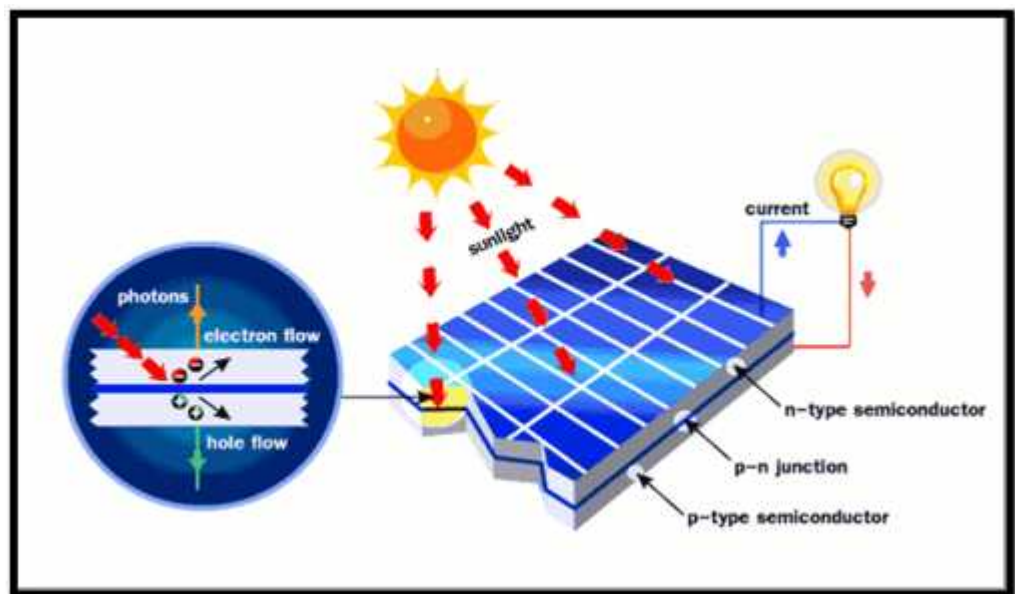


BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 *Solar Cell*

Solar Cell atau panel surya adalah suatu komponen pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik atas dasar efek *fotovoltaik*. Untuk mendapatkan tenaga listrik yang dibutuhkan serangkaian sel surya yang tergabung dalam bentuk panel sel surya (*photovoltaic module*). Dari sinar matahari menjadi dalam sebuah unit yang disebut modul, dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik, hal ini dikarenakan sudah berkurangnya atau menipisnya cadangan energi fosil dan isu global warming. Skema solar cell dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema solar cell.

(Sumber : : <http://trebuchet-magazine.com/wp-content/uploads/2013/02/solar-cells.jpg>
diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.00 WIB)



WP adalah singkatan dari Watt-Peak yaitu istilah yang biasa digunakan dalam dunia solar energy. WP menggambarkan besarnya nominal Watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah solar sistem, karena energi dari sinar matahari yang bisa berubah-ubah dalam satu hari. Dalam sebuah grafik dari hasil laboratorium tentang ukuran kekuatan daya listriknya per satuan waktu, akan tampak seperti gelombang, ada puncak (Peak) dan ada lembahnya. Contohnya solar cell yang memiliki daya 10 WP, artinya seberapa kuatnya sinar matahari pada saat itu, maksimal daya yang dapat diserap atau output energi yang dihasilkan oleh perangkat tersebut hanya 10 Watt.

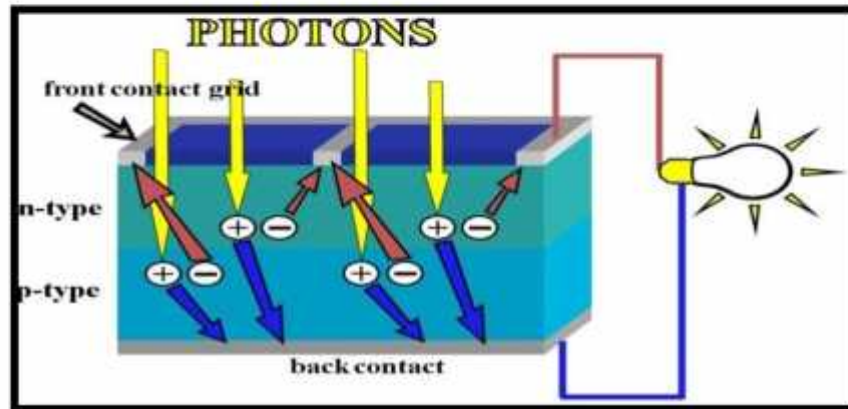
(Sumber : <http://www.solarpanelindonesia.com>)

2.1.1 Prinsip dasar teknologi solar cell (Photovoltaic) dari bahan silicon

Solar cell merupakan suatu perangkat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang berada di antara insulator (isolator) dan konduktor, suatu semikonduktor bersifat sebagai insulator jika tidak diberi arus listrik dan besaran arus tertentu, namun pada temperatur, arus tertentu, tatacara tertentu dan persyaratan kerja semikonduktor berfungsi sebagai konduktor, misal sebagai penguat arus, penguat tegangan dan penguat daya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam Kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energi. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silicon (Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)



Cara kerja solar cell dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Cara Kerja Solar Cell.

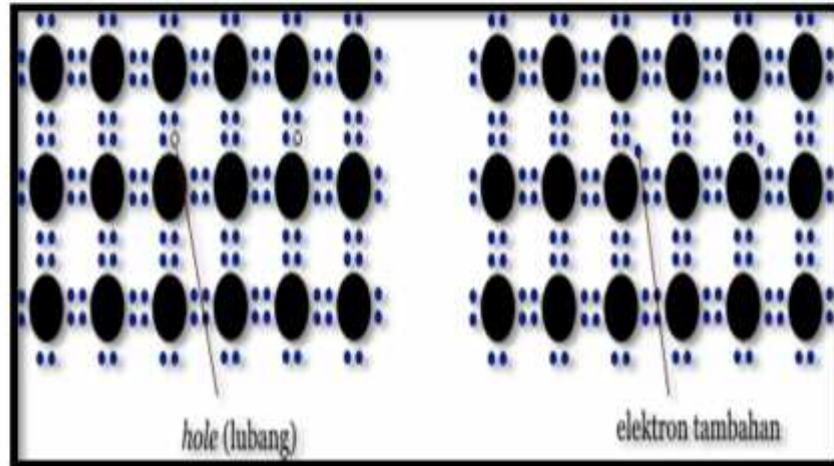
(Sumber : : <http://trebuchet-magazine.com/wp-content/uploads/2013/02/solar-cells.jpg>
diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.00 WIB)

2.1.2 Semikonduktor Tipe P dan Tipe N

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



Semikonduktor tipe-n maupun tipe-p dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)

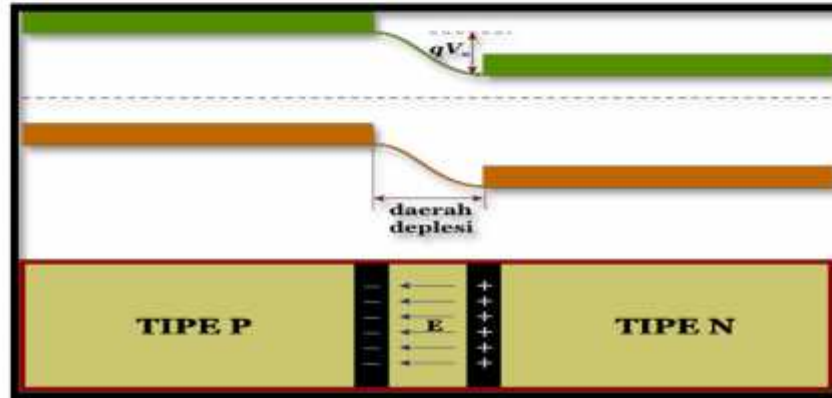
2.1.3 Sambungan P-N

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

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)



Dibawah ini terdapat diagram energi sambungan p-n pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi.

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)

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

(Sumber : <http://energisurya.files.com>)

2.1.4 Prinsip kerja *solar cell*

Pada saat semikonduktor jenis p dan tersambung, maka mulailah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi, 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 solar cell dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi atau semikonduktor p. Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan diri dari semikonduktor n, terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah



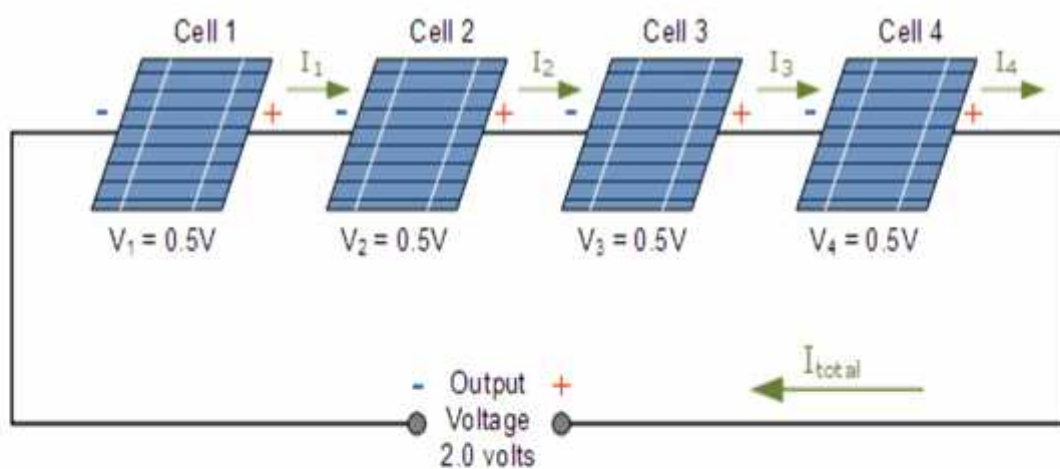
yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole. Terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.

(Sumber : digilib.its.ac.id/publicITS-Master-13287-Chapter11.pdf)

2.1.5 Sistem Instalasi Solar Cell.

2.1.5.1 Rangkaian Seri Solar Cell.

Hubungan seri dari *solar cell* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian Solar Cell Hubungan Seri.

(Sumber : <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/connecting-solar-panels-together.html> diakses pada tanggal 1 juni 2015 pukul 20.00 WIB)

Pada gambar 2.5, empat sel surya yang terhubung bersama-sama dalam kombinasi seri, tegangan output yang dihasilkan oleh setiap sel surya adalah 0,5 volt, maka gabungan dari tegangan output akan menjadi jumlah sel tegangan menjadi 2 V.

Dengan rumus :

$$V \text{ total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \dots\dots\dots (1)$$

$$= 0,5 \text{ V} + 0.5V + 0.5V + 0.5V \dots\dots\dots (2)$$

$$= 2.0 \text{ V} \dots\dots\dots (3)$$



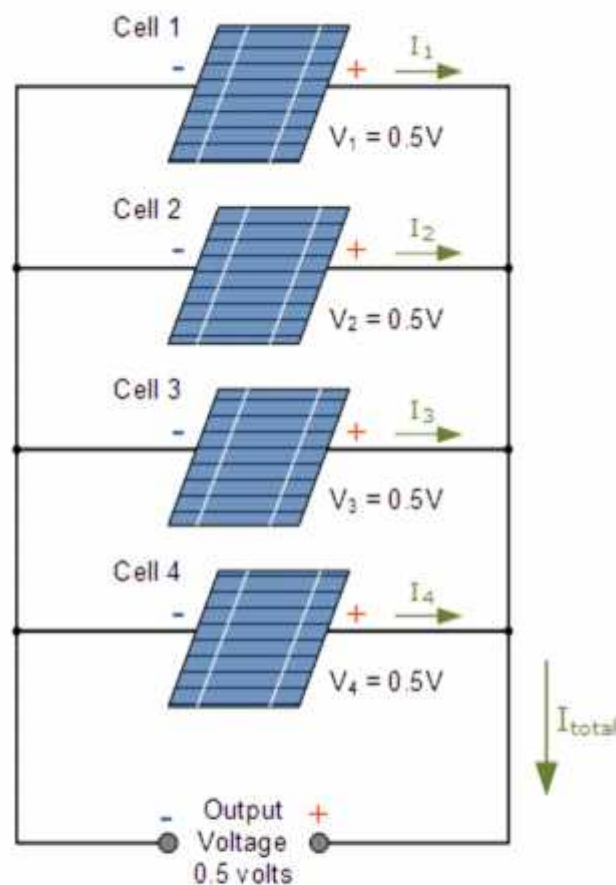
Pada rangkaian seri, gabungan arus keluaran adalah sama dengan yang dihasilkan oleh setiap sel,

$$\text{maka: } I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 \dots\dots\dots (4)$$

Kekurangan dari rangkaian seri yaitu jika satu sel surya ada yang rusak, atau rusak sebagian atau sepenuhnya berbayang dari sinar matahari, maka efeknya akan mengakibatkan hilangnya beberapa output daya, dan juga ada risiko jika sel berbayang dari sinar matahari dapat menyebabkan *overheating*.

2.1.4.2 Rangkaian Pararel Solar Cell.

Hubungan parallel dari *solar cell* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian Solar Cell Hubungan Paralel.

(Sumber : <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/connecting-solar-panels-together.html> diakses pada tanggal 1 juni 2015 pukul 20.00 WIB)



Pada gambar 2.6, empat sel surya yang terhubung bersama-sama dalam kombinasi paralel, tegangan output gabungannya sama dengan yang dihasilkan oleh setiap sel, kutub negatif (-) *solar cell* akan terhubung ke kutub positif *solar cell*, dalam rangkaian paralel ini tegangan yang dihasilkan semua sel sama.

$$\text{maka: } V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 \dots\dots\dots (1)$$

Arus keluaran yang dihasilkan oleh setiap sel adalah 1,0 ampere, maka gabungan arus keluaran akan menjadi jumlah dari arus setiap sel output.

Dengan rumus:

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \dots\dots\dots (2)$$

$$= 1.0 \text{ A} + 1.0 \text{ A} + 1.0 \text{ A} + 1.0 \text{ A} \dots\dots\dots (3)$$

$$= 4.0 \text{ A} \dots\dots\dots (4)$$

(Sumber : <http://www.alternative-energy-tutorials.com>)

2.2 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan dari baterai ke beban, yang fungsinya untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari *solar cell* atau panel surya. *solar cell* 12 Volt memiliki tegangan output 16 - 21 Volt yang umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14,7 Volt. Tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari *solar cell* akan berhenti dan dideteksi melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

(Sumber: <http://www.panelsurya.com/12-solar-charge-controller-solar-controller>)



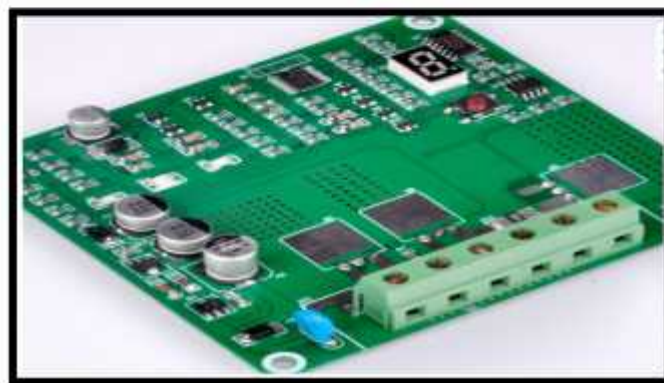
Solar Charge Controller dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Solar Charge Controller

(Sumber : <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller> diakses pada tanggal 25 april 2015 pukul 19.30 WIB)

Berikut ini merupakan sebuah modul rangkaian *Solar Charge Controller*, dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Modul rangkaian solar charger controller

(Sumber : http://www.alibaba.com/product-detail/12V-24V-48V-5A-to-60A_1933479628/showimage.html diakses pada tanggal 25 april 2015 pukul 19.30 WIB)



2.2.1 Prinsip kerja Solar Charge Controller

Prinsip kerja *Solar Charge Controller* terbagi menjadi dua yaitu pada saat mode charging dan mode operation.

1. Mode Charging: pengisi baterai dan menjaga pengisian jika baterai sudah mulai penuh.
2. Mode Operation: Penggunaan baterai ke beban, baterai ke beban akan diputus jika baterai sudah mulai 'kosong'.

Charging Mode Solar Charge Controller, dalam mode charging, umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charging:

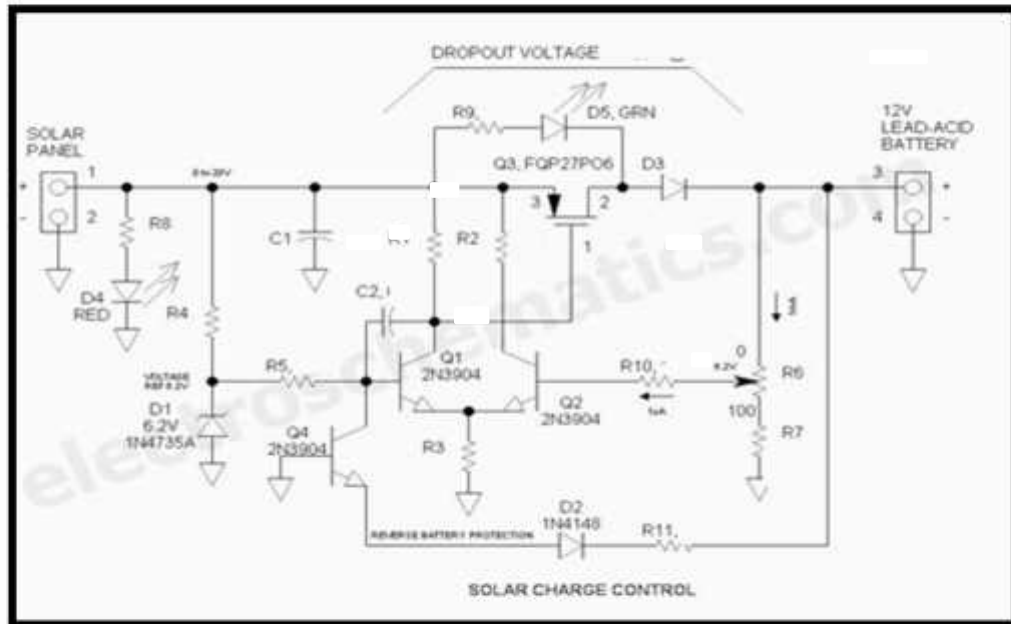
1. Fase bulk yaitu baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk - antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / solar cell. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
2. Fase absorption yaitu pada fase ini, tegangan baterai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

Mode Operation *Solar Charge Controller*, Pada mode ini apabila ada over-discharge atau over-load, maka baterai akan dilepaskan dari beban, hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

(Sumber: <http://www.panelsurya.com/index.php/id/charge-controller/cara-kerja-solar-controller>)



Berikut ini merupakan contoh Rangkaian *solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian *solar charge controller*

(Sumber: <https://www.electroschematics.com/%2F4746%2Fsolar-charger-circuit> diakses pada tanggal 1 juni 2015 pukul 20.00 WIB)

2.3 Baterai

Baterai adalah sebuah komponen yang dapat menyimpan energi berupa energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia. Jadi, baterai sebenarnya merupakan sebuah sel elektrokimia. Sel elektrokimia dapat dibagi menjadi dua, yaitu: sel galvanis dan sel elektrolisa. Sel galvanis, yang juga disebut sel volta, merubah energi kimia menjadi kerja listrik sedangkan sel elektrolisa merubah kerja listrik untuk menggerakkan reaksi kimia tak spontan. Dalam baterai biasa, komponen kimia terkandung dalam alat itu sendiri. Jika reaktan dipasok dari sumber luar ketika dikonsumsi, alat ini disebut sel bahan bakar (fuel cell). Tegangan baterai ditentukan oleh jumlah sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira-kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang



terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar tersebut adalah 12 volt sampai 12,6 volt, kapasitas baterai ditentukan dengan satuan Amper-jam (*Ampere-hours* atau disingkat dengan satuan Ah), yaitu ukuran besarnya daya penyimpanan.

Komponen utama sebuah baterai terdiri dari dua bahan konduktor tak sejenis (elektroda) yang dicelupkan dalam larutan yang mampu menghantarkan listrik (elektrolit), salah satu elektroda akan bermuatan listrik positif dan yang lain negatif. Ujung elektroda yang menonjol diatas elektrolit dikenal sebagai terminal positif dan terminal negative, ketika kedua terminal dihubungkan dengan kawat konduktor (misalnya tembaga), arus listrik akan mengalir melalui kawat dari terminal negatif ke positif. Beda potensial atau tekanan listrik antar terminal tergantung pada bahan elektroda dan elektrolit dan diukur dalam volt.

(Sumber : <http://elkimkor.com/2013/01/04/baterai-dan-jenisnya/>)

2.3.1 Prinsip kerja baterai

Diketahui :

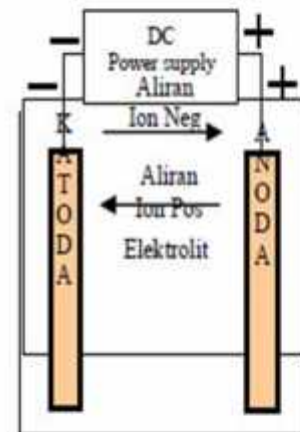
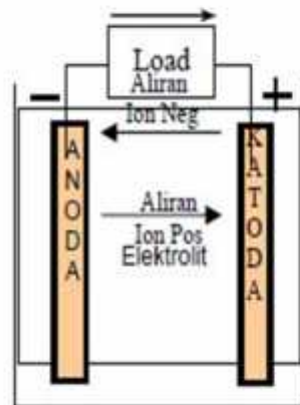
1. Kutup positif (anode) terbuat dari timbal dioksida (PbO_2)
2. Kutub negatif (katode) terbuat dari timbal murni (Pb)
3. Larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat (H_2SO_4)

Pada prinsipnya, baterai bekerja dengan dua cara yaitu pada saat pengosongan (pemakaian) dan pada saat pengisian (Recharging).

1. Proses pengosongan (Discharge), bila sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda. Arus listrik dapat mengalir disebabkan adanya elektron yang bergerak dari elektroda sel melalui reaksi ion antara molekul elektroda dengan molekul elektrolit sehingga memberikan jalan bagi elektron untuk mengalir. Dapat dilihat pada gambar 2.10.



2. proses pengisian (Recharge), bila sel dihubungkan dengan power supply maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda. Dapat dilihat pada gambar 2.11.



(A). Gambar 2.10 proses pengosongan (discharge) (B). Gambar 2.11 proses pengisian (Recharge)

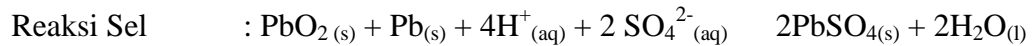
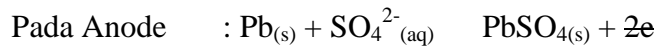
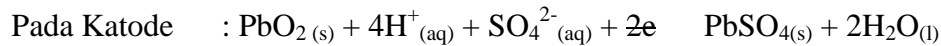
(Sumber: <http://cara-kerja-akkumulator-aki-accu-baterai/> diakses pada tanggal 1 juni 2015 pukul 20.00 WIB)

2.3.1.1 Proses pengosongan (discharge)

Bila baterai dibebani, maka tiap ion negatif sulfat (SO_4^-) akan bereaksi dengan plat timah murni (Pb) sebagai katoda menjadi timah sulfat PbSO_4 sambil melepaskan dua elektron. Sedangkan sepasang ion hidrogen (2H^+) akan bereaksi dengan plat timah peroksida (PbO_2) sebagai anoda menjadi timah sulfat (PbSO_4) sambil mengambil dua elektron dan bersenyawa dengan satu atom oksigen untuk membentuk air (H_2O). Pengambilan dan pemberian elektron dalam proses kimia ini akan menyebabkan timbulnya beda potensial listrik antara kutub-kutub sel baterai.



Adapun proses reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



Sebelum proses

Setelah proses

dimana :

PbO_2 = Timah peroksida (kutub positif / anoda)

Pb = Timah murni (kutub negatif/katoda)

$2\text{H}_2\text{SO}_4$ = Asam sulfat (elektrolit)

PbSO_4 = Timah sulfat (kutub positif dan negatif setelah proses pengosongan)

H_2O = Air yang terjadi setelah pengosongan

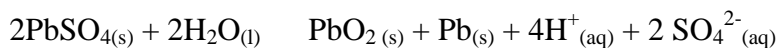
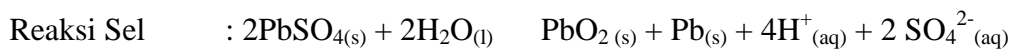
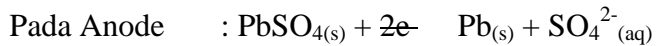
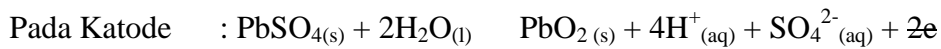
Jadi pada proses pengosongan baterai akan terbentuk timah sulfat (PbSO_4) pada kutub positif dan negatif, sehingga mengurangi reaktifitas dari cairan elektrolit karena asamnya menjadi timah, sehingga tegangan baterai antara kutub-kutubnya menjadi lemah.

2.3.1.2 Proses pengisian (Recharging)

Proses ini adalah kebalikan dari proses pengosongan dimana arus listrik dialirkan yang arahnya berlawanan, dengan arus yang terjadi pada saat pengosongan. Pada proses ini setiap molekul air terurai dan tiap pasang ion hidrogen (2H^+) yang dekat plat negatif bersatu dengan ion negatif Sulfat (SO_4^{--}) pada plat negatif untuk membentuk asam sulfat. Sedangkan ion oksigen yang bebas bersatu dengan tiap atom Pb pada plat positif membentuk timah peroksida (PbO_2).



Proses reaksi kima yang terjadi adalah sebagai berikut :



Setelah pengosongan Setelah pengisian

Pada reaksi diatas, terbentuk $4\text{H}^+_{(aq)}$ dan $2\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ dan akan bereaksi menjadi asam sulfat (H_2SO_4). Hal ini akan menambah kadar dan massa jenis larutan. Sehingga larutan menjadi lebih pekat. Jadi pada saat pengisian baterai atau aki, pada prinsipnya mengubah kembali anode dan katode yang berupa timbal sulfat (PbSO_4) menjadi timbal dioksida (PbO_2) dan timbal murni (Pb), atau terjadi proses " Tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga kimia listrik di dalam akumulator dan kemudian disimpan di dalamnya."

(Sumber : [http:// cara-kerja-akumulator-aki-accu-baterai/](http://cara-kerja-akumulator-aki-accu-baterai/))

2.3.2 Jenis - Jenis baterai berdasarkan sifatnya

Dalam pemakaiannya, baterai ada yang tidak bisa diisi ulang dan ada yang bisa diisi ulang, jenis baterai yang tidak bisa diisi ulang disebut baterai primer dan yang bisa diisi ulang disebut baterai sekunder.

2.3.2.1 Baterai jenis primer

Baterai jenis Primer atau Baterai sekali pakai merupakan baterai yang paling sering digunakan, hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 Volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Pada waktu baterai jenis primer ini digunakan, material dari salah satu elektroda menjadi larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula.



2.3.2.2 Baterai jenis sekunder

Baterai Sekunder adalah baterai yang dapat di isi ulang kembali atau Rechargeable Battery. Pada waktu pengisian baterai, elektroda dan elektrolit mengalami perubahan kimia dan dapat dimuati kembali ke kondisi semula setelah kekuatannya melemah yaitu dengan melewati arus dengan arah berlawanan pada saat baterai digunakan. Baterai pada *solar cell* berfungsi untuk menyimpan energi listrik cadangan ketika cuaca mendung atau hujan serta pada saat malam hari. Pada prinsipnya, Baterai Sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan Baterai Primer. Reaksi Kimia pada Baterai Sekunder ini dapat berbalik (Reversible). Pada saat Baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal Baterai (discharge), Elektron akan mengalir dari Negatif ke Positif. Sedangkan pada saat Sumber Energi Luar (Charger) dihubungkan ke Baterai Sekunder, elektron akan mengalir dari Positif ke Negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai.

(Sumber : <http://elektindo.com/link/kelebihan-baterai-sekunder>)

2.3.3 Jenis - Jenis baterai berdasarkan tipenya

2.3.3.1 Baterai tipe basah (*Wet Type*)

Baterai tipe basah (*wet type*) terdiri dari elemen-elemen yang telah diisi penuh dengan muatan listrik (*full charged*) dan dalam penyimpanannya telah diisi dengan elektrolit. Baterai ini tidak bisa dipertahankan tetap dalam kondisi *full charge*. Sehingga harus diisi (*charge*) secara periodik. Selama baterai tidak digunakan dalam penyimpanan, akan terjadi reaksi kimia secara lambat yang menyebabkan berkurangnya kapasitas baterai, reaksi ini disebut "*self Discharge*".



Baterai tipe basah dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Baterai tipe Basah

(Sumber : <http://dayasurya.weebly.com/aki.html> diakses pada tanggal 1 juni 2015 pukul 21.00 WIB)

2.3.3.2 Baterai Tipe kering (*Dry Type*)

Baterai tipe kering (*Dry Type*) terdiri dari plat-plat (positip & negatip) yang telah diisi penuh dengan muatan listrik, tetapi dalam penyimpanannya tidak diisi dengan elektrolit. Jadi keluar pabrik dalam kondisi kering. Pada dasarnya baterai ini sama seperti dengan baterai tipe basah. Elemen-elemen baterai ini diisi secara khusus dengan cara memberikan arus DC pada plat yang direndamkan ke dalam larutan elektrolit lemah. Setelah plat-plat itu terisi penuh dengan muatan listrik, kemudian diangkat dari larutan elektrolit lalu dicuci dengan air dan dikeringkan. Kemudian plat-plat tersebut dirangkai dalam case baterai. Sehingga bila baterai tersebut akan dipakai, cukup diisi elektrolit dan langsung bisa digunakan tanpa *discharge* kembali.



Baterai tipe kering dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Baterai tipe kering /MF

(Sumber : <http://dayasurya.weebly.com/aki.html> diakses pada tanggal 1 juni 2015 pukul 21.00 WIB)

2.3.4 Rumus penggunaan baterai

untuk menentukan baterai yang digunakan dapat dengan rumus:

$$h = \frac{\text{Tegangan baterai (V)} \times \text{Arus (Ah)}}{\text{Beban pemakaian}}$$

untuk mengetahui lama pengisian baterai, dapat dengan rumus:

$$\text{Lama pengisian (h)} = \frac{\text{Besar kapasitas (Ah)}}{\text{Besar arus Charger (A)}}$$

(Sumber : <http://solarsuryaindonesia.com/panduan/menentukan-kebutuhan-listrik-cadangan>)

2.4 Saklar

Saklar adalah sebuah komponen elektronika yang digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan aliran listrik. Saklar berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik (arus listrik), baik itu pada jaringan arus listrik kuat maupun pada jaringan arus listrik lemah, yang membedakan saklar arus listrik kuat dan saklar arus listrik lemah adalah



bentuknya kecil jika dipakai untuk alat peralatan elektronika arus lemah, demikian pula sebaliknya, semakin besar saklar yang digunakan jika aliran listrik semakin kuat. Bentuk saklar bermacam-macam, dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Macam- macam bentuk Saklar

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/komponen/limit-switch-dan-saklar-pushon/> diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.30 WIB)

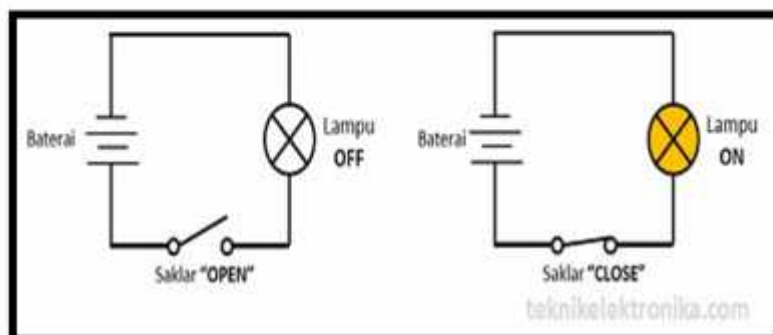
2.4.1 Prinsip kerja Saklar

Saklar terdiri dari dua konduktor atau logam yang terhubung ke rangkaian eksternal, Saat kedua konduktor tersebut terhubung maka akan terjadi hubungan arus listrik dalam rangkaian. Sebaliknya, saat kedua konduktor tersebut dipisahkan maka hubungan arus listrik akan ikut terputus. Setiap pasangan kontak umumnya terdiri dari 2 keadaan atau disebut dengan “State”.

Kedua keadaan tersebut diantaranya adalah keadaan “Close” atau “Tutup” dan Keadaan “Open” atau “Buka”. Close artinya terjadi sambungan aliran listrik sedangkan Open adalah terjadinya pemutusan aliran listrik.



Adapun cara kerjanya dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Prinsip kerja saklar

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-saklar-listrik-cara-kerjanya/>
diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.30 WIB)

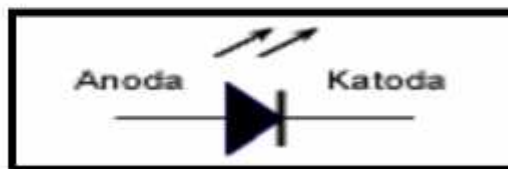
Berdasarkan dua keadaan tersebut, Saklar pada umumnya menggunakan istilah *Normally Open* (NO) untuk Saklar yang berada pada keadaan Terbuka (Open) pada kondisi awal. Ketika ditekan, Saklar yang *Normally Open* (NO) tersebut akan berubah menjadi keadaan Tertutup (Close) atau “ON”. Sedangkan *Normally Close* (NC) adalah saklar yang berada pada keadaan Tertutup (Close) pada kondisi awal dan akan beralih ke keadaan Terbuka (Open) ketika ditekan.

2.5 Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Lampu LED merupakan suatu komponen lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut, yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. Strukturnya bentuk LED sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya semikonduktor, doping yang dipakai adalah gallium, arsenic dan phosphorus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula.



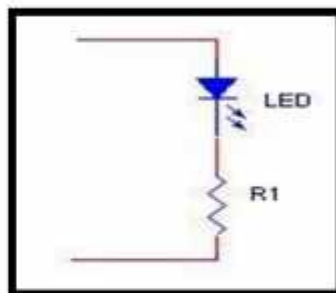
Adapun Simbol LED dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.16 Simbol LED

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode>
/diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.30 WIB)

Rangkaian elektronik pada LED dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.17 Rangkaian Led

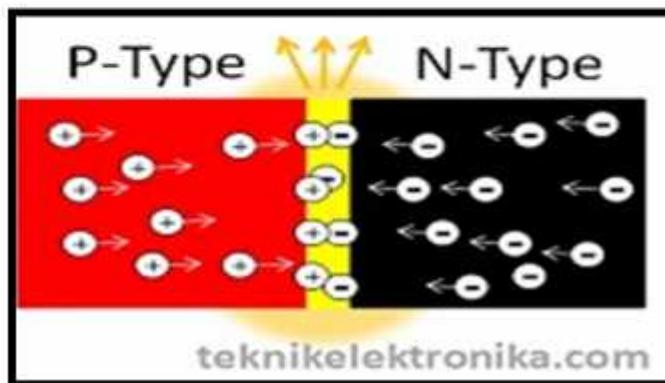
(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode>
/diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.30 WIB)

2.5.1 Prinsip kerja LED (*Light Emitting Diode*)

LED akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias *forward*) dari Anoda menuju ke Katoda. LED terdiri dari semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction positif dan negatif, yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda menuju ke Katoda, Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna).



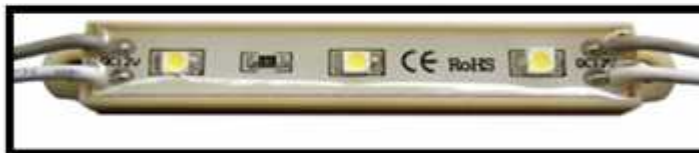
Adapun cara kerja dari LED dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.18 Cara kerja LED (Light Emitting Diode)

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode>
/diakses pada tanggal 28 mei 2015 pukul 20.30 WIB)

Adapun LED yang digunakan yaitu merk CE RoHS dapat dilihat pada gambar 2.18 dibawah ini.



Gambar 2.19 Lampu LED CE RoHS

(Sumber : <http://www.LED-Module/3pcs-3528SMD-.html> diakses pada tanggal 22 mei
2015 pukul 20.50WIB)

Spesifikasi LED

Dimensi LED : 75 x 12 x 5 mm

Warna : Putih

Tahan air : IP65

Tegangan : 12 V DC

Arus : 0,075 A

Konsumsi bekerja : 0.9 W

sertifikasi: CE, RoHS, FCC



2.6 USB

USB adalah standar bus serial untuk perangkat penghubung, biasanya kepada komputer, ponsel dan lain-lain. USB digunakan sebagai *Portable charger* yang berfungsi untuk mengisi ulang baterai. Jika dibuka, kabel USB akan terlihat ada 4 warna, yaitu merah, coklat, kuning dan biru, kabel berwarna merah dan coklat berfungsi sebagai power / untuk arus listrik, kabel berwarna kuning dan biru berfungsi untuk membawa / mentransfer data. Komunikasi pada USB dilakukan secara serial, Serial lebih dipilih dibanding dengan paralel karena kebutuhan kabel yang lebih sedikit, sehingga lebih murah, dan lebih mudah diterapkan dalam konfigurasi dinamik. Yang dimaksud dengan konfigurasi dinamik adalah suatu sistem masukan/keluaran dapat dipasang atau dikonfigurasi ulang dengan memasang atau melepas kabel ketika PC bekerja.

Hubungan piranti masukan/keluaran dengan PC melalui USB dilakukan secara asimetrik yang berarti konektor pada kedua ujung kabel tidak sama sehingga harus diketahui ujung mana yang dipasang pada master dan ujung mana yang dipasang pada slave. Terminologi yang diadopsi oleh spesifikasi USB adalah “*upstream*” (menuju PC) dan “*downstream*” (menuju piranti masukan/keluaran). Ujung “*upstream*” mengatur protokol dan menginstruksikan ujung “*downstream*” untuk membalas pada waktu yang ditentukan.

Konektor pada USB memiliki 4 kaki, yaitu VCC +5V (atau sering disebut V BUS), Data- (D-), Data+ (D+), dan GND, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Tipe Konektor USB dan Susunan Kakinya

(Sumber : Hyde, John, *USB design by example : a practical guide to building I/O devices*, John Wiley & Sons, Inc., Toronto, 1999)



USB terbagi menjadi dua yaitu USB male dan USB female. USB male adalah interface USB yang menempel di device eksternal misalnya flashdisk. Sedangkan USB female adalah colokan USB pada komputer dan laptop. Dapat dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 USB

(Sumber : <http://-USB-charger-portable.com> diakses pada tanggal 2 mei 2015 pukul 19.00 WIB)

2.7 Kipas DC

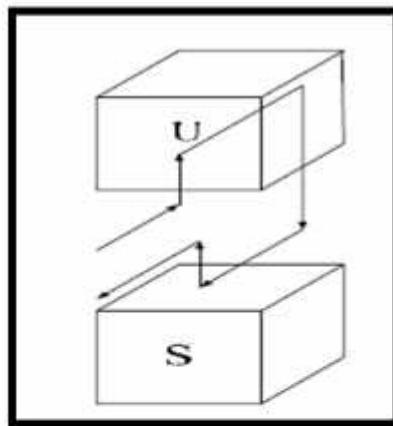
Kipas DC adalah suatu perangkat elektronik yang menggunakan motor DC sebagai penggerak. Motor DC ini berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak, Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam medan magnet, maka akan timbul tagangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik, adapun arus searah yang terjadi yaitu ketika membalik fasa negatif dari gelombang sinusoidal menjadi gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang bebalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet.

(Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronikamotor-dc/>)



2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC

Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi dan daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.22 Prinsip Kerja Motor dc

(Sumber : http://kk.mercubuana.ac.id/elearning/files_modul/13020-8-886267064764.pdf
diakses pada tanggal 30 april 2015 pukul 23.00 WIB)

Dengan mengacu pada hukum kekekalan energi :

Proses energi listrik = energi mekanik + energi panas + energi didalam medan magnet

Maka dalam medan magnet akan dihasilkan kumparan medan dengan kerapatan fluks sebesar B dengan arus adalah I serta panjang konduktor sama dengan L maka diperoleh gaya sebesar F , dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = B I L \dots\dots\dots(\text{pers .1})$$

Arah dari gaya ini ditentukan oleh aturan kaidah tangan kiri, adapun kaidah tangan kiri tersebut adalah sebagai berikut :

Ibu jari sebagai arah gaya (F), telunjuk jari sebagai fluks (B), dan jari tengah sebagai arus (I). Bila motor dc mempunyai jari-jari dengan panjang sebesar (r), maka hubungan persamaan dapat diperoleh :



$T_r = F_r = B I L r$(pers 2.)

Saat gaya (F) tersebut dibandingkan, konduktor akan bergerak didalam kumparan medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan sumber. Agar proses perubahan energi mekanik tersebut dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar dari pada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

Kipas DC yang digunakan memiliki tegangan sebesar 12 volt. Ukuran dari kipas DC ini bermacam-macam dari yang berukuran 5 cm sampai 12 cm. Bentuk fisik kipas DC dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Kipas DC

(Sumber : <http://www.forumsains.com/teknik-elektro/%28ask%29-kipas-12v-dc-bisa-nyala-dipasang-dengan-baterai> diakses pada tanggal 30 april 2015 pukul 23.00 WIB)