

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi pilihan alternatif sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik saat ini. Namun, sistem PLTS memerlukan penyimpanan energi agar dapat beroperasi secara efisien dan terus menerus meskipun tidak ada cahaya matahari. Baterai merupakan salah satu solusi penyimpanan energi untuk sistem PLTS.

Kinerja baterai sangat penting bagi sistem pembangkit listrik tenaga surya karena menentukan tingkat ketersediaan energi dan jangka waktu penggunaan baterai. Oleh karena itu, analisis performa kinerja baterai sangat diperlukan untuk menentukan keandalan dan efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Analisis kinerja baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah untuk menentukan bagaimana baterai berfungsi dalam memasuki energi pada saat tidak ada cahaya matahari. Sistem pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan baterai untuk menyimpan energi yang diproduksi saat ada cahaya matahari, sehingga energi tersebut dapat digunakan saat tidak ada cahaya matahari atau pada saat beban listrik tinggi. Selain itu, analisis ini juga membantu dalam mengoptimalkan kinerja baterai dan memperpanjang masa pakai baterai.

Oleh karena itu, penting untuk menganalisis kinerja baterai dalam sistem PLTS. Analisis ini akan membantu dalam menentukan kapasitas baterai yang optimal dan memastikan sistem PLTS dapat beroperasi secara efisien dan memenuhi kebutuhan energi listrik

Dengan demikian, latar belakang dari skripsi ini adalah untuk mengetahui performa kinerja baterai dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya dan membantu dalam menentukan solusi yang tepat untuk sistem PLTS

Universitas      HKBP      Nommensen      Medan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan Masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Berapa energi yang dihasilkan pada baterai setiap harinya pada PLTS 2 Kwp ?
2. Berapa energi yang dibutuhkan untuk memenuhi beban setiap harinya pada PLTS 2 Kwp ?

## **1.3 Manfaat Dan Tujuan Penelitian**

Manfaat dan Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui cara penyimpanan daya baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 2 kwp
2. Untuk mengetahui energi baterai yang dibutuhkan oleh beban
3. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja baterai pada PLTS 2 kwp

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang baterai
2. Tidak membahas Inverter dan Control dalam penelitian
3. Penelitian ini hanya diterapkan pada PLTS 2 Kwp di UHN Medan
4. Batasan masalah ini hanya mencakup pembangkit listrik tenaga surya atau tidak mencakup pembangkit listrik lainnya

## **1.5 Metodologi Pemecah Masalah**

Berikut yang harus dilakukan langkah – langkah dalam memecahkan masalah di atas :

1. Studi literatur : melakukan studi pustaka tentang performa kinerja baterai dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya 2 kwp, faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja baterai, dan kapasitas baterai .
2. Analisis data : mengumpulkan dan menganalisis data performa kinerja baterai dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya 2 kwp, termasuk data produksi listrik, data baterai, dan data lingkungan.

3. Identifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi performa baterai :  
melakukan identifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi performa  
baterai dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya 2 kwp.
4. Rekomendasi solusi : memberikan rekomendasi solusi untuk  
meningkatkan performa kinerja baterai dalam sistem pembangkit listrik  
tenaga surya 2 kwp.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### Bab I : PENDAHULUAN

- 1.1 Latar belakang
- 1.2 Rumusan masalah
- 1.3 Manfaat dan Tujuan Penelitian
- 1.4 Batasan masalah
- 1.5 Metodologi pemecah masalah
- 1.6 Sistematika penulisan

### Bab II : LANDASAN TEORI

- 2.1 Sistem PLTS ( Pembangkit Listrik Tenaga Surya ) Off Grid
- 2.2 Proses Konversi
- 2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Penggunaan PLTS Off Grid
- 2.4 Komponen – Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya ( PLTS )
  - 2.4.1 Panel Surya
  - 2.4.2 Inverter
  - 2.4.3 Baterai
  - 2.4.4 Solar Charge Controller
  - 2.4.5 Panel Distribusi
- 2.5 Jenis – Jenis Baterai
- 2.6 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Performa Baterai Pada PLTS
- 2.7 Baterai Pada Sistem PLTS
  - 2.7.1 Parameter Untuk Baterai
  - 2.7.2 Metoda Charging (Pengisian) Baterai

### Bab III : METODOLOGI PENELITIAN

- 1.3 Model Penelitian
- 1.4 Waktu dan Tempat
- 1.5 Obyek Penelitian
- 1.6 PLTS 2 kwp
- 1.7 Beban
- 1.8 Prosedur Penelitian
- 1.9 Pengambilan Data
- 1.10 Prinsip Kerja PLTS 2 kwp
- 1.11 Diagram Alir

### Bab IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

- 1.12 Tabel Data Pengamatan
- 1.13 Hasil Data
- 1.14 Rekomendasi solusi

### Bab V : KESIMPULAN DAN SARAN

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran

## **BAB II LANDASAN TEORI**

### **2.1 Sistem PLTS ( Pembangkit Listrik Tenaga Surya ) Off Grid**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu Energi Baru Terbarukan yang sedang dikembangkan di Indonesia. PLTS banyak dipasang di industri dan juga rumah tangga. Alasan pemasangan PLTS di industri dan rumah tangga adalah karena untuk mengurangi tagihan listrik dari PLN dan juga untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

PLTS salah satu pilihan utama untuk mempercepat transisi energi di Indonesia. karena PLTS mempunyai potensi yang sangat besar untuk dikembangkan. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2019 potensi PLTS di Indonesia sebesar 207,8 Giga Watt dan baru dimanfaatkan kurang lebih sebesar 80,23Mwp.

Sistem PLTS off grid biasanya digunakan di daerah yang terpencil atau sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama, atau pada daerah yang biaya pemasangan listriknya terlalu tinggi untuk terhubung ke jaringan listrik utama. Sistem ini juga bisa digunakan sebagai sumber listrik cadangan jika terjadi pemadaman listrik.

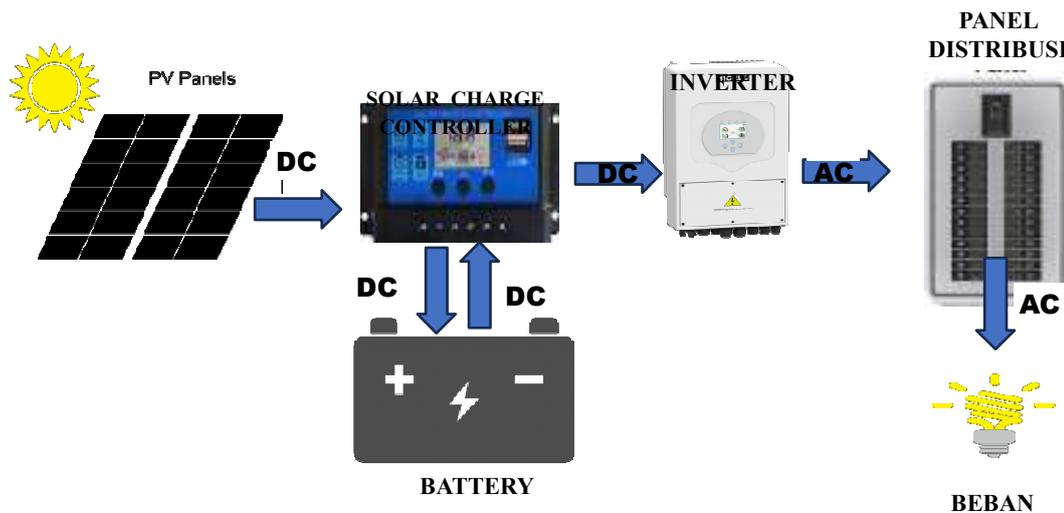
Untuk merancang sistem PLTS off grid, beberapa faktor perlu dipertimbangkan seperti ukuran sistem, jumlah daya yang dibutuhkan, lokasi sistem, dan jumlah baterai yang dibutuhkan untuk menyimpan listrik. Sebuah sistem PLTS off grid juga memerlukan inverter, sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC (arus bolak-balik) sehingga bisa digunakan untuk menyalakan peralatan rumah tangga.

Sebuah sistem PLTS off grid membutuhkan perawatan yang baik dan teratur, seperti membersihkan panel surya dan memeriksa kondisi baterai secara rutin untuk memastikan kinerja optimal sistem. Sebuah profesional instalasi panel surya bisa membantu Anda merancang dan memasang sistem PLTS off grid yang sesuai dengan kebutuhan pribadi.

PLTS Off Grid adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem yang mengandalkan energi matahari sebagai satu satunya sumber energi. Sehingga berbeda dengan tipe on-grid, dimana tipe off grid tidak disinkronkan dengan listrik

PLN. Biasanya sebagai cadangan, didukung dengan genset atau baterai untuk menyimpan energi.

Sistem off grid juga disebut dengan Stand Alone PV (Photovoltaic) ini sangat cocok untuk gedung yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN, karena sifatnya yang mandiri dan mengandalkan baterai. Kementerian ESDM menyarankan penggunaan baterai dengan cadangan minimal 3 hari sebagai bentuk antisipasi cuaca yang kurang mendukung dengan intensitas cahaya matahari rendah.



**GAMBAR 2.1 Blok Diagram Sistem Off Grid**

## 2.2 Proses Konversi

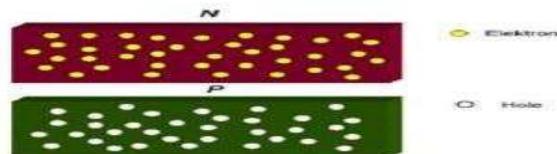
Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, 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.

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.

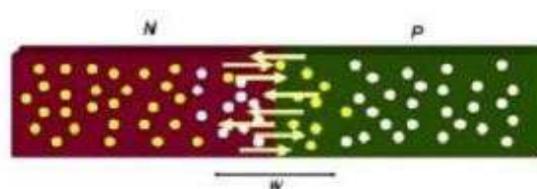
Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi / metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



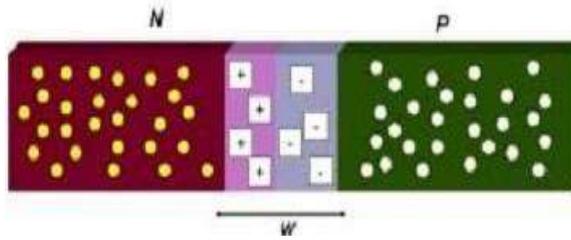
**GAMBAR 2.2 Semikonduktor P dan N**

2. 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 hanyasampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



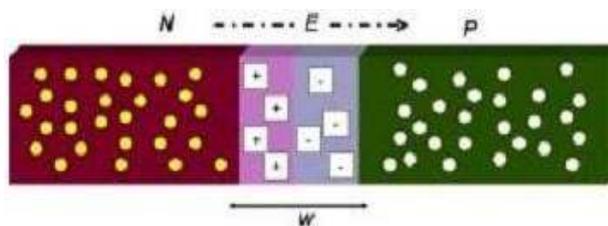
**GAMBAR 2.3 Semikonduktor setelah disambung**

3. 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 negatif. 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 2.4 Daerah Depleksi**

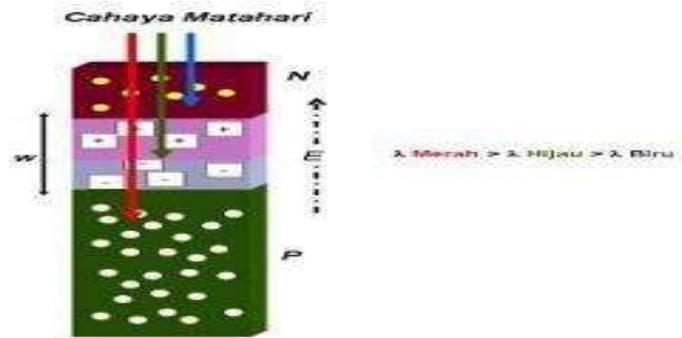
4. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah depleksi (depletion region) ditandai dengan huruf W.
5. Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah depleksi disebut dengan pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
6. Dikarenakan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



**GAMBAR 2.5 Timbulnya Medan Listrik**

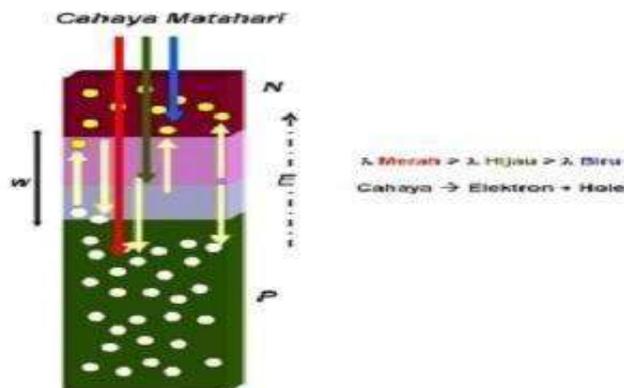
7. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan p-n berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah 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 2.6 Proses Konversi**

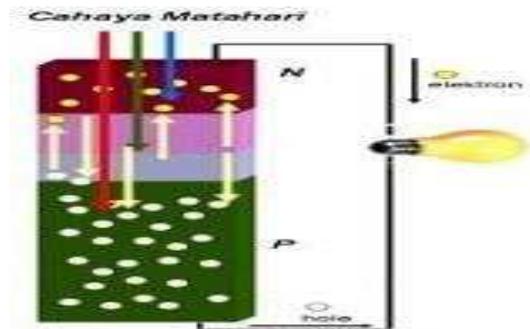
Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan diri dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi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



**GAMBAR 2.7 Proses Konversi Cahaya Matahari**

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. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan sambungan p-n 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.



**GAMBAR 2.8 Rangkaian Uji Coba Arus**

### 2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Penggunaan PLTS Off-Grid

#### a) Kelebihan Penggunaan PLTS Off-Grid :

1. Tidak ada tagihan listrik

=> Konsumen tidak perlu lagi membayar tagihan listrik bulanan karena listrik yang didapat dari panel surya, bukan lagi dari PLN.

2. Mandiri

=> Konsumen tidak membutuhkan daya listrik dari PLN karena telah beralih ke sistem PLTS.

3. Daya listrik wilayah terpencil

=> Sistem ini cocok untuk daerah terpencil atau yang tidak bisa dijangkau oleh jaringan listrik PLN.

4. Tersedia beberapa produk

=> Beberapa produk Sistem Off-Grid antara lain: Solar Home System (SHM), Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dan PLTS komunal untuk sistem berskala besar.

#### b) Kekurangan Penggunaan PLTS Off-Grid :

1. Komponen cukup mahal.

2. Memerlukan perawatan dan penggantian secara berkala.

3. Biaya instalasi off-grid lebih tinggi dibandingkan PLTS on-grid, bahkan 2 sampai 3 kali lipat.
4. Kapasitas penyimpanan terbatas. Jika cuaca mendung selama beberapa hari, bisa mengakibatkan cadangan listrik di baterai menipis dan bisa kehabisan listrik.
5. Tidak punya cadangan listrik. Apabila pada komponen PLTS ada kerusakan, maka tidak ada daya listrik.

## **2.4 Komponen – Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya ( PLTS )**

### **2.4.1 Panel Surya**

Panel Surya adalah nama sebuah alat yang digunakan untuk mengkonversi cahaya menjadi listrik. Proses konversi ini terjadi berkat adanya sel-sel fotovoltaik yang tertanam ke dalam panel. Fotovoltaik dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Dengan alat ini, setiap cahaya akan diubah menjadi listrik. Dalam perkembangannya, sel-sel tersebut lebih populer disebut sel surya, karena penggunaannya yang lebih banyak diarahkan untuk mengubah cahaya matahari sebagai sumber cahaya terkuat di Bumi. Sel fotovoltaik menggunakan lapisan tipis dari bahan semi-konduktif yang disebut silikon. Silikon adalah nama sebuah unsur yang bisa kita temukan dalam tabel periodik. Unsur ini bisa ditemukan bersama-sama dengan pasir. Ketika partikel cahaya menabrak sel fotovoltaik di panel surya, elektron dalam atom silikon terlepas, terpental, dan memulai reaksi berantai. Elektron-elektron yang terlepas ini bergerak, satu demi satu dalam aliran berkelanjutan, menjadi arus listrik yang dapat digunakan untuk memberi daya pada semua perangkat.

Solar panel / panel surya mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. Sel silikon (disebut juga solar cells) yang disinari matahari/ surya, membuat photon yang menghasilkan arus listrik. 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). Umumnya kita menghitung maksimum sinar matahari yang diubah menjadi tenaga listrik sepanjang hari adalah 5 jam. Tenaga listrik pada pagi –

sore disimpan dalam baterai, sehingga listrik bisa digunakan pada malam hari, dimana tanpa sinar matahari.

Sejarah Panel Surya : Cikal bakal panel surya dimulai sejak penelitian yang dilakukan oleh fisikawan Perancis Antoine Cesar Becquerel pada tahun 1839. Beliau mengamati efek fotovoltaik saat bereksperimen dengan elektroda padat dalam larutan elektrolit. Saat itu ia melihat tegangan muncul ketika cahaya jatuh pada elektroda. Berdasarkan referensi yang termuat dalam Encyclopedia Britanica, panel surya pertama dibuat oleh Charles Fritts pada tahun 1883. Panel buatan Fritts ini menggunakan lapisan semikonduktor selenium yang dilapisi dengan lapisan tipis emas. Namun, panel surya paling awal ini hanya memiliki efisiensi di bawah 1%. Pada tahun 1941, sel surya silikon ditemukan oleh Russel Ohl, 13 tahun kemudian bahan ini diteliti lebih lanjut oleh tiga ilmuwan Amerika, Gerald Pearson, Daryl Chapin, dan Calvin Fuller, mereka merancang ulang panel surya dari silikon yang memiliki efisiensi konversi energi yang lebih baik, yaitu sekitar 6%. Sejak saat itu panel surya mulai banyak diaplikasikan pada perangkat-perangkat elektronik, penggunaan paling awal yaitu pada teknologi luar angkasa khususnya untuk menyediakan energi bagi satelit. Pada tahun 1958, NASA menggunakan panel surya 1 watt untuk menyalakan radio pada satelit Vanguard I. Dilanjutkan pada tahun 1964, pesawat ruang angkasa Nimbus I, dengan panel surya 470 watt. Pada tahun 1966, NASA meluncurkan laboratorium ruang angkasa pertama di dunia yang dilengkapi dengan panel surya berkekuatan 1 kilowatt.

#### **2.4.1.1 Jenis – Jenis Panel Surya**

##### **1. Monocrystalline Silicon**

Jenis panel surya pertama yang akan kami bahas adalah solar panel monocrystalline silicon. Jenis komponen sel surya yang satu ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena kelebihan yang dimilikinya. Sel surya ini terbuat dari silikon yang diiris tipis-tipis dengan menggunakan mesin. Irisan bisa menjadi lebih tipis dan juga karakteristiknya identik karena penggunaan mesin potong ini. Untuk kelebihannya, jenis sel surya satu ini ini bisa disebut sebagai salah satu sel surya yang paling efisien digunakan. Hal ini disebabkan karena

penampangnya dapat menyerap cahaya matahari dengan lebih efisien dibandingkan dengan bahan sel surya yang lainnya. Efisiensi konversi cahaya matahari menjadi listrik yang dimiliki oleh bahan sel surya ini adalah sekitar 15%. Jumlah ini merupakan salah satu jumlah yang cukup besar jika dibandingkan dengan bahan penyusun sel surya yang lain meski dengan ukuran penampang yang sama. Panel surya yang satu ini juga menjadi salah satu yang paling banyak digunakan karena paling cocok untuk kebutuhan sehari-hari. Anda bisa menggunakan berbagai peralatan listrik termasuk Pompa Submersible dengan panel surya ini. Sayangnya jenis solar panel yang satu ini akan membutuhkan cahaya yang sangat terang ketika beroperasi. Ia akan mengalami pengurangan efisiensi jika berada pada cuaca yang berawan dan mendung. Untuk ciri-ciri panel surya monocrystalline silicon ini memiliki warna hitam dan juga bentuk yang tipis seperti yang telah disebutkan sebelumnya.



**GAMBAR 2.9 Jenis Panel Surya Monocrystalline Silicon**

**+Kelebihan panel surya monocrystalline silicon :**

- a. Termasuk ke dalam salah satu jenis sel surya yang paling efisien ketika digunakan. Hal tersebut disebabkan karena penampangnya yang dapat menyerap cahaya matahari lebih efisien dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain. Panel surya ini mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi 15 - 20 % yang nilai tersebut cukup tinggi apabila dibandingkan dengan panel surya yang lain.

b. Jenis sel surya yang paling awet dibandingkan sel surya yang lain bahkan sebagian pabrik memberikan garansi beberapa tahun.

**+Kekurangan panel surya monocrystalline silicon :**

a. jenis panel surya ini membutuhkan cahaya matahari yang terang (tidak terlalu panas) untuk mendapatkan nilai konversi energi listrik yang maksimal. Sehingga apabila cuaca sedang mendung / berawan maka efisiensi konversi energinya akan menurun.

b. Efisiensi konversi energinya juga akan menurun di saat terjadi peningkatan suhu yang begitu ekstrim

c. Banyak limbah yang dihasilkan saat pemotongan sel surya monocrystalline silicon ini.

## **2. Polycrystalline Silicon**

Jenis solar panel selanjutnya yang bisa digunakan adalah polycrystalline silicon. Teknologi panel surya ini merupakan teknologi panel yang terbuat dari batang silikon yang kemudian dicairkan. Teknologi panel ini memiliki kelebihan dari segi susunannya yang lebih rapi dan lebih rapat. Untuk cirinya, biasanya solar panel ini memiliki penampilan yang unik karena terkesan seperti ada retakan-retakan di dalam sel surya yang dimilikinya. Teknologi panel surya yang satu ini juga memiliki kekurangan yang cukup mirip dengan monocrystalline silicon yang telah disebutkan sebelumnya. Panel surya polycrystalline memiliki kekurangan ketika digunakan pada daerah yang rawan dan sering mendung. Ketika diletakkan atau digunakan pada area seperti ini, maka efisiensi yang dimilikinya akan turun. Jika dibandingkan dengan efisiensi monocrystalline, polikristalin silikon ini memiliki efisiensi yang lebih rendah. Oleh karena itu untuk menghasilkan tenaga listrik dengan jumlah yang sama, jenis panel tenaga surya yang satu ini akan diperlukan penampang yang lebih besar.



**GAMBAR 2.10 Jenis Panel Surya Polycrystalline Silicon**

**Kelebihan panel surya polycrystalline silicon :**

- a. Berkat teknologi canggih, membuat sel-sel yang menyusun panel surya ini terlihat menarik sebab tersusun lebih rapi, rapat dan terlihat seperti ada retakan-retakan di dalam sel suryanya.
- b. Proses pembuatan panel surya polycrystalline silicon cukup sederhana dan lebih murah dibandingkan monocrystalline silicon.
- c. Limbah yang dihasilkan dari pembuatan sel surya ini tidak begitu banyak dibandingkan dengan monocrystalline silicon.

**Kekurangan panel surya polycrystalline silicon :**

- a. Efisiensi konversi energi matahari ke energi listrik lebih kecil dibandingkan panel surya jenis monocrystalline silicon (sekitar 13 - 16 %) sehingga perlu banyak panel surya untuk mendapatkan energi listrik yang sama dengan monocrystalline silicon.
- b. Selain itu jenis panel surya ini juga membutuhkan cahaya matahari yang terang (tidak terlalu panas) untuk dapat menghasilkan energi listrik yang maksimal.
- c. Toleransi panas cukup rendah terhadap suhu yang tinggi sehingga dapat menurunkan efisiensiya.

### 3. Thin Film Solar Cell

Teknologi Panel surya yang akan dibahas selanjutnya adalah teknologi thin film solar cell. Ini merupakan sebuah teknologi panel solar yang dibuat dengan menggunakan sel surya yang tipis yang kemudian dipasangkan pada sebuah lapisan dasar. Dengan begitu jika dilihat secara fisik, solar panel ini merupakan film solar sel yang memiliki dua lapisan. Kelebihan yang dimiliki oleh teknologi solar panel yang satu ini bisa dilihat dari kondisi fisiknya. Sesuai dengan nama yang dimilikinya teknologi solar panel yang satu ini memiliki ukuran yang sangat tipis, hal ini menyebabkan solar panel yang satu ini memiliki bobot yang lebih ringan dan memiliki sifat yang lebih fleksibel. Selain itu teknologi solar panel yang satu ini merupakan teknologi yang dapat bekerja dengan sangat baik ketika berada pada cahaya fluorescent. Untuk kekurangannya, efisiensi yang dimiliki oleh panel surya yang satu ini memang cukup rendah. Anda hanya bisa mendapatkan penangkapan sebesar 8,5% untuk penampang yang sama luasnya dengan monocrystalline yang sudah disebutkan sebelumnya. Untuk penggunaannya, jenis panel yang satu ini memang lebih cocok digunakan untuk kebutuhan komersil.



**GAMBAR 2. 11 Jenis Panel Surya Thin Film Solar Cell**

**# Kelebihan panel surya Thin Film Solar Cell :**

- a. Ukurannya yang tipis dan bentuknya yang fleksibel sehingga membuat bobotnya lebih ringan dibandingkan jenis solar cell lainnya.

- b. Karena terbuat dari beberapa bahan sehingga membuat panel surya ini lebih ramah lingkungan.
- c. Biaya produksi lebih murah karena ukurannya yang begitu tipis dibandingkan dengan sel surya yang lainnya.
- d. Dapat bekerja sangat baik ketika berada pada cahaya fluorescent.

**# Kekurangan panel surya Thin Film Solar Cell :**

- a. Efisiensi panel surya thin film solar cell cukup rendah dibandingkan panel surya jenis lain, yaitu hanya berkisar 8,5 % saja.
- b. Kurangnya ketersediaan bahan Tellerium untuk pembuatan tipe sel surya CdTe.

**4. Compound Thin Film Triple Junction Photovoltaic**

Panel surya yang disebutkan sebelumnya merupakan jenis panel yang memiliki dua lapisan, maka sesuai dengan namanya teknologi solar panel yang satu ini memiliki tiga lapisan. Untuk teknologi solar panel yang satu ini anda tidak bisa menggunakannya untuk kebutuhan sehari-hari seperti untuk menyalakan alat elektronik, memasak, memanaskan air, dan juga untuk Pompa Air Tenaga Surya yang anda miliki. Sesungguhnya jenis panel ini merupakan jenis panel yang digunakan untuk perangkat yang diterbangkan ke angkasa luar. Oleh karena itu, kemampuan dan efisiensi yang dimilikinya sangat tinggi. Perangkat ini merupakan perangkat yang mampu menghasilkan daya listrik hingga 45%, lebih besar dibandingkan dengan jenis-jenis tenaga surya yang lainnya. Akan tetapi biasanya jenis solar panel yang satu ini memiliki bobot yang sangat berat dan juga sangat rapuh jika dibandingkan dengan teknologi solar panel yang lainnya.



**GAMBAR 2.12 Jenis Panel SuryaCompound Thin Film Triple Junction Photovoltaic**

#### **2.4.2 Inverter**

Inverter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk mengkonversi sumber tegangan input DC menjadi tegangan output AC (tegangan bolak-balik). Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan input dari power inverter dapat berupa baterai, dan *Solar Cell* (Sel Surya). Inverter tersebut akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang dimana memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Penggunaan inverter pada pembangkit listrik tenaga surya ini adalah untuk perangkat yang membutuhkan sumber tenaga AC. Fungsi inverter yaitu mengubah daya masuk searah (DC) menjadi daya keluaran bolak-balik (AC) yang simetris dengan magnitude serta frekuensi yang diinginkan.



**GAMBAR 2.13 Inverter**

#### **2.4.2.1 Jenis-Jenis Inverter**

##### **1) Inverter Tegangan Tunggal (Single-Phase Inverter)**

Ini adalah jenis inverter yang paling umum digunakan dalam instalasi PLTS skala kecil hingga menengah. Inverter ini mengubah arus DC menjadi arus AC dengan tegangan tunggal. Inverter tegangan tunggal cocok untuk kebutuhan listrik sehari-hari di rumah atau gedung komersial kecil.

##### **2) Inverter Tiga Fasa (Three-Phase Inverter)**

Ini digunakan dalam instalasi PLTS skala besar, seperti gedung perkantoran atau pabrik. Inverter ini mengubah arus DC menjadi arus AC dengan tiga fase, yaitu R, S, dan T. Dalam sistem tiga fase, penggunaan inverter tiga fasa lebih efisien karena dapat menghasilkan daya yang lebih besar.

##### **3) Inverter String (String Inverter)**

Inverter string adalah jenis inverter yang menghubungkan beberapa panel surya dalam satu rangkaian (string) sebelum mengubah arus DC menjadi arus AC. Keuntungan dari penggunaan inverter string adalah biaya yang lebih rendah dan kemudahan instalasi.

##### **4) Inverter Mikro (Micro Inverter)**

Inverter mikro adalah inverter yang dipasang pada setiap panel surya secara individu. Keuntungan utama dari inverter mikro adalah setiap panel surya dapat beroperasi secara independen, sehingga masalah pada satu panel tidak akan mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem.

##### **5) Inverter Hybrid (Hybrid Inverter)**

Ini adalah jenis inverter yang dapat bekerja dengan sumber daya listrik lainnya, seperti baterai penyimpanan energi atau sumber listrik dari jaringan umum. Inverter ini memungkinkan penggunaan energi yang disimpan dalam baterai saat panel surya tidak menghasilkan daya yang cukup.

#### **2.4.3 Baterai**

Baterai menyimpan listrik dalam bentuk daya kimia. Baterai yang paling biasa digunakan dalam aplikasi surya adalah baterai yang bebas pemeliharaan bertimbang asam (maintenance-free lead-acid batteries), yang juga dinamakan baterai recombinant atau VRLA (klep pengatur asam timbal atau valve regulated lead acid). Kapasitas energi per kilogramnya relatif kecil. Baterai asam timbal

terbagi dalam dua jenis yaitu Sealed atau biasa disebut dengan aki kering kadang juga disebutkan sebagai aki bebas perawatan dan Non-Sealed atau aki “biasa”. Perbedaan antara jenis Sealed dan Non-Sealed adalah adanya mekanisme pengembunan pada jenis Sealed untuk menjaga uap dari cairan elektrolit dalam baterai terbuang ke udara.

Baterai terbentuk oleh sekelompok elemen atau sel yang diletakan secara seri. Baterai timbal-asam terdiri dari dua elektroda timbal yang berada dalam larutan elektrolit air dan asam sulfat. Perbedaan potensial sekitar 2 volt terjadi di antara elektroda, tergantung pada nilai seketika kondisi penyimpanan baterai. Baterai yang paling umum dalam aplikasi surya fotovoltaik mempunyai tegangan nominal sebanyak 12 atau 24 volt. Maka sebuah baterai 12 V berisi 6 sel secara seri.

Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam sistem fotovoltaik, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh array panel- panel surya, dan untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel setiap kali daya itu melebihi beban. Baterai tersebut mengalami proses siklus menyimpan dan mengeluarkan, tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama waktu adanya matahari, array panel menghasilkan daya listrik. Daya yang tidak digunakan dengan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Selama waktu tidak adanya matahari, permintaan daya listrik disediakan oleh baterai, yang oleh karena itu akan mengeluarkannya.

Siklus menyimpan dan mengeluarkan ini terjadi setiap kali daya yang dihasilkan oleh panel tidak sama dengan daya yang dibutuhkan untuk mendukung beban. Kalau ada cukup matahari dan bebannya ringan, baterai akan menyimpan daya. Tentunya, baterai akan mengeluarkan daya pada malam hari setiap kali sejumlah daya diperlukan. Baterai juga akan mengeluarkan daya ketika penyinaran tidak cukup untuk menutupi kebutuhan beban (karena variasi alami kondisi keikliman, awan, debu, dan lain-lain).

Jika baterai tidak menyimpan cukup daya untuk memenuhi permintaan selama periode tidak adanya matahari, sistem akan kehabisan daya dan tidak siap memenuhi konsumsi. Di sisi lainnya, memperbesar sistem (dengan

menambahkan terlalu banyak panel dan baterai) mahal dan tidak efisien. Ketika mendesain sistem yang mandiri, kita perlu mengkompromikan antara biaya komponen dengan ketersediaan daya dari sistem. Satu cara untuk melakukan ini adalah memperkirakan jumlah hari dimana sistem beroperasi secara mandiri.

Sebaliknya, jika sistem surya bertanggung jawab atas daya yang menyediakan ke peralatan pelanggan kita mungkin dapat mengurangi jumlah hari otonomi sampai dua atau tiga. Di daerah dengan penyinaran yang rendah, nilai ini mungkin perlu ditambah semakin banyak. Dalam kasus apapun, kita harus selalu menemukan keseimbangan yang baik antara biaya dan kehandalan.



**GAMBAR 2.14 Baterai**

Ada dua kondisi istimewa penyimpanan yang dapat terjadi selama siklus penyimpanan dan pengeluaran daya dari baterai. Keduanya sebaiknya dihindari guna memperpanjang umur kegunaan baterai.

**a. Penyimpanan yang berlebihan (Overcharge)**

Penyimpanan yang berlebihan atau overcharge terjadi pada saat baterai berada pada kondisi keterbatasan kapasitasnya. Jika daya yang dimasukkan di luar batas titik penyimpanan maksimum, elektrolit mulai hancur. Ini menghasilkan gelembung oksigen dan hidrogen, dalam proses yang diketahui sebagai pembuatan gas atau gasification. Ini berakibat hilangnya air, oksidasi di elektroda positif, dan dalam kasus ekstrim, terjadi bahaya ledakan. Di sisi lainnya, keberadaan gas menghindari stratifikasi asam. Setelah beberapa siklus penyimpanan dan pengeluaran yang terus menerus, asam cenderung terpusat di

bagian bawah baterai, sehingga mengurangi kapasitas efektifnya. Proses gasifikasi menggerakkan elektrolit dan menghindari stratifikasi. Sekali lagi, adalah perlu untuk menemukan kompromi antara keuntungan (menghindari stratifikasi elektrolit) dan keadaan merugikan (kehilangan air dan produksi hidrogen). Satu pemecahannya adalah lebih sering membiarkan penyimpanan yang sedikit berlebihan. Satu metode yang umum adalah membiarkan tegangan sebanyak 2,35 sampai 2,4 Volt untuk masing-masing elemen baterai sekali dalam beberapa hari, di suhu 25o C. Regulator sebaiknya menjamin penyimpanan berlebihan yang berkala dan terkontrol.

#### **b. Pengeluaran daya yang berlebihan**

Dengan cara yang sama dimana ada batas atas, ada juga batas bawah dari kondisi penyimpanan baterai. Mengeluarkan melebihi batas itu akan menimbulkan pengrusakan pada baterai. Ketika persediaan baterai yang efektif habis, pengatur mencegah daya yang tersisa agar tidak diambil dari baterai. Kalau tegangan baterai mencapai batas minimum 1,85 Volt setiap selnya di suhu 25° C, pengatur memutuskan beban dari baterai. Jika pengeluaran baterai sangat mendalam dan baterai tetap dalam kondisi pengeluaran untuk jangka waktu yang lama, akan terjadi tiga efek: pembentukan sulfat yang terkristal pada pelat baterai, bahan aktif pada pelat baterai akan lepas / berguguran, dan pelat baterai akan melengkung. Proses membentuk kristal sulfat yang stabil dinamakan sulfasi keras. Ini benar-benar tidak baik karena akan membentuk kristal besar yang tidak turut serta dalam reaksi kimia dan dapat membuat baterai anda tidak dapat digunakan.

#### **2.4.3.1 Parameter Untuk Baterai**

Kemampuan dari suatu baterai ditentukan oleh kapasitasnya yang diukur dalam satuan Ampere/hour (Ah). Misal baterai dengan kapasitas 5 Ah maksimum dapat mengeluarkan arus sebesar 5 Ah selama satu jam. Berapa daya yang dapat dikeluarkan bisa dicari dari perkalian antara arus dan tegangan yang dikeluarkan, misal baterai di atas bertegangan 12 volt, maka daya yang dikeluarkan adalah 60 Watt/hour (Wh).

Parameter berikutnya yang harus diketahui dalam operasional sebuah baterai adalah batasan daya yang boleh dikeluarkan dari baterai. Istilah teknis

untuk parameter ini adalah Depth Of Discharge (DoD). Untuk baterai asam timbal, angka maksimumnya adalah 80%. Walaupun kurva tegangan baterai asam timbal relatif datar dan tidak curam pada bagian akhir, sebaiknya batasan tersebut tidak dilanggar untuk menjaga umur baterai.

State Of Charge (SOC) menyatakan perbandingan antara sisa muatan yang masih dapat digunakan dengan muatan pada kapasitas penuh. SOC biasanya dinyatakan dalam persen. 100% menunjukkan muatan baterai penuh, 50% untuk setengah penuh, 0% muatan habis (complete discharge). Urutan dari discharging kemudian charging kembali sampai SOC semula disebut satu cycle.

Depth Of Discharge (DOD) dalam satu cycle tergantung keperluan penggunaan baterai. DOD merupakan suatu batas maksimal pelepasan muatan dari baterai dan jika dalam keadaan ini baterai masih beroperasi maka akan terjadi kerusakan pada baterai. Untuk menjaga keseimbangan energi baterai, state of charge dibatasi sebesar 10% sampai dengan 30% dari kapasitas maksimal baterai. Pengaturan ini diperlukan karena adanya variasi besar dan waktu pengisian dari energi matahari di siang hari.

Pengisian dari suatu baterai juga harus diperhitungkan dalam operasional. Parameter ini diukur dalam satuan C dan merupakan angka relatif terhadap kapasitas. Misal baterai asam timbal mempunyai kecepatan pengisian 0.1 C, dengan asumsi tegangan pengisian sama dengan tegangan yang dikeluarkan oleh baterai, maka arus maksimum pengisian adalah 0,1 dari nilai Ah. Perlu diperhatikan untuk baterai asam timbal berjenis kering parameter pengisiannya hanya separuh dari yang berjenis basah.

#### **2.4.3.2 Metoda Charging (Pengisian) Baterai**

Banyaknya tipe dan jenis baterai membuat metoda pengisianpun bervariasi, diantaranya :

a) Metoda Tegangan Konstan

Charger tegangan konstan pada dasarnya adalah suatu power supply DC yang memiliki format sederhana terdiri dari sebuah trafo stepdown dan penyearah untuk menyediakan tegangan DC. Desain sederhana ini sering

ditemukan pada charger baterai mobil untuk pengisian baterai Lead acid. Metoda tegangan konstan juga sering dipakai untuk baterai Lithium ion, walaupun lebih kompleks beberapa rangkaian perlu ditambahkan untuk melindungi baterai dan keselamatan pemakai.

b) Metoda Arus Konstan

Charging arus konstan bekerja dengan memvariasikan nilai tegangan pada baterai untuk menjaga arus agar bernilai tetap dan berhenti ketika tegangan mencapai beban penuh.

c) Metoda Tegangan dan Arus Konstan

Metoda ini digunakan untuk mengisi baterai dengan mengatur arus sebesar 0,4 A dan tegangan sebesar 2,45 Volt/sel pada suhu kamar (20-25 °C). Lama untuk pengisian berkisar antara 6-12 jam, tergantung lama waktu saat pengosongan. Metoda ini digunakan untuk baterai Lead acid.

d) Metoda Tegangan Konstan Dua Tingkat

Metode ini menggunakan dua sumber tegangan konstan, pada tahap baterai diisi dengan sumber tegangan konstan pertama dengan diatur hingga pengaturan tegangan tinggi (sesuai kondisi persyaratan baterai). Jika nilai arus sudah mencapai kondisi normal maka akan terjadi perpindahan (switch) dari sumber tegangan konstan pertama menuju sumber tegangan konstan kedua yang sudah diatur pada tegangan rendah.

e) Metoda Trickle Charge

Pada metoda ini baterai tidak dihubungkan dengan beban dan tetap mengalami pengisian dengan arus yang kecil sebagai kompensasi discharge sementara supply AC masih bekerja. Ketika ada kegagalan supply tenaga baterai akan terhubung secara otomatis dengan beban dan mensupply beban. Metoda ini tidak dapat digunakan untuk baterai jenis NiMH dan Li-Ion.

f) Metoda Float Charge

Baterai dan beban secara permanen dihubungkan secara paralel dengan sumber DC dan mensupply tegangan konstan dibawah batas tegangan maksimal baterai. Metoda ini biasa digunakan untuk system keadaan tenaga darurat dan baterai yang digunakan adalah Lead acid.

### 2.4.3.3 Jenis - Jenis Baterai

- **Baterai Timbal**

Baterai ini tersusun dari beberapa sel elektrokimia dan masing-masing sel bekerja dengan mempergunakan elektroda positif (anoda) yang terbuat dari  $PbO_2$  (lead oxide) dan elektroda negatif (katoda) dari bahan Pb (lead), sedangkan larutan elektrolit yang digunakan terdiri dari asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan air ( $H_2O$ ). Untuk tipe baterai 12 Volt nominal biasanya terdiri dari 6 sel dengan masing-masing sel memiliki tegangan 2 Volt. Pada waktu pengisian baterai (charge),  $PbO_2$  akan berkumpul pada anoda, Pb berkumpul pada katoda dan mengakibatkan jumlah dari asam sulfat relatif bertambah sehingga bila diukur berat jenisnya (specific gravity) akan lebih besar dari satu. Baterai Timbal Ketika terjadi pengisian berlebih, pada baterai akan terbentuk gas hidrogen dan gas oksigen yang cukup berbahaya. Pada saat proses pengosongan (discharge) akan terbentuk  $PbSO_4$  yang berkumpul di anoda dan di katoda, sehingga jumlah asam sulfat berkurang sedangkan jumlah air dalam elektrolit bertambah dan bila diukur harga SG (specific gravity) akan mendekati satu.

Besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai disebut sebagai kapasitas baterai. Kapasitas energi suatu baterai di ukur dalam ampere jam (Ah). Misalkan, kapasitas baterai 7 Ah 12 Volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 7 Ampere selama 1 jam pemakaian. Pada pemakaian sehari-hari kondisi tersebut tidak dapat dicapai akibat pengaruh temperatur, SG elektrolit, serta usia pakai baterai.

- **Baterai Lithium-Ion/Li-Ion**

Baterai lithium ion adalah baterai yang menggunakan logam lithium sebagai media penyimpan muatan listrik. Baterai lithium ion memiliki kelebihan dibandingkan baterai lain, yaitu memiliki rapat muatan yang tinggi. Baterai lithium ion mempunyai tegangan nominal sebesar 3,6 Volt dan untuk charging tegangan yang diberikan adalah 4,2 Volt. Metoda charging yang digunakan untuk baterai ini adalah metoda tegangan konstan dengan pembatas arus. Metoda ini dilakukan dengan cara charging pertama menggunakan arus

konstan sehingga tercapai tegangan sel sebesar 4,2 Volt dan dilanjutkan charging dengan tegangan konstan sampai arus menjadi nol.

- **Baterai Lithium-Polymer/Li-Po**

Ini generasi paling baru baterai isi ulang. Selain ramah lingkungan, keunggulannya di atas baterai Li-Ion. Untuk perawatan baterai Lithium Polymer, tak jauh beda dengan Lithium Ion. Namun, Penanganannya harus ekstra hati – hati. Mengingat sifatnya yang ” liquid ” dengan tekanan yang cukup keras bisa menyebabkan bentuk baterai berubah. Kelemahan Li-Po justru mengharuskan kita mengisi ulang baterai jangan sampai menunggu ponsel mati dengan sendirinya. Atau sebisa mungkin ketika ponsel memberikan peringatan baterai lemah. Jika tidak, ponsel akan susah untuk diaktifkan karena baterai belum pulih sepenuhnya.

- **Baterai Nickel Cadmium/NiCad**

Baterai NiCad atau baterai NiMH adalah baterai yang sering digunakan dalam skala kecil, baterai ini memiliki tegangan sebesar 1,2 Volt/sel. Baterai NiCad berisi plat elektroda positif nikel hidroksida dan elektroda negatif cadmium hidroksida.

Reaksi ini bekerja dari sisi kiri menuju sisi kanan, sedangkan saat charging reaksi berlangsung dari kanan ke kiri. Metoda charging yang digunakan adalah metode arus charging arus konstan.

- **Baterai Nickel Metal Hydride/NiMH**

Baterai isi ulang ini masih memiliki memory effect namun hanya bersifat sementara. Jadi lebih fleksibel ketimbang jenis NiCD (Nickel Kadmium). Untuk pengisian ulang tak perlu menunggu benar – benar habis, namun dengan konsekuensi akan terasa cepat habis. Namun hal ini hanya berlangsung sementara, saat habis isi kembali dan kemampuannya akan normal lagi.

#### **2.4.3.4 Rumus Perhitungan**

##### **1. Kapasitas Baterai**

Kapasitas baterai dihitung dalam ampere (Ah), dengan Rumus Kapasitas baterai sebagai berikut:

$$C = I \times t$$

Keterangan:

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Besar arus yang mengalir (Ampere)

t = Waktu pemakaian (hour)

## **2. Daya Pada Baterai**

Daya baterai dihitung dalam watt-hour (Wh) Dengan Rumus:

$$Wh = V \times C$$

Dimana:

Wh = Daya Baterai

V = Tegangan Baterai

C = Kapasitas Baterai

## **3. Pengisian Arus Baterai**

Pengisian arus baterai (KW)

Dengan Rumus :

$$I = 0,2 \times C$$

Dimana :

I = Arus Pengisian

C = Kapasitas Batera

#### 2.4.4 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, battery akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.



**GAMBAR 2.15 Solar Charge Controller**

- Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:
  - a. Mengatur arus untuk pengisian ke battery, menghindari overcharging  
Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar battery tidak 'full discharge dan overloading.
  - b. Monitoring temperatur baterai
- Untuk membeli solar charge controller yang harus diperhatikan adalah:
  - a. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC.
  - b. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
  - c. Full charge dan low voltage cut.

solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila battery sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge controller akan mengisi battery sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input ( 2 terminal ) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output ( 2 terminal ) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari battery tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.

Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

#### **2.4.4.1 Cara kerja Solar Charge Controller**

adalah komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Solar charge controller berfungsi untuk:

- a. Charging mode: Mengisi battery (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau battery penuh).
- b. Operation mode: Penggunaan battery ke beban (pelayanan battery ke beban diputus kalau baterai sudah mulai 'kosong'). Charging Mode Solar Charge Controller Dalam charging mode, umumnya baterai diisi dengan metoda three stage

charging: 23

c. Fase bulk: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk - antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / solar cell. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.

d. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charge controller timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

e. Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 - 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.

#### 2.4.5 Panel Distribusi

Panel Distribusi juga sebagai panel isolasi dan proteksi terhadap arus / tegangan lebih dan petir. Panel distribusi tegangan rendah 3 fasa arus bolak-balik (AC) yang berfungsi menyalurkan daya dari pembangkit ke beban. Dan juga bisa sebagai pembagi daya listrik ke beberapa beban serta juga sebagai pemutus daya listrik.



**GAMBAR 2.16 Panel Distribusi**

#### 2.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Performa Baterai Pada PLTS

- Jenis Baterai : Jenis baterai yang digunakan pada PLTS mempengaruhi kinerja dan masa pakai baterai. Beberapa jenis baterai, seperti baterai Lithium-ion, memiliki kinerja yang baik dibandingkan dengan sejenis baterai lainnya.

- Suhu Lingkungan : Suhu lingkungan juga mempengaruhi kinerja dan masa pakai baterai pada PLTS. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mempercepat degradasi baterai dan mengurangi masa pakai baterai.
- Kondisi Pengisian : Cara pengisian baterai pada PLTS juga mempengaruhi masa pakai baterai. Jika baterai diisi dengan tegangan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka dapat mempercepat degradasi baterai dan mengurangi masa pakai baterai.
- Penggunaan Baterai : Penggunaan baterai pada PLTS juga mempengaruhi masa pakai baterai . Semakin sering baterai digunakan dan diisi ulang, semakin cepat baterai akan mengalami degradasi dan berkurang masa pakainya.
- Kapasitas Baterai : Kapasitas baterai pada PLTS juga mempengaruhi masa pakai baterai. Semakin besar kapasitas baterai, semakin lama baterai dapat bertahan dan semakin baik kinerjanya.
- Pengaturan Sistem PLTS : Pengaturan sistem PLTS seperti pengaturan tegangan dan arus yang sesuai dengan kebutuhan beban listrik juga mempengaruhi masa pakai baterai. Jika sistem PLTS terlalu terbebani, maka baterai akan cepat habis dan memperpendek masa pakai baterai.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Model Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif yaitu dengan mengumpulkan data dengan tahap analisis, kemudian dari data tersebut bisa dilakukan perhitungan dan melihat parameter yang terjadi untuk kemudian bisa dibandingkan dengan standar yang berlaku pada PLN. Dari hasil perbandingan yang telah dilakukan dapat di analisa masa pakai baterai, sehingga diketahui cara kinerja baterai.

### **3.2 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada halaman Universitas HKBP Nommensen Medan di Jln. Sutomo No.4A, Medan Timur pada Juli 2023.

### **3.3 Obyek Penelitian**

Untuk obyek penelitian yang akan dilakukan adalah pada PLTS 2 Kwp Riset Kedaireka UHN Medan. Untuk baterai yang digunakan adalah baterai Lithium-ion dengan jumlah baterai 4 buah.



**Gambar 3.1 PLTS 2 Kwp Riset Kedaireka UHN MEDAN**

### **3.4 PLTS 2 kWp**

Untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan peralatan sebagai berikut:

#### **3.4.1 Panel Surya**

Panel yang digunakan merupakan panel surya *mono cristaline* yang memiliki kapasitas 430 W.



**Gambar 3.2 Panel Surya**

➡ Berikut spesifikasi panel surya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.1 Modul Data solar cell**

LR4-72HPH-430M	
Rated Maximum Power (Pmax)	430 W
Tolerance	$0 \pm 5$ W
Voltage at Pmax (Vmp)	40.6 V
Current at Pmax (Imp)	10.60 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	49.2 V
Short-Circuit Current (Isc)	11.19 A
Maximum System Voltage	1500 V
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Operating Temperature	$-40^{\circ}\text{C} \pm 85^{\circ}\text{C}$
Application Class	Class A

### 3.4.2 Baterai

Baterai yang digunakan yaitu baterai MTC 12 V 200Ah.



**Gambar 3.3 Baterai MTC 12 V 200 Ah**

➡ Berikut spesifikasi dari baterai MTC 12 V 200Ah

**Tabel 3.2 Spesifikasi baterai MTC 12 V 200 Ah**

MTC 12 V 200 Ah	
Model	OT200-12 (GEL)
Size	532x249x272 mm
N.W	60.2 kgs
G.W	61.kgs

### 3.4.3 Inverter

Inverter yang digunakan merupakan PV OFF-grid inverter



**Gambar 3.4 Inverter**

➡ Berikut spesifikasi Inverter dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 3.3 Spesifikasi Inverter**

INVERTER CHARGER	
Model	MPS-V PLUS
COLOR	Blue and White
Operating Temperature Range	10-50°C
INVERTER MODE	
Rated Power	3500VA / 3500W
DC Input	24VDC, 162A
AC Output	230VAC, 50/60HZ,15.2A,1Φ
AC CHARGER MODE	
AC Input	230VAC,50/60Hz,24.9A,1 Φ
DC Output	27VDC
Max.80A	Default 30A
AC Output	230VAC,50/60Hz,15.2A,1 Φ
SOLAR CHARGE MODE	
Rated Power	5000W
Max Charger	100A
Nominal Operating Voltage	240VDC
Max.Solar Voltage (VOC)	500VDC
MPPT Voltage Range	120-450VDC

### 3.5 Beban

➡ Berikut Tabel Perkiraan Energi Listrik Keluaran Pada PLTS 2 kWp

**Tabel 3.4 Tabel Perkiraan Energi Listrik Keluaran PLTS 2 kWp**

Beban	Jumlah (buah)	Besar daya (W)	Total daya per jam (KW)	Waktu Penggunaan (jam)	Total Energi (Kwh)
Lampu	29	20	0,58	12	6,96
Total energi yang dibutuhkan dalam 1 hari					6,96

### **3.6 Prosedur Penelitian**

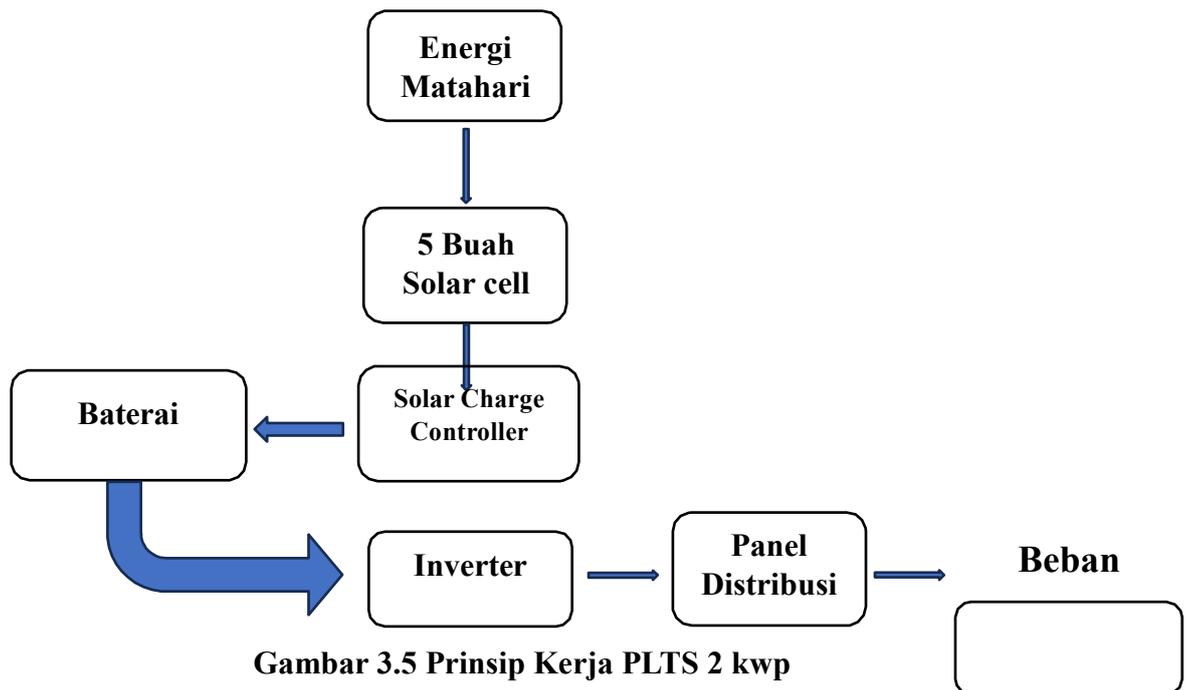
Percobaan ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pengamatan dilakukan mulai pukul 09.00 WIB dimana pengukuran dilakukan setiap 1 jam sekali sampai jam 18.00 WIB
2. Menghitung Energi pada baterai
3. Menghitung daya pada Baterai
4. Menulis data hasil pengamatan sesuai selang waktu yang telah ditentukan.

### **3.7 Pengambilan data**

Pengambilan data dilaksanakan pada PLTS Off Grid 2 Kwp di halaman Universitas HKBP Nommensen Medan tepatnya didepan Power House PLTS On Grid ( Depan Gedung FBS) dengan pengamatan Tegangan dan Arus, selanjutnya melakukan perhitungan daya pengisian pada baterai. Sehingga data ini diperoleh dari Inverter mulai dari pukul 09:00 WIB sampai pukul 18:00 WIB.

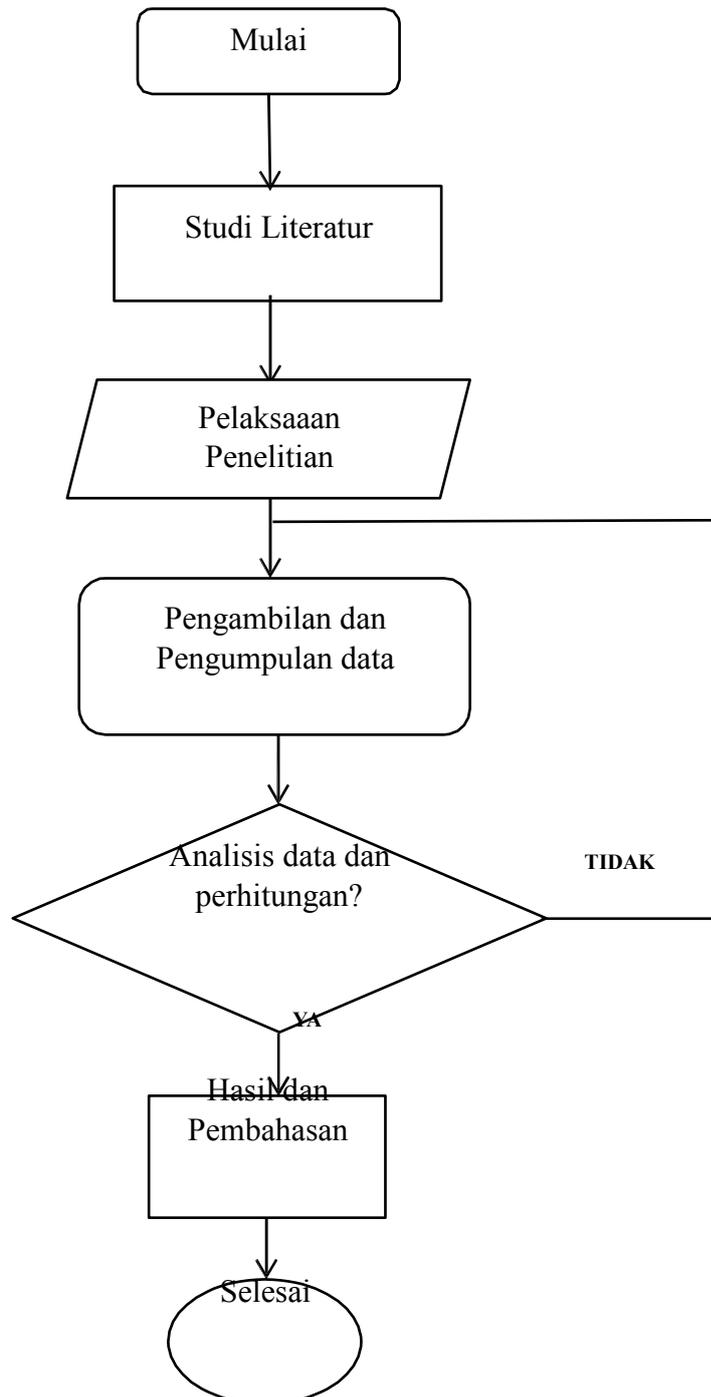
### 3.8 Prinsip Kerja PLTS 2 kWp



Gambar 3.5 Prinsip Kerja PLTS 2 kWp

Pembangkit listrik tenaga surya sistem off grid 2 KWp merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik. Dari energi matahari ditangkap masuk kedalam panel surya yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan jumlah 5 panel surya, setelah energi DC masuk kedalam panel yang berisi 5 buah lalu disalurkan menuju Solar Charger Controller (SCC) yang berfungsi mengatur overcharging (kelebihan pengisian) dan juga sebagai pengatur arus searah yang diisi baterai dan diambil dari baterai ke SCC. Kemudian energi DC dikirim kedalam baterai ( MTC 12V 200Ah ) yang berjumlah 4 buah. Setelah pengisian baterai selesai, pada pukul 17:30 energi akan digunakan. Selanjutnya baterai akan mengirim arus DC kembali ke SCC, kemudian arus DC dari SCC disalurkan ke Inverter, dimana inverter berperan sebagai pengubah arus DC menjadi AC. Setelah inverter mengubah arus DC menjadi AC, arus AC disalurkan ke panel distribusi, dimana panel distribusi sebagai pembagi daya listrik ke beberapa beban dan bisa juga sebagai pemutus daya listrik. Kemudian daya listrik (AC) disalurkan menuju beban yang digunakan.

### 3.9 Diagram Alir



Gambar 3.6 Diagram Alir

Gambar 3.7 dapat dijelaskan sebagai berikut :

\* Studi Literatur

↳ Dimana studi literatur ini mempelajari kegiatan yang berkenaan dengan pengumpulan data dan jurnal yang berkaitan dengan PLTS

\* Pelaksanaan Penelitian

↳ Merupakan kegiatan awal penelitian yang dilaksanakan pada objek penelitian di halaman kampus UHN Medan tepatnya pada PLTS 2 kwp.

\* Pengambilan dan Pengumpulan data

↳ Melakukan pengamatan secara langsung pada Inverter untuk mengetahui tegangan dan arus yang masuk ke baterai.

\* Analisi data dan Perhitungan ?

↳ Sudahkah dianalisis dan dihitung? Jika sudah akan dilanjutkan ke hasil dan pembahasan, jika tidak kembali melakukan pengambilan dan pengumpulan data kembali.

\* Hasil dan Pembahasan

↳ Setelah data yang terkumpul dalam 1 hari, daya yang dihasilkan lalu dijumlahkan dan dihitung berapa lama beban terpenuhi dengan daya yang sudah tersedia. Perhitungan ini dilakukan selama 7 hari kedepan. Setelah hasil sudah didapat selanjutnya membuat kesimpulan dari data selama 7 hari tersebut. Selesai.