

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Rusman dengan judul Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar cell Dengan Kapasitas 50 Wp. Sistem ini menggunakan komponen seperti berikut: solar cell sebagai perangkat yang mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik, charge controller untuk meng-atur lalu lintas listrik dari modul surya ke baterai, baterai untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya, inverter untuk mengubah arus DC(searah) ke AC(bolak-balik). Hasil yang didapat :

No	Waktu	Vin	Iin	Vout	Vout
1	08.00	12	0,1	11	0,1
2	09.00	16	2,5	14	2,3
3	10.00	17	3,5	15	3,2
4	11.00	18	3,7	16	4,1
5	12.00	20	4,5	18	4,2
6	13.00	17	4,3	15	4,0
7	14.00	16	3,7	14	3,5
8	15.00	15	3,5	13	3,0
9	16.00	13	2,4	12	2,4
10	17.00	12	0,5	10	0,3

Tabel 1 data matahari

Muhammad Sahori 2011 “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Lampu Lalu Lintas Di Pekanbaru” melakukan penelitian tentang lampu lalu lintas yang belum menggunakan energi alternatif yang menggunakan solar cell sebagai sumber energinya yang masuk SCC dan baterai lalu kemudian outputnya masuk ke lampu. Sedangkan PJU yang lama bergantung pada listrik yang di alirkan dari PT. PLN, Jika terjadi gangguan atau pemadaman maka lampu lalu lintas akan ikut mati. Dan penulis ingin lampu lalu lintas tersebut selalu menyala walau dalam ke adaan apapun maka supplai listrik di lampu lalu lintas di ganti supplai dari penggunaan solar cell. Komponen yang

digunakan terdiri dari modul DT-51 LCMS, mikrokontroler ATMEL AT89S51, panel yang digunakan 10watt , BCR 10a 12V DC dan kapasitas battery 12V 5Ah. Kesimpulan di atas adalah lampu lalu lintas yang terpasang tidak di aliri arus listrik dari PT. PLN dan beralih menggunakan solar cell.

Joelius Kierby 2012 “Pengisian Baterai Handphone Dengan Solar Cell” melakukan penelitian memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi alternatif dengan menggunakan solar cell, SCC, baterai dan inverter sebagai komponen pendukung utama. Dengan penggunaan solar cell sebagai penyuplai arus listrik yang di manfaatkan untuk peralatan elektronik yaitu untuk pengisian baterai handphone yang menggunakan arus listrik yang di peroleh dari solar cell dan mengubah arus listrik dari solar cell dengan menggunakan inverter. Yang bertujuan menjadikan arus listrik tersebut menjadi AC dari sebelumnya dari solar cell berupa DC. kapasitas beban yang akan diisi cukup kecil karena berupa battery handphone, rangkaian yang di aliri arus 100mA dengan arus yang di naikan menjadi 176 mA. Kesimpulan yang di peroleh yaitu solar cell tidak bisa menghasilkan daya yang besar, maka pengisian baterai cadangan membutuhkan waktu yang lama.

Budi Setiawan 2015 “Penggunaan Panel Surya Sebagai Energi Alternatif Pedagang Kaki Lima” melakukan penelitian manfaatakn solar cell untuk menyuplai arus listrik untuk pedagang kaki lima, alat yang terdiri dari solar cell baterai, SCC dan inverter yang mengubah listrik dari solar cell dari DC menjadi arus AC, yang umumnya saat berjualan dapat pindah sewaktu-waktu yang memungkinkan penggunaan solar cell sebagai sumber energi listrik. Jika menggunakan arus listrik yang di alirkan oleh PT. PLN kurang efektif karena sifat pedagang kaki lima yang hanya sementara di lokasi tersebut, dan ini juga termasuk dalam pemanfaatan energi alternatif dalam penggunaan solar cell. Kapasitas solar cell 100wp, kapasitas battery yang digunakan 12v 70Ah, inverter yang digunakan 2000 watt. Kesimpulan yang di peroleh yaitu listrik yang di peroleh dari menggunakan solar cell hanya di gunakan untuk penerangan pedagang kaki lima.

Ahmad Faiz Fahrizy 2016 “Desain Sistem Monitoring State of Charge Baterai pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperature” melakukan desain dan monitoring pengisian

baterai mobil listrik, melakukan penelitian seberapa lama umur baterai saat dilakukan overcharge dan overdischarge dari proses charge-discharge baterai yang kurang diperhatikan. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan estimasi state of charge yang akurat, sehingga mampu mendeteksi ketika batas atas tegangan pengisian baterai telah tercapai untuk mencegah baterai dari kerusakan overcharge. Selain itu, batas bawah dari tegangan baterai juga harus diperhatikan agar tidak terjadi overdischarge. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu mengetahui umur baterai mobil listrik yang diisi menggunakan listrik yang dihasilkan oleh solar cell.

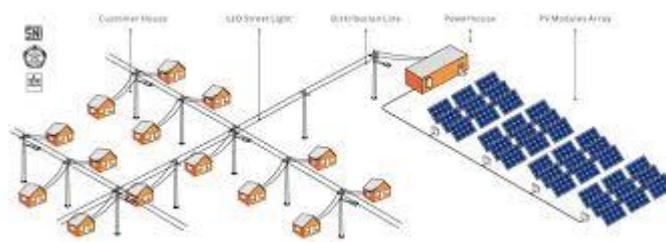
2.2 PLTS

PLTS adalah salah satu pembangkit listrik yang sangat sederhana dan mudah dipasang di rumah, sehingga PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari. PLTS sering juga disebut Solar Photovoltaic, atau Solar Energy. Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial dan mempunyai prospek cukup besar untuk dikembangkan, karena matahari tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Di Riau, waktu matahari dengan intensitas yang cukup berkisar 12 jam per hari. Untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik II-2 dibutuhkan devais untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut sel surya (solar cell), berupa semikonduktor. Pembangkit listrik dengan menggunakan solar cell ini sangatlah efisien karena tidak memerlukan keahlian khusus untuk pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan. Dengan kapasitas yang relative kecil penggunaan pembangkit ini bias digunakan untuk beban lampu atau listrik yang dihasilkan dapat dijadikan listrik cadangan misalnya beban penerangan (emergency lamp) skala kecil pada saat terjadi pemadaman listrik oleh pembangkit konvensional. Namun disamping itu juga diperlukan perencanaan dan perhitungan yang tepat agar listrik yang akan dihasilkan nantinya sesuai dengan kapasitas solar cell yang kita miliki.

PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan

besar, baik secara mandiri, maupun dengan Hybrid (dikombinasikan dengan sumber lain, seperti PLTS-genset, PLTS microhydro, PLTS-Angin), baik dengan metoda desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel) Banyaknya potensi alam indonesia yang dapat di manfaatkan di untuk di jadikan energi terbarukan, contohnya dari beberapa sektor yang telah di jalankan antaranya adalah tenaga surya, tenaga panas bumi, mikrohidro dan tenaga angin yang umumnya di gunakan di daerah pinggir pantai yang memiliki angin yang cukup kencang.

Dari beberapa jenis energi terbarukan tersebut yang umum di gunakan di indonesia adalah pemanfaatan sel surya, pada umumnya sel surya di gunakan sebagai energi cadangan saat terjadi gangguan dari PLN, pemanfaatannya sebagai energi cadangan saat terjadi keadaan darurat.



Gambar 1 Pengaplikasian PLTS

Berdasarkan data yang di dapat penyinaran matahari yang di kumpulkan dari 18 lokasi di indonesia, data menunjukan bahwa radiasi di indonesia dapat di golongan berturut-turut dari kawasan barat dan timur di indonesia dengan distribusi penyinaran:

1. Kawasan barat indonesia (KBI) = 4.5 kWh/m².hari, variasi bulanan sekitar 10%
2. Kawasan timur indonesia (KTI) = 5.1 kWh/m².hari, variasi bulanan sekitar 9%
3. Rata-rata indonesia = 4.8 kWh/m².hari, variasi bulanan sekitar 9%

Hal ini mengisyaratkan bahwa:

1. Radiasi sinar matahari merata sepanjang tahun.

2. Kawasan Indonesia timur memiliki penyinaran yang lebih baik.

Energi surya ini dapat dimanfaatkan dengan tiga cara seperti energi surya fotovoltaic, surya termal dan CSP.

a. Fotovoltaic

Merupakan sejumlah yang di rangkai secara seri dan paralel, yang berfungsi untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup sistem catu daya beban. Komponen utama surya fotovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya fotovoltaic, secara pabrikasi bisa menggunakan kristal dan thin film.

b. Concentrated solar power (CSP)

Cara kerja concentrated solar power adalah, menggunakan cermin dan lensa memfokuskan area sinar matahari yang luas ke area yang kecil. Listrik yang di peroleh saat terkonsentrasi cahaya yang di ubah menjadi panas, yang menggerakkan mesin panas. (turbin uap)

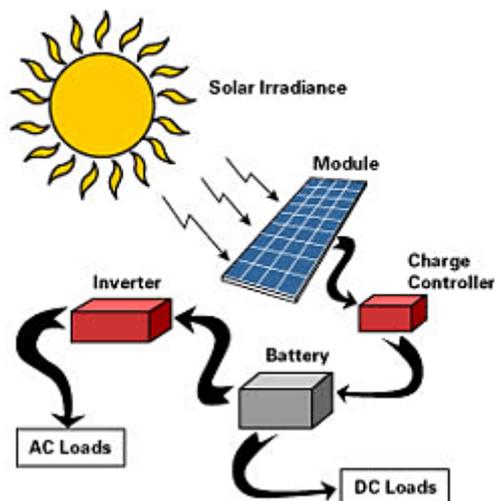
Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan. Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan cara fotosintesis. Kita memanfaatkan energi ini dengan cara mengubah energi matahari menjadi energi panas atau energi listrik. Dua tipe dasar energi matahari adalah “sinar matahari” dan “photovoltaic” (photo: cahaya, voltaic: tegangan). Photovoltaic tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Prosesnya adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan negatif yang membentuk dasar listrik. 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 semi konduktor, satu bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Ketika cahaya

matahari bersinar pada semi konduktor, aliran listrik mengalir diantara sambungan dua lapisan yang menyebabkan listrik mengalir sehingga membangkitkan arus DC. Makin kuat cahaya, makin kuat aliran listrik.

2.2.1 Prinsip Kerja PLTS

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan didalam baterai sebelum digunakan ke beban: lampu, radio, dan lain-lain. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh battery. Demikian pula apabila hari mendung, dimana modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari benderang. Modul surya dengan kapasitas tertentu dapat menghasilkan jumlah listrik yang berbeda-beda apabila ditempatkan pada daerah yang berlainan.



Gambar 2 Konsep Kerja PLTS

2.2.2 Pemanfaatan PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai berbagai macam \ manfaat antara lain adalah :

1. PLTS di daerah pedesaan Di daerah pedesaan yang belum tersentuh listrik PLN masyarakat sangat membutuhkan penerangan di malam hari, dengan hadirnya teknologi terbaru aplikasi pembangkit tenaga surya yang merupakan

solusi terbaik untuk diterapkan di daerah pedesaan. Berikut ini adalah manfaat PLTS di daerah terpencil:

a. Tersedianya mutu penerangan yang baik bagi masyarakat, dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau.

b. Menunjang usaha untuk mempercepat pemerataan di daerah pedesaan. 2. PLTS di daerah perkotaan Di daerah perkotaan yang para warganya cenderung memakai listrik dari PLN, karena banyaknya permintaan akan listrik di berbagai kota di Indonesia sementara pihak PLN tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Akibatnya PLN mengadakan pemadaman listrik bergilir.

Hal ini tentu akan mengganggu kegiatan masyarakat perkotaan yang memiliki mobilitas tinggi dengan hadirnya teknologi terbaru aplikasi terbaik untuk diterapkan di daerah- daerah yang mengalami krisis listrik. Berikut ini manfaat PLTS di daerah perkotaan :

a. Berperan serta dalam penghematan energi listrik PLN, yang berarti ikut II-4 menghemat pemakaian bahan bakar minyak bumi.

b. Meningkatnya mutu sumber daya manusia, karena proses belajar bisa dilakukan kapan saja tanpa harus terhalang oleh pemadaman listrik dari PLN.

c. Mutu penerangan yang cukup baik dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau.

2.2.3 Keuntungan dan Kerugian PLTS

1. Keuntungan PLTS Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu system pembangkit energy listrik yang tidak berpolusi dan menghasilkan listrik dari sinar matahari. Selain itu tenaga matahari juga tersedia melimpah dan gratis. Berikut ini adalah keuntungan menggunakan PLTS :

a. Sumber energi yang dipakai tidak pernah habis dan sangat ramah lingkungan.

b. Dapat dipakai dimana saja terutama di daerah yang belum terjangkau listrik PLN.

c. Tidak memerlukan perawatan khusus sehingga bebas dari segala biaya perawatan.

- d. Hemat karena tidak memerlukan bahan bakar.
- e. Bersifat moduler artinya kapasitas listrik yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan.
- f. Tanpa suara sehingga tidak mengganggu ketertiban umum.
- g. Ramah lingkungan.
- h. Pemasangannya sangat mudah.

2. Kelemahan PLTS Meskipun pembangkit listrik tenaga surya memiliki berbagai keuntungan. Namun PLTS memiliki kelemahan. Berikut ini adalah kelemahan dari PLTS :

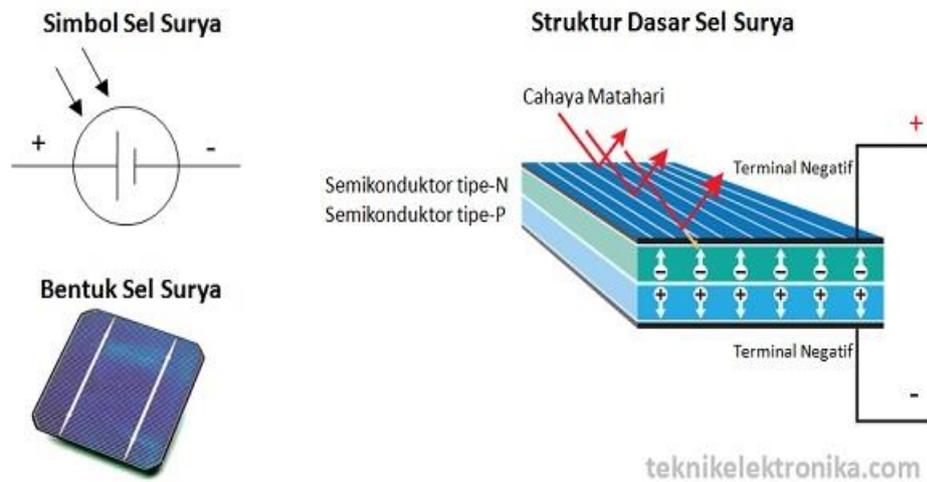
- a. Memiliki ketergantungan pada cuaca. Saat mendung kemampuan panel surya menangkap sinar matahari tentu akan berkurang. Akibatnya, PLTS tidak bisa digunakan secara optimal. Karena saat mendung kemampuan PLTS menyimpan energi berkurang sekitar 30 persen.
- b. Rencana pembangunan PLTS dihadang sejumlah masalah. Masalah utama adalah besarnya biaya membangun pembangkit ini. Yaitu mencapai Rp. 11 milyar per MW. Jika PLTS nanti kapasitasnya 30 MW, berarti biaya yang dibutuhkan Rp 330 Milyar.

2.2.4 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari beberapa sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Bagian paling atas pada sel surya di sebut sol karena matahari adalah sumber energi terkuat yang dapat dimanfaatkan, panel surya sering kali di sebut dengan sel potovoltaic. Potovoltaic dapat di artikan sebagai “cahaya-listrik”, sel surya atau sel PV bergantung pada efek potovoltaic untuk menyerap energi matahari dan arus mengalir di antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Pada dasarnya sell surya merupakan foto dioda yang memilki permukaan yang sangat luas sehingga lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan tegangan dan arus yang kuat ketimbang fotodioada yang umumnya.

a. Struktur solar cell



Gambar 3 Struktur dan simbol Sel surya

b. Prinsip kerja sel surya (solar cell)

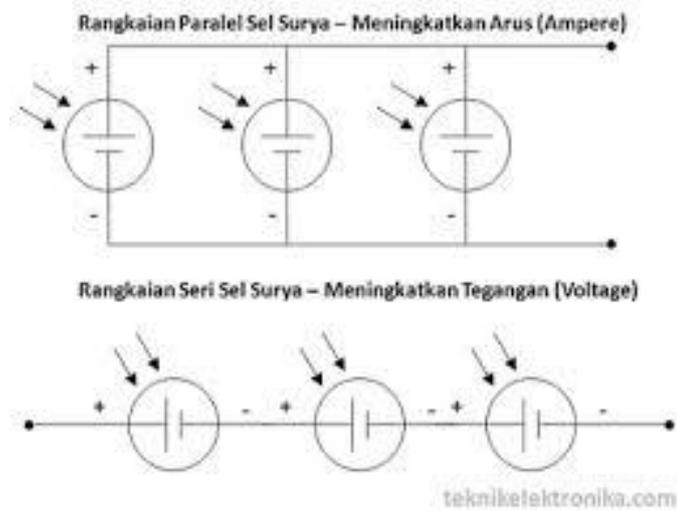
Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau Solar Cell sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV).

Sel surya atau sel fotovoltaik, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar diode p-n junction, di mana, dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Pengubahan ini disebut efek photovoltaic.

c. Rangkaian seri dan paralel sel surya (solar cell)

Rangkaian yang terpasang pada solar cell seperti baterai tersusun secara seri dan paralel, umumnya setiap sel surya menghasilkan tegangan sebesar 0.45 ~ 0.5v arus listriknya 0.1a pada saat penyinaran matahari yang cerah. Perangkaian

sel surya di susun seperti baterai seri agar tegangan yang di hasilkan meningkat (voltage) jika sel surya di pasang secara paralel bertujuan untuk meningkatkan arus (current).



Gambar 4 Rangkaian Solar cell seri dan paralel

2.3 Jenis Panel Surya

Ada beberapa jenis panel surya yang umum digunakan dan di jual di pasaran:

- a. Jenis yang pertama adalah, monocrystalline, panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis tunggal (single-crystal-si) dan memiliki efisiensi yang paling tinggi di kelasnya. Secara fisik panel surya monocrystalline dapat di ketahui dari warna cell yang hitam dan gelap dengan model teropong pada setiap sudutnya.



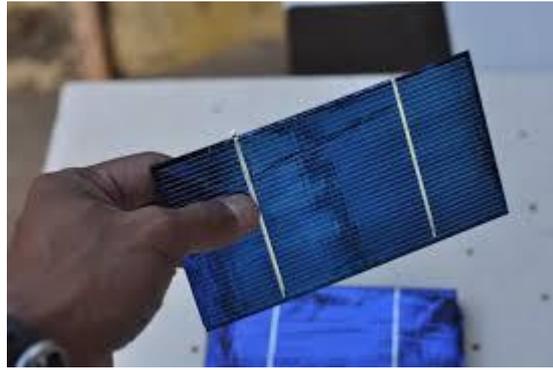
Gambar 5 Panel Surya Monocrystalline

- b. Jenis yang kedua adalah multicrystalline, panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis multi crystalline, atau yang lebih di kenal polysilicon (p-si) dan multi crystalline silicon (mc-si) secara fisik sel surya ini dapat di ketahui dari warna sel yang cenderung berwarna biru dengan bentuk persegi.



Gambar 6 Panel surya Multicrystalline

- c. Jenis yang ke 3 yaitu thin film, panel surya ini menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan penyusun. Panel surya ini adalah panel generasi kedua, ketebalan lapisan material mulai dari nanometer (nm) hingga micrometer.
- d. Cadmium telluride (CdTe)
Panel surya CdTe ini merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi yang paling baik di kelasnya yaitu 9-11%. First solar berhasil mengembangkan panel surya dengan tingkat efisiensi mencapai 14.4%.



Gambar 7 Panel Surya cdte

e. Panel surya silikon Amorphours

Panel surya amorphours memiliki efisiensi rendah 6-8% bahannya yang tipis tak setebal panel surya lainnya. Dan umunya banyak di gunakan pada mainan anak dan kalkulator.



Gambar 8 Panel surya silikon Amorphours

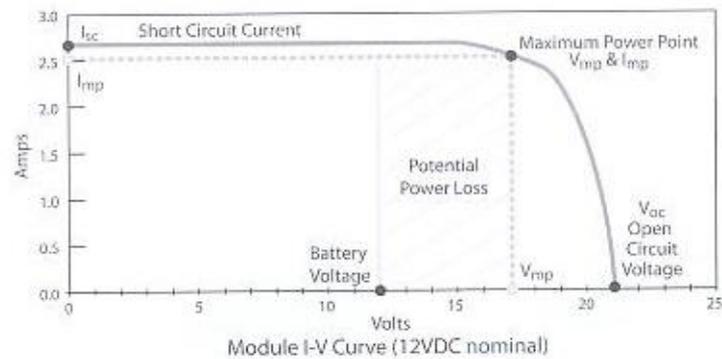
2.3.1 Kinerja Solar Cell

Keluaran listrik dari solar cell sebanding dengan tegangan, solar cell dapat menghasilkan arus yang berbeda-beda hal ini berbeda dengan yang menghasilkan arus dari tegangan yang. Solar cell memiliki karakteristik pada outputnya yang dapat dilihat pada kurva performansi, yang di sebut I-V curve. I-V yang menunjukkan hubungan antar arus.

2.3.2 Maximum power point (V_{mp} & I_{mp})

Kurva I-V maximum power point V_{mp} dan I_{mp} adalah titik operasi, keluaran atau output yang di dihasilkan oleh solar cell saat kondisi operasional. Dengan kata lain V_{mp} & I_{mp} dapat diukur saat solar cell di beri beban 25. Jumlah watt pada batas maksimum di tentukan dengan mengendalikan V_{mp} dan I_{mp} .

Output berkurang sebagaimana input yang menurun, arus dan daya output dari kebanyakan modul solar cell menurun sebagai tegangan meningkat melebihi maksimum power point.



Gambar 9 Modul V-I

2.3.3 Open circuit voltase (Voc)

Adalah kapasitas tegangan penuh yang dapat di capai pada titik adanya arus. Pada kurva I-V, Voc adalah 21 volt, daya pada saat Voc adalah) watt. Voc solar cell dapat di ukur di lapangan dalam berbagai macam keadaan. Opern ccircuit voltase dapat di ukur pada pagi hari dan sore hari.

2.3.4 Short circuit voltase (Isc)

Adalah keluaran penuh dari output solar cell, di bawah kondisi tidak ada resistansi atau short circuit. Pada kurva I-V menunjukkan perkiraan arus 2,65 ampere. Daya pada Isc adalah 0 watt.

2.3.5 Faktor yang mempengaruhi solar cell

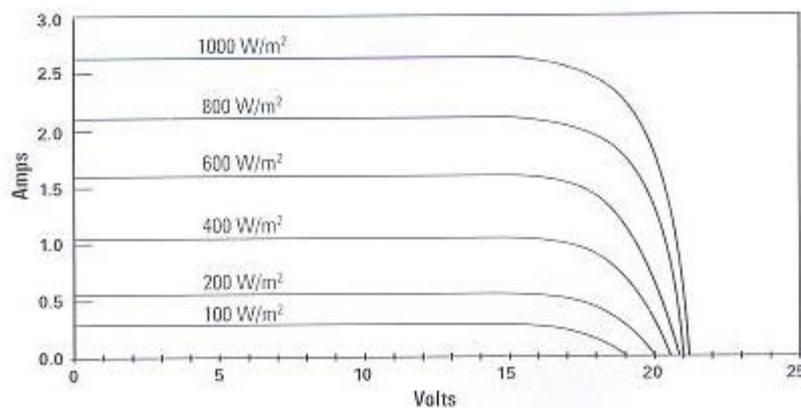
Lima hal utama yang mempengaruhi cara kerja dan performa dari modul solar cell.

1. Bahan pembuatan solar cell
2. Resistansi beban
3. Intensitas cahaya matahari
4. Suhu / temperatur solar cell
5. Bayangan / shanding.

2.3.6 Resistansi beban

Tegangan battery adalah teganan operasi dari solar cell module, apabila baterai di hubungkan langsung dengan solar cell modul. Sebagai contoh umum, baterai 12 volt, baterai biasanya antara 11.5 sampai 15 volt. Untuk dapat mengisi baterai solar cell harus beroperasi pada voltase yang lebih tinggi daripada voltase baterai bank.

Efisiensi paling tinggi adalah saat solar cell beroperasi dekat pada tenaga penuh. Pada contoh di atas baterai harus mendekati tegangan V_{mp} , apabila tegangan baterai menurun di bawah V_{mp} , ataupun meningkatkan di atas V_{mp} , maka efisiensinya berkurang.



Gambar 10 Resistansi Beban

2.3.7 Intensitas Cahaya matahari

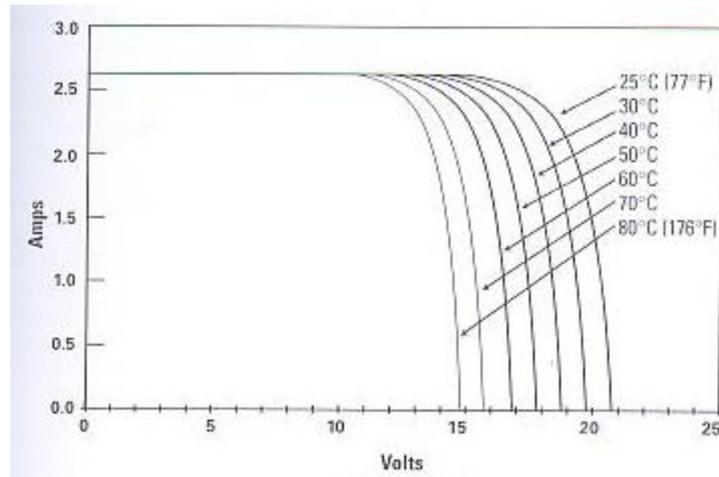
Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proposional akan menghasilkan arus yang besar. Seperti pada gambar berikut, tingkat cahaya matahari menurun, bentuk dari kurva I-V menunjukkan hal yang sama tetapi bergerak ke bawah yang mengindikasikan menurunnya arus dan daya. Voltase adalah tidak berubah oleh macam-macam intensitas cahaya matahari.

2.3.8 Suhu Solar Cell

Sebagai mana suhu solar cell meningkat diatas standar suhu normal 25 derajat celcius, efisensi solar cell modul efisensi dan tegangan akan berkurang. Gambar di bawah mengilustrasikan bahwa, sebagaimana, suhu sel meningkat di atas 25 derajat bergeser kekiri sesuai dengan kenaikan suhu solar cell, yang

menghasilkan tegangan daya yang lebih kecil. Panas, dalam kasus ini adalah hambatan listrik untuk aliran elektron.

Untuk itu aliran udara di sekeliling solar cell modul sangat penting untuk menghasilkan panas yang menyebabkan suhu solar cell yang tinggi.



Gambar 11 Suhu pada solar cell

2.3.9 Shanding / Bayangan

Solar cell terdiri dari beberapa silikon yang di serikan untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Satu silikon menghasilkan 0.46 volt, untuk membentuk solar cell 12 volt, 36 silikon di serikan, hasilnya adalah $0,46 \text{ volt} \times 36 = 16.56$

Shanding adalah dimana salah satu atau lebih dari sel silikon dari solar cell tertutup dari sinar matahari. Shanding akan mengurangi pengeluaran daya dari solar cell. Beberapa jenis solar cell modul sangat terpengaruh oleh shanding yang lain. Tabel dibawah menunjukkan efek yang sangat ekstrim pengaruh shanding pada satu sel dari modul solar cell single crystalline yang tidak memiliki internal bypass diodes. Untuk mengatasi hal tersebut solar cell di pasang bypass diode, bypass diode untuk arus mengalir ke satu arah, mencegah arus silikon yang kena bayangan.

Persentase dari bayangan pada satu sel
0%
25%

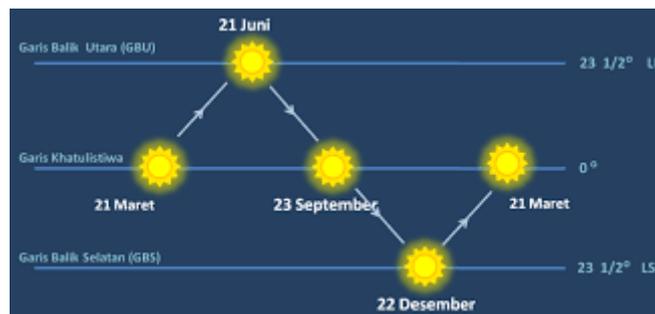
Persentase dari loss solar panel module
0%
55%

50%	50%
75%	66%
100%	75%
3 sel terkena bayangan	93

* data diambil dari buku Photovoltaics Design and Installation Manual

2.3.10 Gerakan Semu Matahari

Gerak Semu Tahunan Matahari adalah gerakan semu matahari dari khatulistiwa menuju garis lintang balik utara $23\frac{1}{2}^{\circ}$ LU, kembali ke khatulistiwa dan bergeser menuju ke garis lintang balik selatan $23\frac{1}{2}^{\circ}$ LS dan kembali lagi ke khatulistiwa. Hal tersebut berpengaruh pada letak tempat terbit dan terbenamnya matahari yang setiap hari tidaklah sama. Setiap hari akan terjadi pergeseran dari letak terbit/terbenamnya dibandingkan dengan letak yang kemarin. Gerak semu matahari tahunan ini disebabkan karena proses perputaran bumi mengelilingi matahari (revolusi), sehingga dapat dikatakan bahwa yang berubah adalah posisi bumi terhadap matahari. Akibat dari perputaran bumi yang mengelilingi matahari tersebut, maka mengakibatkan terjadinya pergeseran semu letak terbit/terbenamnya matahari. Berikut ini bagan yang menunjukkan pergeseran semu letak terbit/terbenamnya matahari dalam satu tahun.



Gambar 12 Gerakan semu matahari

2.4 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena batere 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, battery akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan.

Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.



Gambar 13 Solar Charge Controller

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

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

Untuk membeli solar charge controller yang harus diperhatikan adalah:

- a. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
- b. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
- c. Full charge dan low voltage cut

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila battery sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge controller akan mengisi battery sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

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 / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari battery 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.

Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

2.4.1 Cara kerja Solar Charge Controller

adalah komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Solar charge controller berfungsi untuk:

- a. Charging mode: Mengisi battery (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau battery penuh).
- b. Operation mode: Penggunaan battery ke beban (pelayanan battery ke beban diputus kalau baterai sudah mulai 'kosong').

Charging Mode Solar Charge Controller

Dalam charging mode, umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charging:

- c. Fase bulk: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk - antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / solar cell. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
- d. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charge controller timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
- f. Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 - 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.

Sensor temperature baterai

Untuk solar charge controller yang dilengkapi dengan sensor temperatur baterai. Tegangan charging disesuaikan dengan temperatur dari baterai. Dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan juga optimum dari usia baterai.

Apabila solar charge controller tidak memiliki sensor temperatur baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperatur lingkungan dan jenis baterai.

Mode operation solar charge controller

Pada mode ini, baterai akan melayani beban. Apabila ada over-discharge atau over-load, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

2.5 Baterai (Battery/Accumulator)

Aki (battery) adalah alat penyimpan energi yang diisi aliran DC dari panel surya, di samping menyimpan tenaga DC, aki juga berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi listrik, pada dasarnya orang hanya mengetahui dua jenis aki yaitu aki primer dan aki sekunder. Umumnya baterai di gunakan pada peralatan elektronik seperti jam dinding yaitu menggunakan yang primer. Sedangkan sekunder digunakan untuk PLTS, hanya aki sekunder yang diminati. Suplai aliran listrik sumber surya ke alat-alat pemakaian listrik akan berhenti ketika malam hari, supaya bisa tahan lama dari pengisian dan pengeluaran arus

yang tak terputus, umumnya aki deep- cycle yang di pakai pada sistem surya. Aki biasa yang terpasang pada mobil tidak cocok di pasang untuk menyimpan aliran listrik dari panel surya.

Saat proses pengisian tenaga listrik solar panel di ubah menjadi tenaga listrik di dalam akumulator yang di simpan di dalamnya, pada saat tenaga listrik di dalam akumulator digunakan untuk mencatu energi dari peralatan listrik. Dengan terjadinya proses ini dapat di kenal dengan elemen primer dan sekunder. Contoh baterai yang cocok digunakan yaitu baterai VRLA AGM yang sering kali di sebut dengan aki kering. Baterai ini tertutup, dari tertutupnya sistem baterai ini maka memiliki maka uap yang akan keluar sangat sedikit, maka tidak perlu melakukan penambahan cairan atau elektolyte selama waktu penggunaan baterai ini.

Baterai adalah suatu alat penyimpan energi listrik yang dapat diisi (charge) setelah energi yang digunakan. Kapasitas atau kemampuan penyimpanan energi ditentukan oleh semua komponen didalam batere seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitnya sehingga dikenal batere asam dan batere alkali. Alat untuk mengisi energi listrik kedalam batere dinamakan rectifier (charging) yang berfungsi mengubah arus bolak-balik menjadi searah dan tegangan outputnya sesuai dengan tegangan batere. Kapasitas rectifier ini ditentukan oleh kapasitas batere, sehingga besarnya arus dan tegangan pengisian serta waktu sangat menentukan kondisi batere. Jika tegangan baik dan sesuai (lebih tinggi dari pada tegangan batere) sehingga arus pengisian dapat mengalir mengisi batere tersebut yang sesuai. Untuk mengetahui apakah batere sudah terisi penuh dan dapat menyimpannya dengan baik maka perlu dilakukan pengukuran kondisi batere dengan cara menguji secara simulasi beban yang dapat diatur sehingga arusnyapun dapat diatur pada arus yang tetap maka tegangan batere akan turun dari nominalnya. Waktu penurunan tegangan dibandingkan dengan karakteristik batere tersebut maka dapat diketahui kondisi batere tersebut, apakah mempunyai kapasitas yang baik atau buruk < 40 %.

a. Proses Pengisian Baterai

Ketika arus melalui elektrolit KOH sehingga molekul memisahkan diri menjadi ion K^+ dan (OH^-) . Ion (OH^-) bergerak ke plate +ve dan ion K^+ menuju plate -ve. Jadi plate +ve mengubah ion $2Ni(OH)_3$, begitu juga plate -ve akan merubah Fe. Sebenarnya disini tidak terjadi perubahan komposisi dari elektrolit dan spesifik gravity tetap konstan selama proses pengisian dan pengosongan (charging dan discharging).

b. Proses Pengosongan Baterai

Terjadi proses kebalikan terhadap proses pengisian dimana,
plate +ve adalah $2Ni(OH)_3 + K \rightarrow 2Ni(OH)_2 + 2KOH$
plate -ve adalah $Fe + 2KOH \rightarrow Fe(OH)_2$

c. Efisiensi ampere jam (AH efisiensi)

Efisiensi ini tidak dipengaruhi perubahan tegangan selama pengisian maupun pengosongan. dan besarnya efisiensi pada batere asam antara 90 -95 % sedangkan batere alkali rata-rata 80 %.

d. Standarisasi

Besarnya arus pengisian adalah :

- Batere Alkali : $0,2 \times C$ ($0,2 \times$ kapasitas batere)
- Batere Asam : $0,1 \times C$ ($0,1 \times$ kapasitas batere)
- Pada operasi floating arus yang mengalir ke batere relatif kecil.

Penjelasan dari standar $0.2 C$ dan $0.1 C$ adalah , bahwa batere akan diberlakukan pengujian pengisian maupun pengosongan dengan rumus arus 0.2 atau 0.1 dari kapasitas batere. Sebenarnya banyak standard yang dapat digunakan, hal ini tergantung pada jenis batere dan karakteristiknya serta spesifikasi dari pabrik. Kapasitas batere dengan satuan AH (ampere hours) ditentukan oleh perencanaan yang direalisasikan pada material yang digunakan dan juga ukuran dari elektrode dan media diantaranya serta jenis elektrolyte.

e. Pengujian Kapasitas Baterai

Kapasitas suatu batere adalah menyatakan besarnya arus listrik (Ampere) batere yang dapat disuplai / dialirkan ke suatu rangkaian luar atau beban dalam jangka waktu (jam) tertentu, untuk memberikan tegangan tertentu Kapasitas batere (Ah) dinyatakan sebagai berikut :

$$C = I \times t$$

Dimana :

C = Kapasitas batere (Ah)

I = Besar arus yang mengalir (A)

T = Waktu (jam).

Pada batere alkali nickel-cadmium (NiCd) umumnya kapasitas batere dinyatakan dalam C5 dan untuk batere Asam C10.

C5 dan C10 menyatakan besarnya kapasitas batere dalam Ah yang tersedia selama 5 jam untuk C5 , dan 10 jam untuk C10.

Pengujian kapasitas batere dilakukan pada :

- Saat komisioning batere (Initial Charge)
- 5 tahun setelah operasi.
- Kemudian dilakukan setiap 2 tahun
- Pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui kapasitas batere yang sesungguhnya



Gambar 14 Baterai / Aki

2.5.1 Macam-macam Baterai

Secara umum baterai dibedakan menjadi 2 tipe

1. Baterai tipe kering

Contoh ; Baterai Kering Sepeda Motor (1 amp), baterai remote, baterai Notebook, baterai Handphone, dll

2. Baterai tipe basah

Baterai tipe basah dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

- a. Baterai dengan pengeluaran gas

Baterai dengan pengeluaran gas adalah baterai yang umum kita lihat sehari-hari terutama pada sepeda motor di mana pada baterai ini dilengkapi dengan selang pengeluaran gas yang berfungsi sebagai saluran pembuang gas hasil destilasi uap cairan elektrolit ketika baterai diberikan beban listrik.

- b. Baterai dengan sambungan probe

Baterai ini dilengkapi dengan sebuah probe yaitu semacam alat sensor yang dapat mendeteksi tinggi atau rendah cairan elektrolit yang terdapat didalam baterai. Bila cairan elektrolit di dalam baterai berada pada posisi Lower Level, otomatis probe akan mengirimkan sinyal dalam bentuk bunyi yang akan memberitahukan pemilik kendaraan untuk melakukan pengisian kembali cairan elektrolit.

- c. Baterai bebas pemeliharaan

Pada baterai ini gas hasil destilasi yang seharusnya keluar melalui tutup baterai yang dapat mengakibatkan korosif pada terminal baterai di gunakan kembali (reuse) di dalam baterai itu sendiri sehingga memungkinkan pemilik kendaraan tidak terlalu repot melakukan perawatan pada baterai jenis ini.

- d. Baterai "S"

Baterai "S" bermakna Special atau khusus, karena baterai ini mempunyai desain khusus terutama pada bagian separatornya yang berbeda dengan desain separator pada umumnya.

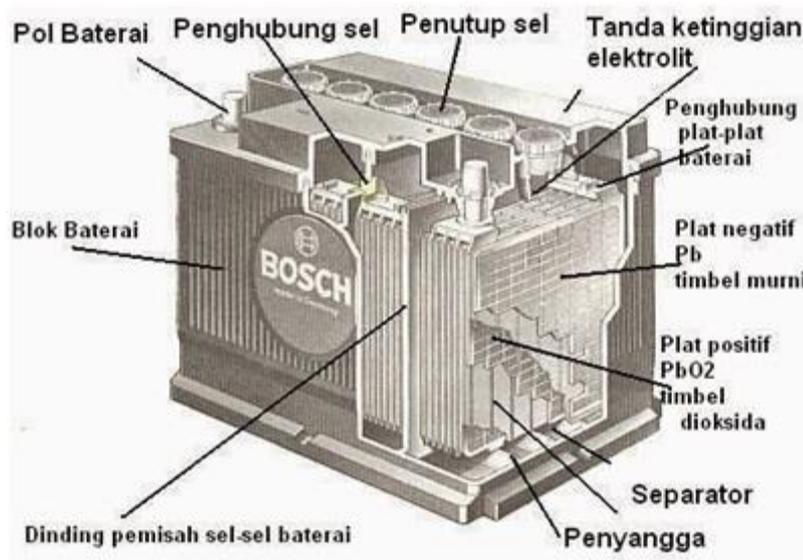
2.5.2 Konstruksi Baterai

Di dalam baterai mobil terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat dibuat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah. Ruangan dalamnya dibagi

menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit.

Baterai terdiri dari beberapa komponen antara lain : Kotak baterai, terminal baterai, elektrolit baterai, lubang elektrolit baterai, tutup baterai dan sel baterai. Dalam satu baterai terdiri dari beberapa sel baterai, tiap sel menghasilkan tegangan 2 - 2,2 V. Baterai 6 V terdiri dari 3 sel, dan baterai 12 V mempunyai 6 sel baterai yang dirangkai secara seri.

Tiap sel baterai mempunyai lubang untuk mengisi elektrolit baterai, lubang tersebut ditutup dengan tutup baterai, pada tutup terdapat lubang ventilasi yang digunakan untuk mengalirkan uap dari elektrolit baterai. Tiap sel baterai terdapat plat positif, separator dan plat negatif, plat positif berwarna coklat gelap dan plat negatif berwarna abu-abu metalik.



Gambar 15 Konstruksi Baterai

2.6 Sepeda Listrik

Membicarakan tentang transportasi maka kita akan ditawarkan sejumlah kendaraan yang sangat beraneka ragam, salah satu transportasi yang paling populer di Indonesia adalah sepeda motor, kendaraan roda dua ini sangat diminati oleh masyarakat terutama sepeda motor, akan tetapi sekarang ini kita di hadapkan pada sejumlah permasalahan yang timbul dari kendaraan yang berbahan bakar fosil ini, yang kita kenal dengan global warming dan berbagai dampak lainnya. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut atau bahkan nantinya menggantikan peran BBM maka lahirlah kendaraan dengan energi listrik, salah

satunya adalah "sepeda listrik". sepeda listrik merupakan kendaraan roda dua yang digerakan menggunakan dinamo (motor listrik) yang mendapatkan energi dari akumulator (aki). dalam pengembanganya sepeda listrik diproduksi dengan berbagai tipe, mulai dari bentuk asli sepeda, sampai desain seperti motor matic. sepeda listrik sekarang ini mempunyai kecepatan 35 km/jam hingga 80 km/jam, dengan jarak tempuh antara 60 samapi 100 km dengan sekali charger. pemakaian energi unruk pengisian aki hanya memakan biaya sekitar Rp. 800, jadi sepeda listrik ini terbilang hemat.

Sepeda listrik ini sangat cocok dipakai bagi anda dengan intensitas jarak tempuh seperti diatas dan untuk mengetahui jumlah energi listrik yang ada dalam akumulator terdapat indikator ampere meter pada speedometer, akan tetapi jika saat energi listrik anda habis dijalan maka anda tidak perlu kuatir anda bisa melanjutkan perjalanan anda dengan mengayuh pedal sepeda listrik anda. sekarang ini sejumlah sepeda listrik keluaran terbaru ini tidak dilengkapi dengan pedal karena lebih mengutamakan desain yang nyentrik seperti sepeda motor matik.

Disini hanya terdapat dua komponen utama yang menajadi inti dari gerakan motor listrik, dimana akumulator sebagai energi listrik digunakan untuk mengerakan dinamo (motor listrik) atau dalam arti mengubah energi listrik menjadi energi mekanik

Sepeda listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakan kompresor, mengangkat bahan, dan lain sebagainya. *Sepeda listrik* digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan atau kipas angin) dan di industri. Sepeda listrik dalam dunia industri seringkali disebut dengan istilah "kuda kerja" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

2.6.1 Prinsip Kerja Sepeda Listrik

Prinsip kerja motor listrik pada dasarnya sama untuk semua jenis motor secara umum:

- a. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- b. kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- c. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torque untuk memutar kumparan.
- d. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

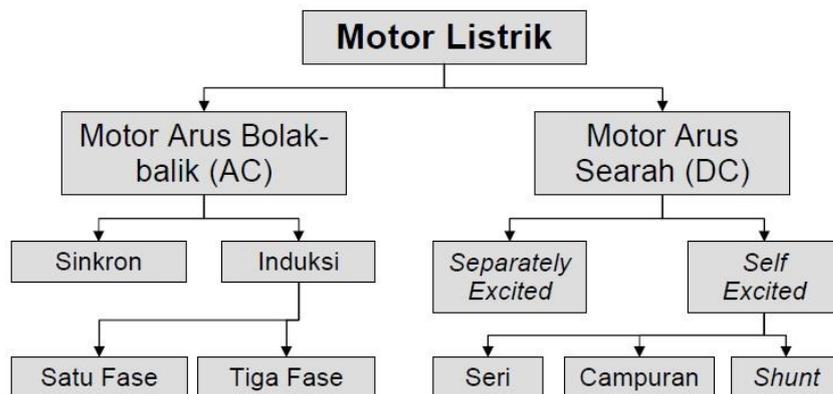
2.6.2 Beban sepeda listrik / Motor Listrik di bagi tiga

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor listrik. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/ torque sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok (BEE India, 2004)

1. Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torque nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torque konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan
2. Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel torque adalah pompa sentrifugal dan fan (torque bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

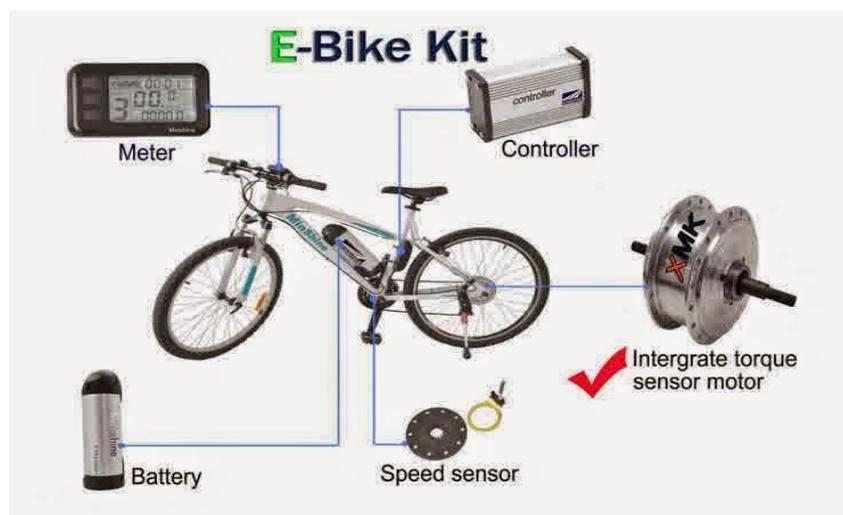
2.6.3 jenis-jenis Sepeda / Motor Listrik

Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Kemudian dari jenis tersebut digolongkan menjadi beberapa klasifikasi lagi sesuai dengan karakteristiknya.



Gambar 16 Dua tipe Motor Listrik

Dari gambar diatas terlihat jelas pengelompokan jenis-jenis motor listrik. Jenis-jenis motor listrik diatas akan diuraikan secara lebih lengkap dalam artikel motor listrik DC dan motor listrik AC.



Gambar 17 komponen pada sepeda listrik

Seperti pada gambar 2.18 yang menunjukkan komponen apa saja yang terpasang pada sepeda listrik. Seperti meter yang berfungsi mengukur jarak, controller yang berfungsi mengatur dan memberi perintah pada dinamo, speed sensor adalah pendeteksi kecepatan sepeda, battery sebagai tempat penyimpanan energi untuk menggerakkan dinamo sedangkan dinamo adalah penggerak utama sepeda listrik untuk bergerak

Berdasarkan brosur sepeda listrik yang jual di pasaran dapat di lihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 18 Brosur sepeda listrik

2.7 Inverter

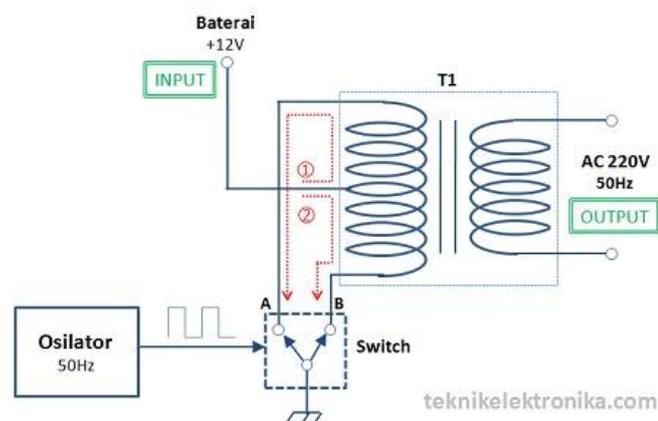
Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk

gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan Tegangan Output sekitar 120V atau 240V. Output Daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt, sudah banyak macam dan jenis inverter yang di jual.

2.7.1 Prinsip kerja Inverter

Sederhananya, suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (Switch) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 19 Rangkaian Inverter

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke Center Tap (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (switch) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke ground melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer

Transformator hingga ke ground melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar diatas,

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (Switch) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai Switch di rangkaian Switch Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

2.8 Perbandingan harga Komponen

2.8.1 Solar Cell

Tabel 2.1 spesifikasi panel surya

Tipe modul	Greentek 250wp monocystalline	Shinyoku 250 wp Polycrystalline
Maksimum power	250wp	250wp
Open-current voltage (Voc)	45.2V	37.9V
Tegangan daya Maksimum (Vmp)	36.8V	31.2V
Short-circuit current (Isc)	7.23A	8.56A
Arus daya maksimum sistem (Imp)	6.81A	31.2V
Ukuran	1560x990x40	1650x992x40
Berat	16.2kg	19kg
Harga	Rp. 4.000.000,-	Rp. 3.250.000,-

Tabel 2 spesifikasi solar panel dan harga

2.8.2 Solar Charge Controller

Tabel 2.2 solar charge controller

Manufaktur	Schneider Electric	Sseries 60a
Tipe	Conext MPPT 60 150	SC 60DD
MPP range	0 V - 80 V	12V – 48V
Maks tegangan masuk	150V	100V
Maks arus masuk	60 A	60A
Ukuran	36.8x14,6x13.8	26x17x6
Berat	20.4kg	10kg
Harga	Rp. 8.750.000,-	Rp. 3.300.000,-

Tabel 3 Solar Charge Controller

2.8.3 Battery

Tabel 2.3 Battery

Battery	VRLA Storace 12v 100ah	VRLA AGM kayaba
Nominal Voltage	12V	12V
Rated Capacity	100Ah	100Ah
Dimension (cm)	171x214x220	172x217x220
Weight	29kg	31kg
Harga	Rp. 2.300.000,-	Rp. 2.300.000,-

Tabel 4 Battery

2.8.4 Inverter

Tabel 2.4 inverter

Merk	Inverter conext XW 7048	Inverter Pure wave 5000w
Peak Power	5000 w	5000w
Rated Power	10000w	4000w
Harga	Rp. 51.000.000,-	Rp. 19.500.000,-

Tabel 5 inverter