

# PERANCANGAN PLTS UNTUK MENDUKUNG ANALISIS SISTEM ENERGI TERBARUKAN DI UNIVERSITAS PANCA MARGA, ANDIK SANTOSO

*by Andik Santoso*

---

**Submission date:** 03-Sep-2023 10:15PM (UTC-0700)

**Submission ID:** 2157376833

**File name:** ENERGI\_TERBARUKAN\_DI\_UNIVERSITAS\_PANCA\_MARGA,\_ANDIK\_SANTOSO.docx (4.45M)

**Word count:** 8629

**Character count:** 53760

**LAPORAN SKRIPSI**

**PERANCANGAN PLTS UNTUK Mendukung Analisis  
Sistem Energi Terbarukan di Universitas Panca  
Marga**



**Oleh :  
ANDIK SANTOSO  
22.543.0072**

**7  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS PANCA MARGA PROBOLINGGO  
2023**

**LAPORAN SKRIPSI**

**PERANCANGAN PLTS UNTUK Mendukung Analisis  
Sistem Energi Terbarukan di Universitas Panca  
Marga**

**7**  
Diajukan kepada  
Universitas Panca Marga Probolinggo  
untuk memenuhi salah satu persyaratan  
dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Elektro

Disusun oleh :  
**ANDIK SANTOSO**  
**22.543.0072**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA**  
**UNIVERSITAS PANCA MARGA PROBOLINGGO**  
**2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

- 4
1. Judul Skripsi : PERANCANGAN PLTS UNTUK  
MENDUKUNG ANALISIS SISTEM  
ENERGI TERBARUKAN DI  
UNIVERSITAS PANCA MARGA
2. Identitas Mahasiswa :
- a. Nama Lengkap : Andik Santoso
- b. NIM : 225430072
- c. Program studi : Teknik Elektro
3. Dosen Pembimbing I :
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Eva Kurnia, S.T., M.Kom
- b. NIDN : 0729038002
4. Dosen Pembimbing II :
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Mas Ahmad Baihaqi S.ST M.T.
- b. NIDN : 0724018803

Telah diperiksa dan disetujui sebagai persyaratan untuk mengikuti **Ujian Sidang Skripsi** pada tanggal \_\_\_\_\_

61  
Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Eva Kurnia, S.T., M.Kom.  
NIDN 0729038002

Mas Ahmad Baihaqi S.ST M.T.  
NIDN 0724018803

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERANCANGAN PLTS UNTUK Mendukung Analisis Sistem Energi Terbarukan di Universitas Panca Marga

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

**ANDIK SANTOSO**

**22.543.0072**

4  
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal : 21 Agustus 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I

Ketua Penguji

**Eva Kurnia, S.T., M.Kom.**

NIDN : 0729038002

**Ahmad Izzuddin, S.T., M.Kom.**

NIDN : 0710108502

Pembimbing II

Anggota Penguji I

**Mas Ahmad Baihaqi S.ST M.T.**

NIDN : 0724018803

**Eva Kurnia, S.T., M.Kom.**

NIDN : 0729038002

Anggota Penguji II

**Andrik Sunyoto, S.T., M.T.**

NIDN : 0729128205

Probolinggo, 21 Agustus 2023

Fakultas Teknik  
Universitas Panca Marga  
Dekan

**Ahmad Izzuddin, S.T., M.Kom.**

NIDN : 0710108502

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : ANDIK SANTOSO

NIM : 225430072

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Fakultas : TEKNIK & INFORMATIKA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan **SKRIPSI** yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan penulisan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Probolinggo, 24 Mei 2023  
Yang membuat pernyataan

Andik Santoso  
NIM : 225430072

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat beserta hidayah-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “PERANCANGAN PLTS UNTUK Mendukung Analisis Sistem Energi Terbarukan di Universitas Panca Marga”.

Pada kesempatan ini dengan rendah hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Ahmad Izzuddin, S.T., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Panca Marga Probolinggo
2. Ibu Nuzul Hikmah, S.T., M.Kom., selaku ketua Program Studi Teknik Elektro
3. Bapak Eva Kurnia, S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing I
4. Bapak Mas Ahmad Baihaqi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II
5. Segenap Dosen Fakultas Teknik Khususnya Dosen Teknik Elektro konsentrasi Energi

Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada orang tua, saudara dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan doa. Mudah-mudahan laporan skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak. Dan penulis berharap saran dan kritikan yang bersifat membangun untuk mencapai kesempurnaan penulisan dan penyusunan karya ilmiah berikutnya.

Probolinggo, 23 Mei 2023

Penulis

**ANDIK SANTOSO**

HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
PURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Studi Literatur .....	5
2.2 Energi Surya .....	7
2.3 47)likasi Energi Surya.....	8
2.4 Struktur Sel Surya.....	11
2.5 Prinsip Kerja Sel Surya.....	12
2.6 Jenis Sel Surya.....	14
2.7 81)ktor Pengoperasian Sel Surya.....	16
2.8 Efisiensi Panel Surya.....	19
2.9 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	20
2.10 Karakteristik Modul <i>Photovoltaic</i> .....	22
2.11 <i>Solar Charge Controller</i> .....	24
2.12 Baterai.....	25
35)3 Inverter.....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Metode Akuisisi Data .....	29
3.2 Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ) .....	29
3.3 Metode Pengolahan Data .....	31
3.4 Desain atau Perancangan Alat .....	31
3.5 Pengumpulan Bahan Dan Alat .....	32
3.6 Pengujian Masing-Masing Bahan.....	32
3.7 Perakita 45)lat .....	32
3.8 Metode Pengambilan Data.....	32
3.9 Pelaporan .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Data Pengujian PLTS .....	35
4.1.1 Data Pengukuran Intensitas Cahaya .....	35



4.1.2	Data Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Keluaran Panel Surya (DC)..	37
4.2	Perhitungan Biaya Pembuatan Alat .....	38
4.3	Perhitungan Kebutuhan PLTS di Laboratorium Bahasa UPM.....	39
4.3.1	Menentukan Total Kebutuhan Daya Laboratorium Bahasa .....	39
4.3.2	Menghitung Jumlah Kebutuhan Modul Surya.....	41
4.3.3	Menghitung Luas Area Efektif yang Diperlukan .....	42
4.3.4	Menghitung Baterai yang Dibutuhkan .....	43
4.3.5	Memilih Inverter Sesuai Daya .....	44
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>46</b>
5.1	Kesimpulan .....	46
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan distribusi radiasi matahari .....	8
Gambar 2.2 Alat Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Pelat Datar .....	10
Gambar 2.3 <i>Junction</i> antara Semikonduktor Tipe-p dan Tipe-n.....	13
Gambar 2.4 Cara kerja sel surya .....	14
Gambar 2.5 Panel Surya <i>Monocrystalline</i> .....	15
Gambar 2.6 Panel Surya <i>Polycrystalline</i> .....	16
Gambar 2.7 Pengaruh Temperatur Udara Pada Tegangan.....	17
Gambar 2.8 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Arus.....	18
Gambar 2.9 Skema kelistrikan <i>On grid</i> .....	21
Gambar 2.10 Skema kelistrikan <i>Off grid</i> .....	22
Gambar 2.11 Kurva karakteristik <i>Photovoltaic (PV)</i> Kondisi Normal .....	23
Gambar 2.12 Kurva karakteristik <i>Photovoltaic (PV)</i> .....	24
Gambar 2.13 <i>Solar Charge Controller</i> .....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 3.2 Desain PLTS .....	31
Gambar 4.1 Schematic Diagram PLTS.....	34
Gambar 4.2 Pengambilan data <i>photovoltaic</i> .....	35
Gambar 4.3 Citra Satelit Daerah Probolinggo .....	40
Gambar 4.4 Gedung Bahasa Universitas Panca Marga .....	43

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Intensitas Cahaya Matahari .....	35
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran <i>Output</i> Panel Surya .....	37
Tabel 4.3 Biaya pembuatan PLTS .....	39
Tabel 4.4 Kebutuhan Daya Labotorium Bahasa per Hari .....	39

# PERANCANGAN PLTS UNTUK Mendukung Analisis Sistem Energi Terbarukan di Universitas Panca Marga

Nama mahasiswa : Andik Santoso  
NIM : 225430072  
Pembimbing I : Eva Kurnia, S.T., M.Kom.  
Pembimbing II : Mas Ahmad Baihaqi S.ST M.T.

## ABSTRAK

Radiasi matahari secara keseluruhan di Indonesia berkisar antara 4,66 hingga 5,34 kilowatt-jam per meter persegi per hari. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah untuk mengoptimalkan potensi energi matahari menjadi sumber energi listrik, terutama di area Universitas Panca Marga. Selain menghitung potensi energi listrik dari alat yang dirancang, penelitian ini juga bertujuan untuk menghitung berapa banyak komponen utama yang digunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai *backup* kebutuhan beban laboratorium bahasa Universitas Panca Marga. Pada penelitian ini akan dibahas perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Mendukung Analisis Sistem Energi Terbarukan di Universitas Panca Marga. Perancangan PLTS ini mampu menghasilkan energi listrik sebesar 1,232 kWh dalam sehari dengan biaya pembuatan Rp 3.977.000. Sedangkan untuk membangkitkan energi 106,61 kW/hari di laboratorium bahasa Universitas Panca Marga dibutuhkan 41 unit panel surya 700 Wp, baterai (*energy storage*) 30 Pcs dengan spesifikasi 12V 600 Ah, dan inverter 2200 kW.

**Kata Kunci** : Energi Terbarukan, PLTS, Perancangan

**DESIGN OF A SOLAR POWER PLANT TO SUPPORT  
RENEWABLE ENERGY SYSTEM ANALYSIS AT PANCA  
MARGA UNIVERSITY**

By : Andik Santoso  
Student Identity Number : 225430072  
Advisor I : Eva Kurnia, S.T., M.Kom.  
Advisor II : Mas Ahmad Baihaqi S.ST M.T.

**ABSTRACT**

*The overall solar radiation in Indonesia ranges from 4.66 to 5.34 kWh/m<sup>2</sup>/day. Therefore, efforts are needed to optimize the solar energy potential into a source of electricity, especially in the area of Universitas Panca Marga. In addition to calculating the potential electricity generation from the designed equipment, this research also aims to determine the required main components of the Solar Power Plant (PLTS) system to serve a backup for the energy needs of the Panca Marga University language laboratory. This study discusses the design of a Solar Power Plant (PLTS) to Support Renewable Energy System Analysis at Panca Marga University. This PLTS design is capable of producing 1.232 kWh of electricity per day with a production cost of Rp 3,977,000. Meanwhile, to generate 106.61 kW/day of energy in the Panca Marga University language laboratory, 41 units of 700 Wp solar panels, 30 pieces of 12V 600 Ah batteries (energy storage), and a 2200 kW inverter are needed.*

**Keywords :** *Renewable Energy, Solar Power Plant (PLTS), Design*

## PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sebagai negara yang terdiri dari pulau-pulau dan terletak di sepanjang garis khatulistiwa, Indonesia memiliki peluang besar dalam memanfaatkan paparan sinar matahari yang luar biasa sepanjang tahun sebagai sumber energi terbarukan. Perlu ditingkatkan upaya pengembangan energi matahari ini untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil sebagai sumber energi utamanya. Potensi pemanfaatan energi matahari sebagai salah satu sumber energi terbarukan masih bisa lebih dioptimalkan untuk meningkatkan persentase elektrifikasi. Informasi yang dipaparkan oleh Dewan Energi Nasional (DEN) Indonesia menunjukkan bahwa potensi energi surya di Indonesia cukup luas dan tetap stabil sepanjang tahun. Energi surya memiliki dua bentuk pemanfaatan, yaitu sebagai solar thermal untuk keperluan pemanasan dan solar photovoltaic untuk pembangkitan energi listrik. Hampir seluruh wilayah di Indonesia memiliki peluang untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan potensi rata-rata daya mencapai 4 kWh/m<sup>2</sup> (Bayu & Windarta, 2021).

Dengan mengacu pada Universitas Panca Marga sebagai lembaga pendidikan dan penelitian, peran universitas dalam mengembangkan dan menerapkan teknologi energi terbarukan sangat penting. PLTS merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang memiliki potensi besar dan dapat diimplementasikan di lingkungan kampus Universitas Panca Marga. Penelitian ini

berfokus pada kebutuhan energi listrik di Laboratorium Bahasa Universitas Panca Marga, yang meliputi lampu, AC, speaker, proyektor, printer dan komputer.

Untuk mendukung analisis sistem energi terbarukan di Universitas Panca Marga, penelitian ini menggunakan 2 modul fotovoltaik berjenis *polycrystalline* dan *monocrystalline* dengan total kapasitas 200WP. Penelitian ini mencakup perancangan dan pengujian modul fotovoltaik, membandingkan keluaran sensor DC (PZEM017 50A) dengan keluaran sensor AC (ACREL ADL200), serta menghitung biaya pembuatan PLTS. Dengan membandingkan dan menghitung data keluaran sensor dari sistem yang dirancang, diharapkan dapat mengetahui komponen apa saja yang diperlukan jika sistem ini diterapkan pada Laboratorium Bahasa di lingkungan Universitas Panca Marga.

<sup>75</sup> Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami potensi dan aplikasi energi surya sebagai sumber energi terbarukan di lingkungan kampus serta berkontribusi pada pengembangan solusi berkelanjutan untuk kebutuhan energi di Universitas Panca Marga.

## 1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana merancang <sup>5</sup> sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 200Wp di Universitas Panca Marga?
2. Bagaimana mengukur dan menganalisis produktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dirancang dalam menghasilkan energi listrik?
3. Bagaimana spesifikasi dan berapa banyak jumlah komponen utama yang diperlukan untuk merancang <sup>31</sup> sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(PLTS) yang dapat mendukung *backup* kebutuhan beban laboratorium bahasa Universitas Panca Marga?

### 1.3 Tujuan

1. Merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 200Wp di Universitas Panca Marga.
2. Mengukur dan menganalisis produktivitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dirancang dalam menghasilkan energi listrik.
3. Mengetahui spesifikasi dan jumlah komponen utama yang diperlukan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat mendukung *backup* kebutuhan beban laboratorium bahasa Universitas Panca Marga.

### 1.4 Batasan Masalah

Dari pembahasan diatas peneliti menentukan batasan masalah, adapun batasan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Alat ini dirancang hanya sebagai media pembelajaran di Universitas Panca Marga.
2. Data yang dianalisa merupakan data yang didapatkan dari hasil pengukuran, dan perhitungan.
3. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada musim kemarau.
4. Alat ini tidak melakukan penyesuaian sudut solar panel terhadap matahari.



5. Penentuan jumlah dan spesifikasi komponen untuk penerapan di Universitas Panca Marga didasarkan pada kebutuhan beban di Laboratorium Bahasa Universitas Panca Marga.
6. Penelitian ini berlangsung di lingkungan Universitas Panca Marga dengan memperhitungkan faktor-faktor lingkungan dan kondisi cuaca yang ada di kampus tersebut.

40

1.5

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan energi terbarukan dengan merancang dan mengimplementasikan sistem PLTS. Dengan memanfaatkan sumber energi matahari, penelitian ini mendorong penggunaan sumber daya yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.
2. Penelitian ini dapat menjadi sumber pembelajaran dan penelitian lanjutan bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti di bidang energi terbarukan dan teknologi PLTS.
3. Dengan merancang sistem PLTS sebagai sumber daya cadangan, Universitas Panca Marga dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional selama periode pemadaman listrik atau beban puncak. Ini berpotensi menghemat biaya operasional dan energi, serta mengurangi dampak lingkungan.

## KAJIAN PUSTAKA

## 2.1 Studi Literatur

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh WanQuan dan rekan-rekan pada tahun 2020 dengan judul "<sup>23</sup>*Analysis of Electrical Characteristics and Performance of Poly-Crystalline Solar PV Module by I-V Tester Under Temperature and Solar Irradiance Variation in Spring Season*", dijelaskan bahwa Performa panel fotovoltaik (PV) tenaga surya secara utama bergantung pada dua elemen lingkungan, yakni temperatur dan radiasi matahari. Elemen-elemen ini mempengaruhi parameter-output PV seperti daya puncak, arus hubung singkat, serta tegangan sirkuit terbuka. Studi ini menginvestigasi perilaku karakteristik elektrik panel PV *polycrystalline* dalam menghadapi variasi suhu dan radiasi surya pada musim semi. Pendekatan ini dilakukan melalui eksperimen dan hasilnya diverifikasi melalui simulasi dengan perangkat lunak Matlab. Hasil eksperimen diperbandingkan dengan hasil simulasi dan mengindikasikan bahwa output listrik modul mengalami perubahan seiring variasi suhu dan radiasi surya. Kedua faktor ini memengaruhi performa modul PV selama musim semi dan output-nya menjadi lebih efisien karena variasi suhu permukaan yang menguntungkan dan radiasi surya yang mengenai modul selama puncak aktivitas di siang hari (WanQuan dkk., 2020).

Penelitian lain yang dilakukan oleh Abu Syed dan rekan-rekannya pada tahun 2019 dengan judul "<sup>42</sup>*Outdoor Performance Study of Poly and Mono Crystalline Photovoltaic Modules under Varying Environmental Conditions*"

mengeksplorasi pengaruh kondisi lingkungan terhadap kinerja panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Studi ini melibatkan pengukuran kinerja luar ruangan dari kedua jenis modul *photovoltaic* dengan memperhatikan beberapa parameter seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan panel surya berhubungan dengan nilai arus hubung singkat, dengan suhu yang lebih tinggi menghasilkan nilai arus hubung singkat yang lebih tinggi. Kelembaban juga mempengaruhi kinerja, dan terdapat perbedaan dalam kinerja antara panel surya *polycrystalline* dan *monocrystalline*. Modul *polycrystalline* menunjukkan nilai arus hubung singkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan modul *monocrystalline* selama periode penelitian. Dengan demikian, kedua penelitian ini menyajikan informasi penting mengenai efisiensi dan kinerja panel *photovoltaic* dalam lingkungan yang berbeda, serta menyoroti peran penting dari pemahaman tentang cacat dan kondisi lingkungan untuk memaksimalkan penggunaan energi terbarukan secara efisien (Tanjil dkk., 2019).

Sebuah penelitian lain dilaksanakan oleh Hidayat F dan timnya pada tahun 2019 dengan judul "Analisis Prestasi Sistem PLTS 1000 Wp di Itenas Bandung". Sejak awal tahun 2018, Institut Teknologi Nasional Bandung (Itenas) telah menerapkan pembangunan instalasi PLTS berkapasitas 1000 Wp yang terhubung dengan jaringan listrik umum. Studi ini menjalankan pengukuran terhadap variabel utama pada modul fotovoltaik dalam instalasi PLTS di Institut Teknologi Nasional Bandung. Pengukuran dilaksanakan selama enam hari dari tanggal 15 sampai 20 Juli 2017, antara jam 08:00 hingga 15:00 WIB (dengan waktu operasi selama 7 jam), mempertimbangkan lama penyinaran matahari efektif sekitar 5 jam/hari di

wilayah Indonesia. Hasil pengukuran variabel utama dari modul PV kemudian digunakan untuk menghitung performa instalasi PLTS serta total produksi energi dari instalasi tersebut (Hidayat dkk., 2019).

## <sup>49</sup> 2.2 Energi Surya

Energi surya sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang menjanjikan dapat mengatasi masalah energi global secara ramah lingkungan. Ketersediaan energi matahari di permukaan tanah menjadi salah satu faktor pertimbangan dalam menerapkan sistem energi matahari di suatu wilayah (Afif & Martin, 2022).

<sup>14</sup> Energi surya di Indonesia mempunyai potensi sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Radiasi matahari di Indonesia memiliki durasi sekitar 4 hingga 5 jam setiap harinya. Energi dari sumber matahari di suatu wilayah dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut (Diantari dkk., 2018) :

$$E = I \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dalam persamaan di atas,

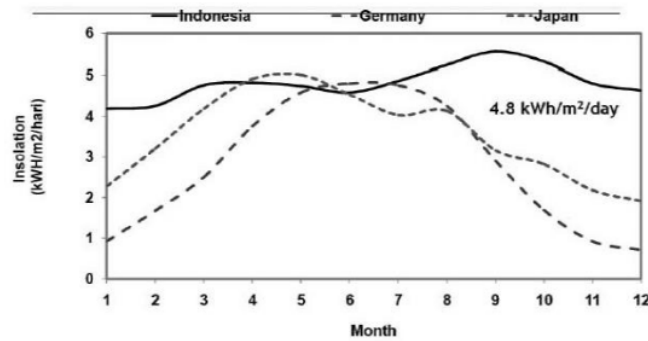
E = Jumlah energi matahari (Watt)

I = Rata-rata intensitas radiasi matahari (Watt per meter persegi)

A = Luas area yang terkena radiasi (meter persegi)

Perbandingan distribusi radiasi matahari di Indonesia menunjukkan kestabilan distribusinya setiap bulannya dibandingkan dengan beberapa negara seperti Jerman dan Jepang (Afif & Martin, 2022). Kondisi ini dipengaruhi oleh

Indonesia yang memiliki iklim tropis dan letak geografis di garis khatulistiwa. Hal ini menegaskan potensi yang menjanjikan dari energi surya di Indonesia. Sebagaimana tergambar pada ilustrasi berikut.



**Gambar 2.1 Perbandingan distribusi radiasi matahari dengan berbagai negara (Afif & Martin, 2022)**

### 2.3 Aplikasi Energi Surya

Energi adalah kebutuhan mendasar bagi keseharian manusia, digunakan dalam berbagai aktivitas rumah tangga maupun perindustrian. Energi memiliki peran yang mendukung dalam aktivitas perekonomian dan berfungsi sebagai sarana dalam mencapai tujuan di bidang sosial, ekonomi, dan lingkungan. Namun, semakin lama, penggunaan energi mengalami peningkatan sementara energi fosil semakin berkurang. Oleh karena itu, diperlukan suatu energi alternatif sebagai solusinya. Salah satu contoh energi alternatif yang tidak terbatas dan dapat diperbaharui disini adalah energi surya (Raja dkk., 2022). Berikut beberapa aplikasi energi surya :

1. Termal Surya untuk Memanaskan Air

Kota Pontianak terletak di garis Khatulistiwa pada garis lintang  $0^0$ , yang membuatnya menjadi daerah bersuhu udara tinggi dan terpapar sinar matahari sekitar 10-15 jam per hari. Kondisi ini memungkinkan energi matahari menjadi sumber energi alternatif untuk memanaskan air.

Pemanas air tenaga matahari berfungsi untuk memproduksi air panas dengan memanfaatkan matahari untuk mencapai temperatur tertentu. Alat ini dilengkapi dengan kolektor surya yang berfungsi mengabsorpsi dan mengumpulkan sinar matahari yang kemudian mengonversikannya menjadi energi termal untuk memanaskan air yang mengalir pada pipa kolektor. Radiasi panas yang diserap oleh kolektor surya kemudian disalurkan melalui penutup kolektor yang transparan dan dirubah menjadi panas pada pelat absorber kolektor surya.

Pengembangan desain pemanas air tenaga matahari dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip mekanika fluida, yang mempertimbangkan perpindahan panas melalui prinsip radiasi, konduksi, dan konveksi. Sumber energi utama dalam memanaskan air berasal dari radiasi matahari. Demi mengoptimalkan penyerapan energi oleh kolektor surya, sejumlah metode bisa diimplementasikan. Salah satunya adalah dengan memperluas area penyerapan pada permukaan kolektor surya serta memilih bahan dengan konduktivitas termal yang sesuai. Selain itu, memvariasikan sudut kemiringan kolektor surya juga dapat meningkatkan penyerapan radiasi sinar matahari dan meningkatkan efisiensi kolektor.

Berdasarkan penelitian Raja dan rekan-rekannya yang dilakukan di tahun 2022, alat pemanas air tenaga surya tipe pelat datar berhasil diciptakan seperti pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Alat Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Pelat Datar (Raja dkk., 2022)

**Keterangan:**

1. Termometer Termokopel
2. *Flowmeter*
3. Tangki
4. Rangka
5. Kolektor surya
6. Pipa tembaga

Kolektor surya dilengkapi dengan pelat penyerap, pipa *absorber*, isolator serta kaca penutup yang bersifat transparan dan tembus cahaya. Cara kerja dari alat Pemanas Air Tenaga Surya dimulai dengan menggunakan pompa untuk mengalirkan air dari tangki ke kolektor surya dengan aliran air yang telah ditentukan. Air yang berada dalam kolektor dinaikkan suhunya oleh sinar matahari

dan kemudian disirkulasikan menuju tangki kembali. Proses ini berkelanjutan sehingga pasokan air panas terus berjalan.

## 2. Energi Matahari Untuk Produksi Listrik.

Pemanfaatan sumber energi terbarukan melibatkan penggunaan radiasi matahari sebagai sumber energi melalui penggunaan sel surya dengan tujuan <sup>50</sup> mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada cahaya matahari terdapat foton atau partikel energi matahari kemudian dirubah ke energi listrik melalui penggunaan sel surya. Efisiensi kerja dari sel surya tergantung pada jumlah cahaya matahari yang diserap. Pada kondisi cuaca berawan dan berkabut dapat mempengaruhi seberapa banyak energi sinar matahari yang bisa diabsorpsi oleh sel surya dan bisa mengakibatkan penurunan kinerjanya (Hayati, 2021).

### 2.4 Struktur Sel Surya

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, panel surya mengalami perkembangan yang signifikan. Struktur komponen dari panel surya menggunakan bahan silikon seperti berikut ini :

#### 1. Substrat

Substrat merupakan bahan dasar yang membentuk landasan bagi semua komponen dalam panel surya, dan memiliki kemampuan konduksi yang baik. Bahan ini juga berperan sebagai penghubung termal yang positif dalam panel surya. Bahan yang sering digunakan untuk substrat adalah logam, seperti molybdenum atau aluminium.

#### 2. Material Semikonduktor



Bahan semikonduktor menjadi inti dari panel surya, dengan lapisan tipis yang berperan dalam menyerap cahaya matahari. Bagian ini melibatkan *junction*, yaitu penggabungan dari material semikonduktor yang membentuk p-n *junction*. Selain substrat yang bertindak sebagai kontak positif, bahan semikonduktor ini umumnya dilapisi dengan material logam transparan pada permukaannya untuk bertindak sebagai kontak negatif, dan dikenal sebagai *contact grid*.

### 3. Lapisan Anti Reflektif

Lapisan anti reflektif yaitu lapisan material <sup>66</sup> tipis dengan indeks refraktif optik yang berada pada bahan semikonduktor dan udara. Lapisan ini berfungsi untuk mengurangi pemantulan cahaya, sehingga cahaya dapat lebih optimal diserap oleh semikonduktor.

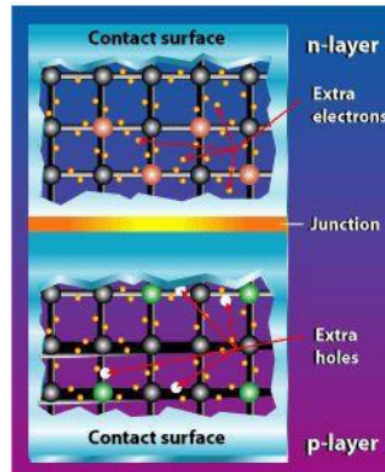
### 4. Enkapsulasi

Enkapsulasi memiliki peran penting dalam melindungi modul surya dari dampak kotoran dan air hujan. Selain itu, struktur ini juga memfasilitasi proses pembersihan panel surya dengan lebih mudah.

## 2.5 Prinsip Kerja Sel Surya

Energi cahaya matahari diubah menjadi listrik dalam <sup>1</sup> sel surya melalui prinsip p-n *junction*, titik pertemuan dua jenis <sup>3</sup> semikonduktor: tipe-p dan tipe-n. Struktur semikonduktor ini dibentuk oleh ikatan atom yang melibatkan elektron sebagai komponen intinya. Tipe-n kelebihan elektron (muatan negatif), sementara tipe-p memiliki kekurangan elektron yang menghasilkan "hole" (muatan positif). Keadaan kelebihan dan kekurangan electron ini bisa dicapai dengan menambahkan

"doping" pada material menggunakan atom dopan tertentu. Contohnya untuk memperoleh semikonduktor silikon tipe-p, silikon diberi *doping* atom boron, sementara untuk memperoleh semikonduktor silikon tipe-n, silikon diberi *doping* dengan atom fosfor. Gambar di bawah ini mengilustrasikan p-n *junction* pada semikonduktor tipe-p dan tipe-n. (Hardani, 2020).

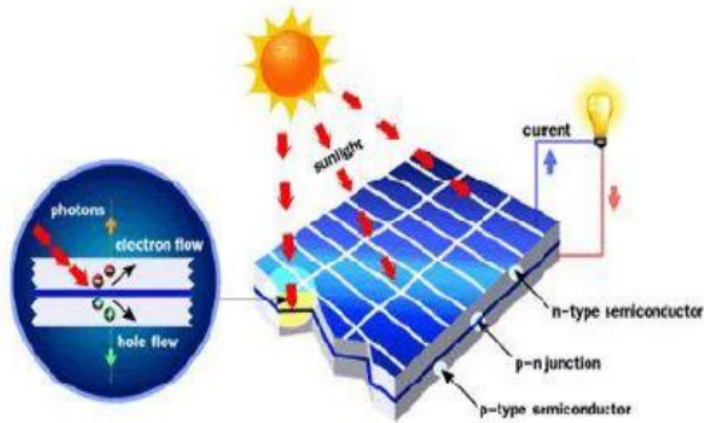


**Gambar 2.3 Junction antara Semikonduktor Tipe-p dan Tipe-n (Hardani, 2020)**

*P-n junction* dapat menghasilkan medan listrik, kemudian arus listrik dihasilkan oleh bahan kontak yang membuat elektron dan *hole* memungkinkan untuk diarahkan. Saat dua semikonduktor disatukan (tipe-n dan tipe-p), elektron berlebih dari semikonduktor tipe-n akan berpindah menuju semikonduktor tipe-p, Hasil perpindahan elektron dan *hole* ini kemudian membentuk medan listrik.

Ketika cahaya matahari menyinari struktur *p-n junction* ini, medan listrik mendorong gerakan elektron ke kontak negatif, dan arus listrik pun tercipta. Sementara itu, hole bergerak ke arah kontak positif, menunggu kedatangan elektron

untuk mengisi kekosongan tersebut, seperti yang dijelaskan dalam gambar <sup>1</sup> berikut ini.



**Gambar 2.4 Cara kerja sel surya (Hardani, 2020)**

## 2.6 Jenis Sel Surya

Terdapat dua jenis sel surya, yaitu sebagai berikut :

### 1. Sel Surya *Monocrystalline*

Merupakan panel surya dengan efisiensi tertinggi yang didapat dengan menggunakan teknologi terbaru. Sel monocrystalline dipergunakan khusus untuk lokasi-lokasi yang membutuhkan konsumsi listrik besar, terutama di daerah-daerah dengan iklim ekstrim dan kondisi alam yang sangat keras. Efisiensi sel monocrystalline berkisar antara 16 hingga 19%. Namun, panel jenis ini memiliki kelemahan yaitu tidak beroperasi dengan baik di tempat-tempat yang memiliki cahaya matahari yang kurang (seperti area teduh), serta efisiensinya akan mengalami penurunan drastis dalam kondisi cuaca berawan (Purwoto dkk., 2018).



24

**Gambar 2.5 Panel Surya *Monocrystalline***

## 2. Sel Surya *Polycrystalline*

Pembuatan *solar panel polycrystalline* lebih sederhana dibandingkan dengan *monocrystalline*, dengan demikian harganya lebih terjangkau di pasaran. Jenis solar panel *polycrystalline* dapat menyerap energi dengan baik dalam kondisi cuaca mendung atau berawan. Namun, kekurangan dari solar panel jenis *polycrystalline* adalah efisiensi yang lebih rendah, yaitu sekitar 13% hingga 17% (Fadilla dkk., 2020).



24

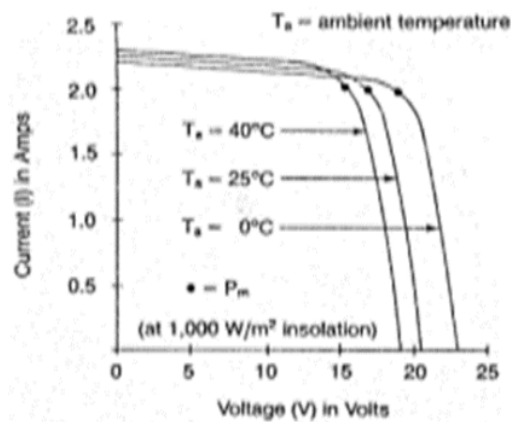
**Gambar 2.6 Panel Surya Polycrystalline**

## 2.7 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Untuk mencapai nilai maksimum dalam pengoperasian sel surya, faktor-faktor berikut perlu diperhatikan:

### 1. Air Temperature

Penting untuk menjaga suhu sel surya tetap dalam kondisi normal, yakni sekitar 25°C. Jika suhu sel surya melebihi nilai normal, hal ini dapat menyebabkan pelemahan tegangan sirkuit terbuka (Voc). Setiap kenaikan suhu sel surya sebesar 1°C di atas 25°C dapat menyebabkan pengurangan 0,4% total daya yang dikeluarkan atau secara keseluruhan setiap kenaikan suhu sel surya sebesar 10°C dapat mengakibatkan penurunan kinerja sel surya sekitar dua kali lipat.

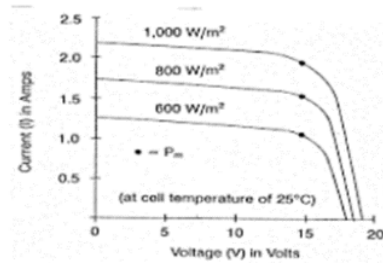


**Gambar 2.7 Pengaruh Temperatur Udara Pada Tegangan (Hardani, 2020)**

## 2. Radiasi Matahari (*Insolation*)

Radiasi matahari atau insolasi di berbagai lokasi bumi bervariasi tergantung pada kondisi iklim dan spektrum sinar matahari yang mencapai permukaan bumi. Tingkat radiasi matahari akan memiliki pengaruh besar pada arus ( $I$ ) yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan pengaruhnya terhadap tegangan ( $V$ ) relatif lebih kecil.

Dengan kata lain, tingkat radiasi matahari yang tinggi akan menyebabkan sel surya menghasilkan arus yang lebih besar, sementara tegangan yang dihasilkan hanya sedikit dipengaruhi oleh radiasi matahari. Faktor ini perlu diperhatikan karena ketika sel surya berada di tempat dengan tingkat radiasi matahari rendah, daya yang dihasilkan juga akan berkurang meskipun tegangan masih relatif stabil. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai maksimum dari sel surya, penting untuk memperhatikan tingkat radiasi matahari di lokasi pengoperasian.



**Gambar 2.8 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Arus (Hardani, 2020)**

### 3. Kecepatan Angin Bertiup

Ketika angin bertiup, udara sejuk dapat membawa panas dari permukaan sel surya, sehingga mencegah sel surya dari kelebihan panas yang dapat mengurangi efisiensi mereka. Namun, perlu diingat bahwa tingginya kecepatan angin juga bisa menimbulkan kerusakan sel surya, jadi perhatikan batas aman untuk kecepatan angin.

### 4. Kondisi Atmosfer Bumi

Mendung, berawan, kabut, jumlah partikel debu, polusi, uap air dan asap akan berpengaruh pada produksi listrik maksimum dari deretan sel surya. Kondisi-kondisi ini dapat memblokir sebagian radiasi matahari yang mencapai sel surya, mengurangi jumlah cahaya yang diserap, dan akibatnya, mengurangi arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya.

### 5. Orientasi Panel

Orientasi dan sudut dari rangkaian sel surya terhadap matahari sangat penting untuk mencapai produksi energi maksimum. Rangkaian sel surya sebaiknya

diorientasikan secara optimal menghadap matahari agar mendapatkan sinar matahari yang maksimum sepanjang hari. Di lokasi dengan belahan utara latitude, penempatan sel surya sebaiknya menghadap ke arah selatan agar dapat menyerap sinar matahari secara optimal. Orientasi ke arah timur atau barat dapat mengurangi jumlah sinar matahari yang diterima oleh sel surya.

## 29 6. Posisi Sel Surya terhadap Matahari

Penting untuk memastikan sinar matahari tiba secara vertikal pada permukaan panel surya. Ketika sinar matahari datang secara tegak lurus, intensitasnya mencapai nilai maksimum sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$  atau  $1\text{kW/m}^2$ , yang akan menghasilkan energi maksimum pada sel surya. Posisi sel surya yang optimal terhadap matahari memungkinkan penyerapan sinar matahari yang lebih efisien dan meningkatkan produksi listrik dari sel surya tersebut.

### 2.8 Efisiensi Panel Surya

Perhitungan efisiensi panel surya didapatkan melalui pembagian antara daya *output* maksimum ( $P_m$ ) oleh *input* cahaya ( $E$ ) dan luas permukaan sel surya ( $A_c$ ) seperti yang tercantum dalam persamaan (2.2) (Rumbayan, 2020).

$$\eta = P_m / (E \times A_c) \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$\eta$  : Maksimum Efisiensi (%)

$P_m$  : Keluaran daya maksimal (Watt) <sup>48</sup>

$E$  : *Incident Radiation Flux* ( $\text{W/m}^2$ )

$A_c$  : *Area of Collector* ( $\text{m}^2$ )



Pada umumnya, efisiensi panel surya berkisar antara 20-30%. Ini berarti hanya sekitar 20-30% energi cahaya yang diterima panel surya yang dapat diubah menjadi daya listrik. Sisanya, sekitar 70-80%, dipantulkan kembali ke lingkungan.

## 2.9 <sup>37</sup> Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan sistem pembangkitan listrik yang memanfaatkan cahaya matahari dengan mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan dapat langsung dipergunakan untuk berbagai keperluan atau disimpan dalam baterai untuk penggunaan di masa yang akan datang (Rumbayan, 2020).

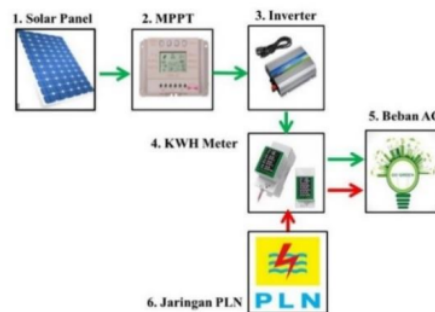
PLTS dibedakan menjadi dua jenis yaitu terintegrasi atau *On-grid* dan independen atau *Off-grid*.

### 1. PLTS *On grid*

Energi keluaran modul fotovoltaik diubah menjadi listrik AC dan dialirkan ke perangkat listrik AC seperti yang ada di rumah atau kantor. Yang membedakan sistem PLTS jenis *On-grid* ini adalah koneksi langsung dengan jaringan distribusi listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara), dengan demikian, energi yang dihasilkan dapat dialirkan ke jaringan listrik milik PLN, dan dalam situasi di mana produksi energi listrik melebihi kebutuhan, kelebihan energi tersebut bisa diekspor kembali ke jaringan listrik PLN. Inverter sangat penting dalam sistem ini karena berfungsi untuk mendeteksi gangguan dan mengontrol tegangan apabila terjadi perubahan tegangan pada beban dan sumber.

Keuntungan dari sistem PLTS jenis *On-grid* adalah dapat memanfaatkan

dan mengalirkan energi listrik langsung ke jaringan distribusi PLN, sehingga tidak memerlukan penyimpanan energi dalam baterai. Komponen-komponen kelistrikan dalam sistem PLTS *On-grid* meliputi sel surya, inverter, panel distribusi, relay, MCB (Miniature Circuit Breaker), kabel penghantar, dan beban. Skema kelistrikan sistem PLTS *On-grid* bisa diamati dalam ilustrasi gambar 2.9 (Nugroho dkk., 2022).



**Gambar 2.9 Skema kelistrikan *On grid***  
(Nugroho dkk., 2022)

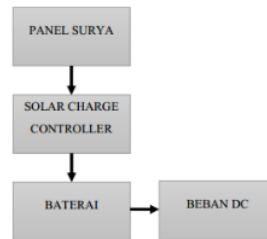
## 2. <sup>6</sup> PLTS *Off Grid*

Sistem *off-grid* yaitu sistem pembangkit listrik yang beroperasi secara independen dan tidak terhubung dengan jaringan listrik milik Perusahaan Listrik Negara (PLN). Selama siang hari, panel surya akan menghasilkan listrik secara langsung untuk memenuhi kebutuhan daya yang diperlukan. Selain itu, kelebihan energi listrik dipergunakan untuk pengisian baterai. Pada malam hari atau saat cahaya matahari tidak mencukupi, baterai akan menyuplai listrik ke beban.

Keuntungan dari sistem *Off-grid* adalah kemampuannya untuk menyediakan listrik setiap saat karena memiliki baterai sebagai penyimpan energi. Sistem ini lebih mandiri dan tidak memerlukan koneksi dengan jaringan distribusi

listrik PLN. Selain itu, pemasangan sistem ini tidak memerlukan izin khusus dari PLN karena tidak ada koneksi langsung dengan jaringan listrik PLN.

Komponen-komponen kelistrikan dalam sistem *Off-grid* meliputi sel surya, <sup>68</sup> *solar charge controller* (SCC), baterai, relay, *Miniature Circuit Breaker* (MCB), kabel penghantar, dan beban. Skema kelistrikan *Off-grid* dapat dilihat pada gambar 2.10. Dengan menggunakan sistem *Off-grid*, rumah atau tempat lain yang terpencil atau sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN tetap dapat memiliki pasokan listrik yang handal.



**Gambar 2.10** Skema kelistrikan *Off Grid* (Nugroho dkk., 2022)

## 2.10 Karakteristik Modul *Photovoltaic*

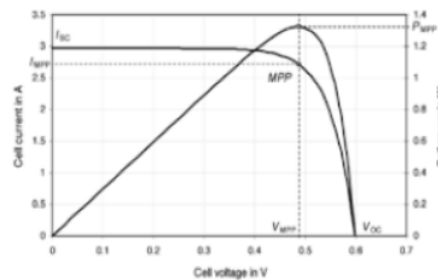
Daya yang dibangkitkan panel surya dipengaruhi oleh kapasitas panel surya dalam menghasilkan tegangan dan arus saat berbeban. Hal ini tergambarkan pada karakteristik kurva (I-V) dan (P-V) seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 2.11. Kurva I-V menggambarkan kondisi operasi normal dari panel surya. (Wirsuyana dkk., 2022).

<sup>29</sup> Pada kurva I-V, terdapat tiga poin penting yang perlu diperhatikan:

- <sup>29</sup> Titik Daya Maksimum (Maximum Power Point,  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ ): Ini adalah titik operasional di mana panel surya menghasilkan daya maksimum saat

beroperasi. Pada titik ini, nilai tegangan ( $V_{mp}$ ) dan arus ( $I_{mp}$ ) mencapai nilai maksimum.

2. <sup>83</sup> Tegangan Sirkuit Terbuka (*Open Circuit Voltage*,  $V_{oc}$ ): Ini merujuk pada nilai <sup>88</sup> tegangan maksimum yang dapat diperoleh oleh panel surya ketika arusnya tidak mengalir ( $I=0$ ).
3. Arus Korsuit (*Short Circuit Current*,  $I_{sc}$ ): Ini merujuk <sup>84</sup> pada arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya ketika tegangan pada panel adalah nol ( $V=0$ ).

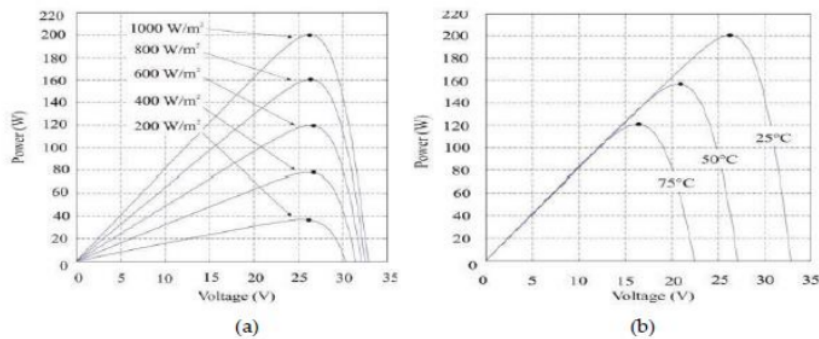


**Gambar 2.11 Kurva karakteristik *Photovoltaic* (PV) Kondisi Normal (Wirsuyana dkk., 2022)**

Selain itu terdapat beberapa faktor lain yang berperan dalam mempengaruhi besarnya tegangan keluaran panel surya, seperti kondisi temperatur sekitar dan kuatnya radiasi matahari. <sup>1</sup> Intensitas cahaya matahari pada permukaan panel surya mempengaruhi arus output. Intensitas cahaya matahari berbanding lurus dengan arus output sel surya. Radiasi matahari yang tinggi memang memiliki dampak yang signifikan terhadap daya yang dibangkitkan dari panel surya. Pada saat intensitas cahaya matahari semakin tinggi cenderung membuat daya keluaran panel surya mendekati nilai maksimalnya.

Selain itu, temperatur sel surya juga mempengaruhi kinerja panel surya. Panel surya beroperasi secara optimal pada temperatur sekitar 25°C. Ketika suhu naik melebihi 25°C, tegangan output ( $V_{oc}$ ) panel surya akan melemah. Setiap kenaikan suhu sebesar 1°C di atas suhu referensi 25°C akan menyebabkan penurunan hingga 0,4% dari total dayanya. Penurunan ini akan mengalami peningkatan yang berlipat ganda setiap kenaikan temperatur sebesar 10°C.

Grafik pada Gambar 2.12a dan 2.12b memperlihatkan perbandingan kurva karakteristik dari panel surya pada berbagai nilai iradiasi matahari dan suhu yang berbeda, dan mempengaruhi energi yang diproduksi oleh panel surya.



**Gambar 2.12 Kurva karakteristik *Photovoltaic* (PV)**  
 2.12 (a) iradiasi berbeda 2.12 (b) temperatur berbeda (Wirsuyana dkk., 2022)

## 2.11 <sup>55</sup> *Solar Charge Controller*

*Solar Charge Controller* merupakan perangkat yang berfungsi mengontrol aliran listrik yang masuk dan keluar dari baterai pada sistem PLTS. Fungsinya adalah untuk melindungi baterai dari *overcharging* (pengisian berlebihan) dan *over discharge* (pemakaian berlebihan), yang bisa mempersingkat masa pakai baterai (Priajana dkk., 2020).

*Solar Charge Controller* pada Gambar 2.13 mengaplikasikan *Pulse Width Modulation* (PWM) dalam proses pengaturan penambahan daya baterai dan penyediaan aliran listrik ke perangkat. Teknologi PWM proses pengaturan arus masuk pada baterai dengan cara mengontrol lebar pulsa sinyal listrik yang diberikan ke baterai. Dengan cara ini, *Solar Charge Controller* dapat menjaga agar tegangan baterai tetap stabil dan mencegah terjadinya overcharging yang dapat merusak baterai. Selain itu, ketika daya baterai digunakan untuk menyuplai beban, *Solar Charge Controller* juga mengatur pelepasan arus dengan tepat, sehingga mencegah over discharge yang dapat merusak baterai. Dengan adanya *Solar Charge Controller*, baterai pada sistem PLTS dapat dijaga dalam kondisi yang optimal, sehingga umur baterai dapat diperpanjang dan performa sistem PLTS tetap maksimal.



**Gambar 2.13** *Solar Charge Controller*

## 2.12 <sup>74</sup> Baterai

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baterai memiliki peran krusial dalam menyimpan daya lebih dari panel surya saat beban listrik rendah, serta memberikan suplai daya ke beban ketika energi dari panel surya tidak

mencukupi. <sup>59</sup> Kapasitas baterai diukur dalam satuan Ampere-Jam (Ah). Sedangkan daya tampung baterai (Ah) <sup>90</sup> dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Daya tampung baterai (Ah)} = E_k / (V \times \text{PF}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dalam rumus tersebut, kebutuhan energi beban ( $E_k$ ) adalah total energi yang dibutuhkan oleh perangkat, tegangan baterai ( $V$ ) adalah tegangan baterai yang digunakan, umumnya 12 volt, dan faktor daya (PF) adalah faktor yang digunakan untuk menghitung daya aktif yang dikonsumsi oleh beban, biasanya memiliki nilai sekitar 0,90.

Selain itu, dalam penggunaan baterai, *Depth of Discharge* (DOD) mengacu pada sejauh mana baterai di-*discharge* sebelum diisi ulang. Secara umum, baterai *deep cycle* dapat digunakan hingga tingkat DOD sekitar setengah dari kapasitas totalnya. Oleh karena itu, ketika menghitung nilai Ah (Ampere-hour) dari baterai, nilai tersebut sebaiknya dikalikan dengan faktor 2 (Prayogo, 2019). Dengan demikian, kapasitas baterai dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kapasitas Baterai} = 2 \times \text{Ah yang diperlukan} \dots \dots \dots (2.4)$$

### 2.13 Inverter

PLTS memerlukan inverter untuk mengonversi tenaga <sup>8</sup> listrik DC dari panel surya menjadi tenaga listrik AC yang diperlukan untuk menyediakan daya kepada perangkat yang memerlukan listrik AC. Terdapat dua jenis konfigurasi umum dalam PLTS, yaitu sistem yang beroperasi secara independen (mandiri/*isolated*) dan <sup>34</sup> sistem yang terhubung ke jaringan (*grid-connected*).

Dalam sistem PLTS yang beroperasi secara *independen* tanpa koneksi ke

jaringan listrik (*isolated/mandiri*), inverter tipe *stand-alone (off-grid inverter)* digunakan. Inverter ini berfungsi secara *independen* dan tidak terhubung dengan jaringan listrik milik Perusahaan Listrik Negara (PLN). Daya listrik yang dihasilkan oleh inverter sesuai dengan permintaan daya oleh beban peralatan berbasis arus bolak-balik (AC). Sistem PLTS yang beroperasi secara mandiri umumnya dilengkapi dengan baterai yang memiliki fungsi menyimpan kelebihan daya saat kebutuhan beban rendah dan juga bisa memberikan suplai daya tambahan bersamaan dengan *output* daya dari panel surya ketika beban listrik memerlukan daya yang lebih <sup>8</sup> tinggi.

Pada sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik PLN, digunakan inverter tipe *on-grid*. Inverter ini memiliki kemampuan untuk disinkronkan dengan jaringan dan memungkinkan daya yang dihasilkannya dapat disalurkan ke jaringan PLN. Daya output dari inverter *on-grid* tidak bergantung pada beban yang terhubung, melainkan sesuai dengan daya yang dikeluarkan panel surya saat itu. Inverter jenis *on-grid* umumnya dilengkapi dengan modul pelacakan titik daya maksimum (MPPT) untuk memastikan produksi daya maksimal sejalan dengan potensi radiasi matahari pada waktu tertentu. Inverter jenis ini tidak membutuhkan baterai dan kompensasi fluktuasi daya dari sumber matahari dan beban diatur oleh jaringan PLN.

Ada juga inverter jenis *on/off-grid tie inverter* yang merupakan gabungan dari kedua jenis inverter sebelumnya. Inverter ini bisa sebagai inverter *off-grid* maupun *on-grid*. Ketika pasokan listrik dari jaringan PLN tersedia, inverter jenis ini akan berperan sebagai inverter *on-grid* dan dapat mengurangi konsumsi listrik



dari PLN dengan mengalirkan daya ke dalam jaringan. Namun, ketika terjadi pemadaman listrik dari jaringan PLN, inverter akan beralih ke mode inverter *off-grid*. Dalam mode ini, inverter akan mengalirkan daya dari panel surya dan menggunakan energi yang tersimpan di baterai untuk memenuhi kebutuhan daya perangkat dan beban listrik.

8 Namun, inverter jenis *on/off-grid tie* ini tidak dilengkapi dengan sistem kontrol penyimpanan daya pada baterai. Ketika beroperasi sebagai inverter *on-grid*, baterai seharusnya terputus dari *inverter* untuk mencegah terjadinya pemakaian berlebihan, karena daya *output* inverter saat dalam mode *on-grid* berfungsi dengan efisiensi maksimal melalui teknologi MPPT. Di sisi lain, saat beroperasi sebagai inverter *off-grid*, penting bahwa baterai tetap terhubung dengan inverter agar keluaran dayanya tetap stabil. Hal ini dilakukan karena terdapat fluktuasi pada sumber daya dan beban peralatan berbasis arus bolak-balik (AC) (Prayogo, 2019).

## METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode apa saja yang digunakan, berikut alur penelitiannya.

### 3.1 Metode Akuisisi Data

Beberapa cara yang digunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini yaitu :

#### 1. Survey lapangan

Penulis melakukan observasi atau survey lapangan untuk mencari lokasi yang cocok untuk melakukan pengujian alat . Beberapa lokasi dilihat kondisi lingkungan yang dapat menentukan variabel perubahan kondisi lingkungan lokasi pengujian.

#### 2. Studi Literatur

Penulis menggunakan beberapa referensi dari jurnal maupun buku literatur yang sesuai dengan permasalahan penelitian.

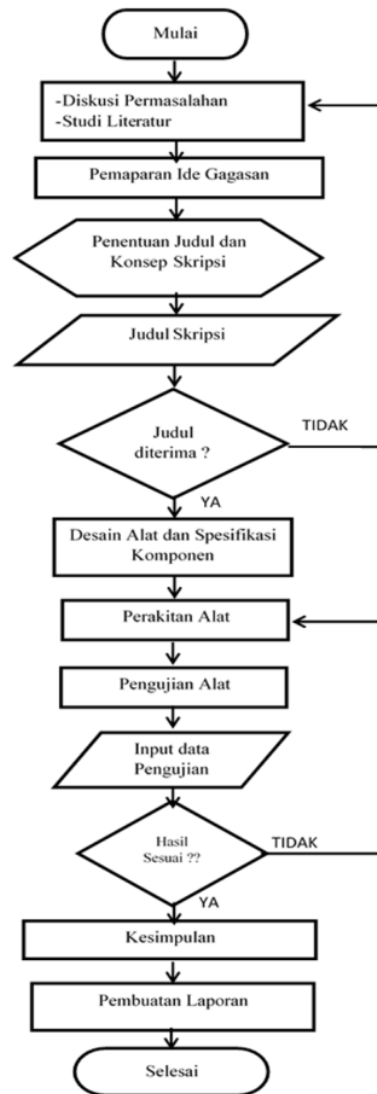
#### 3. Konsultasi

Penulis melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dengan tujuan agar data yang diambil sesuai dengan kebutuhan penelitian.

### 3.2 Diagram Alir (*Flowchart*)

Digunakan diagram alir sebagai alat bantu untuk menganalisis dan meme-

cahkan masalah yang muncul. Diagram alir, juga dikenal sebagai *flowchart*, adalah representasi grafis yang terdiri dari simbol-simbol. Grafik ini menggambarkan urutan tahapan-tahapan yang akan dijalankan dalam penelitian. Lebih lanjut, diagram alir penelitian ini dijelaskan secara detail dalam [gambar 3.1](#).



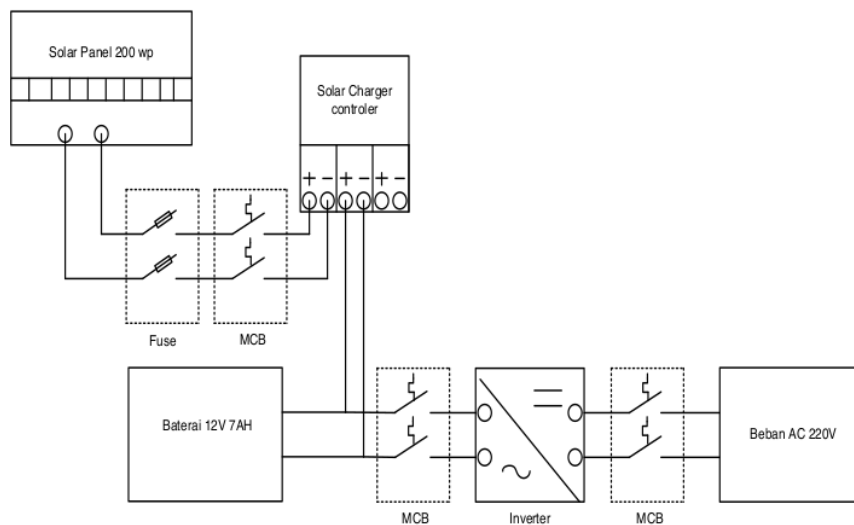
**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**

### 3.3 Metode Pengolahan Data

Digunakan metode perhitungan dan perbandingan dalam mengelolah data. Metode perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai variabel yang tidak didapatkan dari data pengujian. Data yang terkumpul akan dilakukan perbandingan menggunakan table. Dari tabel akan dapat diambil kesimpulan dari pengujian alat.

### 3.4 Desain atau Perancangan Alat

Sebelum menghasilkan sebuah perangkat, langkah awal yang diperlukan adalah perencanaan desain guna memastikan bahwa implementasi perangkat berjalan secara optimal sesuai dengan harapan peneliti. Desain yang matang tidak hanya memaksimalkan hasil yang diinginkan oleh peneliti, tetapi juga membantu dalam penentuan komponen dan bahan yang diperlukan, sehingga pengeluaran biaya dapat dioptimalkan sejalan dengan tujuan penelitian.



**Gambar 3.2 Desain PLTS**

### **3.5 Pengumpulan Bahan Dan Alat**

Setelah merancang desain alat yang akan dibuat, peneliti mulai mengumpulkan komponen-komponen, alat-alat, serta bahan yang dibutuhkan dalam perakitan.

### **3.6 Pengujian Masing-Masing Bahan**

Sebelum melakukan perakitan alat, hendaknya terlebih dahulu peneliti melakukan pengujian pada masing-masing komponen yang akan dirakit, hal ini bertujuan agar pada saat perakitan tidak ada kendala. Untuk menguji masing-masing komponen tersebut pengujian menggunakan multimeter untuk mengetahui bahan tersebut berfungsi dengan baik.

Dalam pengujian alat peneliti melakukan pengujian alat secara langsung di lapangan dengan mengukur daya yang dihasilkan dengan menggunakan multimeter.

### **3.7 Perakitan Alat**

Setelah dilakukan pengujian pada masing-masing komponen barulah peneliti dapat melakukan perakitan alat sehingga pada saat peneliti melakukan perakitan dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan sehingga dapat mempercepat pembuatan alat tersebut.

### **3.8 Metode Pengambilan Data**

Pengujian mengambil dari alat yang sudah dibuat dengan cara pengukuran

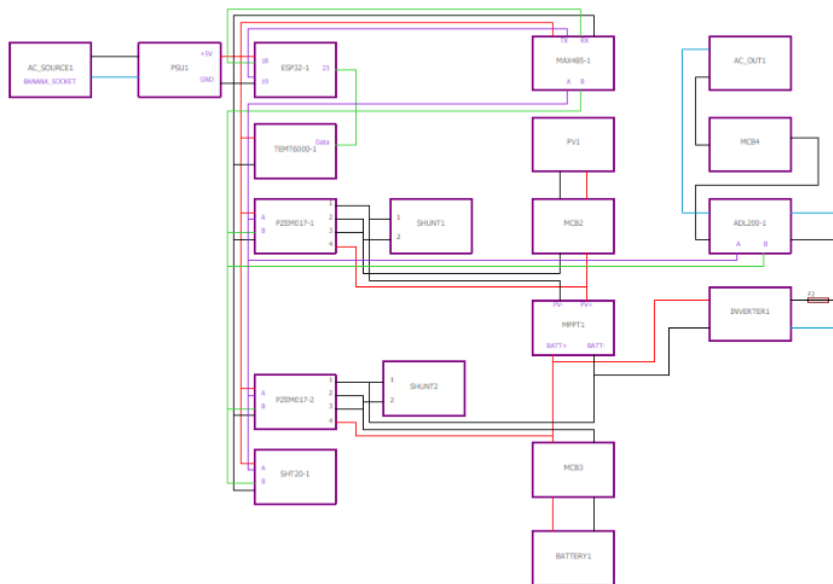
arus dan tegangan dengan variabel temperatur yang berbeda berdasarkan rentang waktu yang berbeda setiap harinya.

### **3.9 Pelaporan**

Pelaporan adalah penyusunan laporan dan dokumentasi dari semua tahapan yang telah dilakukan sampai tidak ditemukan adanya kesalahan lagi dalam pembuatan PLTS dan masing-masing komponen dapat beroperasi dengan baik tanpa adanya masalah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan analisa kinerja *photovoltaic*, serta membandingkan tegangan dan arus keluaran *photovoltaic* yang terbaca oleh sensor (PZEM017) dengan tegangan dan arus keluaran dari inverter yang terbaca oleh sensor (ACREL ADL200), seperti pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Schematic Diagram PLTS**

Dari data tegangan dan arus tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan efisiensi energi surya yang dihasilkan oleh PLTS jika diterapkan di Laboratorium Bahasa Universitas Panca Marga. Selain pengambilan data tegangan dan arus photovoltaic, dilakukan juga pengukuran intensitas cahaya yang ditangkap

oleh sensor (TEMPT6000). Proses pengujian modul *photovoltaic* dapat dilihat pada

Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengambilan data *photovoltaic*

#### 4.1 Data Pengujian PLTS

Dalam penelitian ini, pengumpulan data pengukuran dilakukan secara langsung. Pengukuran ini dilaksanakan setiap interval 15 menit selama 7 jam setiap harinya, dan berlangsung selama 3 hari pada rentang tanggal 3 hingga 5 Agustus 2023.

##### 4.1.1 Data Pengukuran Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya ini di ambil di Universitas Panca Marga, Probolinggo.

Tabel 4.1 Intensitas Cahaya Matahari

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)		
	Tanggal 3	Tanggal 4	Tanggal 5
08.00	1620	1618	1537



Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)		
	Tanggal 3	Tanggal 4	Tanggal 5
08.15	1528	1568	1604
08.30	1553	1586	1593
08.45	1540	1618	1576
09.00	1554	1537	1604
09.15	1592	1583	1589
09.30	1570	1623	1603
09.45	1529	1572	1567
10.00	1545	1598	1556
10.15	1551	1559	1564
10.30	1600	1596	1592
10.45	1539	1550	1601
11.00	1589	1602	1534
11.15	1533	1548	1552
11.30	1591	1609	1574
11.45	1611	1525	1623
12.00	1580	1600	1572
12.15	1623	1582	1584
12.30	1552	1618	1611
12.45	1616	1551	1604
13.00	1600	1529	1546
13.15	1617	1566	1526
13.30	1554	1574	1567
13.45	1593	1586	1531
14.00	1548	1584	1576
14.15	1540	1528	1580
14.30	1579	1574	1567
14.45	1528	1558	1580
15.00	1618	1571	1589
<b>Rata-rata</b>	1574,804598		

Dari hasil penarikan data sensor intensitas cahaya (TEMPT6000) selama 3 hari berturut-turut diperoleh nilai rata-rata intensitas cahaya di lokasi pengujian

adalah 1574,8 Lux. Adapun intensitas cahaya tertinggi berada di kisaran waktu antara jam 11.45-12.15 WIB.

#### 4.1.2 <sup>43</sup> Data Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Keluaran Panel Surya (DC)

Data pengukuran dari panel surya diambil pada tanggal 5 Agustus 2023. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit dalam rentang waktu 7 jam, dimulai dari pukul 08.00 hingga 15.02 WIB.

**Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Output* Panel Surya**

Waktu	05-Agu-23					
	<sup>19</sup> Monocrystalline			Polycrystalline		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
8:00:11	14,11	3,07197	43,3455	14,12	3,35797	47,4146
8:16:11	14,07	3,06326	43,1001	15,07	3,5839	54,0094
8:31:13	21,44	4,66782	100,078	15,91	3,78366	60,1981
8:46:11	21,62	4,70701	101,766	18,47	4,39248	81,129
9:01:12	22,13	4,81805	106,623	18,04	4,29021	77,3955
9:16:13	21,72	4,72878	102,709	18,26	4,34253	79,2947
9:28:12	20,4	4,4414	90,6045	18,83	4,47809	84,3224
9:47:19	21,6	4,70266	101,577	17,58	4,18082	73,4988
10:00:43	21,99	4,78757	105,279	21,35	5,07739	108,402
10:14:43	20,67	4,50018	93,0188	18,00	4,2807	77,0526
10:29:43	22	4,78974	105,374	18,18	4,32351	78,6014
10:44:43	21,52	4,68524	100,826	21,34	5,07501	108,301
10:59:43	20,33	4,42616	89,9838	18,58	4,41864	82,0982
11:14:43	20,74	4,51542	93,6499	18,89	4,49236	84,8607
11:29:43	22,02	4,7941	105,566	20,32	4,83244	98,1951
11:44:43	20,5	4,46317	91,495	20,10	4,78012	96,0804
11:59:43	20,95	4,56114	95,5559	21,52	5,11782	110,135
12:14:43	21,23	4,6221	98,1272	21,70	5,16062	111,986
12:29:43	21,31	4,63952	98,8682	18,60	4,42339	82,2751
12:44:44	21,23	4,6221	98,1272	19,51	4,63981	90,5226
12:59:43	21,76	4,73749	103,088	20,22	4,80865	97,231
13:14:42	14,11	3,07197	43,3455	19,27	4,58273	88,3092

Waktu	05-Agu-23					
	Monocrystalline			Polycrystalline		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
13:29:43	15,91	3,46386	55,1099	20,17	4,79676	96,7507
13:44:42	21	4,57203	96,0126	21,67	5,15349	111,676
13:59:43	21,53	4,68742	100,92	20,76	4,93708	102,494
14:14:43	20,4	4,4414	90,6045	19,43	4,62078	89,7818
14:29:43	14,15	3,08068	43,5916	18,76	4,46144	83,6967
14:44:42	20,32	4,42398	89,8953	18,91	4,49712	85,0404
15:02:43	21,05	4,58291	96,4703	18,26	4,34253	79,2947
<b>Rata-rata</b>			89,128			86,8982

Dari Tabel 4.2 diperoleh Daya yang total dihasilkan oleh panel surya 200WP yaitu :

$$P \text{ total (DC)} = P \text{ rata-rata (mono)} + P \text{ rata-rata (poly)}$$

$$= 89,128 + 86,8982$$

$$= 176,03 \text{ Watt}$$

Energi yang dibangkitkan oleh panel surya 200 WP, dihitung menggunakan perkalian daya total yang dikeluarkan dengan waktu penyinaran.

$$E = P \text{ total} \times \text{lama penyinaran (hour)}$$

$$= 176,03 \times 7$$

$$= 1232,18 \text{ Wh}$$

$$= 1,232 \text{ kWh}$$

#### 4.2 Perhitungan Biaya Pembuatan Alat

Biaya dalam pembuatan alat meliputi :

Tabel 4.3 Biaya pembuatan PLTS

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga
1	Panel Surya 100WP (Polycrystalline)	1	527000
2	Panel Surya 100WP (Monocrystalline)	1	595000
3	MPPT 20A	1	500000
4	Inverter 500 Watt Baterai VLRA 12 V 7.2	1	243000
5	Ah	2	400000
6	MCB AC 440V 10A	2	240000
7	MCB DC 440V 10A	2	240000
8	Fuse Akriлик set + kerangka	2	300000
9	holow	1	520000
10	Kabel	1	200000
11	Terminal set	1	104000
12	Banana conector	12	85000
13	Rel	1	23000
Total Biaya			Rp 3.977.000

### 4.3 Perhitungan Kebutuhan PLTS di Laboratorium Bahasa Universitas Panca Marga

#### 4.3.1 Menentukan Total Kebutuhan Daya Laboratorium Bahasa

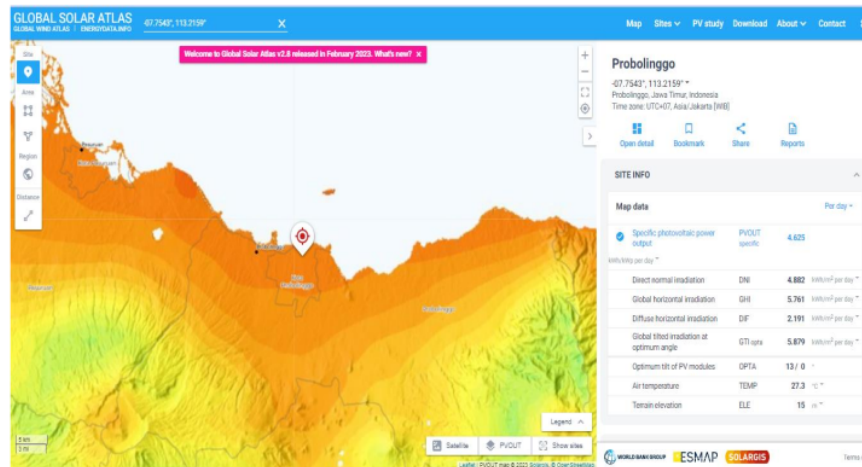
Tabel 4.4 Kebutuhan Daya Labotorium Bahasa per Hari

Komponen	Jumlah	Spesifikasi Daya (Watt)	Lama Menyala (Jam)	Daya total (Watt)
Komputer	41	450	5	92250
AC Panasonic	3	850	5	12750
Speaker	1	250	1	250
Lampu	4	50	5	1000
Printer Epson	1	36	5	180
Proyektor	1	36	5	180
Total Kebutuhan Daya				106610

Diketahui kebutuhan daya di Laboratorium Bahasa 106,61 kWh/day. Hasil perhitungan ini selanjutnya digunakan sebagai simulasi perancang sistem PLTS atap.

### 1.1 Menentukan kapasitas optimal PLTS

Sesudah kebutuhan energi harian diketahui, yakni sebesar 106,61 kWh/day, selanjutnya yaitu mencari data *PV Out* harian daerah setempat, dalam hal ini wilayah Probolinggo. Data iradiasi rata-rata harian setempat dapat diperoleh melalui <http://globalsolaratlas.info/map>. Jika menggunakan data dari Solargis (yang umumnya cukup sederhana), data yang diperlukan dari *platform* tersebut adalah *PV Out*. Ini merujuk pada hasil perhitungan daya keluaran PV per kWp yang dihitung dengan mempertimbangkan tingkat iradiasi matahari. Nilai ini telah mempertimbangkan pengaruh suhu rata-rata sepanjang tahun di setiap wilayah. Sehingga, nilai *PV Out* akan berbeda-beda untuk setiap wilayah (Kencana dkk., 2018).



**Gambar 4.3 Citra Satelit Daerah Probolinggo**  
(Sumber: <https://globalsolaratlas.info/>)

Dari Gambar 4.3 diketahui untuk daerah Probolinggo, *PV Out* sebesar 4,625 kWh/kWp. Maka kapasitas optimal PLTS dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas (kWp)} &= \text{Rata-rata Energi Harian : } PV \text{ Out Harian} \\ &= 106,61 : 4,625 \\ &= 23,051 \text{ kWp atau } 23051 \text{ Wp} \end{aligned}$$

#### 1.2 Menghitung daya puncak sistem

Penambahan sekitar 15% hingga 25% dari perhitungan kebutuhan energi merujuk pada penambahan untuk mengkompensasi rugi-rugi dalam sistem. Rugi-rugi ini dipengaruhi oleh faktor seperti penurunan performa akibat suhu pada panel surya (PV temperature loss), penurunan performa akibat bayangan pada panel surya (PV shading loss), toleransi peralatan panel surya (PV tolerance), rugi pada inverter, dan rugi pada kabel. Daya puncak sistem dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{41} \\ \text{Daya Puncak (kWp)} &= \\ &\text{Kapasitas Optimal(Wp) + (Kapasitas Optimal(Wp) * rugi-rugi sistem (\%))} \end{aligned}$$

Maka Daya puncak PLTS = 23051 + (23051\*25%) = 28813,75 Wp atau 28,814 kWp.

#### 4.3.2 Menghitung Jumlah Kebutuhan Modul Surya

Untuk menentukan jumlah modul surya yang perlukan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Jumlah Modul} = \text{Daya Puncak (Wp)} : \text{Kapasitas Modul (Wp)}$$

Jika digunakan modul surya dengan kapasitas 100 Wp, maka jumlah modul yang dibutuhkan adalah  $28813,75 : 100 = 288,13 \approx 288$  unit, sedangkan jika digunakan modul surya dengan kapasitas maksimal yang ada dipasaran saat ini,

yakni 700 Wp, maka jumlah modul yang dibutuhkan adalah  $28813,75 : 700 = 41,16 \approx 41$  unit.

Dari analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa menggunakan spesifikasi modul surya yang sama antara desain yang diterapkan untuk keperluan pembelajaran dan desain sebagai cadangan untuk memenuhi kebutuhan beban laboratorium bahasa Universitas Panca Marga ternyata tidak efisien. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa dalam merancang sebuah sistem PLTS, yang harus diperhitungkan pertama kali yaitu bebannya. Dengan memahami beban ini dengan cermat, kebutuhan komponen lainnya dapat ditentukan secara akurat dan efisien. Oleh karena itu, untuk menentukan komponen-komponen PLTS selanjutnya, akan digunakan spesifikasi yang mendekati kebutuhan beban ini. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat menciptakan desain sistem PLTS yang optimal sesuai dengan persyaratan yang ada.

### **4.3.3 Menghitung Luas Area Efektif yang Diperlukan**

Penting untuk menjelaskan bahwa "luas area efektif" yaitu area yang digunakan hanya untuk meletakkan modul surya, tidak termasuk akses instalasi dan pemeliharaan.

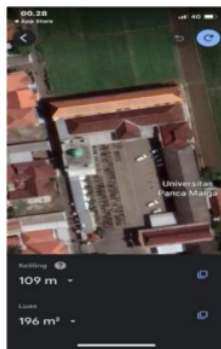
Informasi yang dibutuhkan dalam situasi ini adalah angka efisiensi dari modul surya. Angka ini akan ditentukan berdasarkan spesifikasi yang diinginkan untuk modul surya tersebut. Nilai efisiensi ini akan mempengaruhi seberapa efisien modul surya tersebut mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik.

Jika diketahui luas atap laboratorium bahasa  $\pm 196 \text{ m}^2$ , seperti pada gambar 4.4, dan panel surya yang akan digunakan memiliki kapasitas 700 Wp

dengan nilai efisiensi sebesar 22,74%, maka luas area efektif dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Area (m}^2\text{)} &= \text{Daya Puncak (kWp)} : \text{Efisiensi Modul Surya} \\ &= 28,814 : 0,2274 \\ &= 126,7 \text{ m}^2 \approx 127 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan jika luasan atap gedung laboratorium bahasa memenuhi luasan yang dibutuhkan untuk perancangan PLTS.



**Gambar 4.4 Gedung Bahasa Universitas Panca Marga**  
(Sumber : *Google earth satelit*)

#### 4.3.4 Menghitung Baterai yang Dibutuhkan

Hasil dari perhitungan ini mencakup seberapa banyak energi yang akan diambil dari baterai. Informasi yang dibutuhkan yaitu banyaknya hari di mana sistem harus beroperasi sendiri, yang akan bergantung pada seberapa sering langit tertutup awan di wilayah tersebut. Apabila daerah tersebut seringkali mengalami kondisi awan (umumnya di wilayah pegunungan), disarankan untuk memakai periode 3 hari otonomi dalam penghitungan. Namun, apabila daerah tersebut cenderung memiliki kondisi cuaca cerah sepanjang tahun, maka 2 hari otonomi sudah cukup.



Formula yang digunakan untuk menghitung kebutuhan energi yang harus diambil dari baterai adalah: Kebutuhan Energi dari Baterai = Total Kebutuhan Energi Harian (dalam Watt-hour) dikali dengan Jumlah Hari Otonomi. Jika ketetapan hari otonomi adalah 2, maka :

$$\text{Kebutuhan Energi Baterai} = 106610 \text{ Wh} \times 2 = 213220 \text{ Wh.}$$

Jika dalam perancangan PLTS ini digunakan baterai dengan nilai 12 V 600 Ah, maka jumlah baterai adalah :

$$\text{Jumlah Baterai} = 213220 \text{ Wh/day} : \text{kapasitas baterai}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 213220 \text{ Wh/day} : (12\text{V} \times 600 \text{ Ah})$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 213220 \text{ Wh/day} : 7200 \text{ Watt}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 29,6 \text{ unit} \approx 30 \text{ unit}$$

Maka baterai yang harus disiapkan adalah 30 unit dengan spesifikasi 12V 600 Ah.

#### **4.3.5 Memilih Inverter Sesuai Daya**

Ukuran watt yang digunakan pada inverter ditentukan berdasarkan seberapa besar daya (watt) yang ingin kita simpan sebagai cadangan. Pada simulasi ini, daya total laboratorium bahasa saat semua peralatan menyala bersamaan adalah 1672 Watt maka kita harus memilih tipe inverter dengan daya diatas 1672 Watt. Inverter dapat memiliki nilai daya yang lebih tinggi dari total beban per jam, namun tidak boleh memiliki nilai daya yang lebih rendah dari total beban per jam. Proses seleksi inverter agar sesuai dengan kebutuhan daya dilakukan melalui penggunaan rumus berikut :

$$= W_{\text{maks}} + (25\% \times W_{\text{maks}})$$

$$= 1672 + 418$$

$$= 2090 \text{ Watt}$$

Dari nilai tersebut kita bisa menggunakan inverter dengan kapasitas 2200 Watt.

**PENUTUP****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian mengenai Perancangan PLTS Untuk Mendukung Analisis Sistem Energi Terbarukan Di Universitas Panca Marga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya total yang dapat dibangkitkan oleh panel surya dengan kapasitas 200 Wp, berdasarkan perhitungan manual, mencapai 1,232 kWh setiap harinya.
2. Biaya investasi atau pembuatan PLTS 200Wp sebesar Rp.3.977.000
3. Untuk membangkitkan energi 106,61 kW/hari di laboratorium bahasa Universitas Panca Marga dibutuhkan 41 unit panel surya 700 Wp, baterai (*energy storage*) 30 Pcs dengan spesifikasi 12V 600 Ah, inverter 2200 kW.

**5.2 Saran**

1. Pada proses pengambilan data dilakukan secara *real time* dengan memakai sensor yang telah terkalibrasi, sehingga data yang diperoleh lebih akurat.
2. Agar memperoleh informasi yang lebih tepat mengenai kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), disarankan untuk melakukan pengukuran menggunakan panel surya berkapasitas besar dan melaksanakannya dalam periode yang cukup lama, setidaknya selama satu

bulan atau bahkan setahun, sehingga kita dapat membandingkan hasilnya antara musim kemarau dan musim hujan.

3. Sebaiknya menggunakan spesifikasi komponen yang lebih tinggi, jika akan diterapkan pada atap gedung laboratorium bahasa Universitas Panca Marga untuk mendapatkan performa yang lebih maksimal.
4. Dengan kemajuan teknologi pembangkit listrik tenaga surya, diharapkan para peneliti dapat mengembangkan teknologi panel surya lebih lanjut atau memaksimalkan pemanfaatan energi matahari.

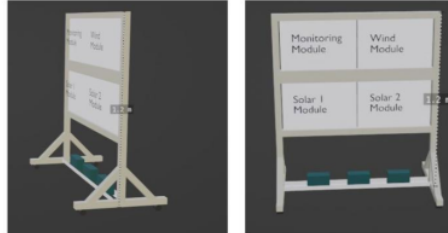
- Afif, F., & Martin, A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(1), 43. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.997>
- Bayu, H., & Windarta, J. (2021). Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 2(3), 123–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.10043>
- Diantari, R. A., Rahayu, S., & Okvasari, R. (2018). *Analisis Instalasi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Surya Skala Rumah Tangga*. 8(2).
- Fadilla, V., Prakoso, M. A. H., Hidayat, M. N., & Hermawan, A. (2020). *Rancang Bangun Passive Photovoltaic 50 Wp Di Laboratorium Energi Terbarukan Politeknik Negeri Malang*.
- Hardani, M. S. (2020). *Dye-Sensitized Solar Cell: Teori dan Aplikasinya*. Pustaka Ilmu.
- Hayati, N.-. (2021). Aplikasi Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *abdimasku : jurnal pengabdian masyarakat*, 4(1), 43. <https://doi.org/10.33633/ja.v4i1.159>
- Hidayat, F., Rusirawan, D., & Fajar Tanjung, I. R. (2019). Evaluasi Kinerja PLTS 1000 Wp di Itenas Bandung. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(1), 195. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i1.195>
- Kencana, B., Prasetyo, B., Berchmans, H., Agustina, I., Myrasandri, P., Bona, R., Panjaitan, R. R., & Winne, W. (2018). *panduan studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya (plts) terpusat*. ditjen ebtke - kesdm, usaid iced ii, tetra tech es, inc. [www.iced.or.id](http://www.iced.or.id)
- Nugroho, N., Khwee, K. H., & Nawawi, J. H. H. (2022). *studi teknis pembangkit listrik tenaga surya sistem off grid dan on grid*.
- Prayogo, S. (2019). Pengembangan sistem manajemen baterai pada PLTS menggunakan on-off grid tie inverter. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1), 58–63. <https://doi.org/10.35313/energi.v9i1.1646>
- Priajana, P. G. G., Kumara, I. N. S., & Setiawan, I. N. (2020). grid tie inverter untuk plts atap di indonesia: review standar dan inverter yang compliance di pasar domestik. *jurnal spektrum*, 7(2), 62. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i02.p9>
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Tekn Elektro*, 18(1), 10–14. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- Raja, F. G. L., Hiendro, A., & Prima, F. (2022). *Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya dan Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Kolektor Surya Terhadap Efisiensi Termal Kolektor Surya*. 3(1).
- Rumbayan, M. (2020). *Energi Surya sebagai Energi Alternatif yang Terbarukan*. Ahli media press.

- Tanjil, M. A. S., Haque, M. M., & Saad, I. H. (2019). Outdoor performance study of Poly and Mono Crystalline Photovoltaic Modules under varying environmental conditions. *Department of Electrical and Electronic Engineering, Brac University*, pages 49-50.
- WanQuan, S., Niringiyimana, E., & Ndayishimiye, V. (2020). Analysis of Electrical Characteristics and Performance of Poly-Crystalline Solar PV Module by I-V Tester Under Temperature and Solar Irradiance Variation in Spring Season. *2020 IEEE PES/IAS PowerAfrica*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219930>
- Wirsyana, G. P. M., Hartati, R. S., & Manuaba, I. B. G. (2022). Metode Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya: Sebuah Tinjauan Literatur. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(2), 211-224. <https://doi.org/10.31358/techne.v21i2.321>

# LAMPIRAN

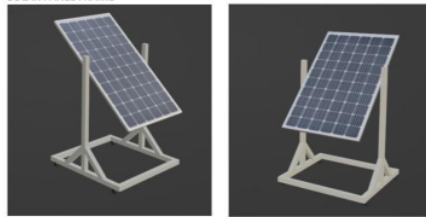
## 1. Desain Alat

### 1. MAIN FRAME



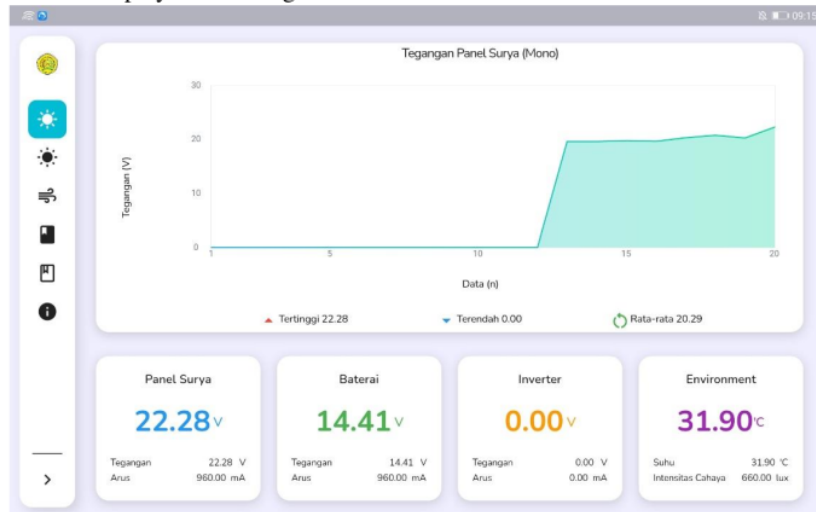
- Height: 1,2 meter
- Battery dimension: 150 x 60 x 95 mm
- Acrylic dimension: 330 x 480 x 5 mm (4 pcs)

### 2. SOLAR PANEL FRAME



- Solar panel 1 dimension: 1020 x 670 x 30 mm
- Solar panel 2 dimension: 760 x 670 x 30 mm

## 2. Display Monitoring Alat



### 3. Spesifikasi PV Monocrystalline

Maysun Solar	
Model:	MS100M-39
Rated Maximum Power(Pm)	100W
Tolerance	0~+5%
Voltage at Pmax(Vmp)	21.45V
Current at Pmax(Imp)	4.67A
Open-Circuit Voltage(Voc)	24.66V
Short-Circuit Current(Isc)	4.90A
Normal Operating Cell Temp(NOCT)	47±2°C
Maximum System Voltage	1000V DC
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40to+85°C
Application Class	Class A
Fire Safety Class	Class C
Cell Technology	Mono
Weight	6.16kg
Dimension(mm)	760*670*30mm

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

All technical data at standard test condition  
AM=1.5 E=1000w/m<sup>2</sup> TC=25°C

CE IEC ISO Made in China

Website: www.maysunsolar.com

### 4. Spesifikasi PV Polycrystalline

Maysun Solar	
Model:	MS100P-36
Rated Maximum Power(Pm)	100W
Tolerance	0~+5%
Voltage at Pmax(Vmp)	20.52V
Current at Pmax(Imp)	4.88A
Open-Circuit Voltage(Voc)	23.60V
Short-Circuit Current(Isc)	5.11A
Normal Operating Cell Temp(NOCT)	47±2°C
Maximum System Voltage	1000V DC
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40to+85°C
Application Class	Class A
Fire Safety Class	Class C
Cell Technology	Poly
Weight	8.26kg
Dimension(mm)	1020*670*30mm

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

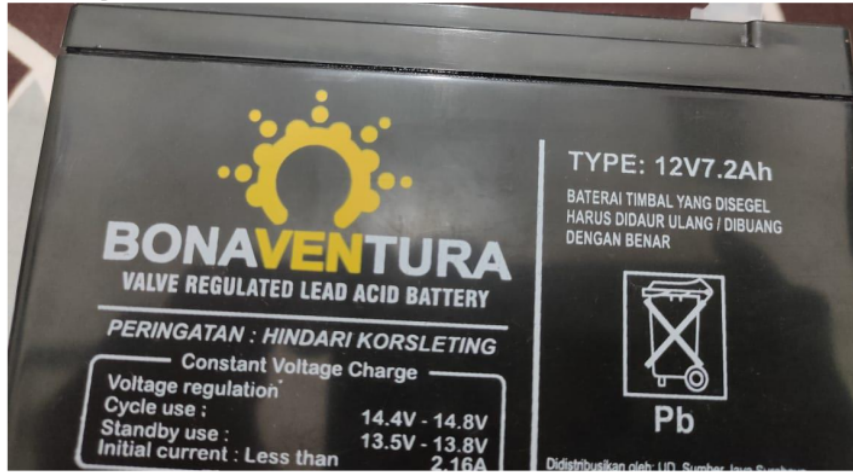
All technical data at standard test condition  
AM=1.5 E=1000w/m<sup>2</sup> TC=25°C

CE IEC ISO Made in China

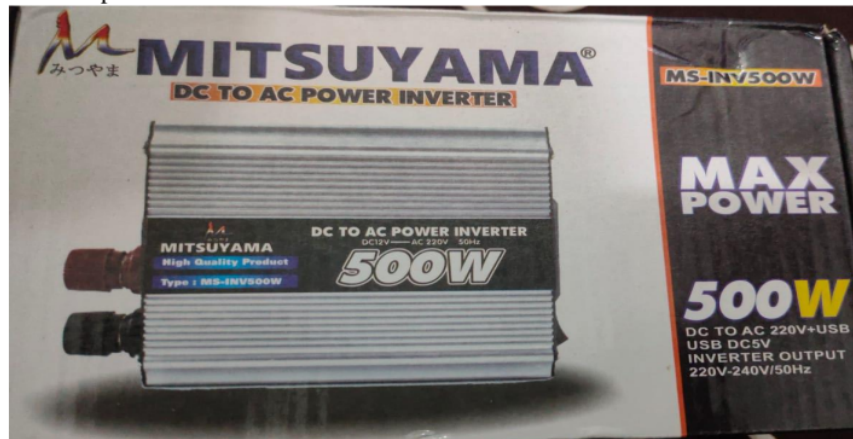
Website: www.maysunsolar.com



## 5. Spesifikasi Baterai



## 6. Spesifikasi Inverter



# PERANCANGAN PLTS UNTUK MENDUKUNG ANALISIS SISTEM ENERGI TERBARUKAN DI UNIVERSITAS PANCA MARGA, ANDIK SANTOSO

## ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://jurnal.untan.ac.id">jurnal.untan.ac.id</a> Internet Source	1%
3	<a href="http://repository.umsu.ac.id">repository.umsu.ac.id</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://sipora.polije.ac.id">sipora.polije.ac.id</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://jurnal.peneliti.net">jurnal.peneliti.net</a> Internet Source	<1%
7	<a href="http://repository.upm.ac.id">repository.upm.ac.id</a> Internet Source	<1%
8	<a href="http://jurnal.polban.ac.id">jurnal.polban.ac.id</a> Internet Source	<1%

[ejournal2.undip.ac.id](http://ejournal2.undip.ac.id)

9	Internet Source	<1 %
10	Submitted to Universitas Sam Ratulangi Student Paper	<1 %
11	jurnal.lldikti4.or.id Internet Source	<1 %
12	docplayer.info Internet Source	<1 %
13	link.springer.com Internet Source	<1 %
14	Submitted to Institut Teknologi Kalimantan Student Paper	<1 %
15	repo.undiksha.ac.id Internet Source	<1 %
16	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
17	Submitted to SDM Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
18	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
19	media.neliti.com Internet Source	<1 %
20	jestec.taylors.edu.my Internet Source	<1 %

21	<a href="http://ojs.jurnaltechne.org">ojs.jurnaltechne.org</a> Internet Source	<1 %
22	<a href="http://bajangjournal.com">bajangjournal.com</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="http://www.scilit.net">www.scilit.net</a> Internet Source	<1 %
24	<a href="http://repository.pnj.ac.id">repository.pnj.ac.id</a> Internet Source	<1 %
25	<a href="http://vomek.ppj.unp.ac.id">vomek.ppj.unp.ac.id</a> Internet Source	<1 %
26	<a href="http://etd.umy.ac.id">etd.umy.ac.id</a> Internet Source	<1 %
27	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	<1 %
28	<a href="http://eprint.stieww.ac.id">eprint.stieww.ac.id</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="http://repository.uin-suska.ac.id">repository.uin-suska.ac.id</a> Internet Source	<1 %
30	Aripriharta, Arif Wibawa. "Perancangan pompa air off-grid skala rumah tangga", <i>TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika</i> , 2022 Publication	<1 %
31	<a href="http://ejurnal.bppt.go.id">ejurnal.bppt.go.id</a> Internet Source	<1 %

---

32	<a href="http://eprints.umpo.ac.id">eprints.umpo.ac.id</a> Internet Source	<1 %
33	<a href="http://jurnal.itpln.ac.id">jurnal.itpln.ac.id</a> Internet Source	<1 %
34	<a href="http://lib.ui.ac.id">lib.ui.ac.id</a> Internet Source	<1 %
35	<a href="http://library.universitaspertamina.ac.id">library.universitaspertamina.ac.id</a> Internet Source	<1 %
36	<a href="http://pamangsah.blogspot.com">pamangsah.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
37	Submitted to ukitoraja Student Paper	<1 %
38	<a href="http://dspace.daffodilvarsity.edu.bd:8080">dspace.daffodilvarsity.edu.bd:8080</a> Internet Source	<1 %
39	<a href="http://ejournal.upm.ac.id">ejournal.upm.ac.id</a> Internet Source	<1 %
40	<a href="http://universitas-ui.blogspot.com">universitas-ui.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
41	Submitted to Trisakti University Student Paper	<1 %
42	<a href="http://dspace.bracu.ac.bd">dspace.bracu.ac.bd</a> Internet Source	<1 %
43	<a href="http://eprints.ums.ac.id">eprints.ums.ac.id</a> Internet Source	<1 %

---

44	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
45	<a href="http://etd.repository.ugm.ac.id">etd.repository.ugm.ac.id</a> Internet Source	<1 %
46	<a href="http://repository.pnb.ac.id">repository.pnb.ac.id</a> Internet Source	<1 %
47	<a href="http://repository.poliupg.ac.id">repository.poliupg.ac.id</a> Internet Source	<1 %
48	M. Vigneswari, V. Madhubala, C. Nagarajan, R. Sudha Periathai, R. Jeyapriya, A. Meenambigai. "Power and efficiency of photovoltaic cell enhanced by Ce-Zn <sub>2</sub> V <sub>2</sub> O <sub>7</sub> :V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> multiphase nanoperovskite", Inorganic Chemistry Communications, 2023 Publication	<1 %
49	Submitted to STT PLN Student Paper	<1 %
50	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
51	<a href="http://eprints.sinus.ac.id">eprints.sinus.ac.id</a> Internet Source	<1 %
52	<a href="http://repo.uinsatu.ac.id">repo.uinsatu.ac.id</a> Internet Source	<1 %
53	<a href="http://repository.usu.ac.id">repository.usu.ac.id</a> Internet Source	<1 %

54	Submitted to Universitas Kristen Duta Wacana Student Paper	<1 %
55	es.scribd.com Internet Source	<1 %
56	repository.um-palembang.ac.id Internet Source	<1 %
57	repository.unja.ac.id Internet Source	<1 %
58	"Proceedings of the International e- Conference on Intelligent Systems and Signal Processing", Springer Science and Business Media LLC, 2022 Publication	<1 %
59	Ikhwan Mustiadi, Evrita Lusiana Utari. "Perbandingan Efektivitas Pengisian Baterai Menggunakan Metode PWM dan MPPT pada Modul Solar Panel 50 WP", Seminar Nasional Teknik Elektro, Informatika dan Sistem Informasi, 2022 Publication	<1 %
60	Submitted to Universitas Islam Lamongan Student Paper	<1 %
61	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
62	repository.upi.edu Internet Source	<1 %

63 Bagas Gangsar Panggayuh, Itmi Hidayat Kurniawan. "Perancangan dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 27 kWp di Kota Cilacap", Jurnal Riset Rekayasa Elektro, 2020  
Publication <1 %

---

64 Submitted to Universitas Islam Indonesia  
Student Paper <1 %

---

65 Submitted to Universitas Musamus Merauke  
Student Paper <1 %

---

66 [ejournal.unesa.ac.id](http://ejournal.unesa.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

67 [ejournal.unis.ac.id](http://ejournal.unis.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

68 [journal.unj.ac.id](http://journal.unj.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

69 [lib.unnes.ac.id](http://lib.unnes.ac.id)  
Internet Source <1 %

---

70 [pdffox.com](http://pdffox.com)  
Internet Source <1 %

---

71 [pt.scribd.com](http://pt.scribd.com)  
Internet Source <1 %

---

72 [repository.unipasby.ac.id](http://repository.unipasby.ac.id)  
Internet Source <1 %

---



73	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	<1 %
74	<a href="http://abdiinsani.unram.ac.id">abdiinsani.unram.ac.id</a> Internet Source	<1 %
75	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Internet Source	<1 %
76	<a href="http://ejurnal.itenas.ac.id">ejurnal.itenas.ac.id</a> Internet Source	<1 %
77	<a href="http://eprints.undip.ac.id">eprints.undip.ac.id</a> Internet Source	<1 %
78	<a href="http://jurnal.polinema.ac.id">jurnal.polinema.ac.id</a> Internet Source	<1 %
79	<a href="http://jurnal.sttkd.ac.id">jurnal.sttkd.ac.id</a> Internet Source	<1 %
80	<a href="http://kemenkeu.go.id">kemenkeu.go.id</a> Internet Source	<1 %
81	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
82	<a href="http://repository.trisakti.ac.id">repository.trisakti.ac.id</a> Internet Source	<1 %
83	<a href="http://repository.unib.ac.id">repository.unib.ac.id</a> Internet Source	<1 %
84	<a href="http://repository.untag-sby.ac.id">repository.untag-sby.ac.id</a> Internet Source	<1 %

85	<a href="http://rumahenergiblog.wordpress.com">rumahenergiblog.wordpress.com</a> Internet Source	<1 %
86	<a href="http://www.dephan.go.id">www.dephan.go.id</a> Internet Source	<1 %
87	Arif Fahrizal, Dani Rusirawan, Lita Lidyawati. "PEMODELAN PRODUKSI ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 1000 WP DENGAN ALGORITMA NAIVE BAYES", Jurnal Tekno Insentif, 2022 Publication	<1 %
88	Miftachul Ulum, Adi Kurniawan Saputro, Koko Joni, Riza Alfita, Rosida Vivin Nahari, Siti A'isya, Achmad Ubaidillah. "Planning and Manufacturing of Four Axis Solar Panels With Reflector Angle Adjustments", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2022 Publication	<1 %
89	Sahid Yudhikusuma Kalpikajati, Sapto Hermawan. "Hambatan Penerapan Kebijakan Energi Terbarukan di Indonesia", Batulis Civil Law Review, 2022 Publication	<1 %
90	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet Source	<1 %

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off