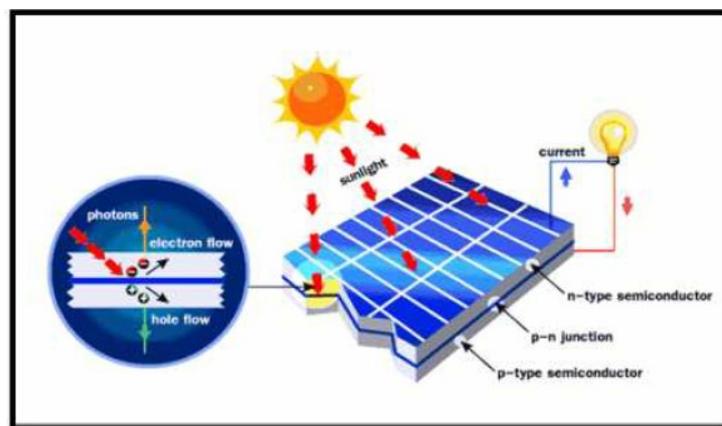


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Panel Surya (*Solar Cell*)

Panel surya atau *Solar Cell* adalah suatu komponen pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik dengan proses efek *fotovoltaic*. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6 V tanpa beban (*open circuit*) atau 0,45 V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau Modul Surya. Ilustrasi cara kerja sel surya dapat dilihat pada gambar 2.1.



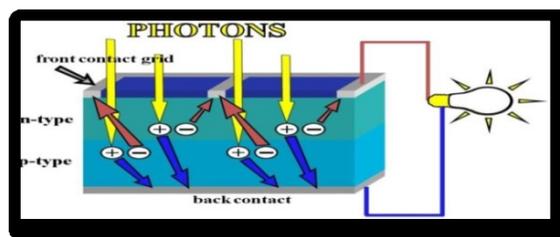
Gambar 2. 1 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya

WP adalah singkatan dari *Watt-Peak* yaitu istilah yang biasa digunakan dalam dunia solar energi. 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.

### 2.1.1 Prinsip Dasar Teknologi Solar Cell (Photovoltaic) Dari Bahan Silikon

*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 silikon. (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

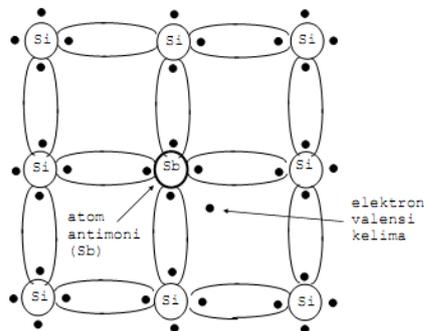
### 2.1.2 Bahan Semikonduktor

Bahan Semikonduktor memiliki dua macam yaitu tipe-n dan tipe-p, perbedaan dari semikonduktor tipe-n dan tipe-p yaitu :

#### 1. Semikonduktor type n

Apabila bahan semikonduktor intrinsik (murni) diberi (*didoping*) dengan bahan bervalensi lain maka diperoleh semikonduktor ekstrinsik. Pada bahan

semikonduktor intrinsik, jumlah elektron bebas dan hole-nya adalah sama. Konduktivitas semikonduktor intrinsik sangat rendah, karena terbatasnya jumlah pembawa muatan yakni hole maupun elektron bebas tersebut. Jika bahan silikon didoping dengan bahan ketidak murnian (impuritas) bervalensi lima (penta-valens), maka diperoleh semikonduktor tipe n. Bahan dopan yang bervalensi lima ini misalnya antimon, arsenik, dan pospor. Struktur kisi-kisi kristal bahan silikon tipe n dapat dilihat pada gambar 2.3.

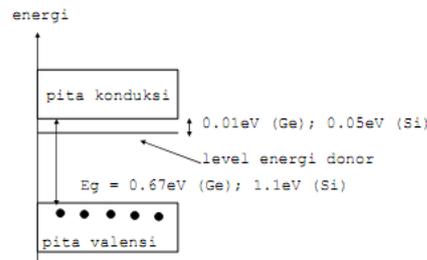


Gambar 2. 3 Kristal Semikonduktor (silikon) Tipe-n

Karena atom antimon (Sb) bervalensi lima, maka empat elektron valensi mendapatkan pasangan ikatan kovalen dengan atom silikon sedangkan elektron valensi yang kelima tidak mendapatkan pasangan. Oleh karena itu ikatan elektron kelima ini dengan inti menjadi lemah dan mudah menjadi elektron bebas. Karena setiap atom dopan ini menyumbang sebuah elektron, maka atom yang bervalensi lima disebut dengan atom donor. Dan elektron “bebas” sumbangan dari atom dopan inipun dapat dikontrol jumlahnya atau konsentrasinya.

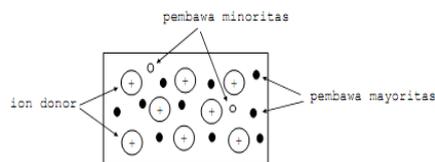
Meskipun bahan silikon tipe n ini mengandung elektron bebas (pembawa mayoritas) cukup banyak, namun secara keseluruhan kristal ini tetap netral karena jumlah muatan positif pada inti atom masih sama dengan jumlah keseluruhan elektronnya. Pada bahan tipe n disamping jumlah elektron bebasnya (pembawa mayoritas) meningkat, ternyata jumlah hole-nya (pembawa minoritas) menurun. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya jumlah elektron bebas, maka kecepatan hole dan elektron ber-rekombinasi (bergabungnya kembali elektron dengan hole) semakin meningkat. Sehingga jumlah hole-nya menurun. Level

energi dari elektron bebas sumbangan atom donor dapat digambarkan seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Diagram pita energi semikonduktor tipe-n

Jarak antara pita konduksi dengan level energi donor sangat kecil yaitu 0.05 eV untuk silikon dan 0.01 eV untuk germanium. Oleh karena itu pada suhu ruang saja, maka semua elektron donor sudah bisa mencapai pita konduksi dan menjadi elektron bebas. Bahan semikonduktor type n dapat dilihat pada gambar 2.5.



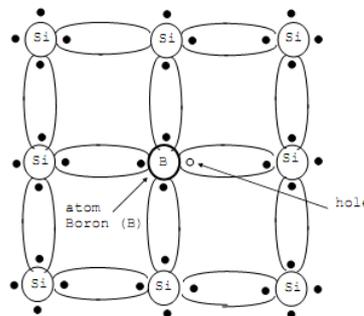
Gambar 2. 5 Bahan semikonduktor tipe-n

Karena atom-atom donor telah ditinggalkan oleh elektron valensinya (yakni menjadi elektron bebas), maka menjadi ion yang bermuatan positif. Sehingga digambarkan dengan tanda positif. Sedangkan elektron bebasnya menjadi pembawa mayoritas dan pembawa minoritasnya berupa hole.

## 2. Semikonduktor type p

Apabila bahan semikonduktor murni (intrinsik) didoping dengan bahan impuritas (ke-tidak-murnian) bervalensi tiga, maka akan diperoleh semikonduktor type p. Bahan dopan yang bervalensi tiga tersebut misalnya boron, galium, dan

indium. Struktur kisi-kisi kristal semikonduktor (silikon) type p adalah seperti gambar 2.6.

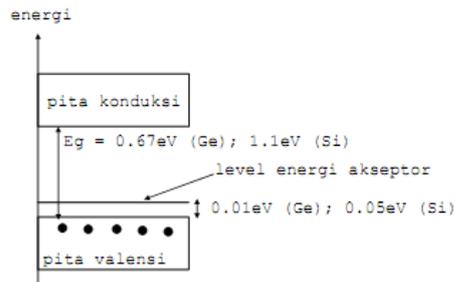


Gambar 2. 6 Struktur kisi-kisi kristal semikonduktor (silikon) type p

Karena atom dopan mempunyai tiga elektron valensi, maka hanya tiga ikatan kovalen yang bisa dipenuhi. Sedangkan tempat yang seharusnya membentuk ikatan kovalen keempat menjadi kosong (membentuk hole) dan bisa ditempati oleh elektron valensi lain. Dengan demikian sebuah atom bervalensi tiga akan menyumbangkan sebuah hole. Atom bervalensi tiga (trivalent) disebut juga atom akseptor, karena atom ini siap untuk menerima elektron.

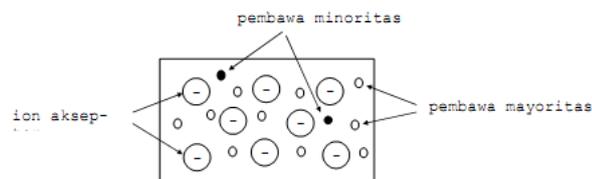
Seperti halnya pada semikonduktor type n, secara keseluruhan kristal semikonduktor type n ini adalah netral. Karena jumlah hole dan elektronnya sama. Pada bahan type p, hole merupakan pembawa muatan mayoritas. Karena dengan penambahan atom dopan akan meningkatkan jumlah hole sebagai pembawa muatan. Sedangkan pembawa minoritasnya adalah elektron.

Level energi dari hole akseptor dapat dilihat pada gambar 2.7. Jarak antara level energi akseptor dengan pita valensi sangat kecil yaitu sekitar 0.01 eV untuk germanium dan 0.05 eV untuk silikon. Dengan demikian hanya dibutuhkan energi yang sangat kecil bagi elektron valensi untuk menempati hole di level energi akseptor. Oleh karena itu pada suhu ruang banyak sekali jumlah hole di pita valensi yang merupakan pembawa muatan.



Gambar 2. 7 Level energi dari hole akseptor

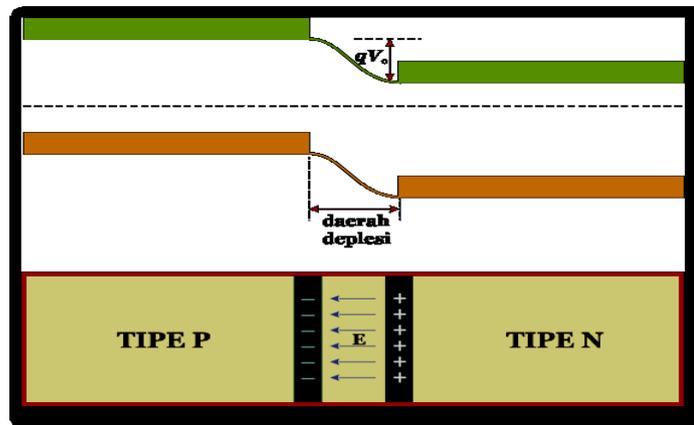
Bahan semikonduktor type p dapat dilukiskan seperti pada gambar 2.8 Karena atom-atom akseptor telah menerima elektron, maka menjadi ion yang bermuatan negatif. Sehingga digambarkan dengan tanda negatif. Pembawa mayoritas berupa hole dan pembawa minoritasnya berupa elektron.



Gambar 2. 8 Bahan semikonduktor type p

### 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 elektron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negatif 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. Dibawah ini terdapat diagram energi sambungan p-n pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi

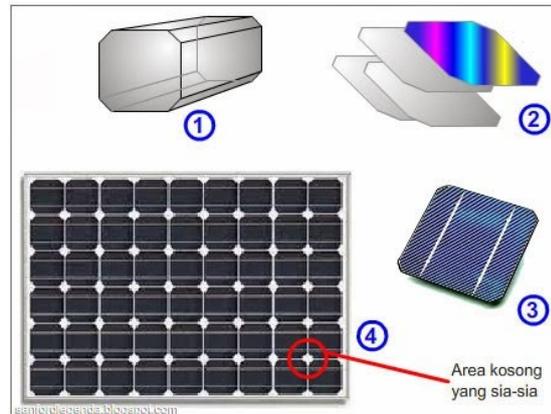
Sebagaimana yang kita ketahui bersama, electron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. Kehadiran medan listrik pada elektron dapat mengakibatkan elektron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada *solar cell* sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan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

#### 2.1.4 Jenis-Jenis Panel Surya

Jenis-jenis panel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

##### 1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. 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 dan sel surya jenis ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya, dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Surya Panel Monokristal

Keterangan gambar 2.10 yaitu :

1. Batangan kristal silikon murni
2. Irisan kristal silikon yang sangat tipis
3. Sebuah sel surya *monocrystalline* yang sudah jadi
4. Sebuah panel surya *monocrystalline* yang berisi susunan sel surya *monocrystalline*. Nampak area kosong yang tidak tertutup karena bentuk sel surya jenis ini.

## 2. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya *monocrystalline*, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16% .

Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya *monocrystalline* di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini. Panel surya *monocrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Panel surya *monocrystalline*

### 3. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*). Panel surya *Thin Film Photovoltaic* dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Panel surya *Thin Film Photovoltaic*

Berdasarkan materialnya, sel surya *Thin Film Photovoltaic* ini digolongkan menjadi tiga yaitu :

#### 1. *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells*

Sel surya dengan bahan *Amorphous Silicon* ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut "*stacking*" (susun lapis), dimana beberapa lapis *Amorphous Silicon*

ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

### 2. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells*

Sel surya jenis ini mengandung bahan *Cadmium Telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya *Amorphous Silicon*, yaitu sekitar: 9% - 11%.

### 3. *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells*

Dibandingkan kedua jenis sel surya *thin film* di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%.Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya *Cadmium* seperti pada sel surya CdTe.

Teknologi produksi sel surya *thin film* ini masih baru, masih banyak kemungkinan di masa mendatang.Ongkos produksi yang murah serta bentuknya yang tipis, ringan dan fleksibel sehingga dapat dilekatkan pada berbagai bentuk permukaan, seperti kaca, dinding gedung dan genteng rumah dan bahkan tidak menutup kemungkinan kelak dapat dilekatkan pada bahan seperti baju kaos.

## 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 ketidak stabilan 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. Contoh *Solar Charge Controller* dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2. 13 *Solar Charge Controller*

### 2.2.1 Prinsip kerja *Solar Charge Controller*

Prinsip kerja Solar Charge Controller terbagi menjadi dua yaitu :

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*:

*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 atau *solar cell*. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup (bulk)* dimulailah *fase absorption*.

*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.

*Fase float* yaitu baterai akan dijaga pada tegangan *float setting*, beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya atau *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.

## 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 elektro kimia 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 negatif, 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.

### 2.3.1 Prinsip kerja baterai

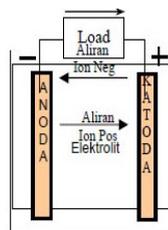
Diketahui :

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

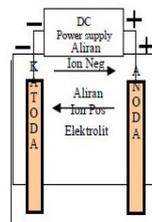
Pada prinsipnya, baterai bekerja dengan dua cara yaitu :

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 2.14.

Proses pengisian (*Recharge*), bila sel dihubungkan dengan power supply maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda. Dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2. 14 Proses pengosongan



Gambar 2. 15 Proses pengisian

### 2.3.1.1 Proses Pengosongan (*discharge*)

Bila baterai dibebani, maka tiap ion negatif sulfat ( $\text{SO}_4^-$ ) akan bereaksi dengan plat timah murni (Pb) sebagai katoda menjadi timah sulfat  $\text{PbSO}_4$  sambil melepaskan dua elektron. Sedangkan sepasang ion hidrogen ( $2\text{H}^+$ ) akan bereaksi dengan plat timah peroksida ( $\text{PbO}_2$ ) sebagai anoda menjadi timah sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ) sambil mengambil dua elektron dan bersenyawa dengan satu atom oksigen untuk membentuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Pengambilan dan pemberian elektron dalam proses kimia ini akan menyebabkan timbulnya beda potensial listrik antara kutub-kutub sel

baterai. Pada proses pengosongan baterai akan terbentuk timah sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ) 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 ( $2\text{H}^+$ ) yang dekat plat negatif bersatu dengan ion negatif Sulfat ( $\text{SO}_4^{--}$ ) pada plat negatif untuk membentuk asam sulfat. Sedangkan ion oksigen yang bebas bersatu dengan tiap atom Pb pada plat positif membentuk timah peroksida ( $\text{PbO}_2$ ).

Pada reaksi diatas, terbentuk  $4\text{H}^+_{(\text{aq})}$  dan  $2\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  dan akan bereaksi menjadi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). 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 ( $\text{PbSO}_4$ ) menjadi timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) dan timbal murni (Pb), atau terjadi proses Tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga kimia listrik di dalam akkumulator dan kemudian disimpan di dalamnya.

## 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.

### **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 2.16.



Gambar 2. 16 Baterai tipe Basah

### 2.3.3.2 Baterai Tipe kering (*Dry Type*)

Baterai tipe kering (*Dry Type*) terdiri dari plat-plat (positif dan negatif) 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 2.17.



Gambar 2. 17 Baterai tipe kering /MF

### 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:

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

### 2.4 Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya atau solar cell menjadi AC. Penggunaan inverter dari dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah untuk perangkat yang menggunakan AC (Alternating Current).

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan inverter:

Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dgn beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal Input DC 12 Volt atau 24 Volt Sinewave ataupun square wave output AC



Gambar 2. 18 Inverter

### **2.4.1 Fungsi Inverter**

Seperti yang telah dikatakan tadi, inverter memiliki fungsi mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Perubahan tersebut dilakukan dengan mengubah kecepatan motor AC dengan cara mengubah frekuensi outputnya. Jadi bisa dibilang inverter ini multifungsi, dapat mengubah arus AC ke DC, lalu mengembalikannya lagi ke AC. Inverter banyak digunakan pada bidang otomatisasi industri. Pengaplikasian inverter biasanya terpasang di proses linear (parameter yang bisa diubah-ubah).

### **2.4.2 Cara Kerja Inverter**

Cara kerja inverter ini sebenarnya dilakukan dengan cara mengubah input motor listrik AC menjadi DC, yang kemudian diubah lagi menjadi AC dengan frekuensi yang dikehendaki, sehingga motor listrik tersebut dapat dikontrol atau dikendalikan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

## **2.5 Water Heater**

Water Heater merupakan alat elektronik yang digunakan untuk memanaskan air dengan menggunakan sumber daya energi pemanas. Dasar dari cara kerja water heater sendiri cukup sederhana, yaitu air dingin yang telah ditempatkan dalam sebuah tabung yang telah diisi kawat-kawat tipis yang dirancang untuk menghantarkan panas, kemudian di bagian bawah tabung tersebut diletakkan sebuah alat pemanas dari berbagai sumber energi. Air yang dingin tadi berubah menjadi panas dan dialirkan ke tempat yang telah disediakan seperti bak mandi atau kran shower, namun seiring berkembangnya jaman. Water Heater kini telah berkembang secara pesat dengan teknologi dan inovasi yang hebat dari berbagai developer Water Heater. Hal tersebut tidak luput dari ke-efisienan material dan bahan baku demi kenyamanan dan kepuasan konsumen. Kini water heater dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan sumber energi yang digunakan.

## **2.5.1 Jenis-Jenis Water Heater**

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang jenis-jenis heater, karena seperti yang telah disebutkan di atas bahwa heater hadir dengan berbagai jenis berdasarkan sumber energy yang digunakan.

### **2.5.1.1 Electric Water Heater**

Sesuai dengan namanya, water heater jenis ini menggunakan sumber energi dari listrik untuk memanaskan air, Electric Water Heater dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Electric Water Heater
2. Electric water heater dengan penampungan

### **2.5.1.2 Solar Water Heater (SWH)**

Water Heater jenis ini menggunakan sumber energi matahari untuk memanaskan air, dasar dari sistem SWH ini adalah dengan menempelkan panel kolektor ditempat yang terkena sinar matahari kemudian sumber energi tersebut di konversi menjadi pemanas di dalam tabung yang berisi air.

SWH dibagi menjadi 2 yaitu pasif dan aktif, biasanya yang menggunakan pasif adalah rumah, kontrakan, sedangkan aktif digunakan untuk keperluan komersil seperti kantor, pabrik dll.

### **2.5.1.3 Air Conditioner Water Heater (ACWH)**

Jenis Water Heater ini menggunakan Freon dari AC yang di buang, Freon tersebut bisa bermanfaat dengan melalui tahap Heat Exchanger dan dikonversi sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi pemanas air.

### **2.5.1.4 Gas Water Heater**

Prinsip dari Gas Water Heater ini sama seperti kompor gas pada umumnya yaitu memanaskan air dengan sumber energi gas elpiji maupun gas alam.

## 2.6 Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai ‘otak’ yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya handphone, MP3 player, DVD, televisi, AC, dll. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot. Baik robot mainan, maupun robot industri. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroler, maka Arduino pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan kita.



Gambar 2. 19 Arduino

Kegunaan Arduino tergantung kepada kita yang membuat program. Arduino bisa digunakan untuk mengontrol LED, bisa juga digunakan untuk mengontrol helikopter. Contoh yang sudah pernah dibuat adalah MP3 player, pengontrol motor, mesin CNC, monitor kelembaban tanah, pengukur jarak, penggerak servo, balon udara, pengontrol suhu, monitor energi, stasiun cuaca,

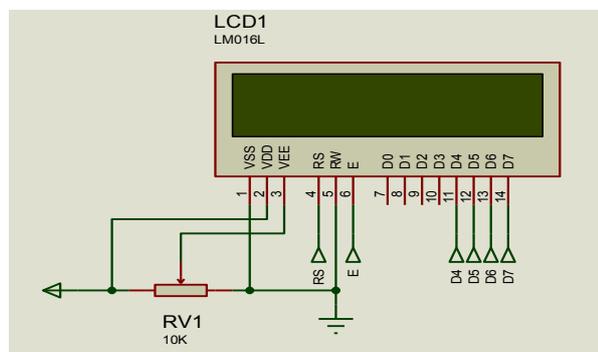
pembaca RFID, drum elektronik, GPS logger, monitoring bensin dan masih banyak lagi. Arduino memiliki berbagai macam kelebihan, diantaranya adalah:

1. Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer.
2. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
3. Bahasa pemrograman relatif mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap.
4. Memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board Arduino. Misalnya shield GPS, Ethernet, SD Card, dll.

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah. Untuk membuat program Arduino dan mengupload ke dalam board Arduino,

## 2.7 Liquid Cristal Disply (LCD)

LCD 16x2 LMB162A merupakan suatu display yang berfungsi untuk menginformasikan kepada pengguna apa yang terjadi pada rangkaian ini. LCD 16x2 adalah penampil yang berkarakter 2 baris dan 16 kolom, sehingga cukup untuk menampilkan data suhu ruangan, metode data yang digunakan pada LCD ini adalah 4 bit. Selain lebih menghemat I/O, mode demikian dapat mempermudah proses pembuatan pcbnya. Berikut rangkaian dasarnya

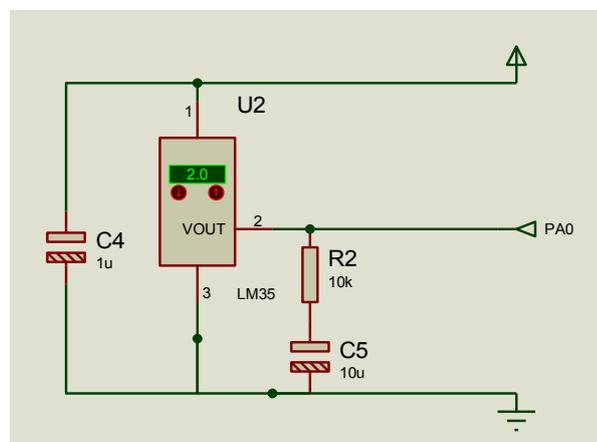


Gambar 2. 21 LCD 16x2 LMB162A

## 2.8 Sensor Suhu LM35

LM35 tidak membutuhkan kalibrasi eksternal yang menyediakan akurasi  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  pada temperatur ruangan dan  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$  pada kisaran  $-55$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ . LM35 dimaksudkan untuk beroperasi pada  $-55^{\circ}$  hingga  $+150^{\circ}\text{C}$ , sedangkan LM35C pada  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $+110^{\circ}\text{C}$ , dan LM35D (DZ) pada kisaran  $0-100^{\circ}\text{C}$ . LM35D juga tersedia pada paket 8 kaki dan paket TO-220. Sensor LM35 umumnya akan naik sebesar  $10\text{mV}$  setiap kenaikan  $1^{\circ}\text{C}$  ( $300\text{mV}$  pada  $30^{\circ}\text{C}$ ).

Sensor suhu yang digunakan pada alat pendeteksi suhu ini berbasis mikrokontroler ATMEGA8535 ini adalah LM35 yang keluaran tegangannya antara  $0 - 150^{\circ}\text{C}$ . Berikut ini adalah Gambar 6 sensor suhu LM35 yang dirangkaikan dengan resistor dan kapasitor, kemudian keluarannya dihubungkan ke kaki masukan ADC untuk dikonversi datanya menjadi keluaran data biner digital dengan resolusi 8 bit.



Gambar 2. 22 Sensor suhu LM35

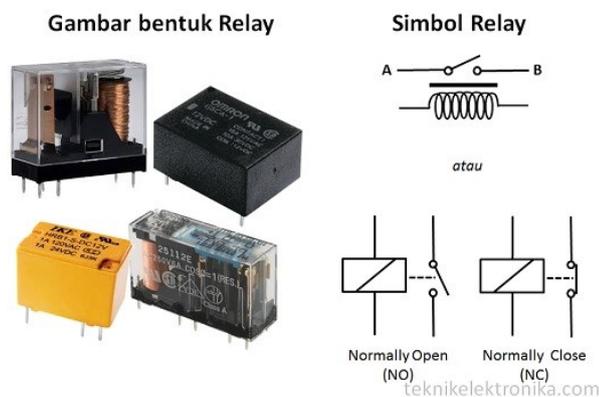
Pada Gambar 6 terlihat keluaran (kaki nomor 2) LM35 dihubungkan dengan rangkaian R-C (resistor – kapasitor *damper*), menurut *datasheet* ini akan mengurangi *noise* elektromagnetik yang dapat dihasilkan dari radio pemancar, motor, SCR, dan lain-lain. Kemudian kaki keluarannya (nomor 2) dihubungkan ke

kaki *input* (masukan) ADC, sedangkan kaki Vcc LM35 dihubungkan ke tegangan 5 Volt, dan kaki nomor 3 dihubungkan ke *ground*.

## 2.9 Relay

Pengertian Relay dan Fungsi Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

Dibawah ini adalah gambar bentuk Relay dan Simbol Relay yang sering ditemukan di Rangkaian Elektronika.

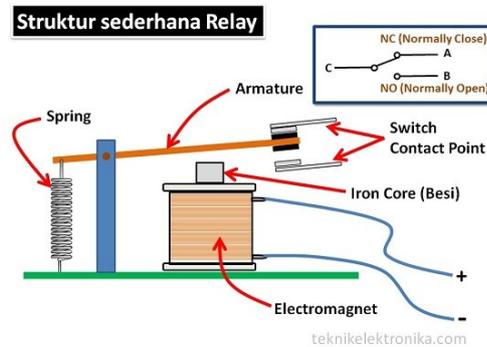


Gambar 2. 20 Bentuk dan Simbol Relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature
3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2. 24 Struktur Sederhana Relay

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
2. Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.