

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Panel Surya

Panel surya (*photovoltaic*) adalah alat semikonduktor yang mengubah foton (cahaya) menjadi daya listrik. Konversi ini disebut efek *photovoltaic*, dengan demikian dampak *photovoltaic* adalah keunikan dimana sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. dampak *photovoltaic* ditandai sebagai suatu fenomena munculnya tegangan listrik akibat kontak dua katoda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat dibuka dibawah energi Cahaya matahari. Semakin besar intensitas energi matahari (iradiasi) yang mengenai panel surya, daya Listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan semakin tinggi. Proses perubahan matahari pada panel surya serta dipengaruhi oleh iradiasi dipengaruhi juga oleh produktifitas yang dimiliki oleh panel surya, efektivitas dicirikan sebagai perbandingan antara daya listrik yang dapat dialihkan oleh panel surya ke berapa banyak energi matahari yang terpancar langsung ke permukaan panel surya.

Dalam menciptakan energi listrik pada PV (energi sinar matahari menjadi photon) tidak bergantung pada bidang silikon dari PV. PV secara konstan akan menghasilkan energi mulai dari 0,5 volt – batas 600 mV pada 2 ampere dengan kekuatan radiasi matahari sebesar 1000 W/m<sup>2</sup> yang setara dengan 1 matahari akan menghasilkan aliran listrik sekitar 30 mA/cm<sup>2</sup> per sel surya.(Danny Santoso Mintoogo 2000)

Energi berbasis sinar matahari atau radiasi cahaya terdiri dari foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda. Tingkat energi foton cahaya yang berbeda

akan menentukan frekuensi rentang cahaya. Foton yang dikonsumsi oleh sel PV akan menghasilkan energi listrik. (Agung and Maharta 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu suhu permukaan panel surya dan suhu sekitar panel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi daya yang dihasilkan dari panel surya karena semakin rendah suhu permukaan maka efisiensi Pv akan semakin meningkat, apabila suhu permukaan panel surya dan suhu sekitar panel surya adanya kenaikan temperatur maka daya listrik yang diproduksi oleh panel surya menjadi berkurang (Alim, Abdillah, and Ramdani 2022).

Selain intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya serta temperatur pada panel surya, besaran daya keluaran yang dihasilkan oleh *fotovoltaik* juga dapat mempengaruhi orientasi panel serta sudut kemiringan panel surya yang dapat menyebabkan panel tidak dapat menerima radiasi cahaya matahari secara maksimal, terdapat beberapa faktor pengaruh orientasi dan kemiringan panel dalam menerima cahaya matahari diantaranya sudut kemiringan ( $\beta$ ), sudut azimuth ( $\gamma$ ), sudut datang ( $\Theta$ ), dan sudut zenith ( $\theta_z$ ).

Sudut kemiringan yaitu sudut antar permukaan bidang horizontal yang dinyatakan dengan permukaan horizontal dengan menggunakan persamaan untuk menghitung sudut :

$$\beta = \tan^{-1}(\tan\theta_z \cos\gamma_s) \quad (2.1)$$

Sudut sudut azimuth ( $\gamma$ ) yaitu sudut proyeksi bidang horizontal normal terhadap permukaan dari lokasi bujur, dengan nol (0) menghadap ke selatan, timur bernilai negatif dan barat bernilai positif ( $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ ). Sudut azimuth matahari ( $\gamma_s$ )

merupakan penyimpangan dari selatan dengan proyeksi radiasi langsung pada bidang horizontal, dengan menggunakan persamaan untuk menghitung sudut :

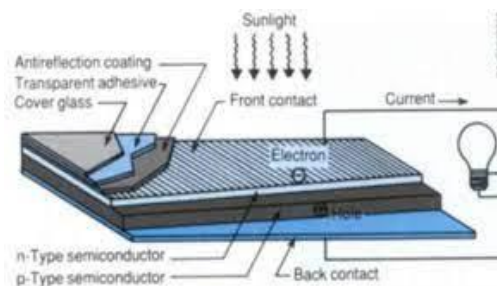
$$y_s = \sin^{-1} \left( \frac{\sin \omega \times \cos \delta}{\sin \theta_z} \right) \quad (2.2)$$

Sudut datang yaitu sudut antara permukaan radiasi langsung normal vertikal terhadap radiasi langsung vertikal kolektor, dengan menggunakan persamaan untuk menghitung sudut :

$$\Theta = \cos^{-1} (1 - \cos^2 \delta \times \sin^2 \omega)^{1/2} \quad (2.3)$$

Sudut zenith yaitu sudut antara garis vertikal bidang normal dan garis datang sinar matahari, dengan menggunakan persamaan untuk menghitung sudut :

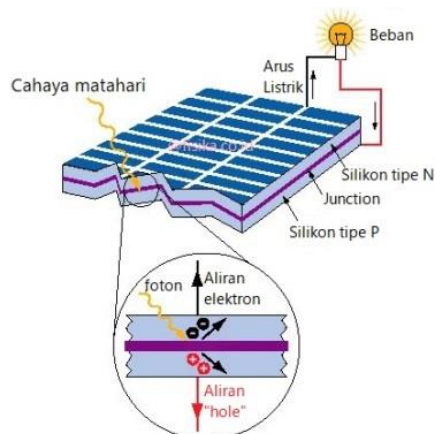
$$\cos \theta_z = \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta \quad (2.4)$$



Gambar 2. 1 struktur dasar sel surya

Gambar 2.1 struktur dasar sel surya, sel surya merupakan potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya umumnya memiliki ketebalan 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan 2 kutub positif dan negatif. Sel surya merupakan elemen aktif yang memanfaatkan efek *fotovoltaik* yang merubah energi surya menjadi energi listrik.

### 2.1.1 Prinsip Kerja Panel Surya



Gambar 2. 2 Susunan lapisan panel solar

Gambar 2.2 adalah denah lapisan pengisi daya bertenaga sinar matahari merupakan komponen perubahan energi cahaya yang terjadi karena pertukaran elektron bebas dalam suatu molekul. Konduktivitas elektron atau kapasitas perpindahan elektron dari suatu bahan terletak pada jumlah elektron valensi suatu bahan. Pada umumnya, sel yang berorientasi pada matahari menggunakan bahan semikonduktor sebagai pembuat elektron bebas. Bahan semikonduktor adalah bahan yang kuat seperti logam, konduktivitas listriknya tidak ditentukan oleh elektron valensinya. Berbeda dengan logam yang konduktivitasnya berkurang dengan meningkatnya suhu, konduktivitas bahan semikonduktor pada dasarnya akan meningkat. (Agung, 2016).

Pada saat foton dari sumber cahaya menumbuk elektron valensi dari iota semikonduktor, maka akan menghasilkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron tersebut dari konstruksi atomnya. Elektron yang dihantarkan bermuatan negatif dan dibiarkan bergerak di bidang kristal dan berada di daerah pita konduksi bahan semikonduktor. Kekurangan elektron menyebabkan

pengembangan kekosongan dalam struktur permata yang disebut "hole" dengan muatan positif..(Agung and Maharta 2016)

Daerah semikonduktor dengan elektron bebas dan bersifat negatif berfungsi sebagai kontributor elektron. Daerah ini disebut jenis negatif (tipe-n). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole, bersifat positif dan berfungsi sebagai pengumpul elektron (akseptor). Wilayah ini dikenal sebagai jenis positif (tipe-p). Penahanan sisi positif dan negatif menghasilkan energi listrik di dalam yang akan memberi energi pada elektron bebas dan hole untuk bergerak dengan arah yang berlawanan. Elektron akan menciptakan jarak dari sisi negatif, sementara bukaan akan menjauh dari sisi positif. Pada saat persimpangan (p-n) ini dihubungkan dengan tumpukan ( lampu ), aliran listrik akan tercipta.(Agung and Maharta 2016).

Silikon adalah suatu material semikonduktor bervalensi empat. Keunggulan dari silicon adalah memiliki resistifitas yang sangat tinggi hingga 300,000  $\Omega\text{cm}$ , dan ketersediaan yang banyak di alam. Namun kekurangannya adalah biaya produksi *silicon wafer* yang sangat tinggi. Dikarenakan untuk mendapatkan performa sel surya yang baik dibutuhkan silikon dengan kemurnian sangat tinggi yaitu di atas 99.9 %. Untuk mengurangi biaya produksi, maka pengembangan dilakukan dengan meminimalisir material yang digunakan.

### **2.1.2 Jenis – Jenis Panel Surya**

Solar cell merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semi konduktor. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu solar *cell* sangat kecil maka beberapa solar *cell* harus digabungkan sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut modul. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan

daya (Sinaga, 2018). Karena itu, pada saat pemasangan panel perlu diperhatikan untuk menyediakan jarak dengan atap agar udara dapat bersirkulasi di bawah panel (efek pendinginan). Panel Surya type terbaru mempunyai daya 130 Wattpeak/m<sup>2</sup>.

Menurut Irwan Heryanto/Eryk, dkk (2020) Berdasarkan pada tipe bahan solar cell nya, modul surya yang umum dipakai dikategorikan kedalam 3 tipe dengan efisiensi konversinya yaitu perbandingan antara daya yang dihasilkan modul surya dengan radiasi matahari yang ditangkap modul surya dalam satuan (%):

#### 1. *Monocrystalline*



Gambar 2. 3 Monocrystalline

Gambar 2.3 *monocrystalline* merupakan panel surya yang memiliki efisiensi 15-20% dengan jenis silikon tunggal. *Monocrystalline* dirancang untuk penggunaan konsumsi listrik besar pada tempat yang memiliki iklim ekstrim. Dan Harga tipe modul ini relatif paling mahal. Kelemahan dari modul *Monocrystalline* adalah tidak berfungsi dengan baik pada cuaca dengan kondisi matahari terhalang awan yang menyebabkan efisiensi turun drastis. (Brier and lia dwi jayanti 2020)

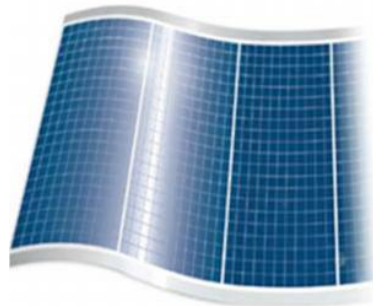
## 2. *Polycrystalline*



Gambar 2. 4 Polycrystalline

Gambar 2.4 *polycrystalline* merupakan modul surya yang memiliki susunan kristal acak karena difabrikasi dengan proses pengecoran. Modul jenis ini agar mendapat daya yang sama dengan tipe *monocrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar. Jenis modul ini memiliki efisiensi yang rendah jika dibandingkan dengan *monocrystalline* sekitar 13-18% karena bahannya merupakan campuran silikon dan material lainnya (Brier & jayanti, 2020).

## 3. *Thin Film*



Gambar 2. 5 Thin Film

Gambar 2.5 *thin film* adalah Inovasi pembuatan sel berorientasi matahari dengan lapisan tipis direncanakan untuk mengurangi biaya pembuatan sel bertenaga matahari dengan mempertimbangkan bahwa inovasi ini hanya

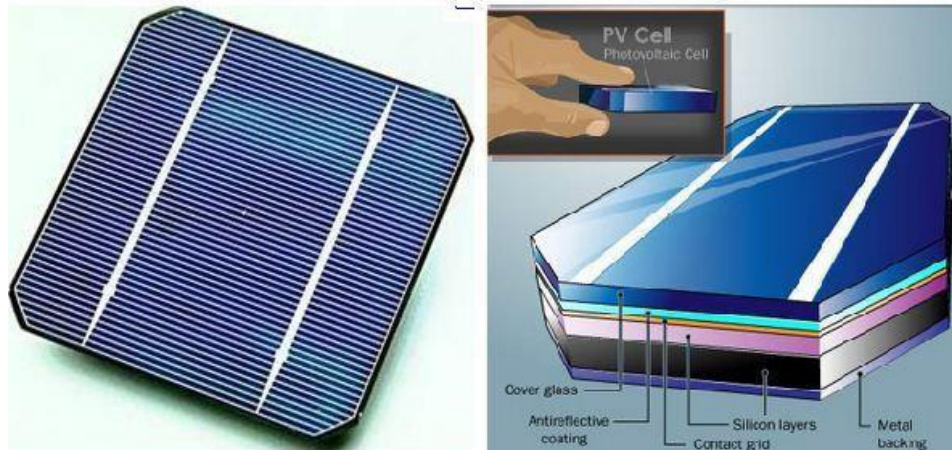
membutuhkan kurang dari 1% bahan alami silikon jika dibandingkan dengan bahan alami untuk jenis wafer silikon. Strategi yang paling sering digunakan untuk membuat silikon film tipis adalah plasma-enhanced chemical vapor deposition (PEVCD) dari gas silan dan hidrogen. Lapisan yang dibuat dengan teknik ini menghasilkan silikon yang tidak memiliki arah kristal atau yang dikenal sebagai amorphous silikon. (*non* kristal).

Selain menggunakan bahan silikon, sel surya film mungil juga diproduksi menggunakan bahan semikonduktor lain yang memiliki efektivitas sel berorientasi matahari tinggi seperti Cadmium Telluride (CdTe), Amorphous Silicon (a-Si), Cadmium Sulfide (Cds), Gallium Arsenide (GaAs), Tembaga Indium Selenida (CIS), dan Copper Indium Gallium Selenida (CIGS). Kemahiran tertinggi yang saat ini dapat dihasilkan oleh sel berorientasi matahari lapisan tipis ini adalah 19,5% yang berasal dari sel bertenaga matahari CIGS. Keuntungan lain menggunakan jenis lapisan tipis adalah semikonduktor sebagai lapisan sel berbasis matahari dapat disimpan pada substrat fleksibel untuk menghasilkan perangkat bertenaga surya yang dapat beradaptasi. (Brier & jayanti, 2020).

### **2.1.3 Struktur panel Surya**

Sesuai dengan perkembangan sains&teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).





Gambar 2. 6 Struktur sel surya mrnggunakan material silikon sebagai semikonduktor

Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari :

#### 1. Substrat/Metal Backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan flourine doped tin oxide (FTO).

#### 2. Material semi konduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk

kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material  $\text{Cu(In,Ga)(S,Se)}_2$  (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti  $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$  (CZTS) dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (copper oxide)

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

### 3. Kontak Metal

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

### 4. Lapisan Anti Reflectif

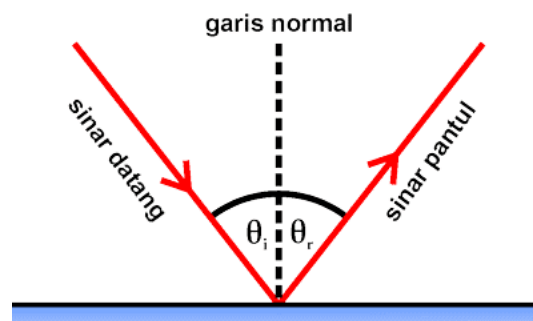
Mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan antirefleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

## 5. Enkapsulasi / Cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

### 2.2 Reflektor

Reflektor adalah alat yang memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektromagnetik. Reflektor yang memantulkan cahaya terdiri dari beberapa benda mirip cermin yang susun pada titik-titik tertentu. Ada reflektor bulat, persegi dan segitiga. Benda yang mempunyai sifat cahaya adalah cermin. Berdasarkan keadaan permukaannya, cermin dibedakan menjadi cermin lengkung dan cermin datar. Cermin lengkung dibedakan menjadi 2 macam, yaitu cermin cembung serta cermin cekung. Adapun rumus pemantulan cahaya yaitu :



Gambar 2. 7 Sinar datang dan sinar pantul

$$\theta_i = \theta_r \quad (2.5)$$

Dimana:

$\theta_i$  = Sudut datang (derajat)

$\theta_r$  = Sudut pantul (derajat)

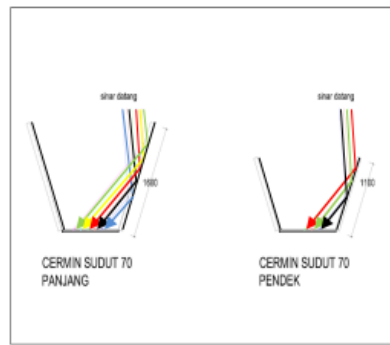
#### 2.2.1 Prinsip Kerja Reflektor

Berapa banyak tegangan yang dihasilkan oleh modul sel bertenaga surya bergantung pada berapa banyak cahaya yang dihasilkan di siang hari. Karena

pergerakan matahari, cahaya yang disampaikan mengalami perubahan, untuk meningkatkan efisiensi penyampaian cahaya siang hari, perubahan modul sangatlah penting. Sel bertenaga surya dengan tujuan agar cahaya yang masuk ke dalam semikonduktor dapat dibagi secara merata, untuk itu diperlukan reflektor yang berupa cermin datar supaya panel surya mampu menangkap Cahaya lebih produktif sehingga bisa menghasilkan tegangan secara maksimal, dengan menyesuaikan pergerakan matahari maka posisi reflektor harus disesuaikan dengan kemiringan tertentu untuk hasil yang maksimal. Reflektor adalah permukaan yang dapat memantulkan atau merefleksikan gelombang cahaya .(Ma'mun 2021)

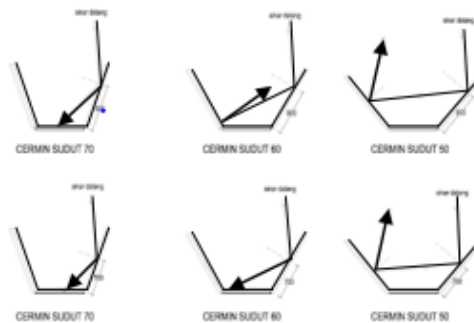
Posisi reflektor ini akan diposisikan dibagian samping dari modul panel surya sehingga kemiringan bisa di atur agar pantulan dari sinar matahari dapat mengenai permukaan modul panel surya. Cermin datar telah digunakan sebagai reflektor untuk mengetahui perbedaan tegangan keluaran dari panel surya (Sucipta,2015).

Perbedaan hasil estimasi ini disebabkan oleh perbedaan ukuran cermin level yang digunakan. Menggunakan cermin yang lebih memanjang akan memungkinkan sinar yang lebih terang jatuh ke lapisan luar pengisi daya matahari. Kontras dalam dampak panjang cermin datar harus terlihat dan perbedaan ini juga dipengaruhi oleh kemiringan reflektor. Karena ditentukan dari gagasan cahaya yang dipantulkan pada cermin datar, maka titik berkas episode ekuivalen dengan titik berkas pantulan. Memanfaatkan 4 buah cermin yang saling berhadapan pada keempat sisinya pada titik 40 – 70 dinilai cahaya yang diperoleh lebih menonjol dibandingkan cahaya yang hilang.(Prastica 2016)



Gambar 2. 8 Pengaruh panjang cermin datar terhadap output solar cell

Gambar 2.8 menunjukkan dampak pemanfaatan cermin terhadap hasil pengisi daya bertenaga sinar matahari. Dengan asumsi cermin digeser pada titik  $70^\circ$ , maka diperkirakan kekuatan pantulan cahaya matahari yang masuk ke panel berbasis sinar matahari lebih besar, sehingga daya yang diterima panel juga bisa meningkat.



Gambar 2. 9 Pengaruh sudut reflektor terhadap solar cell

Gambar 2.9 menunjukkan dampak kemiringan reflektor terhadap pantulan Cahaya siang hari yang dikordinasikan pada panel surya dengan beberapa kemiringan reflektor. Cermin diletakan sejajar dengan permukaan atas bagian panel, sehingga penentuan ukuran titik pada reflektor akan terlihat jelas dan tanpa masalah.

### 2.3 Daya Listrik

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah besar pemakaian energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Seperti pada lampu pijar dan *Heater* (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin besar nilai Watt-nya semakin besar pula daya listrik yang digunakan (Kho, 2021).

Sedangkan jika dilihat dari konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah seberapa besar usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau singkatnya adalah jumlah energi listrik yang digunakan tiap detik. Dalam perhitungan rumus, daya listrik biasanya disimbolkan dengan huruf P yang merupakan singkatan dari *power*. Sedangkan satuan International daya listrik adalah Watt atau disingkat W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik ( Watt = Joule / detik ) (Kho, 2021).

Satuan turunan watt yang sering dijumpai

1 mili watt = 0,001 watt

1 kilo watt = 1.000 watt

1 mega watt = 1.000.000 watt

Rumus Daya Listrik

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (2.6)$$

Dimana :

P = Daya Listrik dalam Satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dalam Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dalam Satuan Ampere (A)

Pada prinsipnya, beban resistif memerlukan daya, daya yang diperlukan oleh beban resistif adalah daya nyata. Energi listrik dari pembangkit listrik yang disalurkan ke jaringan beban sehingga dapat diubah menjadi energi lain menunjukkan bahwa adanya daya nyata yang bekerja. Contohnya daya nyata yang dipakai untuk menyalakan kompor listrik. Aliran energi listrik yang berasal dari jaringan dan masuk ke kompor listrik, diubah menjadi energi panas oleh elemen pemanas kompor tersebut.

#### **2.4 Arus Listrik**

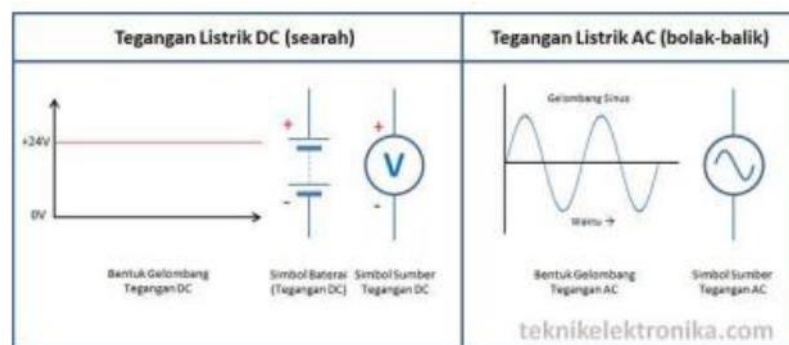
Arus listrik atau dalam bahasa Inggris sering disebut dengan Electric Current adalah muatan listrik yang bergerak melalui media penghantar dalam setiap satuan waktu. Muatan listrik pada prinsipnya dibawa oleh Elektron dan Proton di dalam sebuah atom. Proton mempunyai muatan positif, sedangkan Elektron mempunyai muatan negatif. Akan tetapi, proton sebagian besar hanya bergerak di dalam inti atom. Jadi, proses untuk membawa muatan dari satu tempat ke tempat lainnya ini ditangani oleh Elektron. Ini karena elektron pada bahan konduktor seperti logam sebagian besar bebas bergerak dari satu atom ke atom lainnya.

#### **2.5 Tegangan Listrik**

Tegangan Listrik (*Electric Voltage*) adalah jumlah energi yang diperlukan untuk memindahkan suatu satuan muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya.

Tegangan listrik yang dinyatakan dengan satuan Volt ini juga sering disebut dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik merupakan perbandingan antara perbedaan potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan mempunyai potensial listrik lebih tinggi dibandingkan benda lain karena benda tersebut mempunyai jumlah muatan positif yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan Potensial listrik sendiri adalah seberapa besar muatan yang terkandung dalam suatu benda.

Sebuah sumber tegangan listrik yang stabil biasanya disebut dengan tegangan DC (tegangan searah) sedangkan sumber tegangan listrik yang berubah sewaktu-waktu disebut dengan tegangan AC (tegangan bolak balik). Tegangan listrik diukur dengan satuan Volt dengan simbol huruf "V". 1 Volt (satu Volt) dapat didefinisikan sebagai tekanan listrik yang dibutuhkan untuk menggerakkan 1 Ampere arus listrik melalui konduktor yang beresistansi 1 Ohm.



Gambar 2. 7 Simbol sumber tegangan DC dan AC

Gambar 2.9 menunjukkan gambar sumber tegangan DC dan AC, rangkaian-rangkaian Elektronik pada umumnya bekerja memanfaatkan tegangan DC yang rendah seperti 1,5V hingga 24V DC. Gambar 2.9 menunjukkan perbedaan gambar



sumber tegangan Dc dan AC. Sumber Tegangan DC pada rangkaian elektronik biasanya berupa gambar baterai dengan tanda positif (+) dan tanda negatif (-) yang menunjukkan arah polaritasnya. Sedangkan gambar tegangan AC pada suatu rangkaian listrik atau rangkaian elektronik berbentuk lingkaran bulat dengan gelombang Sinus didalamnya (Ma'mun, 2021).

## 2.6 Review Hasil Penelitian yang Terkait

Tabel 2. 1 Review hasil penelitian yang terkait

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan
1	Panel surya dengan reflector cermin datar untuk penerangan rumah sederhana	Erliza Yuniati, Sofiah, Muhammad Rizal	Palembang, 2022	Penggunaan reflektor cermin datar meningkatkan serapan cahaya matahari harian di musim penghujan, besar peningkatan tegangan sebesar 0,34 V atau 2,83% pada sudut reflektor 120° dan bersudut 0,83% pada sudut 150°
2	Optimalisasi penerimaan intensitas cahaya matahari pada permukaan panel surya (solar cell) menggunakan cermin	Soni A. Kaban, Muhamad Jafri, Gusnawati	NTT, 2020	Penelitian menggunakan reflektor cermin empat sisi 37x20 cm, dengan penambahan reflektor cermin mempengaruhi tingkat nilai radiasi matahari yang jatuh pada panel surya, penambahan reflektor cermin menyebabkan penurunan keluaran arus dan tegangan panel surya
3	Peningkatan daya output panel surya dengan	Karnadi, Ayong Hiendro, Rudi Kurnianto	Tanjungpura, 2017	Penelitian ini menggunakan 2 buah panel surya polikristalin dengan

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan
	penambahan reflektor cermin datar dan alluminium foil			rating daya 20 Wp, menggunakan 4 buah reflektor dengan ukuran 48x15 cm dan 32,5x15 cm
4	Optimalisasi daya menggunakan reflektor dalam rancang bangun panel surya monocrystalline 100WP	Adi Darmawan Pratomo, Irrine Budi Sulistiawati, Awan Uji Krismanto	Institut Teknologi Nasional Malang, 2021	Penelitian ini fokus pada unjuk kerja solar concentrator yang dikendalikan oleh motor akuator dengan data pembacaan selisih sensor iradiasi
5	Memaksimalkan daya keluaran sel surya dengan menggunakan cermin pemantul sinar matahari (reflektor)	Rismanto Arif Nugroho, Mochamad Facta, Yuningtyastusti	Universitas Diponegoro, 2014	Penelitian ini dilakukan pengujian dengan sumber halogen diposisikan terhadap modul sel surya, pengujian dengan sumber matahari langsung menggunakan reflector bersudut 70°, dan pengujian dengan beban buck converter
6	Analisis pengaruh lensa fresnel dan cermin datar untuk meningkatkan daya keluaran sel surya	Manda Juniantara Pratama	Universitas Lampung, 2019	Penelitian ini menggunakan sel surya timer tracker menggunakan lensa fresnel dan cermin datar
7	Pengaruh sudut kemiringan reflektor terhadap solar panel polikristal	MAR Sembiring, S Zulfa, DH Sinaga	Universitas Negeri Medan, 2021	Penelitian dilakukan dengan eksperimen reflektor panel surya dirancang pada sudut 60, 70, dan 80 derajat
8	Peningkatan arus listrik dan tegangan listrik keluaran sel	Ratna Dwi Rahayu	STT Ronggolawe, 2022	Penelitian dilaksanakan menggunakan cermin datar dengan sudut

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan
	surya menggunakan reflektor			cermin 60 derajat dan cermin cekung jarak focus 20 cm terhadap keluaran sel surya tanpa reflektor
9	Analisis penggunaan cermin cekung, cermin datar, dan kombinasi cermin cekung-datar untuk meningkatkan daya keluaran pada sel surya	Arif Setiawan, Yuningtyastuti, Susatyo Handoko	Universitas Diponegoro, 2015	Penelitian ini menggunakan reflektor cermin cekung, cermin datar, dan kombinasi cermin cekung-datar untuk meningkatkan daya keluaran pada sel surya
10	Rancang bangun reflektor surya untuk meningkatkan efisiensi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya 60 Watt	Ishak Kasim, Redhiliansyah Muhammad Pangestu	Universitas Trisakti, 2017	Penelitian ini menggunakan panel tipe polycrystalline dan pada pengujian dengan memberi sudut sebesar 45°, 60°, 75°
11	Optimization of Monocrystalline Solar Panels Using Reflector Scanning Technology	Fiqri Al Faruqi et al	2019	Pada penelitian ini menggunakan panel surya tipe Monocrystalline, penelitian ini output memanfaatkan bantuan reflektor untuk memaksimalkan pencahayaan
12	Solar Panel Module Output Energy Analisis Using Flat Mirror	Janter Napitupulu	2023	Penelitian ini dilakukan 7 hari, menggunakan panel surya berukuran 1610 cm <sup>2</sup> . Persentase kenaikan daya keluaran panel surya dengan penambahan

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan
				<p>luas permukaan reflektor sebesar 1,88 kali luas permukaan panel surya dengan luas 1610 cm<sup>2</sup>. mengalami kenaikan tegangan keluaran sebesar 22,29%, arus keluaran 33,33% dan daya keluaran 53,59%.</p>
13	<p>Geometrical optimization for a photovoltaic installation equipped with flat reflectors based on plane of array estimations</p>	<p>Christine Abdel Nour et al</p>	<p>Europe, 2019</p>	<p>Observatorium SIRTA dalam hal a sistem instalasi PV klasik serta dalam kasus instalasi dilengkapi dengan reflektor datar. Pemodelan hasil simulasi dibandingkan dengan pengukuran di atas dua periode dengan dan tanpa reflektor. Terakhir, proses pengoptimalan yang lebih dalam akan dilakukan dengan mengambil aspek dan properti sistem tambahan menjadi pertimbangan seperti reflektifitas nonlinier cermin faktor tergantung pada karakteristik bahan. Sebuah mempertimbangkan estimasi output daya listrik yang dioptimalkan iluminasi tidak seragam yang dibawa oleh instalasi</p>

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan
				semacam itu pada array PV akan disajikan dalam karya masa depan.
14	Performance Optimization of Solar Photovoltaic System using Parabolic Trough and Fresnel Mirror Solar Concentrator	Md. Abdullah Al Masud1 et al	Malaysia, 2022	Konsentrator surya bak parabola maupun cermin Fresnel dapat menawarkan banyak hal untuk meningkatkan fotovoltaiik surya daya keluaran sistem. konsentrator palung parabola menawarkan daya output peningkatan masing-masing 26,81% untuk hari cerah dan 22,3% untuk hari berawan. Di sisi lain, menggunakan Konsentrator cermin Fresnel kami mencapai peningkatan daya sebesar 17,89% untuk hari yang cerah dan 14,2% untuk hari berawan. memantau daya keluaran sistem PV dengan sistem semprotan air di panel bisa menjadi cara yang baik untuk mengurangi suhu panel.
15	Optimal Design Strategy of a Solar Reflector Combining Photovoltaic Panels to Improve Electricity	Moon Keun Kim, Khalid Osman Abdulkadir, , Jiyong Liu, et al	Kanada, 2021	Penelitian ini membahas reflektor matahari berdampak pada pengumpulan radiasi matahari oleh PV panel di area tertentu, dan desain reflektor baru dengan kemiringan yang

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan
	Output: A Case Study in Calgary, Canada			dioptimalkan sudut dapat meminimalkan memblokir radiasi matahari langsung ke panel PV. Penelitian terkini telah mempresentasikan penentuan sudut kemiringan optimal untuk panel PV.

Tabel 2.1 *review* hasil penelitian yang terkait mengenai analisis optimalisasi panel surya menggunakan reflektor cermin datar, yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terkait yaitu lokasi dilaksanakannya penelitian, panel surya yang digunakan jenis *monocrystalline*, menggunakan reflektor cermin datar, penelitian ini untuk mengetahui perbandingan hasil dari yang menggunakan dan yang tidak menggunakan cermin dan mengetahui sudut cermin yang menghasilkan daya paling maksimum.