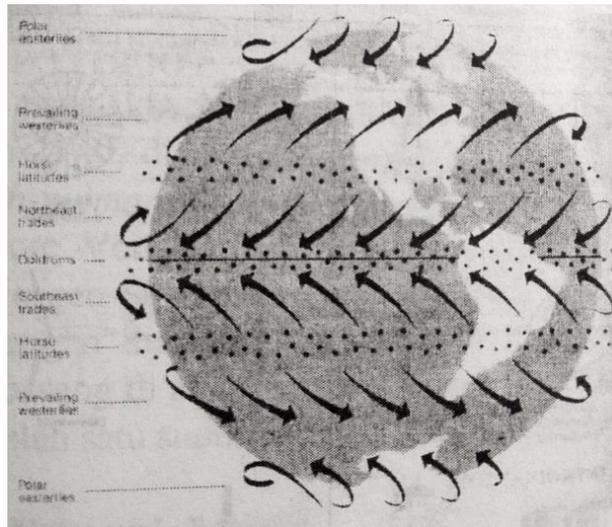


BAB II LANDASAN TEORI

2.1 PLTB

2.1.1 Terjadinya Angin

Energi angin benar benar merupakan bentuk tidak langsung dari energi matahari karena angin terjadi oleh adanya pemanasan yang tak merata pada permukaan bumi oleh matahari dan perputaran bumi pada porosnya. Angin secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai angin planetary dan lokal. Angin planetary disebabkan oleh pemanasan yang lebih besar pada permukaan bumi dekat ekuator dari pada kutub utara dan selatan. Hal ini menyebabkan udara hangat di daerah tropis naik dan mengalir melalui atmosfer ke kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke ekuator di dekat permukaan bumi [3].



Gambar 2.1 Angin Planetary dalam atmosfer bumi^[3]

Arah angin diperbarui oleh rotasi bumi. Udara hangat menuju kutub di atas atmosfer di asumsikan ke arah timur (dikedua himisfer), yang menyebabkan prevailing westerlies. Pada saat yang sama, inersi udara angin bergerak ke equator dekat permukaan bumi menyebabkan bergerak ke barat menghasilkan northeast trade winds di hemisfer utara dan southeast trade winds di himester selatan^[3].

2.1.2 Jenis Jenis Angin

Angin timbul akibat sirkulasi di atmosfer yang dipengaruhi oleh aktifitas matahari dalam menyinari bumi yang berotasi. Dengan demikian, garis katulistiwa akan menerima energi matahari lebih banyak daripada di daerah kutub, dengan kata lain, udara di daerah katulistiwa memiliki tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah kutub. Perbedaan berat jenis dan tekanan inilah yang akan menimbulkan pergerakan udara. Berdasarkan prinsip dari terbentuknya angin, maka angin dapat dibedakan sebagai berikut:

2.1.2.1 Angin Tetap

Jenis angin yang pertama adalah angin tetap. Angin tetap yaitu adalah angin yang mempunyai arah berhembus yang tetap sepanjang tahunnya. Angin tetap ini ini dibagi menjadi dua macam, yakni angin pasat dan juga angin antipasat. Angin pasat merupakan angin yang bertiup dari daerah subtropik menuju ke *equator* atau khatulistiwa. Sedangkan angin antipasat merupakan angin yang bertiup dari daerah *equator* menuju ke daerah subtropik.

2.1.2.2 Angin Muson atau Angin Musim

Angin muson atau angin musim adalah angin yang berhembus secara periodik (minimal 3 bulan) dan antara periode yang satu dengan periode lainnya mempunyai pola yang berlawanan yang berganti ganti arah secara berlawanan pada setiap setengah tahunnya. Setengah tahun pertama biasanya akan bertiup angin darat yang kering dan setengah tahun berikutnya akan bertiup angin laut yang bersifat basah.

2.1.2.3 Angin Laut

Angin laut ini merupakan angin yang bertiup dari lautan menuju ke daratan. Angin ini umumnya bertiup pada siang hari, yakni mulai pukul 09.00 hingga pukul 16.00, angin ini biasanya dimanfaatkan nelayan tradisional untuk menuju pulang sehabis melaut.

2.1.2.4 Angin Lembah

Angin lembah merupakan angin yang bertiup dari lembah menuju ke puncak gunung. Angin ini biasanya terjadi pada siang hari.

2.1.2.5 Angin Gunung

Angin gunung merupakan kebalikan dari angin lembah, yakni merupakan angin yang bertiup dari puncak gunung ke lembah dan biasanya terjadi pada malam hari.

2.1.2.6 Angin Fohn

Angin Fohn atau angin jatuh merupakan sebuah angin yang terjadi sesuai dengan jenis jenis hujan seperti hujan orografis. Angin ini bertiup di suatu wilayah tertentu dengan temperatur serta kelengasan yang berbeda pula. Angin ini terjadi karena adanya gerakan massa udara yang naik ke pegunungan yang tingginya lebih dari 200 meter, naik pada satu sisi kemudian turun lagi di sisi yang lainnya. Angin Fohn yang jatuh dari puncak gunung bersifat panas dan juga kering yang dikarenakan uap air tersebut sudah dibuang pada saat hujan orografis.

2.1.2.7 Potensi Angin Di Indonesia

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan, salah satu energi terbarukan yang dimiliki negara Indonesia adalah energi angin. Potensi energi angin yang dimiliki oleh negara Indonesia sangat besar, mengingat letak geografis Indonesia yang berada pada koordinat 95 derajat bujur timur sampai 141 derajat bujur timur, serta 6 derajat lintang Utara sampai dengan 11 derajat lintang selatan, dan dilewati oleh garis katulistiwa.

Satuan yang digunakan untuk menentukan kecepatan angin adalah km/jam atau dalam Knot ($1 \text{ knot} = 0,5148 \text{ m/det} = 1.854 \text{ km/jam}$). Gambar 2.3 adalah peta potensi energi angin di Indonesia dan tabel 2.1 adalah tabel kondisi angin yang dapat digunakan sebagai referensi dalam mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia. Perbedaan kecepatan udara terlihat pada perbedaan warnanya, kuning pucat menyatakan kecepatan udara rendah, sedangkan kuning, emas, merah, dan coklat menyatakan semaccun besarnya kecepatan angin.

Tabel 2.1 Kondisi Angin Di Indonesia ^[9]

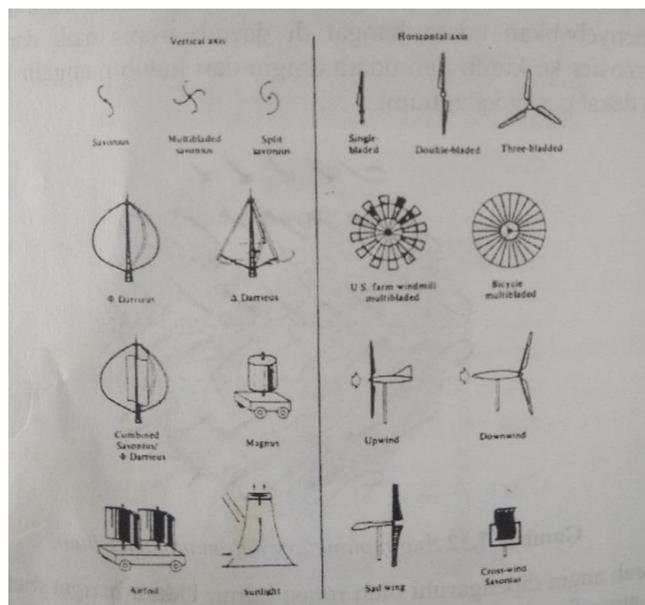
Kelas Angin	Kecepatan Angin (m/s)	Kondisi Angin Didaratan
1	0.3 - 1.5	Angin Tenang Asap Lurus ke atas
2	1.3 - 3.3	Asap Bergerak Mengikuti arah Angin
3	3.4 - 5.4	Wajah Terasa ada Dingin, daun daun bergoyang
4	5.5 - 7.9	Debu jalan, Kertas Berterbangan, Ranting Pohon Bergoyang
5	8.0 -10.7	Ranting Pohon Bergoyang, Bendera Berkibar
6	10.8 -13.7	Ranting Pohon Bergoyang, Air Sungai Berombak Kecil
7	13.9 - 17.1	Ujung Pohon Melngkung
8	17.2 - 20.7	Dapat Mematahkan Ranting Pohon
9	20.8 - 24.4	Dapat Merusak Rumah
10	24.5 - 28.4	Dapat Merobohkan Pohon
11	28.5 - 32.6	Dapat Merobohkan Pohon
12	.>32.6	Tornado

2.1.3 Prinsip Kerja

Pada dasarnya energy matahari yang terserep oleh bumi hanya sekitar 20% diserap oleh atmosfer bumi. Kemudian energy panas yang dihasilkan ini memanaskan atmosfer bumi dimana disini sebagai tempat penyimpanan suatu energy thermal , sebagai gerak konveksi dari atmosfer yang merupakan suatu konversi ke energy kinetic meskipun jumlahnya tidak begitu besar. Hubbert memperkirakan bahwa konveksi arus yang ditimbulkan oleh lautan dan atmofer bergabung membentuk suatu energy yang besarnya $3,7 \cdot 10^{14}$ Watt. Menurut Willet, yang juga dikutip oleh putman, energy angin dapat memberikan daya sebesar $2 \cdot 10^{13}$ Watt. Bila 1% dari perkiraan daya menurut Willet dimanfaatkan, suatu daya sebesar $2 \cdot 10^{11}$ Watt akan diperoleh. Angka ini merupakan 3% dari kebutuhan energy dunia tahun 1972.^[3]

2.1.4 Jenis Kincir Angin

Manusia sudah sejak lama memimpikan untuk mengkonversi energi angin pada energi mekanis dan bahkan akhir akhir ini ke energi listrik. Pada awal mulanya dahulu energi angin digunakan untuk menggerakkan kapal, yaitu dengan menggunakan layar kincir angin (Wind mill), yang ditemukan kemudian beberapa ratus tahun yang lalu. Referensi terbaru tentang wind mill terdapat dalam tulisan arab dari abad IX seuseai masehi yang menjelaskan kincir angin dioperasikan di perbatasan persia dan afganistan sudah digunakan sejak beberapa abad sebelumnya.^[3]



Gambar 2.2 Jenis jenis kincir^[3]

2.1.4.1 Kincir Angin Tipe Vertikal (VAWT)

Pada awalnya jenis ini lebih awal ada dan kadang disebut sebagai Persian Windmill, merupakan evolusi dari kapal. Tekanan angin yang mengenai layar menyebabkan roda berputar. Jenis ini sama dengan yang digunakan di china untuk menguapkan air laut sehingga menghasilkan garam, terjadi pada Abab XIII. Yang terakhir di Crimea, Eropa, dan USA, yang masih berlangsung hingga kini. Yang paling berhasil disebut Savonius Windmill.^[3]



Gambar 2.3 Jenis Kincir Angin Vertikal

2.1.4.2 Kincir Angin Sumbu Horizontal (HAWT)

Setelah ide kincir angin sampai di Eropa, sumbunya diubah ke horizontal. Hal seperti ini terdapat di Perancis dan Inggris di Abad XII dan disebut post mill. Modifikasi kincir ini terjadi di Eropa dan Amerika, dulunya digunakan untuk menggiling gandum, drainase, penggergaji kayu dan lain sebagainya.^[3]



Gambar 2.4 Jenis Kincir Angin Horizontal

2.1.5 Komponen Utama Kincir Angin

2.1.5.1 Poros

Poros merupakan bagian yang penting dalam kincir karena berfungsi untuk mendistribusikan energi pada generator

2.1.5.2 Sudu

Blade atau sudu angin merupakan salah satu bagian pada kincir angin yang mana fungsinya yaitu untuk menerima energi angin dan merubahnya menjadi putaran mekanik melalui poros ke generator.

Pada kincir angin umumnya jumlah blade sangat bervariasi dari yang berjumlah 2, 3 dan 4 ataupun lebih. Pada umumnya, sudu kincir angin propeller berjumlah 3 buah yang sering digunakan karena memiliki getaran yang tidak terlalu besar, jika lebih dari 3 buah sudu maka akan berpengaruh terhadap getaran sehingga mengakibatkan semacmudanya pula torsinya. Desain sudu kincir angin dibuat se-aerodinamis mungkin supaya menghasilkan efisiensi sebesar mungkin, mengingat efisiensi penyaluran daya sudu kincir angin masih rendah sebesar 20- 30%. Untuk kincir yang memiliki kecepatan rata-rata angin rendah, biasanya menggunakan ekor pengarah. Fungsi dari ekor pengarah (tail vane) adalah untuk membelokkan posisi rotor terhadap arah datangnya angin sehingga mengoptimalkan operasional dan mengamankan dari putaran lebih apabila kecepatan angin telah melebihi kecepatan cut-out dari kincir angin tersebut.

2.1.5.3 Transmisi (Gearbox)

Transmisi kincir angin berfungsi untuk memindahkan daya dari rotor ke generator dengan dipercepat putaranya. Hal ini diperlukan karena umumnya putaran rotor berotasi pada putaran rendah, sementara generatornya bekerja pada putaran tinggi. Poros dan transmisi pada bagian kincir angin berfungsi untuk memindahkan daya dari rotor ke generator secara langsung maupun melalui mekanisme transmisi gearbox.

2.1.5.4 Generator

Generator adalah alat yang fungsinya mengubah energi gerak ke energi listrik. Energi mekanik yang dimaksud disini digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Energi mekanik disini bisa disebabkan dari berbagai sumber energi baik

itu dari energi panas, potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan ada yang berasal dari motor listrik.

Tenaga listrik yang dihasilkan generator dibagi menjadi dua macam, yaitu generator arus searah dan arus bolak-balik, hal ini dapat terjadi dikarenakan konstruksi dari generator itu sendiri dalam sistem penentuan arusnya.^[1]

Generator dapat dibedakan menjadi dua jenis menurut arus yang dihasilkan, yaitu generator AC menghasilkan arus bolak-balik dan generator DC yang menghasilkan generator searah. Tiga hal pokok dalam prinsip generator yaitu :

1. Adanya fluks magnet yang dihasilkan oleh kutub magnet
2. Adanya kawat penghantar listrik dimana dapat menghasilkan terbentuknya GGL induksi.
3. Adanya gerak relatif antara kawat penghantar dan fluks magnet.

2.1.5.4.1 Generator Arus Bolak Balik

Generator arus bolak-balik atau bisa juga disebut generator AC memiliki bagian utama yang terdiri dari magnet permanen (tetap), Kumparan, cincin geser, dan sikat. Pada generator ini perubahan garis gaya magnet yang diperoleh dengan memutar kumparan yang ada di dalam medan magnet permanen^[1]. Karena dihubungkan dengan cincin geser, maka perputaran kumparan yang terjadi tersebut menimbulkan GGL Induksi AC. Kejadian tersebut menimbulkan arus AC.

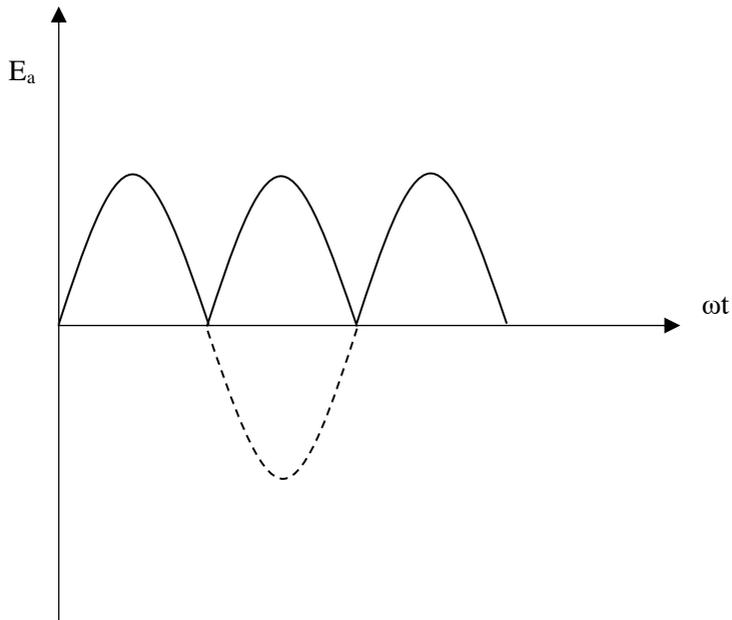
2.1.5.4.2 Genarator Arus Searah

Suatu mesin listrik akan berfungsi apabila :

- 1) Kumparan medan, untuk menghasilkan magnet
- 2) Kumparan jangkar, untuk mengimbaskan ggl pada konduktor – konduktor yang terletak pada alur – alur jangka
- 3) Celah udara, yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

Pada mesin arus searah, kumparan medan berbentuk kutub sepatu merupakan stator (bagian tidak berputar), dan kumparan jangkar merupakan rotor (bagian yang berputar), bila kumparan jangkar berputar dalam medan magnet, akan dibangkitkan tegangan (ggl) yang berubah – ubah arah setiap setengah putaran. Sehingga merupakan tegangan bolak-balik, untuk menyearahkan tegangan bolak-balik disini maka diperlukan alat penyearah yang dinamakan komutator dan sikat.

Prinsip komutator disini yaitu apabila pada kedua ujung kumparan dipasang cincin, tegangan yang keluar dari ujung kumparan ini merupakan suatu gelombang sinusoid dengan setengah siklus negatifnya dibalik menjadi positif dengan demikian tegangan yang keluar merupakan suatu tegangan searah ^[12].



Gambar 2.5 Gelombang Arus Searah ^[12]

Untuk tegangan induksi berlaku hubungan :

$$E_a = Cn\Phi \text{ Volt} \quad [12] \quad (2.1)$$

Dimana :

Φ = Fluks/kutub

n = Putaran (rpm)

$C = (p/a) \times (Z/60) = \text{konstanta}$

a = Jumlah paralel konduktor

Z = Jumlah konduktor jangkar

2.1.5.4.3 Jenis Jenis Generator DC

Berdasarkan cara memberikan fluks pada kumparan medannya, generator arus searah dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu generator berpenguatan bebas dan generator berpenguatan sendiri ^[12] .

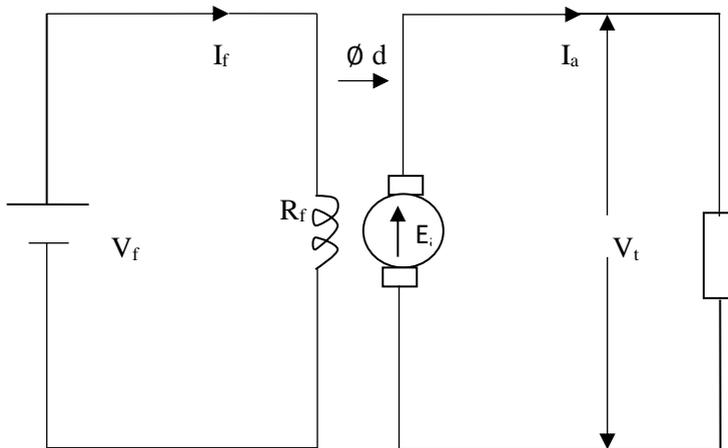
1. Generator Berpenguatan Bebas

Tegangan searah yang dipasang pada kumparan medan yang mempunyai tahanan R_f akan menghasilkan arus I_f dan menimbulkan fluks pada kedua kutub. Tegangan induksi akan dibangkitkan pada generator ^[12].

Jika generator dihubungkan dengan beban dan R_a adalah tahanan dalam generator, maka hubungan yang didapat dinyatakan dengan :

$$V_f = I_f R_f \quad (2.3)$$

$$E_a = V_t + I_a R_a$$



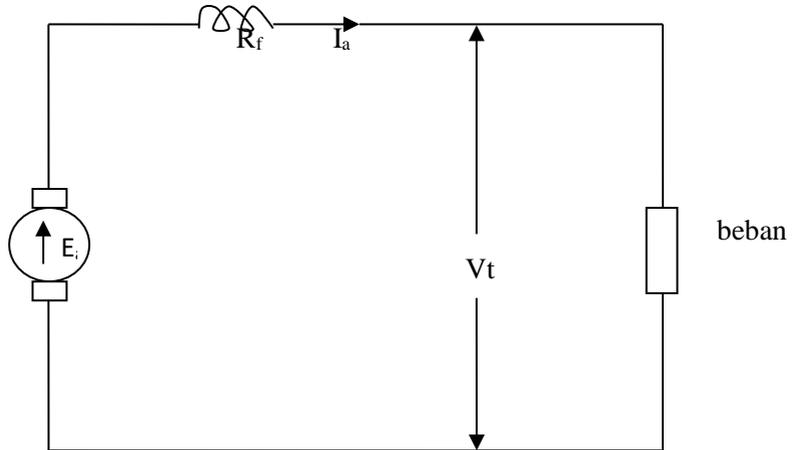
Gambar 2.6 Rangkaian Generator Berpenguatan Bebas^[12]

2. Generator Berpenguatan Sendiri

Pada generator ini terdiri dari atas generator searah seri dan generator shunt. Pada generator searah seri berlaku hubungan :

$$V_t = I_a R_a \quad (2.4)$$

$$E_a = I_a (R_a + R_f) + V_t$$

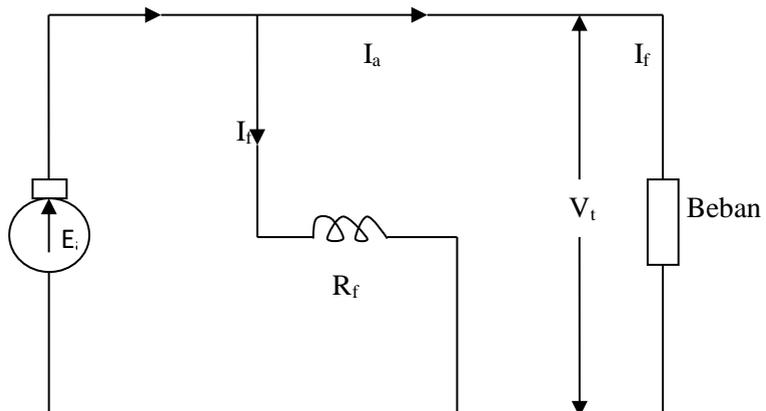


Gambar 2.7 Rangkaian Generator Berpenguatan Sendiri Rangkaian Seri^[12]

Untuk generator Shunt berlaku hubungan :

$$V_t = I_f R_f \quad (2.5)$$

$$E_a = I_a R_a + V_t$$



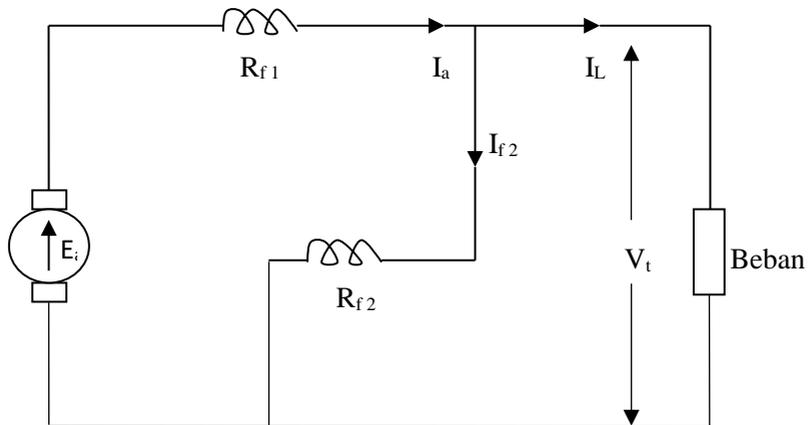
Gambar 2.8 Rangkaian Berpenguatan Sendiri Rangkaian Shunt^[12]

3. Generator Kompon

Generator ini terdiri atas generator kompon panjang dan generator kompon pendek. Untuk generator kompon panjang berlaku hubungan :

$$I_a = I_{f1} = I_L + I_{f2} \quad (2.6)$$

$$E_a = V_t I_a (R_a + R_{f1})$$

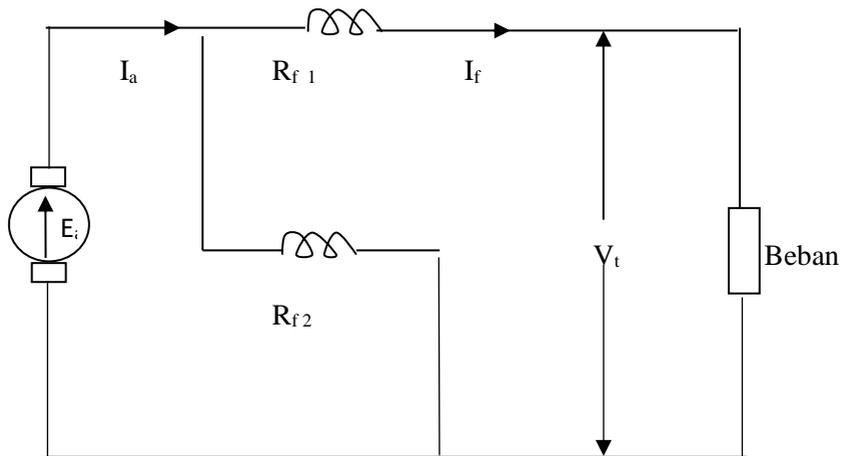


Gambar 2.9 Rangkaian Generator Kompon Panjang^[12]

Untuk generator kompon pendek berlaku hubungan :

$$I_a = I_{f1} + I_{f2} = I_L + I_{f2} \quad (2.7)$$

$$E_a = V_t I_L R_{f1} + I_a R_a$$



Gambar 2.10 Rangkaian Generator Kompon Pendek^[12]

2.1.5.5 Menara

Menara berfungsi menyangga kincir angin. Pada kincir angin modern, tinggi tower biasanya mencapai 40 – 60 meter. Menara dapat dibedakan menjadi bentuk tubular dan bentuk lattice. Keuntungan dari bentuk tubular yaitu aman, sedangkan lattice mempunyai biaya yang murah .

2.1.5.6 Baterai

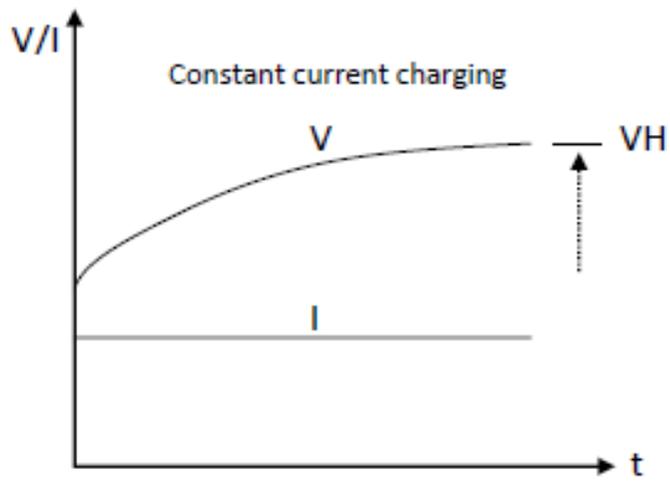
Baterai adalah wadah untuk menyimpan energi listrik. Energi listrik yang tersimpan dalam bentuk energi listrik searah (DC). Penggunaan baterai hanya bersifat sementara karena baterai harus diisi ulang untuk tetap dapat digunakan. Tiap tiap baterai memiliki karakter yang berbeda beda tergantung dari fungsi kegunaan baterai itu sendiri.^[2]

Dalam sebuah accu berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam accu saat dipakai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

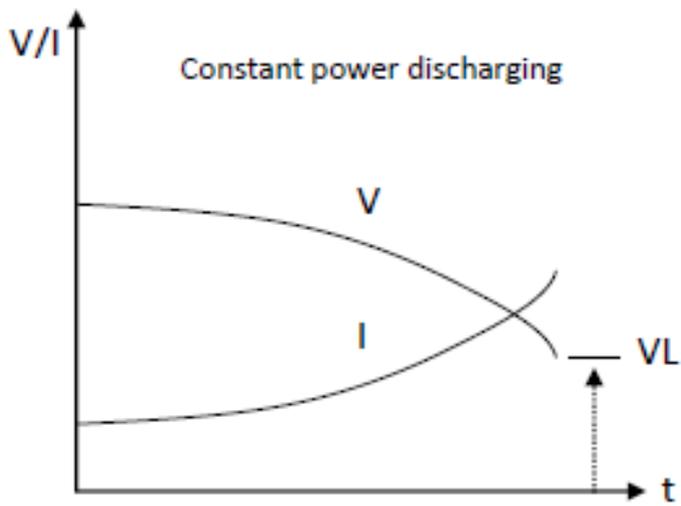
Pada accu kendaraan bermotor arus yang terdapat di dalamnya dinamakan dengan kapasitas accu yang disebut Ampere-Hour/AH (Ampere-jam). Contohnya untuk accu dengan kapasitas arus 5 AH, maka accu tersebut dapat mencatu arus 5 Ampere selama 1 jam atau 1 Ampere selama 5 jam .

2.1.5.6.1 Metode Pengisian dan Pelepasan

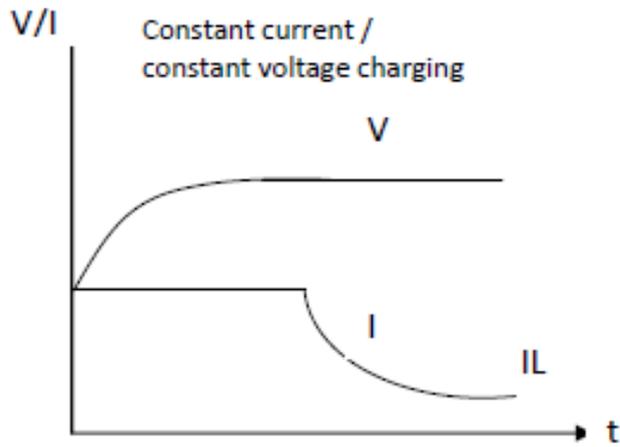
Battery (accumulator) merupakan salah satu komponen yang sangat penting untuk memberikan supply tenaga, akan tetapi dalam alat ini, accumulator digunakan untuk menyimpan energi listrik yang berasal dari solar cell. Penelitian atau percobaan tentang Proses Charge dan Discharge telah menghasilkan banyak sekali metode yaitu antara lain. Proses Charge dan Discharge dengan Arus Konstan. Proses Charge dan Proses Discharge dengan arus konstan yang ditunjukkan pada Gambar 2.13 dan Gambar 2.14 dapat diambil kesimpulan bahwa, proses charge discharge akan berakhir ketika waktu yang telah diset terlampaui atau apabila kapasitas battery (accumulator) yang ditentukan telah terpenuhi.



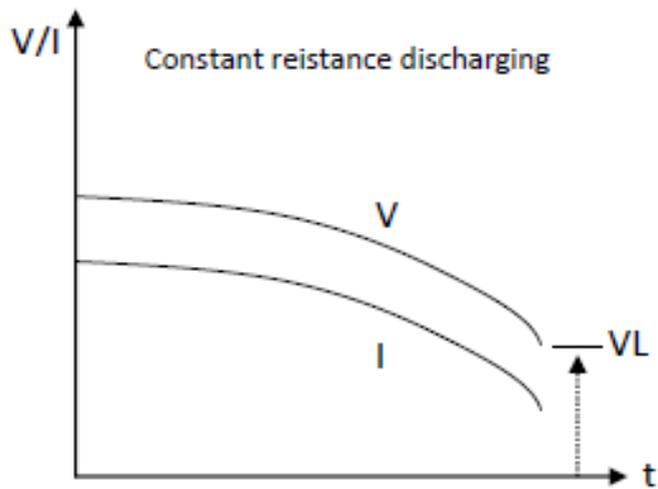
Grafik 2.1 Proses charge dengan arus konstan



Grafik 2.2 Proses Discharge dengan Daya Konstan



Grafik 2.3 Proses Charge Dengan Arus Konstan / Tegangan Konstan



Grafik 2.4 Proses discharge dengan resistansi konstan

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian accumulator, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan dan persamaan

2.1.5.6.2 Lama pengisian Arus

$$T_a = \frac{Ah}{A} \quad (2.7)$$

Keterangan :

T_a = Lamanya pengisian arus (jam).

Ah = Besarnya kapasitas accumulator (Ampere hours).

A = Besarnya arus pengisian ke accumulator (Ampere).

2.1.6 Daya Energi Listrik

1. Mampu menyimpan daya dalam jumlah besar.
2. Dapat menyalurkan daya yang disimpan baik dalam jumlah yang kecil maupun besar tanpa mengalami kerusakan.
3. Tahan lama (reliable).
4. Output tegangan dari baterai harus bebas dari fluktuasi atau noise

Secara umum pengertian daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam Watt atau Horse Power (HP). Horse Power merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP sama dengan 746 Watt. Satuan daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Untuk menghitung daya digunakan rumus berikut:

$$P = V \cdot I \quad (2.8)$$

Dimana :

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.1.7 Daya Angin

Daya Secara umum pengertian daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam

Watt atau Horse Power (HP). Horse Power merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP sama dengan 746 Watt. Satuan daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Untuk menghitung daya digunakan rumus berikut:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \quad [11] \quad (2.9)$$

Dimana :

P = Massa jenis udara $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

A = Luas penampang sudu (m^2)

V = Kecepatan angin (m/dt)

2.1.8 Daya Kincir

Daya kincir yang dihasilkan kincir (P_{out}) accubat adanya angin dinyatakan dengan rumus berikut:

$$\omega = \frac{\pi \eta}{30} \text{ rad/s} \quad [6] \quad (2.10)$$

Dimana :

P_{out} : Daya yang dihasilkan oleh kincir angin (watt)

η : Putaran poros (Rpm)

2.1.9 Koefisien Kincir (CP)

Koefisiensi kincir adalah bilangan yang tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan antara Daya Kincir angin (P_{out}) dan Daya angin (P_{in}) dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \quad [11] \quad (2.11)$$

Dimana:

η = Efisiensi kincir angin (%)

P_{out} = Daya kincir angin (Watt)

P_{in} = Daya angin (Watt).

2.1.10 Tip Speed Ratio

Tip Speed Ratio (TSR) adalah perbandingan antara kecepatan ujung sudu kincir angin dengan kecepatan angin dirumuskan sebagai berikut :

$$T_{sr} = \frac{2 \pi r n}{60 v} \quad [11] \quad (2.12)$$

Dengan :

r = jari jari kincir (m)

n= putaran poros tiap menit(rpm)

v= Kecepatan angin (m/s)

2.2 PLTS

2.2.1 Prinsip Kerja

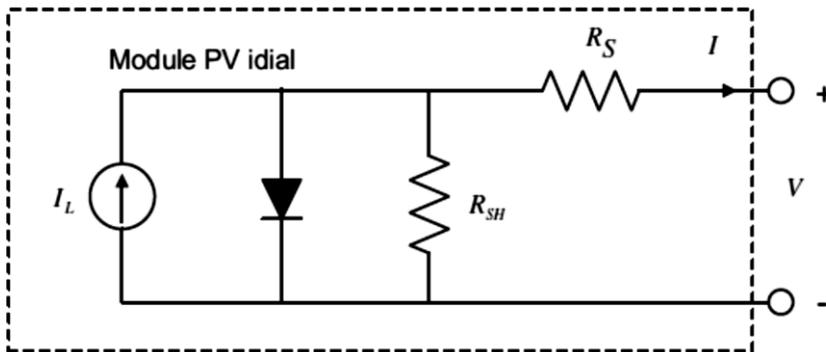
Pada dasarnya prinsip Pengkonversian tenaga surya menjadi listrik melalui beberapa proses yaitu :

1. Absorpsi cahaya dalam semikonduktor
2. Pemisahan serta pembangkitkan muatan positif dan negative bebas ke daerah daerah lain dari sel surya, yang berfungsi guna membangkitkan tegangan dalam sel surya
3. Pemandahan muatan muatan yang terpisah tersebut ke terminal listrik berbentuk aliran tenaga listrik.^[3]

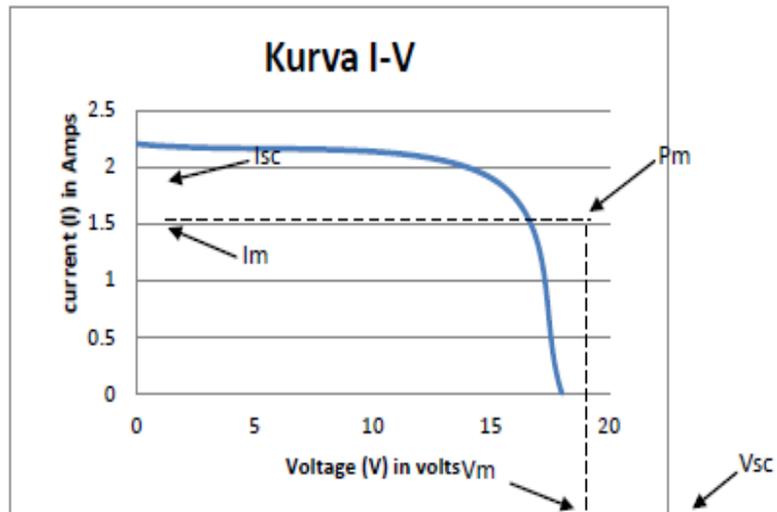
2.2.2 Karakteristik

Sel surya dibuat dari bahan semikonduktor yang mana bahan ini berperan untuk insulator pada temperatur yang rendah kemudian bahan konduktor bila ada energi dan panas bahan yang dimaksudkan pada sel surya disini yaitu silikon.

Pada Silikon Sel Surya terdapat sebuah diode yang tercipta dari 3 lapisan atas silikon tipe n (silicon doping of “phosphorous”), dan lapisan bawah silikon tipe p (silicon doping of “boron”). Elektron-elektron bebas terbentuk dari milion photon atau benturan atom pada lapisan penghubung (junction= 0.2-0.5 micron) menyebabkan terjadinya aliran listrik.^[8]



Gambar 2.11 Rangkaian Persamaan Sel Surya



Grafik 2.5 Kurva I-V ^[4]

Keterangan:

I_{sc} = Short-circuit current

V_{sc} = Open-circuit voltage

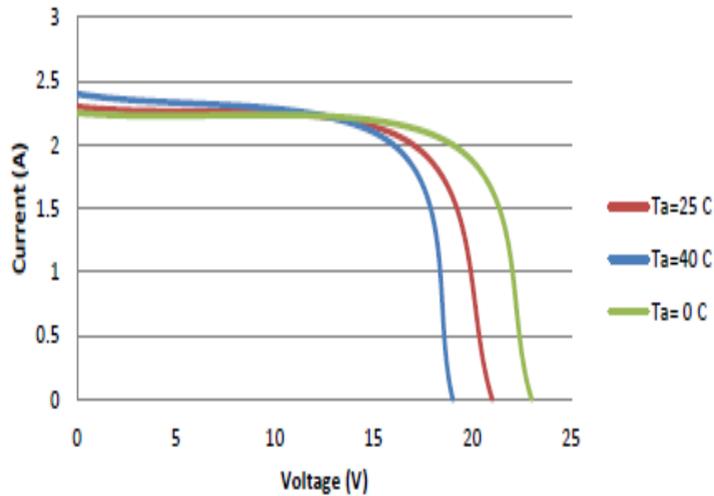
V_m = Voltage maximum power

I_m = Current maximum power

P_m = Power maximum-output dari PV array (watt)

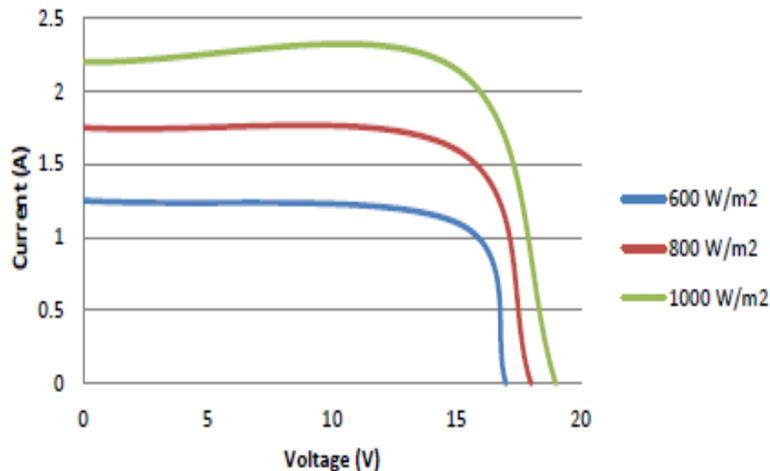
Sel surya dapat bekerja secara maximal apabila suhu sel tetapanormal (pada 25 derajat celsius), pada kenaikan temperatur yang lebih tinggi dari suhu normal pada PV

sel dapat melemahkan voltage (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1 derajat celsius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan 8 atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat C. Gambar 2.6 merupakan grafik pengaruh temperatur pada solar cell dalam °C.



Grafik 2.6 Arus Terhadap Temperatur^[4]

Efek Radiasi panas dari solar matahari di bumi dan berbagai macam lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada current (I) sedikit pada volt.



Grafik 2.7 Arus Terhadap Tegangan

Pada kecepatan tiupan angin disekitar lokasi PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca PV array. Keadaan atmosfer bumi—berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan PV.

Orientasi dari rangkaian PV (array) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maximum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (tilt angle) dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maximum (lihat penjelasan tilt angle). Sebagai guideline: untuk lokasi yang terletak di belahan utara latitude, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke Selatan, orientasi ke timur—barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel/deretan PV, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.^[8]

Pada gambar 2.5 tilt angle (sudut orientasi matahari) mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maximum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka extra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap sun altitude yang berubah setiap jam dalam sehari).^[8]

2.2.3 Jenis-jenis

2.2.3.1 Monokristal (Mono-Crystalline)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan^[8].

2.2.3.2 Polikristal (Poly-crystalline)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Type ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan type monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah^[8].

2.2.3.3 Thin Film Photovoltaic

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokrystal & polykrystal. Inovasi terbaru adalah Thin Film Triple Junction PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang setara^[8].

2.2.4 Parameter

Pengoperasian maximum Sel Surya sangat tergantung pada :

2.2.4.1 Ambient Air Temperature

Sebuah Sel Surya dapat beroperasi secara maximum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat Celsius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperature normal pada PV sel akan melemahkan voltage (Voc). Setiap kenaikan temperatur Sel Surya 1 derajat celsius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 10 derajat C.

2.2.4.2 Radiasi Solar Matahari

Radiasi solar matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada current (I) sedikit pada volt.

2.2.4.3 Kecepatan Angin Bertiup

Kecepatan tiup angin disekitar lokasi PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca PV array.

2.2.4.4 Keadaan Atmosfer Bumi

Keadaan atmosfer bumi—berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan PV.

2.2.4.5 Orientasi Panel atau Array PV

Orientasi dari rangkaian PV (array) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maximum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (tilt angle) dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maximum (lihat penjelasan tilt angle). Sebagai guideline: untuk lokasi yang terletak di belahan Utara latitude, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke Selatan, orientasi ke Timur—Barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel - panel/ deretan PV, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum. Posisi letak sel surya (array) terhadap matahari (tilt angle) Tilt Angle (sudut orientasi Matahari), Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maximum 1000 W/m² atau 1 kW/m². Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka extra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap sun altitude yang berubah setiap jam dalam sehari).

2.2.5 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.



Gambar 2.12 Solar Charge Control

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan overvoltage.
- b. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
- c. Monitoring temperatur baterai.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / accu dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.

2.2.5.1 Jenis-Jenis

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

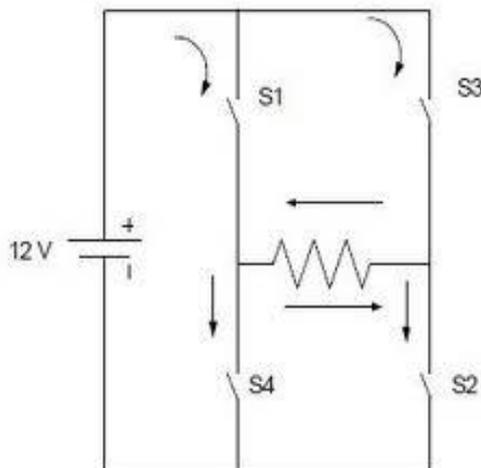
- a. PWM (Pulse Wide Modulation), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form.

b. MPPT (Maximun Power Point Tracker), yang lebih efisien konversi DC to DC (Direct Current). MPPT dapat mengambil maximum daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

2.2.6 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa batteray, solar panel, accu kering dan sumber tegangan DC lainnya. Sedangkan keluaran dari inverter adalah tegangan AC 220v atau 120v, dan frekuensi output 50Hz atau 60Hz.

Pada dasarnya inverter adalah alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk gelombang sinusoida, melainkan gelombang persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua buah pasang saklar. Berikut ini adalah gambar yang menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tegangan persegi.



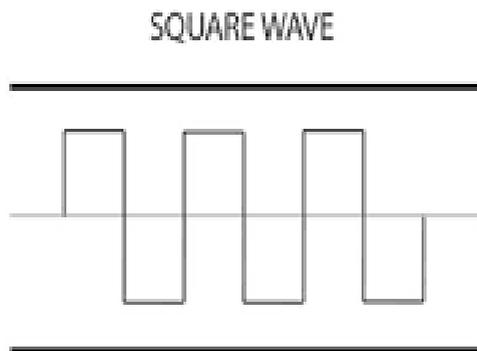
Gambar 2.13 Prinsip Dasar Inverter

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada diatas. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3

dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa (pulse width modulation – PWM) dalam proses conversi tegangan DC menjadi tegangan AC. Jenis-Jenis gelombang yang dihasilkan inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu square wave, modified sine wave, dan pure sine wave.

2.2.6.1 Square Wave

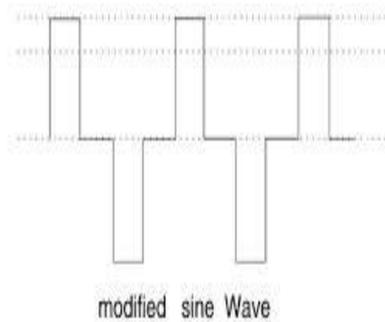
Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220 VAC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level “total harmonic distortion” yang tinggi. Mungkin karena alasan itu inverter ini disebut “dirty power supply”.



Gambar 2.14 Output Square Wave

2.2.6.2 Modified Sine Wave

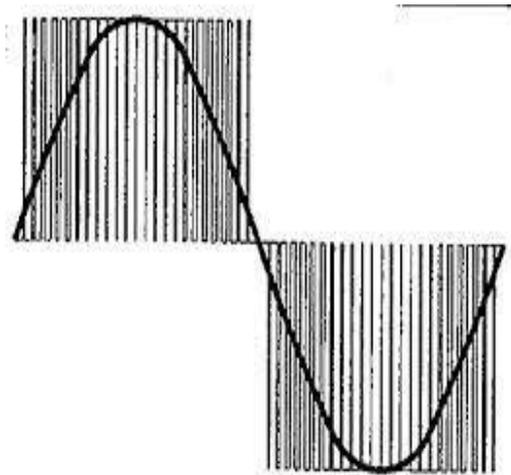
Modified Sine Wave disebut juga “Modified Square Wave” atau “Quasy Sine Wave” karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan square wave, namun pada modified sine wave outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti computer, tv, lampu namun tidak bias untuk beban-beban yang lebih sensitive.



Gambar 2.15 Output Modified Sine Wave

2.2.6.3 Pure Sine Wave

Pure Sine Wave atau true sine wave merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai (bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoida sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini PLN. Dengan total harmonic distortion (THD) < 3% sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut “ clean power supply”. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut pulse width modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.



Gambar 2.16 Output Sine Wave

2.2.7 Selenoid

Selonoid adalah suatu alat yang berfungsi melakukan gerak linier. Selenoid dapat berupa elektromagnetis (AC/DC), hidrolik atau pneumatik. Semua operasi berdasarkan pada prinsip prinsip dasar yang sama, dengan memberikan sumber tegangan maka selenoid dapat menghasilkan gaya linear ^[7]. Contohnya untuk menekan tombol, memukul tombol pada piano, operator katup, dan bahkan robot lompat.

Perbedaan selenoid dan motor adalah selonoid tidak berputar seperti motor sedangkan Prinsip kerja dari selenoid ini adalah apabila diberikan arus listrik melalui kawat ini, maka terjadilah medan magnet untuk menghasilkan energi yang bisa mendorong inti besi. Poros dalam dari selenoi ini terbuat dari baja atau besi, yang disebut plunger. Medan magnet ini kemudian menerapkan kekuatan plunger ini, baik menarik atau kembali ke posisi semula (repeling).



Gambar 2.17 Selenoid

2.2.8 Reley

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan lewat arus. Relay memiliki kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah kumparan inti. Terdapat sebuah

armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju inti, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal tertutup menuju kontak normal terbuka.

Relay dapat digunakan untuk mengatur motor ac dan motor dc atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan kontrol dengan rangkaian berbeban. Di antara aplikasi relay dapat ditemukan diantaranya sebagai kontrol relay ON/OFF beban dengan sumber tegangan yang berbeda.

2.2.8.1 Sifat sifat relay :

1. Impedansi Kumparan, biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan.
2. Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan relay besarnya sama dengan tegangan dikalikan arus
3. Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada kontak dan jenis relaynya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang ditentukan antara kontak tersebut. ^[5]

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”