

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era globalisasi saat ini, kebutuhan akan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan populasi. Salah satu alternatif energi yang menjadi pilihan banyak orang adalah energi surya. Energi surya memiliki banyak kelebihan, seperti sumber yang tak terbatas, mudah didapat, dan ramah lingkungan. Pasokan energi listrik saat ini tergantung pada energi konvensional yang suatu saat akan habis digunakan seperti minyak bumi, batubara dan lainnya. Dengan menggunakan energi listrik alternatif yang ramah lingkungan sangat diharapkan oleh masyarakat seperti energi angin, solar sel, energi air dan lainnya.

Pemanfaatan energi alternatif dapat menambah persediaan energi listrik, apalagi Indonesia berlimpah sinar matahari (solar sel) yang belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk menambah pasokan energi listrik alternatif diperlukan suatu model agar dapat meningkatkan daya keluaran Metode yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga surya dengan meningkatkan arus keluaran dari panel surya untuk pengisian baterai, sehingga tidak memerlukan waktu lama. Dengan arus keluaran dari arus yang dihasilkan modul surya dapat mempercepat waktu pengisian baterai tersebut. Namun, masih ada beberapa hal yang perlu dioptimalkan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, salah satunya adalah baterai. Baterai memegang peran penting dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya karena bertugas sebagai penyimpan energi sehingga dapat digunakan pada saat tidak ada cahaya matahari (Rohana *et al.*, 2012).

Kinerja baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya bertujuan untuk. Peningkatan efisiensi dapat dicapai melalui berbagai teknik seperti pengisian dan pengosongan yang optimal, pemilihan jenis baterai yang sesuai. Penggunaan baterai dalam sistem pembangkit tenaga surya memungkinkan penyimpanan kelebihan energi yang dihasilkan pada siang hari untuk digunakan selama periode rendah atau tidak ada sinar matahari. Ini membantu memastikan pasokan daya yang berkelanjutan dan andal, terutama untuk sistem off-grid. Namun, efisiensi sistem penyimpanan baterai sangat mempengaruhi efisiensi

sistem pembangkit listrik tenaga surya secara keseluruhan. Kinerja baterai dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat berdampak signifikan pada kinerja keseluruhan dan efektivitas biaya sistem. dapat mencakup mengidentifikasi sistem manajemen baterai, dan memilih jenis baterai yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan khusus sistem.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana menghitung lama waktu pengisian daya baterai pada PLTS 5 kwp UHN Medan?
2. Apakah energi yang tersimpan pada Baterai dapat menyuplai beban sesuai waktu yang diperkirakan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui berapa lama waktu yg diperlukan untuk mengisi baterai pada PTS 5kwp UHN Medan.
2. Mengetahui lama baterai untuk menyuplai beban sesuai waktu yang diperkirakan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Memberikan informasi tentang bagaimana cara menghitung daya yang ada di Baterai Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya.
2. Menjadi referensi bagi peneliti atau praktisi yang ingin mempelajari topik yang sama
3. Dapat memberikan solusi bagi masalah yang ada pada sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berhubungan dengan baterai.

## **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Sistem pembangkit Listrik Tenaga Surya: Batasan masalah ini hanya mencakup sistem pembangkit listrik tenaga surya, bukan sistem pembangkit listrik lainnya.
2. Meningkatkan kapasitas daya listrik: Batasan masalah ini berkaitan dengan peningkatan kapasitas daya listrik pada sistem pembangkit listrik tenaga

surya, bukan peningkatan kapasitas daya listrik dalam hal lain.

3. Tidak membahas inverter pada penelitian.

### **1.6 Metodologi Pemecah Masalah**

Metodologi penulisan yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah- langkah sebagai berikut:

1. Review Literatur

Melakukan review terhadap literatur yang ada tentang pengaruh kinerja baterai dan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk menentukan metodologi yang paling tepat.

2. Analisis Sistem

Menganalisis sistem pembangkit listrik tenaga surya dan baterai untuk menentukan hubungan antara kinerja baterai pada sistem PLTS 5 kwp

3. Mengumpulkan data

Data dikumpulkan sesuai dengan desain percobaan. Termasuk pengukuran kinerja baterai pada sistem PLTS 5 kwp.

4. Analisis Hasil

Melakukan analisis terhadap hasil uji coba dan mengevaluasi efektivitas dari proses kinerja baterai yang diterapkan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

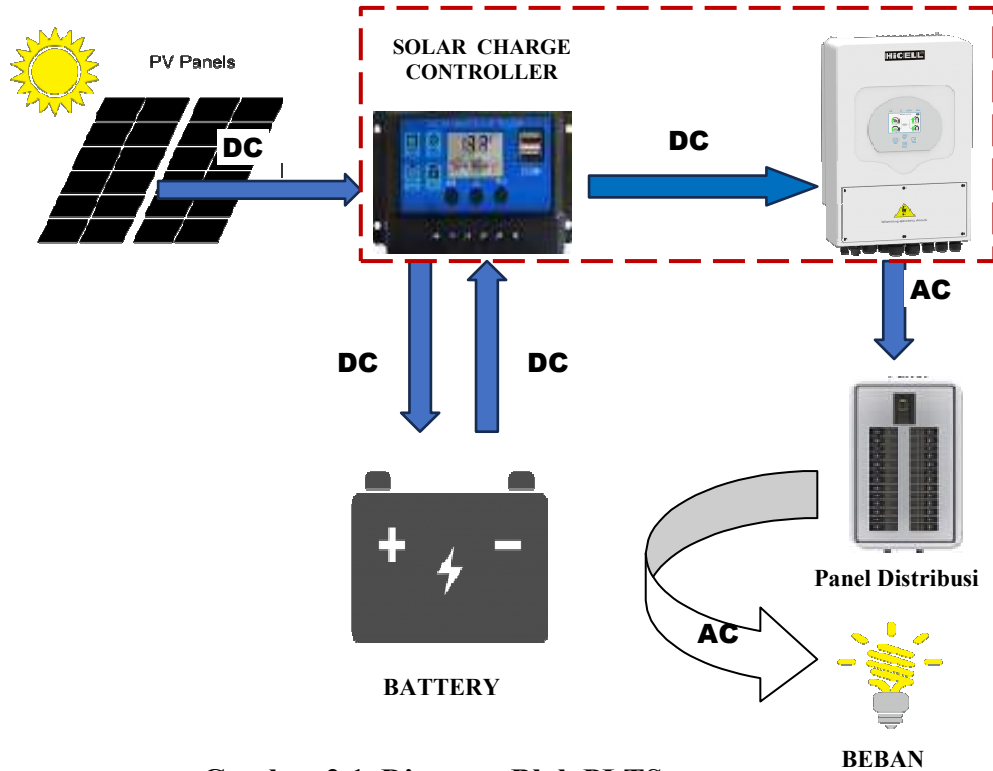
Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari beberapa bab, yaitu: BAB I Pendahuluan dengan sub bab Latar belakang penelitian, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah, Metodologi Pemecah Masalah, dan Sistematika Penulisan dilanjut pada Bab II Landasan Teori dengan sub bab Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya, jenis-jenis Baterai, Kinerja Baterai, dan Prinsip Kerja Baterai kemudian pada Bab III Metodologi Penelitian dengan Sub bab Tentang Model Penelitian, Waktu dan Tempat Penelitian, Obyek Penelitian, PLTS 5 Kwp , Beban, Prosedur Penelitian, Pengambilan Data, Prinsip Kerja PLTS 5 Kwp, dan Diagram Alir lanjut pada Bab IV Hasil dan Pembahasan dengan sub bab Analisis Hasil dan Presentasi Hasil dan yang terakhir Bab V Kesimpulan dan Saran dengan sub bab Kesimpulan dan Saran.

## BAB 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Komponen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem PLTS yang diterapkan merupakan sistem pembangkit listrik yang tidak terhubung dengan jaringan atau yang disebut PLTS Off-Grid. Dengan sistem pengaturan yang baik PLTS ini dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang handal. Dalam pemanfaatan PLTS sebagai pembangkit tenaga listrik cadangan, daya yang dihasilkan panel surya tidak stabil, mengkhawatirkan kualitas daya listrik yang dihasilkan PLTS tidak baik, hal ini tergantung pada intensitas sinar matahari yang diterima oleh panel surya.

Pada sistem ini, PLTS bisa disebut juga sebagai sistem PLTS berdiri sendiri (stand-alone). Sistem ini beroperasi secara independen tanpa terhubung dengan jaringan PLN. Sistem ini membutuhkan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan di siang hari untuk memenuhi kebutuhan listrik di malam hari ataupun ketika cuaca berawan.



Gambar 2.1. Diagram Blok PLTS

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terkait dan saling mendukung untuk menghasilkan energi listrik. Berikut adalah komponen-komponen utama dari sistem PLTS.

### 1. Panel Surya (Solar Panel)

Panel surya berfungsi untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor, seperti silikon. Ketika sinar matahari jatuh pada panel surya, elektron didalamnya terlepas dan menghasilkan arus listrik. Panel surya dapat dipasang di atas rumah, gedung, atau diatas lahan yang terbuka.



**Gambar 2.2 Panel Surya**

Sumber : Sunspower (2020)

### 2. Inverter

Inverter adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus listrik bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh rumah, gedung, atau industri. Inverter juga berfungsi untuk mengatur tegangan dan frekuensi arus listrik agar sesuai dengan standar yang berlaku.



**Gambar 2.3 Inverter**

Sumber : Yurika (2022)

### 3. Baterai (Battery)

Baterai adalah komponen yang digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai dapat digunakan pada saat energi listrik yang dihasilkan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik dan digunakan pada saat energi listrik yang dihasilkan lebih banyak dari kebutuhan, Baterai yang digunakan pada sistem PLTS umumnya berjenis *deep cycle battery*.

Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari minimal 2 sel elektrokimia yang mengubah energi senyawa kimia menjadi energi listrik. Setiap sel memiliki katoda (kutub positif) dan anoda (kutub negatif), kutub dengan tanda positif menunjukkan bahwa energipotensial lebih menonjol daripada poros dengan tanda negatif. Kutub yang bertandane negatif adalah sumber elektron yang terkait dengan sirkuit luar yang akan mengalir, dan menyampaikan sumber daya listrik ke perangkat eksternal yang terpasang. Ketika baterai dihubungkan dengan sirkuit luar, elektrolit dapat bergerak sebagai partikel di dalamnya, menyebabkan reaksi sintetik pada kedua poros.



**Gambar 2.4 Baterai**

Sumber : Sunpower (2021)

### 4. Charge Controller

Solar Charge Controller merupakan komponen dalam PLTS yang memiliki fungsi sebagai berikut:

#### 1. *Charging Mode*

Berfungsi untuk mengatur pengisian arus searah (DC) ke baterai yang disuplai oleh PV Array untuk menghindari over charging. Proses ini dengan mengubah listrik searah dari PV Array dengan tegangan tertentu dan mengontrol pengisian baterai. Saat baterai dalam keadaan kosong maka solar charge controller akan mengisi listrik ke baterai sebanyak mungkin. Sebaliknya, saat baterai dalam

keadaan hampir penuh maka solar charge controller akan mengatur pola pengisian baterai dengan arus sedikit untuk menjaga tegangan baterai dan jika sudah penuh solar charge controller akan menghentikan proses pengisian baterai untuk mencegah over charge sehingga ketahanan baterai lebih lama. Dalam kondisi ini listrik yang tersuplai dari array akan langsung didistribusikan ke beban sesuai dengan konsumsi beban.

## 2. *Load Operation Mode*

Setelah baterai terisi penuh maka akan berubah fungsi menjadi load operation mode. Pada kondisi ini baterai akan mensuplai energi listrik ke beban apabila produksi PV array tidak bisa memenuhi kebutuhan beban baik ketika malam, ataupun cuaca buruk yang dapat mengganggu produksi listrik dari PV Array. Saat baterai mensuplai beban, arus DC daribaterai tidak bisa masuk ke panel surya dikarenakan terdapat diode proteksi yang berfungsi melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya. Saat tegangan baterai hampir kosong, maka solar charge controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban. Tujuannya adalah untuk menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel-sel baterai. Kebanyakan solar charge controller memiliki lampu indikator yang akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna kuning atau merah) untuk menunjukkan bahwa baterai dalam proses charging. (Michael Parningotan Sihotang 2019).



**Gambar 2.5 Charger Controler**

Sumber: Sunspower (2021)

## 5. **Kabel**

Kabel dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kabel solid dan kabel stranded. Kabel solid adalah kabel yang terbuat dari konduktor solid sepanjang kabel

tersebut, sementara kabel stranded adalah kabel yang terbuat dari kabel-kabel solid yang lebih kecil (strand) dan digulung hingga membentuk satu kabel yang lebih besar. Kabel stranded memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas karena kabel jenis ini lebih mudah untuk ditekuk dan digulung daripada kabel solid.

Ukuran diameter pada sebuah kabel dapat diukur dengan satuan panjang pada umumnya. Selain ukuran diameter, ukuran luas penampang melintang kabel juga dapat dihitung dengan satuan mils. Bentuk ukuran luas penampang kabel adalah lingkaran, sehingga satuannya disebut circular mils. Satu circular mils adalah luas penampang lingkaran yang diameternya  $1/1.000$  inch (Saputra, 2015).



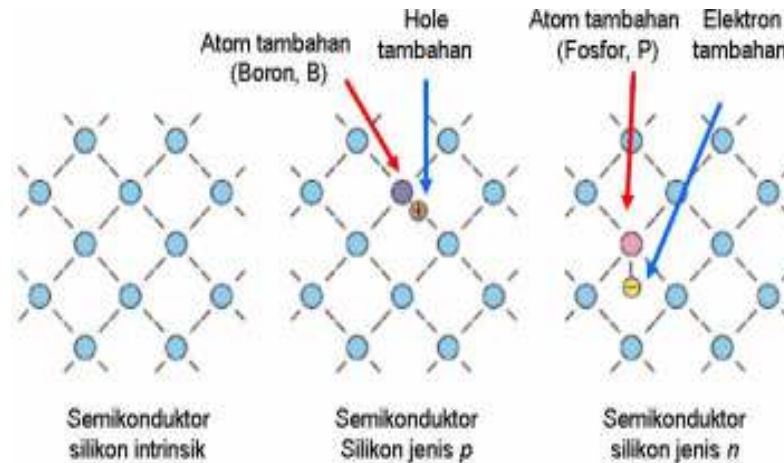
**Gambar 2.6 Kabel**

Sumber: Reyhan Apriathama (2022)

## 2.2 Proses Konversi

Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n adalah semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif ( $n = \text{negatif}$ ). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ( $p = \text{positif}$ ) karena kelebihan muatan positif. Dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.





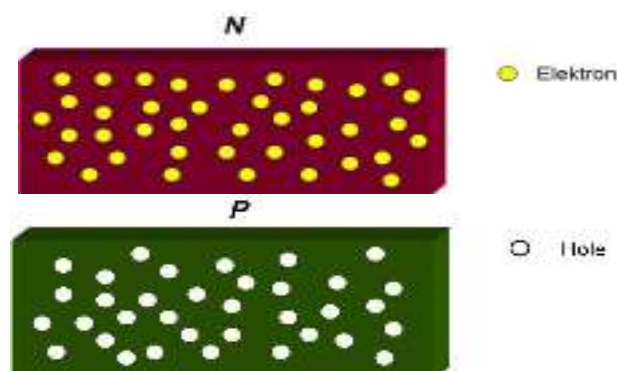
Gambar 2.7 Semikonduktor

Pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami yang diakibatkan oleh kelebihan elektron atau hole. Di dalam semikonduktor alami (semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama.

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

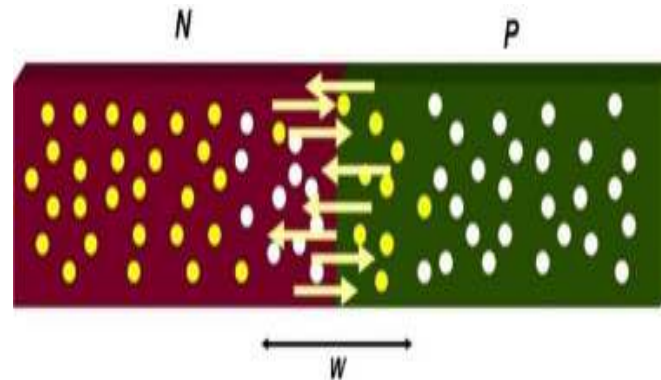
Semikonduktor n dan p jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (sambungan metalurgi/*metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut:

- a. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung



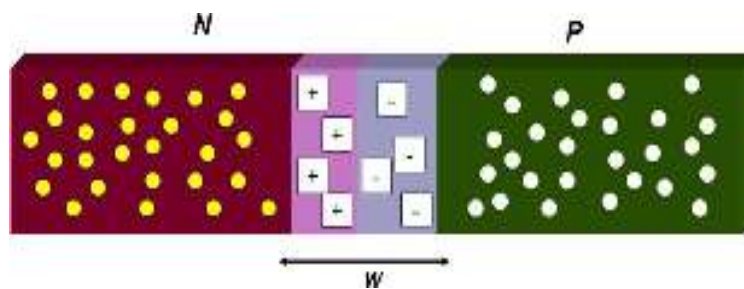
Gambar 2. 8 Semikonduktor Jenis p dan n

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



Gambar 2.9 Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

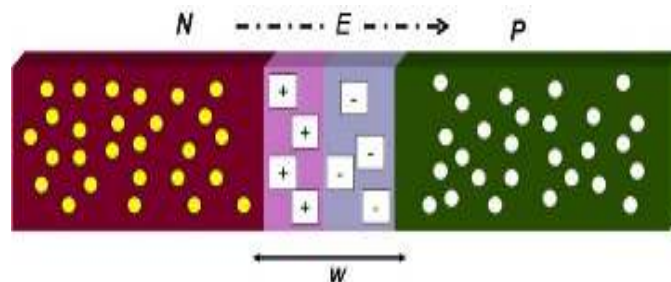
- c. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang, daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang, daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.
- d. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W.



Gambar 2.10 Terbentuk Daerah Deplesi

- e. Elektron maupun hole pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya pada jenis semikonduktor yang berbeda.
- f. Adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul medan listrik internal ( $E$ ) dari sisi positif ke sisi negatif yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n.

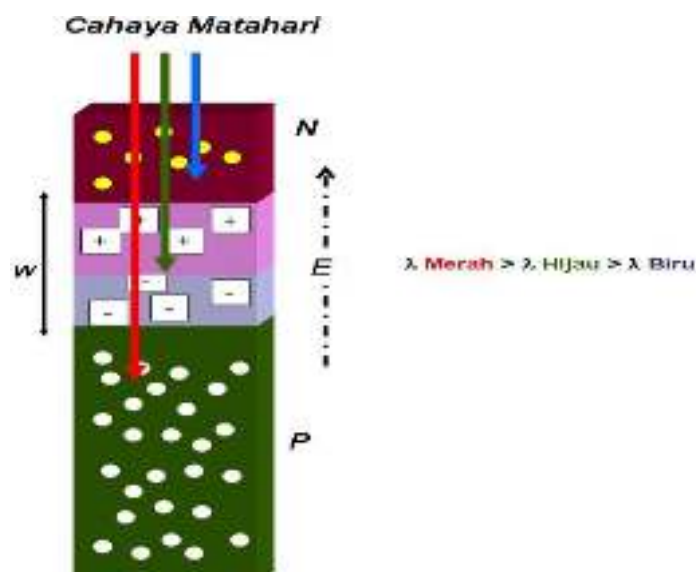
Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas).



Gambar 2.11 Timbulnya Medan Listrik Internal (E)

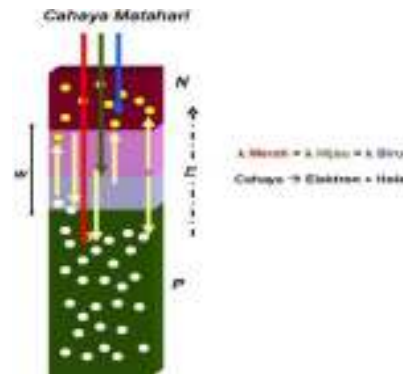
- g. Adanya medan listrik (E) mengakibatkan sambungan p-n berada pada titik setimbang dengan cara mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain. Jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi sesuai dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p. Jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik (E).

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Pada sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari dan dibuat jauh lebih tipis daripada semikonduktor p sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus diserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.12 Konversi Cahaya Matahari menjadi Listrik

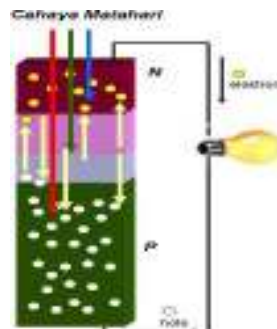
Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini mengakibatkan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photogeneration*) yakni, proses terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



**Gambar 2.13 Fotogenerasi Electron-Hole**

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (“lambda ( $\lambda$ )”) yang berbeda membuat fotogenerasi pada sambungan p-n berada pada bagian yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi disana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n. Pada sambungan p-n terdapat medan listrik (E), sehingga elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n dan hole 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 akan menyala dikarenakan mendapat arus listrik yang timbul akibat pergerakan elektron.



**Gambar 2.14 Elektron Mengalir Melalui Kabel ke Lampu**

## 2.2 Jenis Baterai

Dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), terdapat beberapa jenis baterai yang dapat digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Selain itu, juga terdapat jenis cairan yang digunakan pada baterai untuk mengalirkan arus listrik. Berikut adalah beberapa jenis baterai dan cairan yang umum digunakan dalam sistem PLTS;

### 2.2.1 Baterai Timbal-Asam (Lead Acid)

Baterai timbal-asam adalah jenis baterai yang paling umum digunakan pada sistem PLTS. Baterai ini terdiri dari elektrolit berupa larutan asam sulfat yang digunakan untuk mengalirkan arus listrik antara anoda dan katoda. Baterai timbal-asam memiliki kelebihan berupa harga yang relatif murah, namun memiliki siklus hidup yang terbatas. Namun baterai Asa Timbal juga memiliki kelemahan yaitu memerlukan ventilasi dan perawatan rutin agar dapat beroperasi dengan benar, sehingga meningkatkan kemungkinan baterai bocor.



**Gambar 2.15 Baterai Timbal Asam (Lead Acid)**

Sumber: Shunlongwei (2021)

### 2.2.2 Baterai Lithium-Ion

Baterai lithium-Ion adalah jenis baterai yang mulai populer digunakan pada sistem PLTS. Baterai ini memiliki keunggulan berupa kapasitas yang lebih besar dan siklus hidup yang lebih panjang dibandingkan baterai timbal-asam. Cairan yang digunakan pada baterai lithium-ion adalah elektrolit berupa campuran lithium dan garam. Namun, baterai lithium ion juga memiliki kelemahan yaitu lebih mahal daripada teknologi penyimpanan energi lainnya. Jika dipasang dengan benar, hanya kemungkinan kecil baterai Anda terbakar.



**Gambar 2.16 Baterai Lithium Ion**

Sumber :<https://images.app.goo.gl/eQLD4sdUZnBLfJba7>

### 2.2.3 Baterai Gel

Baterai jenis ini merupakan baterai VRLA dengan elektrolit gelified asam sulfat dicampur dengan silika, membuat massa yang dihasilkan menyerupai gel dan bisa bergerak. Berbeda dengan baterai sel basah timbal asam, baterai ini tidak perlu disimpan tetap tegak. Baterai gel mengurangi penguapan elektrolit, tidak tumpah dan tanpa korosi dengan resistensi yang lebih besar untuk shock dan vibrasi. Baterai Gel VRLA disebut baterai OpzV merupakan baterai konstruksi sel tunggal dengan tegangan nominal 2 Volt. Baterai ini dilengkapi dengan lempeng tubular positif. Grid positif yang dibuat oleh die casting teknik dengan tekanan 18 Mpa dan struktur silinder lebih kompak dan memberikan ketahanan terhadap korosi dan usia baterai bisa lebih dari 20 tahun.



**Gambar 2.17 Baterai Gel**

<https://images.app.goo.gl/JB6iFjffzmiEmJcw9>

### 2.2.4 Absorbent Glass Mat Battery (AGM)

Bedanya dengan baterai VLA, baterai ini tidak memiliki ventilasi gas. Pada baterai AGM, elektrolit berada pada sebuah material glass mat, kemasan tertutup rapi sehingga tidak ada senyawa atau bahan yang dapat keluar masuk baterai. Oleh karena itu baterai ini tidak memerlukan perawatan lebih, tapi sekali

baterainya terbuka maka isinya akan bocor. Kelebihan dari baterai ini adalah lebih fleksibel untuk penempatan dan pengiriman baterai, tidak perlu perawatan, memiliki ketahanan lebih pada discharge yang lebih tinggi, internal resistansi lebih kecil, self discharge lebih rendah dan kekurangannya rentan pada over charge, harga lebih mahal, tidak cocok pada tempat dengan temperatur tinggi dan umurnya lebih pendek.(Nasution 2016)



Gambar 2.18 Baterai AGM

<https://images.app.goo.gl/zow4Ke5LRsSPCkkaA>

## 2.3 Kinerja Baterai

Kinerja baterai sangat mempengaruhi efisiensi dan kehandalan sistem PLTS secara keseluruhan. Baterai dipergunakan buat menyimpan energi listrik yg didapatkan panel surya di siang hari dan kemudian menyuplai listrik waktu diharapkan, misalnya di malam hari atau waktu sinar matahari tidak relatif kuat. setelah listrik masuk ke baterai, listrik tersebut disimpan dan diubah menjadi energi kimia yang disimpan di pada sel baterai. tenaga kimia ini akan digunakan buat menghasilkan listrik waktu diperlukan. di malam hari atau saat sinar surya tidak cukup kuat, tenaga kimia yg tersimpan pada baterai akan diubah kembali menjadi energi listrik melalui proses kimia yg terjadi di pada sel baterai. tenaga listrik ini lalu dapat dipergunakan untuk memasok kebutuhan listrik pada rumah atau bangunan. Berikut aspek Kinerja Baterai yang dapat dianalisis:

### 2.3.1 Kapasitas Baterai

Kapasitas Baterai adalah jumlah energi listrik yang dapat disimpan oleh baterai pada kondisi tertentu. Kapasitas Baterai akan diukur dan dianalisis untuk mengetahui seberapa banyak energi listrik yang dapat disimpan oleh baterai dan apakah kapasitas baterai sudah mencukupi untuk memenuhi kebutuhan listrik

pengguna. Kapasitas baterai menggambarkan sejumlah energi maksimum yang dapat dikeluarkan dari sebuah baterai dengan kondisi khusus tertentu. Tetapi kemampuan penyimpanan baterai dapat berbeda dari kapasitas nominalnya, diantaranya karena kapasitas baterai bergantung pada umur dan keadaan baterai, parameter charging dan discharging, dan temperatur. Satuan dari kapasitas baterai ini sering dinyatakan dalam Amperehours, ditentukan sebagai waktu dalam jam yang dibutuhkan baterai untuk secara kontinu mengalirkan arus atau nilai discharge pada tegangan nominal baterai.

### **2.3.2 Siklus Hidup Baterai**

Siklus pengisian dan pengosongan baterai yang dapat dilakukan sebelum kinerja baterai menurun secara signifikan. Siklus hidup baterai akan dianalisis untuk mengetahui berapa lama baterai dapat bertahan dan apakah perlu dilakukan penggantian baterai dalam jangka waktu tertentu. Ada beberapa perilaku yang perlu menjadi pertimbangan dalam penggunaan baterai, hal ini menyangkut dengan umur pakai baterai dan kapasitas baterai. Hal yang harus diperhatikan yaitu:

- Baterai tidak boleh diisi dengan arus yang terlalu tinggi, Semakin tinggi arus maka semakin cepat tegangannya menurun, sehingga Low Voltage Disconnect akan dicapai lebih cepat dan energi total yang dapat diambil juga menurun.
- Menghindari pemakaian baterai sampai habis.
- Pengaturan tegangan pengisian, tegangan yang tinggi saat pengisian baterai di atas batas yang ditetapkan dapat menyebabkan pengisian berlebih pada baterai. Hal ini dapat mengakibatkan proses timbulnya gas sehingga mengurangi jumlah cairan.
- Arus pelepasan energi (discharging current), di mana semakin tinggi arus yang dipakai maka semakin rendah kapasitas yang dapat digunakan.
- Temperatur ruangan, di mana semakin tinggi temperatur ruangan, maka semakin berkurang siklus umur pakainya.
- Daya baterai yang berlebihan menyebabkan berkurangnya kapasitas, peningkatan konsentrasi asam di dalam elektrolit, serta baterai yang terlalu panas.



### 2.3.3 Efisiensi Pengisian dan Pengosongan Baterai

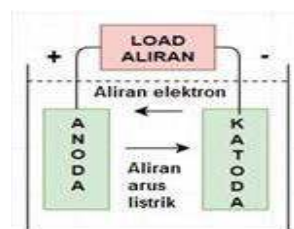
Efisiensi pengisian dan pengosongan baterai akan diukur untuk mengetahui seberapa efektif baterai dalam menyerap energi listrik dari panel surya dan melepaskan energi listrik ke sistem listrik rumah atau gedung. Efisiensi yang tinggi akan memastikan bahwa baterai dapat digunakan secara optimal dan tidak ada energi listrik yang terbuang sia-sia. Bila baterai dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir ke elektroda positif ( $\text{PbO}_2$ ) melalui beban dari elektroda negatif ( $\text{Pb}$ ), kemudian ion-ion negatif mengalir ke elektroda positif dan ion-ion positif mengalir ke elektroda negatif. Arus listrik dapat mengalir disebabkan adanya elektron yang bergerak dari elektroda sel melalui reaksi ion antara molekul elektroda dengan molekul elektrolit sehingga memberikan jalan bagi elektron untuk mengalir.

### 2.4 Prinsip Kerja Baterai

Pada umumnya prinsip kerja baterai dibedakan menjadi dua, yaitu pada saat pengosongan (*discharge*) dan pengisian (*charge*).

#### A. Pengosongan (*Discharge*)

Proses pengosongan ini terjadi ketika baterai digunakan untuk mensuplai beban.



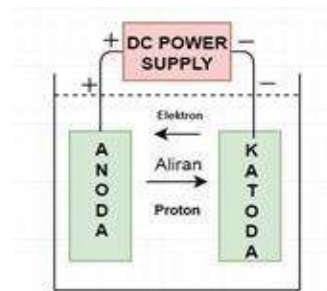
**Gambar 2.19 Proses Pengosongan Baterai (*Discharge*)**

Pada saat baterai sedang digunakan untuk mengaliri beban maka akan ada dua aliran yang terjadi yaitu aliran di dalam baterai atau disebut juga internal circuit dan aliran yang terjadi di beban yaitu external circuit. Di internal circuit terjadi proses perpindahan energi potensial yang dibawa oleh elektron dari kutub negatif ke kutub positif sehingga kutub positif baterai mendapat tambahan energi potensial dan membuatnya menciptakan tegangan untuk menjalankan beban. Sedangkan pada external circuit terjadi aliran pelepasan energi potensial yang berasal dari kutub positif baterai yang kita kenal sebagai arus listrik menuju

ke kutub negatif baterai melalui beban. Beda potensial antara kutub negatif dan positif baterai inilah yang kemudian ditangkap oleh beban sebagai sebuah energi listrik sehingga beban mendapat energi untuk bekerja.

### B. Pengisian (*Charge*)

Proses pengisian (*charge*) dilakukan untuk mengisi kembali daya yang telah terpakai pada baterai, bila sel dihubungkan dengan catu daya maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda.



**Gambar 2.20 Proses Pengisian Baterai (*charge*)**

Proses kimia yang terjadi pada saat pengisian artinya: peredaran elektron mengalir berasal anoda melalui catu daya ke katoda. Ion-ion negatif (elektron) mengalir berasal katoda ke anoda Ion-ion positif (proton) mengalir dari anoda ke katoda Proses pengisian memerlukan waktu yang bervariasi tergantung pada seberapa besar daya yang hilang serta besarnya arus yang dialirkan ke baterai, yang dapat dihitung menggunakan persamaan  $10\% \times \text{kapasitas baterai}$ .

Baterai Lead Acid adalah jenis baterai yang sering dipergunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menjadi penyimpan tenaga listrik yang dihasilkan panel surya. baterai lead acid di sistem PLTS melibatkan dua elektroda (anoda dan katoda) yg terendam dalam larutan elektrolit. Baterai diisi menggunakan energi listrik dari panel surya, energi diubah menjadi tenaga kimia melalui reaksi kimia di elektroda serta elektrolit di dalam baterai.

Reaksi kimia melibatkan konversi ion-ion asal elektrolit menjadi ion-ion dalam elektroda. pada saat baterai diisi, ion-ion positif berasal elektrolit ke elektroda negatif (anoda) serta menyeimbangkan muatan negatif dari elektron yang menuju ke elektroda positif (katoda). pada elektroda negatif, ion-ion positif yang sebelumnya berinteraksi menggunakan ion-ion negatif yang terdapat di dalam elektroda dan membuat senyawa kimia baru.

### **2.4.1 Sambungan Baterai**

Beberapa jenis rangkaian yang biasa digunakan pada instalasi baterai di PLN guna meningkatkan keandalan penggunaan baterai. Rangkaian baterai yang digunakan tergantung pada kebutuhan daya, tegangan, dan kapasitas yang diinginkan, serta karakteristik sistem yang akan digunakan. Penting untuk memilih jenis rangkaian baterai yang sesuai dengan aplikasi dan memperhatikan parameter seperti tegangan, kapasitas, dan daya untuk mencapai kinerja yang diinginkan. Beberapa rangkaian baterai sebagai berikut,

#### **1. Sambungan Seri**

Baterai yang dihubungkan secara seri digunakan untuk dapat meningkatkan jumlah tegangan baterai sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh peralatan, kelemahan dalam rangkaian seri ini yaitu ketika salah satu baterai yang terpasang mengalami gangguan maka akan terpengaruh kepada sel yang lain dan bisa menyebabkan suplai baterai ke beban terputus. Pada rangkaian seri, baterai-baterai dihubungkan secara berurutan, yaitu terminal positif satu baterai terhubung dengan terminal negatif baterai lainnya. Hal ini meningkatkan tegangan total sementara kapasitas baterai tetap. Misalnya, jika dua baterai dengan tegangan 12V dihubungkan secara seri, tegangan totalnya menjadi 24V ( $12V + 12V$ ).

#### **2. Sambungan Paralel**

Baterai yang dihubungkan secara paralel digunakan untuk dapat meningkatkan arus baterai, ketika salah satu sel baterai mengalami gangguan maka tidak akan berdampak pada sel baterai yang lain sehingga baterai tetap dapat mensuplay ke beban. Pada rangkaian paralel, terminal positif semua baterai dihubungkan bersama dan terminal negatif juga dihubungkan bersama. Ini meningkatkan kapasitas total sementara tegangan tetap. Misalnya, jika dua baterai dengan kapasitas 100Ah dihubungkan secara paralel, kapasitas totalnya menjadi 200Ah ( $100Ah + 100Ah$ ), sementara tegangan tetap.

#### **3. Sambungan Kombinasi**

Baterai dihubungkan secara paralel dan seri dengan maksud dapat memenuhi kebutuhan yang lebih baik yaitu pada tegangan arus ataupun keandalan sistem. Dalam rangkaian ini, beberapa grup baterai dihubungkan secara seri, dan kemudian grup-grup tersebut dihubungkan secara paralel. Ini memungkinkan

untuk meningkatkan tegangan dan kapasitas secara bersamaan. Misalnya, jika dua grup baterai dengan masing-masing dua baterai 12V dihubungkan secara seri-parallel, tegangan totalnya akan menjadi 24V ( $12V + 12V$ ) dan kapasitas totalnya akan menjadi 200Ah ( $100Ah + 100Ah$ ).

#### **2.4.2 Konstruksi Baterai**

Baterai memiliki beberapa konstruksi penyusun, untuk masing-masing konstruksi. Konstruksi baterai melibatkan beberapa komponen utama yang bekerja sama untuk menghasilkan dan menyimpan energi. Di bawah ini adalah penjelasan tentang konstruksi baterai:

##### **1. Elektroda**

Elektroda adalah plat material aktif dari baterai yang nantinya akan bereaksi terhadap larutan elektrolit. Ketika proses pengisian atau pengosongan, tiap sel baterai terdapat dua elektroda yaitu elektroda positif dan negatif, elektroda positif dan negatif ini tersusun dari kumpulan grid yang nantinya sebagai wadah untuk material aktif. Anoda dan katoda adalah dua jenis elektroda yang ada dalam sebuah sel baterai. Anoda biasanya terbuat dari material seperti karbon atau logam seperti seng, sementara katoda terbuat dari material seperti oksida logam atau senyawa lainnya. Reaksi redoks terjadi pada permukaan elektroda saat baterai diisi atau digunakan.

##### **2. Elektrolit**

Elektrolit merupakan sebuah larutan atau cairan yang didalamnya terkandung senyawa kimia yang berfungsi menghantarkan arus listrik, larutan tersebut dapat membentuk muatan positif dan negatif atau biasa disebut dengan ion positif dan ion negatif, semakin besar ion yang dihasilkan oleh elektrolit maka semakin besar juga daya listrik yang dihasilkan. Elektrolit memungkinkan reaksi kimia yang menghasilkan arus listrik dalam sel baterai. Ada dua jenis elektrolit yang umum digunakan dalam baterai: elektrolit cair (seperti larutan garam) dan elektrolit padat (seperti polimer atau keramik).

##### **3. Sel Baterai**

Sel baterai adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan elektroda (elektroda positif dan elektroda negatif) dan elektrolit. Elektroda-anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, sementara elektroda-katoda adalah tempat terjadinya

reduksi. Reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit menghasilkan muatan listrik yang mengalir melalui kawat penghubung dan menghasilkan arus listrik.

#### 4. Kotak Baterai

Kotak baterai adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan semua komponen penting baterai, bahan yang digunakan ada dua macam yaitu *steel container* yang terbuat dari steel dan biasa ditempatkan didalam rak kayu dan *plastic container* yang terbuat dari plastik dan biasa ditempatkan di dalam rak besi yang diisolasi 5.

#### 5. Terminal Baterai

Terminal pada baterai terdiri dari terminal positif dan terminal negatif. Terminal adalah bagian baterai yang digunakan untuk menghubungkan baterai ke perangkat lain atau sirkuit listrik. Terminal pada umumnya berupa pin atau koneksi tembaga yang memungkinkan aliran arus keluar dan masuk dari baterai.

#### 6. Konektor

Konektor adalah penghubung yang berfungsi untuk menghubungkan kutub sel pada baterai, bahan yang bisa digunakan adalah *nickle plated steel* atau *cooper*.

#### 2.4.3 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai menunjukkan jumlah listrik yang disimpan baterai yang dapat dilepaskan sebagai sumber listrik, kapasitas baterai juga dapat diartikan sebagai besarnya energi listrik yang dapat diberikan oleh baterai saat baterai tersebut dalam kondisi terisi penuh. Kapasitas baterai dipengaruhi oleh kualitas dan volume larutan elektrolit, jumlah sel dalam baterai, ukuran dan jumlah plat dalam baterai.

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

$$C = I \times t \quad (2.1)$$

Keterangan:

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Besar arus yang mengalir (Ampere)

t = Waktu pemakaian (hour)

#### 1. Daya pada Baterai

Baterai yang digunakan pada sistem instalasi PLTS off-grid pun memiliki siklus charging atau pengisian daya. Untuk baterai off-grid, satu siklus pengisian daya berarti satu kali charge dan satu kali discharge. Daya baterai dihitung dalam watt-hour (Wh) Dengan Rumus:

$$Wh = V \times C \quad (2.2)$$

Dimana

Wh = Daya Baterai

V = Tegangan Baterai

C = Kapasitas Baterai

## 2. Efisiensi Baterai

Efisiensi suatu baterai didefinisikan sebagai persentase ratio atau perbandingan dari kapasitas pengosongan terhadap kapasitas pengisian. Efisiensi baterai menurut standar PLN adalah >80% dan baterai sudah dikatakan kurang baik Ketika efisiensi baterai <60%.

Efisiensi baterai dihitung dengan rumus berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Dimana:

$\eta$  = Efisiensi Baterai

$P_{out}$  = Daya Keluaran Baterai

$P_{in}$  = Daya masuk Baterai

## 3. Tegangan Baterai

Tegangan merupakan laju aliran elektron atau aliran arus, baterai terutama dianggap sebagai sumber tegangan dalam suatu rangkaian. Baterai mempertahankan tegangan konstan untuk beberapa waktu, dan secara bertahap tegangan menurun. Aliran elektron bebas dalam rangkaian menghasilkan arus.

Tegangan Baterai dihitung dengan rumus berikut:

Tegangan baterai (V) = jumlah sel baterai x tegangan per sel

## 4. Pengisian Arus Baterai

Pengeluaran lambat atau pengeluaran arus yang rendah dapat mengakibatkan waktu pengeluaran juga diperpanjang atau kapasitas lebih tinggi.

Dengan Rumus : (Muhammad Shofa Dzikron, 2021)

$$I = 0,2 \times C \quad (2.4)$$

Dimana :

I = Arus Pengisian

C = Kapasitas Baterai

### 5. Lama Pengisian Energi Baterai

Untuk menghitung berapa lama pengisian Energi pada baterai maka berikut,

Dengan Rumus :

$$\text{Lama Pengisian Baterai (jam)} = \frac{Ah}{10\% \text{ Kapasitas Ah}} + \left( 20\% \times \frac{Ah}{10\% \text{ Kapasitas Ah}} \right) \quad (2.5)$$

Dimana :

Ah = Kapasitas energi Baterai

### 6. Lama Waktu Baterai Dapat Menyuplai Beban

untuk menentukan berapa lama waktu baterai dapat menyuplai energi dapat digunakan sesuai persamaan. (HILMANSYAH DWI TAMAPUTRA,2023)

$$t (\text{ waktu}) = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Total energi}} \quad (2.6)$$

## **BAB 3**

### **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 Mei 2023.

#### **3.3 Obyek Penelitian**

Untuk obyek penelitian yang akan dilakukan adalah pada PLTS 5 Kwp Riset Kedaireka UHN Medan. Untuk baterai yang digunakan adalah baterai Lithium-ion dengan jumlah baterai 8 buah.




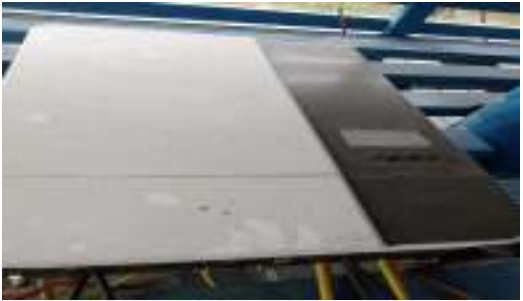
**Gambar 3.1 PLTS 5 Kwp Riset Kedaireka UHN MEDAN**






### 3.4 PLTS 5 kWp

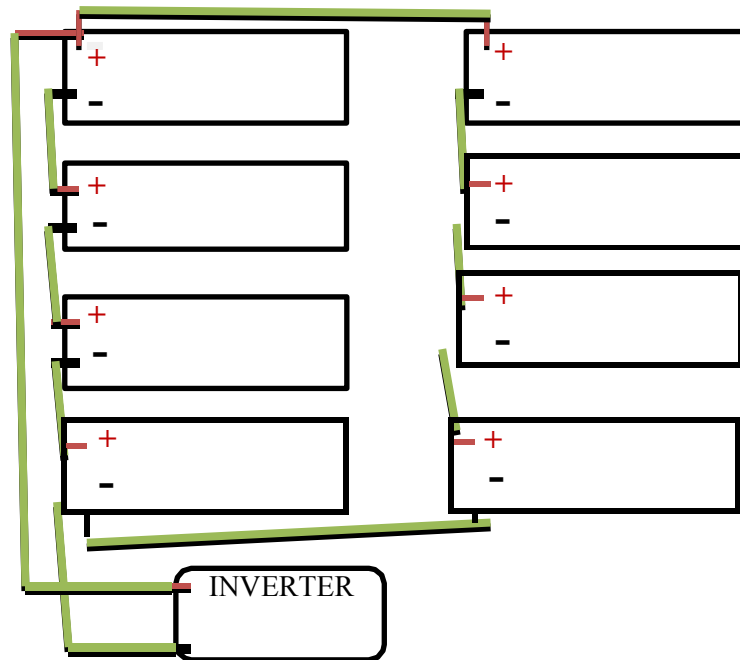
Untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan peralatan dan bahan, berikut daftar peralatan dan bahan yang digunakan pada PLTS 5 KWp:

**Tabel 3.1** Tabel Daftar Peralatan dan Bahan PLTS 5 KWp

No	Komponen	Spesifikasi	
1.	<b>Panel Surya (Mono Cristaline 430W)</b> 	Type LR4-72HPH-430M	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rated Maximum Power (Pmax)</li> <li>• Tolerance</li> <li>• Voltage at Pmax (Vmp)</li> <li>• Current at Pmax</li> <li>• Open-Circuit Voltage (Voc)</li> <li>• Short-Circuit Current (Isc)</li> <li>• Maximum System Voltage</li> <li>• Maximum Series Fuse Rating</li> <li>• Operating Temperature</li> </ul>	430 W  0 ± 5 W 40.6 V 10.60 A 49.2 V 11.19 A 1500 V 20 A - 40°C±85 °C
2.	<b>Solar Charge Controler (Solar Charge Mode)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model</li> <li>• Max PV input Voltage (VOC)</li> <li>• MPPT voltage range</li> <li>• Number of input strings</li> <li>• Max PV input</li> </ul>	Solar Charge Mode 450VDC 120-430VDC 1 18A 100A 230AC,5 0HZ/

3.	<b>Baterai ( MTC 12 V 200 Ah)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• current (isc)</li> <li>• Max charge current</li> <li>• AC input</li> <li>• Max AC Charge current</li> <li>• Model</li> <li>• Size</li> <li>• N.W</li> <li>• G.W</li> </ul>	60HZ,40 A,1ø 80A OT200- 12 (GEL) 532x249 x272 mm 60.2 kgs 61.kgs
4.	<b>Inverter (PV OFF-grid inverter)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model</li> <li>• AC Input</li> <li>• Max AC charge current</li> <li>• Rated Power</li> <li>• Environment</li> <li>• Operating temperatur range</li> <li>• Display</li> <li>• Degree of protection</li> <li>• Communication</li> </ul>	SPF 5000 ES 230 VAC,50 Hz/60Hz 80A 5000VA/ 5000W Altitude: <2000m 0 <sup>0</sup> C ~ +55 <sup>0</sup> C LCD+LE D IP20 WIFI/GP RS
5.	<b>Motor Penggerak (YUEMA)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model</li> <li>• Power</li> <li>• Volts</li> <li>• FREQ</li> <li>• SPEED</li> <li>• INS.CLASS</li> </ul>	G3LM- 22-025- T040 0.4 220/380 50Hz 1400RP M F/IP-55

### 3.5 Rangkaian Seri Paralel Baterai PLTS OFF-GRID 5 KWp



**Gambar 3.2 Rangkaian Seri Paralel Baterai PLTS OFF-Gridd 5 KWp**

### 3.6 Beban

Berikut Tabel Perkiraan Energi Listrik Keluaran Pada PLTS 5 kWp

**Tabel 3.2** Tabel Perkiraan Energi Listrik Keluaran PLTS 5 kWp

Beban	Jumlah (buah)	Besar daya (W)	Total daya (kW)	Waktu Penggunaan (jam)	Total Energi (Kwh)
Lampu	57	20	1,14	12	13,68
Lampu Sorot	3	50	0,15	12	1,8
Total energi yang dibutuhkan dalam 1 hari					15,48

### 3.7 Prosedur Penelitian

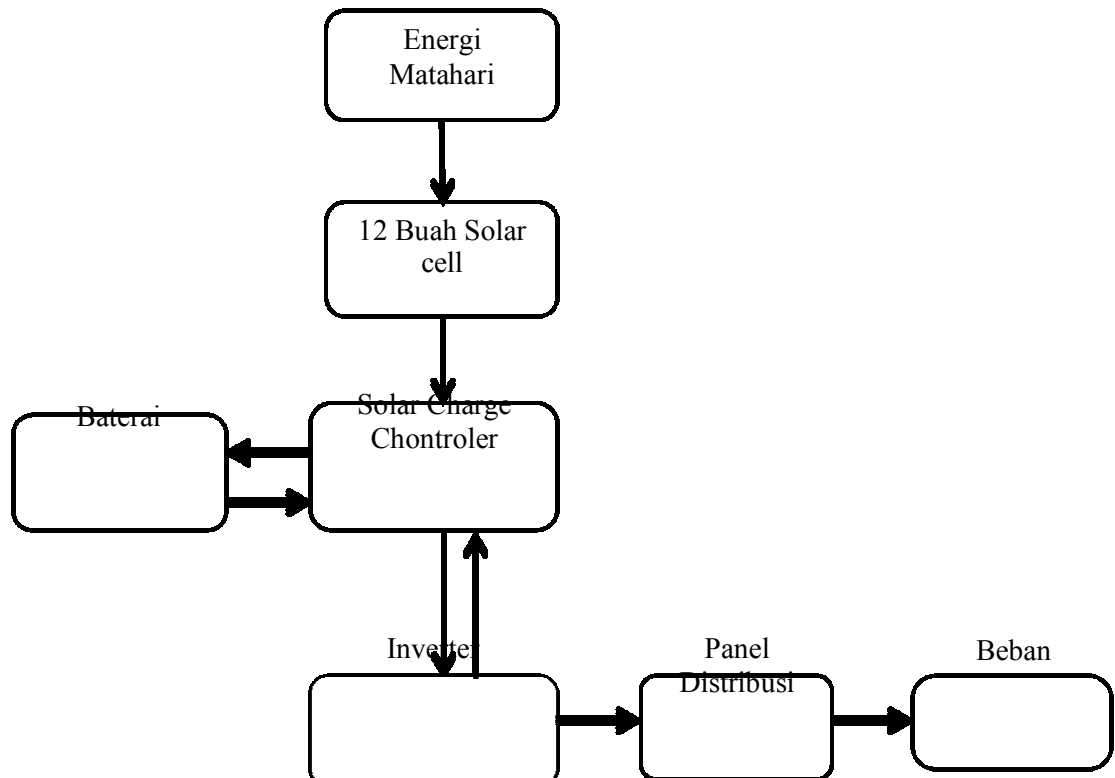
Percobaan ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pengamatan dilakukan mulai pukul 09.00 WIB dimana pengamatan dilakukan setiap sekali dalam 1 jam sampai jam 18.00 WIB selama 10 hari.
2. Melakukan pengamatan Tegangan pada baterai
3. Melakukan pengamatan Arus pada Baterai
4. Menghitung daya pada Baterai
5. Menulis data hasil pengamatan sesuai selang waktu yang telah ditentukan.

### 3.8 Pengambilan data

Pengambilan data dilaksanakan secara langsung di lapangan tepatnya berada pada halaman Universitas HKBP Nommensen Medan dengan mengamati tegangan dan Arus, kemudian menghitung daya pada baterai. Pada jam 18.25 WIB daya yang tersimpan pada baterai kemudian digunakan sampai pada beban.

### 3.9 Prinsip Kerja PLTS 5 kWp

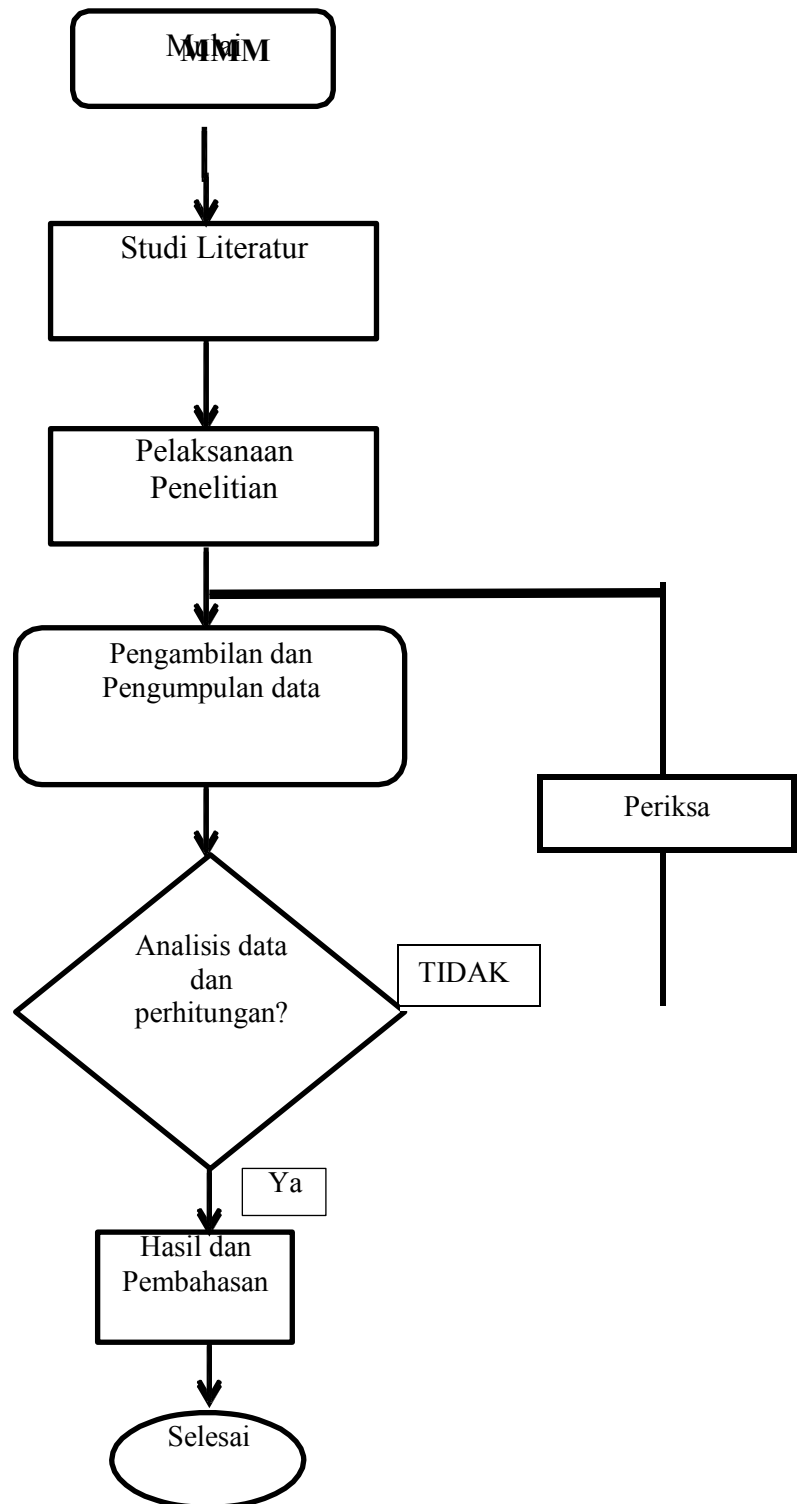


Gambar 3.3 Prinsip Kerja PLTS 5 kWp

Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-grid* 5 Kwp merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan listrik. Dari Energi Matahari ditangkap masuk kedalam panel surya yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan jumlah 12 Panel surya, setelah energi DC masuk kedalam panel yang 12 buah lalu disalurkan masuk ke Solar Charge Controller selanjutnya kedalam Baterai (MTC 12 V 200 Ah) yang berjumlah 8 buah setelah dari baterai melalui solar Charge Controller lanjut ke PV Off-grid Inverter dimana inverter berperan sebagai pengubah arus DC menjadi AC begitu juga dengan sebaliknya, pada jam 6 sore energi akan digunakan beban dengan Energi yang telah diubah dari arus DC menjadi AC melalui inverter menuju Panel distribusi

dan sampai pada beban dengan jumlah keseluruhan beban yang dibutuhkan perhari 15,48 Kw.

### 3.10 Diagram Alir



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian