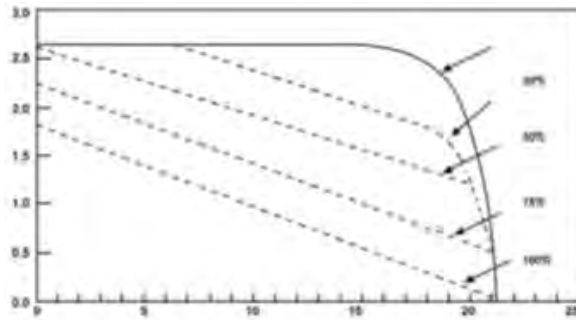
Dalam kondisi pengujian STC, saat suhu sel naik di atas suhu operasi standar 25 derajat C, panel surya beroperasi kurang efisien dan voltase menurun. Seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.9 ini, saat suhu sel naik di atas 25 derajat C (suhu sel, bukan suhu udara sekitar), bentuk kurva I-V tetap sama, tetapi bergeser ke kiri pada suhu sel yang lebih tinggi yang menunjukkan keluaran tegangan yang lebih rendah. (Solar Energy, 2021)



Gambar 2 9 Grafik Pengaruh Suhu Panel pada Kurva I-V

(Sumber: <https://www.electricalengineeringtoolbox.com/2021/12/factors-affecting-performance-of-solar.html>)

Bayangan yang terkena pada Solar Panel juga mempengaruhi output dari Solar Panel. Bahkan naungan sebagian Solar Panel akan menghasilkan pengurangan output yang dramatis. Beberapa modul lebih terpengaruh oleh naungan daripada yang lain. Ilustrasi di bawah ini menunjukkan efek bayangan yang ekstrim pada satu sel modul sel kristal.



**Effect of Shading on Solar Cell Output**

Gambar 2 10 Grafik Pengaruh bayangan Panel pada Kurva I-V

(Sumber: <https://www.electricalengineeringtoolbox.com/2021/12/factors-affecting-performance-of-solar.html>)

Lokasi pada bayangan merupakan bagian yang sangat penting dari evaluasi lokasi. Performa seluruh sistem dapat dikurangi dari efek bayangan tersebut, bahkan bayangan Sebagian mengurangi performa dari Solar Panel. Beberapa produsen menggunakan dioda bypass dalam modul untuk mengurangi efek bayangan dengan memungkinkan arus melewati sel-sel yang diarsir. (Solar Energy, 2021)

## 2.2 *Solar Charger Controller (SCC)*

Overcharging panel surya dan tegangan berlebih dikendalikan oleh *Solar Charger Controller (SCC)*, perangkat elektronik yang mengatur arus searah (DC) yang diisi ke baterai dan ditransfer ke beban. Teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) digunakan dalam *Solar Charger Controller (SCC)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan mengalirkan arus ke beban dari baterai. Fungsi utama SCC adalah untuk melindungi dan mengotomatiskan pengisian baterai guna memaksimalkan kinerja sistem dan memperpanjang masa pakai baterai. Memantau suhu baterai Pengontrol muatan tipikal memiliki satu input (dua terminal) yang

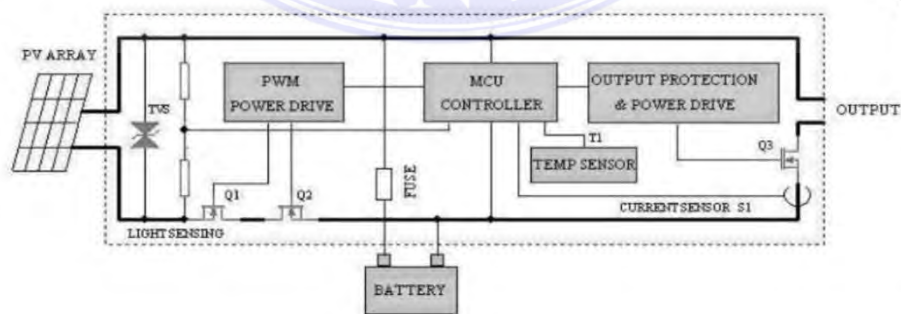
terhubung ke output panel sel surya, satu output (dua terminal) yang terhubung ke baterai atau baterai, dan satu output (dua terminal) yang terhubung ke beban. (Mukhamad Khumaidi Usman,2020)



Gambar 2 11 *Solar Charger Controller (SCC)*

(Sumber: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

Saat mengisi arus, pengontrol yang baik biasanya memiliki kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Arus pengisian panel sel surya akan berhenti secara otomatis saat baterai terisi penuh. Satu input dihubungkan ke panel surya, satu output dihubungkan ke baterai atau akumulator, dan satu output dihubungkan ke beban (beban) di controller. Karena pengontrol memiliki dioda proteksi yang hanya mengalirkan arus listrik dari panel sel surya ke baterai, maka arus listrik dari baterai atau aki tidak dapat dialihkan ke panel sel surya.



Gambar 2 12 Blok Diagram *Solar Charge Controller (SCC)*

(Sumber: <https://solarpanelid.com/controller-pwm-10a-solar-cell-10-ampere-12v-24v.html>)

Penjelasan singkat mengenai blok diagram Solar Charge Controller:

1. MCU Controller

Otak Solar Charge Controller adalah Pengontrol MCU. Mikrokontroler adalah jenis chip yang menyimpan program dan bertindak sebagai pengontrol sirkuit elektronik.

2. PWM Power Drive

Solar Charge Controller menciptakan bentuk listrik gelombang sinus dengan memanfaatkan lebar pulsa listrik hidup dan mati. Saat tegangan baterai naik, jumlah rata-rata arus yang masuk ke baterai berkurang. Hal ini menyebabkan arus pulsa yang sedang diisi ulang secara bertahap menjadi lebih pendek.

3. Reverse Connection Protection Circuit

Arus yang masuk ke baterai dilindungi oleh Reverse Connection Protection Circuit. Pengisian panel sel surya akan berhenti secara otomatis saat baterai terisi penuh.

4. Output Protection & Power Driver

Bagian ini melindungi keluaran dari beban, seperti halnya Rangkaian Perlindungan Koneksi Terbalik. Fungsi pengisian baterai akan berhenti jika arus masuk ke beban; sebaliknya, jika baterai mulai mengisi daya, keluaran tidak dapat mengalir ke beban. Untuk memperpanjang umur baterai, bagian ini juga berfungsi sebagai pemutus jika beban menyedot daya lebih dari kapasitas minimum baterai.

5. Sensor Temperatur



Tujuan dari sensor suhu adalah untuk menentukan suhu solar charge control. Pengontrol harus memantau suhu karena kelebihan daya yang masuk akan mengakibatkan panas. Sensor arus digunakan untuk memantau arus beban. Pengontrol muatan surya memiliki dua mode operasi: mode pengisian daya, di mana panel surya mengisi tegangan dan arus baterai, dan mode operasi, di mana beban menggunakan baterai.

## 6. Sensor Arus

Tegangan baterai akan dipertahankan pada tingkat yang sama dengan tegangan curah selama fase ini. Aliran arus akan berkurang hingga mencapai kapasitas baterai.

Pada saat *charging mode*, umumnya terdapat tiga keadaan selama pengisian yaitu :

### 1. Fase *Bulk*

Arus maksimum dari panel surya dan tegangan curah antara 14,4V dan 14,6V digunakan untuk mengisi daya baterai. Fase penyerapan dimulai ketika kapasitas tegangan baterai sesuai dengan tegangan curah.

### 2. Fase *Absorption*

Tegangan baterai akan dipertahankan pada tingkat yang sama dengan tegangan curah selama fase ini. Aliran arus akan berkurang hingga mencapai kapasitas baterai.

### 3. Fase *Float*

Selama fase ini beban dapat memanfaatkan arus baterai karena tegangan baterai akan tetap konstan pada tegangan float yaitu antara 13,4V dan 13,7V.

Beban dapat menggunakan baterai selama Mode Operasi. Pengontrol akan melepas baterai dari beban jika terjadi kelebihan beban.

### 2.3 Baterai

Sumber energi yang dapat mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik yang dapat digunakan dalam perangkat elektronik dikenal sebagai baterai. Baterai adalah sumber daya untuk hampir setiap perangkat elektronik portabel, termasuk laptop, mainan dengan remote control, dan ponsel. Saat perangkat elektronik kita ditenagai oleh baterai, tidak perlu menghubungkan kabel listrik ke terminal, sehingga mudah dibawa kemana saja. Elektrolit yang bertindak sebagai konduktor, terminal positif (katoda), dan terminal negatif (anoda) membentuk setiap baterai. Arus searah, juga dikenal sebagai arus DC, adalah jenis arus listrik yang keluar dari baterai. Umumnya ada dua jenis baterai utama: baterai primer yang hanya dapat digunakan sekali ("baterai sekali pakai") dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang.



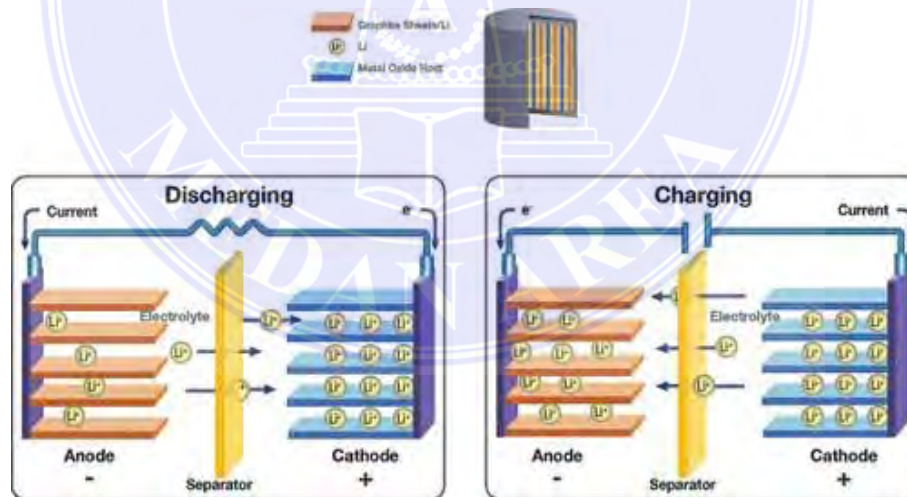
Gambar 2 13 Baterai

(Sumber: <https://pasangpanelsurya.com/jenis-jenis-baterai-plts>)

Salah satu bagian terpenting dari kendaraan bermotor dan PLTS adalah aki atau dikenal juga dengan akumulator. Listrik dapat disimpan dan dipasok oleh baterai. Energi kimia diubah menjadi energi listrik selama proses pengisian, dan energi listrik diubah menjadi energi kimia pada pembuangan. Baterai digunakan sebagai media penyimpan energi karena ketersediaan energi matahari yang terbatas, yang tidak dapat diserap oleh panel surya sepanjang hari.

### 2.3.1 Prinsip Kerja Baterai

Seperti terlihat pada Gambar 2.7, pada saat sel baterai dihubungkan dengan sumber tegangan, elektroda positif (+) akan mengalami oksidasi, atau pelepasan elektron atau ion negatif (-), sedangkan elektroda negatif (-) akan mengalami reduksi, dimana elektroda negatif (-) akan menerima ion positif (+) dari elektrolit. Ini pada dasarnya adalah bagaimana baterai bekerja.



Gambar 2 14 Proses reaksi Elektrokimia saat Charging dan Discharging

(Sumber: <https://museumlistrikpln.com/begini-prinsip-kerja-baterai/>)

Seperti terlihat pada Gambar 2.7, pada saat sel baterai dihubungkan dengan sumber tegangan, elektroda positif (+) akan mengalami oksidasi, atau pelepasan elektron atau ion negatif (-), sedangkan elektroda negatif (-) akan mengalami

reduksi, dimana elektroda negatif (-) akan menerima ion positif (+) dari elektrolit. Ini pada dasarnya adalah bagaimana baterai bekerja.

Saat terhubung ke beban, alih-alih mengisi daya, elektroda negatif (-) akan dilepaskan selama proses pengosongan. Selama proses oksidasi, elektron atau ion negatif (-) akan terlepas dari elektroda negatif (-) sedangkan elektroda positif (+) akan terlepas. reduksi di mana larutan elektrolit melepaskan ion positif (+) dan elektroda positif (+) menerimanya.

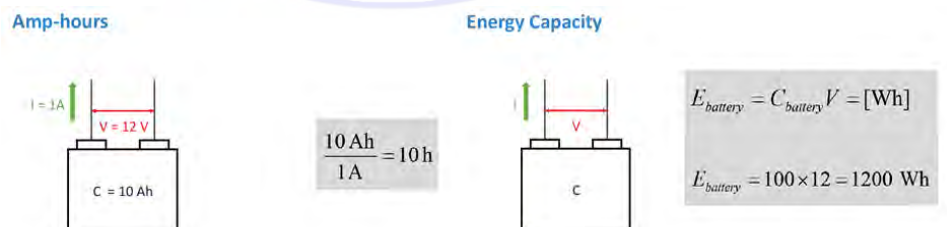
### 2.3.2 Parameter Baterai

Berikut adalah parameter pada baterai :

#### 1. Tegangan Nominal Baterai

Dalam sistem PV, tegangan nominal baterai biasanya 12 volt, 24 volt, atau 48 volt, seperti yang ditunjukkan pada label. Tegangan nyata tidak benar-benar setara dengan nilai ini, tergantung pada batas energi sisa yang sebenarnya terkandung dalam baterai (kondisi pengisian SOC), kondisi pengisian atau kondisi pelepasan.

#### 2. Kapasitas Baterai



Gambar 2 15 Kapasitas Baterai

(Sumber: (Sumber: <https://museumlistrikpln.com/begini-prinsip-kerja-baterai/>)

Jumlah muatan yang dapat disuplai pada voltase baterai nominal disebut sebagai kapasitas baterai, dan diukur dalam ampere atau miliampere (Ah). Jumlah bahan elektroda dan elektrolit dalam baterai secara langsung mempengaruhi kapasitasnya. Walaupun memiliki tegangan nominal yang sama, baterai dengan ukuran fisik yang besar memiliki kapasitas yang besar, begitu pula sebaliknya. Jenis bahan yang digunakan dalam baterai menentukan voltase nominal baterai, sedangkan kapasitas baterai ditentukan oleh volume bahan di dalam baterai. Coulomb adalah satuan lain dari muatan listrik (muatan). 3600 Coulomb sama dengan 1 Ampere-Hour, dan 1 Coulomb sama dengan 1 Ampere-Second. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan kapasitas baterai:

$$C = I \times t$$

Dengan:

C = Kapasitas Baterai (Ah)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu (Jam)

### 3. Siklus hidup (cycle life) baterai

Jumlah pengisian dan pengosongan yang diperlukan baterai untuk mencapai sisa 80% dari kapasitas nominalnya dikenal sebagai siklus masa pakai baterai. Siklus hidup biasanya disertakan dalam spesifikasi teknis baterai oleh pabrikannya. Karena siklus masa pakai baterai juga bergantung pada suhu baterai, mencantumkan nilai masa pakai satu siklus sebenarnya merupakan penyederhanaan informasi yang berlebihan.

Masa pakai baterai diperpanjang pada suhu pengoperasian yang lebih rendah, tetapi pengaruhnya terhadap kapasitas baterai adalah negatif. Kapasitas baterai berkurang saat suhu turun. Ini karena reaksi kimia baterai bergerak lebih cepat dan lebih aktif pada temperatur yang lebih tinggi, sehingga menghasilkan kapasitas yang lebih besar. Meskipun elemen baterai terlalu aktif pada suhu tinggi, yang juga berdampak buruk bagi kesehatan baterai, kapasitas baterai terkadang dapat melebihi nilai nominal pada suhu yang lebih tinggi.

#### 4. Self Discharge

Ketika baterai tidak digunakan untuk jangka waktu tertentu, baterai akan terkuras sendiri. Jumlah energi yang hilang selama self-discharge dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti suhu dan kelembapan di sekitar baterai serta kontak fisik dengan benda lain yang berfungsi sebagai konduktor.

#### 5. Muatan Energi

Energi dari baterai dapat di tentukan dengan persamaan berikut

$$E = \int_{t_0}^t V(t) \times I \times dt \quad Wh$$

Dengan:

V: Voltase/Tegangan (Volt)

I : Arus ketika muatan dilepas (Ampere)

t : Waktu ketika pelepasan muatan (Jam)

### 2.3.3 *State of Charge (SOC)*

Status pengisian atau SoC adalah angka yang menunjukkan kapasitas baterai dalam satuan ampere per jam (Ah), watt jam (Wh), atau persen. Secara

keseluruhan, ada dua teknik, yaitu white box framework dan black box framework. Karena membutuhkan model matematis sel baterai, tegangan sirkuit terbuka (OCV), spektroskopi impedansi, coulombmetric, pembukuan, filter kalman, dan metode pengamat integral diklasifikasikan sebagai sistem kotak putih. Di sisi lain, jaringan syaraf tiruan, logika fuzzy, dan algoritma pembelajaran diklasifikasikan sebagai hitam. sistem kotak karena tidak memerlukan model baterai matematis. (Hlal, M. I., Ramachandaramurthy, 2019)

**STATE OF CHARGE > at rest > no load**

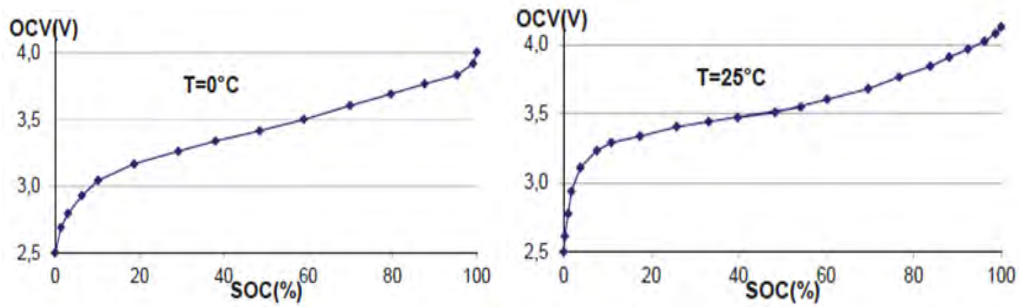
charge	V open circuit 6-V battery	V open circuit 12-V battery	V open circuit 24-V bank	V open circuit 48-V bank	specific gravity per cell
100%	6.37	12.73	25.46	50.92	1.28
90%	6.31	12.62	25.24	50.48	1.26
80%	6.25	12.50	25.00	50.00	1.24
70%	6.19	12.37	24.74	49.48	1.22
60%	6.12	12.24	24.48	48.96	1.20
50%	6.05	12.10	24.20	48.40	1.17
40%	5.98	11.96	23.92	47.84	1.15
30%	5.91	11.81	23.62	47.24	1.12
20%	5.83	11.66	23.32	46.64	1.10
10%	5.75	11.51	23.02	46.04	1.07

Gambar 2 16 Proses SOC dari 100%-0%

(Sumber : <https://modernsurvivalblog.com/alternative-energy/battery-state-of-charge-chart/>).

SOC baterai didefinisikan dalam [1,12,5,6,7,8,9,10] dan dinyatakan dalam persamaan (4) sebagai rasio kapasitas nominal  $Q_{nom}$  dan sisa muatan yang tersedia  $Q(t)$ . Gambar 2-13 menggambarkan ketergantungan OCV pada SOC pada berbagai suhu.

$$SOC(t) = \frac{Q(t)}{Q_{nom}} \dots \dots \dots (4)$$



Gambar 2 17 Ketergantungan OCV pada SOC pada suhu yang berbeda

(Sumber: <https://microtexindia.com/id/pengisian-mengambang/>)

Manajemen baterai sangat bergantung pada estimasi SOC. Metode OCV dan metode perhitungan Coulomb adalah dua pendekatan yang umum. Model SystemC telah digunakan untuk mengimplementasikan kedua pendekatan tersebut.

Perhitungan antara OCV dan SOC merupakan dasar dari metode OVC. Kurva voltase pengisian tidak linier dan bervariasi dengan baterai serta kondisi pengoperasian seperti suhu dan masa pakai baterai. Aliran arus diukur dan diintegrasikan menggunakan metode penghitungan Coulomb dari waktu ke waktu. Persamaan (5) menyatakan bahwa sisa muatan dapat dihitung dengan membagi jumlah tersebut dengan kapasitas baterai sebelumnya.

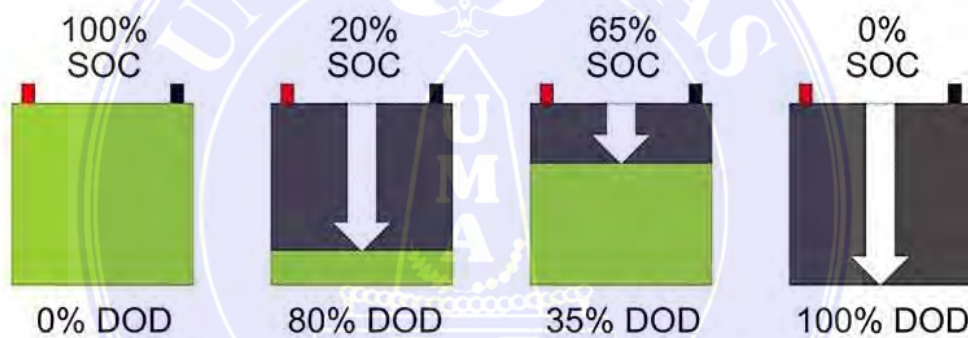
$$SOC(t) = SOC_{(t_0)} - \int_0^t \frac{I(t)}{Q_{nom}} dt \dots\dots\dots(5)$$

Sebagian besar, baterai lithium ion dapat diisi menggunakan voltase konstan (CV), arus konstan (CC), atau voltase konstan dan arus konstan (CCCV). Baterai lithium ion 18650 memiliki tegangan pengisian 4,2 0,005 V dan arus pengisian standar 0,3C-1C, atau 0,3 – 1 kali kapasitas baterai. Tegangan pengisian sesuai dengan karakteristik baterai. Selain itu, ada batas arus maksimum yang ditentukan dalam lembar data baterai untuk prosedur pengosongan, yang memerlukan pemasangan sirkuit proteksi arus berlebih. Perlu diperhatikan parameter tegangan



minimum discharge dan depth of discharge (DOD) karena jika baterai digunakan terus menerus hingga tegangan turun di bawah nilai tegangan minimum, maka dapat mengalami kerusakan permanen.. (Chang, W.-Y.2013).

State of Charge adalah persentase kapasitas baterai yang masih tersedia (tersisa), hingga kapasitas maksimalnya. Di sisi lain, Depth of Discharge adalah persentase kapasitas baterai yang telah habis (dipakai), hingga kapasitas maksimalnya. Contoh: baterai dengan kapasitas 10Ah telah habis (digunakan) 2Ah, artinya SoC=80% dan DoD=20%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.14.



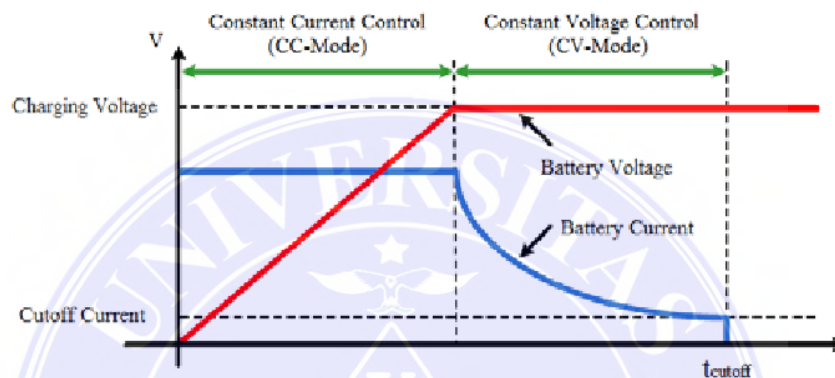
Gambar 2 18 Sistem SOC dan DOD

(Sumber: <https://batteriesonline.co.za/depth-of-discharge-dod>)

### 2.3.4 Constant Current/Constant Voltage

Arus Konstan/Tegangan Konstan, atau CC/CV, adalah teknik pengisian dan pengosongan baterai yang menggabungkan dua teknik pengisian dan pengosongan menjadi satu. Metode arus konstan mengisi baterai hingga kapasitas baterai 80-90 persen. Setelah ketiga baterai mencapai kapasitas 80-90 persen, arus akan mulai berkurang secara eksponensial hingga tegangan mencapai nilai batas, fase yang dikenal sebagai tegangan konstan. Pada awal proses, BMS akan mensuplai baterai

dengan arus konstan, dan tegangan secara bertahap akan meningkat secara linier seiring waktu. Pada baterai litium, metode CC/CV sering digunakan untuk melindunginya dari pengisian berlebih selama proses pengisian dan pengosongan dalam selama proses pengosongan, yang dapat memperpanjang siklus hidup baterai.



Gambar 2 19 Grafik Constant Current/Constant Voltage  
(Sumber: <https://www.researchgate.net/publication/319329845>)

## 2.4 Wattmeter

Watt Meter adalah alat untuk menaksir daya listrik yang pembacaannya dalam satuan watt yang merupakan campuran antara voltmeter dan ammeter. Watt Meter sebenarnya hanyalah kombinasi dari dua alat ukur yang disebut Ammeter dan Volt Meter. Instrumen ini digunakan untuk mengukur secara langsung berapa banyak daya yang digunakan dalam rangkaian listrik. (Togar Timoteus Gultom, 2022)



Gambar 2 20 Wattmeter Digital

(Sumber : <https://suneducationgroup.com>)

Menurut jumlah daya listrik yang tersedia, ada dua jenis daya listrik: daya DC dan daya AC. Daya di DC didefinisikan sebagai

$$P = V \times I$$

dimana :

P = daya (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

## 2.5 Modul Energi DC PZEM-017

Modul pemantauan arus, tegangan, daya, frekuensi, dan energi dengan antarmuka dan port komunikasi RS485 dan protokol Modbus RTU adalah PZEM017. Modul PZEM017 digunakan untuk mengukur daya, tegangan, dan arus pada sistem ini. Data tersebut kemudian diolah dan disimpan pada aplikasi Arduino IDE melalui RS485 saat dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno. (A. F. Haykal,2021)

Modul yang dikenal sebagai PZEM-017 dibuat oleh Peacefair, sebuah perusahaan China yang berspesialisasi dalam produk Metering dan terkenal dengan kualitasnya yang tinggi dengan harga yang terjangkau. Modul ini dapat mengukur daya, energi, tegangan dan arus. Protokol Modbus-RTU, yang digunakan oleh sebagian besar perangkat industri, diintegrasikan ke dalam antarmuka komunikasi

RS485 bawaan pada semua seri PZEM Energy Meter. ( Abdullah Mubarak ‘Aafi, Jamaaluddin Jamaaluddin, Izza Anshory, 2022)



Gambar 2 21 modul energi dc pzem-017

(Sumber: <https://solarduino.com>)

PZEM- 017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300V dan mengukur arus berlebih dengan pemasangan Shunt yang dari 50A sampai 300A. Modul PZEM-017 tidak memiliki display, tetapi modul ini memiliki komunikasi yang menggunakan protocol Modbus-RTU yaitu RS485. Nilai output yang diukur oleh PZEM-017 ini dapat ditampilkan pada komputer dengan menggunakan converter UART to RS485 dengan perangkat lunak yang disediakan (Solarduino, 2020)

## 2.6 Resistor Shunt

Shunt Resistor adalah alat presisi yang berfungsi untuk mengukur arus dalam rangkaian listrik, dan juga dikenal sebagai shunt ammeter, ia bekerja dengan mengukur penurunan voltase pada resistansi.



Gambar 2 22 Resistor Shunt

(Sumber: <https://kyxding888.en.made-in-china.com>)

Resistor shunt adalah perangkat listrik yang memberikan jalan penghalang rendah ke aliran listrik. Arus tinggi dengan resistansi rendah biasanya diukur dengan shunt, juga dikenal sebagai ammeter shunt atau resistor shunt arus. Resistor shunt memanfaatkan penerapan hukum ohm,  $V = I \times R$  atau  $I = V / R$ , di mana  $V$  adalah tegangan,  $I$  adalah arus, dan  $R$  adalah hambatan. Jika oposisi diketahui dan nilai tegangan telah didapat, arus masih di udara. (Abdullah Mubarak ‘Aafi, Jamaaluddin Jamaaluddin, Izza Anshory, 2022)

## 2.7 Module XH-M604

Perangkat XH-M604 adalah komponen yang berguna untuk mengontrol tegangan baterai yang masuk. Dengan mengatur sebuah relai memutuskan tegangan yang berdasarkan tegangan atas dan bawah yang ditentukan.

Baterai yang di sering charge terus menerus, walau kapasitas baterai penuh dengan voltase maksimal. Baterai accu akan lebih cepat rusak. Baterai yang di charger sampai 13.5 V dapat berdampak lebih parah. Usia pakai baterai akan turun mencapai separuh dari usia pemakaian biasa. Disebut baterai stres atau baterai terus dipaksakan untuk menerima power.



Gambar 2 23 Module XH-M604

(Sumber: <https://www.zoodmall.uz>)

Fungsi alat baterai charger control Mengisi baterai ketika baterai mulai kosong, dan berhenti mengisi ketika voltase baterai penuh tercapai. Fungsi pertama untuk menghentikan pengisian baterai, ketika voltase baterai mencapai tingkat tertentu. Tujuannya, untuk menghentikan arus charger yang masuk ke baterai agar tidak overvoltage. Fungsi kedua sebaliknya, ketika voltase baterai turun baik didiamkan atau power baterai digunakan. Setelah voltase turun artinya waktunya untuk mengisi ulang baterai dan controller charger akan aktif mengisi baterai.

Alat dapat mendeteksi voltase baterai dan mengaktifkan relai untuk mengisi baterai kembali. XH-M604 adalah modul kontrol PCB yang digunakan untuk mengisi baterai lithium, asam timbal, nikel-kadmium, nikel-logam hidrida, lithium-ion dan polimer. Modul ini memasang pengisi daya baterai Lithium dengan menggunakan modul pengisi daya ini. Modul juga bisa digunakan untuk panel surya.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan dan Penelitian

##### 3.1.1 Waktu Penelitian

Waktu penelitian yang diperlukan dalam pengerjaan penelitian ini kurang lebih tiga bulan, Hal ini dapat ditunjukkan seperti pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan Penelitian	BULAN											
		AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur												
2	Pengumpulan Alat dan Bahan												
3	Perancangan Alat												
4	Pengumpulan Data												
5	Analisa Data												
6	Penulisan Laporan												

##### 3.1.2 Tempat Penelitian

Perancangan dan pengujian Sistem Monitoring Parameter Flexible Solar Panel Berbasis Matlab dilakukan di:

- Nama Tempat : CV. ANGKASA MOBIE TECH
- Alamat : Jalan Sultan Serdang Dusun II, Sena, Batang Kuis, Deli Serdang, Sumatera Utara

Waktu yang dilakukan pada penelitian ini adalah selama kurang lebih 1-3 bulan, yaitu dari 10 Agustus 2022 – 25 Oktober 2022.

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada perancangan ataupun desain rangkaian alat pada penelitian ini berupa sebagai berikut:

Tabel 3 2 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Unit	Ket
1	Solar Panel Flexible	1 Unit	115 Wp
2.	Wattmeter	1 Unit	0 - 60V, 0 - 100 A
3.	<i>Solar Charger Controller</i> (SCC)	1 Unit	PWM 12 / 24 V 30 A
4.	Baterai	1 Unit	12 VDC 5Ah
5.	R Shunt	1 Unit	300 V, 100 A
6.	Modul Pzem-017	1 Unit	300 V, 100 A
7.	Modul XH-M604	1 Unit	DC 6-60V (max 80V)
9.	Laptop	1 Unit	HP Inc.
10.	Multimeter	1 Unit	Multimeter Ruvo DT-830B

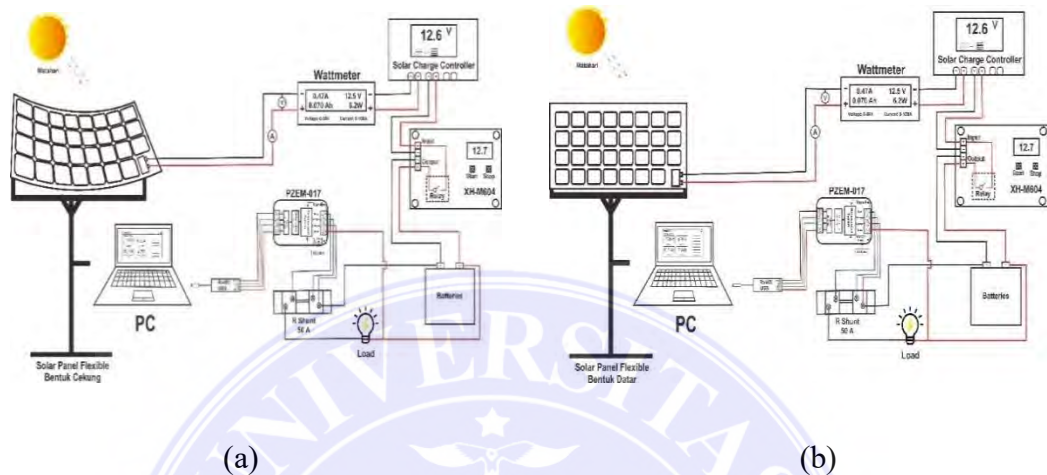
### 3.3 Variabel Penelitian

Tujuan dari pengukuran ini adalah dapat menganalisa seberapa besar daya yang dihasilkan Solar Panel Flexible terhadap berbagai keadaan cuaca cerah dan mengontrol system penyimpanan daya DC yaitu baterai serta dapat menganalisa nilai ekonomis suatu Solar Panel Flexible dimana pada pengukuran ini Solar Panel Flexible dilekukkan dalam bentuk cekung.

Solar Panel yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik yaitu ada 1 Solar Panel Flexible yang mana memiliki kapasitas 115 Wp (*Monocrystalline silicon solar cells*). Untuk komponen lainnya terdiri dari, SCC (*Solar Charger Controller* (SCC)), Wattmeter, Baterai DC 12 V, RShunt 50 A, Modul XH-M604 (Mengontrol Baterai ) Modul PZEM-017 (monitoring Arus DC, Tegangan DC, dan



Daya DC dari Baterai), RS 485 USB, Laptop dan Beban DC. Semua komponen yang digunakan agar dapat saling terhubung dan bekerja sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 3 1 Wiring Diagram Solar Panel Flexible bentuk Cekung (a) dan bentuk Datar (b)

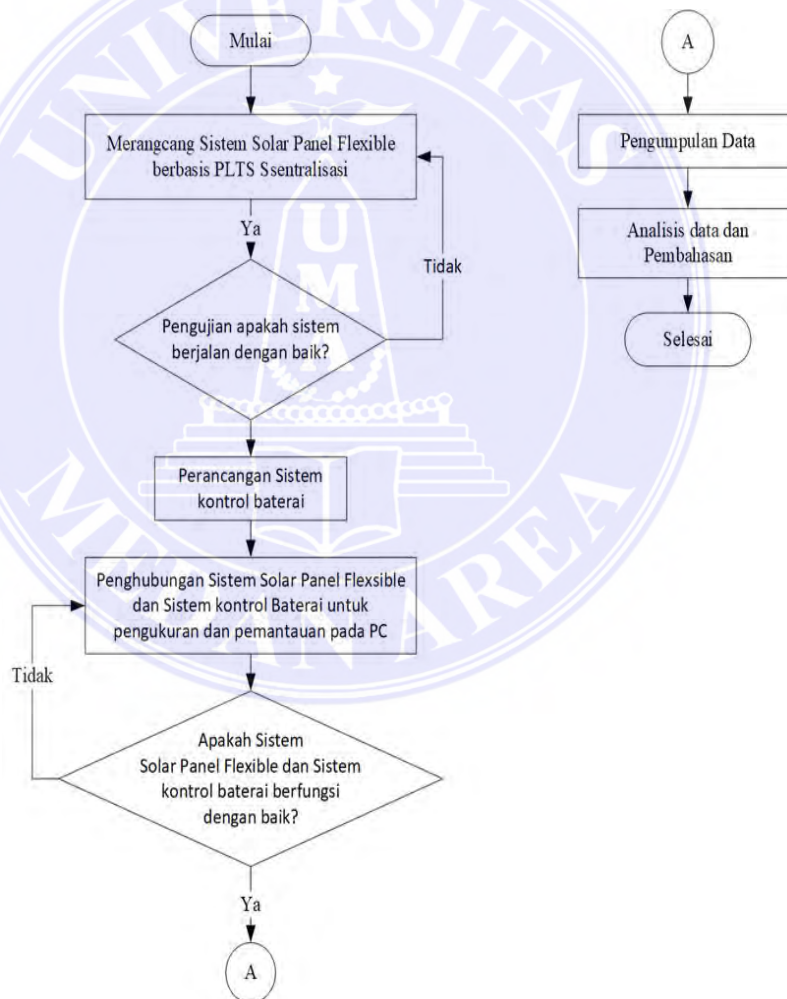
### 3.3.1 Langkah-langkah Penelitian

Untuk mencapai hasil penelitian yang diharapkan, maka peneliti melakukan langkah-langkah kegiatan sebagai berikut :

1. melakukan studi literatur mengenai referensi untuk menunjang Studi Kasus, baik itu jurnal internasional, terindeks nasional, makalah penelitian, buku acuan dan bahan-bahan di internet. Daftar literatur tersebut dapat dilihat pada daftar kepustakaan;
2. Melakukan pengumpulan dan perancangan sistem Konversi Energi Solar Panel Flexible;
3. Merancang sistem pengontrol baterai otomatis menggunakan Modul XH-M604 dan sistem monitoring menggunakan modul PZEM-017;

4. Melakukan pengujian dan pengecekan komponen Sistem Konversi energi Solar Panel Flexible dan Sistem kontrol baterai yang bertujuan untuk melihat apakah komponen berfungsi dengan baik.
5. Melakukan pengambilan data output Sistem Konversi Energi Solar Panel Flexible dan Sistem kontrol Baterai berbasis PLTS Sentralisasi.
6. Melakukan Penganalisisan dan pembahasan
7. Menyusun laporan penelitian.

Langkah-langkah pada penelitian ini dapat di lihat pada gambar 3.4 Berikut.



Gambar 3 2 Flowchart Penelitian

### **3.4 Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini meliputi data monitoring performa photovoltaic flexible seperti arus, tegangan, dan daya solar cell fleksibel. Data kemudian dikumpulkan berupa tegangan DC, arus DC, dan Daya DC dalam bentuk excel dan data tersebut dapat disimpan sebagai data log di memori komputer. Untuk memperoleh informasi sesuai dengan masalah ulasan ini, penulis menggunakan strategi sebagai berikut:

#### **3.4.1 Study Literature**

Penelitian Literatur Pada titik ini, referensi yang diperlukan dikumpulkan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang diperlukan untuk penulisan skripsi ini. Buku, jurnal, artikel, dan website yang berhubungan dengan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi.

#### **3.4.2 Study Observasi**

metode ini adalah dilakukan dengan cara memimpin penelitian dan pengamatan terhadap suatu hal dengan memanfaatkan setiap teknik yang digunakan dalam menentukan pengaruh keadaan dari efek intensitas cahaya matahari terhadap Solar Panel Flexible type monocrystalline ketika dibawah matahari, seberapa daya yang dihasilkan oleh Solar Panel Flexible, serta mengontrol sistem baterai agar tidak overcharging.

#### **3.4.3 Study Dokumentasi**

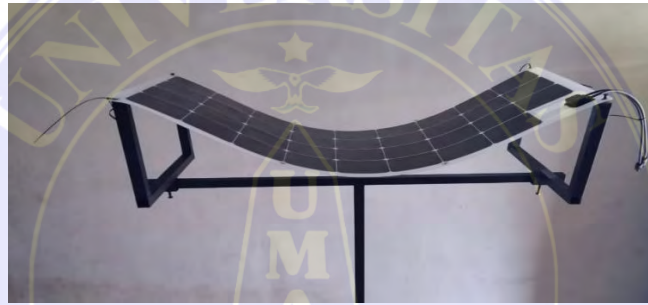
Metode Dokumentasi adalah cara untuk mendapatkan data dan informasi berupa buku, arsip, dokumen, angka tertulis, dan gambar untuk laporan dan informasi lain yang dapat membantu penelitian. Data dikumpulkan dan diperiksa dengan menggunakan dokumentasi.

### 3.5 Peralatan Pengambilan Data

Dalam melakukan pengambilan data terdapat beberapa alat utama yang digunakan untuk mendukung hasil penelitian yang didapatkan. Peralatan tersebut antara lain :

#### 3.5.1 Solar Panel Flexible

Modul surya yang digunakan dalam penelitian ini merek SOL-GO SG SERIES solar dengan Maximum power ( $P_{max}$ ) sebesar 115W. Bentuk Solar Panel Flexible bisa dilihat pada gambar



Gambar 3 3 Solar Panel Flexible

Pada penelitian ini digunakan 1 Unit Solar Panel Flexible SG-Flex-115-SX dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3 3 Spesifikasi Solar Panel Flexible SG-Flex-115-SX

(Sumber: DataSheet)

Characteristics	Specification
<i>Maximum Power <math>P_{max}</math>, <math>\pm 5\%</math> (W)</i>	115 Wp
<i>Maximum Power Density (W/m<sup>2</sup>)</i>	182.2 W/m <sup>2</sup>
<i>Length (mm / inches)</i>	1191 mm / 46.9 Inches
<i>Width (mm / inches)</i>	556 mm / 22 Inches
<i>Height (mm / inches)</i>	18 mm / 0.7 Inches
<i>Laminate Thickness (mm / inches)</i>	3 mm / 0.12 Inches
<i>Weight (kg / lbs)</i>	2.2 Kg / 4.8 Ibs

<b>Characteristics</b>	<b>Specification</b>
<i>Max Power Voltage <math>V_{mpp}</math> (V)</i>	20.5 V
<i>Max Power Current <math>I_{mpp}</math> (A)</i>	5.73 A
<i>Open-circuit Voltage <math>V_{oc}</math> (V)</i>	24.9 V
<i>Short-circuit Current <math>I_{sc}</math> (A)</i>	5.97 A
<i>Normal Operating Cell Temp (<math>^{\circ}C</math>)</i>	45 $^{\circ}C \pm 2$
<i>Operating Temp Range (<math>^{\circ}C</math>)</i>	-40 $^{\circ}C / +85$
<i>Temp Coefficient Power (<math>W/^{\circ}C</math>)</i>	-0.3 $W/^{\circ}C$
<i>Temp Coefficient Voltage (<math>mV/^{\circ}C</math>)</i>	-61 $mV/^{\circ}C$
<i>Temp Coefficient Current (<math>mA/^{\circ}C</math>)</i>	3.5 $mA/^{\circ}C$
<i>Maximum Reverse Current (A)</i>	12 A
<i>Series Fuse Rating (A)</i>	15 A
<i>Nominal Battery System Voltage (V)</i>	12 V
<i>Layout Rows &amp; Columns (Cell No.)</i>	4x9 (35)
<i>Solar Cell Type</i>	Sunpower Maxeon Gen 2 and Gen 3 Prime, premium cosmetics, Gen 2 Prime 23%
<i>Junction Box</i>	UKT PV-JB03D, IP68 rated, 1 bypass diode
<i>Cables &amp; Connectors</i>	Cables 2x4 mm <sup>2</sup> (12 AWG), 0.55m (14 inches) long with PV-C001, MC4 compatible, IP68 connectors
<i>Grommets Size</i>	8 mm (0.31 inch) inside diameter
<i>Grommets Per Panel</i>	8
<i>System Voltage</i>	Suitable for 12V, 24V & 48V battery charging systems - refer to Sol-Go installation manual

### 3.5.2 Wattmeter



Gambar 3 4 Wattmeter

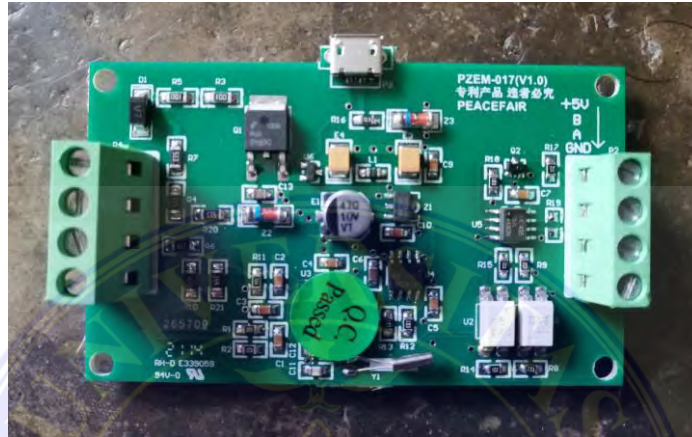
Alat untuk mengukur energi konversi solar panel flexible ialah Wattmeter digital. Alat ini digunakan untuk mengukur dan menganalisa berapa volt, berapa ampere dan daya. Pada penelitian ini digunakan 1 Unit Wattmeter 60 Volt 100 Ampere dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3 4 Spesifikasi Wattmeter  
(Sumber: DataSheet)

Characteristics	Specification
Dimensi Alat ( LxWxD)	8,4cm x 5cm x 2 cm
Tegangan	0 - 60V
Arus	0 - 100 A
Daya	0 - 6554 W
Charge	0-65 Ah
Energy	0-6554 wh
Waktu Pengukuran	2 detik
Tahanan Dalam	0.001 Ohms
Arus untuk Pengoperasian Alat	7 mA
Auxiliary Power Voltage	4.0V - 60V

### 3.5.3 PZEM-017

Untuk memonitoring arus DC, tegangan DC dan daya DC maka diperlukan modul multifungsi yang telah memiliki aplikasi khusus sendiri dinamakan modul Pzem-017. Bentuk Solar Panel Flexible bisa dilihat pada gambar



Gambar 3 5 PZEM-017

Berikut spesifikasi modul PZEM-017 terlihat pada tabel 3.5

Tabel 3 5 Spesifikasi PZEM-017

(Sumber: DataSheet)

Characteristics	Specification
Measurement Range Voltage	0.05-300V (when the test voltage is < 7V, please use the independent power supply mode)
Resolution	0.01V
Measurement Accuracy	1%
Measurement Range Current	0.02-300A (PZEM-017;can be matched with 50,100,300A)
Resolution	0.01A
Measurement Accuracy	1%
Measuring range Power	0.2-90kW(PZEM-017)
Resolution	0.1W
Measurement accuracy	1%
Measuring range Energy Consumption	0-9999kWh

Characteristics	Specification
<i>Resolution</i>	1 Wh
<i>Measurement accuracy</i>	1%

### 3.5.4 Solar Charger Controller (SCC)



Gambar 3 6 Solar Charger Controller (SCC)

Komponen *Solar Charger Controller (SCC) 30A-PWM-LCD* untuk menghubungkan panel yang terhubung satu sama lain baik secara seri maupun paralel - mengingat untuk tidak melebihi nilai arus dan tegangan yang diizinkan pada input perangkat. Berikut spesifikasi *Solar Charger Controller (SCC) 30A-PWM-LCD* terlihat pada tabel 3.6

Tabel 3 6 spesifikasi *Solar Charger Controller (SCC) 30A-PWM-LCD*

(Sumber: DataSheet)

Characteristics	Specification
<i>Regulation Type:</i>	PWM
<i>Rated voltage:</i>	12 / 24 V
<i>Rated current:</i>	30 A



<i>Permitted voltage range:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\leq 23</math> V for 12 V battery - The range of the highest operating voltage of a set of panels connected to one input of the controller</li> <li>• <math>\leq 46</math> V for 24 V battery - The range of the highest operating voltage of a set of panels connected to one input of the controller</li> </ul>
<i>Output voltage:</i>	Equal to the voltage at the battery terminals
<i>Battery charging current:</i>	max. 30 A
<i>Load Current:</i>	max. 10 A
<i>Main features:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x USB power output : 5 V / 2.5 A,</li> <li>• The device is designed to charge only AGM, gel and lead-acid batteries,</li> <li>• LCD display,</li> <li>• LED diodes indicating the device operation status,</li> <li>• Operation modes :                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 24H - the load is powered all the time</li> <li>- 1H ... 23H - the load is powered for the selected number of hours after sunset</li> <li>- 0H - the load is powered from dusk till dawn</li> </ul> </li> </ul>
<i>Weight:</i>	0.13 kg
<i>Dimensions:</i>	134 x 70 x 30 mm

### 3.5.5 Module XH-M604

Sesuai dengan judul yaitu sistem kontrol baterai, maka dilakukan juga pengontrol baterai. Modul pengontrol baterai yang dipakai ialah modul XH-603.



Gambar 3 7 Module XH-M604

Modul berguna untuk mengontrol pengisian daya baterai 6-60V, dapat diatur bebas untuk memulai tegangan pengisian dan menghentikan tegangan pengisian. Berikut spesifikasi Modul XH-M604

Tabel 3 7 Spesifikasi Modul XH-M604

(Sumber: DataSheet)

Characteristics	Specification
<i>Input Voltage</i>	DC 6-60V (max 80V)
<i>Display Accuracy</i>	0.1V
<i>Control Accuracy</i>	0.1V
<i>Output Type</i>	Direct output
<i>Voltage Tolerance</i>	+/- 0.1V
<i>Application Domains</i>	6-60V storage battery
<i>Size</i>	81 * 54 * 18mm

### 3.5.6 Baterai



Gambar 3 8 Baterai GTZ-5S 12V5Ah

Baterai suatu alat yang digunakan untuk menyimpan energi yang diisi oleh aliran arus DC dari solar panel. Ketika matahari tidak ada baterai menjadi penyimpanan untuk menyuplai energi secara terus-menerus dan itu bisa dilakukan kapan saja baik disiang hari maupun malam hari.

### 3.5.7 Multimeter

Untuk mengukur sebuah tegangan dan arus dari Solar Panel Flexible, maka diperlukan pula berupa Multimeter. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus berupa VOC (*Open-circuit Voltage*) dan ISC (*Short-circuit Current*). Berikut Spesifikasi pada alat Multimeter dapat dilihat di tabel.

Tabel 3 8 Spesifikasi Multimeter

(Sumber: Datasheet)

Characteristics	Specification			
	Range	Accuracy	Resolution	Input Impedance
<b>CD800a</b>				
DC Voltage	400m/4/40/400/600V	$\pm (0.7\%+3)$	0.1mV	DCV: 10M~100M $\Omega$
AC Voltage	4/40/400/600V	$\pm (1.6\%+9)$	0.001mV	
DC Ampere	40m/400mA	$\pm (2.2\%+5)$	0.01mA	
AC Ampere	40m/400mA	$\pm (2.8\%+5)$	0.01mA	
Resistance	400/4k/40k/400k/4M/40M $\Omega$	$\pm (1.5\%+5)$	0.1 $\Omega$	
Capacitance	50n/500n/5 $\mu$ /50 $\mu$ /100 $\mu$ F	$\pm (5\%+10)$	0.01nF	ACV: 10M~11M $\Omega$
Frequency	5Hz~100kHz	$\pm (0.5\%+3)$	-	
Scale	20%~80%	$\pm (0.5\%+5)$	-	
Continuity	Buzzer sound and below 10 $\Omega$ and 120 $\Omega$ . Open Voltage: approx 0.4V			
Diode Test	Open Voltage: approx. 1.5V			
Fuse	0.5A/250V 1.5kA 5.2X20mm ceramic			
Batteries	R6PX2			
Size	176mm x 104mm x 46mm			
Weight	340 g			



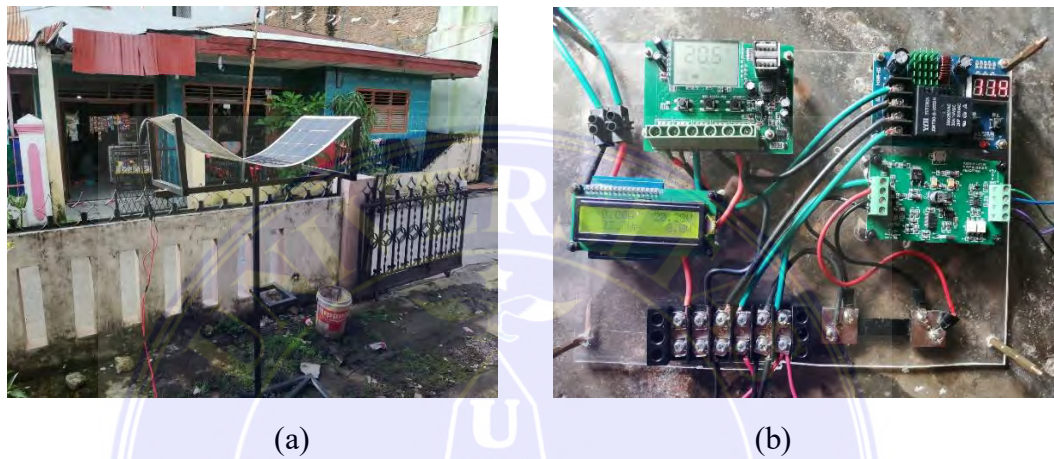
Gambar 3 9 Multimeter SANWA CD800a

### 3.6 Skema pengambilan data

Selama melakukan penelitian maka seluruh perangkat diintegrasikan yang terdiri dari Solar Panel Flexible tipe monocrystalline secara tunggal akan di lekukkan hingga berbentuk cekung kemudia akan dihubungkan ke *Solar Charger Controller* (SCC). Sedangkan komponen-komponen pendukung alat akuisisi data, terdiri dari Wattmeter, SCC sebagai interface tegangan DC, Arus DC, dan Daya DC dari Solar Panel Flexible

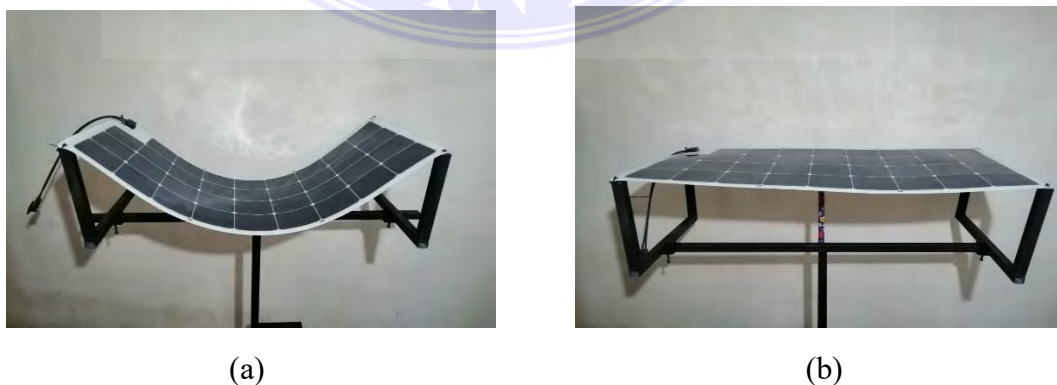
Sedangkan untuk Sistem kontrol Baterai komponen yang akan di pakai yaitu Modul XH-M604, modul PZEM-017 dan laptop Pertama-tama Modul XH-603 akan di hubungkan dahulu dari *Solar Charger Controller* (SCC) sebagai input energi DC kemudian output dari modul XH-M604 dihubungkan ke baterai guna untuk, fungsi dari Modul XH-603 ini ialah guna untuk mengontrol baterai dari Overcharging pada baterai. Kemudian pada Modul PZEM-017, untuk kabel Positif dan negatif dari Input PZEM-017 di jumper ke kabel yang terhubung di modul XH-603. Sedangkan 2 kabel input dari PZEM-017 di hubungkan ke Rshunt 300V50A.

Dan untuk Output dari PZEM=017 yang terdiri dari 5V, GND, A, dan B di sambungkan ke RS485 tipe USB, kemudian di sambungkan ke Personal Computer guna untuk menampilkan hasil tegangan DC, Arus DC, daya DC, dan energi DC pada baterai yang terhubung dari SCC melalui modul XH-603. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada rangkaian pengujian pada gambar 3.9 berikut:



Gambar 3 10 (a) Sistem Konversi Solar Panel (b) sistem Kontrol Baterai

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil kinerja parameter Solar Panel Flexible dalam bentuk cekung dan datar dan pengujian dari sistem kontrol baterai, yang nantinya akan menjadi tolak ukur dalam pengambilan data untuk bisa diolah ketahap-tahap selanjutnya.



Gambar 3 11 Bentuk Solar Panel Flexible

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dari konversi energi Solar panel Flexible dan Sistem Kontrol Baterai berbasis PLTS Sentralisasi didapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian pada Solar Panel Flexible berbasis PLTS Sentralisasi dengan menggunakan dua sisi yaitu sisi cekung dan sisi datar terlihat memiliki perbedaan yang sedikit dikarenakan pada sisi cekung sedikit tertutup dari sisi sebelah pada posisi matahari tertentu sehingga memunculkan sedikit bayangan sisi sebelah, dan cahaya matahari tidak sepenuhnya masuk ke Solar Panel Flexible sehingga daya yang dihasilkan sedikit menurun dibandingkan pada Solar Panel Flexible pada sisi datar yang dimana cahaya matahari lebih terpusat ke Solar Panel Flexible.
2. Pada Sistem pengontrol baterai menggunakan modul pengontrol baterai yaitu XH-M604. Ketika baterai dalam pengisian hingga SOC (*State of Charge*) 100 % (SOC 100% Baterai pada 12V yaitu 13,5V DAN DOD 80% pada baterai 12v yaitu 11,6V), maka secara otomatis tegangan yang dihasilkan dari Solar Panel ke baterai akan diputus oleh modul tersebut, sehingga tegangan dari Solar Panel akan terbuang dan baterai tidak terisi lagi sampai DOD (*Depth of Discharge*) pada baterai tersebut sudah mencapai 80% serta monitoring output penggunaan pada baterai menggunakan modul PZEM-017 dapat ditampilkan di personal computer secara *real time*.

## 5.2 Saran

Saran tugas akhir ini agar dapat dikembangkan menjadi lebih sempurna seperti pemanfaatan sistem Solar Panel Flexible dan Sistem pengontrol pengisian baterai berbasis On grid berskala rumah tangga, serta menambahkan Pengukuran intensitas cahaya matahari, temperatur, arus dan tegangan yang sebaiknya menggunakan data logger guna untuk mengakurasikan dari karakteristik Solar panel flexible terhadap perubahan waktu.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. . Rois, N. Gunawan, and B. Chayun, “Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System ( SPS ) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur,” *Tek. Pomits*, pp. 1–8, 2016.
- Adi Jaya, S. (2021). ID: 03 Studi Masa Pakai Baterai Pada Panel Surya Study of Battery Lifetime in Solar Panels. November 2021, 1–13.
- B. Budiyanto and H. Setiawan, “Analisa Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline,” *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.1.77-86.
- B. H. Purwoto, Jatmiko, M. A. F, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber,” *Emitor*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/6251>.
- Chang, W.-Y. (2013). The State of Charge Estimating Methods for Battery: A Review. ISRN Applied Mathematics, 2013(1), 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/953792>
- Hlal, M. I., Ramachandaramurthy, V. K., Sarhan, A., Pouryekta, A., & Subramaniam, U. (2019). Optimum battery depth of discharge for off-grid solar PV/battery system. *Journal of Energy Storage*, 26(September), 100999. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100999>
- I. A. Abdullah Mubarak ‘Aafi, Jamaaluddin Jamaaluddin, “Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone,” pp. 191–196, 2022.



- Jadav, Krishnarajsinh. (2015). Design a Residential PV Power System with Battery Energy Storage. *International Journal on Advances in Engineering Technology and Science*. 1
- L. Zhao, D. Luo, and R. Zhu, "Flexible Photovoltaic Systems," *Flex. Stretchable Med. Devices*, pp. 105–137, 2018, doi: 10.1002/9783527804856.ch5.
- M. and others Syukri, "129219-ID-perencanaan-pembangkit-listrik-tenaga-su," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 9, no. 2, pp. 77–80, 2010.
- M. I. Hlal, V. K. Ramachandaramurthy, A. Sarhan, A. Pouryekta, and U. Subramaniam, "Optimum battery depth of discharge for off-grid solar PV/battery system," *J. Energy Storage*, vol. 26, no. September, p. 100999, 2019, doi: 10.1016/j.est.2019.100999.
- M. Khumaidi Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya," *J. Polektro J. Power Elektron.*, vol. 9, no. 2, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/powerelektro>
- Pasangpanelsurya (2021), Mengenal Panel Surya Fleksibel, Bisa Ditekuk dan Digulung. Available at: <https://pasangpanelsurya.com/mengenal-panel-surya-fleksibel/> (Accessed: 10 October 2022).
- Pattanaik, P. A., Pilli, N. K., & Singh, S. K. (2016). Design, simulation & performance evaluation of three phase grid connected PV panel. 2015 IEEE Power, Communication and Information Technology Conference, PCITC 2015- Proceedings, 195–200. <https://doi.org/10.1109/PCITC.2015.7438159>
- Pido, R., Himran dan Mahmuddin, S., Pengaruh Pendinginan Sel Surya terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi, A., Urip Sumoharjo No, J., & Makassar, K. (2018). Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi Rifaldo Pido (1) , Syukri Himran (2) dan Mahmuddin (3) (1)

Mahasiswa Program Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia  
(2) (3) Dosen Magister Teknik Mesin Universitas Mus. Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran Dan Efisiensi, Vol. 19 No, 32.

R. Hasrul *et al.*, “Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif,” vol. 5, no. 9, pp. 79–87, 2021.

Solar Energy. (2021) Main Factors Affecting the Performance of Solar Panels. Available at: <https://www.electricalengineeringtoolbox.com/2021/12/factors-affecting-performance-of-solar.html> (Accessed: 20 December 2022).

Solarduino (2020) PZEM-017 DC Energy Meter with Arduino. Available at: <https://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-with-arduino/> (Accessed: 15 May 2022)

Stevens, L. (2021) Modul Antarmuka MAX485 TTL ke RS-485. Available at: <https://protosupplies.com/product/max485-ttl-to-rs-485-interface-module/> (Accessed: 15 May 2022).

T. T. Gultom, S. Immanuel, J. Gatot, S. No, M. Petisah, and K. Medan, “Monitoring Watt Meter Berbasis Arduino,” vol. 4, no. 2, pp. 109–115, 2022.

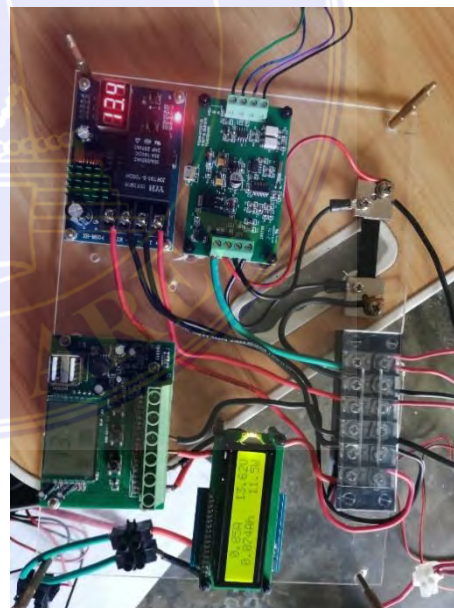
Yuliananda, S., Sarya, G., Teknik, F., & Teknik, F. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. 01(02), 193–202.

Zein Muhamad; Riza Muhida, O. S. P. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pos Batas Security Pt. Gula Putih Mataram Kabupaten Lampung Tengah. Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 9 No.2, April 2022, April.

## DAFTAR LAMPIRAN



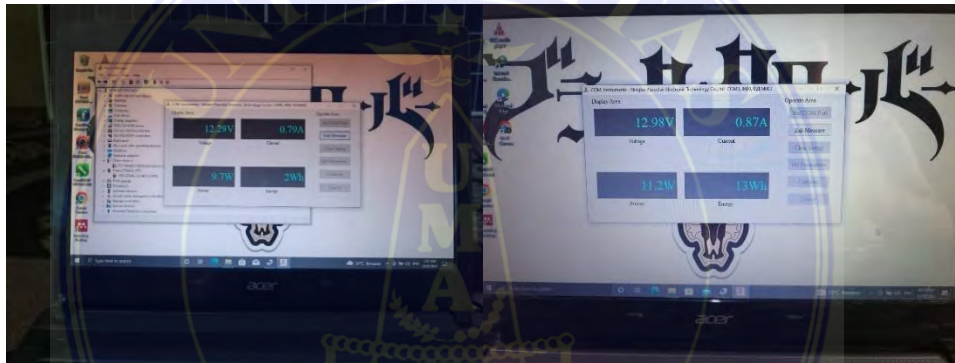
Lampiran 1 Perancangan Sistem Konversi Solar Panel Flexible



Lampiran 2 Perancangan Sistem Kontrol Baterai



Lampiran 3 Proses Pengujian dan Pengukuran



Lampiran 4 Tampilan Monitoring PZEM-017 pada PC



Lampiran 5 Bentuk FPV Cekung dan Datar