

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Kebutuhan akan energi yang berasal dari sumber daya alam saat ini semakin meningkat di Indonesia, akibatnya sumber daya alam semakin lama makin berkurang. Beberapa teknologi riset energi dikembangkan untuk mencari sumber energi alternatif dalam mengatasi kebutuhan energi dimasa depan. Sumber energi alternatif dimaksud adalah sumber energi yang dapat diperbaharui atau disebut dengan energi baru terbarukan, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yaitu teknologi modul surya yang memanfaatkan energi matahari untuk diubah menjadi energi listrik.

Sistem ini sangat sesuai digunakan untuk sistem kelistrikan di atap Gedung tinggi seperti perkantoran dan industri lainnya termasuk kampus Universitas HKBP Nommensen Medan . Dalam penggunaan PLTS biasanya ditempatkan diatap gedung sehingga dapat memperoleh radiasi matahari secara langsung tanpa ada halangan.

PT Wijaya Karya Industri Energi dan PT Surya Utama Nuansa (SUN) bekerjasama melakukan Pemasangan PLTS yang dilakukan di UHN , Pembangunan PLTS On-Grid di UHN dilaksanakan sejak awal bulan November 2021 hingga 17 Januari 2022 dan telah dilakukan commissioning selama 3 hari pada bulan Januari 2022. kapasitas daya maksimum PLTS On- Grid yang dapat dibangun hanya 618.9 KWp.

Manfaat dari pembangunan PLTS On-Grid memberikan kesempatan yang lebih besar kepada mahasiswa untuk melakukan riset dan penelitian untuk memperoleh data dan pengetahuan secara langsung di lapangan. Oleh karena itu, penulis berkesempatan untuk menjadi mahasiswa yang dapat melakukan penelitian dan riset di PLTS Universitas HKBP Nommensen Medan dengan mengangkat kajian tentang *“Studi Analisis Panel Surya di Rooftop Gedung I dan Gedung L di Universitas HKBP Nommensen Medan”* sebagai judul Tugas Akhir untuk memenuhi syarat kelulusan sarjana Program Studi Teknik.

#### **Rumusan Masalah**

Yang menjadi permasalahan yang akan diselesaikan pada tugas akhir ini adalah bagaimana analisis perancangan dan pemasangan modul surya PLTS di rooftop gedung L dan juga di rooftop gedung I, yaitu jumlah modul panel surya yang mungkin akan dipasangkan di rooftop menyangkut luas area yang dapat digunakan, luas panel surya, kapasitas panel surya dan energi listrik yang di bangkitkan oleh PLTS.

#### **Tujuan dan Manfaat Penulisan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui perancangan kapasitas PLTS ditinjau dari jumlah modul surya yang akan dipasang di rooftop dan pemasangan modul surya itu mampu memberikan daya penyerapan yang baik.

Adapun manfaat dari penulisan ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dan literature bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Universitas HKBP Nommensen.

### **Batasan Masalah**

Pada penelitian ini permasalahan yang dibahas dibatasi dalam hal berikut:

1. Komponen-komponen yang digunakan untuk pemasangan panel surya.
2. Dimensi panel surya.
3. Sudut kemiringan pemasangan panel surya.
4. Energi listrik yang dihasilkan panel surya.
5. Luas Rooftop Gedung I dan Gedung L serta luas gedung yang terpakai untuk pemasangan panel surya.
6. Tidak membahas sistem Grounding PLTS On-Grid di UHN Medan.

### **Kontribusi Tugas Akhir**

Hasil dari penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada:

1. Mahasiswa Teknik Elektro dan
2. Peneliti dibidang PLTS

### **Metodologi Memecahkan Masalah**

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah- langkah sebagai berikut:

#### **1. Studi Literature**

Studi pustaka ini dilakukan untuk menambah pengetahuan penulis untuk mencari referensi bahan dan teori-teori berupa buku, data dari internet. Output yang dihasilkan dari studi literature ialah terkoleksinya referensi yang relefan dengan rumusan masalah.

#### **2. Observasi Lapangan**

Melakukan observasi lapangan, dengan pengamatan secara langsung kelapangan analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran , perhitungan, rumus dan kepastian data numerik.

### **3. Analisa dan Pengujian**

Pengujian dan analisa dilakukan untuk memperoleh data dari beberapa bagian perangkat keras maupun perangkat lunak, sehingga bisa diketahui apakah sudah dapat bekerja dengan stabil sesuai yang diinginkan. Kemudian pengujian sistem juga dilakukan untuk mengetahui kinerja komponen yang digunakan untuk mengetahui mutu sesuatu (ketulenan, kecakapan ketahan, dan sebagainya).

#### **Sistematika Penulisan**

Penulisan Tugas Akhir ini akan dibagi dalam beberapa bagian, yaitu :

**BAB I** membahas mengenai latar belakang, tujuan, manfaat perancangan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II** membahas mengenai tinjauan pustaka yang berisi potensi tenaga surya, sel surya, prinsip kerja sel surya, jenis-jenis sel surya, *solar home system*, instalasi SHS, dan mengenai baja.

**BAB III** membahas mengenai metode perancangan yang berisi skema perancangan, bahan yang digunakan, alat-alat yang digunakan.

**BAB IV** membahas mengenai hasil perancangan dan pembahasan yang berisi analisa data.

**BAB V** membahas mengenai kesimpulan dan saran yang diambil dari analisa dari data yang ada.

**DAFTAR PUSTAKA** berisi daftar literature yang digunakan untuk memenuhi kelengkapan penelitian.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **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 tumbuh-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  $0.6 \text{ V} \times 20 \text{ mA} = 12 \text{ mW}$ .

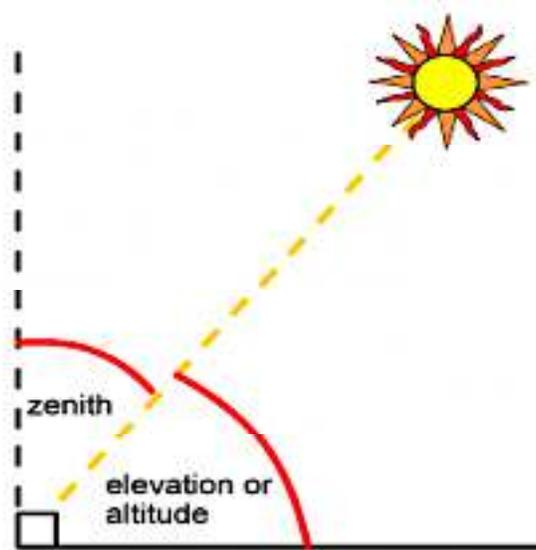
Jika matahari memancarkan energinya ke permukaan bumi sebesar  $100 \text{ W/m}^2$  atau  $100 \text{ mW/cm}^2$ , maka bisa dibayangkan energi yang dihasilkan sel surya yang rata-rata mempunyai luas  $1 \text{ cm}^2$  dibandingkan dengan bahan bakar fosil (BBM) proses fotosintesisnya memakan waktu jutaan tahun.

### 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.

### 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  $90 \text{ derajat} - \text{sudut elevasi}$ .



Gambar 2.1. Sudut Elevasi dan Sudut Zenith

### 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.

## 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:

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

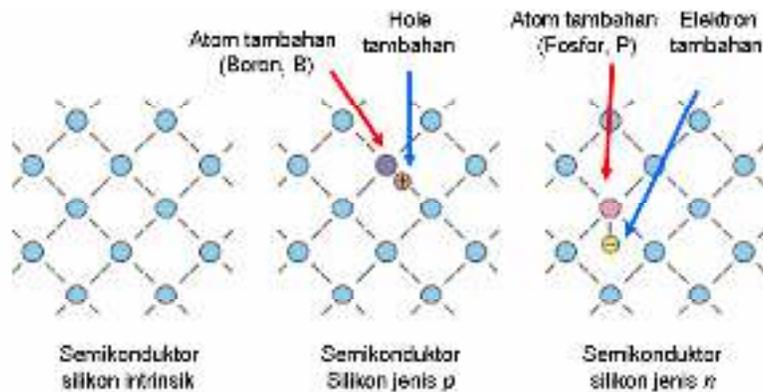
Dengan  $h$  adalah konstanta Plancks ( $6.62 \times 10^{-34}$  J.s) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya dalam vakum ( $3 \times 10^8$  m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu.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

## 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.



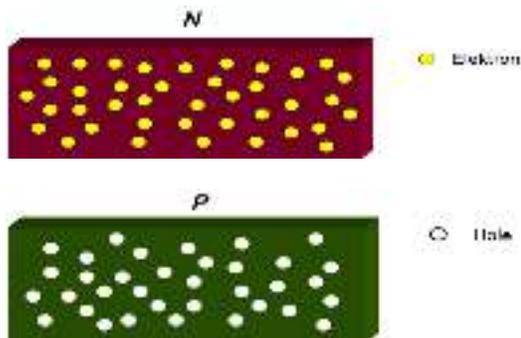
Gambar 2.2. Semikonduktor

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 (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.

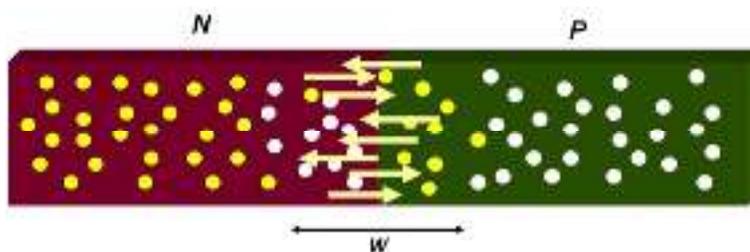
Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (*metallurgical junction*) digambarkan berikut.

1) Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



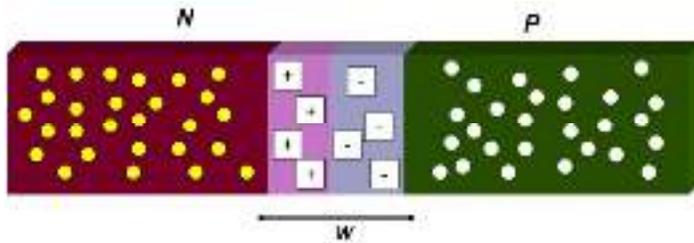
Gambar 2.3. Semikonduktor Jenis p dan n

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.



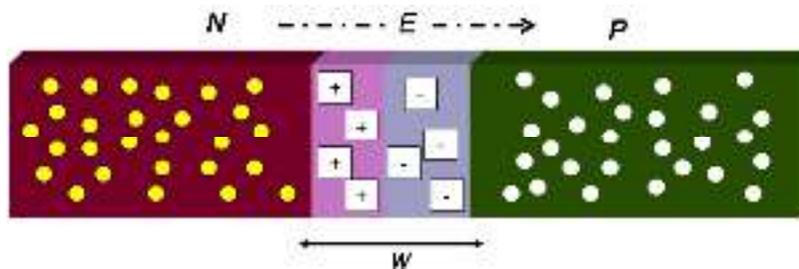
Gambar 2.4. Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

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



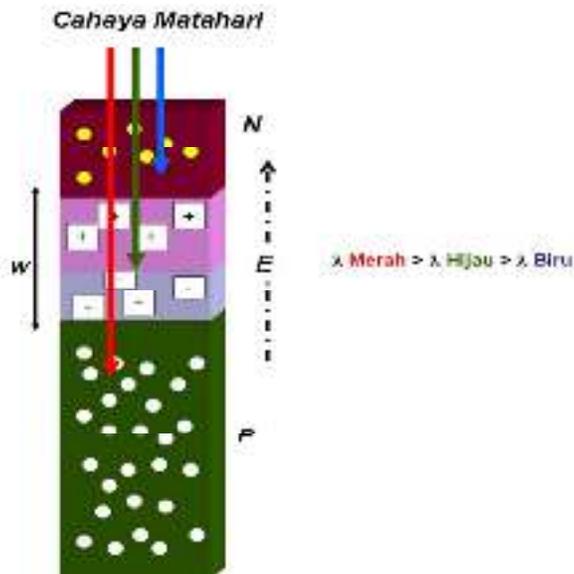
Gambar 2.5. Terbentuk Daerah Depleksi

- 5) Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah depleksi disebut dengan pembawa muatan minoritas karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
- 6) Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah depleksi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal ( $E$ ) dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah depleksi (nomor 1 di atas).



Gambar 2.6. Timbulnya Medan Listrik Internal ( $E$ )

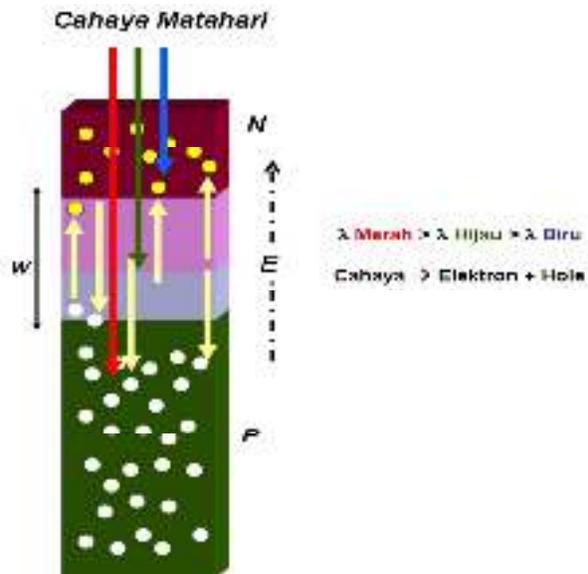
- 7) Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan p-n berada pada titik setimbang, yakni saat jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik ( $E$ ). Begitupun dengan jumlah elektron yang berpindah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

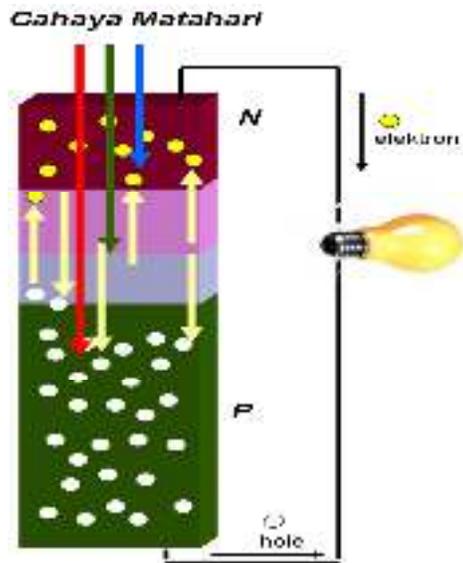
Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan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



Gambar 2.8. Fotogenerasi *Electron-Hole*

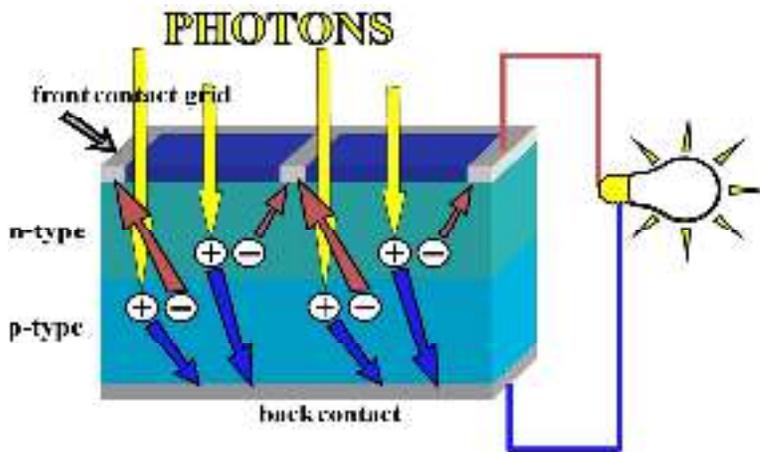
Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lambda”) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan p-n berada pada bagian sambungan p-n yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang 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, ilustrasi di bawah ini menjelaskan proses konversi cahaya matahari menjadi energi listrik.



Gambar 2.10. Proses Konversi Cahaya Matahari Menjadi Energi Listrik

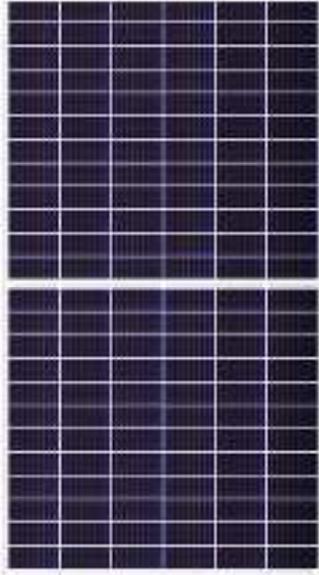
### Komponen-komponen Sistem PLTS

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 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. 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, sehingga bila sel surya dilindungi dengan baik, maka usianya bisa mencapai 20 tahun.



Gambar 2.11. Panel Surya *Mono-crystalline*

## 2. Inverter

Inverter adalah komponen elektronika pendukung panel PV untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (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 menggerakkan alat listrik dengan menggunakan motor. Dalam perkembangannya dipasaran juga beredar modified sine wave inverter yang merupakan kombinasi antara 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 aruslistrik yang menyatakan bahwa dalam selang waktu tertentu sejumlah daya dapat disuplai oleh inverter sebelum gangguan diputuskan demi melindungi inverter tersebut.

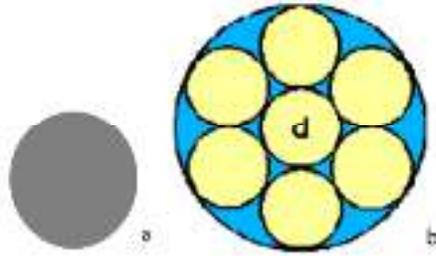


Gambar 2.12. Inverter

### 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.



Gambar 2.13. a) Kabel Solid dan (b) Kabel Stranded dengan 7 Strand

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

*Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB) adalah suatu alat yang digunakan untuk membatasi arus sekaligus pengaman 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 akan digunakan 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 desain system arus.

## **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, tapi dapat menghasilkan listrik saat mendung.

### **3. Thin Film Photovoltaic**

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 semitransparan dan dikembangkan untuk sistem bangunan terpadu.

### **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 melemah 2 kali lipat untuk kenaikan temperatur panel surya.

#### **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> .

**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 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.

### **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 free. 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 memutuskan 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**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **Pendahuluan**

Penelitian **Study Analisis Perancangan Pemasangan Panel Surya Pada Roof-top Gedung I dan Roof-top gedung L di UHN Medan** ini dilakukan berkesinambungan dengan penelitian tugas akhir dengan judul

**Studi Strategi Penyusunan Modul Solar Cell untuk Penyusunan Inverter Huawei pada PLTS di UHN Medan** yang mana dalam pemanfaatan hasil penelitiannya saling berkaitan.

### **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.

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan waktu dan tempat sebagai berikut :

- Waktu : Selasa, 1 Maret 2022 – Kamis, 31 Maret 2022
- Tempat : Kampus Universitas HKBP Nommensen Medan, yang berlokasi di Jl, Sutomo no. 4A Medan.

### **Studi Literatur**

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

### **Observasi Lapangan**

Tahap berikutnya dilakukan observasi lapangan yang menghasilkan data langsung di lapangan. Data yang diambil berupa jumlah modul solar cell dan kapasitasnya, penyusunan modul solar cell ke inverter serta pendistribusian energi listrik yang dihasilkan dari inverter.

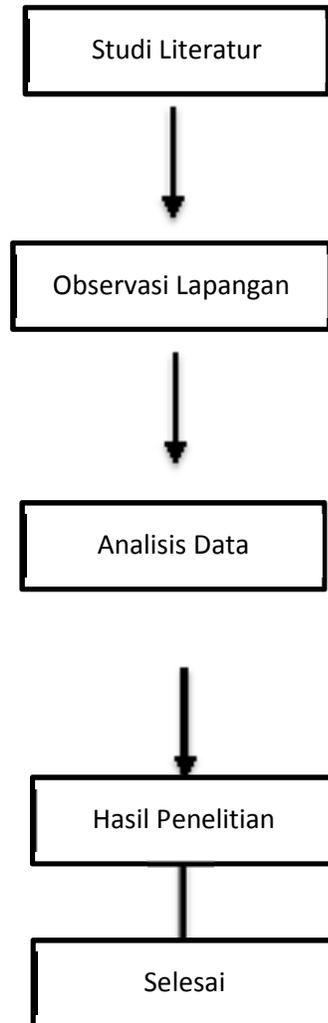
### **Analisa Data**

Analisa data dilakukan setelah pengambilan data di Universitas HKBP Nommensen Medan, data-data yang diperoleh diubah ke dalam bentuk matematis dan dianalisis menggunakan persamaan yang setelah ada, dalam menganalisis data yang diperoleh, tidak menggunakan metode apapun, karena perhitungan yang digunakan adalah perhitungan biasa.

## Hasil Penelitian

Hasil adalah penyelesaian dari permasalahan yang ada dalam penelitian ini hasil penelitian ini berupa kesimpulan yang menunjukan perancangan pemasangan panel surya di roof-top gedung I dan roof-top gedung L di UHN Medan.

## Flowchart Tahapan Penelitian



## Rooftop

Rooftop yang dimaksud adalah Gedung Rektorat (Gedung Prof. Dr. Amudi Pasaribu atau disebut juga Gedung I) dan Gedung Fakultas Teknik (Gedung Mayjen TNI A.E Manihuruk atau disebut juga gedung L) memiliki 5 lantai, lantai 5 berfungsi sebagai atap namun setelah dibuat panel surya (fotovoltaik) yang diselenggarakan oleh pt wika dan SUN yang bekerjasama dengan Universitas HKBP Nommensen dengan kemajuan teknologi maka lantai 5 digunakan menjadi lokasi panel surya.



Gambar 3.1. Rooftop Gedung Rektorat (Gedung I)



Gambar 3.2. Rooftop Gedung Fakultas Teknik (Gedung L)

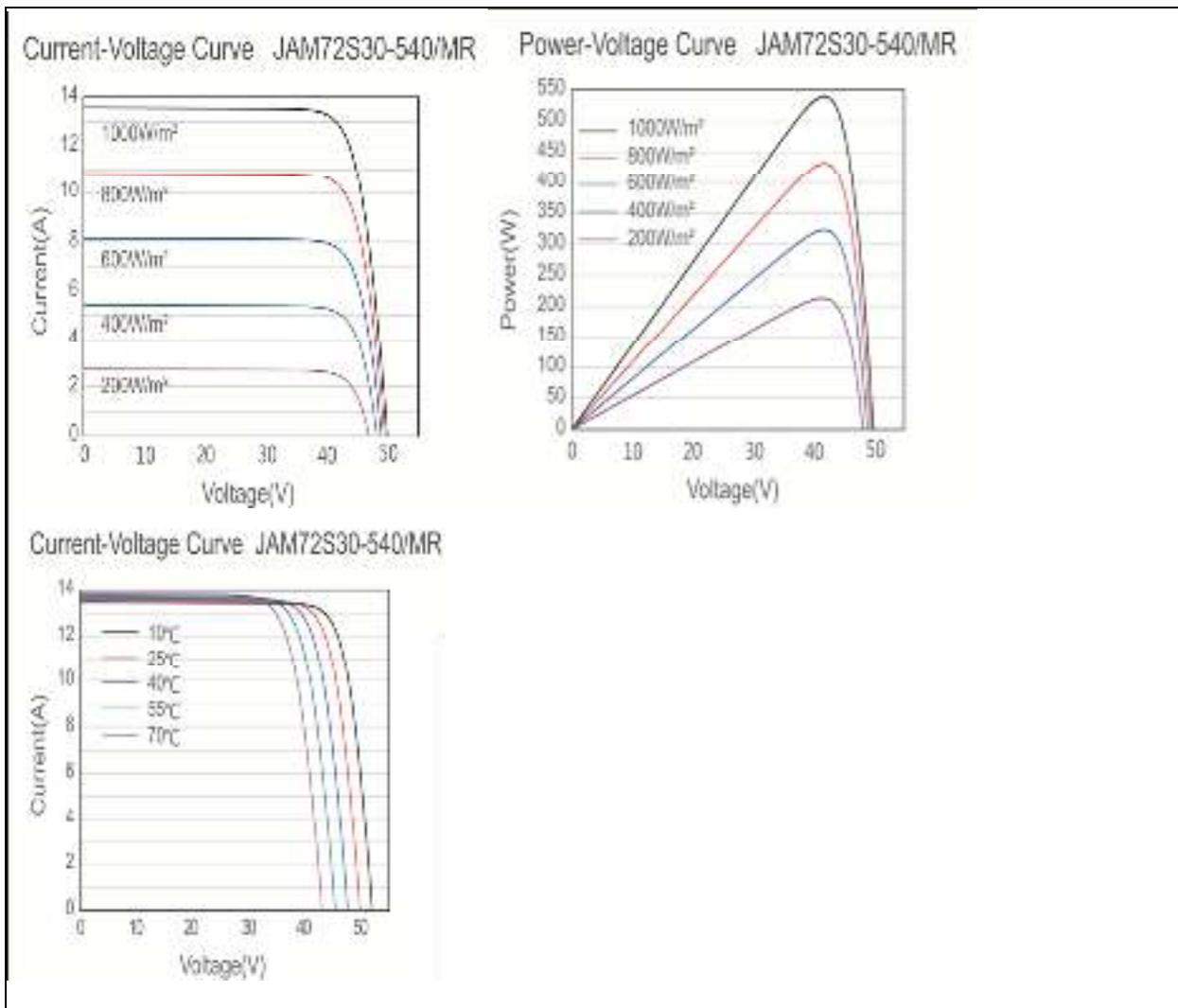
### **Pemasangan Panel Surya (Photovoltaic)**

Panel surya merek JASOLAR jenis *Mono-crystalline* yang berkapasitas 540 Wp type JAM72S30-540/MR dibuat oleh Tiongkok, seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.1. Spesifikasi Panel Surya JASOLAR *Mono-crystalline* 540 Wp yang Digunakan

---

Spesifikasi	JASOLAR JAM72S30-540/MR
Pada saat <i>Standard Test Condition (STC)</i> dengan temperatur panel stabil 25°C; irradiance sebesar 1000 W/m <sup>2</sup> dengan spektrum cahaya massa udara (Air Mass) AM 1.5 dan kecepatan angin 0 m/ s	
Nilai daya maksimum	540 W
Tegangan Short Circuit	49.60 V
Tegangan daya maksimum	41.64 V
Arus <i>Short Circuit</i>	13.86 A
Arus daya maksimum	12.97 A
Efisiensi modul	20.9%
Toleransi daya	0-5 W
Koefisien suhu dari arus short circuit	+0.045% / °C
Koefisien suhu dari tegangan short circuit	-0.275% / °C
Koefisien suhu dari daya maksimum	-0.35% / °C
Dimensi Panel Surya	2,279 m (P) × 1,134 m (L) × 35 mm (T)
Pada saat keadaan Normal Operating Cell Temperature (NOCT) dengan temperatur udara 20°C; irradiance sebesar 800 W/m <sup>2</sup> dengan spektrum cahaya massa udara (Air Mass) AM 1.5 dan kecepatan angin 1 m/s	
Nilai daya maksimum	408 W
Tegangan Short Circuit	46.43 V
Tegangan daya maksimum	38.99 V
Arus <i>Short Circuit</i>	11.13 A
Arus daya maksimum	10.51 A
Tegangan sistem maksimum	1000 V/1500 V DC
Temperatur kerja	-40°C ~ 85°C
Dimensi Panel Surya	2,279 m (P) × 1,134 m (L) × 35 mm (T)
Karakteristik Panel	



### Pemasangan Kabel

PLTS di UHN Medan menggunakan kabel merek Zhongli buatan Tiongkok. Kabel yang digunakan adalah kabel PV ukuran 2×6 mm<sup>2</sup>; kabel DC NYA Y/G ukuran 10 mm<sup>2</sup>, ukuran 50 mm<sup>2</sup> dan ukuran 150 mm<sup>2</sup>; kabel AC NYY ukuran, 4×35 mm<sup>2</sup> dan ukuran 4×95 mm<sup>2</sup> serta kabel AC NYFGbY ukuran 4×95 mm<sup>2</sup> dan ukuran 4×185 mm<sup>2</sup>. Berikut adalah tabel spesifikasi kabel-kabel yang digunakan:

Tabel 3.2. Spesifikasi Kabel PV Merek Zhongli

Spesifikasi	Kabel PV Zhongli (2×6 mm <sup>2</sup> )
Nilai tegangan (U <sub>o</sub> /U)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AC: 1000/1000 V</li> <li>• DC: 1500/1500 V</li> </ul>

Tegangan maksimum (U <sub>max</sub> )	1800 V
Tegangan saat pengujian	6.5 KV AC
Temperatur	- 40°C sampai 90°C
Radius tekuk minimum	5× diameter total
Temperatur maksimum konduktor	120°C (untuk 20000 jam)
Resistansi DC maksimum konduktor pada 20°C	3.39 Ω/km
Resistansi DC maksimum konduktor pada 90°C	4.332 Ω/km
Kapasitas mengalirkan arus	57 A

Tabel 3.3. Spesifikasi Kabel DC NYA Y/G Merek Zhongli

Spesifikasi	Zhongli DC NYA Y/G (10 mm <sup>2</sup> )	Zhongli DC NYA Y/G (50 mm <sup>2</sup> )	Zhongli DC NYA Y/G (150 mm <sup>2</sup> )
Resistansi DC maksimum konduktor pada 20°C	1.83 Ω/km	0.387 Ω/km	0.124 Ω/km
Resistansi AC maksimum konduktor pada 70°C	2.19 Ω/km	0.464 Ω/km	0.15 Ω/km
Resistansi Isolasi minimal pada 70°C	0.007 M.Ω/km	0.005 M.Ω/km	0.003 M.Ω/km
Induktansi	0.274 mH/km	0.248 mH/km	0.235 mH/km
Kapasitas maksimal arus pembawa pada 30°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 45 A (pada pipa)</li> <li>• 73 A (di udara)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 132 A (pada pipa)</li> <li>• 197 A (di udara)</li> </ul>	390 A (di udara)
Arus Short circuit maksimum	1.16 KA	5.81 KA	17. 44 KA

Tabel 3.4. Spesifikasi Kabel AC NYY Merek Zhongli

Spesifikasi	Zhongli AC NYY (4×35 mm <sup>2</sup> )	Zhongli AC NYY (4×95 mm <sup>2</sup> )

Resistansi DC maksimum konduktor pada 20°C	0.524 Ω/km	0.193 Ω/km
Resistansi AC maksimum konduktor pada 70°C	0.627 Ω/km	0.232 Ω/km
Resistansi Isolasi minimal pada 20°C	40 M.Ω/km	30 M.Ω/km
Induktansi	0.246 mH/km	0.238 mH/km
Kapasitas maksimal arus pembawa pada 30° C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 138 A (di tanah)</li> <li>• 130 A (di udara)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 A (di tanah)</li> <li>• 245 A (di udara)</li> </ul>
Arus Short circuit maksimum pada 1 detik	4.07 KA	11.05 KA

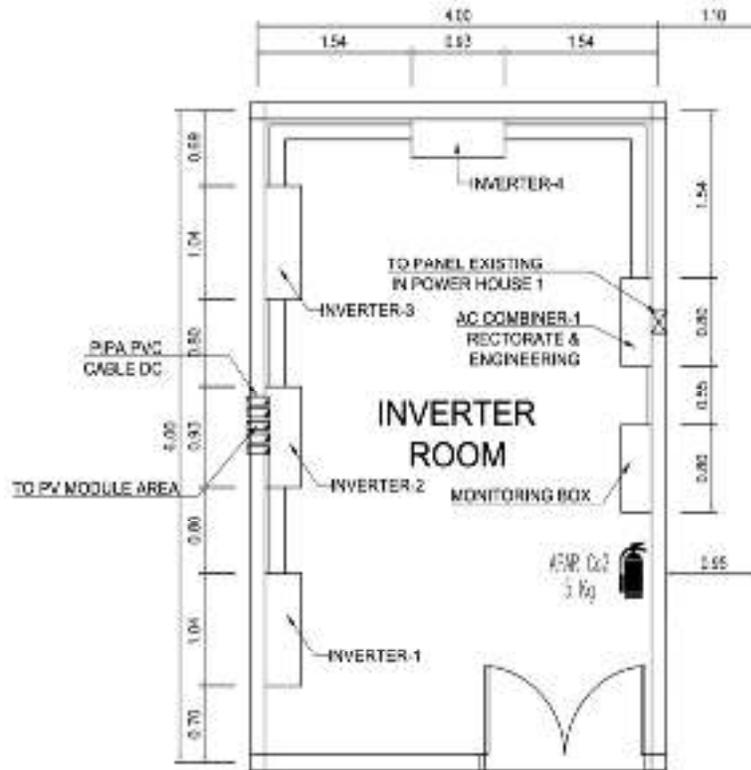
Tabel 3.5. Spesifikasi Kabel AC NYFGbY Merek Zhongli

Spesifikasi	Zhongli AC NYFGbY (4×95 mm <sup>2</sup> )	Zhongli AC NYFGbY (4×185 mm <sup>2</sup> )
Resistansi DC maksimum konduktor pada 20°C	0.193 Ω/km	0.099 Ω/km
Resistansi AC maksimum konduktor pada 70°C	0.232 Ω/km	0.121 Ω/km
Resistansi Isolasi minimal pada 20°C	30 M.Ω/km	20 M.Ω/km
Induktansi	0.238 mH/km	0.233 mH/km
Kapasitas maksimal arus pembawa pada 30°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 A (di tanah)</li> <li>• 245 A (di udara)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 355 A (di tanah)</li> <li>• 370 A (di udara)</li> </ul>
Arus short circuit maks. pada 1 detik	11.05 KA	21.51 KA

### Power House

*Power House* 1 (PH1) memiliki ukuran bangunan 4 × 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. PH 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.



Gambar 3.3. Power House 1 PLTS On-Grid di UHN Medan

### Pemasangan Inverter

Pada PLTS On-Grid Universitas HKBP Nommensen Medan menggunakan Inverter merek Huawei yang dibuat di Tiongkok. Inverter 1 merupakan tipe SUN2000-60KTL-M0 sedangkan inverter 2, 3 dan 4 merupakan tipe SUN2000-100KTL-M1. Berikut ini tabel spesifikasi Inverter yang digunakan:

Tabel 3.6. Spesifikasi Inverter Huawei yang Digunakan

Spesifikasi	SUN2000-60KTL-M0	SUN2000-100KTL-M1
Efisiensi Maksimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 98.9% (480 V)</li> <li>• 98.7% (380 V/ 400 V)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 98.8% (480V)</li> <li>• 98.6% (380 V/ 400 V)</li> </ul>

INPUT		
Tegangan input maksimum	1100 V	1100 V
Arus maksimum per MPPT	22 A	26 A
Arus <i>short circuit</i> maksimum per MPPT	30 A	40 A
Tegangan awal	200 V	200 V
Tegangan kerja MPPT	200 V ~ 1,000 V	200 V ~ 1000 V
Tegangan Input Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 600V (380Vac/400 Vac)</li> <li>• 720 V(480 Vac)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 720V (480Vac)</li> <li>• 600V (400Vac)</li> <li>• 570V (380Vac)</li> </ul>
Jumlah input MPPT	6	10
Input maksimal per MPPT	2	2
OUTPUT		
Daya aktif AC nominal	60,000 W	100,000 W
Daya semu AC maksimum	66,000 VA	110,000 VA
Daya aktif AC maksimum ( $\cos\phi=1$ )	66,000 W	110,000 W
Tegangan Output Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 220 V/380 V, 230 V/400 V, 3W+N+PE; 3W+PE</li> <li>• 277 V/480 V, 3W+PE</li> </ul>	480V/400V/380V, 3W+(N)+PE
Frekuensi	50 Hz/60 Hz	50 Hz/60 Hz
Arus output nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 72.2 A (480 V)</li> <li>• 86.7 A (400 V)</li> <li>• 91.2 A (380 V)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 120.3 A (480V)</li> <li>• 144.4 A (400V)</li> <li>• 152 A (380 V)</li> </ul>
Arus output maksimum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 A (380 V)</li> <li>• 95.3 A (400 V)</li> <li>• 79.4 A (480 V)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 133.7 A (480V)</li> <li>• 160.4 A (400V)</li> <li>• 168.8 A (380V)</li> </ul>

Faktor Daya	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0.8 Lagging</li><li>• 0.8 Leading</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0.8 Lagging</li><li>• 0.8 Leading</li></ul>
Distorsi Harmonik Total Maksimum	< 3%	< 3%
Temperatur kerja	-25°C ~ 60°C	-25°C ~ 60°C