

TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA DI DESA TALAWAAN

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan

Pendidikan Diploma IV Pada Teknik Elektro

Politeknik Negeri Manado



Oleh

Mikri Romario Paiman

NIM : 12 023 004

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO

2016

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan sumber energi yang paling banyak dimanfaatkan manusia untuk menjalankan dan mendukung semua aktifitasnya, baik konsumsi rumah tangga maupun penggunaan dalam industri dan dunia usaha lainnya. Penggunaan energi listrik akan terus meningkat seiring dengan semakin meningkatnya kualitas hidup dan peradaban manusia, sehingga tuntutan untuk menjamin ketersediaan energi listrik menjadi sebuah keharusan.

Dengan adanya sumber daya alam yang bisa dipergunakan untuk pembangkit tenaga listrik pada daerah yang akan menjadi lokasi sebagai pembuatan tugas akhir, penulis ingin membuat pembangkit tenaga listrik, dengan menggunakan energi panas matahari, karena melihat lokasi yang dimiliki daerah tersebut sangat baik dan sangat efisien untuk pembuatan pembangkit tenaga listrik.

Dalam pembuatan pembangkit tenaga listrik ini dikarenakan dalam pembagian tugas, yang terdapat dalam Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga surya, terlebih khusus pada penyaluran tenaga listrik.

Melalui perancangan ini diharapkan mendapatkan hasil Pembangkit Listrik Tenaga surya yang mempunyai efisiensi yang optimal. Berdasarkan Perencanaan Pembangkit listrik Tenaga surya penulis mengangkat judul “*Rancang bangun pembangkit Listrik Tenaga surya Di Talawaan*”.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Merancang bangun pembangkit listrik tenaga surya
2. Merancang penyaluran daya yang akan dihasilkan ke penyimpanan daya.
3. Menentukan daya yang dihasilkan pembangkit, untuk melakukan pengisian daya pada battery.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan tujuan diatas, diperlukan suatu perumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Merancang bangun pembangkit listrik tenaga surya?
2. Merancang penyaluran daya yang akan dihasilkan ke penyimpanan daya?
3. Menentukan daya yang dihasilkan pembangkit, untuk melakukan pengisian daya pada battery?

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memeberikan penerangan fasilitas umum.
2. Memeberikan penerangan pada masyarakat sekitar jika ada pemadaman listrik.
3. Menjadi sarana yang baik tanpa adanya pencemaran pada sumber energi yang digunakan.

1.5 Batasan Masalah

1. Perancangan pembangkit listrik tenaga surya.
2. Memodifikasi solar cell.
3. Menentukan besarnya kapasitas daya yang dihasilkan oleh solar sel.
4. Melakukan pengujian pemanfaatan solar cell dengan menggunakan lampu pijar dan lampu LED.

1.6 Metodologi Penelitian

Agar lebih memudahkan dalam menyelesaikan penelitian ini, maka digunakan beberapa metode sehingga kajian yang dilakukan akan mencapai hasil yang lebih baik, yaitu :

1. Melakukan analisa mengenai penyaluran daya listrik yang ada pada Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).
2. Merancang penyaluran daya yang akan digunakan untuk analisa .
3. Pengujian terhadap penyaluran daya listrik pada PLTS.

4. Menganalisa dan mengambil kesimpulan

1.7 Sistematikan Penulisan

Untuk mempermudah penyusunan penelitian maka digunakan system bab demi bab yang merupakan salah satu rangkaian dengan sistematikan sebagai berikut :

BAB I

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah pembatasan masalah, manfaat kegiatan, metode penelitian, sistematika penulisan.

BAB II

Merupakan bagian tinjauan pustaka, berisi teori-teori yang melandasi penelitian ini dan menjadi dasar acuan teori, penelitian terdahulu, kerangka pemikiran dan pengembangan hipotesis.

BAB III

pembahas mengenai metode penelitian yang menjelaskan tentang variabel penelitian dan definisi operasional, metode penelitian, metode pengambilan sampel, jenis data yang digunakan beserta sumbernya, teknik pengambilan data, dan metode analisis yang digunakan untuk menganalisis hasil pengujian sampel.

BAB IV

Merupakan bagian pembahasan, yang berisi tentang pengujian atas hipotesis yang dibuat dan penyajian hasil dari pengujian tersebut, serta pembahasan tentang hasil analisis yang dikaitkan dengan teori yang berlaku.

BAB V

Merupakan bagian penutup, yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis pada bab sebelumnya, keterbatasan penelitian serta saran bagi penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah solar cell

Sejarah sel surya dapat dilihat jauh ke belakang ketika pada tahun 1839 Edmund Becquerel, seorang pemuda Prancis berusia 19 tahun menemukan efek yang sekarang dikenal dengan efek fotovoltaiik ketika tengah berkesperimen menggunakan sel larutan elektrolisis yang dibuat dari dua elektroda. Becquerel menemukan bahwa beberapa jenis material tertentu memproduksi arus listrik dalam jumlah kecil ketika terkena cahaya.

Saat ini, efisiensi sel surya dapat dibagi menjadi efisiensi sel surya komersil dan efisiensi sel surya skala laboratorium. Sel surya komersil yang sudah ada di pasaran memiliki efisiensi sekitar 12-15%. Sedangkan efisiensi sel surya skala laboratorium pada umumnya 1,5 hingga 2 kali efisiensi sel surya skala komersil. Hal ini disebabkan pada luas permukaan sel surya yang berbeda. Pada sel surya di pasaran, sel yang dipasarkan pada umumnya memiliki luas permukaan 100 cm² yang kemudian dirangkai mejadi modul surya yang terdiri atas 30-40 buah sel surya. Dengan semakin besarnya luas permukaan sel surya, maka sudah menjadi pengetahuan umum jika terdapat banyak efek negatif berupa resistansi sirkuit, cacat pada sel dan sebagainya, yang mengakibatkan terdegradasinya efisiensi sel surya.

Sel surya ialah sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Sering juga dipakai istilah photovoltaic atau fotovoltaiik. Sel surya pada dasarnya terdiri atas sambungan p-n yang sama fungsinya dengan sebuah dioda (diode). Sederhananya, ketika sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi yang dibawa oleh sinar matahari ini akan diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian dioda p ke n dan untuk selanjutnya mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke sel.

2.2 Arus Energi surya dan proses pemanfaatannya

Energi surya yang memasuki atmosfer bumi dengan kepadatan yang diperkirakan sebesar 1 hingga 1,4 kW/m² dengan arah tegak lurus terhadap poros sinar. Dari jumlah tersebut 34% dipantulkan kembali keruang angkasa dan terdapat lebih kurang 560 W/ m² yang diserap bumi. Dari angka pemikiran tersebut radiasi surya secara potensial di indonesia sebesar 112×10^8 MW.

2.3 Radiasi Matahari Di Permukaan Bumi

Planet bumi hampir berbentuk bulat dengan jari-jari 6370 Km. Waktu yang diperlukan untuk sekali berotasi pada sumbunya adalah 24 jam dan waktu yang diperlukan untuk sekali berevolusi terhadap matahari adalah 365 hari.

Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan yang berbentuk elips dengan matahari terletak pada satu focus. Sumbu rotasi bumi miring 23, 45° terhadap orbitnya sewaktu sekelilingnya matahari sehingga mempengaruhi perhitungan

jumlah distribusi radiasi matahari, pada perubahan waktu siang dan malam serta pergantian musim.



Gambar 2.1 Posisi bumi terhadap matahari

Indonesia terletak di ekuator, maka waktu siang dan malam serta pergantian musim tidak begitu besar pengaruhnya. Matahari melepaskan energy dalam jumlah yang sangat besar radiasi elektromagnetik. Radiasi ini memiliki dualism sifat, yaitu sebagai gelombang dan partikel. Sebagai partikel radiasi matahari berinteraksi dengan matahari, hal ini disebut foton. Foton inilah yang dimanfaatkan untuk keperluan pembangkit tenaga listrik melalui sel fotovoltaik.

2.4 Konstanta Radiasi Matahari

Spektrum radiasi matahari (radiasi elektromagnetik) merentang dari sinar X, dengan panjang gelombang $\lambda = 0,1$ mm hingga gelombang radio ($\lambda = 100$). Konstanta radiasi matahari didefinisikan sebagai jumlah total energy radiasi yang diterima dari matahari per satuan luas yang selalu tegak lurus pada berkas sinar matahari, pada jarak rata-rata matahari permukaan bumi tanpa atmosfer bumi.

Tabel 2.1 konstanta radiasi matahari yang diterima pada permukaan bumi.

Konstanta Radiasi Matahari (Estimasi)
$I_{sc} = 1350 \text{ Watt/m}^2$ $= 4870 \text{ KJ/jam m}^2$

2.5 Penentuan posisi matahari

Posisi suatu daerah pada bumi terdapat posisi matahari ditentukan oleh dua sudut yang berubah-ubah secara kontinu, yaitu sudut jam matahari dan sudut deklinasi serta sudut tetap yang menspesifikasikan lokasi daerah tersebut pada bumi, yaitu garis lintangnya.

Sudut jam matahari untuk tempat tertentu bergantung pada posisi saat bumi dalam rotasi aksialnya. Oleh karena bumi menyelesaikan rotasi 360° dalam waktu 24 jam, maka sudut berubah 15° setiap jam.

Kencondongan sumbu bumi sebesar $23,45^\circ$ adalah konstan dan dalam arah yang sama selalu pada keseluruhan orbit bumi disekeliling matahari. Di belahan bumi utara sudut deklinasi mencapai kedudukan paling utaranya dan puncak positifnya yang sebesar $+ 23,45^\circ$ pada tanggal 21 juni dan mencapai kedudukan paling selatan serta puncak negatifnya yang sebesar $- 23,45^\circ$ pada tanggal 21 desember. Pada belahan bumi selatan, hal sebaliknya yang berlaku. Untuk menentukan deklinasi matahari bergantung pada hari dalam suatu tahun dan ditunjukkan pada persamaan (2.5).

2.6 Perhitungan Daya Dan Energi Surya

Daya surya dan energy surya dapat dinyatakan sebagai daya maksimum, daya harian rata-rata, dan energy harian rata-rat. Daya surya adalah ukuran sesaat tenaga rata-rata energy yang diterima dari matahari pada suatu saat, sedangkan energy surya diukur pada suatu periode dan merupakan kapasitas yang terakumulasi untuk melakukan kerja.

Sel-sel surya secara umum dirating dalam besaran daya puncak atau watt puncak. Penetapan rating daya surya adalah dengan menetapkan dalam besaran daya rata-rata harian cuaca cerah, yang berkisar 8/10 dari satuan matahari atau 800 Watt/m². Sel surya dapat juga dirating dalam besaran output energi rata-rata perhari. Tetapi karena energi rata-rat bervariasi pada daerah-daerah suatu Negara dan bervariasi pula pada sehari-hari dalam setahun, maka besaran ini harus dikualifikasi dengan mengacu pada tempat dan waktu tertentu dalam setahun.

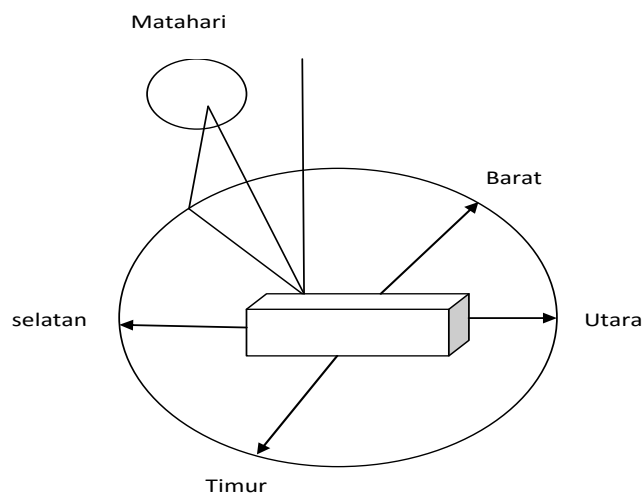
Energi harian rata-rata persatuan luas dan temperature siang hari serta curah hujan merupakan informasi penting yang dibutuhkan untuk mendesain sebuah array fotovoltaik. Data isolasi yang diukur secara otomatis akan mencakup sebagian variabel-variabel yang terlihat dalam perhitungan surya.

2.7 Hubungan Geometris sel fotovoltaik Terhadap Bumi Dan Matahari

Pengkonversian energy harian rata-rata per m² pada sebuah permukaan horisontal menjadi harian rata-rata pada sebuah permukaan yang dimiringkan adalah bergantung pada deklinasi, garis lintang lokasinya, dan sudut kemiringan permukaan yang menghadap keselatan. Selain itu perlu diketahui proporsi relative

antara cahaya langsung, cahaya menyebar, dan cahaya terpantul yang akan diterima oleh permukaan yang dimiringkan itu.

Taraf pertama dalam proses konversi adalah penentuan rasio antara radiasi pada permukaan horisontal dan radiasi pada permukaan yang dimiringkan. Sebagai taraf akhir adalah mengalikan rasio ini dengan energy rata-rata permukaan horisontal untuk memperoleh suatu nilai akurat tentang energy pada permukaan yang dimiringkan menghadap keselatan.

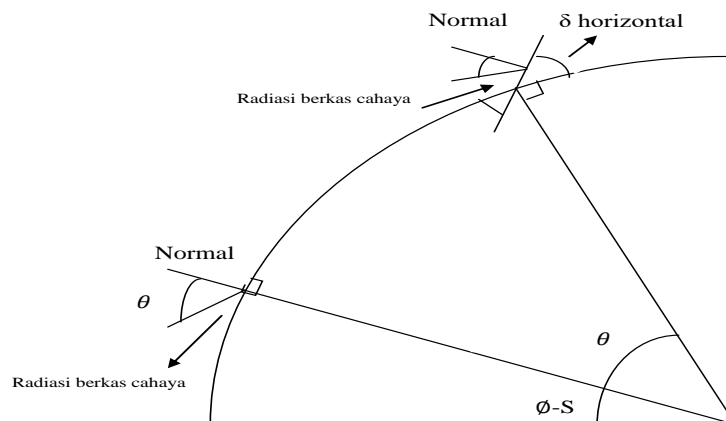


Gambar 2.2 Sudut Matahari

Taraf-teraf ini adalah :

Proporsi antara cahaya yang menyebar terhadap total isolasi (dengan asumsi bahwa yang terpantul adalah nol) dihitung dari clarity coefficient (K_t) dengan menggunakan rumus empiris. Oleh karena pantulan cahaya diasumsikan nol, maka rasio antara berkas cahaya menyebar terhadap total insulasi.

Rasio antara insolasi dari berkas cahaya langsung pada permukaan horisontal dapat diestimasi, dengan mengabaikan efek-efek atmosfer pada cahaya matahari, dengan menggunakan persamaan (2.4). deklinasi untuk hari yang dikehendaki dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.1). sudut jam matahari terbenam untuk permukaan horisontal dan permukaan yang dimiringkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3).



Gambar 2.3 posisi bidang yang membentuk sudut S terhadap bidang horisontal.

Selama bulan-bulan musim kemarau, matahari terbenam pada permukaan yang dimiringkan sebelum terbenam dikaki horisontal dan kemudian pada permukaan yang dimiringkan itu). Maka pada persamaan digunakan nilai minimum dari kedua perhitungan yang ada.

$$\delta = 23,45 \sin \{360[(284+n)/365]\} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \phi) (\tan \delta) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\omega_s' = \text{minimum} \left\{ \begin{array}{l} \cos^{-1} [(-\tan \phi) (\tan \delta)] \\ \cos^{-1} \{-[\tan(\phi - \beta)] [\tan \delta]\} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$R_b = \frac{\{[\cos(\phi - \beta)] [\cos \delta] \sin \omega_s\} + \left[\frac{\pi}{180}\right] \omega_s [\sin(\phi - \beta)] [\tan \delta]}{\{[\cos \phi] [\tan \delta] \sin \omega_s\} + \left[\frac{\pi}{180}\right] \omega_s [\sin \phi] [\sin \delta]} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\frac{H_d}{H_h} = 1,390 - 4,027 K_t + 5,531(K_t)^2 - 3,108(K_t)^3 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$R = \left(1 - \frac{H_d}{H_h}\right) R_b + \left(\frac{H_d}{H_h}\right) \frac{(1 + \cos \beta)}{2} \rho \frac{(1 + \cos \beta)}{2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

δ = sudut deklinasi matahari (-23,45° hingga +23,45°)

n = hari dalam setahun (1 hingga 365)

ω_s = sudut jam matahari terbenam pada permukaan horisontal

ω_s' = sudut jam matahari terbenam pada permukaan yang miringkan

ϕ = sudut kemiringan permukaan yang menghadap ke selatan (0° hingga 180°;
 β yang lebih dari 90° berarti permukaan tersebut menghadap ke bawah)

R_b = rasio antara radiasi berkas langsung harian rata-rata bulanan pada sebuah permukaan menghadap keselatan yang dimiringkan terhadap objek pada sebuah permukaan horisontal

H_d = intensitas radiasi menyebar harian rata-rata bulanan pada permukaan horisontal

H_h = total intensitas radiasi menyebar harian rata-rata pada sebuah permukaan horisontal

H_t = total intensitas radiasi harian rata-rata bulanan pada permukaan yang dimiringkan menghadap ke utara

K_t = clarity coefficient, yaitu rasio antara insolasi pada bumi terhadap insolasi yang secara langsung berada di luar atmosfer

R = rasio antara intensitas radiasi harian rata-rata bulanan pada permukaan yang menghadap ke selatan yang dimiringkan

ρ = koefisien pantulan/refleksi, yaitu fraksi cahaya yang dipantulkan oleh sebuah permukaan (0 hingga 1).

Clarity coefficient (K_t) dihitung dari data-data yang telah diukur yang biasanya telah disajikan hasil perhitungan oleh stasiun klimatologi untuk lokasi dan bulan yang berbeda-beda dalam setahun. Tetapi jika K_t ini tidak tersedia datanya, dapat dihitung dari persamaan :

$$K_t = \frac{Hh}{H_o} \dots\dots\dots (2-7)$$

Dimana :

H_o = Insolasi yang diterima bumi seandainya bumi tidak beratmosfer.

H_o untuk berbagai sudut lintang dan waktu dapat diperoleh dari persamaan (2.8)

berikut :

$$H_o = \frac{24}{\pi} I_{sc} \left\{ \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360n}{356}\right) \right] \left[\cos\phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360} \sin\phi \sin \phi \right] \right\} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

I_{sc} = konstanta matahari = 1350 Watt/m²

Panjang hari T_d menyatakan waktu yang dibutuhkan matahari untuk berada pada suatu tempat, dinyatakan dengan suatu persamaan :

$$T_d = \frac{2}{15} \times \omega_s \dots\dots\dots (2.9)$$

Sedangkan harga H_h jika tidak disediakan oleh badan meteorologi dan geofisika atau stasiun klimatologi setempat, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H_d = H_o \left(\alpha + b \frac{n_o}{T_d} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

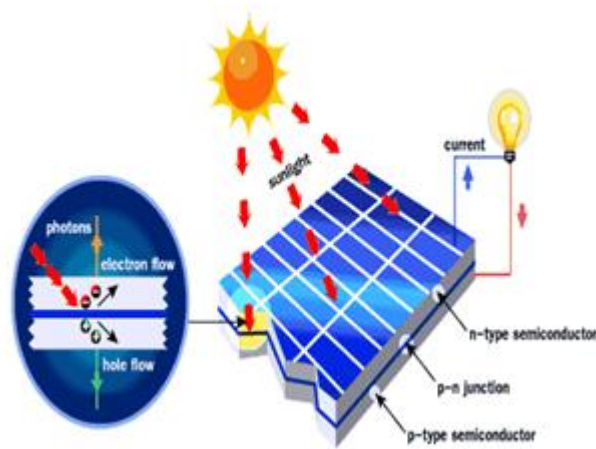
Dimana :

a,b = suatu konstanta yang bergantung pada tempat radiasi dihitung

n_o = rata-rata perbulan dari jam-jam cahaya matahari cerah perhari.

2.8 Pengertian *Solar Cell* (Photovoltaic).

Solar cell atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaiik. *Solarcell* mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan enegi fosil dan isu global warming. energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis. Solar cell dapat dilihat pada berikut :

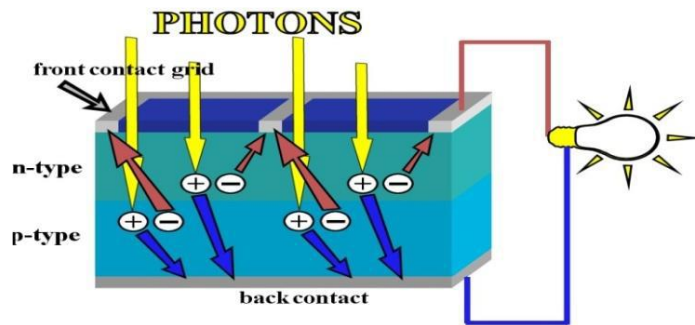


Gambar 2.4 Skema solar cell.

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian semikonduktor dengan metode yang sama namun hanya dapat menghasilkan arus maksimal 50 mA. Melalui penelitian sederhana ini kami melakukan penelitian lanjutan dengan mengembangkan rangkaian seri dan paralel dan variasi terhadap jarak antar tembaga hingga dapat mengetahui peluang pemanfaatan *solarcell* tembaga.

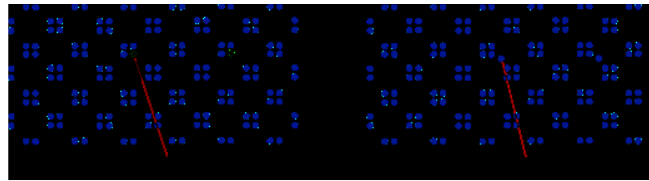
2.9 Prinsip dasar teknologi solarcell (Photovoltaic) dari bahan silicon.

Solar cell merupakan suatu perangkat semi konduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam Kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energy. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silicon.



Gambar 2.5. Cara Kerja Solar Cell.

1. Semikonduktor Tipe P dan Tipe N.

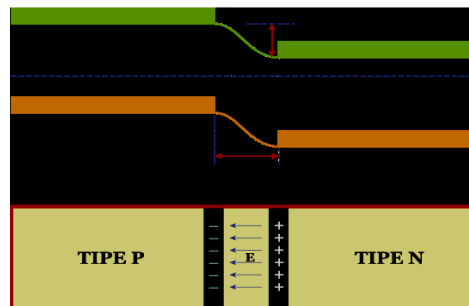


Gambar 2.6. Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan).

Ketika suatu Kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya electron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silikon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n. Hal yang sebaliknya terjadi jika Kristal silikon ditambahkan oleh unsur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya electron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan munculnya hole yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p. Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini

akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p.

2. Sambungan P-N.



Gambar 2.7 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Depleksi.

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi hole dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi electron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negative pada batas tipe-p. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah depleksi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus drift. Arus drift yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik.

Namun arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut.

Sebagaimana yang kita ketahui bersama, electron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. kehadiran medan listrik pada electron dapat mengakibatkan electron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada solar cell sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada

sambungan p-n agar electron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut.

Ketika junction disinari, photon yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi electron tersebut akan menyebabkan eksitasi electron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi.

Elektron dan hole ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan energi electron-hole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka energi electron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.

2.10 Prinsip dasar solarcell (*Photovoltaic*) dari bahan tembaga.

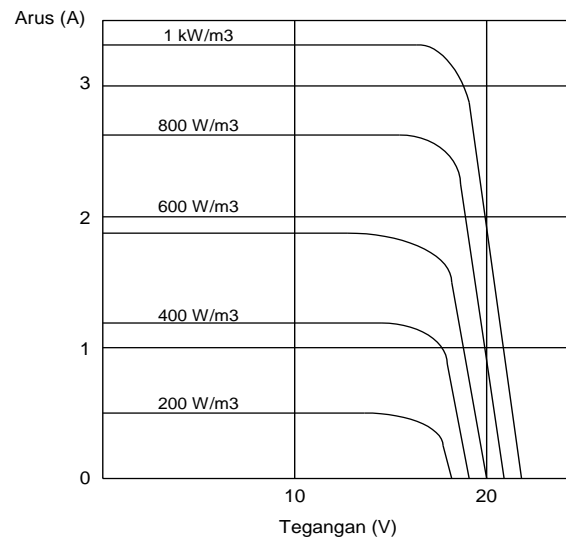
Photovoltaic berdasarkan bentuk dibagi dua, yaitu *photovoltaic* padat dan *photovoltaic* cair. *Photovoltaic* cair prinsip kerjanya hampir sama dengan prinsip elektrolisis, namun perbedaannya tidak adanya reaksi oksidasi dan reduksi secara bersamaan (redoks) yang terjadi melainkan terjadinya pelepasan elektron saat terjadi penyinaran oleh cahaya matahari dari pita valensi (keadaan dasar) ke pita konduksi (keadaan elektron bebas) yang mengakibatkan terjadinya perbedaan potensial dan akhirnya menimbulkan arus. Pada solarcell cair dari bahan tembaga terdapat dua buah tembaga yaitu tembaga konduktor dan tembaga semikonduktor. Tembaga semikonduktor akan menghasilkan muatan elektron negatif jika terkena cahaya matahari, sedangkan tembaga konduktor akan menghasilkan muatan elektron positif. Karena adanya perbedaan potensial akhirnya akan menimbulkan arus.

2.11 Karakteristik PLTS

Radiasi surya dipermukaan bumi diperkirakan mempunyai rapat energi sekitar 1000 Watt/m²[5]. Dengan bantuan wafer silicon maka energi radiasi matahari langsung diubah menjadi energi listrik arus searah dengan efisiensi sampai 15% yang berarti setiap 1 m² modul kristal silikon dapat menghasilkan 150 Watt puncak. Modul kristal silikon yang ada sekarang pada umumnya berukuran lebar 21,4 Volt, berdaya maksimum 75 Watt. Energi sumber arus searah atau diubah dulu menjadi arus bolak-balik dengan bantuan inverter.

2.11.1 Kurva I – V

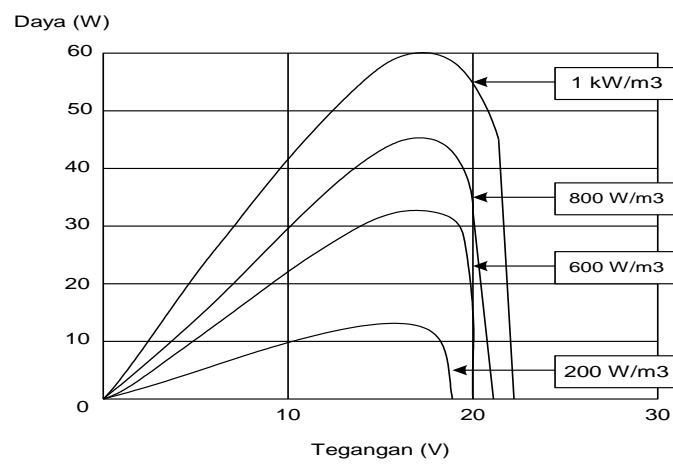
Kurva ini menggambarkan hubungan antara arus dan tegangan yang dihasilkan oleh suatu modul fotovoltaik pada gambar 3. Variasi dari kurva ini tergantung dari prosentase sinar matahari yang mengenai panel sel surya. Dari gambar dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi radiasi matahari, arus yang mengalir semakin besar sedangkan tegangan relatif sama.



Gambar 2.8 Kurva Arus dan Tegangan

2.11.2 Kurva P – V

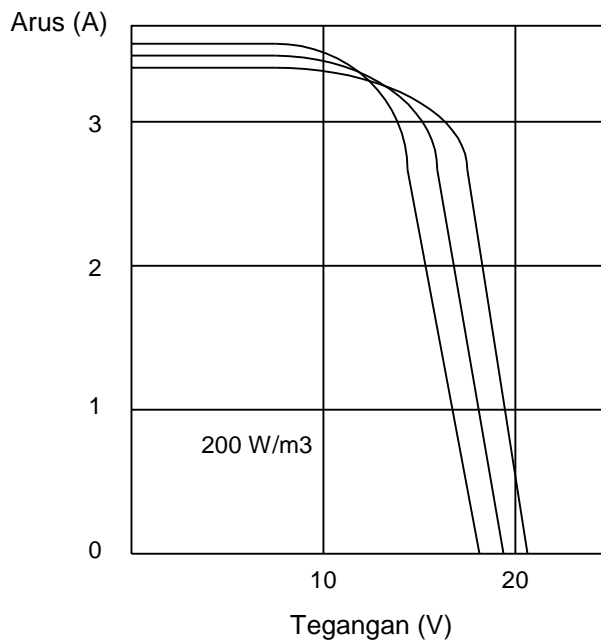
Kurva ini menggambarkan titik operasi maksimum dari suatu modul fotovoltaik



Gambar 2.9 Kurva Daya dan Tegangan

Seperti yang terlihat pada gambar, pada suatu titik radiasi tertentu, cahaya mencapai titik maksimum yaitu pada titik tegangan dan arus tinggi sebelum garis lengkung menuju ke titik nol. Sehingga dalam penggunaannya faktor ini harus diperhitungkan benar agar tercapai efisiensi maksimum.

Pengaruh temperatur terhadap karakteristik tertentu. Temperatur mempengaruhi besarnya output dari PLTS.



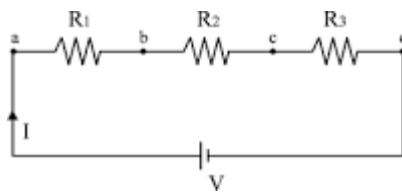
Gambar 2.10 Kurva arus (A) dan tegangan (V)

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa jika temperatur modul naik tegangan outputnya akan turun, sedangkan arusnya naik tapi dalam skala kecil.

2.12 Sistem Instalasi Solar Cell

2.12.1 Rangkaian Seri Solar Cell

Hubungan seri suatu sel surya didapat apabila bagian depan (+) sel surya utama dihubungkan dengan bagian belakang (-) sel surya kedua dan seterusnya dapat di lihat pada gambar berikut :



Tegangan sel surya dijumlahkan apabila dihubungkan seri satu sama lain.

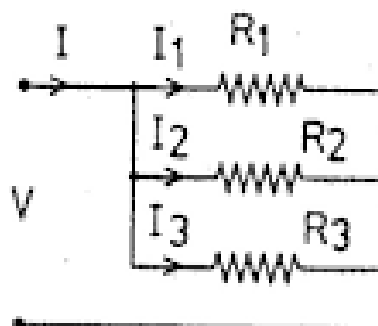
$$U_{total} = U_1 + U_2 + U_3 + U_n$$

Arus sel surya sama apabila dihubungkan seri satu sama lain.

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$$

2.11.2 Rangkaian Pararel Solar Cell

Rangkaian parallel solar cell didapat apabila terminal kutub positif dan negatif solar cell dihubungkan satu sama lain. Hubungan parallel dari solar cell dapat dilihat pada gambar dibawa ini:



Tegangan solarcell yang dihubungkan parallel sama dengan satu solar cell.

$$U_{total} = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$

Arus yang timbul dari hubungan ini langsung dijumlahkan.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n$$

2.13 Baterai Tepat Sistem

Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam sistem PLTS yang memegang peranan penting sebagai sumber listrik, yang apabila lemah/soak sering kali menjadi penyebab terganggunya sistem PLTS, bahkan dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen-komponen lainnya, dalam aplikasi Lampu Jalan Tenaga Surya.

Terdapat banyak tipe baterai penyimpanan muatan yang berbeda-beda di pasaran. Memilih tipe baterai untuk sebuah sistem tertentu mencakup banyak pertimbangan, baik dari segi fisiknya maupun dari segi kimianya yang membentuk karakteristik baterai tersebut, diantaranya :

2.13.1 Tegangan yang disyaratkan

Tegangan baterai harus stabil, mengingat arus listrik yang mengalir ke beban bervariasi langsung dengan tegangan. Sebuah baterai tidak boleh memberikan tegangan yang cukup tinggi sehingga dapat merusak peralatan.

2.13.2. Arus yang diisyaratkan

Dalam beberapa aplikasi, penarikan arus dapat dikatakan hampir konstan. Dalam penerapan lainnya sistem diharapkan dapat memberikan arus yang besar untuk suatu periode pendek.

2.13.3. Kapasitas Ampere-jam dan Watt-jam

Sebuah baterai harus memiliki kapasitas ampere jam yang cukup untuk mengirim daya pada beban sehingga ada sumber daya untuk mengisi kembali muatan baterai. Spesifikasi Ampere-jam menyatakan kuantitas arus yang dapat diperoleh baterai selama periode pelepasan tanpa memperhatikan tegangan ranting.

Kapasitas baterai dapat ditentukan dengan mengacu pada hal-hal sebagai berikut :

1. Intensitas matahari rata-rata minimum
2. Periode waktu dimana cuaca berawan sepanjang hari.
3. Intensitas matahari minimum pada kondisi cuaca berawan sepanjang hari yaitu pada kondisi waktu penyinaran sebesar 0 % sehari.
4. Isi baterai minimum yang harus tersisa pada akhir periode waktu dimana cuaca berawan sepanjang hari.

2.13.4 Penentuan Kapasitas Akumulator

Untuk menjamin sistem dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan kebutuhan sistem diperhitungkan keadaan cuaca tanpa sinar matahari.

Kapasitas baterai dapat ditentukan dengan persamaan :

$$K_B = \frac{Q_1 \cdot NOS}{V_{BR} \cdot DOD \cdot E_B} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

K_B	= kapasitas baterai (A)
NOS	= jumlah hari tanpa sinar matahari
DOD	= kedalaman pengosongan baterai
E_B	= efisiensi baterai
V_{BR}	= tegangan baterai

2.14 Inverter

inverter diperlukan untuk menyediakan sumber arus AC untuk perangkat listrik seperti lampu, televisi, pompa air dll.

Untuk memperoleh daya bolak balik (AC) dari sumber arus searah fotovoltaik diperlukan inverter yang dapat mengkonversikan daya DC kedalam bentuk daya AC.

Terdapat tiga faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih inverter,yaitu :

1. Tipe gelombang yang dihasilkan
2. Tegangan masukan
3. Daya keluaran

Tipe gelombang yang dihasilkan inverter sangatlah penting diperhatikan terutama jika beban-beban AC tersebut adalah motor-motor. Distorsi harmonic yang ditimbulkan harus serendah mungkin. Umumnya harga inverter sebanding dengan kualitas gelombang sinus yang dihasilkan. Pemilihan dalam ukuran inverter yang tepat, memungkinkan inverter tersebut memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan (menerima) beban surge yang terjadi saat pengasutan beban motor (jika ada). Pemilihan inverter diharapkan memiliki regulasi yang baik, distorsi harmonic yang rendah keandalan yang tinggi. Efisiensi inverter yang ada

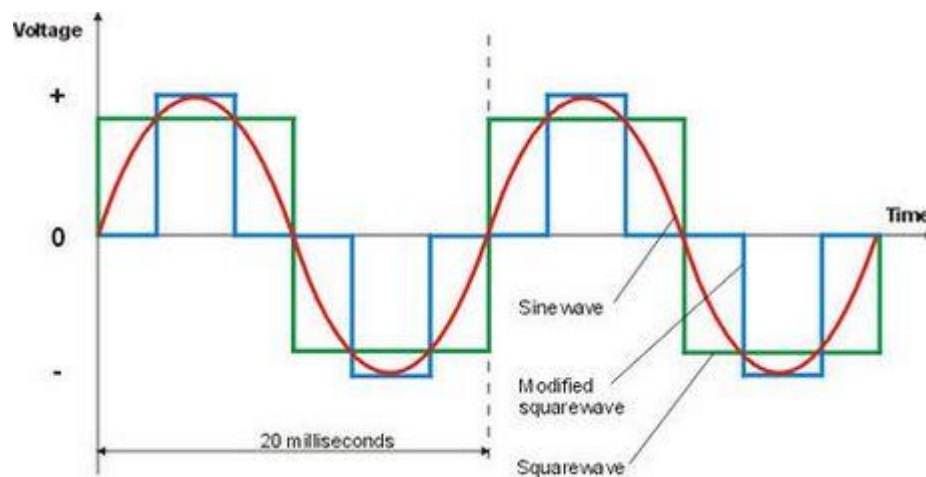
dipasaran saat ini mencapai 90 % hingga 98 %. Penentuan kapasitas inverter yang digunakan dalam sistem ini menggunakan persamaan :

$$P_i = \frac{\text{daya beban maksimum} \times a}{\text{faktor daya}} \dots\dots\dots$$

Dimana

P_i = Kapasitas inverter (KVA)

a = Factor keamanan inverter = 1,3 sampai 1,8



Gambar 2.11 Gelombang sinus inverter

a. Square sine wave inverter

Tipe inverter yang menghasilkan Output gelombang (sinus) persegi, jenis inverter ini tidak cocok untuk beban AC tertentu seperti motor induksi atau transformer, selain tidak dapat bekerja square sine wave dapat merusak peralatan tersebut.

b. Modified sine wave inverter

Tipe inverter yang menghasilkan Output gelombang persegi yang disempurnakan/persegi kuasi yang merupakan kombinasi antara square wave dan sine wave. Inverter ini masih dapat menggerakkan perangkat yang menggunakan kumparan, hanya saja tidak maksimal serta faktor energy-loss yang besar. dan tidak cocok dengan perangkat elektronik yang sensitif atau khusus, misalnya laser printer tertentu, peralatan audio.

c. Pure sine wave inverter

Tipe inverter yang menghasilkan Output gelombang sinus murni setara PLN. Inverter jenis ini diperlukan terutama untuk beban-beban yang menggunakan kumparan induksi agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas.

d. Grid Tie Inverter

Tipe special inverter yang dirancang untuk menyuntikkan arus listrik ke sistem distribusi tenaga listrik yang sudah ada, misalkan PLN/Genset. Inverter tersebut harus disinkronkan dengan frekuensi grid yang sama, biasanya berisi satu atau lebih fitur maksimum power point tracking untuk mengkonversi jumlah maksimum daya yang tersedia, dan juga termasuk fitur proteksi keselamatan.

2.15 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah komponen di dalam sistem PLTS berfungsi sebagai pengatur arus listrik (Current Regulator) baik terhadap arus yang masuk dari panel PV maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (OverCharge), Ini mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai.

Sebagian besar Solar PV 12 Volt menghasilkan tegangan keluar (V-Out) sekitar 16 sampai 20 volt DC, jadi jika tidak ada peraturan, baterai akan rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan. yang umumnya baterai 12Volt membutuhkan tegangan pengisian (Charge) sekitar 13-14,8 volt (Tegantung Tipe Battery) untuk dapat terisi penuh.

2.16 Lampu Pijar

Prinsip kerja lampu pijar sangat sederhana. Lampu pijar bekerja berdasarkan prinsip pemanasan dan pembakaran suatu elemen penghantar yang berupa filamen yang disebabkan oleh arus listrik yang mengalir pada filamen tersebut. Filamen yang digunakan pada umumnya berupa filamen wolfram yang pada dasarnya juga adalah sebuah resistor. Ujung filamen ini dihubungkan dengan kawat penghantar yang terhubung ke kontak ulir dan ujung yang lainnya dihubungkan dengan kawat penghantar yang terhubung ke kontak kaki. Ketika dihubungkan dengan sumber tegangan, maka akan timbul arus listrik. Arus listrik yang mengalir pada filamen ini menyebabkan filamen menjadi sangat panas ($2800^{\circ}\text{K} - 3200^{\circ}\text{K}$) dan kemudian terbakar hingga kemudian menghasilkan

cahaya. Proses terbakarnya filamen wolfram sebenarnya tidak bisa berlangsung lama. Oleh karena itu lampu ini dibuatkan bola lampu yang terbuat dari kaca yang kemudian diisi dengan gas agar proses pembakaran filamen tetap stabil dan tidak mengalami pengaruh dari luar (oksidasi). Gas yang digunakan pada umumnya adalah gas mulia yang dapat berupa Argon, Xenon dan gas lainnya seperti Neon, Nitrogen yang dikenal stabil.

2.17 Lampu LED Hemat Energi

Kata LED (Light Emitting Diode – dioda cahaya) yaitu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Gejala ini termasuk bentuk elektroluminesensi, warna yang dihasilkan bergantung pada bahan semikonduktor yang dipakai, dan bisa juga ultraviolet dekat atau inframerah dekat.