

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang pembangkit listrik telah banyak dilakukan. Agus Setiawan melakukan penelitian tentang “*Desain Pembangkit Listrik Tenaga Pedal Sebagai Sumber Energi Alternatif di Daerah Pedesaan*”. Dalam penelitiannya, Dia menganalisis keluaran tegangan, arus, dan daya rata-rata dari pembangkit listrik tenaga pedal serta jumlah energi manusia (kalori) yang dibutuhkan untuk mengayuh pedal selama pengisian penuh ke baterai.

Fitria Yulinda melakukan penelitian tentang “*Rancang Bangun Simulasi Sistem Hibrid Tenaga Surya dan Tenaga Angin Sebagai Catu Daya Base Transceiver Station (BTS) 3G*”. Dalam penelitiannya, Dia telah berhasil membuat simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid yang digunakan sebagai catu daya base transceiver Station (BTS) 3G. Putu Yudi Astrawan Putra juga melakukan penelitian tentang “*Perancangan dan Pembuatan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*”. Dari hasil percobaan, simulasi PLTS dapat menghasilkan tegangan nominal sebesar 12V dengan daya maksimum 60W.

Selain itu Iqbal Rifqi, juga melakukan penelitian yang berhubungan dengan pembangkit listrik “*Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Portable Berbasis Mikrohidro Dan Surya*”. PLTH yang dirancang menggunakan generator dengan kapasitas 750 watt serta panel surya berkapasitas 50 watt per hour.

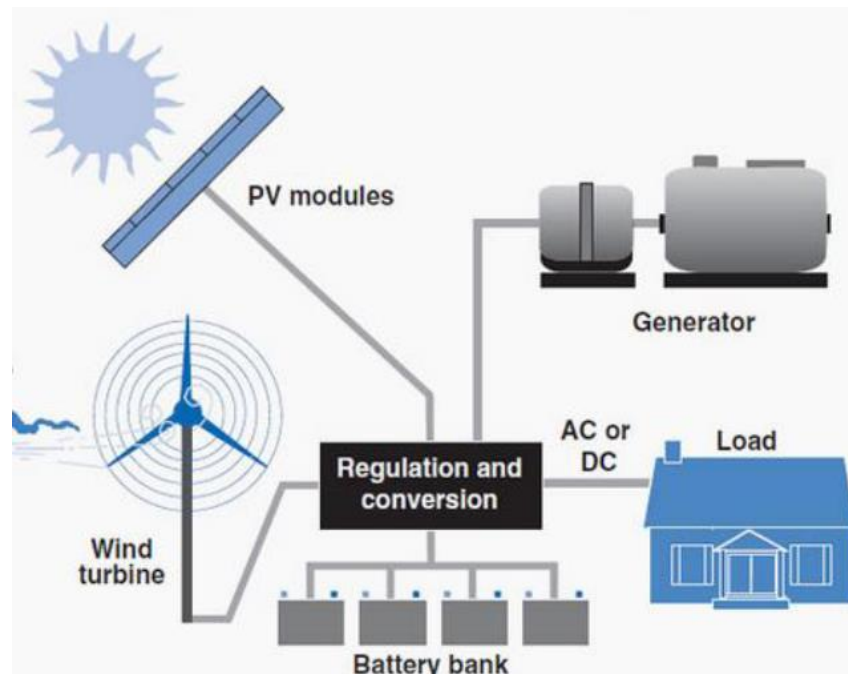
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH)

2.1.1. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH)

Pengertian Hibrid pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem hibrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu.

Sistem Hibrid atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD. PLTH ini memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (primer) yang dapat dikombinasikan dengan *Diesel Generator* sebagai sumber energi cadangan (sekunder).

Pada PLTH, *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, mikrohidro, dan lain-lain yang dapat dikombinasikan dengan *Diesel-Generator Set* sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, strika listrik serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinu dengan efisiensi yang paling optimal.



Gambar 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid

(Sumber: <https://listriktenagasurya.wordpress.com/2010/01/15/aplikasi-hybrid-tenaga-surya/>)

2.1.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH)

PLTH adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memadukan beberapa jenis pembangkit listrik, pada umumnya antara pembangkit listrik berbasis energi baru dan terbarukan. Ada pula pembangkit listrik berbasis BBM dengan pembangkit listrik berbasis energi baru dan terbarukan.

Merupakan solusi untuk mengatasi krisis BBM dan ketiadaan listrik di daerah terpencil, pulau-pulau kecil dan pada daerah perkotaan. Umumnya terdiri atas: modul surya, turbin angin, turbin air, generator diesel, baterai, dan peralatan kontrol yang terintegrasi. Tujuan PLTH adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan.

Untuk mengetahui unjuk kerja sistem pembangkit hibrida ini, hal-hal yang perlu dipertimbangkan antara lain: karakteristik beban pemakaian dan karakteristik pembangkitan daya khususnya dengan memperhatikan potensi energi alam yang ingin dikembangkan berikut karakteristik kondisi alam itu sendiri, seperti pergantian siang malam, musim dan sebagainya.

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.2.1. Prinsip Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *photovoltaic* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari kesatu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan untuk menangkap kesempatan. Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan menggunakan fotosintesis. memanfaatkan energi ini dengan memakan dan membakar kayu. Bagaimanapun, istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “*photovoltaic*” (photo = cahaya, *voltaic* = tegangan). *Photovoltaic* tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan negative yang membentuk dasar listrik.



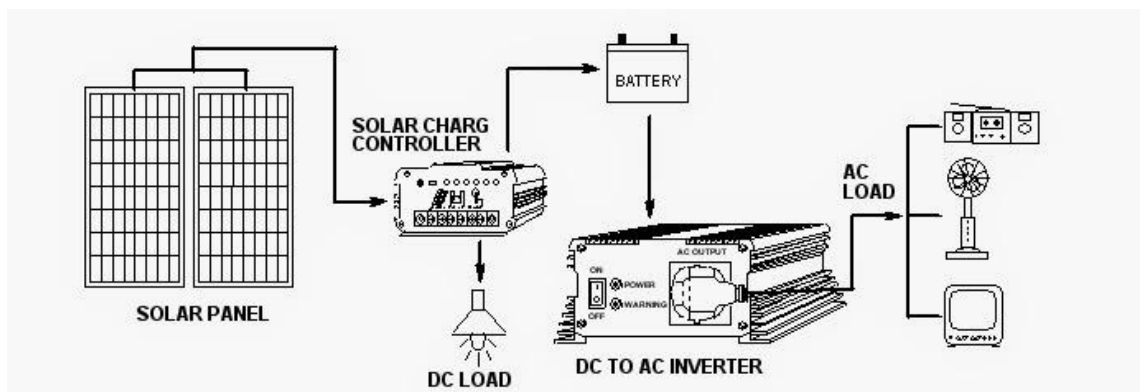
Gambar 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Bantul
(Sumber: <https://sustainableponcosari.wordpress.com>)

Bahan semi konduktor yang paling umum dipakai dalam sel *photovoltaic* adalah silikon, sebuah elemen yang umum ditemukan di pasir. Semua sel *photovoltaic* mempunyai paling tidak dua lapisan semikonduktor

seperti itu, satu bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Ketika cahaya bersinar pada semi konduktor, muatan elektron menyeberang sambungan diantara dua lapisan menyebabkan listrik mengalir, membangkitkan arus *DC*. Semakin kuat cahaya yang diterima, semakin kuat pula aliran listrik yang didapatkan.

Sistem *photovoltaic* tidak membutuhkan cahaya matahari yang terang untuk beroperasi. Sistem ini juga membangkitkan listrik di saat hari mendung, dengan energi keluar yang sebanding ke berat jenis awan. Berdasarkan pantulan sinar matahari dari awan, hari-hari mendung dapat menghasilkan angka energi yang lebih tinggi dibandingkan saat langit biru sedang yang benar-benar cerah.

2.2.2. Prinsip Kerja Tenaga Surya



Gambar 2.3. Prinsip Kerja Tenaga Surya

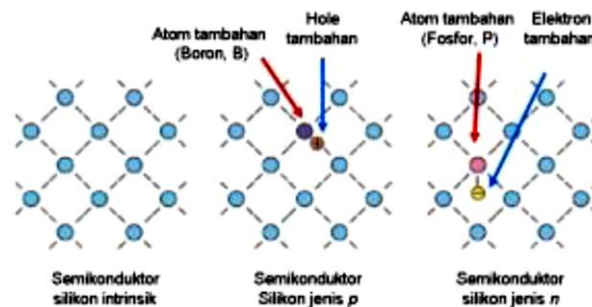
(Sumber : <http://tlts.wordpress.com>)

Sinar matahari mengenai solar panel, masuk kedalam *solar charge controller*, arus disini masih dalam keadaan DC. Lalu dialirkan ke baterai, disini masuk kedalam *inverter* untuk mengubah arus DC menjadi AC lalu dapat dimanfaatkan untuk berbagai alat-alat elektronik.

2.2.3. Proses Konversi Sel Surya

Sel surya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p . Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan *hole* karena kelebihan muatan positif. Pengontrolan jenis semikonduktor dapat dilakukan dengan cara menambahkan unsur lain kedalam semikonduktor sebagaimana diilustrasikan (lihat pada Gambar 2.6.)

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) elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan *electron* atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

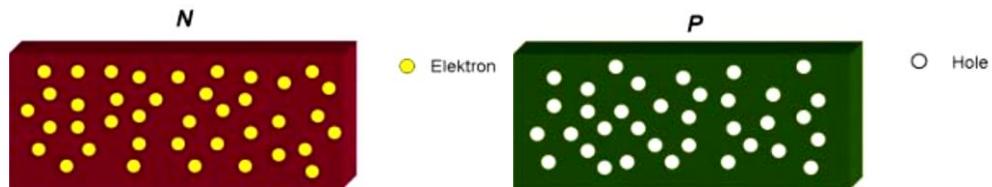


Gambar 2.4. Penambahan Unsur Lain Ke Dalam Semikonduktor

(Sumber: <https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>)

Jika semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah *silicon* (Si), maka 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. Penambahan unsur ini disebut dengan *doping*.

Dua jenis semikonduktor n dan p jika disatukan akan membentuk sambungan $p-n$ atau dioda $p-n$ (*metallurgical junction*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.

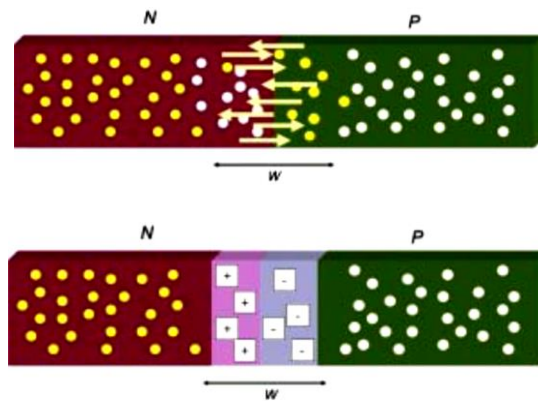


Gambar 2.5. Semikonduktor Jenis p dan n Sebelum Disambung

(Sumber: <https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>)

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

Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W . Baik elektron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena ke beradaannya di jenis semikonduktor yang berbeda. Perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi akan menyebabkan medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n . Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (lihat Gambar 2.8.).



Gambar 2.6. Perpindahan Elektron Dan Hole

(Sumber: <https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>)

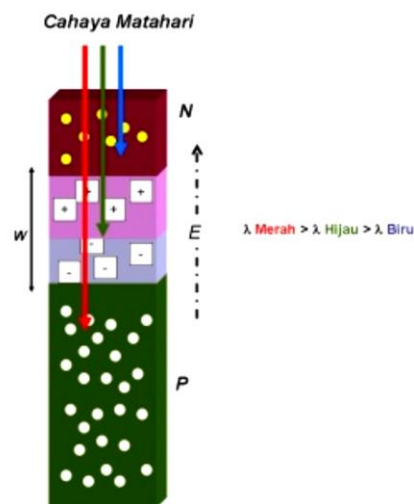
Medan listrik mengakibatkan sambungan $p-n$ berada pada *titik setimbang*, yakni saat dimana jumlah *hole* yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik E . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p , dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E . Dengan kata lain, medan listrik E mencegah seluruh elektron dan *hole* berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain.

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.

Pada Gambar 2.7. diperlihatkan penyerapan matahari di sel surya.



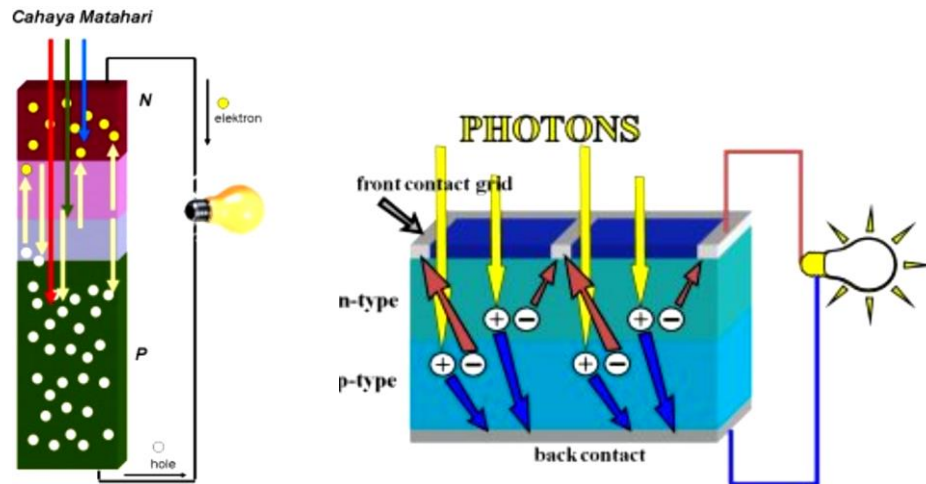
Gambar 2.7. Penyerapan Cahaya Matahari Di Solar Cell

(Sumber: <https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>)

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (λ) 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 disana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor *n*. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan *p-n* terdapat medan listrik *E*, *electron* 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 *electron* 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 (lihat Gambar 2.8.)

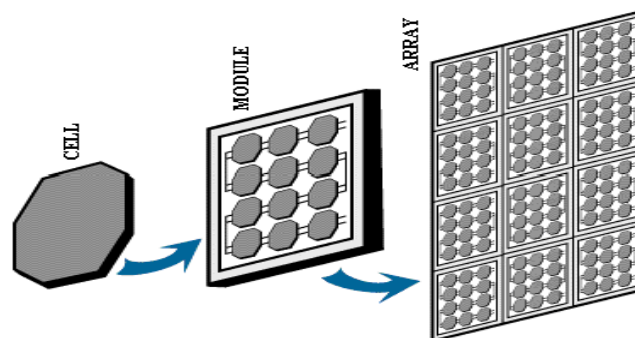


Gambar 2.8. Arus Listrik Dari Solar Cell

(Sumber: <https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>)

2.2.4. Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem tenaga surya terdiri atas array, rangkaian kontroler pengisian (charge controller), baterai, dan inverter. Array merupakan modul yang tersusun atas beberapa sel surya yang terpasang paralel maupun seri. Besarnya energi listrik yang dihasilkan sebanding dengan luas permukaan panel surya (lihat Gambar 2.9.)



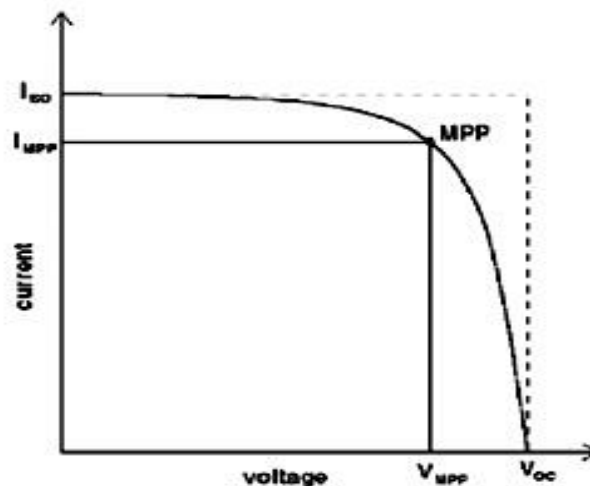
Gambar 2.9. Perbedaan Sel, Modul Dan Array

(Sumber: <https://wildanm.wordpress.com/2009/10/04/bagaimana-fotovoltaik-bekerja/>)

Rangkaian kontroler pengisian aki berfungsi untuk tempat penyimpanan daya listrik sebelum dialirkan ke beban. Pengisian ini perlu agar nilai tegangan masukan pada beban sesuai dengan kebutuhan. Baterai diperlukan sebagai tempat cadangan energi ketika matahari tidak mampu memberikan energi foton ke sel surya. Untuk mencegah sel surya menjadi beban dan baterai menjadi sumber tegangan, maka dipasang sebuah alat yang mengatur pensaklaran dari sel surya. Ketika nilai tegangan keluaran sel surya lebih kecil dari nilai tegangan baterai maka hubungan antara sel surya dan baterai akan diputus.

Inverter digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC karena keluaran dari panel surya yaitu tegangan DC sehingga harus dikonversikan terlebih dahulu menggunakan inverter agar dapat digunakan pada peralatan yang menggunakan arus AC.

2.2.5. Karakteristik Sel Surya



Gambar 2.10. Kurva Karakteristik Sel Surya

(Sumber: <http://teorikimia.blogspot.co.id/2015/10/materi-elektrokimia-pengertian-dan-prinsip-kerja-sel-surya.html>)

Pada grafik di atas, menggambarkan keadaan sebuah sel surya beroperasi secara normal. Sel surya akan menghasilkan energi maksimum,

jika nilai V_m dan I_m juga maksimum. Sedangkan I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada nilai volt = nol; I_{sc} berbanding langsung dengan tersedianya sinar matahari. V_{oc} adalah tegangan maksimum pada nilai arus nol; V_{oc} naik secara logaritma dengan peningkatan sinar matahari. Karakter ini yang memungkinkan sel surya untuk mengisi aki.

Terdapat dua parameter pembatas yang digunakan untuk mengarakteristik keluaran *Photovoltaic (PV)* yang dihasilkan dari radiasi, temperatur operasional, dan luasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 :

a) *Short circuit current* (I_{sc})

Arus maksimum pada tegangan nol, yaitu = 0, dalam hal ini I_{sc} berbanding langsung terhadap cahaya matahari yang tersedia.

b) *Open circuit voltage* (V_{oc})

Tegangan maksimum pada saat arus nol, nilai V_{oc} meningkat secara logaritmik terhadap peningkatan cahaya matahari. Bila sel surya tak berbeban, maka akan terjadi arus hubung singkat (I_{sc}). Dengan mengatur beban sampai harga tertentu, maka akan didapatkan kurva karakteristik arus dan tegangan sel surya. Bila bebannya sangat besar, maka tidak ada arus yang melewatinya. Kondisi ini sama dengan memutus penghubung pada amperemeter dan hasil penunjukan voltmeter merupakan tegangan tanpa beban (V_{oc}). Pada keadaan tanpa penyinaran kondisi sel surya seperti dioda penyearah dan bila mendapat penyearah akan mengalir arus yang berlawanan dengan arah arus pada dioda. Grafik karakteristik antara tegangan dan arus dari sel surya pada kondisi gelap dan penyinaran terlihat seperti Gambar 2.10. Dari gambar karakteristik sel surya yang disinari terdapat tiga titik beban (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan titik daya maksimum yang merupakan perkalian antara arus dan tegangan yang menghasilkan daya maksimum.

2.2.6. Array Sel Surya

Sel surya yang digunakan adalah sel surya dalam bentuk *array*, pada sistem ini sel surya disusun sedemikian rupa untuk menghasilkan daya dan tegangan yang diinginkan, susunan sel surya ini dapat berupa susunan seri dan paralel dengan aturan seperti pada Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2 di bawah ini:

$$N_{series} = V_{out}/0,9.V_{oc} \quad (2.1)$$

Persamaan 2.1 menentukan berapa jumlah sel surya yang harus disusun seri untuk mendapatkan tegangan *output* V_{out} .

$$N_{paralel} = P_{out}/V_{out}(0,9.I_{sc}) \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 menentukan berapa jumlah sel surya yang harus disusun paralel untuk mendapatkan daya *output* P_{output} .

Keterangan:

N_{series} = Jumlah modul surya yang terhubung seri

$N_{paralel}$ = Jumlah modul surya yang terhubung paralel

V_{out} = Tegangan keluaran modul surya

P_{out} = Daya keluaran modul surya

V_{oc} = *Voltage open circuit* (tegangan hubung terbuka) artinya tegangan tanpa beban

I_{sc} = *Current short circuit* (arus hubung singkat)

2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Pedal (PLTPd)

2.3.1. Prinsip Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Pedal (PLTPd)

Pembangkit Listrik Tenaga Pedal (PLTPd) merupakan suatu metode untuk membangkitkan energi listrik dengan cara memodifikasi sepeda biasa yang dihubungkan ke generator, kemudian energi listrik yang dihasilkan oleh generator disimpan dalam elemen penyimpanan energi listrik (baterai). Energi listrik yang tersimpan dalam baterai ini digunakan untuk menyalakan beberapa peralatan listrik yang memiliki daya listrik yang tidak terlalu besar. Karena peralatan listrik rumah tangga kebanyakan menggunakan tegangan bolak-balik, maka energi listrik yang tersimpan dalam baterai harus diubah

dahulu dari tegangan searah 12 Volt menjadi tegangan bolak-balik 220 Volt dengan menggunakan inverter.



Gambar 2.11. Pembangkit Listrik Tenaga Pedal
(Sumber: <http://www.scienceshareware.com/>)

2.3.2. Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Pedal

Sistem pembangkit listrik tenaga pedal memiliki komponen utama diantaranya terdiri atas sepeda, generator, dan baterai. Sepeda digunakan untuk memutar roda ban yang telah terhubung dengan generator dengan cara mengayuh pedal sepeda sehingga roda sepeda berputar dan generator ikut berputar.

Generator berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Pada saat rotor berputar terjadi medan magnet pada stator yang mengakibatkan adanya gaya gerak listrik.

Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan daya listrik yang dihasilkan oleh generator agar dapat terisi ke dalam baterai keluaran dari generator harus disearahkan terlebih dahulu menggunakan rectifier dan regulator tegangan.

2.4. Generator AC

2.4.1. Pengertian Generator AC

Generator merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan arus listrik. salah satu jenis generator adalah generator arus bolak balik yang akan dibahas saat ini. Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik.

Generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator atau generator AC (alternating current) atau juga generator sinkron. Alat ini sering dimanfaatkan di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus listrik sebagai sumber penggerak.

Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a) Generator arus bolak-balik 1 fasa/*phase*

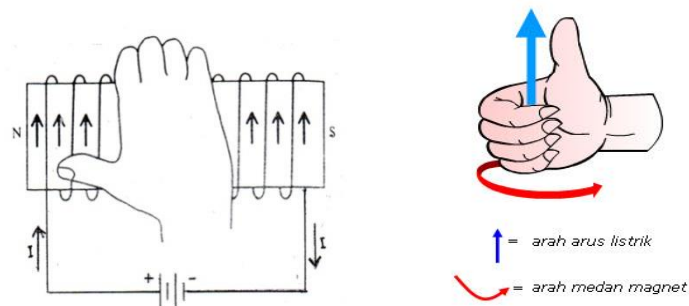
Listrik 1 fasa adalah instalasi listrik yang menggunakan dua kawat penghantar yaitu 1 kawat fasa dan 1 kawat 0 (netral). Pengertian sederhananya adalah listrik 1 fasa terdiri dari dua kabel yaitu 1 bertegangan dan 1 netral. Umumnya listrik 1 fasa bertegangan 220 volt dan digunakan untuk listrik perumahan, namun listrik PLN di jalanan itu memiliki 3 fasa, tetapi yang masuk ke rumah kita hanya 1 fasa karena kita tidak memerlukan daya besar. Misalnya yang ke rumah kita adalah fasa R, tetangga kita mungkin fasa S, dan tetangga yang lain fasa T.

b) Generator arus bolak-balik 3 fasa/*phase*

Listrik 3 fasa adalah instalasi listrik yang menggunakan tiga kawat fasa dan satu kawat 0 (netral) atau kawat ground. Menurut istilah Listrik 3 fasa terdiri dari 3 kabel bertegangan listrik dan 1 kabel Netral. Umumnya listrik 3 fasa bertegangan 380V yang banyak digunakan Industri atau pabrik. Listrik 3 fasa adalah listrik AC (*alternating current*) yang menggunakan 3 penghantar yang mempunyai tegangan sama tetapi berbeda dalam sudut fasa sebesar 120° .

2.4.2. Prinsip Kerja Generator

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik.



Gambar 2.12. Hukum Tangan Kanan Fleming

(Sumber: <https://hasrulhendra.wordpress.com/2013/09/18/elektromagnetik/>)

Hukum Tangan Kanan Fleming, "Apabila sebuah penghantar bergerak keluar memotong garis gaya magnet, maka gaya gerak listrik akan mengalir dari kanan ke kiri. Arah gaya gerak listrik dapat diketahui dengan menggunakan hukum tangan kanan fleming dimana, jari telunjuk menunjukkan arah fluks magnet, ibu jari menunjukkan arah gerakan konduktor, dan jari tengah menunjukkan arah arus induksi."

Besar tegangan generator bergantung pada :

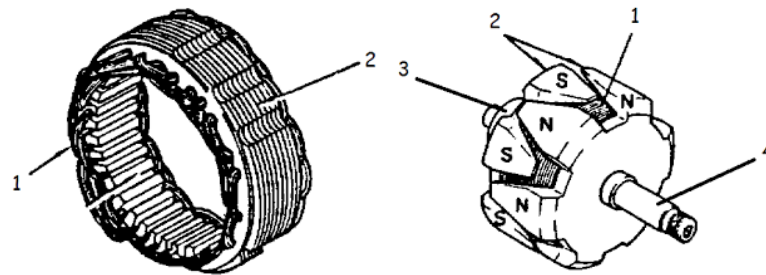
- Kecepatan putaran (N)
- Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
- Banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (f)
- Konstruksi Generator

Generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu :

- Stator, merupakan bagian diam dari generator yang mengeluarkan tegangan bolak balik. Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name plate pada generator. Inti Stator terbuat dari bahan ferromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat

meletakkan lilitan stator. Lilitan stator merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan.

- b. Rotor, merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator. Sedangkan rotor berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).



Gambar 2.13. Stator dan Rotor

Jumlah Kutub pada Generator

Jumlah kutub generator arus bolak-balik tergantung dari kecepatan rotor dan frekuensi dari ggl yang dibangkitkan. Hubungan tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$f = p.n/120 \quad (2.3)$$

Keterangan:

f = frekuensi tegangan (Hz)

p = jumlah kutub pada rotor

n = kecepatan rotor (rpm)

Besarnya Gaya Gerak Listrik

Bila perubahan medan magnet berlangsung dengan cepat maka gaya gerak listrik yang dibangkitkan pada kumparan akan semakin besar. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan rumus :

$$E = \frac{N \times dB}{dt} \quad (2.4)$$

Keterangan:

E = gaya gerak listrik yang dibangkitkan (beda potensial/voltage)

N = jumlah gulungan

dB = perubahan flux magnet (Wb atau volt.detik)

dt = waktu

2.5. Akumulator (Aki/Baterai)

2.5.1. Pengertian Akumulator / Baterai

Aki (*accu*) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Contoh-contoh akumulator adalah baterai dan kapasitor.

Pada umumnya di Indonesia, kata akumulator (sebagai aki atau accu) hanya dimengerti sebagai "baterai" mobil. Sedangkan di bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, kompulsator, dll.

Di dalam standar internasional setiap satu cell akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt, sehingga aki 12 volt, memiliki 6 cell sedangkan aki 24 volt memiliki 12 cell.

Aki merupakan sel yang banyak kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor maupun mobil. Aki termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, aki juga dapat diisi arus listrik kembali. Secara sederhana aki merupakan sel yang terdiri dari elektroda Pb sebagai anode dan PbO_2 sebagai katoda dengan elektrolit H_2SO_4 .



Gambar 2.14. Accu/baterai

2.5.2. Komponen-komponen Akumulator

1. Kotak aki : Berfungsi sebagai rumah atau wadah dari komponen aki yang terdiri atas cairan aki, pelat positif dan pelat negatif berikut separatornya.
2. Lubang ventilasi : Untuk tipe konvensional ada di samping atas dan ada slangnya. Berfungsi untuk memisahkan gas hydrogen dari asam sulfat serta sebagai saluran penguapan air aki. Sedang tipe MF, gas hydrogen dikondisikan lagi menjadi cairan sehingga tidak dibutuhkan lubang ventilasi.
3. Pelat logam: Terdiri dari pelat positif dan negatif. Untuk pelat positif dibuat dari logam timbel preoksida (PbO_2). Sedangkan pelat negatif hanya dibuat dari logam timbel (Pb).
4. Air aki: Dibuat dari campuran air (H_2O) dan asam sulfat (SO_4).
5. Separator: Berada di antara pelat positif dan negatif, separator bertugas untuk memisahkan atau menyekat pelat positif dan negatif agar tidak saling bersinggungan yang dapat menimbulkan short alias hubungan arus pendek.
6. Sel: Adalah ruangan dalam wadah bentuk kotak-kotak yang berisi cairan aki, pelat positif dan negatif berikut separatornya.
7. Terminal aki: Keduanya berada di atas wadah, karena merupakan ujung dari rangkaian pelat-pelat yang nantinya dihubungkan ke beban arus macam lampu dan lainnya. Bagian ini terdiri dari terminal.