

# TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA BERKAPASITAS 1300 VA  
DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYST**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**AFDAL AFDINSYAH TANJUNG**  
**1607220018**



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Afdal Afdinsyah Tanjung

NPM : 1607220018

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk  
Kebutuhan Rumah Tangga Berkapasitas 1300 Va Dengan  
Menggunakan Software Pvsyst

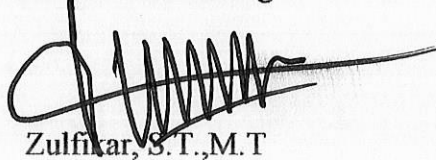
Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 September 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Zulfiyar, S.T.,M.T

Dosen Penguji I



Ir Abdul Azis Hutasuht, M.M

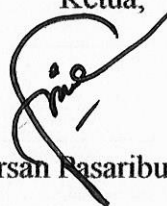
Dosen Penguji II



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Afdal Afdinsyah Tanjung  
Tempat /Tanggal Lahir : Pandan, 28 September 2023  
NPM : 1607220018  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Rumah Tangga Berkapasitas 1300 Va Dengan Menggunakan Software Pvsyst”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 September 2023

Saya yang menyatakan



Afdal Afdinsyah Tanjung

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA BERKAPASITAS 1300 VA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYST**

**AFDAL AFDINSYAH TANJUNG  
1607220018**

Pada penggunaan panel surya, dibutuhkan beberapa perangkat pendukung yang berfungsi untuk melancarkan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya hingga sampai ke beban. Salah satunya adalah baterai, naterai sangat berperan penting dalam rancangan panel surya. Dikarenakan baterai berfungsi sebagai alat penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya sebelum disalurkan ke beban. Ada berbagai jenis baterai, dan berbagai jenis pula kapasistas (Kemampuan penyimpanan) baterai tersebut. Namun, baterai adalah alat yang sangat rentan akan kerusakan. Hal yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai antara lain adalah baterai terus diisi sementara baterai dalam keadaan penuh, kemudian pengisian baterai terlalu rendah tidak sesuai dengan kapasitas baterai. 2 hal ini yang sering sekali membuat umur baterai menjadi tidak lama atau cepat rusak. Setelah melakukan perhitungan terhadap beban rumah dengan kapasitas 1300 VA yang ada pada lokasi penelitian. Adapun beban yang digunakan adalah sebesar 7.230 Wh/hari dimana lonjakan beban pada rumah berkapasitas 1300 VA terjadi mulai pukul 15.00 sampai dengan 20.00. Untuk mensuplai beban yang ada setelah dilakukan perhitungan manual penentuan kapsitas PLTS, maka dibutuhkan sebesar 1.986 Wp setelah dikalikan dengan rugi – rugi sistem sebesar 25%. Dan membutuhkan 20 unit panel dengan masing – masing kapastias panel 100 Wp kemudian baterai yang dubutuhkan adalah 10 unit dengan kapastias 1 kWh/unit. Dari hasil perencanaan menggunakan software PVSyst dapat dilihat untuk mensuplai daya pada rumah berkapasitas 1300 VA maka digunakan Panel surya sebanyak 20 Modul berkapastias 100 Wp. Dimana luas area yang dibutuhkan adalah sebesar 13,4 m2 hanya untuk instalasi panel surya (belum termasuk instalasi baterai)

**Kata Kunci : 1300 VA, PLTS, Energi Baru Terbarukan, PVSyst**

## **ABSTRACT**

### **PLANNING ANALYSIS OF SOLAR POWER GENERATION FOR HOUSEHOLD REQUIREMENTS WITH CAPACITY OF 1300 VA USING PVSYST SOFTWARE**

AFDAL AFDINSYAH TANJUNG  
1607220018

*When using solar panels, several supporting devices are needed to smooth the current and voltage generated by the solar panels to the load. One of them is the battery, the battery plays an important role in the design of solar panels. This is because the battery functions as a storage device for energy generated by solar panels before being distributed to the load. There are different types of batteries, and different types of capacities (storage capabilities) of these batteries. However, the battery is a tool that is very vulnerable to damage. Things that can cause damage to the battery include the battery being continuously charged while the battery is full, then charging the battery too low does not match the battery capacity. These 2 things often make the battery life not long or quickly damaged. After calculating the load on the house with a capacity of 1300 VA at the research location. The load used is 7,230 Wh/day where the spike in load on a house with a capacity of 1300 VA occurs from 15.00 to 20.00. To supply the existing load after manual calculations have been carried out to determine the PLTS capacity, it takes 1,986 Wp after multiplying it by 25% system losses. And requires 20 panel units with each panel capacity of 100 Wp then the battery needed is 10 units with a capacity of 1 kWh/unit. From the planning results using the PVSyst software, it can be seen that to supply power to a house with a capacity of 1300 VA, 20 modules with a capacity of 100 Wp are used. Where the required area is 13.4 m<sup>2</sup> only for solar panel installation (not including battery installation)*

*Keywords: 1300 VA, PLTS, Renewable Energy, PVSyst*

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA BERKAPASITAS 1300 VA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua saya Paaluddin Tanjung dan Nurhani Siregar yang selalu mendo'akan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Dosen Pembimbing bapak Zulfikar S.T., M.T., yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Ayu Rahmadhani S.E., yang selalu memberi saya dukungan semangat.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Satu Angkatan.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah SWT , kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan,29 September 2023

Afdal Afdinsyah Tanjung  
1607220018

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Cahaya	8
2.1.1. Sumber dari cahaya	14
2.1.2. Sifat – sifat cahaya	15
2.1.3. Refleksi Cahaya	16
2.2. Intensitas Cahaya	16
2.3. Iklim	19
2.4. Panel Surya ( <i>Solar Cell</i> )	22
2.4.1. Semikonduktor Solar Cell	33
2.4.2. Proses Konversi Solar Cell	33
2.4.3. Jenis – Jenis Solar Cell	40
2.5. <i>Solar Charger Controller</i>	43
2.6. Baterai	45



2.6.1.	Jenis – Jenis Baterai	45
2.6.2.	Kontruksi Baterai	48
2.6.3.	Prinsip Kerja Baterai	49
2.7.	Inverter	49
2.7.1.	Prinsip Kerja Inverter	50
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>53</b>
3.1	Waktu dan Tempat	53
3.1.1.	Waktu	53
3.1.2.	Tabel Jadwal Penelitian	53
3.1.3.	Tempat	53
3.2	Diagram Blok PLTS	54
3.3	Bagan Alir Penelitian	55
3.4	Metode Pengumpulan Data	56
3.5	Metode Pengolahan Data	56
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	<b>57</b>
4.1.	Data Total Beban	57
4.2.	Penentuan Kapasitas PLTS	60
4.3.	Simulasi Pada PVSyst	63
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>74</b>
5.1.	Kesimpulan	74
5.2.	Saran	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi Surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau solar cell sejak tahun 1970- an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir. Sel surya juga mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. 2 Photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu.

Indonesia berada di garis katulistiwa yang membuat kepulauan ini disinari oleh cahaya matahari selama 10 sampai 12 jam perharinya. Pemanfaatan sumber energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis ini, hanya saja dalam 10 atau 12 jam tidak semuanya dalam keadaan cerah, terkadang cuaca sering kali tidak stabil dalam

optimal dalam satu hari bahkan tidak akan mencapai 10 jam penuh, oleh karena itu dibutuhkan data rata-rata dan berapa lama optimalnya penyerapan energi matahari yang maksimal dalam setiap harinya untuk perencanaan beban yang akan di pasang agar penggunaan listrik optimal dan tidak terjadi pemadaman atau pengosongan baterai yang terlalu cepat dikarenakan beban yang terpasang yang terlalu berlebihan.

Berdasarkan catatan sejarah, teknologi panel surya bahkan sudah ada di abad ke-18, tepatnya pada tahun 1839 seorang ahli fisika asal Perancis bernama Alexandre Edmund Becquerel pertama kali mencetuskan teknologi panel surya. Awalnya teknologi panel surya pertama kali dicetuskan oleh beliau melalui percobaan penyinaran dua elektroda menggunakan berbagai spektrum cahaya yang menghasilkan efek Photovoltaic. Photovoltaic (Photo = cahaya dan voltaic = tegangan listrik) merupakan proses pembentukan energi listrik dari energi cahaya. Namun pada saat itu, jumlah energi listrik yang dihasilkan terlalu sedikit dan mudah habis. Sampai saat ini teknologi sangat dibutuhkan ditengah – tengah masyarakat terutama di Indonesia sebagai negara yang di lewati garis katulistiwa.

Pada penggunaan panel surya, dibutuhkan beberapa perangkat pendukung yang berfungsi untuk melancarkan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya hingga sampai ke beban. Salah satunya adalah baterai, naterai sangat berperan penting dalam rancangan panel surya. Dikarenakan baterai berfungsi sebagai alat penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya sebelum disalurkan ke beban. Ada berbagai jenis baterai, dan berbagai jenis pula kapasistas (Kemampuan penyimpanan) baterai tersebut. Namun, baterai adalah alat yang sangat rentan akan

kerusakan. Hal yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai antara lain adalah baterai terus diisi sementara baterai dalam keadaan penuh, kemudian pengisian baterai terlalu rendah tidak sesuai dengan kapasitas baterai. 2 hal ini yang sering sekali membuat umur baterai menjadi tidak lama atau cepat rusak.

Untuk menentukan suatu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) maka dibutuhkan perencanaan awal yang harus dilakukan yang disesuaikan dengan kebutuhan beban yang akan disuplai. Maka penulis mengambil judul “ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA BERKAPASITAS 1300 VA MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY” untuk mengetahui kapasitas PLTS yang dibutuhkan untuk mensuplai beban yang telah ada.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Berapa total beban terpasang pada rumah dengan kapasitas listrik 1300 VA?
2. Berapa kapasitas PLTS yang dapat mensuplai beban rumah dengan kapastias 1300 VA dengan aplikasi PVSyst?

## **1.3. Ruang Lingkup**

Karena luasnya permasalahan, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman.

Adapun hal-hal yang akan dibatasi dalam tugas sarjana ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui total beban terpasang pada rumah dengan kapasitas listrik sebesar 1300 VA.
2. Mengetahui kapasitas PLTS yang dapat mensuplai beban rumah tangga dengan kapasitas 1300 VA dengan aplikasi PVSyst

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung total beban terpasang pada rumah dengan kapasitas listrik sebesar 1300 VA
2. Menganalisis kapasitas PLTS yang dapat mensuplai beban rumah dengan kapasitas 1300 VA dengan aplikasi PVSyst

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah

1. Mengetahui proses penghitungan beban yang ada pada rumah tangga
2. Mengetahui tentang perencanaan pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan software PVSyst

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka Relevan**

Penelitian tentang panel surya atau *solar cell* telah banyak dilakukan terkhusus di Indonesia. Ada berbagai macam jenis penelitian, mulai dari merancang alat, membandingkan atau bahkan ada yang membuat panel surya dengan ide sendiri. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Rofifah 2020) menurutnya cadangan bahan bakar minyak dan batubara sebagai energy primer pembangkit listrik yang dimiliki oleh perusahaan listrik Negara mulai menipis serta besarnya subsidi pemerintah untuk energy listrik mendorong wacana peraturan terkait naiknya tarif dasar listrik pada tahun 2013. Penggunaan energy terbarukan merupakan alternative untuk mengurangi permintaan energy ke PLN dan pengoptimalan potensi alam.

Sel surya merupakan teknologi yang mengubah cahaya matahari menjadi energy listrik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran pada sebuah panel sel surya. Metode penelitian ini adalah pengukuran intensitas matahari secara real dan pengukuran daya keluaran panel sel surya tersebut, adapun bahan yang digunakan adalah lumen meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari, multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, battery charge regulator dengan kapasitas 10 A, Panel sel surya dengan kapasitas 100 Wp, dan battery 7 Ah. Pengujian dilakukan selama 6 hari, setiap hari pengujian dimulai dari jam 07.00 – 18.00. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi antara jam 11.00 – 13.00 dengan nilai intensitas cahaya matahari sebesar 99.900 lux – 115.800 lux,

sel surya tertinggi sebesar 15,53 watt dengan intensitas cahaya matahari terukur 115.800 lux.

Kemudian pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Yossie, 2017) pada penelitian ini penulis membuat prototype pembangkit listrik tenaga surya. Dimana sebagai sebuah bentuk penghematan energi listrik pada penerangan taman. Penghematan energi listrik dilakukan dengan cara memanfaatkan solar cell dan lampu LED yang dioperasikan dengan sistem kontrol. Metode yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah metode rancang bangun. Langkah-langkah metode rancang bangun adalah analisis, perancangan, pembuatan dan pengujian. Perancangan perangkat keras terdiri dari solar cell, battery Li-Po, tombol seting, pengolah data ATmega16, dan LCD monitor. Tombol seting digunakan untuk memilih menu dan memasukkan nilai seting yang berupa waktu sesungguhnya untuk pengoperasian lampu nyala dan mati. Solar cell sebagai sensor cahaya dan pengkonversi energi matahari ke energi listrik yang kemudian disimpan ke dalam battery Li-Po. LCD menampilkan besar tegangan solar cell dan waktu untuk pengoperasian lampu. Berdasarkan Hasil pengujian pada alat menunjukkan hasil sesuai perencanaan. Battery dapat bertahan selama 14 jam ketika semua beban aktif (ON), sedangkan pengisian (charging) battery selama 13 jam ketika battery dalam keadaan benar-benar kosong.

Ada juga penelitian yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya yang akan digunakan pada lampu lalu lintas, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Siregar, Evalina, and Haq 2021) dimana Penelitian ini bertujuan mengembangkan inovasi teknologi pembangkit listrik bersumber dari energi matahari. Pengkonversi

energi matahari menjadi energi listrik menggunakan fotovoltaik atau sel surya. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam sebuah baterai. Manfaat dari penelitian untuk memberdayakan energi matahari secara optimal sebagai sumber energi listrik pada lampu pengatur lalu lintas. Berdasarkan percobaan dari satu modul surya 50 Wp diperoleh kuat arus pada sel surya dan kuat arus yang mengalir ke dalam baterai yang berfluktuatif besarnya. Energi listrik yang dihasilkan dari penyinaran sinar matahari selama 6 jam mampu menyalakan 4 buah lampu dengan total daya 30 watt selama 16 jam. Diharapkan dari hasil riset ini dapat diadakan penelitian lanjutan mengenai teknologi pengukuran secara realtime agar dapat memonitoring potensi energi sepanjang musim.

Selanjutnya ada yang melakukan penelitian tentang menggunakan pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran yang jelas mengenai efisiensi penggunaan Panel Surya sebagai sumber energi alternatif jika dibandingkan dengan penggunaan generator/Genset sebagai sumber energi untuk peralatan listrik. Dalam penelitian ini, digunakan Panel Surya dengan kapasitas 100 WP, yang mana energy yang dihasilkan Panel Surya tersebut kemudian disimpan dalam baterai (accu) dengan kapasitas 12 volt 70 Ah. Energi listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya tersebut masih berupa energi listrik dengan tegangan searah. Oleh karena kebanyakan peralatan listrik yang ada menggunakan tegangan bolak-balik, maka diperlukan sebuah inverter untuk mengubah tegangan searah yang dihasilkan oleh Panel Surya menjadi tegangan bolak balik. Inverter yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 2000 watt sebagai pengubah tegangan



DC 12 volt ke AC 220 vol, yang kemudian akan digunakan sebagai sumber energi listrik untuk peralatan listrik yang berupa blender dan lampu listrik. (Purwoto, 2018)

Menurut (Noorly, Faisal, Abdul. 2021) Panel surya 200 Wp dari hasil penelitian, mampu menghasilkan arus searah tegangan dari photovoltaic yang akan dibebankan ke baterai oleh solar charge controller, baterai akan mengirimkan tegangan arus searah ke inverter yang diubah menjadi tegangan arus bolak-balik sebesar 220 volt sebagai sumber energi pada beban, tegangan jatuh pada beban kipas lebih besar dari tegangan jatuh pada solder dan lampu LED, Efisiensi inverter digunakan dari hasil pengujian yang rendah, karena rugi-rugi daya pada inverter, hal ini dapat memperpendek umur peralatan listrik yang digunakan.

## **2.2. Cahaya**

Energi dalam bentuk gelombang elektro magnetic yang dapat dilihat dengan mata telanjang yang memiliki panjang gelombang 380 dan 750 nm disebut dengan cahaya. Cahaya adalah partikel yang disebut foton. Dimana foton adalah medan elektromagnetik kuantum yang berinteraksi dengan electron dan inti. Didalam kamus besar Bahasa Indonesia, Cahaya diartikan sebagai sinar atau terang (dari sesuatu yang bersinar seperti matahari, bulan, lampu) yang memungkinkan mata menangkap bayangan benda-benda disekitarnya.

Menurut Pamungkas, Dkk (2015) cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat dengan mata. Suatu sumber cahaya memancarkan energi, sebagian energi ini diubah menjadi cahaya tampak (visible light). Perambatan cahaya di ruang bebas dilakukan oleh gelombang elektromagnetik. Menurut Suharyanto, dkk (2009)

Panjang gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat manusia yaitu 380-750 nm. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Intensitas cahaya dengan satuan lux ( $1 \text{ lm/m}^2$ ), dimana lm adalah lumens atau lux cahaya. Sifat-sifat cahaya sebagai berikut :

1. Cahaya dapat merambat lurus
2. Cahaya dapat dipantulkan
3. Cahaya dapat menembus benda bening
4. Cahaya dapat dibiaskan
5. Cahaya dapat diuraikan

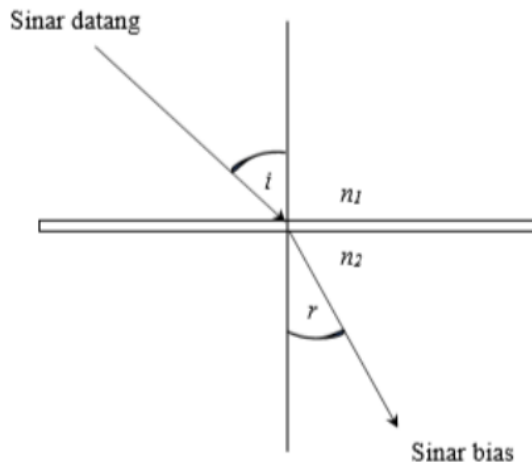
Menurut Lasmi (2008) pemantulan cahaya dibedakan menjadi 2 sebagai berikut :

1. Pemantulan difus atau pemantulan baur, merupakan pemantulan ke segala arah yang terjadi karena berkas sinar datang jauh pada permukaan yang tidak rata. Pemantulan ini dapat menyilaukan mata.
2. Pemantulan teratur, merupakan pemantulan yang terjadi sinar datang jatuh pada permukaan halus atau rata. Cahaya yang dipantulkan ke satu arah dan pemantulan ini menyejukkan mata.

Jarak terdekat cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia normal yaitu 25 cm dan jarak terjauh yang dapat dilihat bernilai tak terhingga. Pada saat ini cahaya yang digunakan untuk penerangan adalah cahaya matahari dan energi listrik.

Hukum Snellius tentang pembiasan :

1. Sudut datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang sama dengan sudut pantul ( $i = r$ )



Gambar 2.1 Pembiasan Cahaya

Dimana,  $i$  = sudut datang dan  $r$  = sudut bias  $n_1$  dan  $n_2$  = indeks bias medium 1 dan 2. Menurut Tim Edukasi HTS (2013) interferensi cahaya merupakan gabungan dua gelombang lebih. Semakin tinggi nilai interferensi cahaya maka semakin tinggi nilai intensitas cahaya yang dihasilkan. Maka dari itu untuk mengamati sebuah nilai intensitas cahaya dari sebuah cahaya perlu dilakukan di tempat yang gelap. Menurut Kep Men Kes No. 1405 tahun 2002 tentang persyaratan kesehatan lingkungan kerja perkantoran dan industri menjelaskan bahwa “pencahayaan adalah jumlah penyinaran pada suatu bidang kerja yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan secara efektif.” Aturan penggunaan lampu utama pada sepeda motor dijelaskan dalam pasal 24 PP No.55 Tahun 2012, poin No.2 dan No.3 yaitu: (2) “Untuk sepeda motor harus dilengkapi dengan lampu utama dekat dan lampu utama jauh paling banyak dua buah dan dapat memancarkan cahaya paling sedikit 40 (empat puluh) meter ke arah depan untuk lampu utama dekat dan 100 (seratus) meter ke arah depan untuk lampu jauh”.

(3) “Apabila sebuah sepeda motor dilengkapi dengan jumlah lampu utama lebih dari 1 (satu) maka lampu utama jarak dekat dan jarak jauh harus dipasang berdekatan”. Tata cara pengaturan pencahayaan agar memenuhi persyaratan kesehatan perlu dilakukan tindakan sebagai berikut: (Kep Men Kes No.1405 tahun 2002)

1. Pencahayaan dari alam atau dibuat oleh manusia diusahakan agar tidak menimbulkan kesilauan juga memiliki intensitas cahaya yang sesuai dengan penggunaannya.
2. Kontras cahaya harus sesuai dengan kebutuhan, hindari untuk mengakibatkan kesilauan atau bayangan.
3. Ruangan kerja yang menggunakan peralatan berputar dianjurkan untuk tidak menggunakan lampu neon.
4. Penempatan bola lampu dapat menghasilkan penyinaran yang optimum dan bola lampu sering dibersihkan.
5. Bola lampu yang mulai tidak berfungsi dengan baik segera diganti.

Menurut penelitian yang dilakukan Padmanaba (2006) pencahayaan dapat dibagi menjadi dua, diantaranya :

a. Penerangan Alami

Cahaya matahari merupakan penerangan alami dengan pancaran cahaya yang sangat kuat namun tergantung dengan musim, tempat dan jam. Penerangan ini memiliki kelebihan yaitu dapat membunuh bakteri dan juga sangat efisien. Untuk memperoleh pancaran cahaya secara maksimal pada suatu ruangan maka diperlukan jendela atau kaca dengan ukuran minimal  $\frac{1}{6}$  dari ruangan.

Penerangan ini kurang cukup efektif dibandingkan penerangan buatan dikarenakan pancaran matahari ini dapat berubah-ubah.

b. Penerangan Buatan

Cahaya yang dihasilkan dari penerangan ini berasal dari elemen buatan manusia. Kualitas dan kuantitas yang dikeluarkan sangat bervariasi tergantung jenis. Penerangan ini dibutuhkan apabila suatu tempat sangat minim penerangan dari pancaran cahaya matahari atau saat menggunakan cahaya matahari belum mencukupi.

Apabila suatu cahaya memiliki nilai intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kelelahan pada mata, Menurut Nugroho (2009) berikut beberapa faktornya antara lain:

1. Faktor Usia

Seiring dengan penambahan usia, hal ini menyebabkan lensa pada mata lambat laun akan mengalami penurunan elastisitas. Sehingga akan mengalami gangguan penglihatan pada jarak dekat dan jarak jauh. Gangguan ini dapat mengakibatkan ketidaknyamanan ketika melihat dan melakukan suatu kegiatan. Faktor ini biasanya terjadi pada rentang umur 40 tahun.

2. Faktor Silau

Silau merupakan respons mata yang berlebihan yang diakibatkan sinar berlebihan yang ditangkap oleh retina.

3. Ukuran Pupil

Ukuran pupil diatur oleh otot mata iris, sesuai dengan jumlah sinar yang diterima oleh retina. Pada saat mata memfokuskan suatu objek yang dekat maka ukuran lubang pupil akan mengecil.

#### 4. Riwayat penyakit

Riwayat penyakit mempunyai peranan penting dalam pengambilan langkah diagnosa untuk berbagai penyakit, tidak terkecuali mata. Faktor kronologi dan deskriptif juga diperlukan untuk diagnosa riwayat penyakit. Biasanya dilakukan proses tanya jawab kepada penderita juga agar mempercepat fase penyembuhan.

#### 5. Jenis kegiatan

Kegiatan yang mengakibatkan kelelahan pada mata sangat bervariasi, kelelahan tersebut dapat ditimbulkan akibat suatu pekerjaan atau rutinitas keseharian karena setiap kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan membutuhkan intensitas penerangan yang berbeda-beda.

Jenis cahaya yang merambat dapat dideteksi dengan mengamati cahaya pada kendaraan bermotor yang kita gunakan. Garis rambat cahaya ini disebut cahaya. Karena sifat cahaya ini yang merambat lurus kedepan, manusia dapat menggunakan cahaya untuk berbagai keperluan seperti senter, lampu, dll. Cahaya bias menembus benda bening

Benda transparan dapat ditransmisikan oleh cahaya. Objek transparan ini dapat diterima oleh semua cahaya yang diterimanya. Contoh benda bening adalah

gelas,air bening,kaca bening, dll. Berdasarkan intrusi cahaya yang bias dipindahkan, benda dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

- a) Benda transparan
- b) Benda translusens (hanya sebagai cahaya yang dapat diterima)
- c) Benda buram (benda yang tidak dapat ditembus cahaya)

Cahaya adalah termasuk gelombang elektromagnetik dalam fisika. Gelombang cahaya dapat dipantulkan, refleksi cahaya terjadi ketika cahaya menyerang area pantulan.

Refleksi teratur adalah refleksi yang menghasilkan sinar paralel dari cahaya yang dipantulkan. Refleksi teratur terjadi ketika cahaya mengenai benda dengan permukaan datar atau mengkilap. Cermin adalah objek yang dapat memantulkan cahaya dengan sempurna. Objek yang dibuat dengan refleksi biasa sangat bagus dan sesuai dengan objek aslinya.

Refleksi menyebar adalah refleksi yang menciptakan sinar cahaya ke segala arah dan tidak teratur. Refleksi menyebar biasanya terjadi ketika cahaya menyerang objek yang dipantulkan dengan permukaan yang tidak rata, bergelombang dan kasar. Contoh reflektifitas difus atau menyebar adalah cahaya yang dipantulkan oleh gelombang air dan membentuk objek yang tidak terlihat seperti aslinya.

### **2.2.1.Sumber dari Cahaya**

Objek yang dapat memancarkan cahaya disebut sumber cahaya. Ada dua jenis cahaya berdasarkan sumbernya, yaitu :

1. Cahaya yang berasal dari objek itu sendiri (matahari,lilin,lampu,senter,dll)

2. Cahaya yang terpancar dari objek karena cahaya yang dipantulkan dari sumber cahaya utamanya. (Guru Arrasyid,2019)

### **2.2.2. Sifat – sifat cahaya**

#### **1. Cahaya Lurus**

Jenis cahaya yang merambat dapat dideteksi dengan mengamati cahaya pada kendaraan bermotor yang kita gunakan. Garis rambat cahaya ini disebut cahaya. Karena sifat cahaya ini yang merambat lurus kedepan, manusia dapat menggunakan cahaya untuk berbagai keperluan seperti senter, lampu, dll. (Guru Arrasyid,2019)

#### **2. Cahaya bias menembus benda bening**

Benda transparan dapat ditransmisikan oleh cahaya. Objek transparan ini dapat diterima oleh semua cahaya yang diterimanya. Contoh benda bening adalah gelas,air bening,kaca bening, dll. Berdasarkan intrusi cahaya yang bias dipindahkan, benda dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

- d) Benda transparan
- e) Benda translusens (hanya sebagai cahaya yang dapat diterima)
- f) Benda buram (benda yang tidak dapat ditembus cahaya)

#### **3. Cahaya bias dipantulkan**

Cahaya adalah termasuk gelombang elektromagnetik dalam fisika. Gelombang cahaya dapat dipantulkan, refleksi cahaya terjadi ketika cahaya menyerang area pantulan.



### **2.2.3. Refleksi cahaya**

#### **1. Refleksi teratur**

Refleksi teratur adalah refleksi yang menghasilkan sinar paralel dari cahaya yang dipantulkan. Refleksi teratur terjadi ketika cahaya mengenai benda dengan permukaan datar atau mengkilap. Cermin adalah objek yang dapat memantulkan cahaya dengan sempurna. Objek yang dibuat dengan refleksi biasa sangat bagus dan sesuai dengan objek aslinya.

#### **2. Refleksi yang menyebar**

Refleksi menyebar adalah refleksi yang menciptakan sinar cahaya ke segala arah dan tidak teratur. Refleksi menyebar biasanya terjadi ketika cahaya menyerang objek yang dipantulkan dengan permukaan yang tidak rata, bergelombang dan kasar. Contoh reflektifitas difus atau menyebar adalah cahaya yang dipantulkan oleh gelombang air dan membentuk objek yang tidak terlihat seperti aslinya.

### **2.3. Intensitas Cahaya**

Intensitas cahaya adalah kuantitas fisik utama yang menunjukkan kekuatan sumber cahaya dalam arah tertentu per unit sudut. Symbol untuk intensitas cahaya adalah  $I$  (huruf kapital).

Defenisi standar untu 1 candela adalah intensitas cahaya dalam arah tertentu dari sumber cahaya dengan frekuensi  $540 \times 10^{12}$  Hz dengan intensitas radian dalam arah  $1/1682$  watt per steradian. Biasanya intensitas cahaya diukur dengan alat yang bernama lux meter.



Gambar 2.1. Lux Meter (Guru Arrasyid,2019)

Lux meter merupakan sebuah alat yang mampu mengetahui serta mengukur seberapa besar intensitas cahaya yang berada pada suatu tempat. Adapun jenis – jenis lux meter yaitu :

a. Lux meter Analog

Lux meter analog ini menggunakan dua skala untuk mengetahui besarnya suatu intensitas cahaya. Terdapat kisaran skala 60 yang terletak diatas, kemudian skala 60 untuk yang terletak dibawah. Skala tersebut merupakan penentu besar kecilnya intensitas cahaya yang keluar bergantung pada skala yang digunakan.

b. Lux meter digital

Lux meter digital ini lebih banyak digunakan dikalangan masyarakat, karena alat ini dinilai lebih cepat dan praktis. Terdapat tiga range yang berbeda pada skala

pengukurannya, yakni A, B, dan C. *Range* yang digunakan akan berpengaruh pada pengukuran cahaya yang akan dihasilkan.

Sesuai dengan namanya, lux meter berfungsi sebagai pengukur intensitas cahaya yang tersebar dalam suatu tempat. Penciptaan alat ini dilatar belakangi oleh kesadaran kebutuhan cahaya yang berbeda – beda ditiap ruangan. Hal tersebut karena mata harus dengan jelas menangkap segala hal dengan baik yang nantinya digunakan untuk menunjang aktifitas kerja.

Adapun bagian – bagian dari Lux meter Antara lain :

a. Layar Panel

Layar panel yang terdapat di dalam alat ukur ini memiliki ukuran persegi yang tidak terlalu lebar. Fungsinya adalah untuk menampilkan hasil pengukuran yang sudah dilakukan menggunakan skala. Semakin besar angka yang muncul menandakan semakin besar pula cahaya yang ada di tempat tersebut, begitu juga sebaliknya semakin kecil angka yang muncul maka semakin kecil pula cahaya yang berada dalam tempat yang diukur.

b. Tombol off/on

Setiap alat tentunya memiliki tombol off/on yang berfungsi untuk bisa menghidupkan dan mematikan, sehingga penggunaannya juga dapat lebih diatur. Selain itu, dengan adanya tombol dapat berguna untuk menghemat baterai yang ada pada alat tersebut, dan nantinya sama saja dengan menghemat listrik.

c. Tombol *range*

Tombol *range* adalah salah satu komponen yang sangat penting untuk digunakan dalam proses pengukuran. Hal itu dikarenakan tombol inilah yang nantinya akan menentukan jangkauan pengukuran hingga sebesar apa.

d. *Zero Adjust VR*

Pada bagian ini berfungsi untuk mengatasi masalah alat yang berkaitan dengan pembagian tanda skala. Apabila terjadi error, *Zero adjust VR* mampu mengembalikannya seperti semula, namun artinya kita juga harus mengulang kembali proses pengukuran dari awal.

e. Sensor cahaya

Bagian yang satu ini memiliki peran yang paling penting karena digunakan untuk menangkap cahaya yang hendak diukur. Oleh karena itu pastikan untuk merawatnya dengan baik karena biasanya sensor cahaya tersebut memiliki layar yang sangat sensitif. Selain itu, jangan lupa juga untuk rutin membersihkannya menggunakan tisu atau kapas, dan pastikan agar tidak terkena air.

## **2.4. Iklim**

Iklim merupakan suatu sintesis kejadian-kejadian cuaca selama kurun waktu yang panjang, yang secara statistik cukup dapat dipakai untuk menunjukkan nilai statistik (World Climate Conference, 1979). Nilai statistik yang dimaksudkan antara lain nilai rata-rata, variasi, peluang nilai ekstrim, dan lain-lain, dimana kondisi tersebut berbeda dengan keadaan yang ditunjukkan pada setiap saatnya (Wirjohamidjojo, 1988). Iklim suatu tempat merupakan keadaan keseimbangan antara

semua unsur berbagai komponen sistem iklim pada suatu kondisi masukan tertentu kepada sistem iklim ditempat tersebut. Iklim di bumi sangat dipengaruhi oleh kesetimbangan panas di bumi. Peningkatan suhu ini diperkirakan juga akan memicu perubahan dalam banyak aspek dari cuaca seperti pola angin, energi konveksi, jumlah, tipe dan frekuensi hujan serta frekuensi kejadian cuaca ekstrim. (Evalina et al. 2021)

Perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan pada iklim yang dipengaruhi langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer, yang akan memperbesar keragaman iklim teramati pada periode yang cukup panjang (Trenberth, Houghton & Filho, 1995). Perubahan iklim memiliki pengertian yang merujuk pada variasi signifikan secara statistik terhadap kondisi rata-rata iklim maupun variabilitasnya. Ada beberapa teori yang menjelaskan tentang perubahan iklim. Namun, teori yang paling ilmiah adalah Teori Karbondioksida. Teori ini menjelaskan bahwa, karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang berada di atmosfer berlaku sebagai rumah kaca. CO<sub>2</sub> menyerap radiasi gelombang panjang dari permukaan bumi, yakni pada panjang gelombang 4-5  $\mu$  dan spektrum yang terletak pada rentang 12-18  $\mu$ . Akibatnya peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam atmosfer yang terus-menerus menyebabkan peningkatan suhu atmosfer bumi dan mengurangi radiasi bumi yang seharusnya menghilang ke angkasa (Siregar et al. 2021)

Angin dapat terjadi jika pada suatu saat terjadi perbedaan tekanan udara pada arah mendatar, maka akan terjadi gerakan perpindahan masa udara dari tempat dengan tekanan udara yang tinggi ke tempat dengan tekanan udara yang rendah (Soepangkat, 1994). Gerakan arus angin jarang sekali dapat berlangsung dalam

keadaan rata atau halus. Umumnya gerakan angin akan terganggu oleh adanya turbulensi dalam berbagai bentuk dan ukuran yang berkembang dan saling mengganggu dengan arah dan gerakannya. Dekat pada permukaan bumi, turbulensi ini terutama sebagai akibat gesekan antara udara yang bergerak dengan permukaan bumi yang umumnya tidak rata yang di dalam udara akan menimbulkan eddy dan dibarengi ketenangan dan hembusan yang keras

#### **2.4.1. Suhu Udara**

Suhu udara adalah ukuran energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul. Suhu suatu benda ialah keadaan yang menentukan kemampuan benda tersebut, untuk memindahkan (transfer) panas ke benda-benda lain atau menerima panas dari benda-benda lain. Dalam sistem dua benda, benda yang kehilangan panas dikatakan benda yang bersuhu lebih tinggi.



Gambar 2.2. Lux Meter Kompleks

(Guru Rasyid, 2017)

Suhu dapat didefinisikan secara mikroskopik berkaitan dengan gerakan molekul sedemikian rupa sehingga semakin besar kecepatan molekul makin tinggi suhunya. Secara mikroskopik suhu suatu benda dapat didefinisikan sebagai tingkat atau derajat kepanasan benda tersebut. Di banyak negara suhu dalam meteorologi dinyatakan dengan satuan yang derajat Celcius yang lambangnya OC. Untuk keperluan meteorologist satuan derajat Fahrenheit dengan lambing OF masih tetap digunakan, sedangkan untuk keperluan pertukaran pelaporan internasional secara resmi telah disepakati digunakan skala Celcius. Skala suhu OC dan OF masing-masing didefinisikan dengan menggunakan skala suhu Kelvin yang merupakan skala suhu dasar dalam ilmu pengetahuan (Soejitno, 1973). Adapun alat pengukur suhu juga dapat digunakan pada lux meter yang kompleks.

## 2.5. Panel Surya (*Solar Cell*)

*Solar cell* atau biasa disebut dengan panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai “cahaya listrik”. Sel surya bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi (E.Yusmiati, 2014)



Gambar 2.3. Solar Cell

(Martini, 2018)

Pada umumnya, panel surya merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki



ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (function) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif . Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negative (E.Yusmiati, 2014)

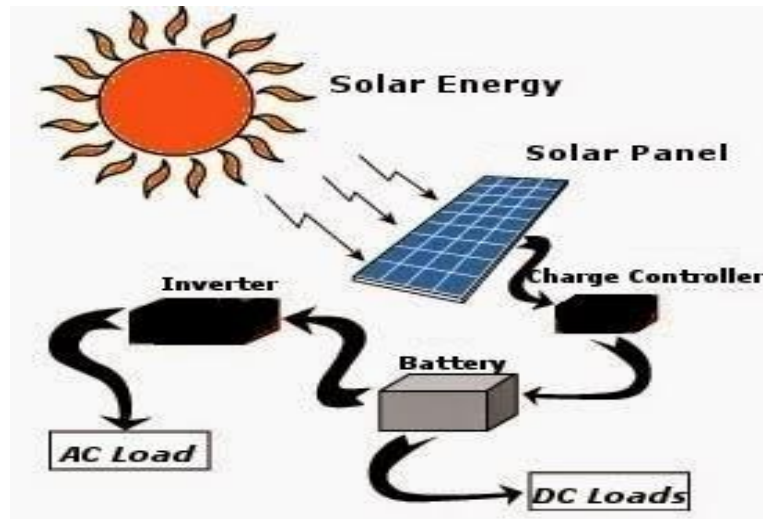
Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising, selain itu gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*green house gas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita.

Sistem sel surya yang dapat digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (*charge controller*), dan aki (baterai) 12 volt yang *maintenance fee*. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa

sel surya yang dihubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10.8 volt berarti sisa tegangan pada aki 2.2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutus pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik bila tegangan aki itu mencapai 12 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu. Rangkaian kontroler pengisian aki sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dipasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit sendiri. Kebanyakan sistem sel surya itu hanya dijual dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi lurus menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari, agar dapat terserap secara maksimum sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya.

Sebuah solar cells menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum).(Diantari Aita Retno, Erlina 2018) Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material *adhensive* transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan kemudian material anti-refleksi untuk menyerap

lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi-konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan magnet listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.



Gambar 2. 5 Sistem Instalasi Menggunakan PLTS

(Stefanie and Bangsa 2021)

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+) . (Stefanie and Bangsa 2021)

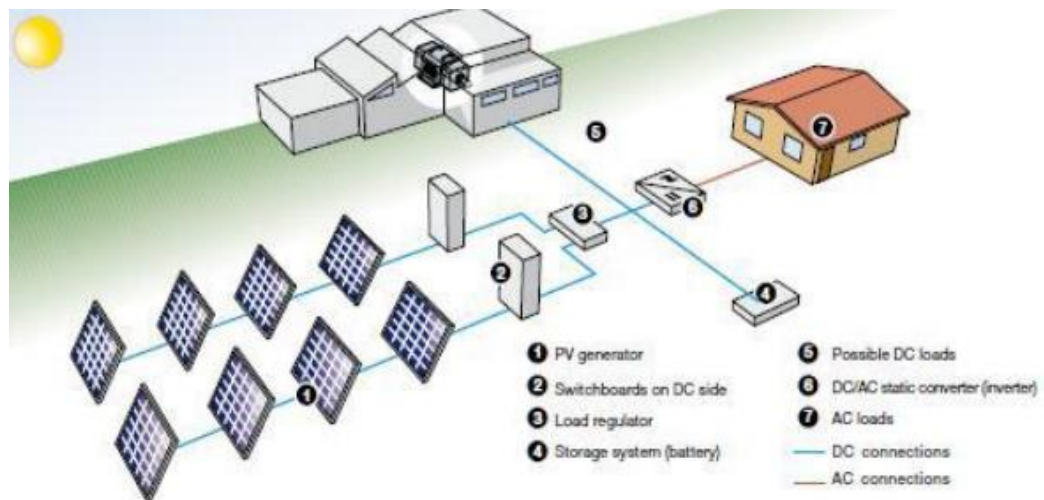
Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut. (Ramadhan, Diniardi, and Mukti 2016).

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (*Acceptor*) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type). Di persimpangan daerah positif dan negatif

(PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya dipersimpangan positif dan negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

#### A. PLTS Terpusat (Offgrid)

Stand alone PV system atau Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (PLTS Terpusat) merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Sistem PLTS terpusat disebut juga Stand Alone PV System yaitu sistem pembangkit yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian photovoltaic module untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan. Secara umum konfigurasi PLTS sistem terpusat dapat dilihat seperti gambar



Gambar 2.6 PLTS Offgrid

Prinsip kerja PLTS sistem terpusat dapat diuraikan sebagai berikut:

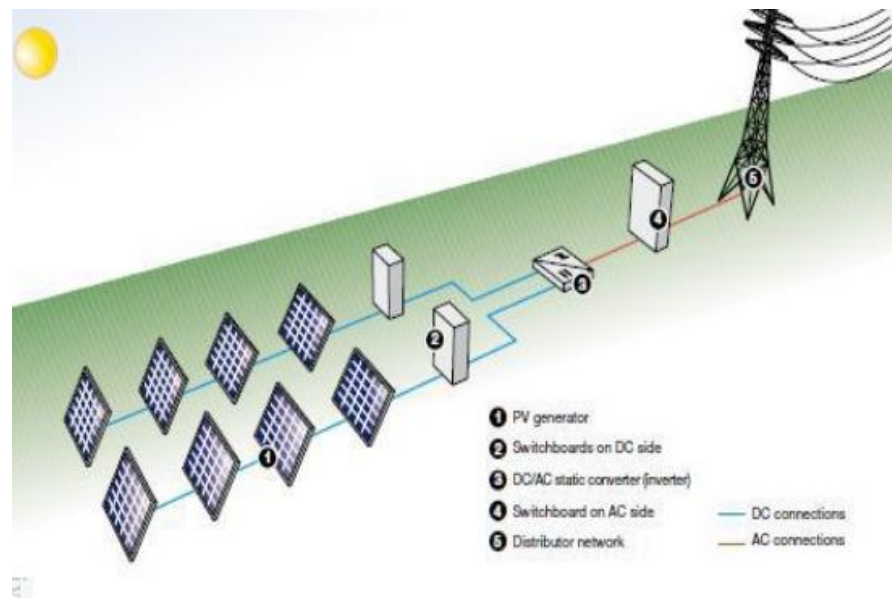
- a. Sumber energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya (PV) pada siang hari akan disimpan dalam baterai. Proses pengisian energi listrik dari PV ke baterai diatur oleh Solar Charge Controller agar tidak terjadi over charge. Besar energi yang dihasilkan oleh PV sangat tergantung kepada intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh PV dan efisiensi cell. Intensitas matahari maksimum mencapai  $1000 \text{ W/m}^2$ , dengan efisiensi cell 14% maka daya yang dapat dihasilkan oleh PV adalah sebesar  $140 \text{ W/m}^2$ .
- b. Selanjutnya energi yang tersimpan dalam baterai digunakan untuk menyuplai beban melalui inverter saat dibutuhkan. Inverter mengubah tegangan DC pada sisi baterai menjadi tegangan AC pada sisi beban

#### B. PLTS Terinterkoneksi (Ongrid)

Grid Connected PV System atau PLTS terinterkoneksi merupakan solusi Green Energi bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem ini menggunakan modul surya (photovoltaic module) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya. Sesuai namanya, grid connected PV, maka sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi PV untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin (ABB, 2010). Berdasarkan pola operasi sistem tenaga

listrik ini dibagi menjadi dua yaitu, sistem dengan penyimpanan (storage) atau disebut Grid-connected PV with a battery back up, menggunakan baterai sebagai cadangan dan penyimpanan tenaga listrik dan tanpa baterai atau disebut Grid-connected PV without a battery back up. Baterai pada PLTS On-grid berfungsi sebagai suplai tenaga listrik untuk beban listrik apabila jaringan mengalami kegagalan untuk periode tertentu dan sebagai suplai tenaga listrik ke jaringan listrik negara (PLN) apabila ada kelebihan daya listrik (excess power) yang dibangkitkan PLTS. Berdasarkan aplikasinya sistem ini dibagi menjadi dua yaitu, Grid-connected distributed PV dan Grid-connected centralized PV. Prinsip kerja PLTS sistem on-grid dapat diuraikan sebagai berikut:

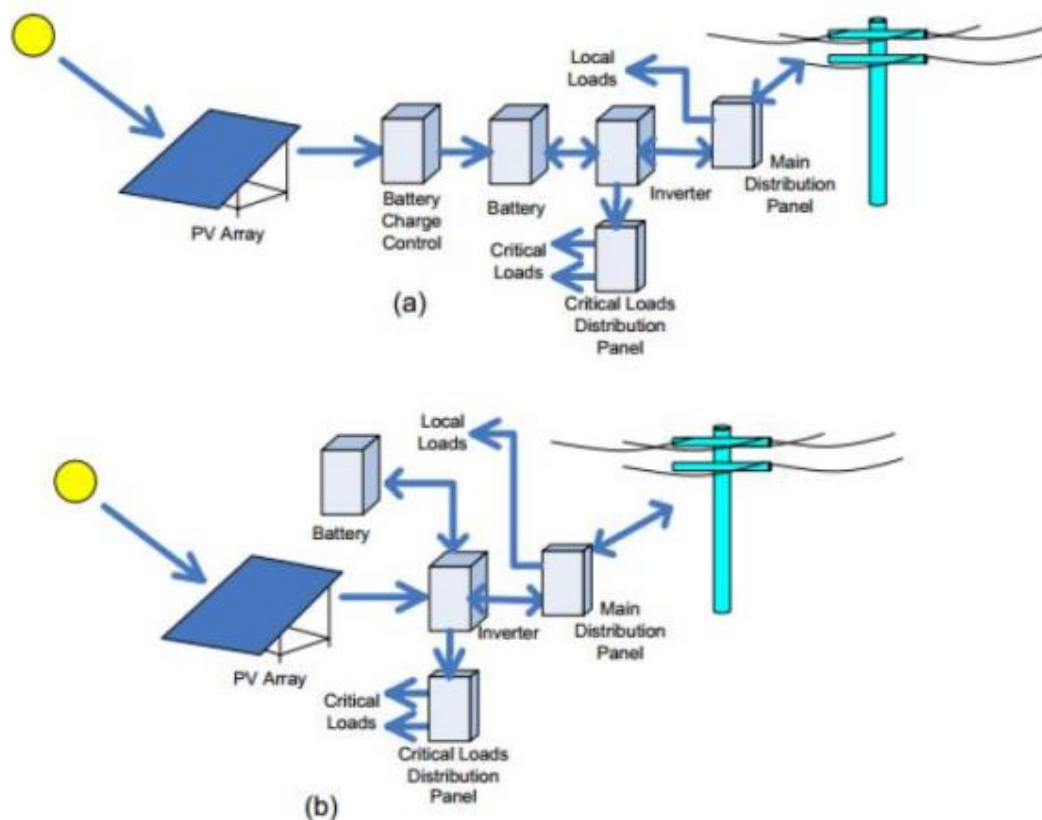
1. Pada siang hari, modul surya yang terpasang akan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Selanjutnya sebuah komponen yang II-6 disebut grid inverter merubah listrik arus DC tersebut dari PV menjadi listrik arus bolak-balik (AC) yang kemudian dapat digunakan untuk mensuplai berbagai peralatan rumah tangga. Jadi pada siang hari, kebutuhan energi listrik berbagai peralatan disuplai langsung oleh modul surya. Jika pada kondisi ini terdapat kelebihan energi dari PV maka kelebihan energi ini dapat dijual ke PLN sesuai kebijakan.
2. Pada malam hari atau jika kondisi cuaca mendung maka peralatan akan disuplai oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini tetap terkoneksi dengan jaringan PLN.



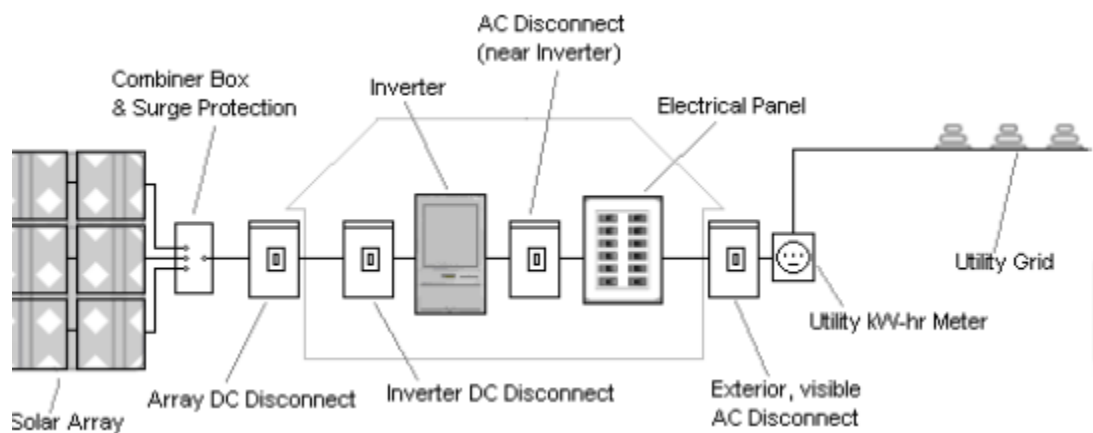
Gambar 2.7 PLTS On Grid

Selain itu sistem PLTS on-grid ini dapat menggunakan baterai sebagai cadangan atau backup energi. Sistem ini disebut sebagai grid connected PV system with battery backup. Sistem ini berfungsi sebagai backup energi listrik untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan-peralatan elektronik. Jika suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN (pemadaman listrik) maka peralatan-peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal dalam jangka waktu tertentu tanpa adanya gangguan.





Gambar 2.8 Sistem PLTS Grid Connection



Gambar 2.9 Konfigurasi Grid Sistem

Dengan baterai back-up memiliki keunggulan dalam pemenuhan kebutuhan

listrik. Namun, menambahkan baterai ke sistem dilengkapi dengan beberapa kelemahan yang harus di pertimbangkan terhadap keuntungannya. Kerugian ini antara lain:

- a. Batrai mengkonsumsi energi selama pengisian dan pemakaian, mengurangi.
- b. Efisiensi dan output dari sistem PV sekitar 10 persen untuk baterai timbalasam.
- c. Baterai meningkatkan kompleksitas sistem. Kedua biaya pertama dan instalasi
- d. Biaya meningkat.
- e. Kebanyakan baterai biaya yang lebih rendah membutuhkan perawatan.
- f. Baterai biasanya akan perlu diganti sebelum bagian lain dari sistem dan di biaya yang cukup besar.

### **2.5.1.Semikonduktor dan Panel Surya**

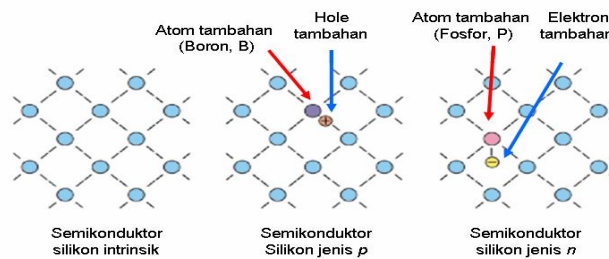
Panel surya adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energy cahaya menjadi energy listrik, prinsip yang diikuti adalah photovoltaic, adanya energy dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian selektron pada suatu material ke pita energy , hal ini ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) Pada tahun 1894.

Ada dua pita energy yaitu konduksi dan valensi, kedua pita nergi ini berturut – turut dari yang berenergi lebih renda adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan

keadaan tanpa electron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda – beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 Ev.

### 2.5.2. Proses konversi solar cell (Rachmad, 2018)

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis  $n$  dan jenis  $p$ . Semikonduktor jenis  $n$  merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ( $n =$  negatif). Sedangkan semikonduktor jenis  $p$  memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan  $p$  ( $p =$  positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.4. Semikonduktor

(Rachmad, 2018)

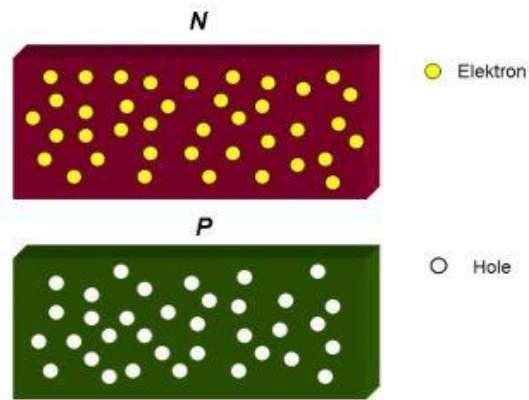
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan

panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

Misal semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis  $p$ , biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminium (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam Si. Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah hole. Sedangkan semikonduktor jenis  $n$  dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, Si intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan *doping* yang jumlahnya tidak lebih dari 1 % dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-*doping*.

Dua jenis semikonduktor  $n$  dan  $p$  ini jika disatukan akan membentuk sambungan  $p$ - $n$  atau dioda  $p$ - $n$  (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi / *metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

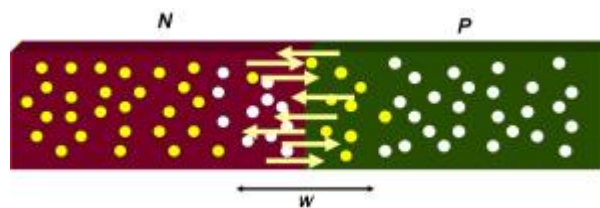
- a) Semikonduktor jenis  $p$  dan  $n$  sebelum disambung.



Gambar 2.5. Semikonduktor Sebelum Tersambung

(Rachmat, 2018)

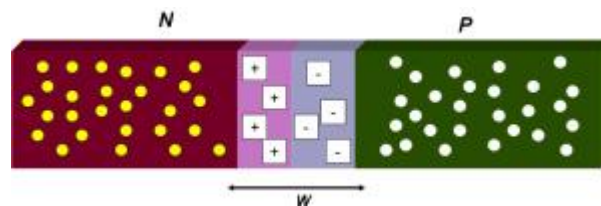
- b) Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor  $n$  menuju semikonduktor  $p$ , dan perpindahan hole dari semikonduktor  $p$  menuju semikonduktor  $n$ . Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



Gambar 2.6. Elektron – Elektron Berpindah

(Rachmat, 2018)

- c) Elektron dari semikonduktor  $n$  bersatu dengan hole pada semikonduktor  $p$  yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor  $p$  akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan positif.. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor  $p$  bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor  $n$  yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.

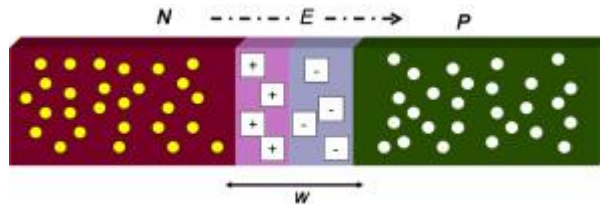


Gambar 2.7. Elektron Menyatu

(Rachmat, 2018)

- d) Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf  $W$ .
- e) Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
- f) Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal  $E$  dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor  $p$  dan elektron ke

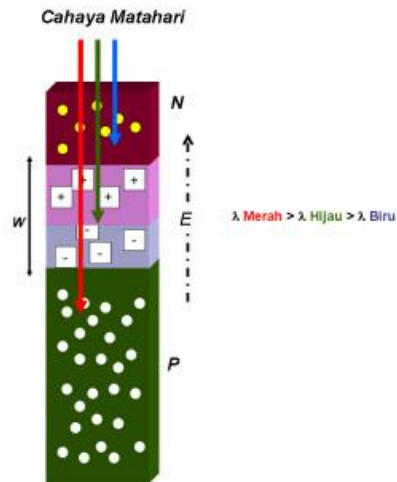
semikonduktor  $n$ . Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas).



Gambar 2.8. Medan Listrik Internal

(Rachmat, 2018)

- g) Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan  $pn$  berada pada *titik setimbang*, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor  $p$  ke  $n$  dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor  $p$  akibat medan listrik  $E$ . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor  $n$  ke  $p$ , dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor  $n$  akibat tarikan medan listrik  $E$ . Dengan kata lain, medan listrik  $E$  mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain. Pada sambungan  $p$ - $n$  inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor  $n$  berada pada lapisan atas sambungan  $p$  yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor  $p$ , sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor  $p$ .

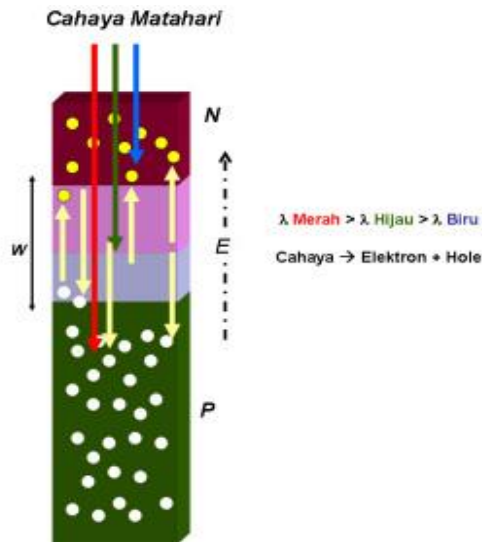


Gambar 2.9. Proses Konversi

(Rachmat, 2018)

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor  $n$ , daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photogeneration*) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.

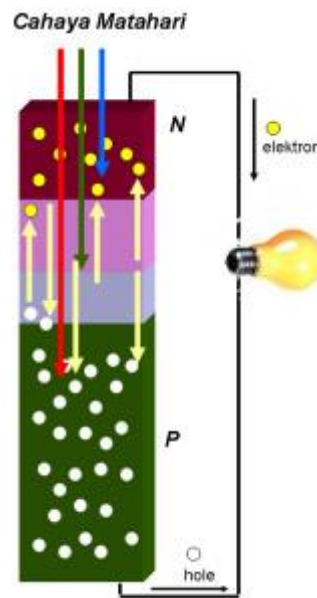




Gambar 2.10. Sambungan Elektron Terkna Cahaya Matahari

(Rachmat, 2018)

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lambda” sbgn di gambar atas ) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan  $pn$  berada pada bagian sambungan  $pn$  yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor  $p$  yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor  $n$ . Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan  $pn$  terdapat medan listrik  $E$ , elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor  $n$ , begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor  $p$ . Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambari 2.11. Arus Listrik Timbul

(Rachmat, 2018)

### 2.5.3. Jenis – jenis panel surya

Jenis panel surya menurut (Janaloka, 2017) dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Terdapat perbedaan jenis – jenis panel surya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Secara umum ada tiga jenis panel surya yang dapat dengan mudah ditemukan dipasaran saat ini, yaitu :

#### 1. *Crystalline Silicon (c-Si)*

Panel surya jenis ini memanfaatkan material silicon sebagai bahan utama penyusun sel surya. Tipe crystalline merupakan generasi pertama dari sel surya dan memiliki 3 jenis panel utama. Tipe panel surya ini mendominasi pasar dan banyak digunakan untuk PLTS didunia saat ini. Tipe panel ini yaitu :

##### a. *Monocrystalline Silicon (Mono-SI)*

Panel Surya jenis ini menggunakan sel surya jenis crystalline tunggal dan memiliki efisiensi paling tinggi dikelasnya. Secara fisik, panel surya Monocrystalline dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

b. *Multicrystalline Silicone* (Multi-SI)

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis multi crystalline, atau dikenal dengan polysilicon (p-Si) dan multi-crystalline silicon (mc-Si). Secara fisik, panel surya ini dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.

c. *Ribbon Silicon* (Ribbon-SI)

String Ribbon solar panels merupakan salah satu panel surya yang menggunakan sel surya polycrystalline, namun menggunakan proses yang berbeda. Jenis panel surya ini tidak memiliki pasar yang cukup baik, terutama setelah produsen terbesarnya mengalami kebangkrutan.

2. *Thin-film solar cell*

Panel surya thin film menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusun. Panel surya ini merupakan panel generasi kedua. Ketebalan materialnya mulai dari nanometers (nm) hingga micrometers. Beberapa tipe panel surya thin film yang ada dipasaran berdasarkan material penyusunnya, yaitu :

a. *Cadmium telluride* (CDTE)

Panel surya CdTe merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling baik dikelasnya, yaitu 9-11%. First solar berhasil mengembangkan panel surya dengan efisiensi pada 14.4%.

b. *Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS)*

Panel surya dari bahan material CIGS ini memiliki efisiensi 10-12% dengan efisiensi tertinggi yang pernah diproduksi dalam skala lab adalah 21.7%.

c. *Amorphous Thin-film Silicon (A-SI, TF-SI)*

Panel surya ini memiliki efisiensi terendah yaitu 6-8% dan mengandung bahan tidak aman dalam materialnya. Ada beberapa tipe panel amorphous yaitu :

- *Amorphous Silicon Cells*
- *Tandem-cell using a-Si/ uc-Si*
- *Tandem-cell using a-Si/ pc-Si*
- *Polycrystalline silicon on glass*

d. *Gallium Arsenide (GAAS)*

Tipe panel dengan sel GaAs memiliki harga yang cukup mahal, dan hanya digunakan untuk industri tertentu dan luar angkasa. Rekor efisiensi tertinggi pada panel ini adalah 28.8%.

### 3. Material Lainnya

Panel surya pada generasi ketika tersusun atas lebih banyak variasi material untuk masing – masing panel surya. Beberapa diantara jenis – jenis panel surya tersebut adalah :

- *Copper zinc tin sulfide solar cell (CZTS)*
- *Dye-sensitized solar cell*
- *Organic Solar cell*
- *Perovskite solar cell*
- *Polymer solar cell*
- *Quantum dot solar cell*
- *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)*

## **2.6. Solar Charger Controller**

*Solar charger controller* (SCC) merupakan bagian yang cukup penting dalam rangkaian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dimana peran utama dari SCC adalah melindungi dan melakukan otomasi pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan system serta menjaga agar baterai dapat digunakan untuk jangka panjang. (Janaloka,2017)

*Solar charger control* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti. Cara deteksi pada SCC melalui monitor level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan turun maka baterai akan kembali mengisi. (Armand, 2011)

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charger controller :

1. PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya PWM menggunakan lebar pulse dari on dan off elektrik.

2. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC. MPPT dapat digunakan oleh beban kedalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai. (Panel Surya, 2015)

Ada beberapa kondisi yang dapat dilakukan oleh solar Solar Charger Controller (SCC) pada system panel surya :

1. Mengendalikan tegangan panel surya

Tanpa fungsi control pengendali Antara panel surya dan baterai, panel akan melakukan pengisian melebihi tegangan daya yang dapat ditampung baterai sehingga dapat merusak ser yang terdapat didalam baterai. Mengisi baterai secara berlebihan dapat mengakibatkan baterai meledak. (Janaloka, 2017)

2. Mengawasi tegangan baterai

SCC dapat mendeteksi saat tegangan baterai terlalu rendah. Bila tegangan baterai turun dibawah tingkat tegangan tertentu, SCC akan memutus beban baterai agar daya baterai tidak habis. Penggunaan baterai dengan kapasitas daya yang habis akan merusak baterai bahkan baterai dapat menjadi tidak dapat digunakan kembali. (Janaloka, 2017)

3. Menghentikan arus terbalik saat malam hari

Pada malam hari, panel surya tidak menghasilkan arus, karena tidak terdapat lagi sumber energi, yaitu matahari. Alih-alih arus berhenti mengalir, arus yang terdapat dalam baterai dapat mengalir terbalik ke panel surya, dan hal ini dapat merusak sistem panel surya anda. SCC berfungsi untuk menghentikan kondisi arus terbalik ini. (Janaloka, 2017)

SCC berfungsi mengatur arus dari beban saat beban tersambung ke SCC. Terminal beban pada SCC dapat digunakan untuk koneksi langsung beban ke SCC, namun SCC masih bisa beroperasi seperti biasa jika tidak ada beban yang terhubung langsung dengannya. (Janaloka, 2017)

## **2.7. Baterai**

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan ) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

Fungsi baterai sangat beragam dalam kehidupan sehari – hari, namun fungsi baterai memiliki inti yang sama yaitu sebagai sumber energi. Hampir pada semua alat elektronik yang sifatnya mobile juga menggunakan baterai sebagai sumber energi. Seperti contoh yaitu senter, power bank, drine, remote dan lain sebagainya. Semua alat – alat tersebut membutuhkan baterai agar bias bekerja (Ibeng, 2020)

### 2.7.1. Jenis – jenis baterai (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

Ada beberapa jenis baterai yaitu :

#### a. Baterai Asam

Baterai asam yang bahan elektrolitnya (*sulfuric acid* = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Didalam baterai asal, elektroda – elektrodanya terdiri dari plat – plat timah peroksida PbO<sub>2</sub> sebagai anoda (kutub positive) dan timah murni Pb sebagai katoda (kutub negatif).

#### b. Baterai Alkali

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari :

1. *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Batterry*

2. *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd*

Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam ampere jam (Ampere hour) (Hamid,2016).

Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$N (\text{Ah}) = I (\text{ampere}) \times t (\text{hours}) \quad (2.1)$$

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

I = kuat arus (*ampere*)

t = waktu (*jam/sekon*)

### 2.7.2. Kontruksi Baterai (Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

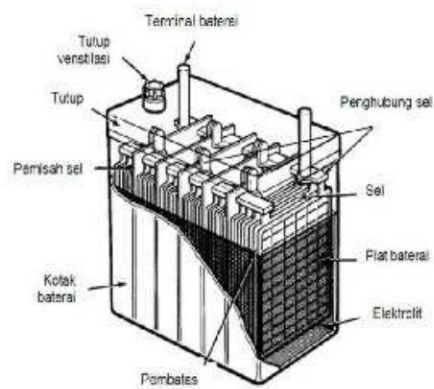
Komponen – komponen baterai terdiri atas :

#### a. Kotak baterai

#### b. Elektrolit baterai



- c. Sumbat Ventilasi
- d. Plat positif dan plat negatif
- e. Separator
- f. Lapisan serat gelas (*Fiber Glass*)
- g. Sel baterai



Gambar 2.12. Kontruksi Baterai

(Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

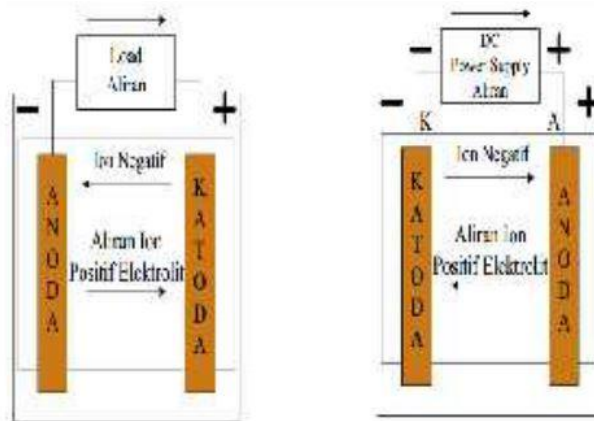
Baterai pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali. besarnya kapasitas baterai tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negative yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap – tiap sel,ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada

konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (discharging) selama waktu tertentu. Pada saat baterai diisi (charging), terjadilah penimbunan muatan listrik.

### **2.7.3. Prinsip Kerja Baterai (Hamid, Rizky, Amin dan Bagus, 2016)**

Baterai merupakan perangkat yang mampu menghasilkan tegangan DC, yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia, Redoks (Reduksi-Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi listrik dalam bentuk energy kimia. Sel baterai tersebut terdiri dari elektroda negative dan elektroda positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang berfungsi sebagai pemberi electron. Elektro positif yang disebut anoda berfungsi sebagai penerima electron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif.

1. Proses pengosongan pada sel berlangsung menurut gambar 2.12. Jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban katoda, kemudian ion – ion negatif mengalir ke anoda dan ion – ion positif akan mengalir ke katoda.
2. Pada proses pengisian menurut gambar 2.12. dibawah ini adalah bila sel dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



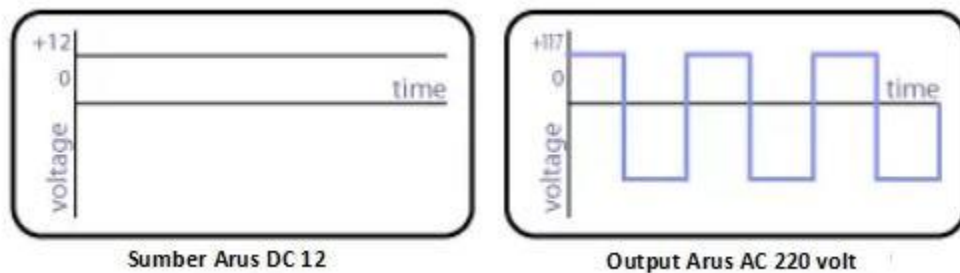
Gambar 2.13. Proses pengosongan dan pengisian baterai

(Hamid,Rizky,Amin dan Bagus, 2016)

- Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda
- Ion – ion negatif mengalir dari katoda ke anoda
- Ion – ion positif mengalir dari anoda ke katoda jadi, reaksi kimia pada saat pengisian adalah kebalikan dari saat pengosongan.

## 2.8. Inverter

Menurut Yustinus,Ahmad dan Abdul, 2017, Inverter merupakan suatu alat elektronika yang berfungsi mengubah dari sumber tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak – balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensi yang diatur.

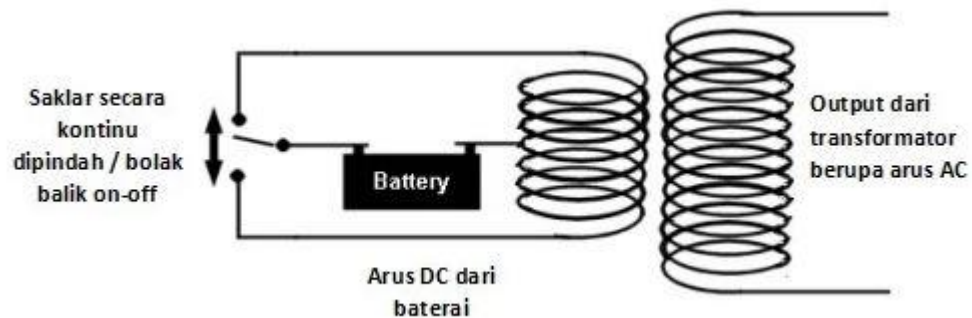


Gambar 2.14. Gelombang DC dan AC

(Teknisi,2017)

### 2.8.1. Prinsip kerja inverter

Prinsip kerja inverter (Teknisi, 2017) dapat dilihat pada gambar 2.15 yang merupakan ilustrasi dari prinsip kerja inverter.



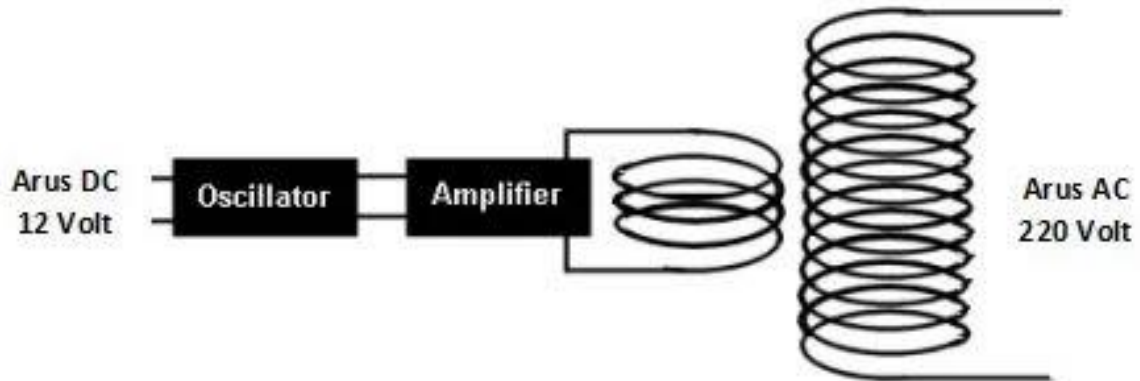
Gambar 2.15. Prinsip Kerja Inverter

(Teknisi, 2017)

Jika sebuah baterai yang salah satu kutub nya dihubungkan ke sebuah transformator pada kaki CT (*Center tap*) secara tepat dan terus menerus saklar pada gambar diatas dipindahkan posisinya. Maka pada coil sekunder transformator akan muncul arus listrik berupa AC. Secara teori tegangan pada sekunder bisa diatur sedemikian rupa hanya dengan menambah jumlah lilitan kumparan trafo saja yang akan melipatgandakan tegangan yang dihasilkan.

Hal ini bisa terjadi karena adanya induksi yang dihasilkan dari baterai.inverter dapat menimbulkan efek seperti saklar yang dipindah bolak balik dengan cara menggunakan sebuah rangkaian astable multivibrator dari sepasang transistor atau

lebih baik lagi dengan menggunakan mosfet yang tentunya lebih efisien dalam hal daya. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.16 berikut :



Gambar 2.16. Cara kerja saklar pada inverter

(Teknisi, 2017)

Panel surya 200 Wp dari hasil penelitian, mampu menghasilkan arus searah tegangan dari photovoltaic yang akan dibebankan ke baterai oleh solar charge controller, baterai akan mengirimkan tegangan arus searah ke inverter yang diubah menjadi tegangan arus bolak-balik sebesar 220 volt sebagai sumber energi pada beban, tegangan jatuh pada beban kipas lebih besar dari tegangan jatuh pada solder dan lampu LED, Efisiensi inverter digunakan dari hasil pengujian yang rendah, karena rugi-rugi daya pada inverter, hal ini dapat memperpendek umur peralatan listrik yang digunakan (Noorly, Faisal, Abdul. 2021)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

##### 3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu selama 6 bulan terhitung dari tanggal 2 Desember 2022 sampai 6 Mei 2023. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), perhitungan beban, pematangan software, lalu analisa data, terakhir kesimpulan dan saran. Rincian dari penelitian ini seperti pada tabel berikut :

##### 3.1.2. Tabel Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke-								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1.	Kajian literatur									
2.	Penyusunan proposal penelitian									
3.	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3									
4.	Seminar proposal penelitian									
4.	Perhitungan Beban									
5.	Konfigurasi pada Software PVSyst									
6.	Seminar hasil penelitian									
7.	Sidang akhir									

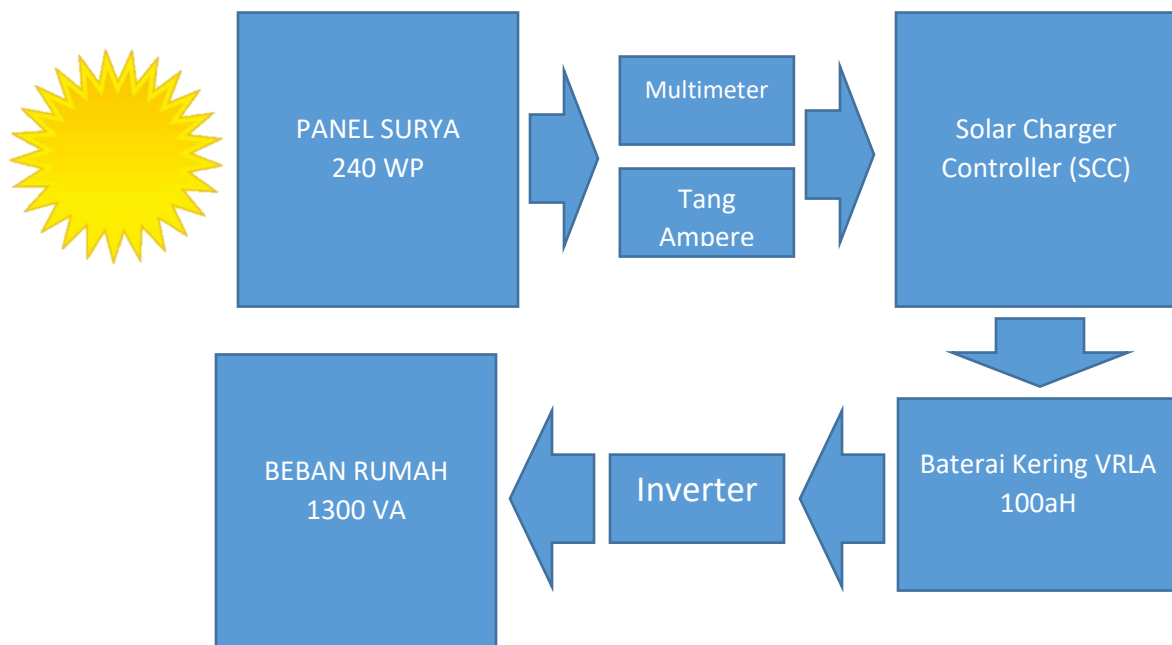
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

### 3.1.3. Tempat

Penelitian dilaksanakan secara umum yaitu rumah yang memiliki kapasitas listrik sevesar 1300 VA

### 3.2. Diagram Blok PLTS

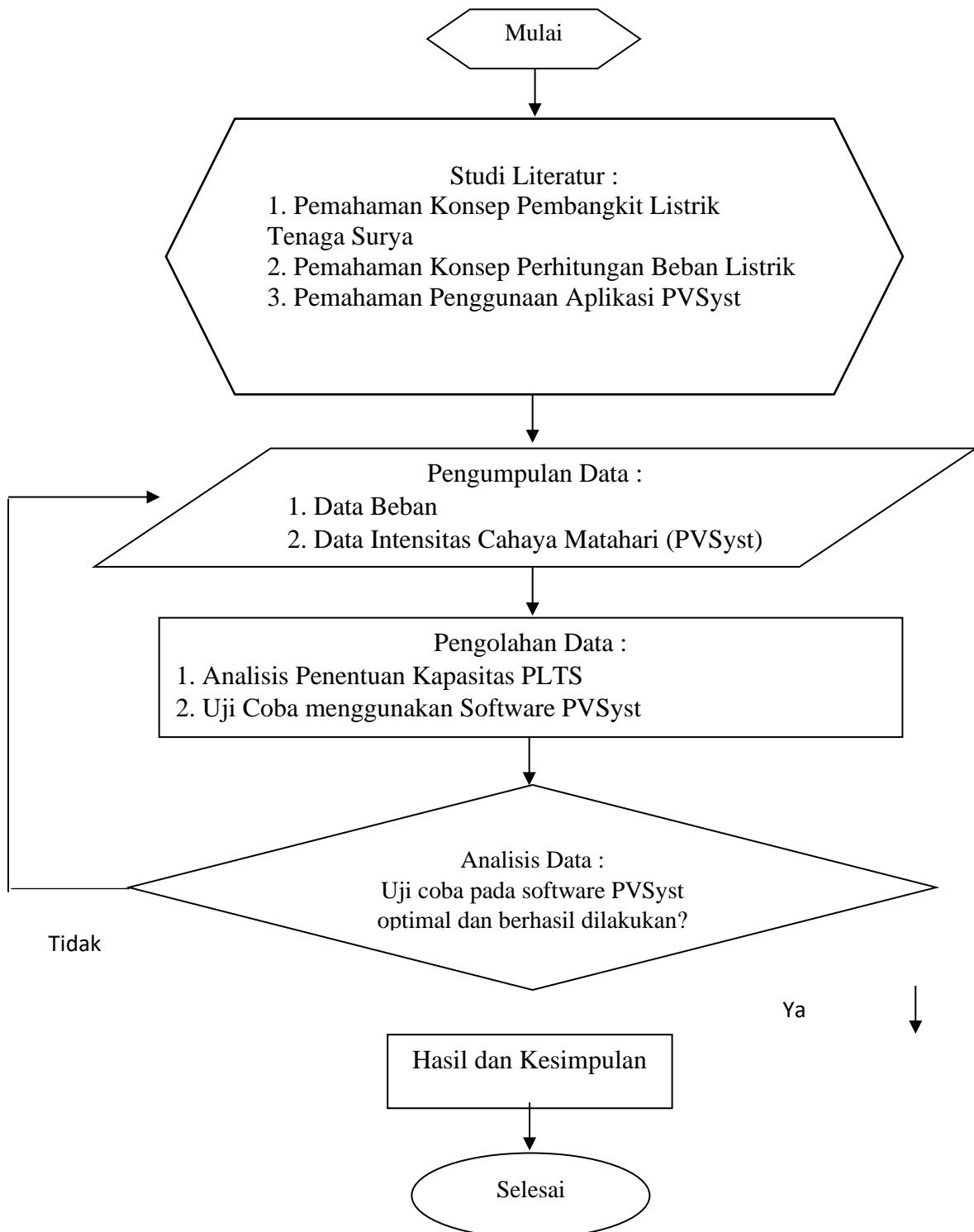
Adapun diagram blok pada alat untuk mempermudah penulis dalam mengambil data penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blok Diagram Alat

### 3.3. Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6. Bagan Alir Penelitian



### **3.4. Metode Pengumpulan Data**

Adapun Metode pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Beban Rumah 1300 VA

Data beban diambil dengan cara menghitung beban secara manual. Pada data beban dibutuhkan kapasitas beban yang digunakan dan waktu atau lamanya beban digunakan untuk mendapat beban yang akan disuplai selama satu haru penuh.

2. Intensitas Cahaya Matahari

Data intensitas cahaya matahari pada penelitian ini diambil dari software PVSyst yang telah menyediakan data diseluruh dunia. Adapun data yang digunakan diambil dari badan antariksa dunia yaitu Nasa yang telah melakukan pengambilan data dari tahun 1983 sampai tahun 2020.

### **3.5. Metode Pengolahan Data**

Adapun metode pengolahan data adalah sebagai berikut :

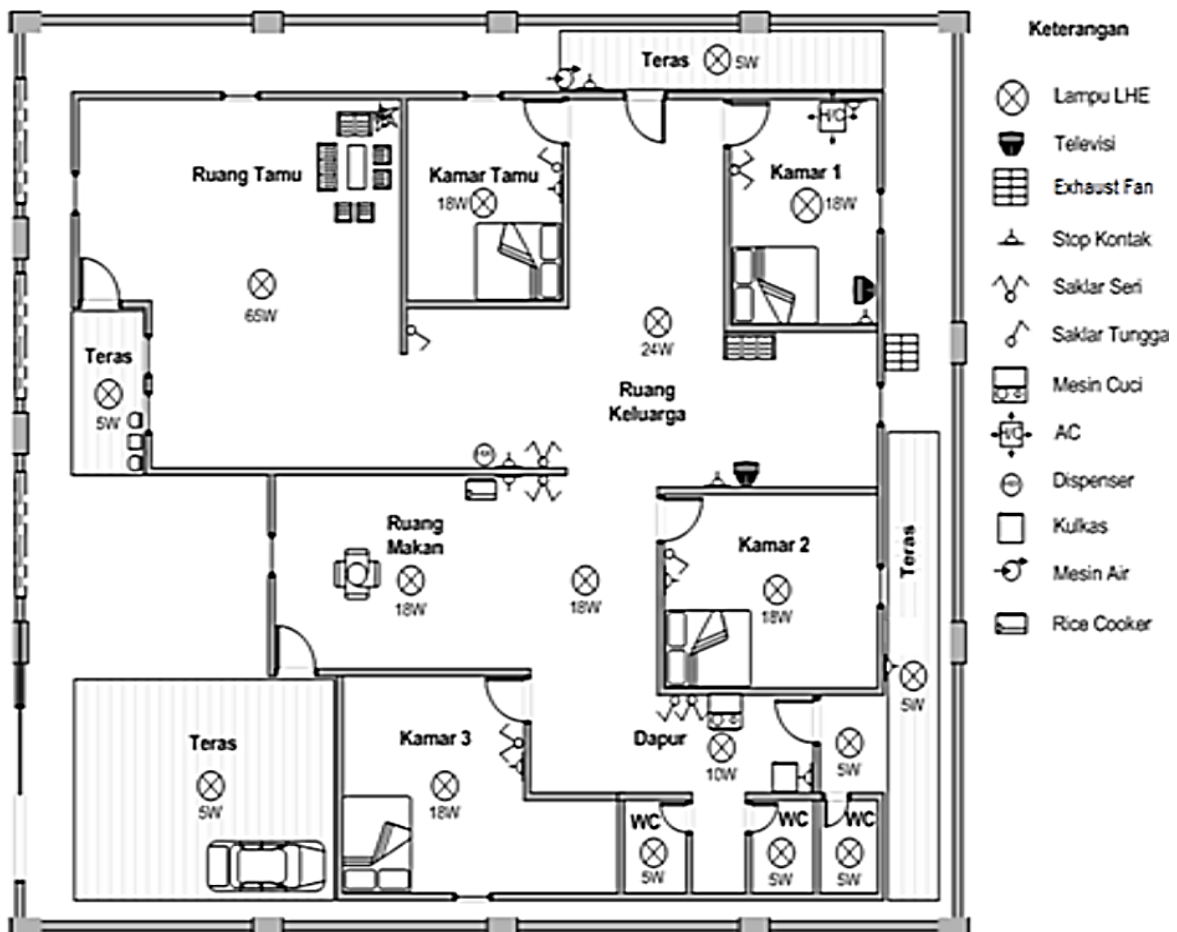
1. Data beban yang didapat akan dihitung menggunakan persamaan menentukan beban sehingga data beban yang akan disuplai satu hari oleh pembangkit Isitrik tenaga surya diperoleh.
2. Data beban yang telah dihitung akan diinput kedalam PVSyst untuk mengetahui berapa kapasitas PLTS yang mampu mensuplai beban tersebut.

## BAB IV

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Total Beban

Untuk memudahkan dalam proses perhitungan total beban, maka dikakukan penggambaran beban yang ada pada rumah 1300 VA pada umumnya. Adapun gambar pendataan beban umum pada rumah dengan kapasitas 1300 VA adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Data Beban Rumah 1300 VA

Dari gambar pendataan beban yang ada pada Rumah 1300 VA pada gambar 4.1 maka didapat tabel klasifikasi penggunaan beban harian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Beban Harian Rumah Tangga 1300 VA

No	Nama Beban	Jumlah	Posisi	Daya (Watt)	Lama waktu pemakaian per hari (jam)	Waktu (WIB)
1	Lampu LHE	1	Teras	5	12	18.00 – 06.00
		1	Teras	5	12	18.00 – 06.00
		1	Teras	5	12	18.00 – 06.00
		1	Teras	5	12	18.00 – 06.00
		1	Dapur	5	12	18.00 – 06.00
		1	Wc 1	5	5	18.00 – 23.00
		1	Wc 2	5	5	18.00 – 23.00
		1	Wc 3	5	5	18.00 – 23.00
		1	Ruang Keluarga	24	5	17.00 – 21.00
		1	Ruang Tamu	65	3	17.00 – 21.00
		1	Ruang Makan	18	4	17.00 – 21.00
		1	Ruang Makan	18	4	17.00 – 21.00
		1	Dapur	10	4	17.00 – 21.00
		1	Kamar 1	18	5	17.00 – 22.00
		1	Kamar 2	18	5	17.00 – 22.00
		1	Kamar 3	18	5	17.00 – 22.00
		1	Kamar Tamu	18	5	17.00 – 22.00
2	TV LEDD 39”	1	Ruang Keluarga	110	4	18.00 – 22.00
3	TV LED 21”	1	Kamar Tidur 1	45	4	18.00 – 22.00
4	Exhaust Fan	1	Belakang	35	3	15.00 – 18.00
5	Mesin Cuci	1	Dapur	550	2	15.00 – 17.00
6	Dispenser	1	Kamar Tamu	180	1	16.00 – 17.00
7	Setrika	1	Kondisional	350	1	-
8	Laptop	1	Kondisional	50	3	-
9	Kulkas	1	Dapur	100	24	00.00 – 00.00
10	Rice Cooker	1	Ruang Makan	350	3	06.00 – 09.00

Maka dari tabel 4.1 diatas didapat jenis beban dan jumlah daya yang digunakan dalam satu hari. Apabila di akumulasikan kealam bentuk tabel maka didapat tabel karakteristik beban harian rumah tangga 1300 VA adalah sebagai berikut

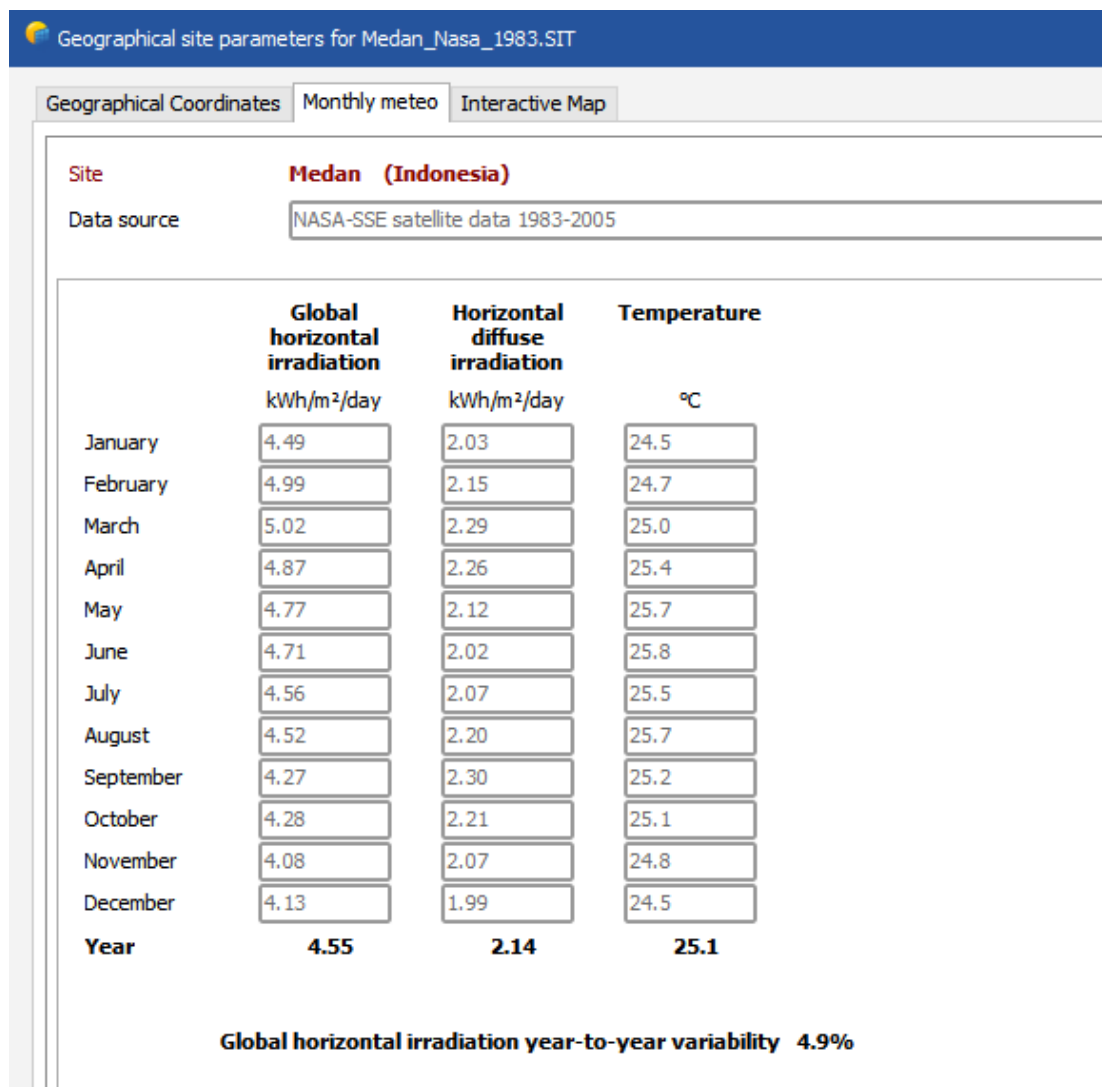
Tabel 4.2 Beban Waktu

No	Waktu (WIB)	Daya (Watt)
1	00:00	125
2	01:00	125
3	02:00	125
4	03:00	125
5	04:00	125
6	05:00	475
7	06:00	450
8	07:00	450
9	08:00	450
10	09:00	100
11	10:00	100
12	11:00	100
13	12:00	100
14	13:00	100
15	14:00	100
16	15:00	685
17	16:00	865
18	17:00	342
19	18:00	552
20	19:00	552
21	20:00	552
22	21:00	367
23	22:00	140
24	23:00	125
Total		7230

Dari tabel 4.2 dapat dilihat total beban selama satu hari pada rumah berkapasitas 1300 VA adalah sebesar 7.230 Watthour/hari.

## 4.2. Penentuan Kapasitas PLTS

Untuk menentukan kapastias PLTS ditentukan berdasarkan beban yang telah dihitung. Adapun total beban pada beban rumah tangga berkapasitas 1300 VA adalah 7.230 Watt/hari. Untuk mengetahui kapasitas PLTS dibutuhkan ESH pada lokasi penelitian. Nilai ekivalen ESH di Indonesia adalah 4,8 dan secara spesifik pada lokasi penelitian tingkat intensitas rata – rata cahaya matahari adalah sebesar 4,55.



Gambar 4.2 Data Radiasi Matahari Pada Lokasi Penelitian

Pada perencanaan digunakan PLTS dengan spesifikasi yang telah ditentukan, adapun jenis spesifikasi PLTS yang akan digunakan pada perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Spesifikasi PLTS yang digunakan [21]

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Max. Power (Pmax)	100W
Max. Power Voltage (Vmp)	18.4V
Max. Power Current (Imp)	5.68A
Open Circuit Voltage (Voc)	22V
Short Circuit Current (Isc)	6.33A
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	45±2°C
Max. System Voltage	1000V
Max. Series Fuse	16A
Weight	8.3 Kg
Dimension	±1005 x 670 x 35 mm
Efisiensi	25%
FF	75%

#### 1. Penentuan Kapasitas PLTS

Pada beban total beban yang digunakan adalah sebesar 7,23 kWh / hari, kemudian tingkat ESH pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 dimana rata – rata ESH perbulan adalah 4,55 kWh/kWp. Maka kapasitas PLTS yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Kapasitas PLTS} = \frac{\text{Total Beban}}{ESH}$$

$$\text{Kapasitas PLTS} = \frac{7,23}{4,55}$$

$$= 1,59 \text{ kWp}$$

$$= 1.589 \text{ Wp}$$

Kapasitas PLTS yang didapat kemudian dikalikan dengan rugi – rugi sistem sebesar 25% , adapun PLTS yang dipasang setelah dikalikan dengan rugi – rugi sistem adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Daya Puncak PLTS} &= (\text{Kapasitas PLTS})+(\text{Kapasitas PLTS} \times \text{Rugi Rugi Sistem}) \\ &= 1589 \text{ Wp} + (1589 \text{ Wp} \times 25\%) \\ &= 1.986,25 \text{ Wp} \end{aligned}$$

## 2. Jumlah Panel

Dimana banyaknya panel surya dengan kapasitas 100 WP yang dibutuhkan untuk mendapatkan daya puncak PLTS adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PLTS} &= \frac{\text{Daya Puncak PLTS}}{\text{Kapastias PLTS/Modul}} \\ &= \frac{1986,25 \text{ Wp}}{100} \\ &= 19,86 \text{ Modul} \\ &= 20 \text{ (Pembulatan)} \end{aligned}$$

## 3. Luas Area yang dibutuhkan

Dari Tabel 4.6 luas area modul panel surya adalah  $0,67\text{m}^2$  untuk setiap modulnya.

Untuk memasang 20 Modul dibutuhkan luas area sebagai berikut :

Luas Area = Jumlah Modul x Luas PLTS permodul

$$\begin{aligned} \text{Luas Area} &= 20 \times 0,67 \\ &= 13,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk mensuplai beban dibutuhkan kapasitas PLTS sebesar 1.986 Wp dengan 20 Modul panel surya berkapasitas 100 Wp dengan luas area yang dibutuhkan adalah sebesar 13,4 m<sup>2</sup>.

#### 4. Kapasitas Baterai yang dibutuhkan

Untuk menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan digunakan persamaan 2.13 yaitu:

$$\text{Kebutuhan Baterai} = \frac{\text{Kapasitas PLTS} \times \text{ESH}}{\text{Kapasitas Baterai}}$$

Maka :

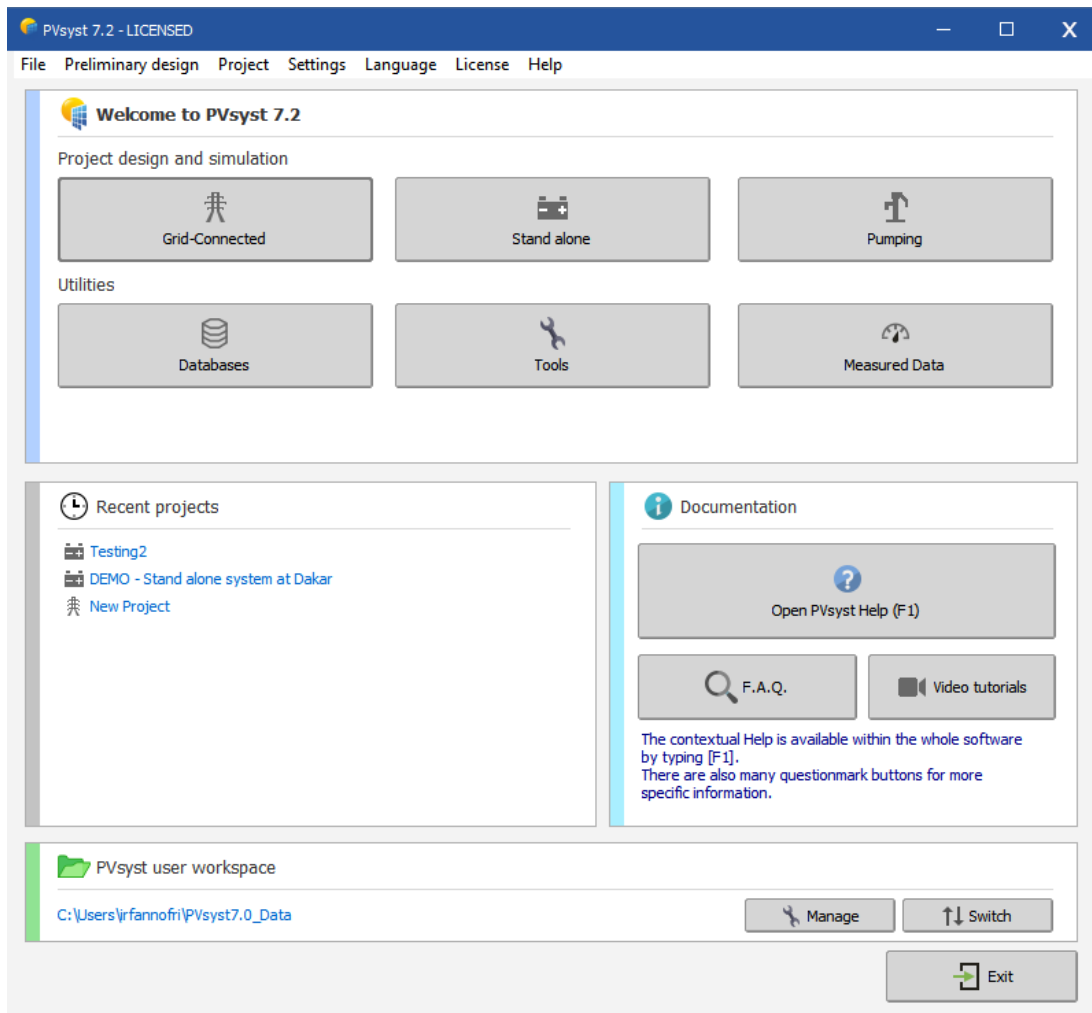
$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Baterai} &= \frac{2000 \times 4,55}{1000 \text{ Wh}} \\ &= 9,1 \text{ Unit Baterai} \\ &= \text{Digenapkan Menjadi 10 Unit baterai 1 kWh} \end{aligned}$$

### 4.3. Simulasi Pada PVSyst

Dengan menggunakan aplikasi Pvsyst dapat ditentukan kapasitas PLTS yang dibutuhkan untuk mensuplai total beban yang ada. Maka adapun proses penentuan kapasitas PLTS menggunakan Pvsyst adalah sebagai berikut:

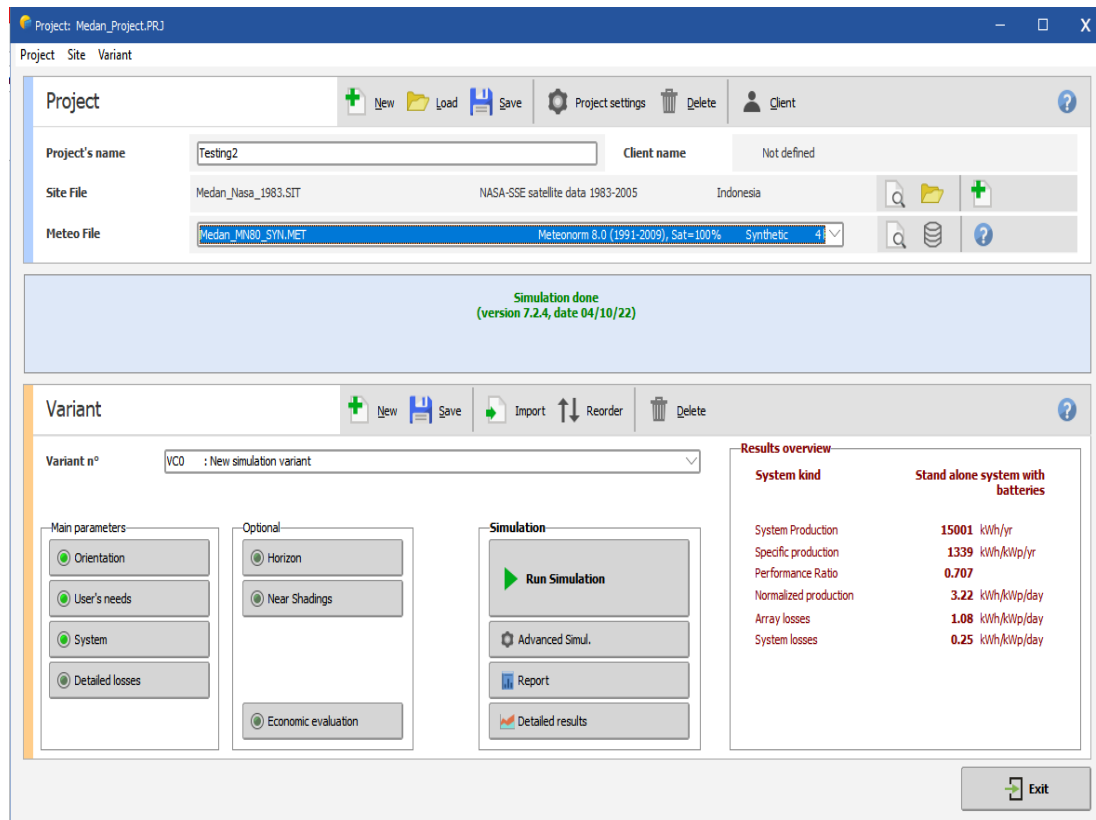


1. Download terlebih dahulu software PVSystem melalui website resmi PVSystem. Kemudian setelah download install aplikasi PVSystem pada laptop atau komputer yang akan digunakan. Maka tampilan awal PVSystem sebagai berikut:



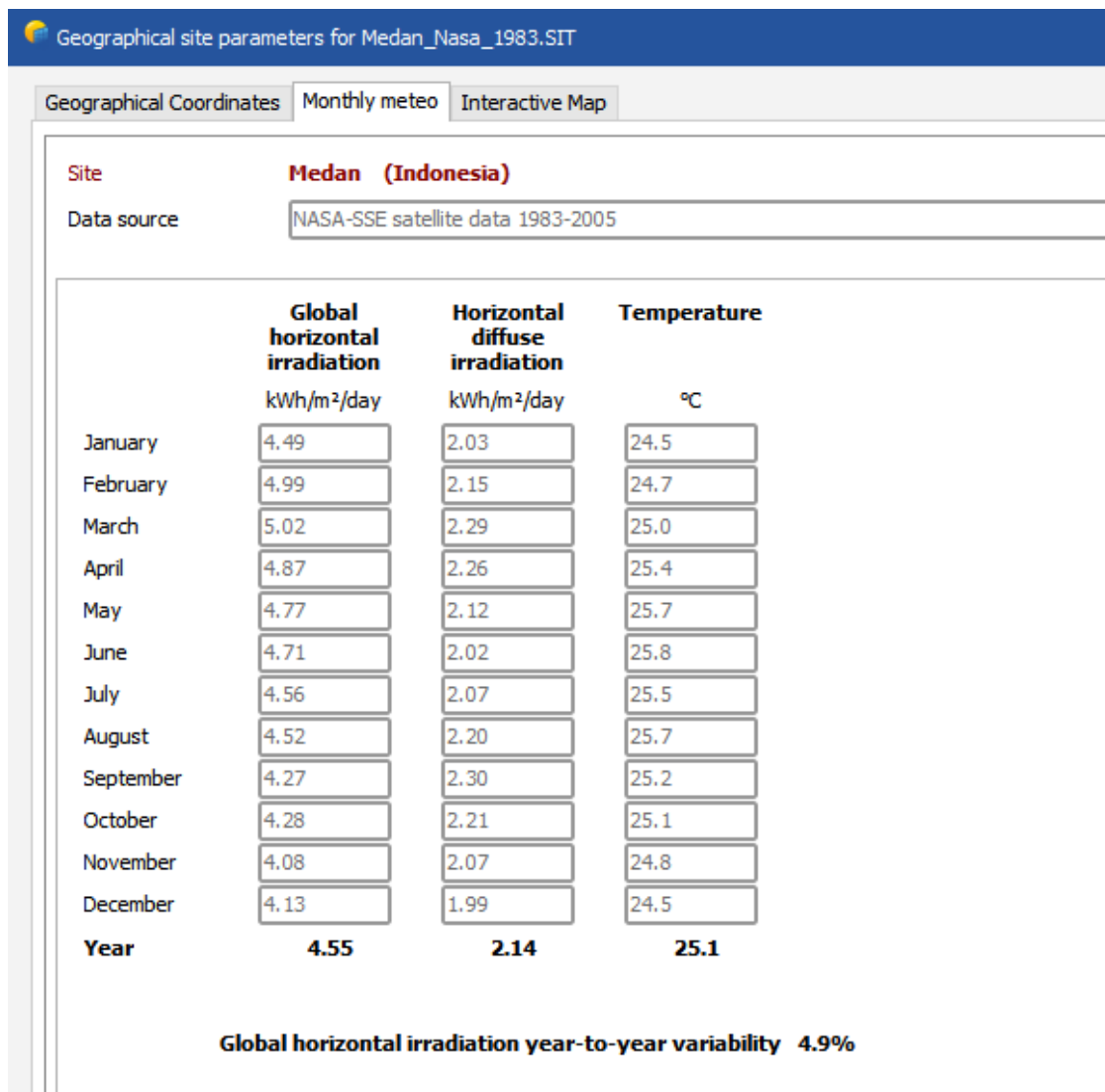
Gambar 4.2 Tampilan Awal PVSystem

2. Pilih jenis koneksi PLTS yang ingin kita gunakan, maka tampilan selanjutnya adalah sebagai berikut:



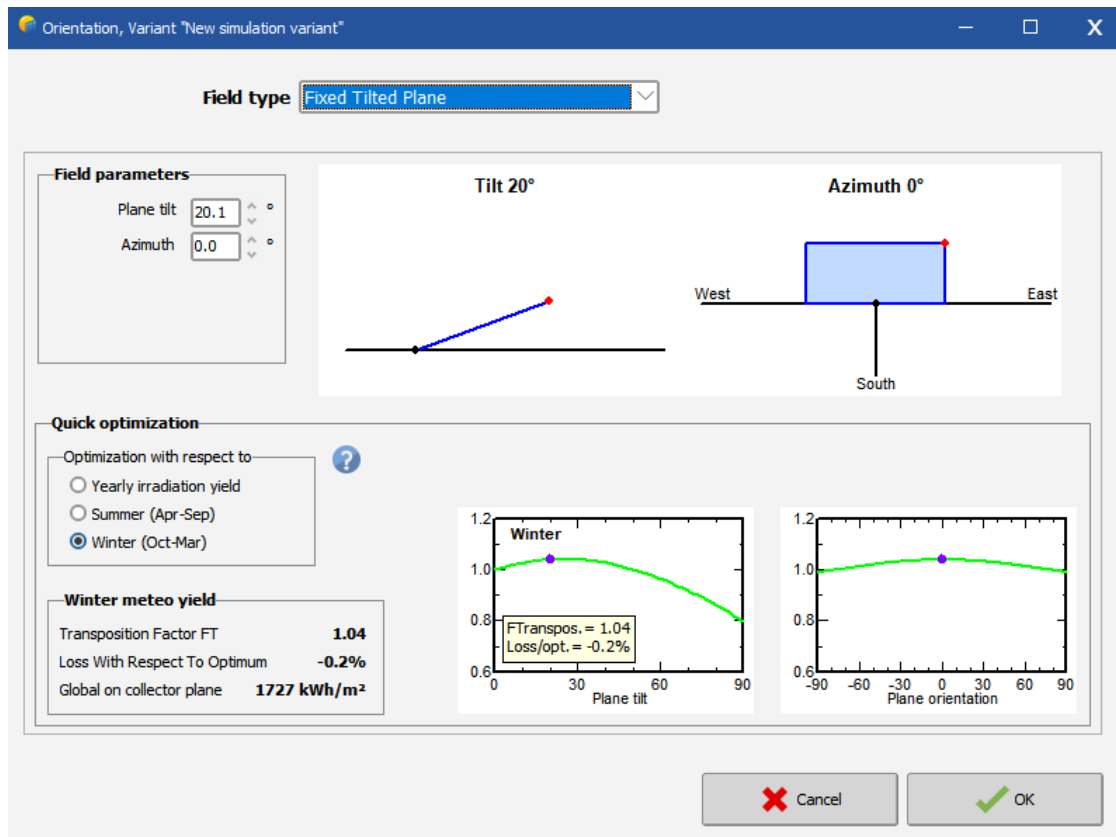
Gambar 4.3. Menu Analisis PVSyst

- Selanjutnya pilih lokasi tempat akan dirancang PLTS. Kemudian akan muncul data radiasi matahari dan suhu pada lokasi per bulannya. adapun data tingkat radiasi dan suhu pada kota Medan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Data Radiasi Matahari dan Suhu pada Lokasi Perencanaan

4. Dengan data yang ada, selanjutnya menentukan sudut kemiringan pemasangan PLTS agar mendapatkan hasil yang maksimal. Klik menu orientasi pada PVSyst dan pilih titik sudut dimana PLTS menghasilkan daya terbesar seperti gambar berikut:



Gambar 4.5 Menentukan Sudut kemiringan Panel Surya

5. Masukkan data beban yang telah dihitung pada sub bab 4.1 kedalam menu *users need*, sesuaikan jumlah kapasitas daya, kuantitas beban dan waktu pemakaian.

Daily use of energy, variant "New simulation variant"

**Definition of daily household consumptions for the year.**

Consumption **Hourly distribution**

**Daily consumptions**

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
0	Lamps (LED or fluo)	0 W/lamp	0.0 h/day		0 Wh
0	TV / PC / Mobile	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	24.0		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	2.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
1	Other uses	300 W/app	24.0 h/day	OK	7200 Wh
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh
<b>Total daily energy</b>					<b>7224 Wh/day</b>
<b>Monthly energy</b>					<b>216.7 kWh/mth</b>

Appliances info

**Consumption definition by**

Years  Seasons  Months

**Week-end or Weekly use**

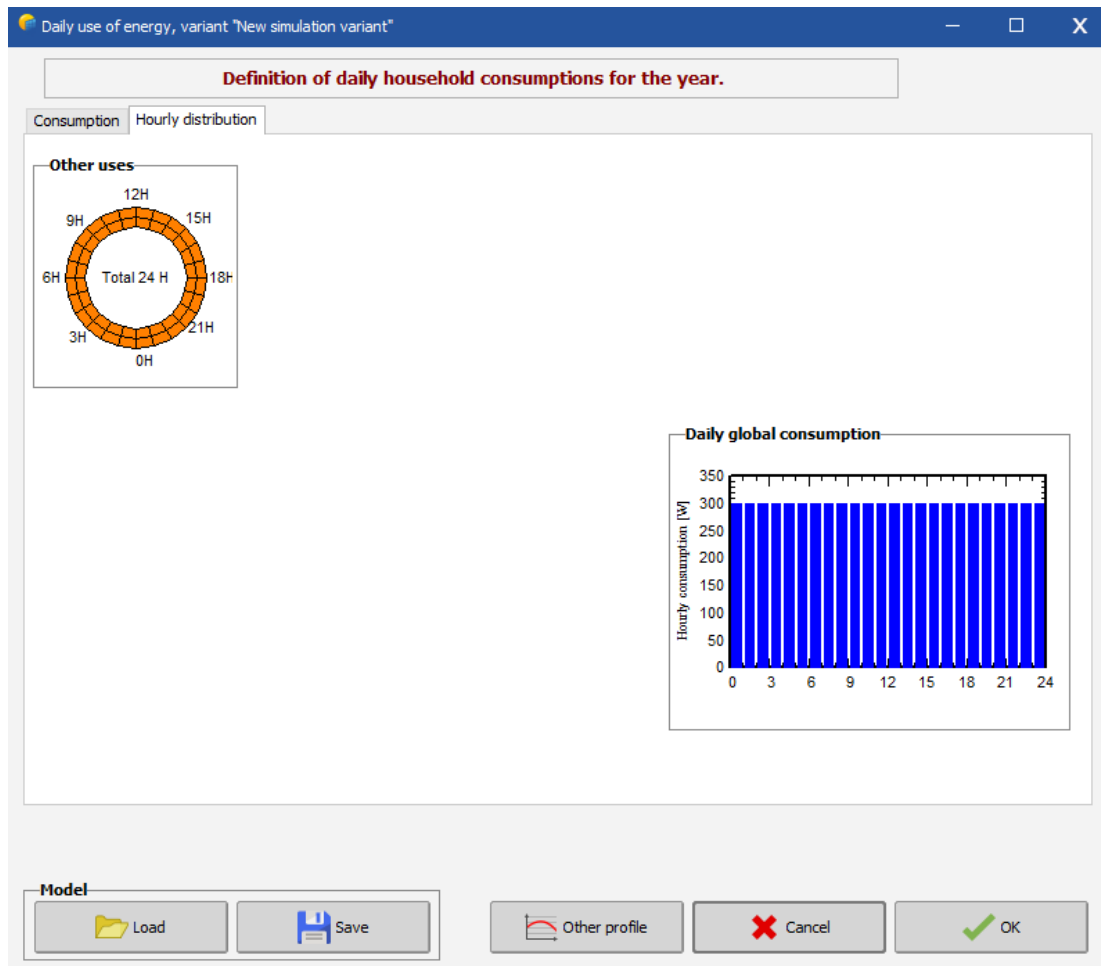
Use only during

7 days in a week

**Model**

Load Save Other profile Cancel OK

Gambar 4.6 Input Beban



Gambar 4.7 Penentuan Waku Pemakaian Beban

6. Selanjutnya adalah menentukan system yang akan digunakan, mulai dari panel surya, baterai, inverter dan SCC akan ditentukan merk dan kapasitasnya. Data yang akan di input disesuaikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan

Stand-alone system definition, Variant: "New simulation variant", Variant: "New simulation variant"

Av. daily needs: 7.2 kWh/day  
 Enter accepted PLOL: 5.0 %  
 Enter requested autonomy: 4.0 day(s)  
 Battery (user) voltage: 48 V  
 Suggested capacity: 708 Ah  
 Suggested PV power: 2199 Wp (nom.)

Storage | PV Array | Back-Up | Simplified sketch

**Procedure**

The Pre-sizing suggestions are based on the Monthly meteo and the user's needs definition

- Pre-sizing: Define the desired Pre-sizing conditions (PLOL, Autonomy, Battery voltage)
- Storage: Define the battery pack (default checkboxes will approach the pre-sizing)
- PV Array design: Design the PV array (PV module) and the control mode. You are advised to begin with a universal controller.
- Back-Up: Define an eventual Genset

**Specify the Battery set**

Sort batteries by:  voltage  capacity  manufacturer

Generic 12 V 100 Ah Pb Open Plates Open 12V / 100 Ah Since 2000

All technol.

<input type="checkbox"/> batteries in series	Number of batteries	10	Battery pack voltage	12 V
<input type="checkbox"/> batteries in parallel	Number of elements	60	Global capacity	1000 Ah
<input type="text" value="100.0"/> % Initial State of Wear (nb. of cycles)			Stored energy (80% DOD)	9.6 kWh
<input type="text" value="100.0"/> % Initial State of Wear (static)			Total weight	476 kg
			Nb. cycles at 80% DOD	1200
			Total stored energy during the battery life	12704 kWh

**Operating battery temperature**

Temper. mode: Fixed (air-conditioned)

Fixed temperature: 20 °C

The battery temperature is important for the aging of the battery. An increase of 10 °C divides the "static" battery life by a factor of two.

<b>User's needs</b>	Household	Aver. power	301 W	
	Night ratio	49.3%	Daily energy	7.2 kWh
<b>Battery pack</b>	10 in parallel, 12 V	Capacity	1000 Ah	
	Autonomy	1.3 day	Stored energy	9.6 kWh
<b>PV Array</b>	20 str. of 1 modules	Nom. Power	2.20 kWp	
	PV/PLoad	7.3	Av. daily energy	6.9 kWh
<b>Controller</b>	Universal MPPT	Nom. Power	1913 W	
	PV/PConv	1.15	Thresholds	acc. to SOC

Gambar 4.8 Menentukan Jenis Baterai

Stand-alone system definition, Variant "New simulation variant", Variant "New simulation variant"

Av. daily needs  kWh/day Enter accepted PLOL  % Enter requested autonomy  day(s) Battery (user) voltage  V Suggested capacity **708 Ah** Suggested PV power **2199 Wp (nom.)**

Storage | **PV Array** | Back-Up | Simplified sketch

Sub-array name and Orientation  
Name  Tilt **18°**  
Orient. **Fixed Tilted Plane** Azimuth **0°**

**Pre-sizing Help**  
 No sizing Enter planned power  kWp  
 ... or available area  m<sup>2</sup>

**Select the PV module**  
All modules Sort modules  Power  Technology  
Generic 110 Wp 29V Si-poly Poly 110 Wp 72 cells Since 2015 Typical   
Sizing voltages : Vmpp (60°C) **29.6 V**  
Voc (-10°C) **48.3 V**

**Select the control mode and the controller**  
 Universal controller All manufacturers MPPT power converter  
Max. Charging - Discharging current  
Operating mode  
 Direct coupling  
 MPPT converter  
 DC-DC converter  
MPPT 1000 W 12 V 202 A 25 A Universal controller with MPPT conve G   
The operating parameters of the universal controller will automatically be adjusted according to the properties of the system.

**PV Array design**  
Number of modules and strings  
Mod. in series  should be:  No constraint  
Nb. strings   between 16 and 24  
Nb. modules **20** Area **18 m<sup>2</sup>**

Operating conditions:  
Vmpp (60°C) 30 V  
Vmpp (20°C) 35 V  
Voc (-10°C) 48 V  
Plane irradiance **1000 W/m<sup>2</sup>**  
Imp (STC) 63.5 A  
Isc (STC) 69.0 A  
Isc (at STC) 68.0 A  
Max. operating power (at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C) **2.2 kW**  
**Array nom. Power (STC) 2.2 kWp**

Gambar 4.9 Menentukan Jenis Panel Surya

7. Selanjutnya Run simulasi yang dibuat, adapun hasil dari perencanaan yang telah dibuat adalah sebagai berikut:




**PVsyst V7.2.4**

VCO, Simulation date:  
07/06/23 00:56  
with v7.2.4

**Project: Afdal**  
Variant: New simulation variant

Project summary					
<b>Geographical Site</b>		<b>Situation</b>		<b>Project settings</b>	
Medan		Latitude	3.58 °N	Albedo	0.20
Indonesia		Longitude	98.67 °E		
		Altitude	35 m		
		Time zone	UTC+7		
<b>Meteo data</b>					
Medan					
Meteonorm 8.0 (1991-2009), Sat=100% - Synthetic					
System summary					
<b>Stand alone system</b>			<b>Stand alone system with batteries</b>		
<b>PV Field Orientation</b>			<b>User's needs</b>		
Fixed plane			Daily household consumers		
Tilt/Azimuth	18 / 0 *		Constant over the year		
			Average	7.2 kWh/Day	
<b>System information</b>					
<b>PV Array</b>			<b>Battery pack</b>		
Nb. of modules	20 units		Technology	Lead-acid, vented, plates	
Pnom total	2200 Wp		Nb. of units	10 units	
			Voltage	12 V	
			Capacity	1000 Ah	
Results summary					
Available Energy	2825 kWh/year	Specific production	1284 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	66.04 %
Used Energy	2440 kWh/year			Solar Fraction SF	92.54 %

Gambar 4.10 Karakteristik PLTS yang digunakan

Dari hasil perencanaan menggunakan software PVsyst dapat dilihat untuk mensuplai daya pada rumah berkapasitas 1300 VA maka digunakan Panel surya sebanyak 20 Modul berkapastias 100 Wp. Dimana luas area yang dibutuhkan adalah sebesar 13,4 m<sup>2</sup> hanya untuk instalasi panel surya (belum termasuk instalasi baterai)


**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:  
07/06/23 00:56  
with v7.2.4

**Project: Afdal**

Variant: New simulation variant

**General parameters**

Stand alone system		Stand alone system with batteries	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	
<b>Orientation</b>		No 3D scene defined	
Fixed plane			
Tilt/Azimuth	18 / 0 °		
<b>User's needs</b>		<b>Models used</b>	
Daily household consumers		Transposition Perez	
Constant over the year		Diffuse Perez, Meteorom	
Average		Circumsolar separate	
7.2 kWh/Day			

**PV Array Characteristics**

PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Poly 110 Wp 72 cells	Model	Open 12V / 100 Ah
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, vented, plates
Unit Nom. Power	110 Wp	Nb. of units	10 in parallel
Number of PV modules	20 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	2200 Wp	Stored energy	9.6 kWh
Modules	20 Strings x 1 In series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	12 V
Pmpp	1979 Wp	Nominal Capacity	1000 Ah (C10)
U mpp	31 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	64 A	<b>Battery Management control</b>	
<b>Controller</b>		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.92 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	13.6 / 12.4 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
<b>Converter</b>		approx.	11.6 / 12.1 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	2 kWp		
Total	20 modules		
Module area	18.0 m <sup>2</sup>		
Cell area	15.8 m <sup>2</sup>		

**Array losses**

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	8.2 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	2.0 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s				
<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>	
Loss Fraction	1.5 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %
<b>IAM loss factor</b>					
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi - 1)					
bo Param.	0.05				

Gambar 4.11 Hasil Keluaran PLTS menurut PVsyst

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini. Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Setelah melakukan perhitungan terhadap beban rumah dengan kapasitas 1300 VA yang ada pada lokasi penelitian. Adapun beban yang digunakan adalah sebesar 7.230 Wh/hari dimana lonjakan beban pada rumah berkapasitas 1300 VA terjadi mulai pukul 15.00 sampai dengan 20.00.
2. Untuk mensuplai beban yang ada setelah dilakukan perhitungan manual penentuan kapasitas PLTS, maka dibutuhkan sebesar 1.986 Wp setelah dikalikan dengan rugi – rugi sistem sebesar 25%. Dan membutuhkan 20 unit panel dengan masing – masing kapasitas panel 100 Wp kemudian baterai yang dibutuhkan adalah 10 unit dengan kapasitas 1 kWh/unit.
3. Dari hasil perencanaan menggunakan software PVSyst dapat dilihat untuk mensuplai daya pada rumah berkapasitas 1300 VA maka digunakan Panel surya sebanyak 20 Modul berkapasitas 100 Wp. Dimana luas area yang dibutuhkan adalah sebesar 13,4 m<sup>2</sup> hanya untuk instalasi panel surya (belum termasuk instalasi baterai)

#### **5.2. Saran**

1. Dapat melakukan analisis penentuan kapasitas PLTS dengan skala yang lebih besar dari rumah berkapasitas 1300 VA

2. Menggunakan alternatif software lain yang mendukung proses analisis penentuan kapasitas PLTS untuk mensuplai beban agar mendapat perbandingan yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Wahid, dkk. 2014. “Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.” *Jurnal Teknik Elektro UNTAN* 2(1):10.
- Noorly Evalina, Faisal Irsan P, Abdul Azis. 2021. “The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads.” *Emitor: Blo-Ex Jurnal International*
- Purwoto, Bambang Hari. 2018. “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18(01):10–14.
- Martawati, Mira. 2018. “Intensitas Cahaya Terhadap Daya Dari Panel Surya.” *Jurnal ELTEK* 16:125–36.
- Setiawan, Wira, Rio Hermawan, and Suardi Suardi. 2018. “Analisa Potensi Angin Dan Cahaya Matahari Sebagai Alternatif Sumber Tenaga Listrik Di Wilayah Laut Sawu.” *JST (Jurnal Sains Terapan)* 4(1):57–62.
- Hamid, Riskha Mirandha, Rizky Rizky, Mohamad Amin, and Ida Bagus Dharmawan. 2016. “Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM.” *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 4(2):130.
- Sinaga, Yustinus Andrianus, Ahmad Saudi Samosir, and Abdul Haris. 2017. “Rancang Bangun Inverter 1 Fasa Dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation ( PWM ).” *Electrician* 11(2):81–90.
- Dzulfikar, Dafi, and Wisnu Broto. 2016. “Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga.” V:SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76.
- Suriansyah, Bambang. 2014. “Catu Daya Cadangan Berkapasitas 100 Ah / 12 V Untuk Laboratorium Otomasi Industri Poliban.” *Jurnal Intekna* (2): 102–209.
- Hamid, Riskha Mirandha, Rizky Rizky, Mohamad Amin, and Ida Bagus Dharmawan. 2016. “Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM.” *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 4(2): 130.

- Studi, Program, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, and Universitas Muhammadiyah Semarang. 2017. "Jurnal Tugas Akhir Analisa Beban Arus Pada Inverter Dan Trafo Pada Waktu Pemakaian Dan Pengisian Aki."
- Evalina, Noorly, Faisal Irsan Pasaribu, A. Abdul Azis H, and Ryan Dimas Ivana. 2021. "Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin."
- Rofifah, Dianah. 2020..” *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* 12–26.
- Ramadhan, Anwar Ilmar, Ery Diniardi, and Sony Hari Mukti. 2016. "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP." *Teknik* 37(2):59.
- Siregar, Matoga, Noorly Evalina, and Moh Zainul Haq. 2021. "Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan." 3(2):94–100.
- Dzulfikar, Dafi, And Wisnu Broto. 2016. "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga." V:Snf2016-Ere-73-Snf2016-Ere-77.
- Hasyim Asy'ari, Jarmiko, Angga. 2012. "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya." *Simposium Nasional Rapi Xi Ft Ums* 57.
- Stefanie, Arnisa and Insani Abdi Bangsa. 2021. "Hybrid Generator Thermoelektrik Panel Surya Thin Film Sf 170-S Cis 170 Watt Pada Plts 1 Mw Cirata." *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)* 6(1):154–60.
- Diantari Aita Retno, Erlina, Widyastuti Christine. 2018. "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS." *Energi & Kelistrikan* 9(2):120–25.
- Gultom, Togar Timotheus. 2015. "Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya." *Jurnal Mudira Indure* 1(3):33–42.
- Syukri, Mahdi and Kata Kunci. 2010. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan Di Banda Aceh." *Jurnal Rekayasa ElektriKa* 9(2):77–80.