

# I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dalam proses memanen energi dan matahari dapat menjadi solusi terhadap krisis energi listrik masa depan sehingga menjadi alternatif yang paling banyak dikembangkan dan dapat diandalkan. Namun demikian konversi energi surya sangat tergantung dari ketersediaan dan kondisi sinar matahari. Pada kondisi cerah PLTS dapat melayani beban – beban besar sekaligus mengisi baterai secara maksimal. Sedangkan pada kondisi cuaca mendung atau malam hari PLTS melayani beban tanpa ada pengisian baterai. Baterai akan meluahkan energy yang tersimpan sampai habis dan suplai ke beban akan terputus sebelum waktu yang diinginkan. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian strategis pembebanan PLTS yang bertujuan untuk meningkatkan pasokan listrik dari energi surya dan menjaga kontinuitas suplai listrik ke beban. Strategi manajemen daya beban mengikuti ketersediaan energy matahari pada cuaca cerah, mendung, hujan atau malam hari dengan mempertimbangkan sisa kapasitas baterai yang dapat digunakan. Instalasi beban dirancang terdiri atas instalasi beban. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan strategis manajemen pembebanan PLTS dapat meningkat lama operasi PLTS.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah proposal ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa daya yang dihasilkan
2. Berapa penghematan energi

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengetahui berapa daya yang dihasilkan plts
2. Mengetahui besar penghematan energi plts

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah sebagai berikut :

1. Membahas daya yang dihasilkan plts
2. Membahas berapa penghematan energy

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mendukung pemerintah dalam meningkatkan penggunaan energi terbarukan
2. Meningkatkan pembagunan energi listrik di daerah terpencil yang jauh dari jarinagn listrik PT.PLN ( persero)
3. Merupakan sumber energi jangka panjang.

## **1.6 Metodologi Pemecahan Masalah**

Untuk menyelesaikan penelitian ini, penulis mengumpulkan data serta keterangan-keterangan berupa informasi berupa informasi yang dapat dijadikan bahan untuk penyusunan skripsi ini. Pada penulisan skripsi ini, penulis mengumpulkan data dengan dua cara yaitu :

1. penelitian kepustakaan (library research)

Penelitian keperustakaan merupakan metode pengumpulan data berdasarkan buku buku yang berkaitan dengan judul skripsi ini dan

sumber data tertulis lainnya, yang berhubungan dengan pokok bahasan skripsi ini dan dijadikan sebagai dasar perbandingan antara data yang penulis dapatkan dilapangan.

## 2. Penelitian lapangan (field research)

Penelitian yang dilakukan untuk memperoleh data dari informasi yang dibutuhkan bersumber dari observasi lapangan yang diteliti dengan mengadakan penelitian melalui wawancara langsung dengan pihak-pihak PLTS HKBP Nommensen Medan.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Agar memudahkan dalam pemahaman isi penelitian ini, maka diuraikan penulisannya sebagai berikut:

**BAB I** :Membahas mengenai latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, manfaat penulisan, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematik penulisan

**BAB II** :Membahas mengenai tinjauan pustaka yang berisi keuntungan dan kerugian PLTS, komponen PLTS, jenis-jenis PLTS, karakteristik plts, efesiensi plts, proses konversi solar cell, jenis-jenis solar cell.

**BAB III** :Membahas mengenai penelitian, tempat dan waktu, bahan, dan perawatan, variabel yang diamati.

**BAB VI** :Membahas mengenai hasil analisis yang berisi analisis data

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Jenis-Jenis PLTS

Energi listrik atau tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi listrik yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energy yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan watt(W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energy yang lain. Rumus energy sebagai berikut:

$$E = p.t$$

Keterangan :

E= energi listrik dalam kilowatt hour(kwh)

P = daya dalam watt (s)

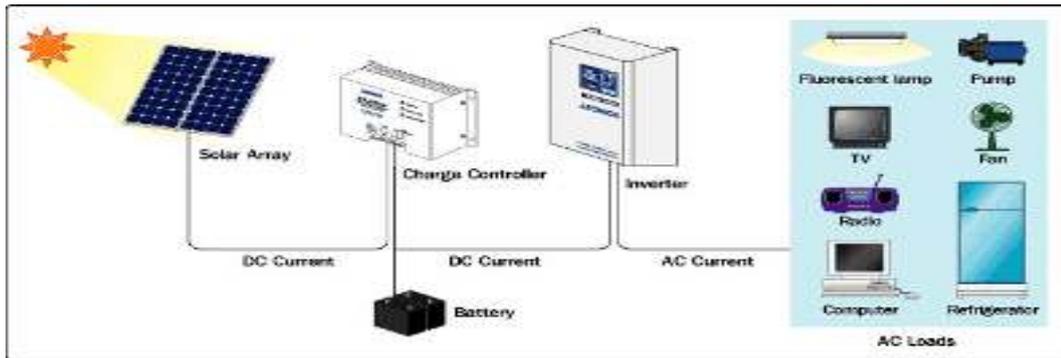
t = waktu dalam detik (s)

Menurut ilmu fisika, rumus energi fisika adalah “ Energi = daya x waktu” dengan satuan watt untuk daya, second untuk waktu, dan kilowatt untuk energi. Dimana jumlah total energi listrik yang diinginkan tergantung pada total daya yang digunakan dan lama waktu penggunaannya.

Menurut satuan internasional (SI), satuan dasar energi listrik adalah kilowatt hour, energi listrik dikatakan satu joule ketika satu Ampere arus mengalir melalui rangkaian selama satu detik ketika beda potensial satu volt diterapkan di atasnya.

##### 2.1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Off-Gird

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) off gird adalah merupakan pembangkit listrik yang berdiri sendiri /stand alone tidak terhubung ke jaringan. Sistem ini menggunakan penyimpanan seperti baterai untuk menjaga ketersediaan listrik ketika malam hari maupun ketika intensitas matahari menurun.

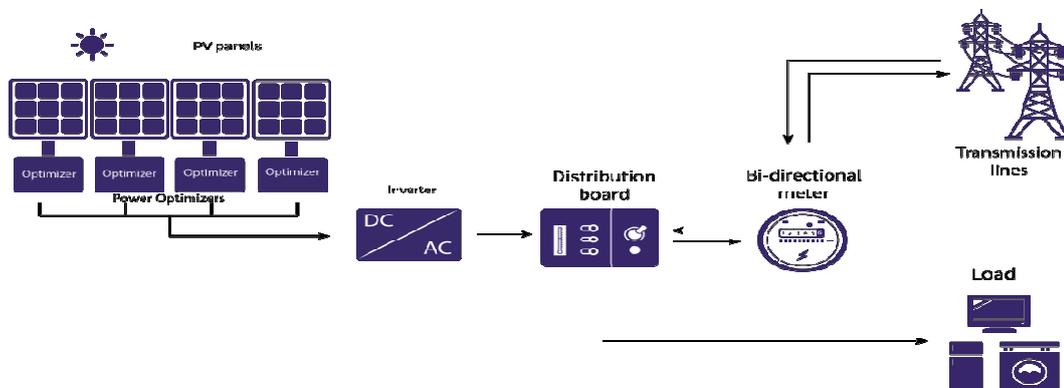


Gambar 2.1. plts off- gird

Proses pembangkit energy listrik oleh panel surya akan disalurkan dari pusat pembangkit hingga sampai kepada konsumen yang terdiri dari proses sistematika daya yang dihasilkan panel surya sangat tergantung dari sinar matahari yang dipancarkan sehingga diperlukan analisis untuk mengetahui daya pembangkit listrik tenaga surya yang dihasilkan oleh PLTS off gird 5 kwp di Universitas HKBP Nommesen

### 2.1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya(Plts) On-Gird

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



Gambar 2.2 plts on-gird

### 2.1.3. Jenis – jenis panel surya

#### a. Monocrystalline

jenis ini terbuat dari batangan Kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kira-kira hampir sama seperti pembuatan keripik singkong. Satu singkong di iris tipis-tipis, ntuk menghasilkankepingan-kepingan keripik yang siap digoreng. Itu singkong yang mudah diiris tipis-tipis, beda dengan Kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan Kristal silikon yang tipis.

Dengan teknologi seperti ini,akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik ssatu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15%-20%. Mahalnya harga Kristal silikon murni dan teknologi yang membuat silikon. Faktanya banyak pabrikan akan menawarkan jaminan higga 25 tahun untuk panel menggunakan monocrystalline-garansi yang bertahan setengah dari perkiraan umur sel itu sendiri.



Gambar 2.3. silikon monocrystaline

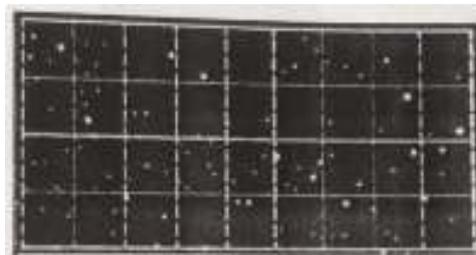
Namun, sementara sstem ini lebih unggul, mereka dating dengan harga yang cukup mahal. Sel monocrystaline seperti pada Gmbar 2.13 adalah pilihan yang paling mahal dari semua jenis solar sel silikon, terutama karena sistem pemotongan empat sisi menghasilkna sejumlah besar limbah. Sel jenis polycrystalline hadir sebagai alternatif yang lebih murah.

Monocrystalline dan polycrystalline keduanya terbuat dari silikon, tetapi produksi monocrystalline membutuhkan proses yang jauh lebih rumit.

Monocrystalline dibuat menggunakan proses Czochralski, dinamakan sesuai dengan ilmuwan Polandia yang menemukan secara kebetulan setelah secara tidak sengaja mencelupkan pupunya ke dalam proses silikon timah cair. Proses ini terdiri dari memutar Kristal biji silikon padat sambil perlahan mengekstraknya dari kolam silikon cair. Proses ini menciptakan blok silikon murni yang terbuat dari hanya satu Kristal (sesuai dengan namanya monocrystalline). Blok ini, kemudian dipotong menjadi persegi, menciptakan banyak silikon yang terbuang. Kuadrat silikon kemudian diiris menjadi wafer berwarna seragam dan dirangkai menjadi pola panel surya monokristalline yang khas.

**b. Polycrystalline**

polycrystalline jenis ini terbuat dari beberapa batang Kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian Kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya monocrystalline, karena sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya rendah, sekitar 13%- 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun berbentuk panel surya, akan rapat dan tidak ada ruang kosong yang sia-sia seperti susunan pada monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding monocrystalline karenanya harganya lebih murah. Jenis-jenis paling banyak dipakai saat ini



Gambar 2.4. silikon polycrystalline

Panel surya pertama berdasarkan silikon polycrystalline yang juga dikenal sebagai polysilicon (p-si) dan multi-kristal silikon (mc-si), diperkenalkan ke pasar pada tahun 1981. Tidak seperti panel surya berbasis

monocrystalline, panel surya polycrystalline tidak membutuhkan proses czochralski. Silikon mentah dilebur dan dituangkan ke dalam cetakan persegi, yang diinginkan menjadi wafer persegi.

Sebagai perbandingan, membuat polycrystalline relatif lebih sederhana. Sebuah biji Kristal silikon tuggal dan silikon cair dimasukkan kedalam cetakan persegi dan dibiarkan beberapa saat. Silikon kemudian mendingin dengan rentang yang berbeda saat bagian luar mendingin lebih cepat. Pengaturan yang tidak merata menghasilkan banyak Kristal yang berbeda(karena itu disebut polycrystalline ) yang memberi penampilan panel gemerlap dan beraneka warna.

**c. Thin Film Solar Cell (TFSC)**

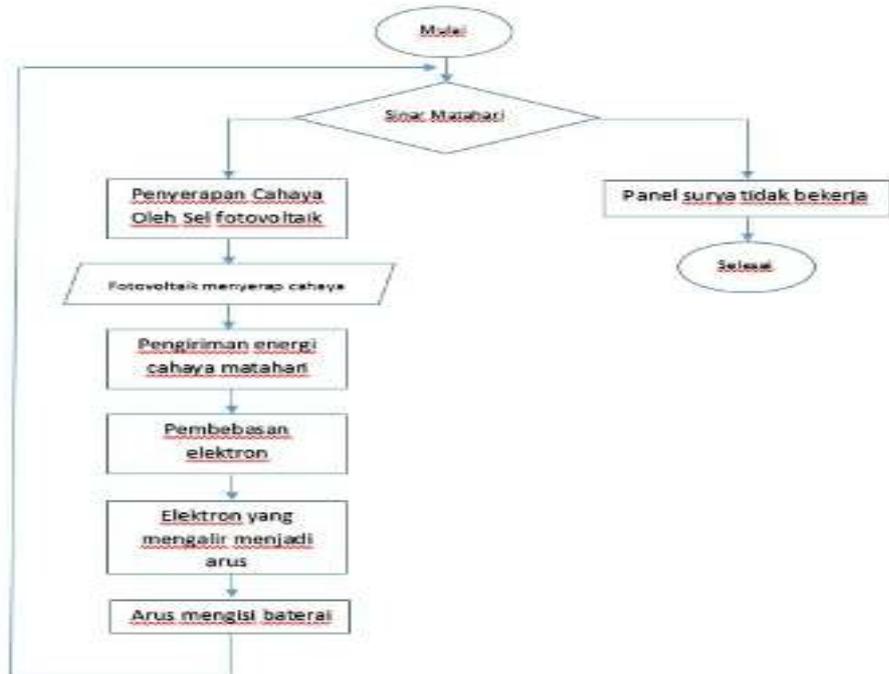
jenis sel surya ini di produksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV(Thim FLIM Photovoltaic) seperti pada gambar 2.15.



Gambar 2.5. Thim Flim Solar Cell

## 2.2. Komponen PLTS

### 2.2.1 Panel Surya



Gambar 2.6. Flowchart panel surya

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  Joule/tahun, energi ini setara dengan  $2 \times 10^{17}$  Watt. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1% saja permukaan bumi dengan perangkat solar sel yang memiliki efisiensi 10 % sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini.



Gambar 2.7 . panel surya

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat

sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang  $\lambda$  dan frekuensi photon  $\nu$  dirumuskan dengan persamaan:

$$E = h \cdot \nu$$

Dengan  $h$  adalah konstanta Plancks ( $6.62 \times 10^{-34}$  J.s) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya dalam vakum ( $3 \times 10^8$  m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah perangkat semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik.

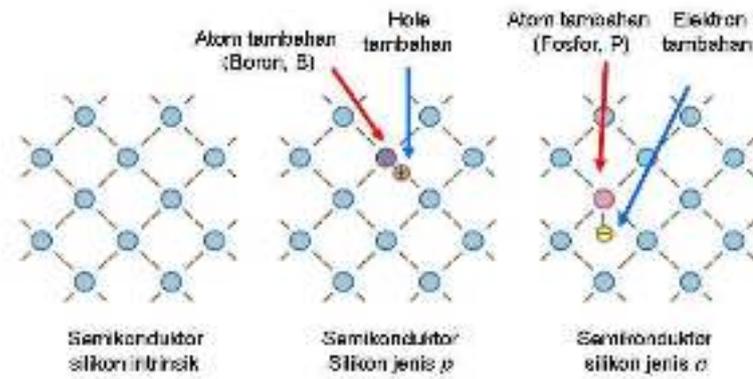
Pada prinsipnya, sel surya adalah identik dengan piranti semikonduktor dioda. Hanya saja dewasa ini strukturnya menjadi sedikit lebih rumit karena perancangannya yang lebih cermat untuk meningkatkan efisiensinya. Untuk penggunaan secara luas dalam bentuk arus bolak-balik, masih diperlukan peralatan tambahan seperti inverter, baterai penyimpanan dan lain-lain. Kemajuan dari penelitian akan material semikonduktor sebagai bahan inti sel surya, telah menjadi faktor kunci bagi pengembangan teknologi ini. Dalam teknologi sel surya, terdapat berbagai pilihan penggunaan material intinya.

Kristal tunggal silikon sebagai pioner dari sel surya memang masih menjadi pilihan sekarang karena teknologinya yang sudah mapan sehingga bisa mencapai efisiensi lebih dari 20 % untuk skala riset. Sedangkan modul/panel sel surya kristal silikon yang sudah diproduksi berefisiensi sekitar 12 %. Namun demikian, penggunaan material ini dalam bentuk lempengan (waver) masih digolongkan mahal dan juga volume produksi lempeng silikon tidak dapat mencukupi kebutuhan pasar bila terjadi penggunaan sel surya ini secara massal. Sehingga untuk penggunaan secara luas harus dilakukan usaha untuk mempertipis lapisan silikonnya dari ketebalan sekarang yang mencapai ratusan mikron.

### a. Proses Konversi Dari Energi Cahaya Ke Solar Cell

Proses perubahan 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 ( $n = \text{negatif}$ ). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ( $p = \text{positif}$ ) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8.semikonduktor

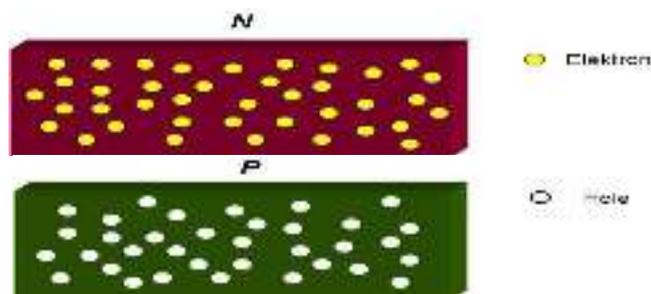
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

Misal semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis p, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminum (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam Si.

Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah hole. Sedangkan semikonduktor jenis n dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, Si intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan doping yang jumlahnya tidak lebih dari 1 % dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-doping.

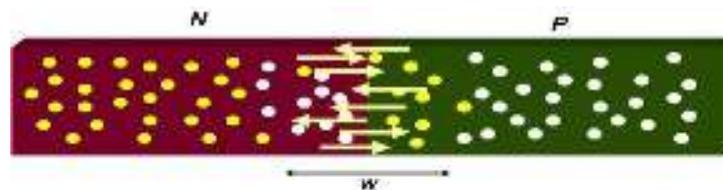
Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi / metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



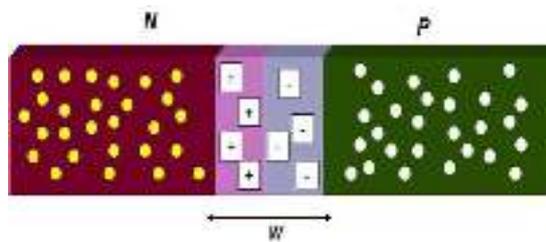
Gambar 2.9. semikonduktor jenis p dan n

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 hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



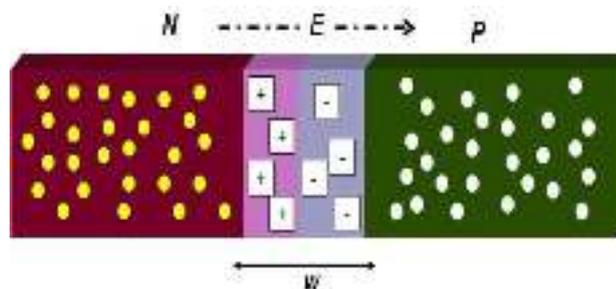
Gambar 2.10. . Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

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 positif. Pada saat yang sama hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.
4. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (depletion region) ditandai dengan huruf W.



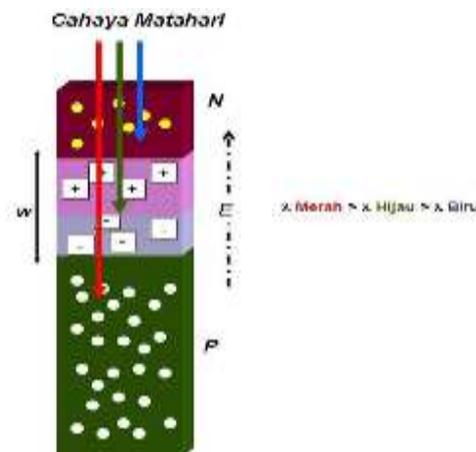
Gambar 2.11. Terbentuk Daerah eplesi

5. Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi 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 deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal ( $E$ ) dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas).



Gambar 2.12. Timbulnya Medan Listrik Internal ( $E$ )

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.



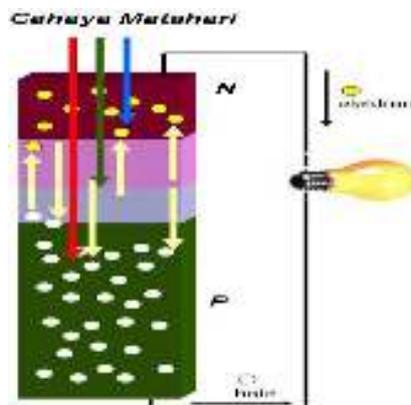
Gambar 2.13. Konversi Cahaya Matahari Menjadi Listrik

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



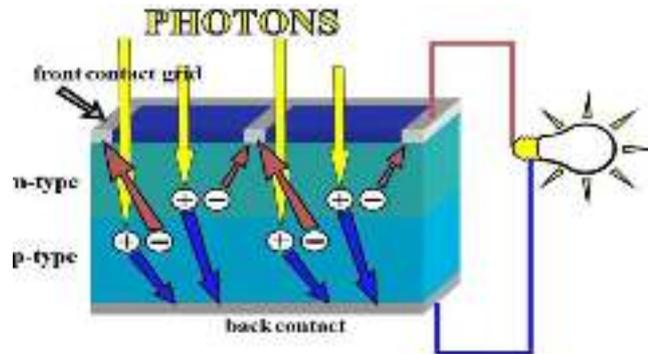
Gambar 2.14. Fotogenerasi Electron-Hole

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol "lambda") yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan p-n berada pada bagian sambungan p-n yang berbeda pula. Spektrum merah daricahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n. Selanjutnya, dikarenakan pada 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.



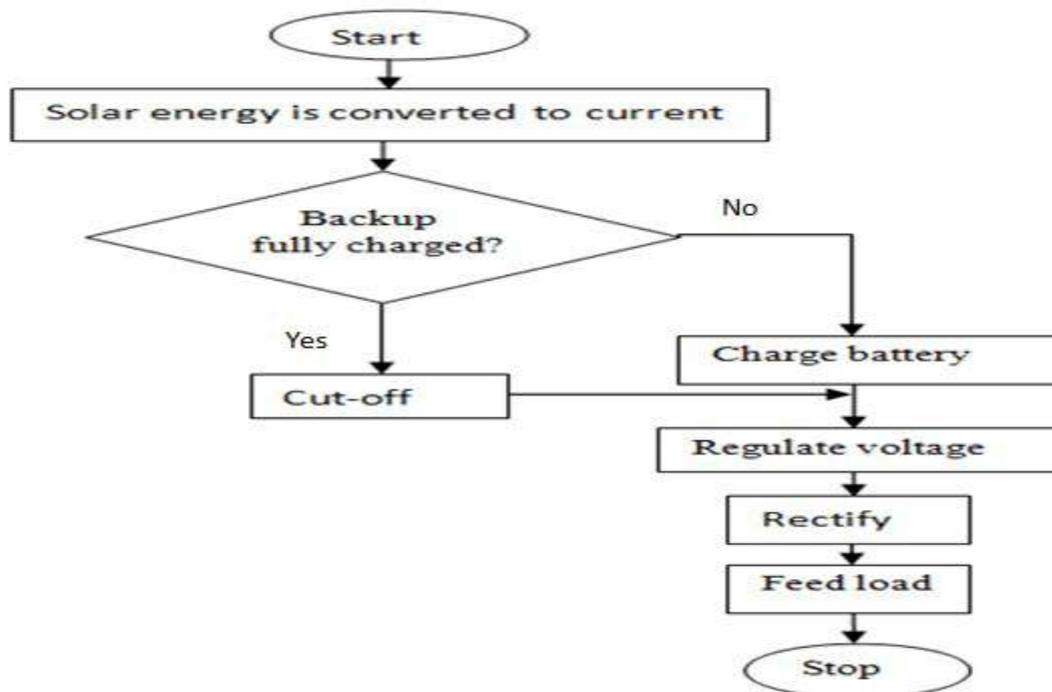
Gambar 2.15. . Elektron Mengalir Melalui Kabel ke Lampu

Pada umumnya, untuk memperkenalkan cara kerja sel surya secara umum, ilustrasi di bawah ini menjelaskan segalanya tentang proses konversi cahaya matahari menjadi energi listrik.



Gambar 2.16. Proses Konversi Cahaya Matahari Menjadi Energi Listrik

### 2.2.2. Solar Charger Controller (SCC)



Gambar 2.17. flowchart solar charger controller

Solar charger controller(scc) yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dan panel surya solar cell berhenti. Cara mendeteksi adalah melalui monitoring level tegangan baterai. Solar charger controller(SCC) akan mengisi baterai sampai level tngangan tertentu, kemudian apabila level

tengangan drop, maka baterai akan diisi kebalik. Selain itu solar charger controller (SCC) yang berfungsi sebagai proteksi charger, juga sebagai proteksi charger, juga sebagai proteksi pengosongan batre berlebih (over discard), proteksi beban lebih, hubung singkat, tengangan kejut halilintar, arus balik, dari baterai kesumber (pembangkit), dan proteksi polaritas terbaik baterai dan sumber (pemangkit).

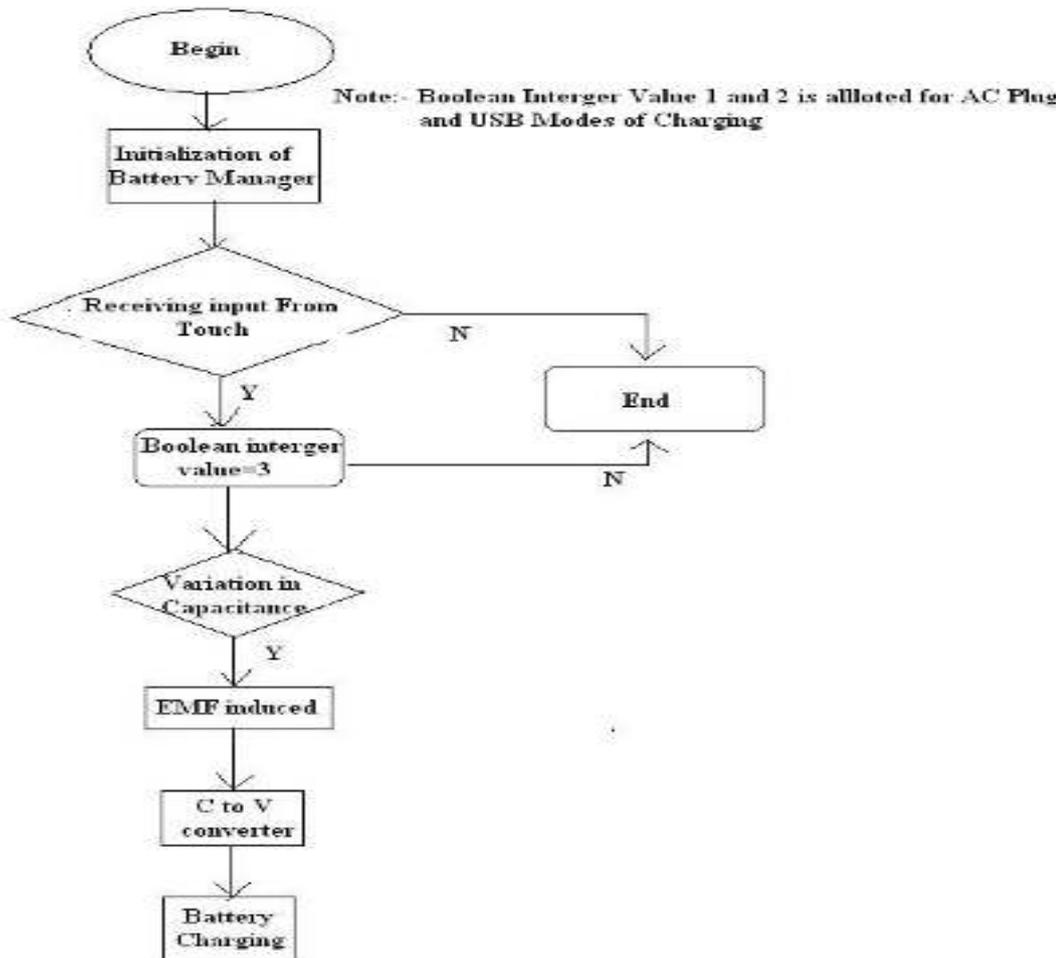


Gambar 2.18. Solar charger controller

Beberapa fungsi SCC dalam sistem pv adalah sebagai berikut :

- a. Mengatur transfer energy dari panel surya (pv) kebatre dan ke beban secara efisien dan semaksimal mungkin
- b. Melindungi baterai dari pengisian berlebih (over charge) dan pengosongan(discharger). Overcharger adalah pengisian batre hingga melebihi tenaga batas yang menimbulkan gasing. Hal ini dapat mengakibatkan penguapan ir batre dan korosi pada gird baterai. over discharging batre sampai melebihi tengangan batas bawah sehingga terjadi pebebanan berlebih yang dapat mengakibatkan sulfasi baterai.
- c. Membtasi daerah tengangan kerja baterai
- d. Menjaga atau memperpanjang umur baterai
- e. Mencegah beban berlebih dan hubung singkat(short circuit/konsluit)
- f. Melindungi sistem dari kekeliruan pemasangan rangkaian dengan polaritas terbalik
- g. Memberikan informasi kepada pemakai tentang kondisi sistem(missal,status muatan baterai dengan indicator lampu.

### 2.2.3. Baterai



Gambar 2.19. flowchart baterai

Baterai merupakan kumpulan dari sel-sel elektro kimia, yaitu alat yang dapat mengubah energy kimia menjadi energy listrik dan sebaliknya. Baterai terdiri atas sepasang elektroda (kutub sering disebut pelat) yang terendam dalam larutan elektrolit, yang selanjutnya menghasilkan listrik apabila mereka membentuk suatu rangkaian tertutup. Tiap sel memiliki kutub positif(katoda)dank tub negative(anoda) kutub yang bertnda positif kutub yang menandakan bahwa memiliki energy potensial yang lebih tinggi dari pada kutub bertanda negatf. Dalam sistem PV, modul surya menghasilkan listrik yang selanjutnya dialirkan ke baterai untuk disimpan pada mdul surya, sel surya menghsilkan listrik dari energy poltonic(photo berarti cahaya) yang berasal dari cahaya matahari, dengan demikian sel surya bekerja berdasar atas prinsip photo

elektrik, sedang pada baterai, tiap sel pada baterai bekerja berdasar atas prinsip elektro-kimia.

Muatan listrik yang mengalir kedalam baterai melalui kawat penghubung diubah menjadi energy kimiawi ini merupakan proses "pengisian"(charging) baterai. Energy kimiawi ini dapat disimpan dalam baterai sampai kapasitas penuh. Setelah ini akan terjadi proses fisik dan kimiawi yang mengganggu fungsi dan kondisibaterai. jumlah energy selanjutnya dapat diambil kembali apabila baerai sampai kapasitas penuh. Setelah ini akan terjadi proses fisik dan kimiawi yang mengganggu fungsi dan kondisi baterai. Jumlah energy selanjutnya dapat diambil kembali apabila baterai dipergunakan untuk mengalirkan listrik ke beban (baterai demikian mengalami proses pengosongan) pada saat baterai di isi (aliran listrik masuk ke baterai,proses charging), energy listrik yang yang masuk ke baterai disimpan sebagai energy kimia didalam sel baterai. Dengan demikian pada saat baterai dipergunakan (aliran listrik mengalir dari baterai ke beban, proses pengosongan atau discharging),energy kimiawi yang tersimpan dalam sel baterai diubah menjadi energy listrik kembali Perlu diperhatikan bahwa jumlah energy listrik yang dapat dikeluarkan dari baterai ( pada proses pengosongan,pemasukan energy ke beban) tidak dapat melebihi jumlah energy listrik yang dimasukkan ke dalam baterai (pada saat proses pengisian, pemasukan energy listrik dari modul surya atau photovoltaic). Dengan demikian, pada dasarnya proses konversi energy elektro-kimia ini dapat berlangsung secara bolak-balik(reversible), walaupun tidak abadi(prinsip thermodynamika



Gambar 2.20. Baterai

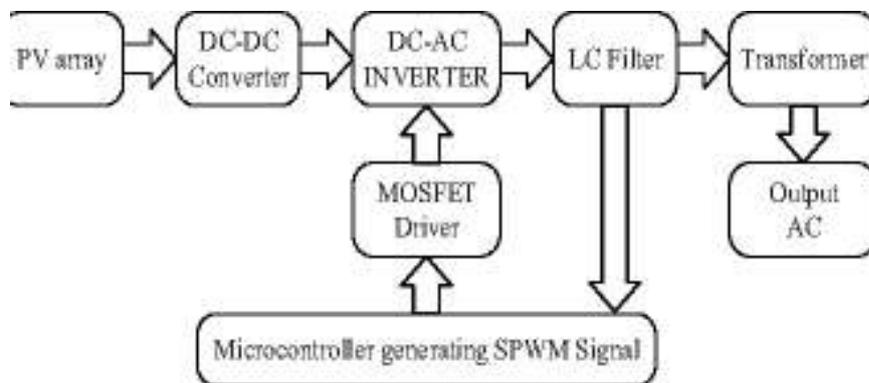
Beberapa jenis sel baterai hanya dapat dipergunakan sekali, tanpa diisi kembali, baterai ini disebut sebagai baterai primer, seperti baterai padat yang dipergunakan untuk lampu senter, radio( missal batu baterai ABC). Sedangkan jenis lainnya adalah baterai sekunder, baterai yang dapat diisi ulang. Seperti baterai mobil, baterai sistem photovoltaic, baterai telpon genggam yang banyak dipergunakan adalah:

- a. Baterai timah hitam-asam sulfat (lead-acid battery) dan
- b. Baterai nikel-cadmium. Kedua jenis baterai itu menggunakan electrode maupun elektrolit yang berbeda

Baterai untuk solar cell sendiri mempunyai dua tujuan penting dalam sistem photovoltaic yaitu :

1. untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh array panel-panel surya
2. untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel di setiap kali daya melebihi beban.

#### 2.2.4. Inverter



Gambar 2.21. flowchart inverter

Inverter adalah sebuah alat yang mengubah listrik DC (direct current) dari baterai atau panel surya menjadi AC (alternating current). Penggunaan inverter dalam pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah untuk supply listrik AC pada penerangan dan peralatan elektronik seperti komputer, peralatan komunikasi

Pada PLTS, inverter berfungsi sebagai kondisi tenaga listrik yang (power condition) dan sistem control yang merubah arus listrik searah (DC) yang

dihasilkan oleh solar modul menjadi listrik bolak-balik(AC), yang nantinya akan mengontrol kualitas daya listrik yang dikeluarkan untuk dikirim ke beban atau jaringan listrik



Gambar 2.22 . inverter

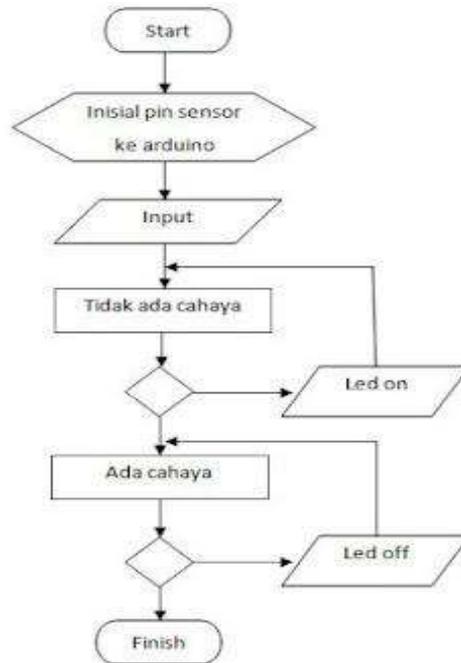
Terdapat dua macam sistem inverter pada PLTS yaitu

- a. Inverter 1 phasa untuk sistem PLTS bebanya kecil
- b. Inverter 3 phasa untuk sistem PLTS beban besar dan terhubung dengan jaringan PLN

Berdasarkan karakteristik dari peforma yang dibutuhkan, inverter untuk sistem PLTS berdiri sendiri(stand alone) pada PLTS gird connected memiliki karaktristik yang berbeda, yaitu :

- a. Pada PLTS stand alone, inverer harus mampu mensuplai tengangan AC yang konstan pada variasi produksi dari modul surya dan tuntutan beban (load demand) yang dipukul
- b. Pada PLTS gird conetted, inverter dapat menghasilkan kembali tengangan yang sama persis dengan tengangan jaringan pada waktu yang sama, untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan keluaran energi yang dihasilkan oleh modul surya.

### 2.2.5 . Sensor Cahaya (Light Dependent Resistor)



Gambar 2.23. flowchart sensor cahaya(LDR)

LDR( light dependent resistor) adalah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai nilai hambatan pada resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang bisa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah lektroda pada permukanya.

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansinya LDR sekitar 10 m ohm dan dalam keadaan terang sebesar 1 k ohm atau kurang. LDR terbuat dri bahan semikonduktor seperti senyawa kimia cadmium sulfide. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik menngkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam satu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa.



Gambar 2.24. sensor cahaya

jenis-jenis sensor cahaya sebagai berikut :

1. photovoltaik cell

Sesuai dengan namanya, cara kerja jenis sensor cahaya ini mengikuti prinsip efek fotovoltaik untuk mengubah energi cahaya secara langsung menjadi energi listrik. Sel-sel ini menghasilkan gaya gerak listrik yang sebanding dengan energi radiasi yang diterima.

2. Photodiode

Sensor cahaya photodiode merupakan diode yang mengubah energi cahaya menjadi aliran elektron atau arus listrik

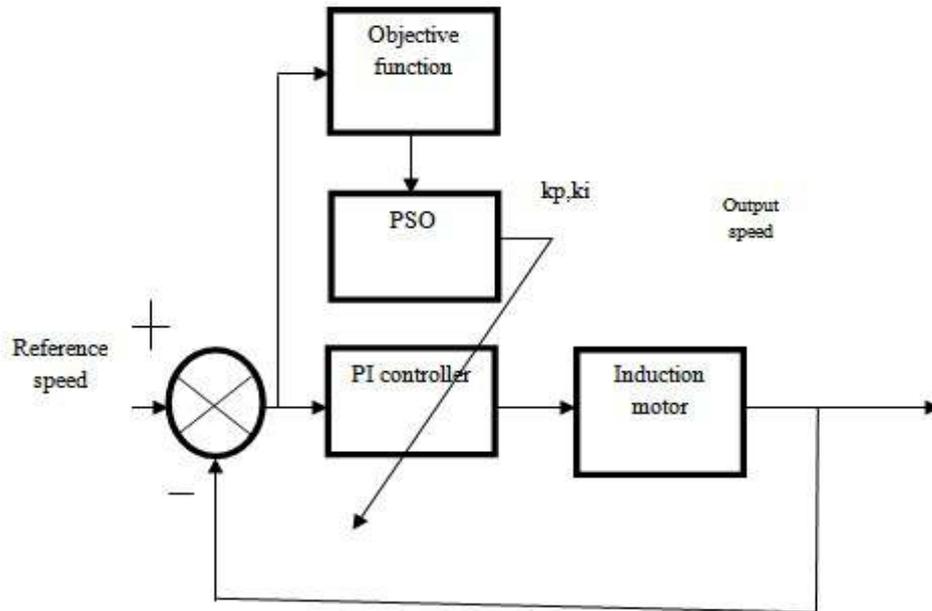
3. Photoresistor

Photoresistor (LDR) merupakan komponen peka cahaya yang nilaiambatanya berubah ubah berdasarkan jumlah energi cahaya yang diterimanya.

4. Phototransistor

Prinsip kerja sensor ini mirip dengan photodiode yang diperkuat. Pada jenis sensor ini terdiri dari PN junction kolektor-basis dengan bias balik ketika terkena cahaya atau radiasi.

## 2.2.6. Motor Induksi



2.25. flowchart motor induksi

Motor dalam dunia kelistrikan ialah mesin yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Salah satu motor listrik yang umum digunakan dalam banyak aplikasi ialah motor induksi. Motor induksi merupakan salah satu mesin asinkronous (asynchronous motor) karena mesin ini beroperasi pada kecepatan di bawah kecepatan sinkron. Kecepatan sinkron sendiri ialah kecepatan rotasi medan magnetik pada mesin. Kecepatan sinkron ini dipengaruhi oleh frekuensi mesin dan banyaknya kutub pada mesin. Motor induksi selalu berputar dibawah kecepatan sinkron karena medan magnet yang terbangkitkan pada stator akan menghasilkan fluks pada rotor sehingga rotor tersebut dapat berputar. Namun fluks yang terbangkitkan pada rotor mengalami lagging dibandingkan fluks yang terbangkitkan pada stator sehingga kecepatan rotor tidak akan secepat kecepatan putaran medan magnet. Berdasarkan suplai input yang digunakan terdapat 2 jenis motor induksi, yaitu motor induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa. Dalam artikel ini hanya akan dijelaskan mengenai motor induksi 3 fasa, namun untuk prinsip kerjanya sendiri kedua jenis motor induksi tersebut memiliki prinsip kerja yang sama. Yang membedakan dari kedua motor induksi ini ialah motor induksi 1 fasa tidak dapat berputar tanpa

bantuan putaran dari luar pada awal motor digunakan, sedangkan motor induksi 3 fasa dapat berputar sendiri tanpa bantuan gaya dari luar.



Gambar 2.26. Motor Induksi

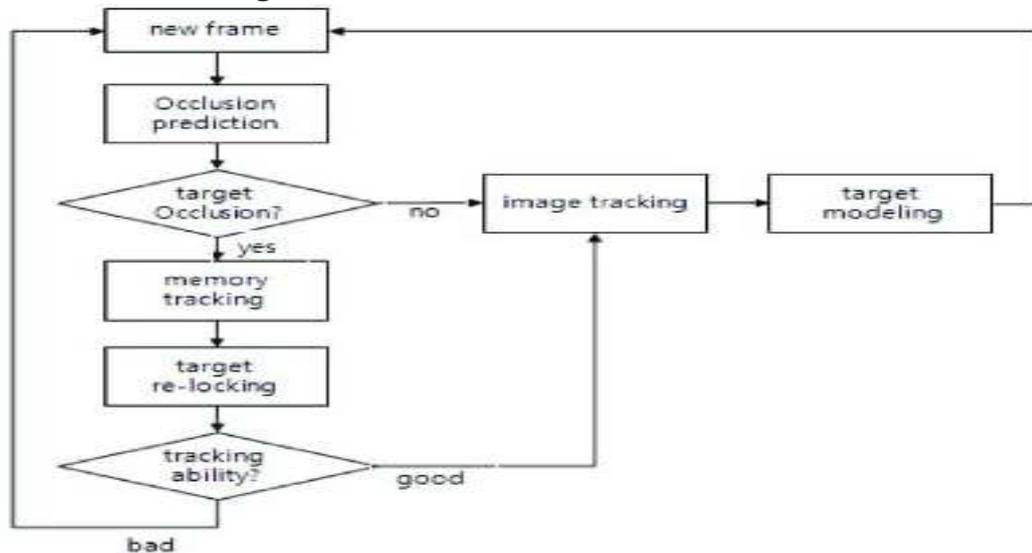
Prinsip kerja motor induksi 3 phase :

Motor Induksi 3 Fasa bekerja sebagai berikut. Misalkan kita memiliki sumber AC 3 fasa yang terhubung dengan stator pada motor. Karena stator terhubung dengan sumber AC maka arus dapat masuk ke stator melalui kumparan stator. Sekarang kita hanya melihat 1 kumparan stator saja. Sesuai hukum faraday bahwa apabila terdapat arus yang mengalir pada suatu kabel maka arus itu dapat menghasilkan fluks magnet pada kabel tersebut, dimana arahnya mengikuti kaidah tangan kanan. Setiap fasa dalam kumparan stator akan mengalami hal yang sama karena setiap fasa dialiri arus, namun besarnya fluks yang dihasilkan tidak sama di setiap waktu. Hal ini disebabkan besarnya arus yang berbeda-beda pada tiap fasa di tiap waktunya. Misalkan fasa-fasa ini diberi nama a, b, dan c. Ada kalanya arus pada fasa a maksimum sehingga menghasilkan fluks maksimum dan arus fasa b tidak mencapai maksimum, dan ada kalanya arus pada fasa b maksimal sehingga menghasilkan fluks maksimum dan arus pada fasa a tidak mencapai maksimum. Hal ini mengakibatkan fluks yang dibangkitkan lebih cenderung pada fasa mana yang mengalami kondisi arus paling tinggi. Secara tidak langsung dapat dikatakan bahwa medan magnet yang dibangkitkan juga ikut "berputar" seiring waktu. Kecepatan putaran medan magnet ini disebut kecepatan sinkron.

Sekarang ditinjau kasus rotor sudah dipasang dan kumparan stator sudah dialiri arus. Akibat adanya fluks pada kumparan stator maka arus akan terinduksi

pada rotor. Anggap rotor dibuat sedemikian sehingga arus dapat mengalir pada rotor (seperti rotor tipe squirrel cage). Akibat munculnya arus pada rotor dan adanya medan magnet pada stator maka rotor akan berputar mengikuti hukum lorentz. Hal yang menarik disini ialah kecepatan putaran rotor tidak akan pernah mencapai kecepatan sinkron atau lebih. Hal ini disebabkan karena apabila kecepatan sinkron dan rotor sama, maka tidak ada arus yang terinduksi pada rotor sehingga tidak ada gaya yang terjadi pada rotor sesuai dengan hukum lorentz. Akibat tidak adanya gaya pada rotor maka rotor jadi melambat akibat gaya-gaya kecil (seperti gaya gesek dengan sumbu rotor atau pengaruh udara). Namun saat rotor melambat kecepatan sinkron dan kecepatan rotor jadi berbeda. Akibatnya pada rotor akan terinduksi arus sehingga rotor mendapatkan gaya berdasarkan hukum lorentz. Dari gaya itulah motor dapat menambah kecepatannya kembali. Fenomena perbedaan kecepatan ini dikenal sebagai slip.

### 2.2.7. Auto Tracking/ Solar traker



Gambar.2.27.flowchart Auto Tracking

Sebagian besar pemasangan panel yang terdapat dinegara kita adalah susunan tetap(statis). Seiring berlalunya hari, matahari bergerak menjauh dari posisi menghadap panel dan dengan demikian output daya panel berkurang. Cara termudah untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengadaptasi panel surya bergerak menggunakan mekanisme pelacakan matahari.

Autotracking / solar tracker( pelacak surya) adalah perangkat yang digunakan untuk mengarahkan panel surya atau untuk memusatkan reflektor atau lensa surya ke arah matahari. Posisi matahari dilagit bervariasi baik dari musim dan waktu pada saat matahari bergerak melintasi langit. Panel surya bekerja paling baik ketika di arahkan ke matahari( tegak lurus terhadap matahari). Oleh karena itu, pelacak surya dapat mengaktifkan efisiensi panel surya agar tetap tegak lurus terhadap matahari dengan biaya kompleksitas tambahan pada sistem.



Gambar 2.28. Auto Tracking

Ada beberapa bentuk pelacak yang tersedia saat ini terutama dalam metode penerapan desain. Dua bentuk umum pelacakan yang digunakan adalah algoritma kontrol tetap dan pelacakan dinami. Perbedaan yang melekat antara kedua metode adalah cara dimana jalur matahari ditentukan.

Dalam sistem algoritma kontrol tetap, jalur matahari ditentukan dengan merujuk pada algoritma yang menghitung posisi matahari untuk setiap periode waktu. Artinya, sistem kontrol tidak secara aktif menemukan cahaya matahari tetapi bekerja berdasarkan waktu, hari, bulan, tahun saat ini. Sedangkan sistem pelacakan dinamis secara aktif mencari posisi matahari setiap saat, pagi, siang, sore. Sistem ini terdiri dari beberapa metode pengendalian arah, seperti motor DC, motor stepper, dan motor servo, yang diarahkan oleh rangkaian kontrol, baik digital maupun analog.

## **BAB III METEODOLOGI**

### **PENELITIAN**

#### **3.1. Pendahuluan**

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan penelitian tentang **studi pembebanan plts off-grid 5 kwp di Universitas HKBP Nommensen Medan** dan pengumpulan data secara langsung terjun ke lapangan. Meliputi hal-hal sebagai berikut :

##### **1. Studi Literatur**

studi literatur yang berguna mengetahui hasil penelitian yang didapat dari penelitian terdahulu yang bertujuan sebagai referensi atau bahan acuan dalam penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang akan dikerjakan.

##### **2. Pengambilan Data**

Kemudian pada tahap selanjutnya dilakukan pengambilan data secara langsung di lapangan. Pengambilan data dilakukan meliputi dari data daya beban dan penghematan energi oleh PLTS Off-Grid di Universitas HKBP Nommensen Medan

##### **3. Perhitungan Data**

Selanjutnya melakukan perhitungan terhadap data daya beban dan perhitungan energy

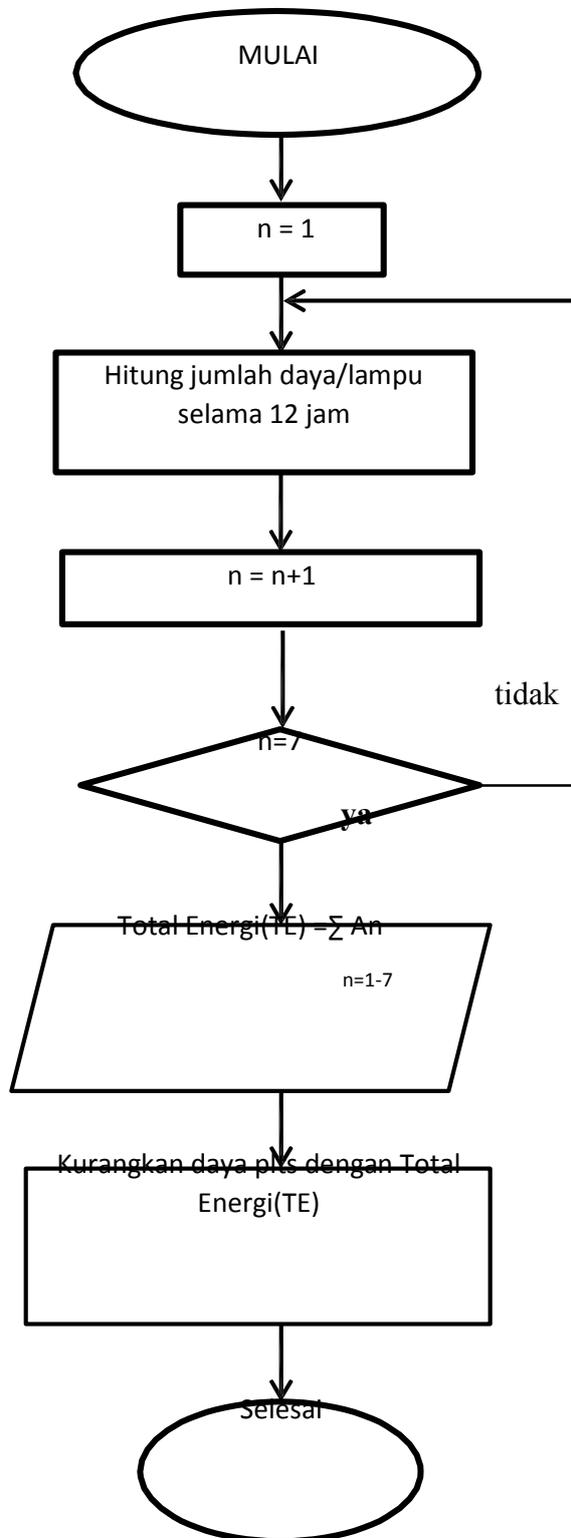
##### **4. Analisis hasil**

Pada tahap terakhir dilakukan analisa terhadap hasil perhitungan dari data yang ada. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui analisis daya yang dihasilkan dan penghematan energy pembangkit listrik tenaga surya(PLTS) Off-grid.

##### **5. kesimpulan**

Merumuskan satu atau beberapa kesimpulan dari hasil yang diperoleh

### 3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar.3.1. diagram alir penelitian

### 3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

#### 1. Waktu penelitian

Waktu yang digunakan untuk penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal 5 juli sampai tanggal 14 juli 2023 dari jam 09:00 WIB – 17:00 WIB.

#### 2. Tempat penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di Universitas HKBP Nommensen Medan gedung i

### 3.4. Beban PLTS

Beban pada plts off grid ini adalah bola lampu pilips dengan kapasitas 20 watt dengan jumlah bola lampu tersebut sebanyak 56 buah .

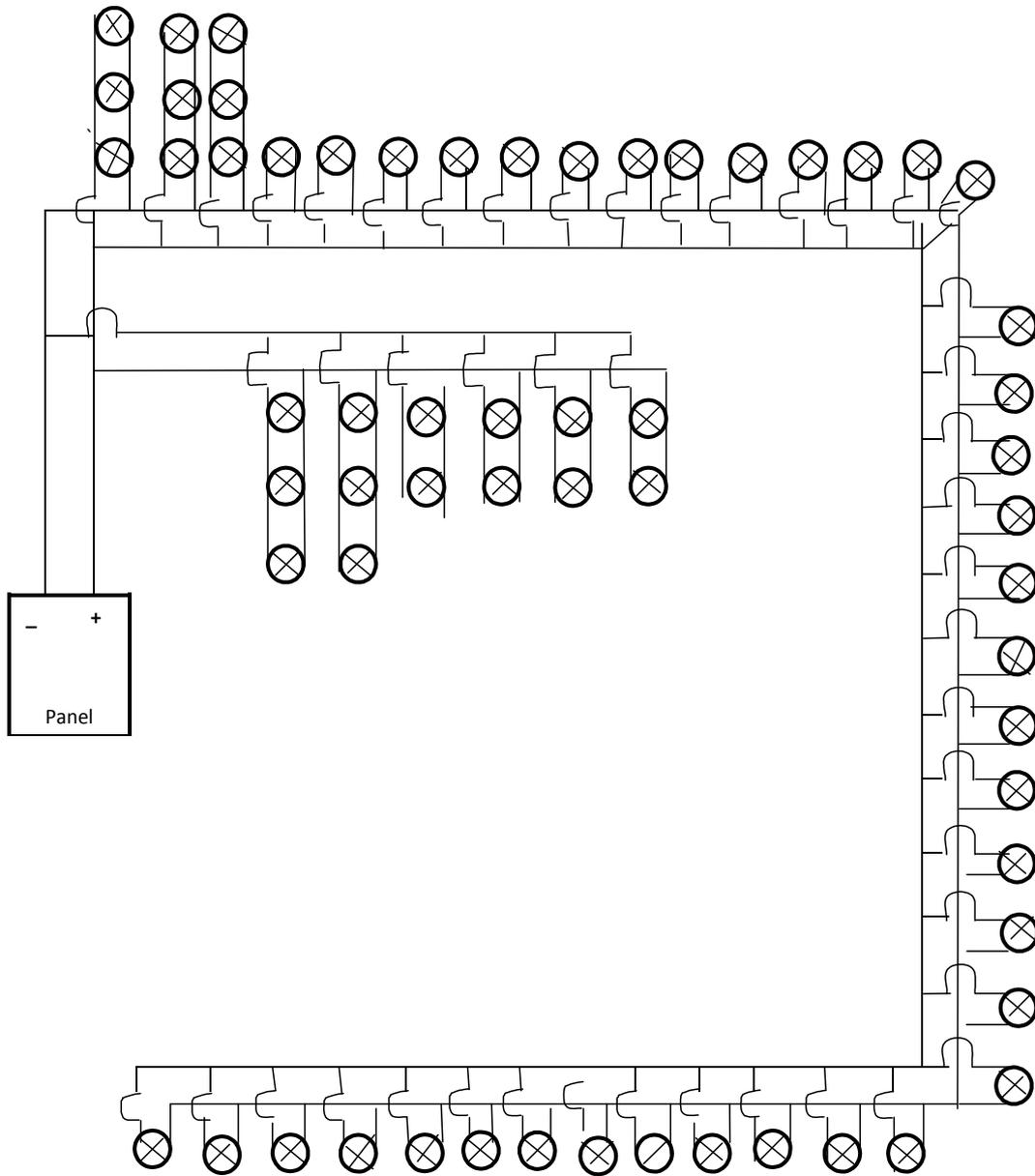
### 3.5. Waktu Pembebanan

Waktu pembebanan dilakukan dimalam hari dari jam 18:00 WIB dan akan mati otomatis pada jam 06:00 WIB

### 3.6. Denah UHN Medan dan Pengawatan Gedung I



Gambar.3.2. Denah UHN Medan



Gambar 3.3. pengawatan gedung I

### 3.7. Spesifikasi Panel Surya

Dalam hal ini bahan bahan yang digunakan untuk system PLTS Off Grid, panel surya merek LONGI jenis Mono-crystalline yang berkapsitas 430 Wp Model LR4-72HPH-430M dibuat oleh Cina dan Panel berikut spesifikasinya:

Spesifikasi Panel Surya merek LONGI	
Daya Maksimum (Pmax)	430 W
Toleransi	$0 \pm 5$ W
Tegangan Maksimum (Vmp)	40.6 V
Arus Maksimum (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

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya LONGI

Adapun struktur dari susunan panel yang yang terdiri dari dua bagian dimana masing-masing bagian di pasang 12 panel secara seri-paralel dan terhubung secara terpisah pada dua sistem baterai. .

### 3.8. Spesifikasi Inverter

Perihal dalam mengubah energi panas menjadi energi listrik pada panel ada pun yang menghubungkan dan mengontrol agar dapat energi tersebut dapat disimpan oleh baterai yaitu inverter yang dimana fungsi inverter mengubah tegangan DC (searah) menjadi tegangan AC (bolak balik) yang dimana perubahan tersebut dapat mengubah kecepatan arus AC tersebut dengan frekuensi output tersebut dan mengontrol energi yang disimpan menuju baterai dan berikut spesifikasi yang digunakan pada Inverter tersebut

Solar Inverter Charger	
Color	Gray and Orange
Operating Temperature Range	0 – 55°C
Inverter Mode	
Rated Power	5500 VA / 5500 W
DC Input	48 VDC, 127 A
AC Output	230 VAC, 50/60 Hz, 23.9A, 1φ
AC Charger Mode	
AC Input	230 VAC, 50/60 Hz, 38.5A, 1φ
DC Output	54 VDC
Max, Default	80A, 30A
AC Output	230 VAC, 50/60 Hz, 23.9 A, 1 φ
Solar Charger Mode	
Rated Power	6000 W
Max Charger	110 A
Nominal Operating Voltage	240 VDC
Max Solar Voltage (VOC)	500 VDC
MPPT Voltage range	120 – 450 VDC

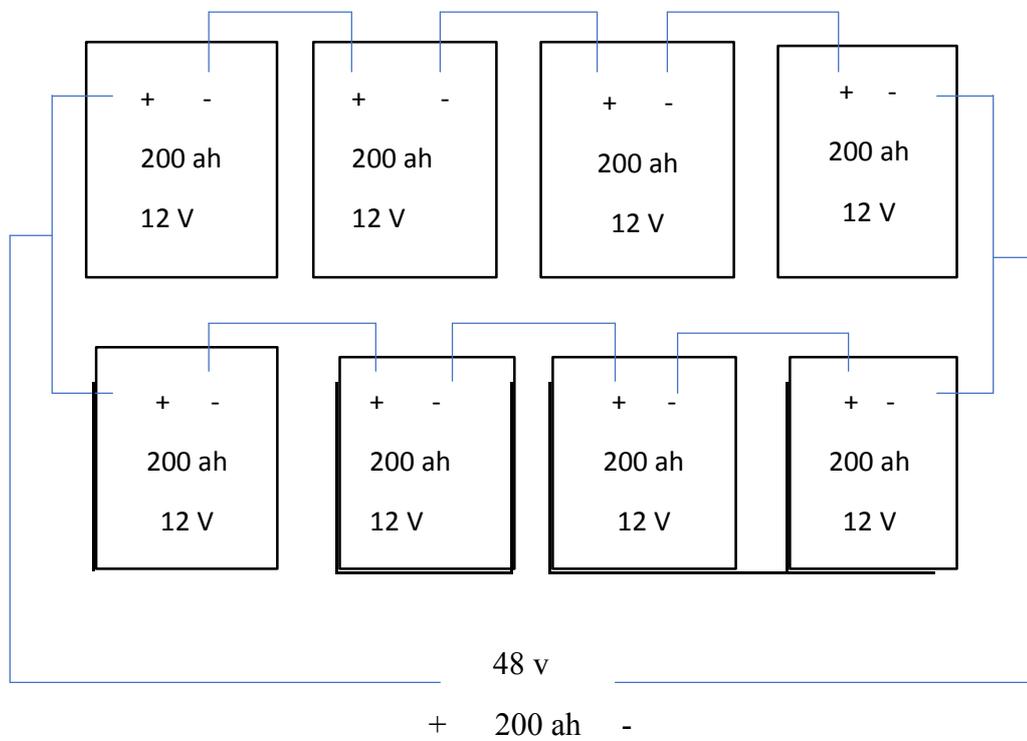
Tabel 3.2 Spesifikasi Inverter

### 3.9. Spesifikasi Baterai

Untuk menerima energi dalam sebuah kinerja PLTS tersebut perlu yang namanya sebuah penyimpanan. Penyimpanan tersebut disebut Baterai. Baterai merupakan menyimpan energi listrik yang dihasilkan pada panel surya saat adanya cahaya matahari dan mengeluarkan energi listrik pada beban tersebut pada saat tidak ada cahaya matahari. Baterai yang digunakan jenis AKI dengan golongan VRLA (Valve Regulated Lead Acid Battery) 200 Ah 12v merek mPower berikut gambar dan spesifikasinya

Spesifikasi mPower Battery VRLA 200 ah 12 V	
Capacity	200 ah 12 V
Length	540 mm
Width	240 mm
Height	224 mm
Weight	65 Kg
Container Material	ABS

Tabel 3.3 Spesifikasi mPower Battery VRLA 200 ah 12 V



Gambar .3.4. Rangkaian baterai