

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pemanfaatan energi terbarukan untuk mendapat pasokan listrik diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik, atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya tidak dapat dimonitor secara otomatis melalui internet tetapi hanya melalui sistem yang terpasang di lingkungan PLTS tersebut.

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program dengan memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran.

Kelistrikan di UHN bersumber dari PLN yang dimana dilayanin oleh 5 Trafo yaitu 197 Kva, 197Kva, 197Kva, 197Kva, dan 345 Kva dan Universitas HKBP Nommensen medan merupakan salah satu Lembaga Pendidikan yang menggunakan pembangkit listrik tenaga surya yang berkapasitas 618 KWP melalui bentuk kolaborasi antara universitas HKBP Nommensen Medan dan PT.Wijaya Karya Industri energi (persero) dengan PT. Surya Utama Nuansa (Sun Energi) adalah salah satu implementasi energi listrik terbarukan di area kampus. oleh karena itu sistem kelistrikan di UHN saat ini ketika siang hari ada PLTS dan ketika malam hari menggunakan PLN. PLTS merupakan salah satu teknologi pembangkit listrik masa depan yang sangat ramah lingkungan. Selain ramah lingkungan, efek shading yang minim pada PLTS sangat efisien dipasang pada atap suatu bangunan atau gedung. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS sebagai suplay daya tambahan yang terhubung langsung pada jaringan PLN akan saling mengimbangi dan mengurangi beban pada sistem jaringan listrik yang ada, terutama saat beban puncak. Untuk melihat kinerja yang dihasilkan oleh PLTS yang terhubung ke jaringan PLN diperlukan suatu sistem monitoring yang handal dan akurat dalam memantau parameter listrik dan kondisi lingkungan. Monitoring PLTS kelistrikan di UHN Medan bertujuan untuk mengetahui keluaran daya yang dihasilkan oleh PLTS UHN

Medan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah berdasarkan latar belakang penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain Panel Surya yang digunakan UHN Medan dan bagaimana perancangan Panel Surya yang digunakan dan bagaimana proses distribusi keluaran PLTS melalui pelaksanaan monitoring

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui informasi PLTS yang digunakan pada panel kelistrikan di UHN Medan.
2. Untuk mengetahui daya yang di hasilkan PLTS UHN Medan.

## **1.4 Batasan Masalah**

Untuk membatasi masalah-masalah yang ada, maka penulis membatasi ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang di lakukan hanya membahas tentang sistem distribusi kelistrikan yang dihasilkan panel surya di UHN Medan.
2. Hanya mengamati melalui alat ukur panel PLTS.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan dan pertimbangan yang dapat digunakan untuk pengembangan dan optimalisasi kelistrikan yang digunakan di UHN Medan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah penulisan proposal, penulis membuat sistematika penulisan yang terdiri dari :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang teori pendukung yang digunakan untuk pembahasan.

### **BAB III KOMPONEN-KOMPENEN SISTEM PLTS DAN MONITORING PENELITIAN**

Bab ini membahas langkah – langkah dalam menyelesaikan monitoring di mulai dari tahapan metode penelitian, power house , komponen yang digunakan , diagram flow chart.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang pembahasan dari speksifikasi peralatan dan data daya keluaran berupa grafik dan tabel dari hasil monitoring PLTS UHN Medan dan Penelitian ini dilakukan di Universitas HKBP Nommensen Medan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang diajukan kepada peneliti berikutnya dalam melakukan pengembangan penelitian berikutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Cahaya Matahari**

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 Watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan arus serta masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuhan-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara yang berlainan bahan bakar minyak adalah hasil fotosintesis, tenaga hidro elektrik adalah hasil sirkulasi hujan, tenaga angin adalah hasil perbedaan suhu antar daerah dan sel surya (sel fotovoltaik) yang menjanjikan masa depan yang cerah sebagai sumber energi listrik.

Karena sel surya sanggup menyediakan energi listrik bersih tanpa polusi, mudah dipindah, dekat dengan pusat beban sehingga penyaluran energi sangat sederhana serta sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai karakteristik cahaya matahari yang baik (intensitas cahaya tidak fluktuatif) dibanding tenaga angin seperti di negara-negara 4 musim, utamanya lagi sel surya relatif efisien, tidak ada pemeliharaan yang spesifik dan bisa mencapai umur yang panjang serta mempunyai keandalan yang tinggi.

Dalam keadaan cuaca yang cerah, sebuah sel surya akan menghasilkan tegangan konstan sebesar 0.5 V sampai 0.7 V dengan arus sekitar 20 mA dan jumlah energi yang diterima akan mencapai optimal jika posisi sel surya 90° (tegak lurus) terhadap

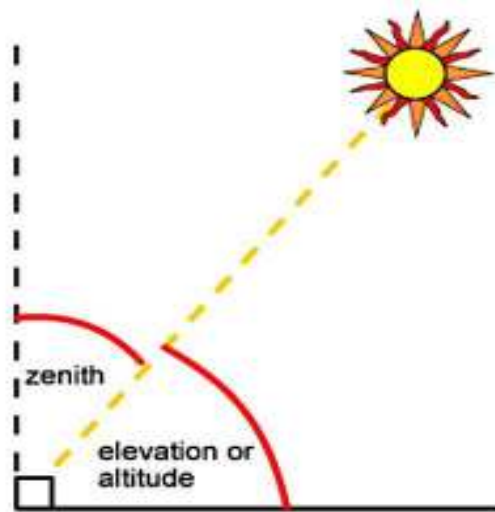
sinar matahari selain itu juga tergantung dari konstruksi sel surya itu sendiri. Ini berarti bahwa sebuah sel surya akan menghasilkan daya  $0.6 \text{ V} \times 20 \text{ mA} = 12 \text{ mW}$ . Jika matahari memancarkan energinya ke permukaan bumi sebesar  $100 \text{ W} / \text{m}^2$  atau  $100 \text{ mW} / \text{cm}^2$ , maka bisa dibayangkan energi yang dihasilkan sel surya yang rata-rata mempunyai luas  $1 \text{ cm}^2$  dibandingkan dengan bahan bakar fosil (BBM) dengan proses fotosintesis yang memakan waktu jutaan tahun.

### 2.1.1 Sudut Elevasi Matahari

Sudut elevasi digunakan secara bergantian dengan sudut ketinggian dan merupakan tinggi sudut matahari di langit yang diukur dari horizontal. Ketinggian dan elevasi digunakan untuk menggambarkan ketinggian dalam meter di atas permukaan laut. Ketinggiannya adalah 0 derajat saat matahari terbit dan 90 derajat saat matahari tepat di atas kepala. Sudut elevasi bervariasi sepanjang hari dan juga tergantung pada garis lintang lokasi tertentu dan hari dalam setahun.

### 2.1.2 Sudut Zenith Matahari

Ini adalah sudut antara matahari dan vertikal. Ini mirip dengan sudut elevasi tetapi diukur dari vertikal bukan dari horizontal. Oleh karena itu, sudut zenith 90 derajat – sudut elevasi.



Gambar 2.1. Sudut Elevasi dan Sudut Zenith

### 2.1.3 Sudut Azimut Matahari

Ini adalah arah kompas dari mana sinar matahari datang. Pada siang hari, matahari berada tepat di selatan di belahan bumi utara dan tepat di utara di belahan bumi selatan. Sudut azimut bervariasi sepanjang hari. Pada ekuinoks, matahari terbit langsung ke timur dan terbenam langsung ke barat terlepas dari garis lintang. Oleh karena itu, sudut azimut adalah 90 derajat saat matahari terbit dan 270 derajat saat matahari terbenam.

## 2.2 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.

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:

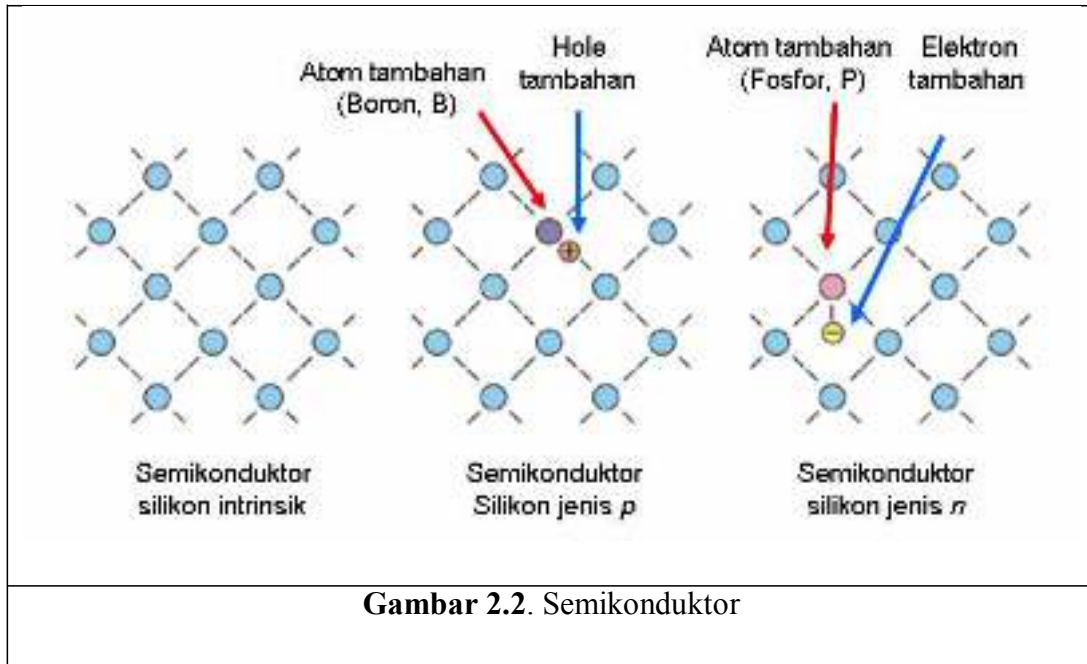
Dengan  $h$  adalah konstanta Plancks ( $6.62 \times 10^{-34}$  J.s) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya dalam vakum ( $3 \times 10^8$  m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. 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 pionir 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 besar-besaran harus dilakukan usaha untuk mempertipis lapisan silikonnya dari ketebalan sekarang yang mencapai ratusan mikron.

### **2.2.1 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 ( $n = \text{negatif}$ ). 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.



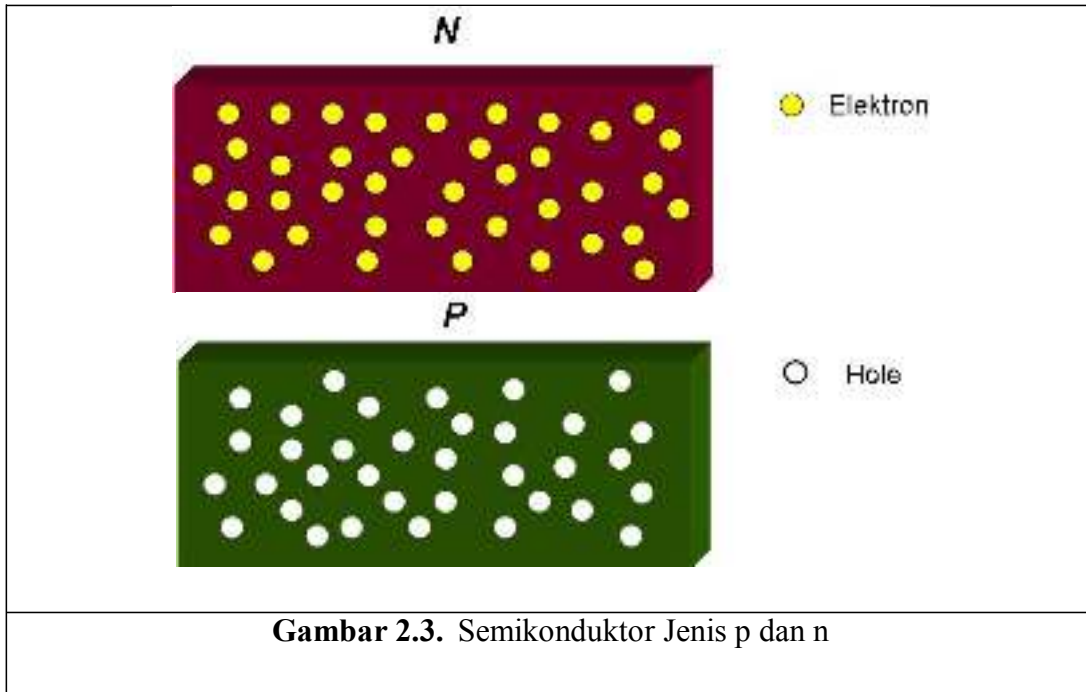
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama.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

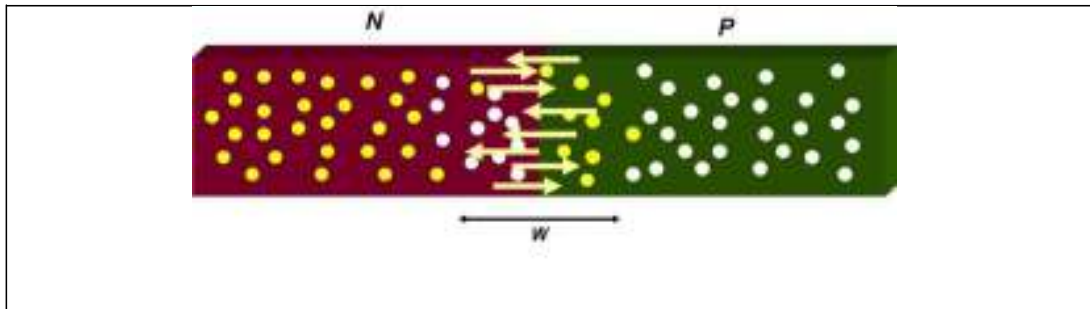


Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi / *metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1) Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.

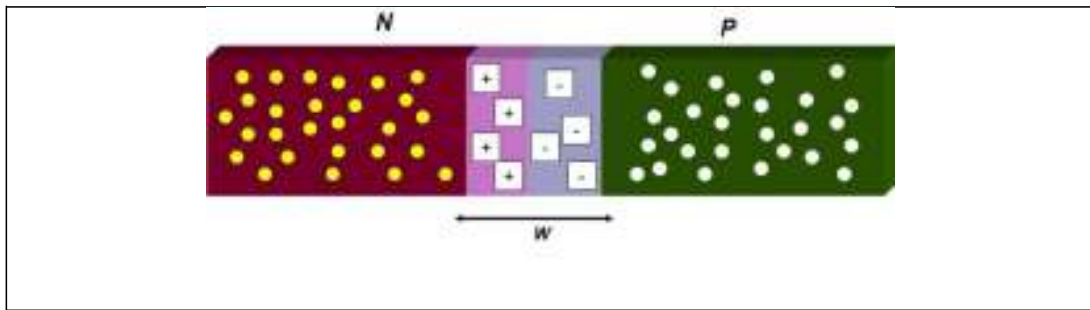


2) Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n. Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



**Gambar 2.4** Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

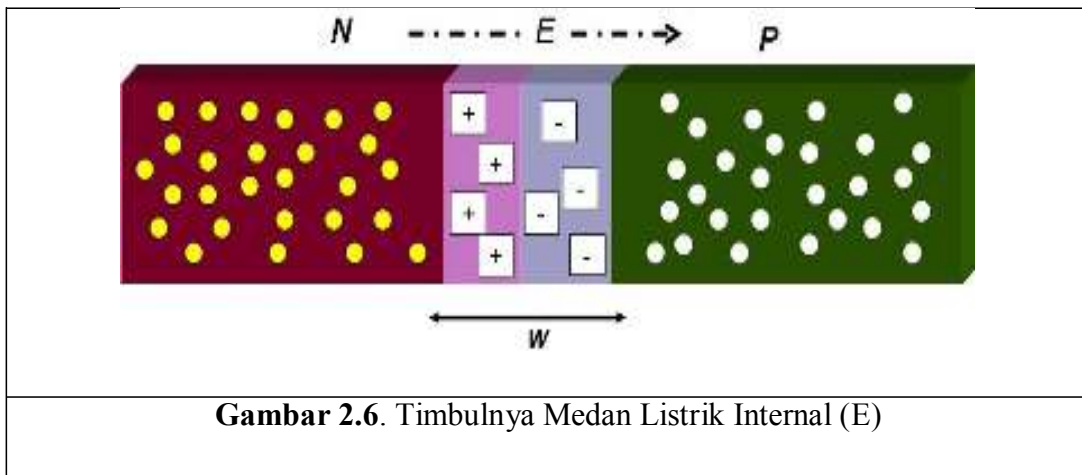
- 3) Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan positif. Pada saat yang sama hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor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



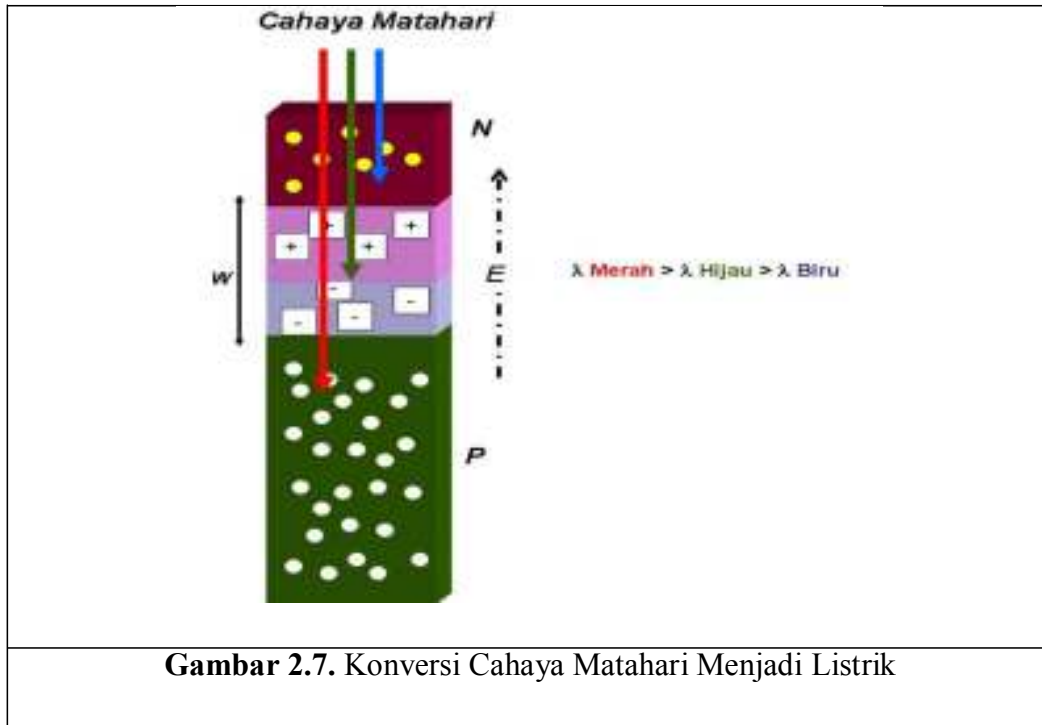
**Gambar 2.5.** Terbentuk Daerah epleksi

- 5) Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pem-bawa 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).



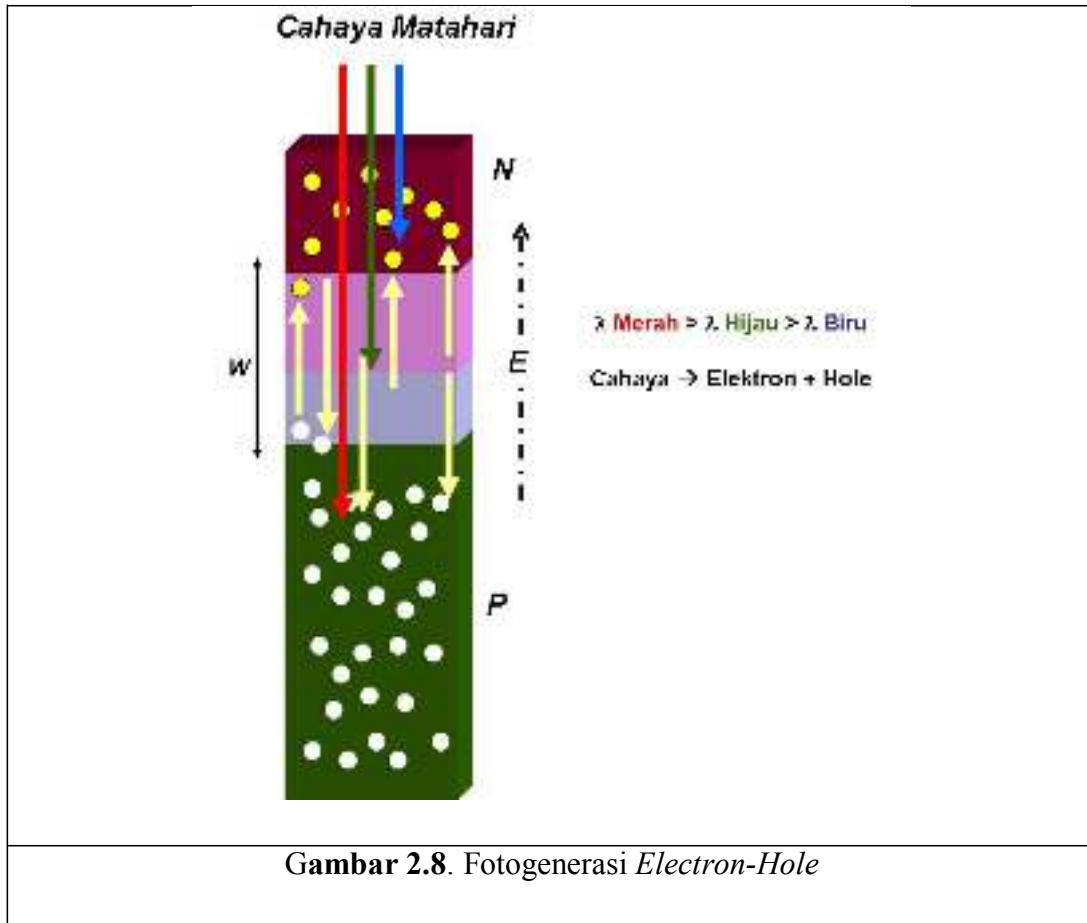
- 7) Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan p-n berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik ( $E$ ). Begitu pula dengan jumlah elektron yang 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 2.7.** 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.

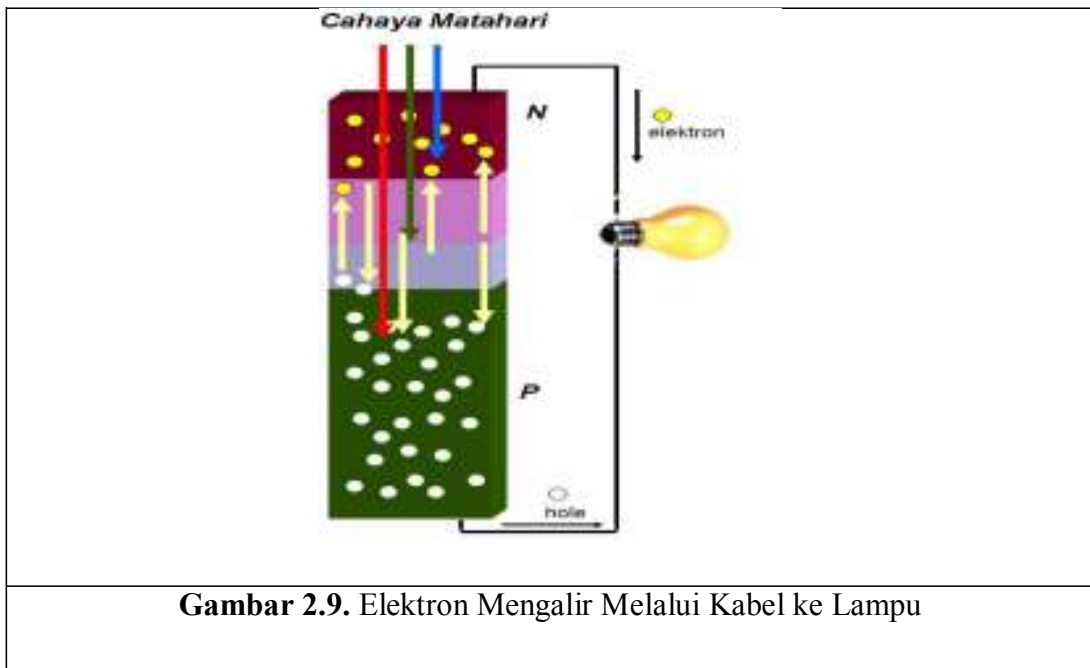


Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lambda”) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan p-n berada pada bagian sambungan p-n yang berbeda pula.

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.

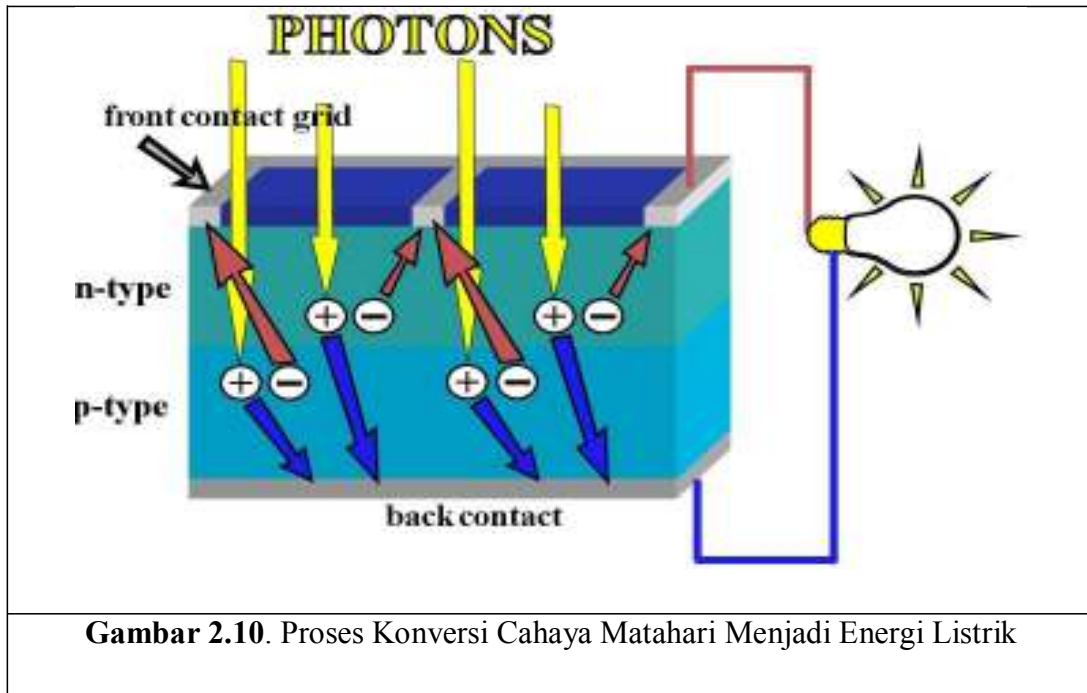
Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan p-n terdapat medan listrik (E), elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p.

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 2.9.** 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.



### 2.2.2 Komponen komponen Sistem PLTS

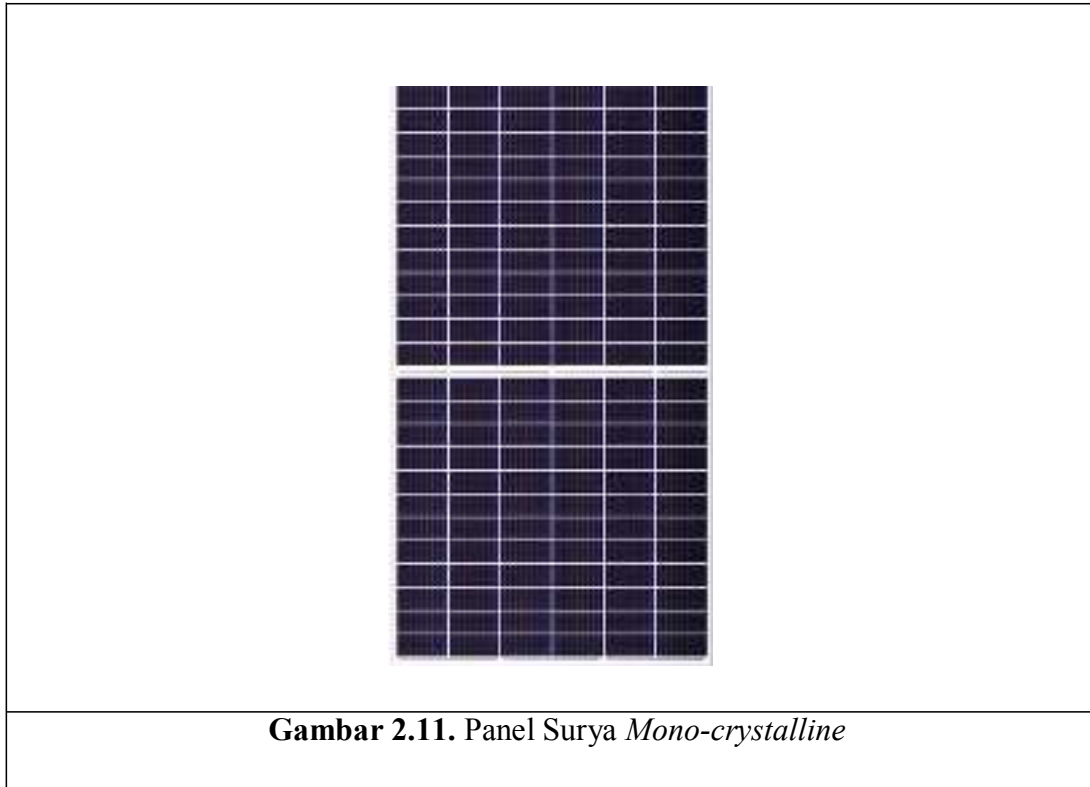
Untuk dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik diperlukan suatu alat atau beberapa alat yang disebut komponen. Komponen-komponen ini sangat berbeda dengan yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik pada pembangkit tenaga listrik pada umumnya. Komponen listrik tenaga surya ini membentuk satu kesatuan yang terorganisasi sedemikian rupa sehingga dapat bekerja secara maksimal. Satu saja komponen tersebut rusak atau tidak dapat digunakan, maka proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik dapat terganggu. Berikut ini adalah komponen-komponen utama dari panel surya.

#### 1. Panel Surya

Komponen utama sistem surya PV adalah panel surya yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya PV. Energi matahari itu dapat berubah menjadi arus listrik searah yaitu dengan menggunakan silikon yang tipis. Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor dengan muatan yang berbeda. Lapisan atas sel surya itu ber-

muatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Sel-sel Si itu dipasang dengan posisi sejajar dan seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan listrik. Bila sel-sel itu terkena sinar matahari (energi foton) maka beberapa foton diserap oleh atom Si yang merupakan semikonduktor dapat membebaskan elektron dari katan atomnya sehingga akan menjadi elektron yang bergerak bebas. Pergerakan elektron itulah yang menjadikan adanya arus listrik searah (DC) dan pada sambungan akan mengalir arus listrik. Besarnya arus atau tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya matahari yang mencapai silikon dan luas permukaan sel tersebut. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel yang terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran panel surya yang ingin dibuat. Gabungan dari panel-panel surya akan membentuk suatu array sel surya. Panel surya atau modul surya adalah unit rangkaian lengkap yang dilapisi bahan kedap air dan tahan terhadap perubahan cuaca. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan tegangan dari arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Kemudian bila beban seperti lampu dipasang diantara terminal negatif dan terminal positif dari sel surya maka elektron-elektron akan mengalir sebagai arus listrik searah yang dapat menghidupkan lampu tersebut. Semakin besar radiasi matahari yang mengenai sel surya, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh sel surya tersebut. Oleh karenanya sel surya tidak akan pernah habis atau rusak dalam membangkitkan listrik. Biasanya kerusakan terjadi disebabkan karena sel surya tersebut pecah atau karena faktor lain, Universitas Sumatera Utara 18 sehingga bila sel surya dilindungi dengan baik, maka usianya bisa mencapai 20 tahun.





## 2. Inverter

Inverter adalah komponen elektronika pendukung panel PV untuk mengubah arus searah (direct current, DC) menjadi arus bolak balik (alternating current, AC) yang umumnya peralatan listrik butuhkan. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu tergantung kepada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri ; apakah sistem yang terhubung ke jaringan listrik (grid connected) atau sistem yang berdiri sendiri (stand alone system). Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sekitar 90%. Ada 3 kategori inverter,yaitu: grid-tied, grid tied dengan baterai cadangan, dan stand alone. Kedua jenis inverter yang pertama adalah inverter line-tied, yang digunakan dengan sistem panel surya utilityconnected. Jenis yang ketiga adalah stand alone atau inverter off-grid, diciptakan untuk berdiri sendiri(tidak bergantung). Jika dilihat dari segi gelombangnya ,inverter dapat dikategorikan menjadi 2 jenis inverter yaitu jenis inverter gelombang sinus (sine wave) dan gelombang kotak(square wave). Pada inverter jenis gelombang sinus, pemakaian listrik akan lebih hemat

dibandingkan dengan inverter jenis gelombang kotak terkhusus saat mengerakkan alat listrik dengan menggunakan motor. Dalam perkembangannya di pasaran juga beredar modified sine wave inverter yang merupakan kombinasi anantara square wave dan sine wave. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan inverter: a. Harus diusahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang kita butuhkan agar efisiensi kerjanya maksimal. b. Input DC 12 volt atau 24 volt c. Gelombang output AC Rugi-rugi/losses yang terjadi pada inverter biasanya berupa disipasi daya dalam bentuk panas. Efisiensi tertinggi dimiliki oleh grid tie inverter dan bisa mencapai 95%-97% bila beban outputnya hampir mendekati rated bebannya. Kapasitas sebuah inverter menentukan jumlah daya AC yang bisa disediakan terus menerus. Satuan ukuran inverter adalah Watt. Selain itu sebagai proteksi inverter juga dilengkapi toleransi lonjakan arus. Inverter adalah komponen elektronika pendukung panel PV untuk mengubah arus searah (direct current, DC) menjadi arus bolak balik (alternating current, AC) yang umumnya peralatan listrik butuhkan. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu tergantung kepada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri ; apakah sistem yang terhubung ke jaringan listrik (grid connected) atau sistem yang berdiri sendiri (stand alone system). Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sekitar 90%. Ada 3 kategori inverter, yaitu: grid-tied, grid tied dengan baterai cadangan, dan stand alone. Kedua jenis inverter yang pertama adalah inverter line-tied, yang digunakan dengan sistem panel surya utility-connected. Jenis yang ketiga adalah stand alone atau inverter off-grid, diciptakan untuk berdiri sendiri (tidak bergantung). Jika dilihat dari segi gelombangnya, inverter dapat dikategorikan menjadi 2 jenis inverter yaitu jenis inverter gelombang sinus (sine wave) dan gelombang kotak (square wave). Pada inverter jenis gelombang sinus, pemakaian listrik akan lebih hemat dibandingkan dengan inverter jenis gelombang kotak terkhusus saat mengerakkan alat listrik dengan menggunakan motor. Dalam perkembangannya di pasaran juga beredar modified sine wave inverter yang merupakan kombinasi anantara square wave dan sine wave. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan inverter:

- a) Harus diusahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang kita butuhkan agar efisiensi kerjanya maksimal.
- b) Input DC 12 volt atau 24 volt.
- c) Gelombang output AC Rugi-rugi/losses yang terjadi pada inverter biasanya berupa disipasi daya dalam bentuk panas.

Efisiensi tertinggi dimiliki oleh grid tie inverter dan bisa mencapai 95%-97% bila beban outputnya hampir mendekati rated bebannya. Kapasitas sebuah inverter menentukan jumlah daya AC yang bisa disediakan terus menerus. Satuan ukuran inverter adalah Watt. Selain itu sebagai proteksi inverter juga dilengkapi toleransi lonjakan arus listrik yang menyatakan bahwa dalam selang waktu tertentu sejumlah daya dapat disuplai oleh inverter sebelum gangguan diputuskan demi melindungi inverter tersebut.

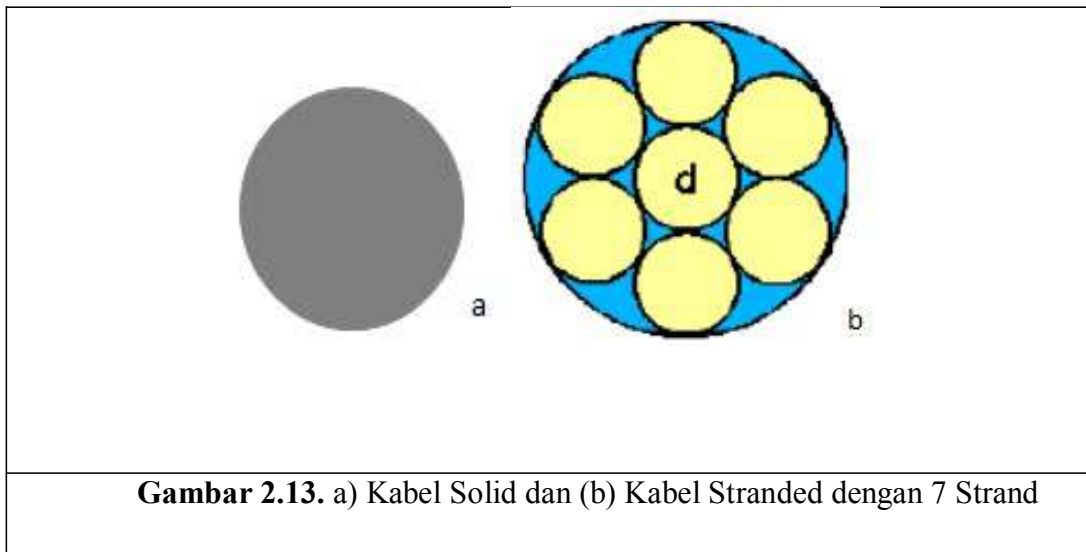


**Gambar 2.12.** Inverter

### 3. Kabel

Kabel terbuat dari bahan konduktor agar mudah menghantarkan listrik karena fungsi kabel adalah untuk mengalirkan listrik dari satu piranti ke piranti. Semakin besar ukuran diameter kabel, semakin mudah elektron mengalir. Dengan demikian, penggunaan kabel tidak lepas dengan perhitungan ukuran diameter kabel yang akan digunakan.

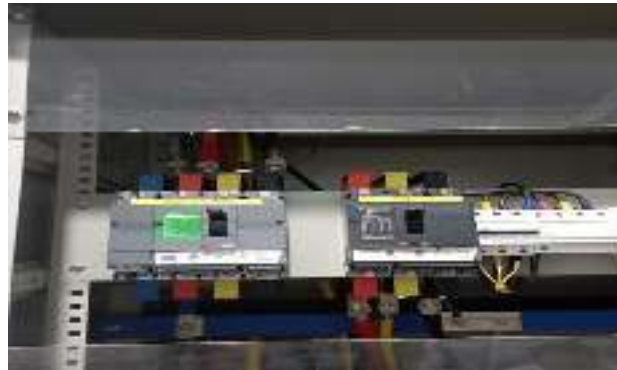
Pada umumnya, kabel berbentuk lingkaran di penampang melintangnya. Kabel dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kabel solid dan kabel stranded. Kabel solid adalah kabel yang terbuat dari konduktor solid sepanjang kabel tersebut, sementara kabel stranded adalah kabel yang terbuat dari kabel-kabel solid 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.



### 4. *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

*Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)* adalah suatu alat yang digunakan untuk membatasi arus sekaligus pengamanan pada suatu instalasi listrik apabila terjadi kelebihan muatan listrik atau terjadi hubungan arus pendek. MCCB dapat menanggulangi reverse current serta earth fault dan juga biasa digunakan pada jalur

yang memiliki arus cukup besar. Pemasangan MCCB ini sangat berguna untuk keadaan maintenance dimana dengan keberadaan komponen ini dapat mematikan satu jalur apabila ada kerusakan komponen sehingga harus diganti atau hanya sekedar perawatan.



**Gambar 2.14.** *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

Pada sistem PLTS, panel surya biasanya dipasang diantara PLTS dan inverter. Alat tersebut digunakan sebagai saklar penghubung dan pemutus yang harus dipasang pada arus DC. MCCB harus berupa Single Pole (SP), Double Pole (DP), Triple Pole (TP) atau Four Pole (4P) seperti ditentukan dalam gambar spesifikasi. Kontruksi dan pengoperasian circuit breaker harus sedemikian rupa sehingga jika fault muncul, semua kutub circuit breaker harus beroperasi serentak untuk mengisolasi dan menghilangkan fault tersebut secara efisien dan aman tanpa resiko terhadap operator atau instalasi tersebut.

Menurut dari buku GSES, rangkaian pemutus yang biasa digunakan pada MCCB yang terdapat pada:

- a. PV array tanpa pembumian dengan inverter terisolasi.
- b. PV array menggunakan pembumian dengan inverter berisolasi.
- c. PV array tanpa pembumian dengan menggunakan inverter tanpa isolasi.

Peletakan isolasi saklar manual harus dipasang diantara inverter dan jaringan listrik. Sisi pemasangan isolator terdapat pada perangkat metering PV di papan hubung dan haruslah mematuhi peraturan berikut:

- a. Akan terkunci pada saat posisi terbuka.
- b. Berada diketinggian 2.44 m dari permukaan tanah.
- c. Saat beban mati, tidak ada aliran listrik atau lebih baik mempunyai peralatan perlindungan.
- d. Mematuhi semua spesifikasi lainnya sesuai kewenangan Central Electricity regulasi 2012.

Pemilihan MCCB yang menjadi variabel yang menjadi acuan yang akan digunakan menjadi acuan tersebut menurut standar GSES yaitu:

- a. Nilai untuk tegangan operasi pada sistem sesuai dengan perhitungan desain sistem tegangan.
- b. Nilai untuk arus operasi sesuai dengan perhitungan tegangan desain system arus.

### **2.2.3 Jenis - Jenis Panel Surya**

Jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Secara umum ada 3 jenis panel surya, yaitu:

1. Monocrystalline silicon (mono-Si) Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur, biasanya memiliki tebal 200 mikron dengan nilai efisiensi sekitar 16-25 %. Secara fisik, panel surya Monocrystalline dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong tiap sudutnya. Pada dasarnya dibuat menggunakan crystall silicon murni yang sudah diiris tipis sehingga membentuk segi empat dengan irisan di keempat sudutnya. Selain dari harganya yang relatif lebih mahal,efisiensinya juga akan turun drastis dalam cuaca berawan.
2. Polycrystalline silicon (poly-Si) Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik,kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran

silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Harganya lebih murah dikarenakan efisiensinya sekitar 14-18 %. Secara fisik, panel surya jenis ini dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi. Polycrystalline silicon dihasilkan dari proses metalurgi grade silicon dengan pemurnian kimia, yaitu dicairkan dan dituangkan serta didinginkan dalam cetakan persegi secara sempurna. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monocrystalline silicon, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

3. Thin Film Panel surya Thin Film menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusunnya. Sebenarnya panel ini belum jadi setiap kristal, masih seperti lapisan tipis silikon yang diendapkan pada bahan substrat atau dasar seperti logam atau kaca. Meskipun mempunyai kinerja yang lebih rendah dibandingkan panel surya berbahan silikon namun memiliki kemampuan energi yang dihasilkan mudah disimpan. Jenis panel surya ini memiliki kerapatan atom yang rendah, sehingga mudah dibentuk dan dikembangkan ke berbagai macam ukuran dan potongan yang dapat diproduksi dengan biaya yang lebih murah. Dengan ketebalan yang sangat tipis, hal tersebut memungkinkan menjadi fleksibel dan memiliki berat yang lebih rendah. Beberapa tipe panel surya thin film yang ada di pasaran, yaitu:

Cadmium telluride (CdTe) Panel surya CdTe merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling baik di kelasnya yakni sekitar 9-11%. Terbentuk dari bahan materi thin film dan polycrystalline secara deposit dan evaporasi tingkat tinggi.

Copper Indiu Diselenide (CuInSe<sub>2</sub>) Merupakan bahan dari film tipis polycrystalline dengan nilai efisiensi berkisar 10-12 %.

Amorphous thin-film silicon (a-Si,TF-Si) Panel surya amorphous memiliki efisiensi terendah dengan 6-8% dan mengandung bahan yang

tidak aman dalam materialnya. Banyak dipakai sebagai pengganti tinted glass yang semi transparan dan dikembangkan untuk sistem bangunan terpadu.

#### **2.2.4 Faktor Pengoperasian Panel Surya**

Pengoperasian maksimum panel surya sangat tergantung pada:

a. Ambient air temperature Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur panel tetap normal pada temperatur 25 , kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan voltage (Voc). Setiap kenaikan temperatur panel surya 1 (dari 25 ) akan berkurang sekitar 0.5% pada total daya yang dihasilkan atau akan melemah 2 kali lipat untuk kenaikan temperatur panel surya per 10 .

b. Radiasi solar matahari (insolation) Radiasi solar matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada arus dan tegangan keluaran.

c. Kecepatan angin bertiup Kecepatan tiup angin disekitar lokasi PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca PV array.

d. Keadaan atmosfer bumi Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari deretan PV.

e. Orientasi panel atau array PV Orientasi dari rangkaian/deretan PV (array) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (tilt angle) dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai contoh: untuk lokasi yang terletak di belahan Utara, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke Selatan, walaupun juga orientasi ke Timur atau ke Barat dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel- panel/deretan PV, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.



f. Posisi letak sel surya (array) terhadap sudut orientasi matahari .Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum 1000 W/m<sup>2</sup> atau 1 kW/m<sup>2</sup> .

### **2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

Sistem fotovoltaik atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik berbasis energi terbarukan ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk listrik di daerah pedesaan terpencil di mana sinar matahari melimpah dan bahan bakar sulit didapat dan relatif mahal. Alasan utama menggunakan teknologi fotovoltaik ini adalah sebagai berikut:

Sumber energi yang melimpah dan tanpa biaya.

Sumber energi tersedia di tempat dan tidak perlu diangkut.

Biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem PLTS yang relatif kecil.

Tidak perlu pemeliharaan yang sering dan dapat dilakukan oleh operator setempat yang terlatih.

Ramah lingkungan, tidak ada emisi gas dan limbah cair atau padat yang berbahaya Sistem PLTS terdiri dari modul fotovoltaik, solar charge controller atau inverter jaringan, baterai, inverter baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya.

Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-grid) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid).

Meskipun sistem PLTS tersebar (SHS, solar home system) lebih umum digunakan karena relatif murah dan desainnya yang sederhana, saat ini PLTS terpusat dan PLTS hibrida (PLTS yang dikombinasikan dengan sumber energi lain seperti angin atau diesel) juga banyak diterapkan, yang bertujuan untuk mendapatkan daya

dan penggunaan energi yang lebih tinggi serta mencapai keberlanjutan sistem yang lebih baik melalui kepemilikan secara kolektif (komunal). PLTS tersebar dapat menjadi pilihan ketika persebaran rumah penduduk yang berjauhan satu sama lain. Dibandingkan teknologi energi terbarukan lainnya, seperti pembangkit listrik tenaga air (hidro), sistem PLTS relatif baru di Indonesia. Pemerintah pertama kali mengimplementasikan sistem PLTS tersebar untuk listrik pedesaan pada tahun 1987. Seiring berjalannya waktu, penerapan sistem PLTS di Indonesia telah berkembang dari sistem tersebar ke sistem komunal atau terpusat. Terlepas dari kenyataan bahwa Indonesia telah menjajaki teknologi PLTS sejak tahun 1970-an, keahlian tentang sistem fotovoltaik masih dalam tahap awal. Hal ini disebabkan oleh kurangnya ketersediaan tenaga ahli, teknisi terampil, dan perusahaan rekayasa yang kompeten untuk merancang, membangun, dan memelihara sistem. Sementara itu, rantai pasokan suku cadang sistem PLTS yang lebih baik sangat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan sistem ini di Indonesia terutama di daerah pedesaan. Sangat disadari, butuh waktu yang cukup lama untuk membangun penyedia layanan teknis dan suku cadang di daerah pedesaan. Meskipun demikian, dengan tetap konsisten menjaga kualitas sistem, kemungkinan rusaknya sistem akan berkurang dan umur pakai sistem akan lebih panjang.

### **2.3.1 Prinsip Kerja PLTS**

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan 5 dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising, selain

itu gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (green house gas) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita. Sistem sel surya yang dapat digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (charge controller), dan aki (baterai) 12 volt yang maintenance fee. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10.8 volt berarti sisa tegangan pada aki 2.2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutus pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik bila tegangan aki itu mencapai 12 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu. Rangkaian kontroler pengisian aki, sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dipasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit sendiri. Kebanyakan sistem sel surya itu hanya dijual dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi lurus menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari, agar dapat terserap secara maksimum sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya. Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material adhesive transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan kemudian material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P-type dan Ntype (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda.

Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi- konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi- konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya- gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semikonduktor, menyebabkan aliran medan magnet listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot.

## **BAB III**

### **KOMPONEN SISTEM PLTS DAN MONITORING**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan penelitian kuantitatif yang berkaitan dengan tugas akhir ini dan survei serta pengumpulan data secara langsung terjun ke lapangan di Universitas HKBP Nommensen Medan.

##### **3.1.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tempat sebagai berikut :

Waktu : Senin, 1 Mei 2023 – Rabu, 31 Mei 2023.

Tempat : Kampus Universitas HKBP Nommensen Medan, yang berlokasi di Jl, Sutomo no. 4A medan.

##### **3.1.2 Studi Literatur**

Pertama-tama dilakukan studi literatur yang bertujuan sebagai referensi atau bahan pedoman dalam penelitian pembangkit listrik tenaga surya yang akan dilakukan.

##### **3.1.3 Observasi Lapangan**

Tahap berikutnya dilakukan observasi lapangan yang menghasilkan data langsung di lapangan. Data yang diambil berupa data tabel dan grafik ke inverter serta pendistribusian energi listrik yang dihasilkan dari PLTS tersebut.

##### **3.1.4 Analisa Data**

Analisa data dilakukan setelah memperoleh data di PLTS Universitas HKBP Nommensen Medan. Data yang di peroleh diubah kedalam bentuk grafik dan tabel yang di analisis menggunakan data yang ada.

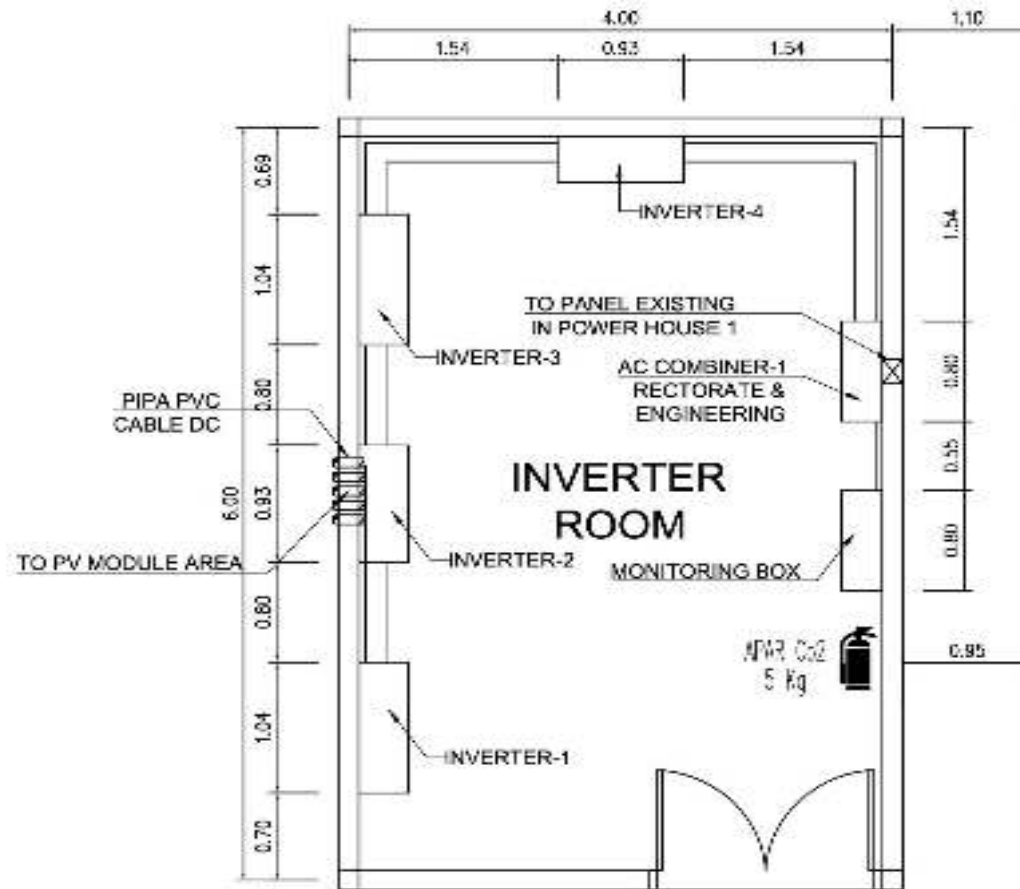
### **3.1.5 Hasil Penelitian**

Hasil monitoring adalah data – data yang diperoleh dari data survey melalui peralatan tertentu.

### **3.2 Powerhouse 1**

Powerhouse merupakan tempat semua peralatan pembangkit tenaga listrik dan sebagai tempat proses pembangkitan listrik. Pada powerhouse arus DC yang dihasilkan modul surya di ubah menjadi arus AC kemudian tegangan dari arus yang dihasilkan disesuaikan dengan tegangan input dari PLN selanjutnya dialirkan ke beban. Powerhouse 1 memiliki ukuran bangunan 4 x 6 m yang didalamnya terdapat 4 unit inverter, AC Combiner dan Monitoring. Inverter 1, 2, dan 3 dipasang berdampingan dengan jarak 0.80 m sedangkan inverter 4 dipasang di sisi lainnya. Terdapat AC combiner yang berdampingan dengan unit computer monitoring dengan jarak 0.55 m. Untuk menjaga keamanan ruangan ini dilengkapi dengan satu unit kamera CCTV dan satu unit APAR (Alat Pemadam Api Ringan) sebagai alat pemadam bila terjadi kebakaran akibat konslet. Di powerhouse 1 berfungsi untuk mengelola arus DC yang dihasilkan dari panel surya Gedung I dan Gedung L yaitu sebesar 443,88 kWp. Dari PH 1 juga bisa memonitoring kondisi panel surya melalui unit computer yang terhubung dengan CCTV pada atap Gedung I dan Gedung L.

Pada powerhouse 1 terdapat empat inverter yaitu inverter 1 yang berkapasitas 60 kw, inverter 2 yang berkapasitas 100 kw, inverter 3 yang berkapasitas 100 kw, dan inverter 4 juga berkapasitas 100 kw. Dalam powerhouse 1 juga terdapat Ac Combiner panel yang bertugas menyelaraskan dengan tegangan trafo PLN.



**Gambar 3.1.** Powerhouse 1

### 3.3 Komponen yang digunakan

Untuk dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik diperlukan suatu alat atau beberapa alat yang disebut komponen. Komponen-komponen ini sangat berbeda dengan yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik pada pembangkit tenaga listrik pada umumnya. Komponen listrik tenaga surya ini membentuk satu kesatuan yang terorganisasi sedemikian rupa sehingga dapat bekerja secara maksimal. Satu saja komponen tersebut rusak atau tidak dapat digunakan, maka proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik dapat terganggu. Berikut ini adalah komponen-komponen utama dari panel surya:

Power inverter, atau inverter, adalah perangkat elektronik atau sirkuit yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC): Inverter daya dapat seluruhnya elektronik atau mungkin merupakan kombinasi dari efek mekanis (seperti peralatan putar) dan sirkuit elektronik: Inverter statis tidak menggunakan bagian yang

bergerak dalam proses konversi.

### 3.3.1 Panel Sel Surya

Komponen utama sistem surya PV adalah panel surya yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya PV. Energi matahari itu dapat berubah menjadi arus listrik searah yaitu dengan menggunakan silikon yang tipis. Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor dengan muatan yang berbeda. Lapisan atas sel surya itu bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Sel-sel Si itu dipasang dengan posisi sejajar dan seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan listrik.

Bila sel-sel itu terkena sinar matahari (energi foton) maka beberapa foton diserap oleh atom Si yang merupakan semikonduktor dapat membebaskan elektron dari katan atomnya sehingga akan menjadi elektron yang bergerak bebas. Pergerakan elektron itulah yang menjadikan adanya arus listrik searah (DC) dan pada sambungan akan mengalir arus listrik. Besarnya arus atau tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya matahari yang mencapai silikon dan luas permukaan sel tersebut.



**Gambar 3.2** Panel Surya



Sebuah panel surya umumnya terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel yang terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran panel surya yang ingin dibuat. Gabungan dari panel- panel surya akan membentuk suatu array sel surya. Panel surya atau modul surya adalah unit rangkaian lengkap yang dilapisi bahan kedap air dan tahan terhadap perubahan cuaca. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan tegangan dari arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Kemudian bila beban seperti lampu dipasang diantara terminal negatif dan terminal positif dari sel surya maka elektron- elektron akan mengalir sebagai arus listrik searah yang dapat menhidupkan lampu tersebut. Semakin besar radiasi matahari yang mengenai sel surya, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh sel surya tersebut. Oleh karenanya sel surya tidak akan pernah habis atau rusak dalam membangkitkan listrik. Biasanya kerusakan terjadi disebabkan karena sel surya tersebut pecah atau karena faktor lain.

### **3.3.2 Inverter DC TO AC**

Power inverter, atau inverter, adalah perangkat elektronik atau sirkuit yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC): Inverter daya dapat seluruhnya elektronik atau mungkin merupakan kombinasi dari efek mekanis (seperti peralatan putar) dan sirkuit elektronik: Inverter statis tidak menggunakan bagian yang bergerak dalam proses konversi:

VSI tipe jembatan 3 fasa dengan tegangan kutub gelombang persegi telah dipertimbangkan: Keluaran dari inverter ini akan diumpankan ke beban seimbang 3 fasa. Gambar di bawah menunjukkan rangkaian daya dari inverter tiga fasa:

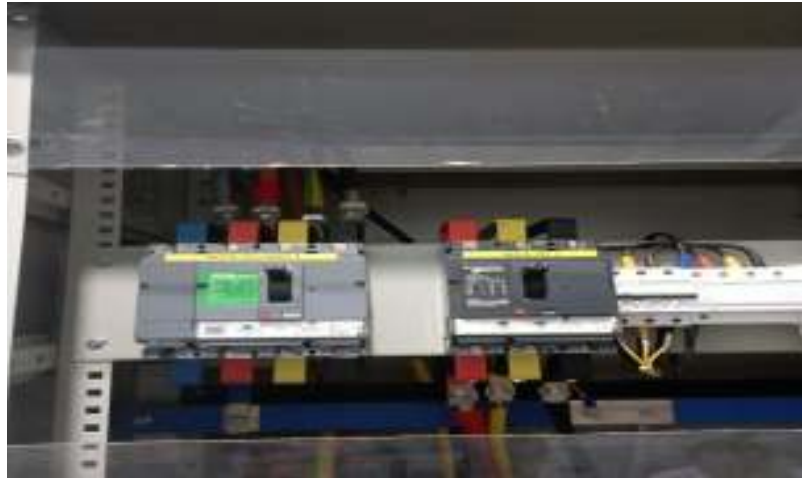


**Gambar 3.3** Inverter Tiga Phasa

Sirkuit ini dapat diidentifikasi sebagai tiga sirkuit inverter setengah jembatan fase tunggal diletakkan di bus dc yang sama. Tegangan kutub individu dari rangkaian jembatan 3 fase identik dengan tegangan kutub persegi yang dihasilkan oleh sirkuit setengah jembatan satu fase atau jembatan penuh. Tegangan tiga kutub dari inverter gelombang persegi 3-fase digeser dalam waktu sebesar sepertiga dari periode waktu keluaran.

### **3.3.3 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)**

MCCB adalah singkatan dari Moulded Case Circuit Breaker, sebagai pengaman terjadinya hubung singkat short circuit dan beban lebih overload agar tidak terjadinya kerusakan pada motor listrik maupun kebakaran yang disebabkan oleh short circuit yang selalu menimbulkan bunga api.



**Gambar 3.4** MCCB Panel

MCCB biasanya digunakan oleh industri karena MCCB hanya untuk pengaman listrik 3phasa. Pada PLTS Nommensen MCCB juga memiliki peran penting dalam menjaga komponen kelistrikan lainnya seperti motor listrik agar umurnya lebih bertahan lama dan mencegah terjadinya kebakaran akibat korsleting listrik yang bekerja pada PLTS.

#### **3.3.4 Power Meter PM 2100**

Alat Pengukuran Digital seri PM2100 adalah pengukur digital yang menawarkan 3-fase yang komprehensif dan instrumentasi listrik dengan fasilitas manajemen beban secara kompak dan kokoh. Pengukur menawarkan nilai untuk kebutuhan pemantauan energi Anda dan aplikasi manajemen biaya. Semua meter dalam rentang seri PM2100 mematuhi dengan standar akurasi Kelas 1, atau Kelas 0.5S dan fitur kualitas tinggi, keandalan dan keterjangkauan dalam format yang ringkas dan mudah dipasang.



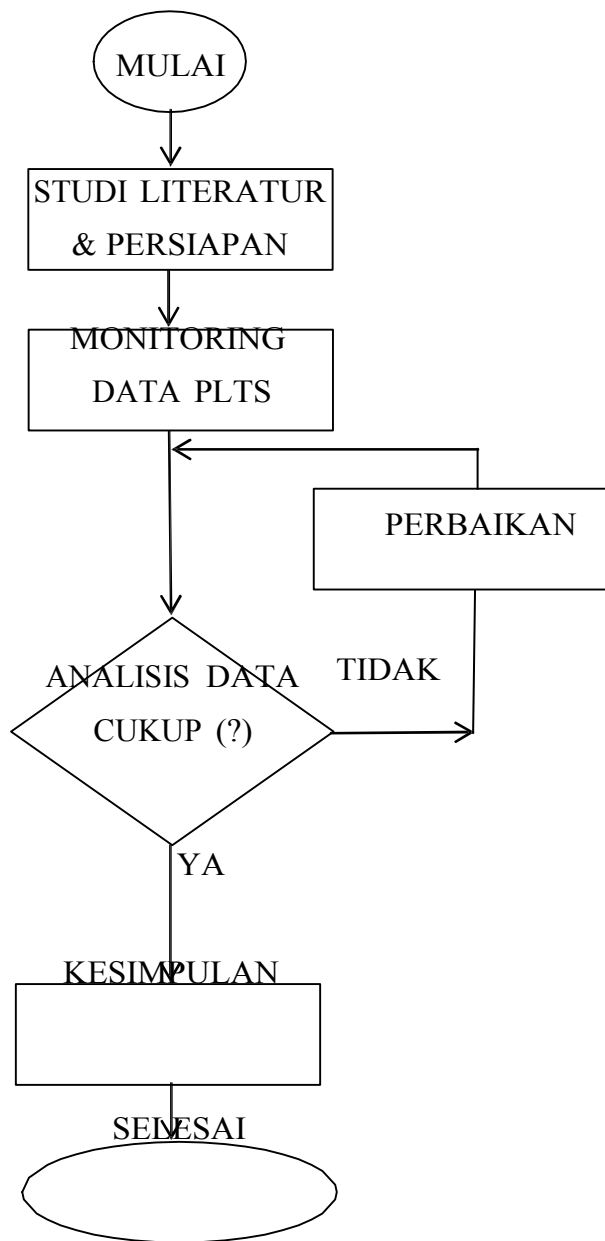
**Gambar 3.5** Power Meter

Dan meteran menyediakan bi-directional, 4-quadrant, Class 1 / Class 0.5S akurat pengukuran energi Meteran menyimpan semua akumulasi energi aktif, reaktif, dan semu parameter dalam memori nonvolatile:

- kWh, kVARh, kVAh (terkirim)
- kWh, kVARh, kVAh (diterima)
- kWh, kVARh, kVAh (dikirim + diterima)
- kWh, kVARh, kVAh (dikirim - diterima)

### 3.4 Diagram Flow Chart Penelitian

Diagram alir dibuat untuk memahami proses penelitian yang dilakukan oleh penulis, pengambilan data hingga sampai pada kesimpulan akhir.



**Gambar 3.6** Diagram alur penelitian