

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1. Studi Literatur**

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Vilas V 2018 berjudul “*A Comparative Analysis and Performance of Polycrystalline and Monocrystalline PV module*” membandingkan kemampuan panel surya *Monocrystalline* dengan panel surya *Polycrystalline*. Penelitian tersebut melakukan pengumpulan data berupa tegangan dan arus pada masing-masing jenis panel surya. Data tersebut di variasikan pada dua kondisi temperatur dan *Irradiance* yang berbeda serta jumlah panel surya 16 buah pada masing-masing jenis. Selanjutnya dari data yang diambil dilakukan perhitungan Daya dan efisiensi kemudian dilakukan analisa dari perbandingan tersebut. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa panel surya *Monocrystalline* memiliki kemampuan yang lebih baik dari pada panel surya *polycrystalline*. Dan juga jumlah sinar matahari yang diterima berbanding lurus dengan arus keluaran dari panel surya. (Vilas V, 2018)

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Abu Syed dkk 2019 dengan judul “*Outdoor Performance study of Poly and Mono Crystalline Photovoltaic Modules under varying environmental condition*” memaparkan pengaruh kondisi lingkungan terhadap kinerja panel surya *Monocrystalline* dan panel surya *Polycrystalline*. Studi ini menyelidiki kinerja luar ruangan dari dua modul fotovoltaik. Kinerja diukur berdasarkan arus hubung singkat. Parameter luar ruangan utama yang di ukur adalah ; suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Suhu modul serta kelembaban dan kecepatan angin. Arus hubung singkat juga

menunjukkan nilai persentase yang rendah untuk modul panel surya *Polycrystalline*. Suhu permukaan menunjukkan bahwa untuk suhu yang lebih tinggi diperoleh nilai arus hubung singkat tertinggi. Kelembaban menunjukkan hubungan terbalik dengan suhu. Parameter yang sangat mempengaruhi adalah *temperatur*. Dalam studi ini, modul panel surya *Polycrystalline* menunjukkan nilai persentase arus hubung singkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya *Monocrystalline*. Hal ini menunjukkan kinerja modul *Polycrystalline* cukup baik dibandingkan dengan modul panel surya *Monocrystalline* selama penelitian berlangsung. (Abu Syed dkk 2019).

## 2.2. Energi Surya

Karena lokasinya di sepanjang garis khatulistiwa, Indonesia mendapatkan manfaat dari sinar matahari sepanjang tahun (Nugroho, 2022). Potensi energi matahari di Indonesia mencapai 4,8 kWh/m<sup>2</sup> dan dapat dijadikan sumber energi listrik. Energi surya merupakan bentuk radiasi elektromagnetik berupa cahaya matahari yang terdiri dari partikel foton. Radiasi ini tiba di permukaan bumi sebagai energi surya dan kekuatannya di wilayah ini adalah sekitar 4-5 jam/hari (Diantari dkk, 2018).

Edmund Bacquerrel adalah orang yang pertama kali menemukan sel surya, dan dalam penemuannya, ia mengidentifikasi efek *fotovoltaik*. Sel surya terdiri dari perangkat semikonduktor dengan sebuah area P-N Junction yang luas. Ketika terkena cahaya matahari, perangkat ini mampu menghasilkan energi listrik. Proses konversi energi ini dikenal sebagai efek *fotovoltaik* (Iskandar dkk, 2018).

### 2.2.1. Prinsip Kerja Sel Surya

Prinsip kerja sel surya melibatkan dua jenis semikonduktor, yaitu semikonduktor P (bermuatan positif) dan semikonduktor N (bermuatan negatif), yang disambungkan secara berhimpitan. Ketika sambungan ini terbentuk, terjadi pergerakan elektron dari semikonduktor N ke semikonduktor P, dan sekaligus terjadi pergerakan hole dari semikonduktor P ke semikonduktor N. Pergerakan ini terbatas pada jarak tertentu dari sambungan.

Elektron dari semikonduktor N bergabung dengan *hole* pada semikonduktor P, mengurangi jumlah hole di semikonduktor P. Hal ini menyebabkan daerah ini menjadi bermuatan positif. Sementara itu, *hole* dari semikonduktor P bergabung dengan elektron di semikonduktor N, mengurangi jumlah elektron di daerah ini. Ini membuat daerah ini menjadi bermuatan negatif. Kedua daerah ini, yaitu daerah positif dan negatif, disebut sebagai daerah deplesi.

Perbedaan muatan antara daerah positif dan negatif menciptakan medan listrik internal yang berusaha menarik *hole* ke semikonduktor P dan elektron ke semikonduktor N. Inilah yang menyebabkan terbentuknya potensial listrik di sekitar P-N junction, yang pada gilirannya menciptakan potensial untuk menghasilkan aliran arus listrik ketika cahaya matahari mengenai sel surya tersebut (Rumbayan, 2020).

Efek medan listrik ini menghasilkan kondisi keseimbangan di sambungan P-N, di mana jumlah *hole* yang bergerak dari semikonduktor P ke N seimbang dengan jumlah *hole* yang ditarik kembali ke semikonduktor P. Hal yang sama berlaku untuk elektron yang bergerak dari semikonduktor N ke P, yang diimbangi oleh aliran elektron kembali ke semikonduktor N.

Pada titik sambungan atau daerah deplesi tersebut, proses konversi cahaya matahari menjadi energi listrik terjadi. Cahaya matahari, yang terdiri dari partikel foton, mengenai semikonduktor dan merangsang pergerakan elektron dan *hole*. Medan listrik yang ada memungkinkan elektron untuk bergerak ke semikonduktor N dan *hole* ke semikonduktor P. Inilah yang menghasilkan aliran arus listrik yang dapat diambil dan digunakan sebagai sumber energi listrik (Rumbayan, 2020).

Pada lapisan semikonduktor N yang berada di bagian atas, di mana cahaya matahari tiba, sengaja dibuat lebih tipis dibandingkan dengan lapisan semikonduktor P. Tujuannya adalah agar cahaya matahari dapat meresap masuk hingga ke daerah deplesi dan semikonduktor P. Saat cahaya matahari mengenai sambungan semikonduktor, elektron mendapatkan energi yang cukup untuk melepaskan diri dari semikonduktor N, daerah deplesi, dan semikonduktor P. Saat elektron lepas, di daerah tempat elektron tersebut awalnya berada terbentuk suatu ruang yang disebut "*hole*."

Fenomena ini dikenal sebagai fotogenerasi. Spektrum cahaya matahari yang berbeda menyebabkan fotogenerasi terjadi di daerah deplesi dengan cara yang berbeda pula. Cahaya matahari dengan spektrum merah, yang memiliki panjang gelombang lebih Panjang sehingga mampu menembus hingga ke daerah semikonduktor P dan menghasilkan fotogenerasi di sana. Di sisi lain, spektrum biru dengan panjang gelombang lebih pendek menyebabkan terjadinya fotogenerasi di semikonduktor N.

Karena terdapat medan listrik di daerah deplesi, elektron hasil fotogenerasi tertarik menuju semikonduktor N, dan *hole* tertarik menuju semikonduktor P. Jika

rangkaian kabel dihubungkan antara kedua semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel tersebut, menghasilkan arus listrik (Rumbayan, 2020).

### 2.2.2. Struktur Sel Surya

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi bidang semikonduktor, teknologi panel surya juga mengalami perkembangan. Struktur dan komponen sel surya juga mengalami penyempurnaan. Berikut adalah struktur panel surya komersial yang menggunakan material silikon, seperti yang dijelaskan oleh Majid (2020):

#### 1. Substrat

Komponen panel surya menggunakan material yang memiliki konduktivitas listrik yang baik, karena struktur ini juga berfungsi sebagai kontak termal positif pada panel surya. Secara umum, bahan yang sering digunakan adalah logam atau metal, seperti aluminium atau molibdenum..

#### 2. Material Semikonduktor

Material semikonduktor adalah komponen inti dari panel surya yang memiliki lapisan tipis dan berfungsi untuk menyerap energi cahaya serta sinar matahari. Komponen semikonduktor ini terdiri dari junction atau titik sambungan dari material semikonduktor tipe positif (+) dan tipe negatif (-) yang membentuk P-N *Junction*. Selain itu, substrat digunakan sebagai kontak positif, dan pada permukaan material semikonduktor, seringkali dilapisi dengan material logam transparan yang bertindak sebagai kontak negatif yang dikenal sebagai contact grid. (Widyarto Mahendra dkk, 2020).Lapisan Anti *Reflektif*

Lapisan anti *reflektif* merujuk pada suatu lapisan tipis material yang memiliki indeks refraktif optik yang berada di antara nilai indeks refraktif semikonduktor dan udara. Lapisan ini memiliki kemampuan untuk mengubah arah cahaya sehingga lebih condong ke arah semikonduktor, mengurangi jumlah cahaya yang terpantul kembali. Fungsinya adalah untuk meminimalkan refleksi cahaya yang terjadi pada permukaan, dengan tujuan untuk mengoptimalkan jumlah cahaya yang dapat diserap oleh semikonduktor itu sendiri. (Widyarto Mahendra dkk, 2020).

### 3. Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah komponen yang berfungsi untuk melindungi panel surya dari hujan dan kotoran. Struktur ini memungkinkan panel surya menjadi mudah untuk dibersihkan sehingga tidak memerlukan perawatan khusus. (Widyarto Mahendra dkk, 2020).

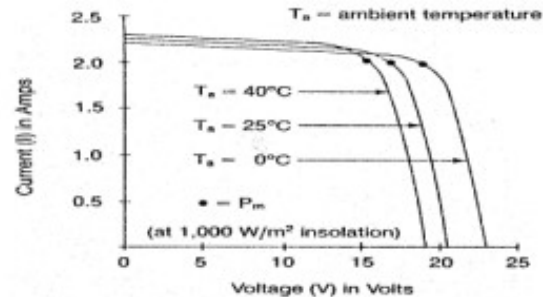
#### **2.2.3. Faktor Pengoperasian Sel Surya**

Penggunaan panel surya agar mendapatkan nilai maksimum harus memperhatikan faktor-faktor berikut:

##### 1. *Air Temperature*

Kinerja sel surya optimal tercapai saat suhu sel tetap pada tingkat normal, yaitu 25 derajat Celsius. Kenaikan suhu di atas nilai normal ini pada sel surya dapat mengakibatkan penurunan tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ). Setiap peningkatan suhu sel surya sebesar 1 derajat Celsius di atas 25 derajat Celsius akan mengurangi sekitar 0,4% dari total daya yang dihasilkan, atau secara keseluruhan, efisiensi sel

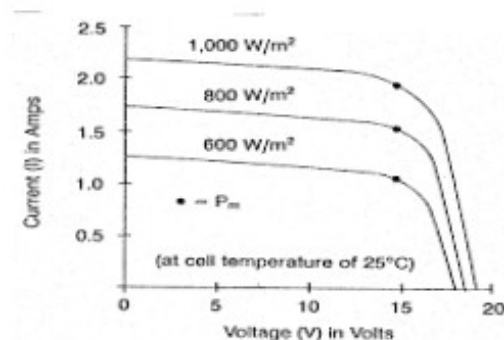
surya akan menurun 2 kali lipat untuk setiap peningkatan suhu sel sebesar 10 derajat Celsius.



**Gambar 2.1 Pengaruh Suhu Udara Pada Tegangan**

## 2. Radiasi Matahari (*Insolation*)

Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi dan berbagai lokasi memiliki variasi yang signifikan, yang sangat tergantung pada kondisi spektrum cahaya matahari di luar angkasa dan bagaimana radiasi ini sampai ke permukaan bumi. Tingkat radiasi matahari ini akan memiliki pengaruh besar pada arus (I) yang dihasilkan oleh sel surya, tetapi pengaruhnya cenderung lebih sedikit terhadap tegangan (V).



**Gambar 2.2 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Arus**

Dengan kata lain, intensitas radiasi matahari yang berubah-ubah akan mempengaruhi jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Semakin tinggi

intensitas radiasi matahari, semakin banyak elektron yang akan dihasilkan oleh efek *fotovoltaik*, dan ini akan meningkatkan arus listrik. Di sisi lain, tegangan dari sel surya cenderung lebih konsisten dan memiliki dampak yang lebih sedikit dari variasi radiasi matahari.

### 3. Kecepatan Angin Bertiup

Kecepatan angin bertiup disekitar lokasi sel surya dapat membantu proses pendinginan permukaan suhu kaca-kaca sel surya.

### 4. Keadaan Atmosfer Bumi

Keadaan atmosfer bumi yang berawan, mendung, lembab, jenis partikel debu pada udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat menentukan hasil arus listrik yang dikeluarkan dari deretan sel surya.

## 2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkitan energi yang mengubah energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik. Proses konversi ini terjadi di dalam modul Panel Surya (*Photovoltaic*, PV), yang terdiri dari sel-sel surya. Sel surya ini terdiri dari lapisan-lapisan tipis bahan semikonduktor, seperti silikon (Si) murni, kristal, dan bahan semikonduktor lainnya. Ketika bahan-bahan ini menerima energi foton dari matahari, proses eksitasi terjadi.

Elektron yang terbebaskan selama proses eksitasi akan bergerak bebas dan akhirnya akan menghasilkan tegangan listrik dalam bentuk arus searah. Melalui koneksi seri dan paralel, sel surya atau disebut juga sel *fotovoltaik* dapat dihubungkan menjadi sebuah modul Panel Surya (PV) yang biasanya terdiri dari



sekitar 40 sel surya. Modul-modul PV ini kemudian dapat diatur menjadi suatu rangkaian PV yang lebih besar, yang dikenal sebagai PV *array*.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memanfaatkan energi cahaya matahari untuk dapat menghasilkan listrik arus searah (DC), yang kemudian dapat diubah menjadi listrik arus bolak-balik (AC) jika diperlukan untuk aplikasi listrik rumah tangga atau komersial.

Berdasarkan lokasi pemasangannya, PLTS dapat dibagi menjadi dua jenis: sistem PLTS pola tersebar (*distributed PV plant*) dan sistem PLTS pola terpusat (*centralized PV plant*). Selanjutnya, berdasarkan pemanfaatan dan konfigurasi, PLTS dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama: sistem PLTS yang tidak terhubung ke jaringan listrik utama (*off-grid PV plant*), atau dikenal sebagai PLTS yang dapat berdiri sendiri (*stand alone*), dan sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik utama (*on-grid PV plant*), dikenal sebagai PLTS terhubung ke jaringan (*grid-connected PV plant*). Jika PLTS digabungkan dengan tipe pembangkit listrik lain, seperti generator bertenaga bahan bakar, maka sistem tersebut disebut sebagai sistem *hybrid*.(Setiawan,2014).

### **2.3.1. Panel Surya**

Panel surya merupakan sebuah alat yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Alat ini sangat cocok digunakan pada negara yang berada di garis katulistiwa dikarenakan negara yang berada di garis katulistiwa mendapatkan terpaan sinar matahari setiap tahunnya.

Teknologi *fotovoltaik* pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli fisika Perancis bernama Alexandre Edmond Becquerel pada tahun 1839. Ia melakukan

percobaan dengan menyinari dua elektroda menggunakan selenium, yang menghasilkan energi listrik. Melalui percobaannya ini, Becquerel menunjukkan bahwa energi cahaya memiliki potensi untuk diubah menjadi energi listrik.



**Gambar 2.3 Panel Surya**  
(Kusuma, Ardhi 2020)

Panel surya terbagi dalam 2 jenis sebagai berikut:

1. Panel Surya *Monocrystalline*



**Gambar 2.4 Panel Surya *Monocrystalline***  
(Kusuma, Ardhi 2020)

Panel surya monokristal adalah jenis panel surya yang dihasilkan menggunakan teknologi terkini dan memiliki efisiensi yang tinggi, menghasilkan daya listrik yang maksimum per unit. Panel monokristal didesain untuk digunakan

di tempat-tempat yang membutuhkan konsumsi listrik besar, terutama di lingkungan dengan iklim ekstrim dan kondisi alam yang sulit. Panel ini memiliki tingkat efisiensi yang berkisar antara 11% hingga 15%. Namun, panel surya monokristal memiliki beberapa kelemahan. Mereka tidak berkinerja baik di tempat-tempat dengan kurangnya cahaya matahari (yang teduh), dan efisiensinya dapat mengalami penurunan drastis dalam cuaca berawan.

## 2. Panel Surya *Polycrystalline*



**Gambar 2.5 Panel Surya *Polycrystalline***  
(Kurniawati, Sofia 2022)

Proses pembuatan panel surya polycrystalline cenderung lebih sederhana daripada panel surya monocrystalline, yang mengakibatkan harga panel polycrystalline lebih ekonomis di pasar. Panel surya jenis *polycrystalline* dapat menyerap energi dengan baik disaat kondisi mendung / berawan. Kekurangan panel surya jenis *polycrystalline* adalah efisiensi yang dimiliki rendah, sekitar 13% - 16%. (Fadilla, 2020).

### 2.3.2. Perhitungan Panel Surya

Berikut adalah parameter dalam menentukan nilai output pada panel surya untuk menentukan hasil efisiensi pada panel surya digunakan perhitungan sebagai berikut (Pido dkk, 2019):

#### 1. Arus Hubung Singkat

Arus hubung singkat atau disebut juga *short circuit current* ( $I_{sc}$ ) adalah keluaran maksimum yang diperoleh dari sel surya saat kondisi tidak ada resistansi ( $R$ ),  $V=0$ .

#### 2. Tegangan Hubung Terbuka

Tegangan hubung terbuka atau *open circuit voltage* adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.

#### 3. Daya maksimum

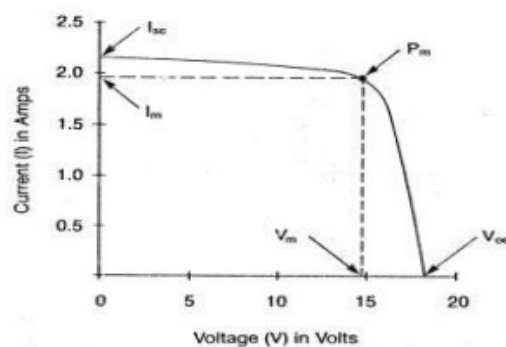
Daya maksimum ( $P_{max}$ ) pada gambar 2.6, berada pada titik A ( $V_{max}$ ,  $I_{max}$ ). Daya maksimum didapatkan dari perkalian antara arus ( $I_{mp}$ ) dikalikan dengan tegangan ( $V_{mp}$ ).

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (1)$$

Keterangan :  $P_{max}$  = Daya maksimum keluaran (W)

$V_{mp}$  = Tegangan maksimum (V)

$I_{mp}$  = Arus maksimum (A)



**Gambar 2.6 Grafik Arus Kuat dan Tegangan Panel Surya**

#### 4. Faktor Pengisi (FF)

Faktor pengisi adalah suatu ukuran yang mengindikasikan efisiensi atau kualitas dari sel surya. Cara untuk menghitung faktor pengisi adalah dengan membandingkan daya maksimum teoritis dan daya keluaran aktual pada saat tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) dan saat hubungan pendek ( $I_{sc}$ ) terjadi pada sel surya. Faktor pengisi ini adalah sebuah parameter yang menggambarkan seberapa besar perkalian antara arus singkat ( $I_{sc}$ ) dan tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ) dari daya maksimum ( $P_{max}$ ) yang dapat dihasilkan oleh sel surya.

Dengan kata lain, faktor pengisi mengukur sejauh mana sel surya dapat memaksimalkan daya outputnya dalam kondisi operasional nyata. Faktor pengisi ini memberikan gambaran tentang sejauh mana distribusi daya pada sel surya dapat mendekati nilai maksimum teoritisnya. Semakin tinggi faktor pengisi, semakin efisien sel surya tersebut dalam menghasilkan daya listrik.

Perhitungan faktor pengisi ini penting dalam evaluasi kinerja sel surya dan komponen fotovoltaik lainnya. Ini membantu para ilmuwan dan insinyur dalam mengukur sejauh mana potensi energi cahaya matahari dapat diubah menjadi listrik dengan efisiensi tertinggi pada kondisi sebenarnya.

#### 5. Daya Keluaran ( $P_{out}$ )

Daya keluaran adalah besaran hasil perkalian antara tegangan dan arus, dihitung dengan persamaan 2.

$$P_{out} = V \times I \quad (2)$$

Keterangan :  $P_{out}$  = Daya output sel surya (W)

$V$  = Tegangan keluaran (V)

$I$  = Arus keluaran (A)

## 6. Efisiensi Sel Surya

Efisiensi sel surya merupakan ukuran perbandingan antara keluaran daya listrik panel surya dibandingkan dengan Daya yang diterima panel surya. Efisiensi dari *solar cell* dapat dihitung menggunakan persamaan 3 .

$$\eta = (P_{out}/P_{in}) \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :  $\eta$  = Efisiensi panel surya (%)

$P_{in}$  = Daya intensitas matahari (W)

$P_{out}$  = Daya keluaran (W)

Sel surya memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, sangat cocok digunakan bila tidak tersedia tenaga listrik seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit, kalkulator genggam, pompa air, dll (Iskandar dkk, 2018). Sel surya (dalam bentuk *array* atau panel surya) juga dapat dipasang di atap gedung dimana mereka terhubung dengan inverter ke *grid* listrik dalam sebuah net-metering.

Dalam perancangan ini digunakan sel surya 100 WP yang sudah ada di pasaran dan sudah tersertifikasi sehingga memudahkan dalam pemilihan komponen dan *warranty*.

MS100M-39		MS100P-36	
Model:	MS100M-39	Model:	MS100P-36
Rated Maximum Power(Pm)	100W	Rated Maximum Power(Pm)	100W
Tolerance	0~+5%	Tolerance	0~+5%
Voltage at Pmax(Vmp)	21.45V	Voltage at Pmax(Vmp)	21.45V
Current at Pmax(Imp)	4.67A	Current at Pmax(Imp)	4.67A
Open-Circuit Voltage(Voc)	24.66V	Open-Circuit Voltage(Voc)	24.66V
Short-Circuit Current(Isc)	4.90A	Short-Circuit Current(Isc)	4.88A
Normal Operating Cell Temp(NOCT)	47±2°C	Normal Operating Cell Temp(NOCT)	47±2°C
Maximum System Voltage	1000V DC	Maximum System Voltage	1000V DC
Maximum Series Fuse Rating	10A	Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40to+85°C	Operating Temperature	-40to+85°C
Application Class	Class A	Application Class	Class A
Fire Safety Class	Class C	Fire Safety Class	Class C
Cell Technology	Mono	Cell Technology	Poly
Weight	6.16kg	Weight	8.26kg
Dimension(mm)	760*670*30mm	Dimension(mm)	1020*670*30mm

**Warning** Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light. One module on its own is below the safety extra low volt level, but multiple modules connected in series (summing the voltage) represent a danger.

**Warning** Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light. One module on its own is below the safety extra low volt level, but multiple modules connected in series (summing the voltage) represent a danger.

Gambar 2.7 Spesifikasi Panel Surya

#### 2.4. *Solar Charge Controller*

*Solar Charge Controller* merupakan perangkat elektronik yang digunakan sebagai pengatur arus searah yang mengalir ke baterai dari panel surya dan sebaliknya, dari baterai ke beban yang ditenagai. Fungsi utama *dari solar charge controller* adalah untuk mengendalikan proses pengisian baterai dan pengeluaran daya dari baterai ke beban dengan cara yang efisien dan aman.

*Solar charge controller* berfungsi untuk mencegah situasi kelebihan pengisian (*overcharging*) dari terjadi pada baterai. Ketika baterai telah mencapai kapasitas penuh, *controller* akan menghentikan pengisian dari panel surya untuk mencegah kerusakan pada baterai akibat tegangan yang terlalu tinggi. Selain itu, perangkat ini juga bertugas mengatasi kelebihan voltase yang mungkin dihasilkan oleh panel surya, yang bisa berdampak negatif pada baterai.



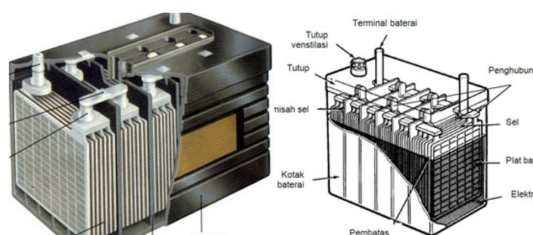
**Gambar 2.8 Solar Charge Controller**

#### 2.5. **Baterai**

Baterai merupakan suatu perangkat listrik yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan hubungan eksternal yang memungkinkan untuk menyediakan daya listrik ke berbagai perangkat seperti senter, ponsel, TV dan mobil listrik. Saat baterai menyuplai daya listrik, terminal positifnya disebut katoda, sementara terminal negatifnya disebut anoda. Terminal yang berlabel negatif

merupakan sumber elektron yang mengalir melalui rangkaian listrik eksternal menuju terminal positif.

Ketika baterai dihubungkan ke beban listrik eksternal, reaksi redoks (reduksi-oksidasi) terjadi, mengubah bahan kimia yang memiliki energi tinggi menjadi produk dengan energi lebih rendah. Perbedaan dalam energi bebas ini disalurkan ke dalam sirkuit eksternal sebagai energi listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan perangkat. Secara sejarah, istilah "baterai" merujuk pada perangkat yang terdiri dari beberapa sel, tetapi penggunaan istilah ini telah berkembang untuk juga mencakup perangkat yang hanya terdiri dari satu sel. Ini mencerminkan perkembangan dalam teknologi baterai dan penggunaan yang semakin luas.



**Gambar 2.9 Baterai**

## 2.6. *Grid Tie Inverter*

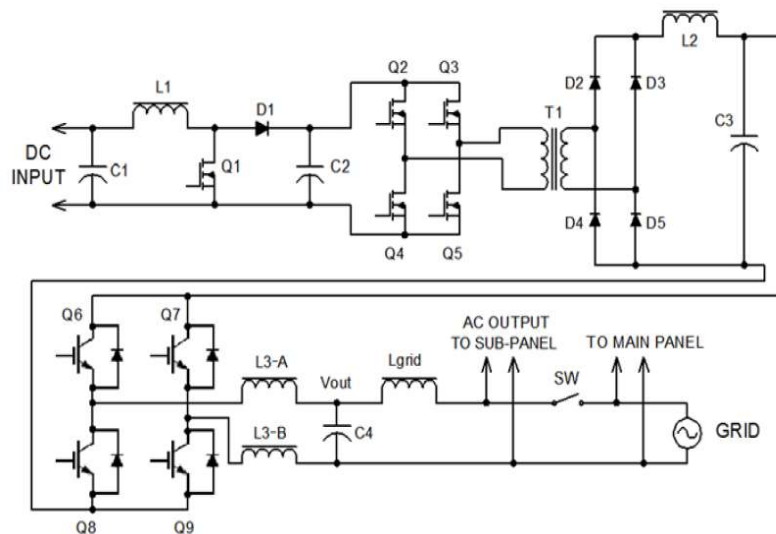
*Grid Tie Inverter* berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). *Inverter* yang digunakan pada PLTS pada umumnya memiliki 2 jenis yakni *inverter* yang bekerja secara *off grid* dan *inverter* yang bekerja secara *on grid*. Pada sistem *on grid*, *inverter* yang digunakan adalah jenis *Grid Tie Inverter*. GTI adalah *inverter* yang secara otomatis dapat mensinkronkan tegangan DC dengan tegangan jala-jala PLN (Safri Nahela, 2019).





**Gambar 2.10 Grid Tie Inverter**

GTI juga biasa disebut *synchronous inverter* atau *grid interactive inverter* dan hal itulah yang membedakan dengan *inverter* yang lain. *Inverter* yang berhubungan langsung dengan beban listrik harus mempunyai kapasitas kerja lebih besar daripada beban maksimum yang dibebani (Ruskardi, 2015).



**Gambar 2.11 Wiring Diagram Grid Tie Inverter**