

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sel surya (*fotovoltaik*)**

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai yang di harapkan. Panel surya biasanya memiliki umur 20+ tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%. Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum).

Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan.

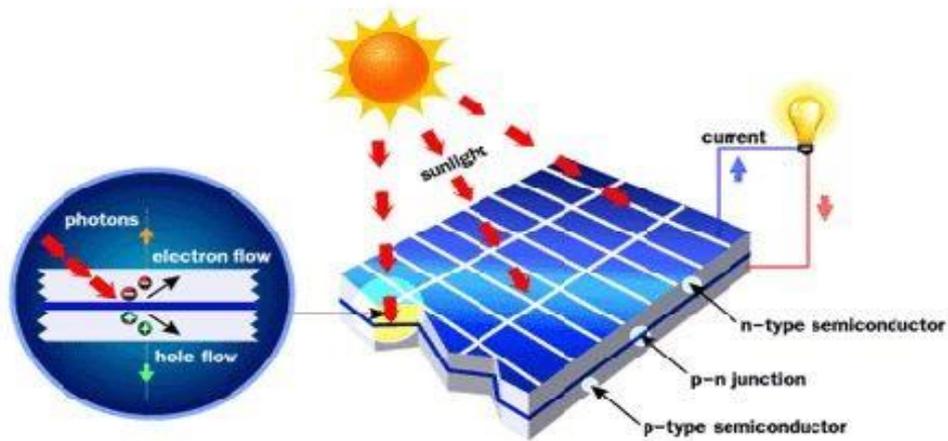
Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut.

##### **2.1.1. Prinsip Kerja Sel Surya (*Photovoltaik*)**

Pengkonversian sinar matahari menjadi listrik dengan panel photovoltaik, kebanyakan menggunakan *Poly Crystalline Silicon* sebagai material



semikonduktor *photocell* mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip diode p-n  
Gambar dibawah ini mengilustrasikan prinsip kerja photovoltaik panel.



**Gambar 2.1 prinsip kerja sel surya photovoltaic<sup>1</sup>**

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

- 1) Cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
- 2) Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
- 3) Gabungan / susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik dc, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

Daya listrik dc tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya menjadi daya listrik ac. Dengan menggunakan konverter maka daya listrik dc dapat berubah menjadi daya listrik ac sehingga dapat digunakan.

<sup>1</sup>Dickson kho,2016, “pengertian sel surya”, <http://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>, 7 maret 2017



### 2.1.1 hal hal yang mempengaruhi efisiensi panel surya

Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi efisiensi penyerapan energi dari solar cell. Diantaranya adalah:

- a) Nilai Refleksi Dari Panel
- b) Nilai termodinamika
- c) Kekuatan efisiensi zat pada panel
- d) Kekuatan konduktor dari zat yang ada pada solar cell

Semua nilai tadi pada keadaan nyata di luar laboratorium adalah nilai yang cukup sulit untuk di ukur, Oleh karena itu para praktisi mengambil pengukuran lain secara tidak langsung , baik perhitungan luas permukaan, daya yang di serap dan efisiensi, untuk mengetahui luas permukaan panel surya maka dapat di gunakan persamaan berikut:

$$A = P \cdot L \dots\dots\dots(2.1)$$

Diman;

A= Luas permukaan modul surya (m<sup>2</sup>)

P= Panjang modul surya (m)

L= Lebar modul surya (m)

Untuk menghitung daya serap panel dalam satuan Wh maka dapat di gunakan persamaan berikut :

$$Wh = V \cdot I \cdot Jam \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

Wh = daya yang di serao digunakan (Wh)

V = tegangan hasil pengukuran (V)

I = arus hasil pengukuran (I)

Jam = lama proses penyerapan cahaya

Dari kemampuan serap panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel



surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%. Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Persentase kemampuan serap panel surya dapat di hitung dengan persamaan berikut:

$$\text{persentase} = \frac{\text{nilai daya yang di bandingkan (P out)}}{\text{nilai daya pembanding}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk mengetahui nilai daya yang di serap dari proses pengukuran atau menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \cdot I \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

P = Daya yang di gunakan (W)

V = Tegangan hasil pengukuran (V)

I = Arus hasil pengukuran (I)

## 2.2 Arduino uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328P. Uno memiliki 14 pin digital dimana 6 diantaranya menyediakan keluaran PWM (*Pulse width Modulation*), 6 input analog, kecepatan waktu 16 MHz, koneksi USB (*Universal Serial Bus*), jack listrik, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau power *supply*



**Gambar 2.2 Arduino Uno<sup>2</sup>**

Mikrokontroler dapat berfungsi sebagai pengontrol utama dalam system elektronika digital. Kita dapat mengisikan program ke dalam *flash memory* dari mikrokontroler tersebut. Jadi dengan satu chip saja kita dapat membuat suatu system elektronika canggih karena semua fitur (memori, ADC (*Analog to Digital Converter*), komunikasi serial, ROM (*Read Only Memory*), timer, dll) sudah ada didalam mikrokontroler tersebut

### 2.2.1 Sejarah Arduino

Proyek arduino berawal dilvre, italia pada tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Arduino dikembangkan oleh sebuah tim yang beranggotakan orang-orang dari berbagai belahan dunia. Anggota inti dari tim ini adalah:

1. Massimo Banzi Milano, Italy
2. David Cuartielles Malmoe, Sweden
3. Tom Igoe New York, US
4. Gianluca Martino Torino, Italy
5. David A. Mellis Boston, MA, USA.

Salah satu yang membuat Arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya yang *open source*, baik untuk *hardware* maupun *software*-nya.

<sup>2</sup> Arief Igen,2014, "Datashet Arduino Uno", <https://ariefeeiiiggeennblog.wordpress.com/pengertian-fungsi-dan-kegunaan-arduino/>, 11 februari 2017



Diagram rangkaian elektronik Arduino digratiskan kepada semua orang. Anda bisa bebas men-*download* gambarnya, membeli komponen-komponennya, membuat PCB-nya dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat Arduino. Sama halnya dengan IDE Arduino yang bisa di-*download* dan diinstal pada komputer secara gratis. Kita patut berterima kasih kepada tim Arduino yang sangat dermawan membagi-bagikan kemewahan hasil kerja keras mereka kepada semua orang. Banyak orang yang betul-betul kagum dengan desain *hardware*, Bahasa pemrograman dan IDE Arduino yang berkualitas tinggi dan sangat berkelas.

Saat ini komunitas Arduino berkembang dengan pesat dan dinamis di berbagai belahan dunia. Berbagai macam kegiatan yang berkaitan dengan proyek-proyek Arduino bermunculan dimana-mana, termasuk Indonesia. Hal-hal yang membuat Arduino dengan cepat diterima oleh orang-orang adalah karena:

1. Murah, dibandingkan *platform* yang lain. Harga sebuah papan Arduino tipe Uno asli buatan Italia
2. Lintas *platform, software* Arduino dapat dijalankan pada system operasi Windows, Macintosh OSX, dan Linux.
3. Sangat mudah dipelajari dan digunakan. *Processing* adalah Bahasa pemrograman yang digunakan untuk menulis program di dalam Arduino. *Processing* yang digunakan adalah pemrograman tingkat tinggi yang dialeaknya sangat mirip dengan C++ dan Java.

*Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:*

1. Secara *Software* => *Software* Arduino *Open source* IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan computer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program..
2. Secara *Hardware* => Single board mikrokontroller *input/output (I/O)*.

Dari pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroller dengan jenis AVR. Tujuan



menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Jadi, mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik.

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di masyarakat, misalnya *Handphone*, MP3 Player, DVD, Televisi, AC, laptop. Mikrokontroler juga dapat mengendalikan robot. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroler maka Arduino dapat digunakan sesuai kebutuhan kita.

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kontroler lainnya diantaranya adalah:

1. Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari Arduino IDE.
2. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
3. Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya *shield GPS, Ethernet*, dan lainnya

Arduino sendiri telah mengeluarkan bermacam-macam produk dan tipe sesuai dengan kebutuhan para perancang elektronik. Macam-macam arduino tersebut diciptakan berdasarkan *skill* dan keahlian para perancang sampai dimana kemahirannya dalam menggunakan perangkat arduino itu sendiri mulai dari segi pemrograman, dari segi elektronik, dan dari segi seberapa luas pengaplikasiannya terhadap perangkat elektronik. Jenis-jenis arduino tersebut, diantaranya adalah :

1. Arduino UNO
2. Arduino MEGA
3. Arduino Yun
4. Arduino Esplora
5. Arduino Lilypad
6. Arduino Pro Mini
7. Arduino Nano
8. Arduino Fio
9. Arduino Due



Dari berbagai macam jenis arduino yang telah dijelaskan, arduino yang paling banyak digunakan adalah Arduino UNO, karena di buat dan dirancang untuk pengguna pemula atau yang baru mengenal yang namanya Arduino.

### 2.2.2 Pemrograman Software Arduino Uno

Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino . Pada ATmega328 di Arduino terdapat *bootloader* yang dapat meng-*upload* kode baru untuk itu tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*.



**Gambar 2.3 Program Arduino Uno<sup>3</sup>**

IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

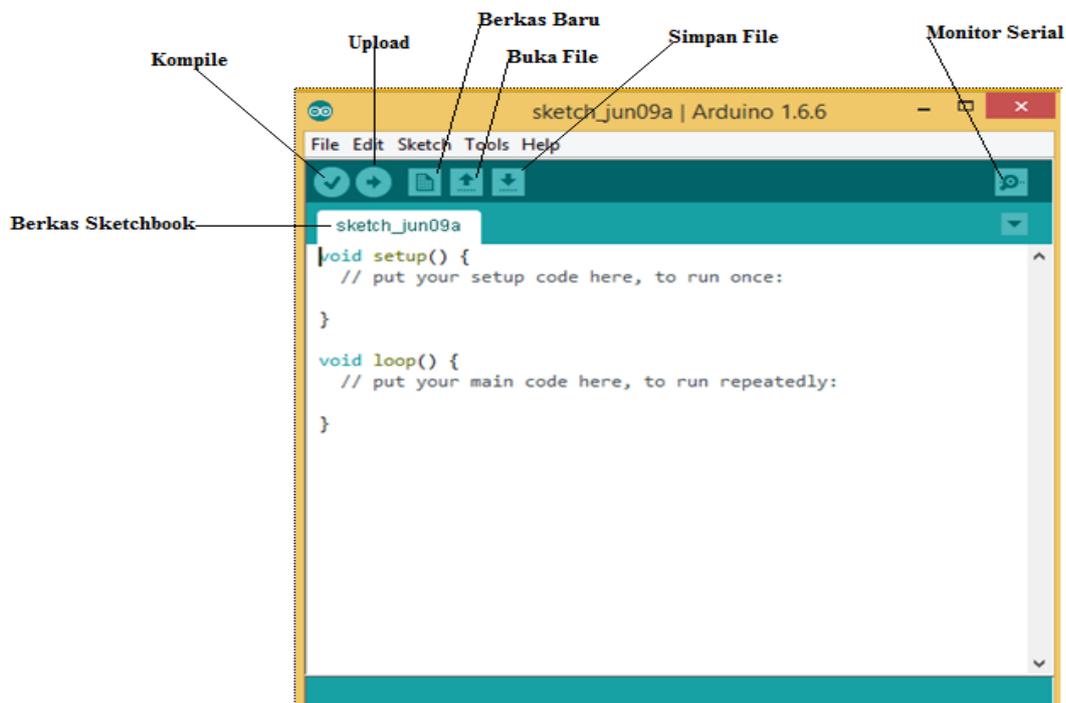
- Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*. Yang menggunakan bahasa C
- Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal

<sup>3</sup> Sinarduino,2016," software arduino", <http://www.sinarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>, 7 maret 2017



ini *compiler* juga memeberikn peringatan pada bahasa *processing* yang salah dalam penulisan nya

- c. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino yang sebelum nya telah di tulis dalam bahasa *processing*



**Gambar 2.4 Menu Ikon IDE Arduino<sup>4</sup>**

### 2.2.3 Bahasa Pemrograman Arduino

Program Arduino sendiri menggunakan bahasa C. walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya :

- a) Bahasa C merupakan bahasa yang *powerful* dan *fleksibel* yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem

<sup>4</sup> Word pres,2014," bahasa yang di gunakan ardino"<https://pccontrol.wordpress.com/dasar-c-arduino/>, 5 april 2017



operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.

- b) Bahasa C merupakan bahasa yang *portabel* sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam sistem operasi *windows* dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.
- c) Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer berpengalaman sehingga kemungkinan besar *library* pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.
- d) Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (*function*) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.
- e) Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (*middle level language*) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.

Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama *main*. Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal *file header*, biasa ditulis dengan ekstensi *h(\*.h)*, adalah file bantuan yang yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal, *file header* ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk proses *input/output* adalah *<stdio.h>*.

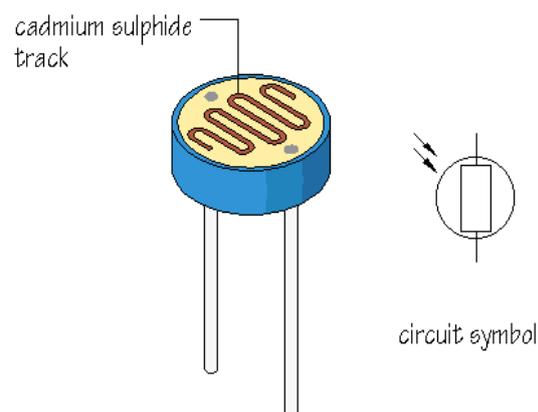
Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila kita menggunakan *file header* yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda '<' dan '>' (misalnya *<stdio.h>*). Namun apabila menggunakan *file header* yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda “ dan ” (misalnya



“cobaheader.h”). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencirian file tersebut. Apabila kita menggunakan tanda  $\langle \rangle$ , maka file tersebut dianggap berada pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda “”, maka *file header* dapat kita tentukan sendiri lokasinya.

### 2.3. LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari *cadmium sulfida* yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar  $10\text{ M}\Omega$ , dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi sekitar  $150\ \Omega$ . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa



**Gambar 2.5 konstruksi LDR<sup>5</sup>**

<sup>5</sup>Rahmad saleh,2016,“prinsip kerja ldr”,<http://belajarelektronika.net/pengertian-ldr-fungsi-dan-prinsip-kerjanya/>,7 maret 2017



### 2.3.1. Prinsip Kerja Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

Resistansi Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar  $10M\Omega$  dan dalam keadaan terang sebe-sar  $1K\Omega$  atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak, digunakan karena mempunyai daya hantaryang baik. Bila sebuah Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju *recovery* merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik (selama 20 menit pertama mulai dari *level* cahaya 100 *lux*), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 *lux*.

### 2.4. Trimpot

Trimpot adalah sebuah resistor variabel kecil yang biasanya digunakan pada rangkaian elektronika sebagai alat *tuning* atau bisa juga sebagai re-kalibrasi. Seperti potensio juga, Trimpot juga mempunyai 3kaki selain kesamaan tersebut



sistem kerja/cara kerjanya juga meyerupai potensio hanya saja kalau potensio mempunyai gagang atau *handle* untuk memutar atau menggeser sedangkan Trimpot tidak. Lalu bagaimana cara merubah nilai resistansi sebuah *Trimpot*?, jawabannya adalah dengan cara penyetingan menggunakan obeng penyetingan. Dalam rangkaian elektronika Trimpot disimbolkan dengan huruf VR.

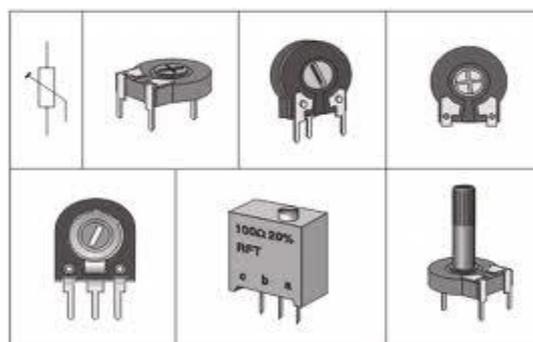
#### 2.4.1. Fungsi Trimpot

Fungsi daripada Trimpot juga memiliki kesamaan layaknya Potensio, namun adakalanya berbeda karena *Trimpot* seringkali dipasang pada pcb langsung. Contoh penggunaan *Trimpot* sering kita temukan pada rangkaian RGB sebagai *tuning* warna pada televisi berwarna dan sebagai *tuning subbrigth* serta *contras*.

#### 2.4.2 Jenis-jenis Trimpot

Trimpot dibagi menjadi dua jenis atau tipe yakni:

*Single turn Trimpot* dan *Multi turn Trimpot*, *single turn Trimpot* merupakan tipe yang sering sekali digunakan karena harganya yang murah sedangkan *Multi turn Trimpot* digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat pada resolusi yang tinggi dan cara penyetingan pada resolusi trimpot yang mudah menggunakan obeng dan hasil yang lebih baik dengan resolusi tinggi



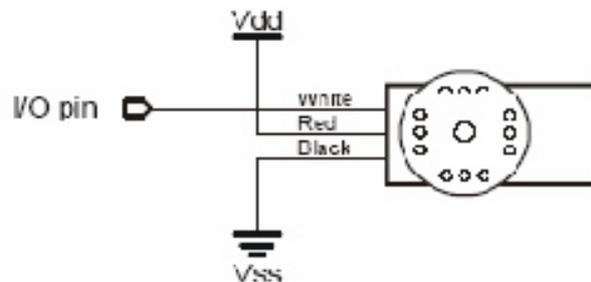
**Gambar 2.6 Trimpot dan Simbolnya<sup>6</sup>**

<sup>6</sup> Suprianto,2015,"pengertian trimpot",<http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-trimpot-dan-fungsinya/> , 16 mei 2017



## 2.5 Motor DC Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.



**Gambar 2.7 Kaki motor servo<sup>7</sup>**

Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka magnet permanent motor DC servolah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanen dan yang satunya dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan.

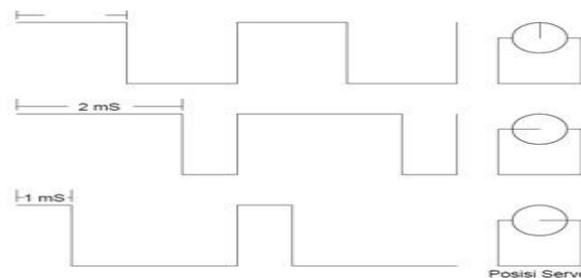
### 2.5.1 Prinsip Kerja motor DC Servo

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation / PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo.

<sup>7</sup>Trikuni,2014,"pengertian motor servo",<http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html> , 13 februari 2017



Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut  $90^{\circ}$ . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi  $0^{\circ}$  atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi  $180^{\circ}$  atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



**Gambar 2.8** sinyal pulsa motor DC *servo*<sup>8</sup>

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

### 2.5.2 Rangkaian *H-bridge* pada servo

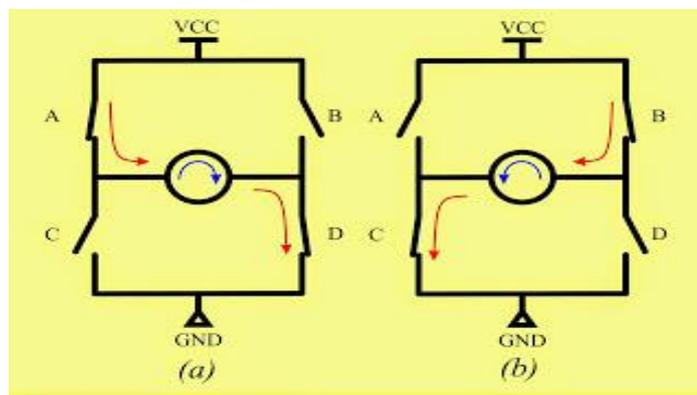
*H-bridge* rangkaian yang konfigurasi atau susunan transistornya seperti membentuk huruf H. Transistor ini digunakan sebagai *switching* sehingga nantinya motor dapat berputar searah jarum jam (*clockwise*) dan berlawanan arah jarum jam (*counterclockwise*), *Bridge* digunakan untuk mengendalikan motor DC.

<sup>8</sup> Fuzi alfarizi,2012,"sinyal pulsa servo"<http://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/>, 13 februari 2017



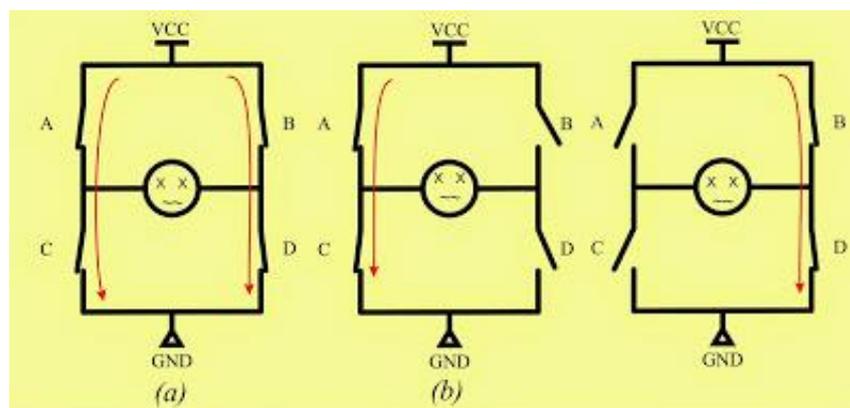
Rangkaian ini terdiri dari 4 buah transistor yang masing-masing bisa diaktifkan, dan sebuah motor DC di bagian tengah.:

Pada Gambar di bawah ini terdapat dua kondisi berbeda, (a) dan (b). Gambar (a) menunjukkan saklar A dan D yang aktif, sehingga arus listrik dari VCC mengalir dari arah kiri motor dan menyebabkan motor berputar CW. Sedangkan pada gambar (b) saklar yang aktif adalah B dan C, sehingga arus listrik mengalir dari arah kanan motor dan menyebabkan motor berputar sebaliknya (CCW).



**Gambar 2.9 (a) Motor Berputar CW, (b) Motor Berputar CCW<sup>9</sup>**

Jika kita mengkombinasikan saklar seperti pada Gambar 2.10, maka yang terjadi adalah Hubungan Singkat, Oleh sebab itu kondisi saklar pada Gambar 2.10 tidak diperkenankan



**Gambar 2.10 Kondisi yang Dilarang pada Rangkaian H-Bridge<sup>10</sup>**

<sup>9</sup> Elektronika, 2013, "rangkaiannya H-bridge", <http://elektronika-dasar.web.id/teori-motor-dc-dan-jenis-jenis-motor-dc>, 2 Juni 2017



dari hasil rangkain H-bridge maka di dapat data sebagai berikut  
table 2.1 tabel hasil dari rangkaian H-berdge

A	B	C	D	OUTPUT
0	0	0	0	Normal
0	0	0	1	N/A
0	0	1	0	N/A
0	0	1	1	N/A
0	1	0	0	N/A
0	1	0	1	Hubungan singkat
0	1	1	0	CCW
0	1	1	1	Hubungan singkat
1	0	0	0	N/A
1	0	0	1	CW
1	0	1	0	Hubungan singkat
1	0	1	1	Hubungan singkat
1	1	0	0	N/A
1	1	0	1	Hubungan singkat
1	1	1	0	Hubungan singkat
1	1	1	1	Hubungan singkat

### 2.5.3 Motor dc penggerak utama servo

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan *supply* tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar), Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

<sup>10</sup> M Aldo aditia nugroho,2013,"Rngkain bridge", <http://robotika.unit.itb.ac.id/main/950-kontrol-motor-dc>,2 juni 2013



Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya

. Hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan kumparan motor DC ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$\text{Gaya elektromagnetik : } \mathbf{E = K \Phi N} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Torque : } \mathbf{T = K \Phi I_a} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

$E$  = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal kumparan motor DC (volt)

$\Phi$  = flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

$N$  = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

$T$  = *torque elektromagnetik*

$I_a$  = arus kumparan motor DC

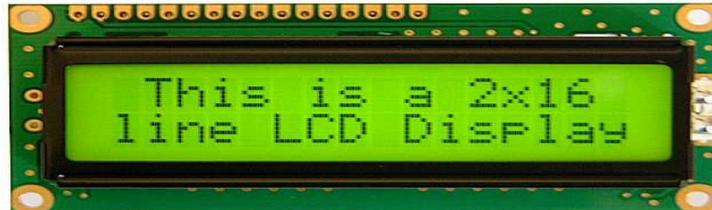
$K$  = konstanta persamaan

## **2.6 LCD (*Liquid Cristal Display*) 2X16**

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan modul penampilan angka-angka dan huruf-huruf, serta symbol, yang menggunakan 7-segment LED (*Light Emiting Diode*) yang sudah umum. Modul LCD mempunyai basis interface LCD (*Liquid Cristal Display*) mengkonsumsi arus yang rendah. LCD (*Liquid Cristal Display*) dot matrik M1632 merupakan modul LCD buatan hitachi. Modul LCD (*Liquid Cristal Display*) dot matrik M1632 terdiri dari bagian penampil karakter (LCD) yang berfungsi menampilkan karakter dan bagian sistem prosesor LCD dalam bentuk modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakan LCD tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler yang menggunakan modul LCD



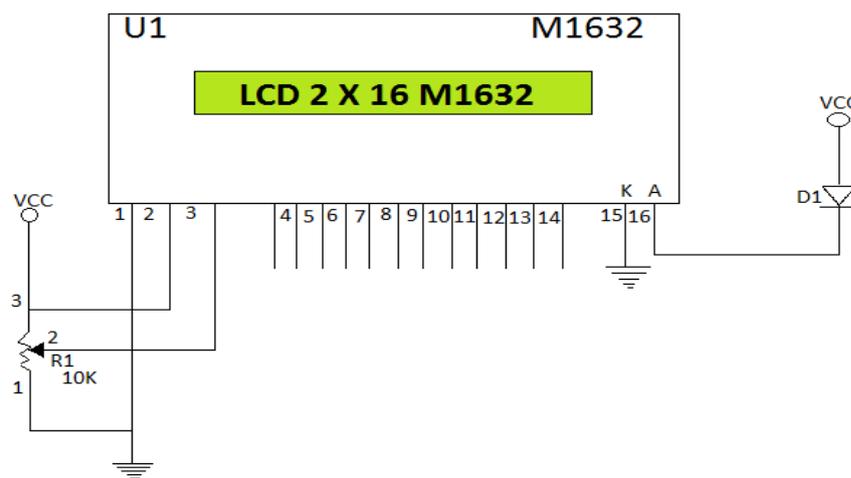
tersebut. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 2×16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah.



Gambar 2.11 LCD ( *Liquid Cristal Display*)<sup>11</sup>

### 2.6.1. Fungsi Pin-pin modul LCD

Modul LCD berukuran 16 karakter x2 baris dengan fasilitas *back lighting* memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur control dan jalur-jalur catu daya.



Gambar 2.12 Rangkaian LCD (16x2)<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Rinda angga,2017, "pengetian lcd" <http://skemaku.com/pengertian-lcd-kelebihan-dan-kekurangan-lcd/>, 8 mei 2017



Bagian-bagian Pin-pin modul LCD :

a. Pin 1 dan 2

Merupakan sambungan catu daya, Vss dan Vdd. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0 volt atau ground. Meskipun data menentukan catu 5 Vdc (hanya beberapa mA), menyediakan 6V dan 4,5V yang keduanya bekerja dengan baik,, bahkan 3V cukup untuk beberapa modul.

b. Pin 3

Merupakan sambungan pin control Vcc yang digunakan untuk mengatur kontras display. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bias diubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras display sesuai dengan kebutuhan.

c. Pin 4

Merupakan RS (*register select*), masukan yang pertama dari tiga command control input. Dengan membuat RS menjadi *high*, data karakter dapat transfer dari dan menuju modulnya.

d. Pin 5

*Read/Write (R/W)*, untuk memfungsikannya sebagai perintah *write* maka R/W low atau menulis karakter ke modul. R/W *high* untuk membaca data karakter atau informasi status dari registernya.

e. Pin 6

*Enable (E)*, input ini digunakan untuk transfer actual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke display, data transfer hanya pada perpindahan *high* atau *low*. Tetapi ketika membaca dari display, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari *low* ke *high* dan tetap tersedia hingga sinyal *low* lagi.

f. Pin 7 sampai 14

Pin 7 sampai 14 adalah delapan jalur data (D0 – D7) dimana data dapat di transfer ke dan dari *display*.

---

<sup>12</sup>Eko utomo,2014,"data lcd",<https://mikrokontrolerindonesia.wordpress.com/2014/08/19/data-pin-pinout-lcd-16x2-dengan-konfigurasinya/>, 8 mei 2017



g. Pin 15 dan 16

Pin 15 atau A (+) mempunyai level DC +5V berfungsi sebagai LED *backlight* + sedangkan pin 16 yaitu K(-) memiliki level 0V dan berfungsi sebagai LED *backlight*

### 2.6.2 Prinsip kerja LCD ( *Liquid Cristal Display* )

Cara kerja monitor LCD yakni kristal cair di dalamnya disusun seperti *sandwich* antara potongan kaca terpolarisasi. Lampu neon dibelakang panel memancarkan cahaya yang melewati substrat pertama. Muatan listrik membuat sel-sel kristal menyelaraskan nada yang berbeda memungkinkan cahaya untuk lulus melalui substrat kedua. Hasilnya adalah 2 warna yang menakjubkan yang ditampilkan pada layar, jadi tidak ada tabung katoda, tidak ada lagi radiasi, tidak ada lebih banyak kepala atau sakit mata.

Kelebihan monitor LCD adalah minimnya konsumsi energi yang digunakan juga memiliki kontras gambar yang lebih tajam dibandingkan dengan CRT. Pengertian monitor LCD merujuk kepada penggunaan varian pixels (titik warna cahaya) yang tidak memancarkan cahayanya sendiri seperti halnya monitor CRT. Pada teknologi LCD sumber cahaya berasal dari lampu neon berwarna putih yang tersusun secara merata pada bagian belakang susunan *pixel* (kristal cair) tadi yang jumlahnya mencapai jutaan piksel hingga membentuk sebuah gambar. Kutub kristal cair yang dilewati oleh arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring.

Kelebihan Monitor LCD :

1. Kualitas gambar lebih jernih dan tajam
2. Menghasilkan warna yang lebih realistis
3. Sinar yang dipancarkan oleh LCD tidak melelahkan mata
4. Konsumsi listrik lebih hemat
5. Pengaturan display user *frendly* (mudah)
6. Dimensi yang tipis dan ringan sehingga menghemat ruang



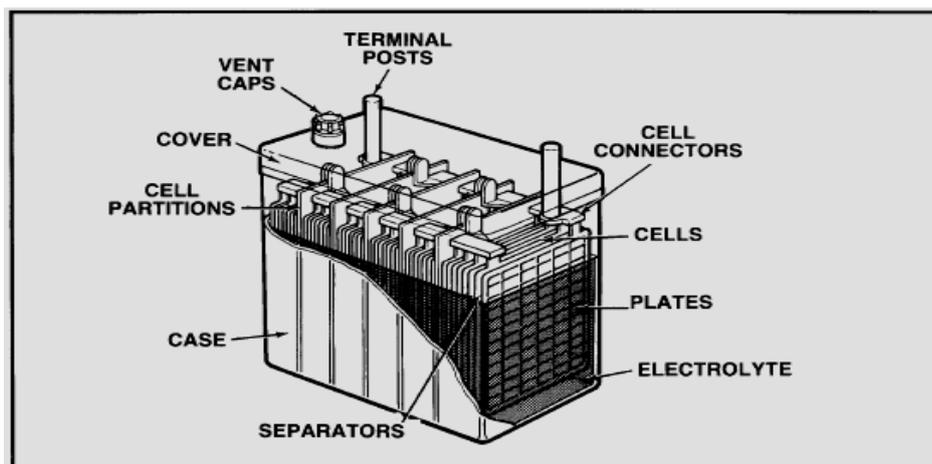
7. Teknologi *anti glare* (tanpa bayangan)
8. Tidak ada radiasi yang dipancarkan

Kekurangan Monitor LCD :

1. Layar LCD cenderung lebih sensitif
2. *Viewing angle* terbatas, *colour depth* terbatas dan gradasi warna kurang
3. Tampilan gambar baik hanya di resolusi nativenya
4. *Response time* dan *ghosting*
5. Harga lebih mahal, perlu perawatan ekstra hati-hati dan *dead pixel*

## 2.7 Batrai

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.



**Gambar 2.13 Bagian sel dalam batrai<sup>13</sup>**

<sup>13</sup> Sugeng, 2014, "pengertian aki", <http://www.pelajaranku.net/pengertian-dan-prinsip-cara-kerja-aki-akumulator-bagian-bagian-serta-gambar-aki-accu.html>, 5 april 2017



Baterai terdiri dari tiga komponen penting, yaitu :

1. Batang karbon sebagai anoda/kutub positif baterai.
2. Seng (Zn) sebagai katoda/kutub negatif baterai.
3. Pasta sebagai elektrolit/penghantar.

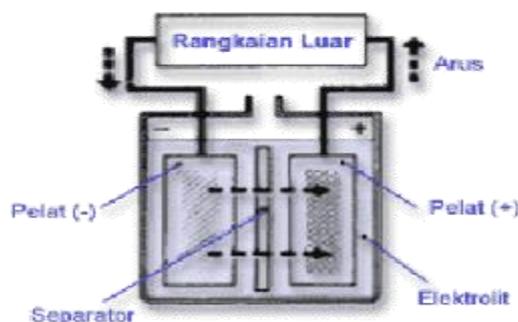
Baterai yang dapat ditemui di pasaran sangat beraneka ragam jenisnya dan terus mengalami perkembangan, baik dalam bentuk maupun fungsinya. Jenis baterai rumah tangga adalah jenis baterai yang banyak digunakan dalam hubungannya dengan produk elektronik. Baterai rumah tangga ukurannya kecil dan mudah dibeli secara eceran. Baterai ini memiliki listrik 1,5 V dan sering digunakan untuk peralatan rumah tangga yang berukuran kecil.

Baterai dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

1. Baterai Primer yaitu baterai yang hanya dapat digunakan satu kali, dan tidak dapat diisi ulang. Atau bisa disebut juga baterai sekali pakai.
2. Baterai Sekunder yaitu baterai yang dapat digunakan berulang kali dengan mengisi kembali setelah energinya habis dipakai atau baterai isi ulang. Misalnya baterai yang terdapat pada telepon genggam.

### 2.7.1 Cara kerja Batrai

Baterai merupakan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia saat pengisian dan mengubah energi kimia menjadi energi listrik saat digunakan. Baterai memiliki dua kutub yaitu kutub pertama yang bertanda positif (+) dan kutub kedua yang bertanda negatif (-).



**Gambar 2.14 Rangkaian di dalam baterai<sup>14</sup>**

<sup>14</sup> Arlina, 2015. "kontruksi batrai", <http://www.kitapunya.net-kontruksi-bagian-baterai-aki.html>, 5 april 2017



Di dalam baterai ada beberapa sel listrik, dan sel listrik tersebut menjadi tempat menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Elektroda-elektroda yang tersimpan di dalam baterai ada yang negatif ada pula yang positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang memiliki fungsi sebagai pemberi elektron. Sedangkan elektroda positif, disebut anoda yang berfungsi sebagai penerima elektron.

Ada aliran arus listrik yang mengalir dari kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda). Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif menuju kutub positif.

Di dalam baterai sendiri, terjadi sebuah reaksi kimia yang menghasilkan elektron. Kecepatan dari proses ini (elektron, sebagai hasil dari elektrokimia) mengontrol seberapa banyak elektron dapat mengalir diantara kedua kutub. Elektron mengalir dari baterai ke kabel dan tentunya bergerak dari kutub negatif ke kutub positif tempat dimana reaksi kimia tersebut sedang berlangsung.

Dan inilah alasan mengapa baterai bisa bertahan selama satu tahun dan masih memiliki sedikit power, selama tidak terjadi reaksi kimia atau selama kita tidak menghubungkannya dengan kabel atau sejenis Load lain. Seketika kita menghubungkannya dengan kabel maka reaksi kimia pun dimulai.

Lalu bagaimana komponen-komponen tersebut bisa menghasilkan aliran listrik? Begini, anoda dan katoda terbuat dari bahan yang dapat bereaksi dengan bahan elektrolitnya. Saat anoda dan elektrolit bereaksi, terbentuklah satu senyawa baru yang menyisakan satu elektron. Sebaliknya, reaksi antara katoda dan elektrolit membutuhkan satu elektron.

Jadilah sisa elektron dari reaksi anoda dan elektrolit tadi dikirimkan ke katoda agar katoda dapat bereaksi dengan elektrolit. Perpindahan elektron inilah yang dapat menimbulkan aliran listrik dari sebuah baterai.

## **2.8 Inverter**

Inverter adalah suatu rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-



balik (AC). Inverter merupakan kebalikan dari converter (adaptor) yang memiliki fungsi mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC).

Saat ini terdapat beberapa tipologi inverter, mulai dari inverter yang hanya menghasilkan tegangan bolak-balik saja (push-pull inverter), sampai dengan inverter yang mampu menghasilkan tegangan sinus murni tanpa harmonisasi. Selain itu inverter juga bisa diklasifikasikan menjadi beberapa bagian berdasarkan fasanya, mulai dari satu dan fasa, tiga fasa



**Gambar 2.15 inverter<sup>15</sup>**

### 2.8.1 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). Linear yang dimaksud memiliki bentuk seperti grafik sinus, atau untuk sistem axis (servo) yang membutuhkan atau memerlukan putaran yang presisi.

<sup>15</sup> Dimensi,2017,"pengertian inverter", <http://blog.dimensidata.com/pengertian-inverter-fungsi-inverter-dan-cara-kerja-inverter/>, 7 maret 2017

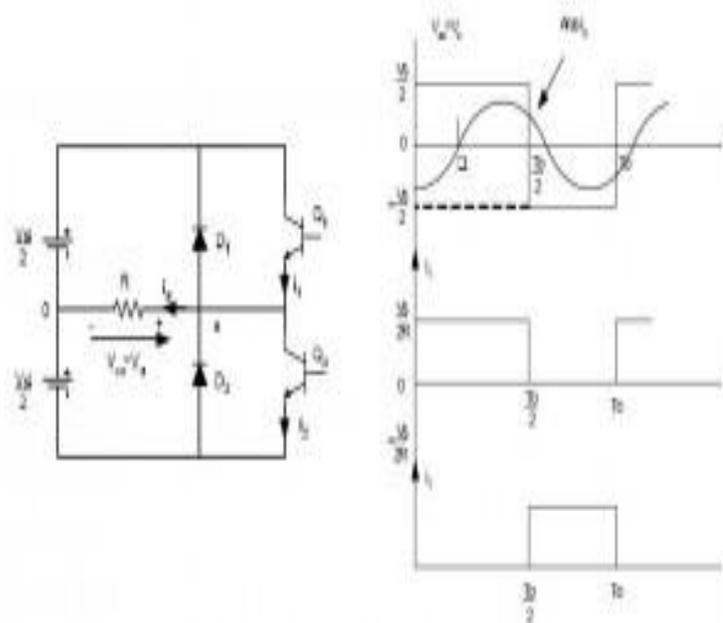


## 2.8.2 Cara Kerja Inverter

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.

agar inverter dapat menghasilkan sinyal sinusoidal. Salah satunya adalah dengan mengatur keterlambatan sudut penyalan inverter di tiap-tiap lengannya. Cara paling umum yang biasa digunakan adalah modulasi lebar pulsa (PWM).

### 2.8.2.1 Inverter Setengah Gelombang



**Gambar 2.16 inverter setengah gelombang<sup>16</sup>**

Prinsip kerja dari inverter satu fasa dapat dijelaskan dengan gambar diatas. Ketika transistor Q1 yang hidup untuk waktu  $T_0/2$ , tegangan pada beban  $V_0$  sebesar  $V_s/2$ . Jika transistor Q2 hanya hidup untuk  $T_0/2$ ,  $V_s/2$  akan melewati beban. Q1 dan Q2 dirancang untuk bekerja saling bergantian. Pada gambar diatas juga menunjukkan bentuk gelombang untuk tegangan keluaran dan arus transistor dengan beban resistif. Inverter

<sup>16</sup> Faris samelatakia,2016, "gelombang inverter", <https://farisamelatrakia.wordpress.com//lampu-otomatis>, 2 juni 2107

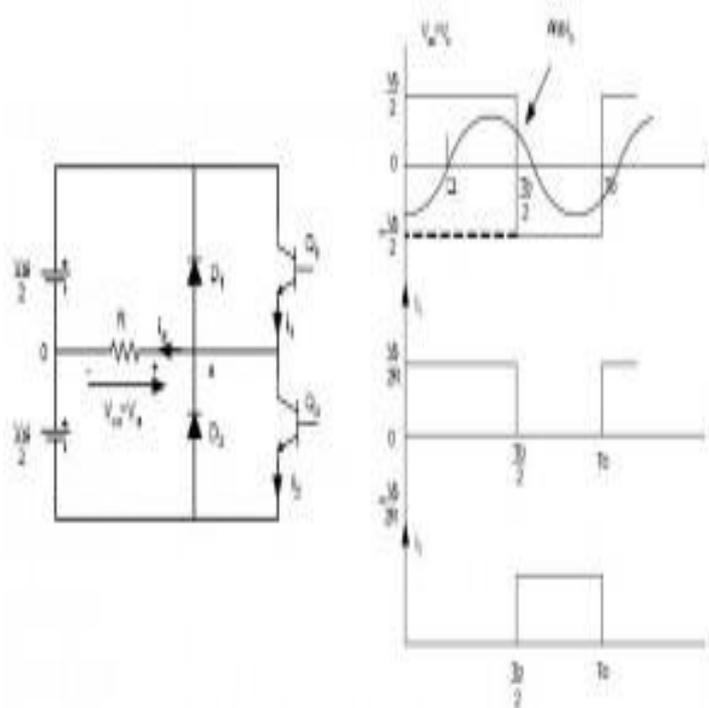


jenis ini membutuhkan dua sumber DC (sumber tegangan DC simetris), dan ketika transistor off tegangan balik pada  $V_s$  menjadi  $V_s/2$ , yaitu :

$$V_o = \frac{V_s}{2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$V_{eff} = \frac{2V_s}{\sqrt{2\pi}} = 0,45 \cdot V_s \dots\dots\dots(2.8)$$

### 2.8.2.2 Inverter Gelombang Penuh



**Gambar 2.17 Inverter gelombang penuh<sup>17</sup>**

Rangkaian dasar inverter gelombang penuh dan bentuk gelombang output dengan beban resistif ditunjukkan pada gambar diatas. Ketika transistor Q1 dan Q2 bekerja (ON), tegangan  $V_s$  akan mengalir ke beban tetapi Q3 dan Q4 tidak bekerja (OFF). Selanjutnya, transistor Q3 dan Q4 bekerja (ON) sedangkan Q1 dan Q2 tidak bekerja (OFF), maka pada beban akan timbul tegangan  $-V_s$ .

<sup>17</sup> Faris samelatakia,2016, "gelombang inverter", <https://farisamelatrakia.wordpress.com//lampu-otomatis>, 2 juni 2107