

## BAB II LANDASAN TEORI

### 1.1 Literature Review

No	Judul	Peneliti	Metode	Aplikasi
1	Rancang Bangun Kontrol Pintu Air Otomatis Berdasarkan Level Ketinggian Air Menggunakan Arduino Dan Sensor HCSR04 Pada Dinas PU Dan Penataan Ruang Kota Lubuklinggau	Antoni Zulus , 2017	Mikrokontroler, Rancang Bangun, Sensor <i>Ultrasonik</i>	Motor DC Servo Pintu Air
2	Rancang Bangun Sistem Pengontrolan Air Masuk Kolam Ikan Berdasarkan Level Ketinggian Air Bendungan	Gustina Sari , 2016	Arduino Uno, Sensor <i>Ultrasonik</i> , Rancang Bangun	Motor DC, Buzzer Pintu Air
3	Perancangan Sistem Buka-Tutup Pintu Air Otomatis Di Muara/Waduk Menggunakan Sensor <i>Infrared</i> Dan Photo Dioda Dengan Tampilan LCD Berbasis Arduinouno Atmega-328	Ruri Hartika Zain, 2016	Arduino Uno , Perancangan, Sensor <i>Infrared</i> , <i>Photo Diode</i> , Rancang Bangun	Motor DC, Pintu Air
4	Model Sistem <i>Monitoring</i> Dan Kendali Pintu Air Otomatis Berbasis Arduino Dan <i>Labview</i>	Abdurahman, 2016	Mikrokontroler, Model Sistem, Sensor <i>Ultrasonic</i> , <i>Lab View</i> , Rancang Bangun	Motor DC, Pintu Air
5	Visualisasi Pintu Air Otomatis Menggunakan Sensor <i>Ultrasonik</i> Memanfaatkan Nuvoton NUC140VE3CN	Fivtatianti ,2017	Mikrokontroler, Visualisasi, Sensor <i>Ultrasonik</i> , Mikrokontroler ARM cortex M0 NUC140, Rancang Bangun	Motor DC, Pintu Air
6	Perancangan dan Pembuatan Pintu	Muhammad Iqbal, 2016	Mikrokontroler, Sensor	Motor Servo, buzzer,

	Bendungan Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Mikrokontroler		<i>Ultrasonik, modem wavecom, Rancang Bangun</i>	Pintu Air Bendungan
--	--	--	--	---------------------

## 1.2 Irigasi

Irigasi adalah penggunaan air untuk keperluan penyediaan air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanam-tanaman (Hansen, 1992). Irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau bendung yang dialirkan melalui sistem jaringan irigasi untuk menjaga keseimbangan jumlah air didalam tanah (Suharjono, 1994). Untuk mengoptimalkan penggunaan air khususnya padi sawah, dewasa ini telah dikembangkan metode atau sistem pemberian air irigasi, beberapa produktivitas air diantaranya sebagai berikut (Zhi san Cui, 2001).

### 1.2.1 Metode Konvensional (*Traditional Irrigation/TRI*)

Metode ini paling umum digunakan di Indonesia yaitu sistem pemberian air secara terus menerus dari saat tanam hingga menjelang panen. Kedalaman air genangannya dipertahankan sampai 30 mm dan ekstra hingga 80 mm untuk menampung air hujan.

### 1.2.2 Metode Modifikasi Tradisional (*Modified Traditional Method/MTR*)

Metode ini merupakan pengembangan dari metode konvensional. Sistem pemberian air sama halnya dengan metode konvensional yaitu secara terus menerus dari saat tanam hingga menjelang panen (gabah mulai menguning). Bedanya dengan metode tradisional adalah jumlah bibit dan saat tanam, yaitu setiap titik ditanam 1 bibit pada saat bibit berumur 10 hari semaian.

### 1.2.3 Metode Pergantian Basah dan Kering (*Alternate Weeting and Drying/AWD*)

Metode ini merupakan sistem pemberian air dengan cara terputus yaitu pada mulai tanam sampai 10 HST (Hari Setelah Tanam) digenangi dengan kedalaman maksimum 20 mm dan minimum 0 mm, setelah 11 HST sampai padi mulai

menguning diairi maksimum sedalam 20 mm dan minimum 70% SMC (tanah sudah mulai retak) dan ekstra untuk menampung air hujan sampai 80 mm.

#### **1.2.4 Metode Semi Kering (*Semi Dry Cultivation/SDC*)**

Metode ini menggunakan sistem genangan untuk 1-10 HST digenangi sedalam 20 mm dan minimum 0 mm. Selanjutnya pemberian air hanya sebatas permukaan tanah dan diberikan air kembali setelah kondisi tanah 70% SMC. Untuk menampung air hujan ekstra sedalam 80 mm.

#### **1.2.5 Metode Basah (*Sistem of Rice Intensification/SRI*)**

Metode ini menggunakan sistem genangan untuk 1 HST sampai menjelang panen digenangi terus sedalam 20 mm dan minimum 0 mm, dan ekstra untuk menampung air hujan sampai 80 mm.

### **1.3 Arduino Uno**

Arduino adalah sebuah modul mikrokontroler yang berbasis ATmega328 yang merupakan produk dari Atmel, seperti yang terlihat pada gambar 2.1 Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala 13 ICSP, dan tombol *reset*. Arduino mampu *men-support* mikrokontroler, dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Pada tabel 2.1 merupakan spesifikasi arduino uno



Gambar 2. 1 Arduino Uno  
([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi tegangan	5 Volt
Input tegangan	Disarankan 7-11 Volt
Pin I/O digital	14 (6 bisa untuk PWM)
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 Ma
Arus DC ketika 3.3 V	50 Ma
Memori Flash	32 KB (Atmega328) dan 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SPRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Kecepatan clock	16 MHz

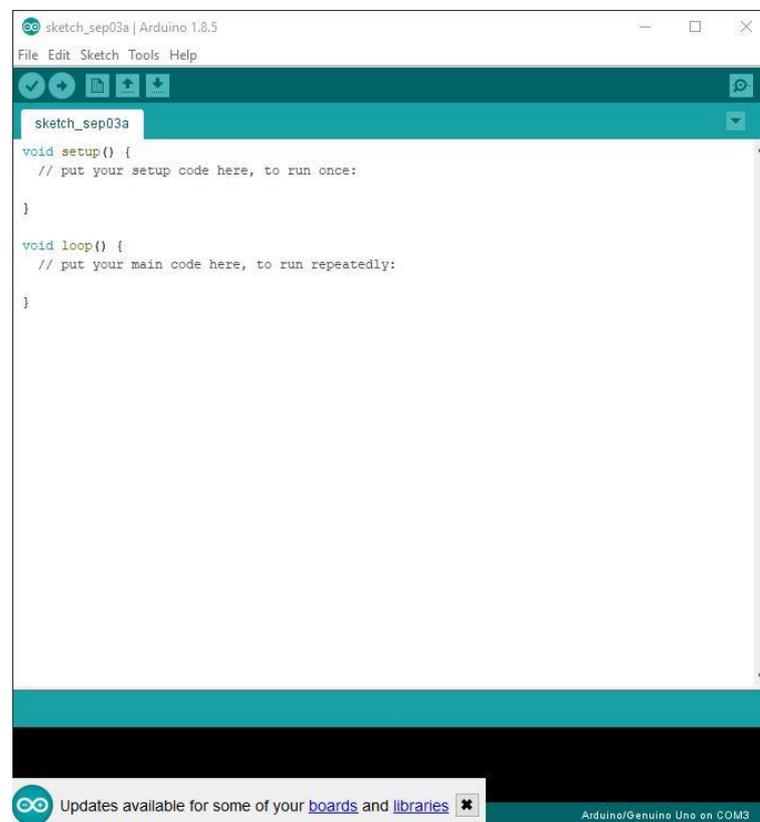
Pin-pin tegangan pada arduino uno adalah :

- a. Vin adalah pin untuk mengalirkan sumber tegangan ke arduino uno ketika menggunakan sumber daya eksternal (selain dari koneksi USB 5 Volt atau sumber daya yang teregulasi lainnya). Sumber tegangan juga dapat disediakan melalui pin ini jika sumber daya yang digunakan untuk arduino uno dialirkan melalui pencatu daya.
- b. 5V adalah pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 5 Volt berasal dari regulator tegangan pada arduino uno.
- c. 3V3 adalah pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 3,3 Volt berasal dari regulator tegangan pada arduino uno.

d. GND adalah pin ground.

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan *Atmel Corporation*. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega 328 (*Data sheet Arduino*).

Arduino *board* merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (*software*) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. Arduino *board* akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya. Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk arduino *board*. IDE (*Integrated Development Environment*) adalah program khusus berjalan pada komputer yang memungkinkan untuk menulis sketsa untuk papan arduino dalam bahasa yang sederhana model setelah pengolahan bahasa. IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan *Java*. Gambar 2 merupakan bentuk tampilan dari *software* Arduino.



Gambar 2. 2 *Software* Arduino

#### 1.4 Sensor Resistif

Sensor resistif adalah sensor yang akan menunjukkan adanya perubahan nilai resistansi dirinya bila sensor tersebut sedang mendeteksi adanya suatu *signal input*. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghambat arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Jika ditinjau suatu silinder dengan panjang  $L$ , luas penampang  $A$  dan resistansi  $R$ , maka dapat di rumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.1)$$

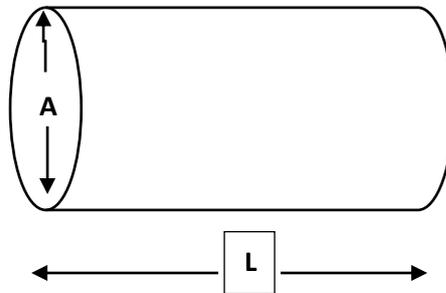
Dimana :

$R$  : Resistansi dalam satuan Ohm ( $\Omega$ )

$A$  : Luas area penampang ( $m^2$ )

$L$  : Panjang dalam satuan meter (m)

$\rho$  : Resistivitas dalam satuan ( $\Omega m$ )



Gambar 2. 3 Silinder Konduktor

Secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor  $L$  dinaikkan, maka resistansi akan meningkat dan apabila diameter silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang  $A$  berkurang maka resistansi juga meningkat,  $\rho$  adalah resistifitas (tahanan jenis) dalam  $\Omega m$ . Sedangkan menurut hukum Ohm, resistivitas  $R$  dirumuskan.

Sehingga didapatkan nilai resistivitas  $\rho$ :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

Dimana

R : Resistansi dalam satuan tahanan ( $\Omega$ )

V : Tegangan dalam satuan *Voltage* (V)

I : Arus dalam satuan *Ampere* (A)

Sehingga didapatkan nilai resistifitas :

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

Dimana :

$\rho$  : Resistivitas dalam satuan ( $\Omega$  m)

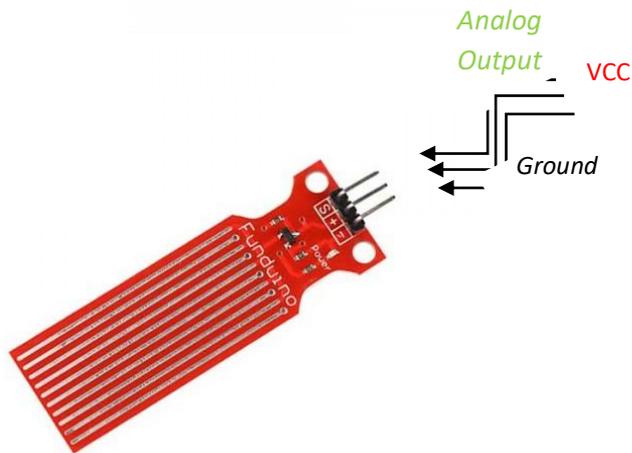
V : Tegangan dalam satuan *Voltage* (V)

I : Arus dalam satuan *Ampere* (A)

A : Luas area penampang ( $m^2$ )

L : Panjang dalam satuan meter (m)

Untuk mendeteksi air dapat digunakan sensor resistif berupa modul yang dapat digunakan untuk mendeteksi ketinggian air, serta dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi mulai dari yang sederhana hingga aplikasi yang kompleks. Prinsip kerja dari modul ini adalah ketika air menyentuh panel yang terdapat pada sensor, maka akan terjadi proses elektrolisis oleh air, sehingga sensor air memiliki logika berupa kondisi *on* atau *off*. Sensor air memiliki keluaran tegangan sebesar 2,5 V, serta memiliki pin *output* yang dikoneksikan ke Arduino yaitu *Analog Digital Converter* (ADC). Pada gambar 2.4 merupakan modul sensor air, pada tabel 2.2 merupakan spesifikasi sensor air.



Gambar 2. 12 Sensor Air

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Air

Operasi Tegangan	3 – 5 VDC
Arus Kerja	< 20mA
Tipe Sensor	<i>Analog</i>
Max Output	3,6 Volt (saat sensor terendam semua)
Luas Area Deteksi	16x40mm
Ukuran	20x62x8mm

### 1.5 Relay

*Relay* adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik yang satu dengan rangkaian elektronika lainnya. Pada dasarnya *relay* adalah saklar yang bekerja berdasarkan prinsip *electromagnet* yang akan bekerja apabila arus mengalir melalui kumparan, inti besi akan menjadi magnet dan akan menarik kontak yang ada di dalam *relay*. Kontak dapat ditarik apabila garis magnet dapat mengalahkan gaya pegas yang melawannya. Kontak atau kutub *relay* pada umumnya memiliki tiga jenis konstruksi dasar yaitu:

1. Bila kumparan dialiri arus listrik maka kontakannya akan menutup dan disebut sebagai kontak *Normally Open* (NO).
2. Bila kumparan dialiri arus listrik maka kontakannya akan membuka dan disebut dengan kontak *Normally Close* (NC).
3. *Change Over/CO*, *relay* jenis ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan yang lain bila *relay* dialiri listrik.

*Relay* sering digunakan dalam peralatan-peralatan elektronika dan mempunyai fungsi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya sehingga dengan *relay* dapat menghubungkan arus dan tegangan yang besar dengan arus dan tegangan yang kecil. Dengan tegangan label TTL dapat menghidupkan motor dengan arus dan tegangan yang besar (220 V). Tegangan yang dibutuhkan *relay* bermacam-macam dari DC 6 V hingga 220 VAC.

Sifat – sifat *Relay* :

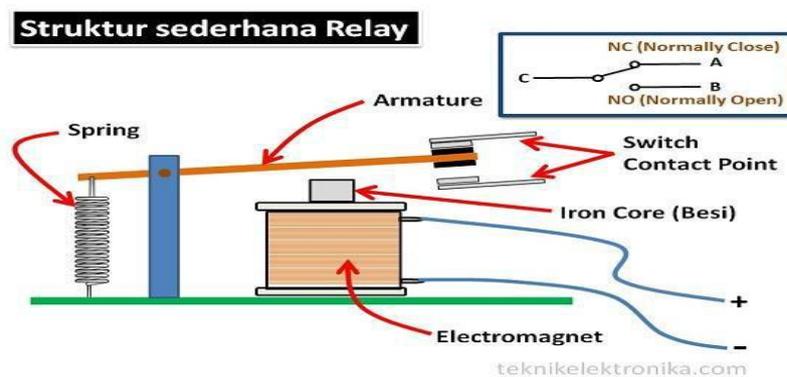
- a. Impedansi kumparan, biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan.
- b. Kuat arus yang digunakan untuk menggerakkan *relay*, biasanya arus ini diberikan oleh pabrik. *Relay* dengan perlawanan kecil memerlukan arus besar sedangkan *relay* dengan perlawanan besar memerlukan arus yang kecil.
- c. Membutuhkan tegangan untuk menggerakkan *relay*.
- d. Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan *relay* besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus.
- e. Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada kontak dan jenis *relay*-nya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang diizinkan antara kontak tersebut.

### 1.5.1 Prinsip Kerja Relay

Pada dasarnya, *Relay* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu : *Electromagnet (Coil)*, *Armature*, *Switch Contact Point (Saklar)*, *Spring*. Seperti saklar, *relay* juga dibedakan berdasar *pole* dan *throw* yang dimilikinya.

- *Pole* : banyaknya *contact* yang dimiliki oleh *relay*
- *Throw* : banyaknya kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki *contact*.

Pada gambar 2.5 menunjukkan dari bagian-bagian *Relay* :



Gambar 2. 13 Struktur Sederhana *Relay*

Kontak *normally open* akan membuka ketika tidak ada arus mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. Kontak *normally close* akan tertutup apabila kumparan tidak diberi tenaga dan membuka ketika kumparan diberi daya. Masing-masing kontak biasanya digambarkan sebagai kontak yang tampak dengan kumparan tidak diberi tenaga atau daya.

### 1.5.2 Jenis-jenis Relay

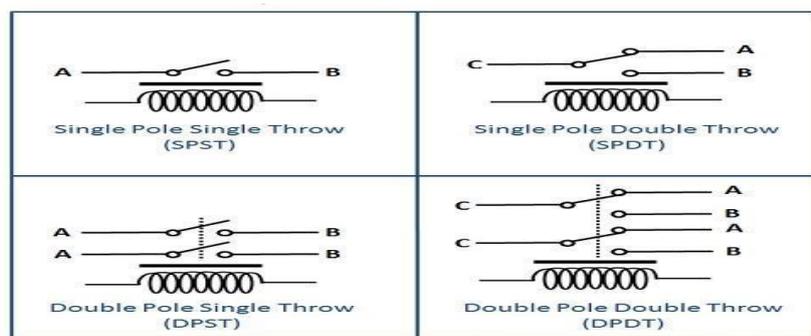
Berikut ini penggolongan *relay* berdasar jumlah *pole* dan *throw* :

1. *DPST (Double Pole Single Throw)*, *relay* golongan ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang terminal saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*. *Relay DPST* dapat dijadikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 *coil*.
2. *SPST (Single Pole Single Throw)*, *relay* golongan ini memiliki 4 terminal, 2 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.

3. *SPDT (Single Pole Double Throw)*, relay golongan ini memiliki 5 terminal, 3 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
4. *DPDT (Double Pole Double Throw)*, relay golongan ini memiliki terminal sebanyak 8 terminal, diantaranya terminal yang merupakan 2 pasang *relay SPDT* yang dikendalikan oleh 1 (*single*) *coil*. Sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*.

Selain golongan *relay* diatas, terdapat juga *relay-relay* yang *Pole* dan *Throw*-nya melebihi dari dua. Seperti *3PDT (Triple Pole Double Throw)* ataupun *4PDT (Four Pole Double Throw)* dan lain sebagainya.

Pada gambar 2.6 merupakan gambar dari jenis *Relay* berdasarkan *Pole* dan *Throw*-nya :



Gambar 2. 14 Jenis *Relay* berdasarakan Pole dan Throw

### 1.5.3 Fungsi-fungsi *Relay*

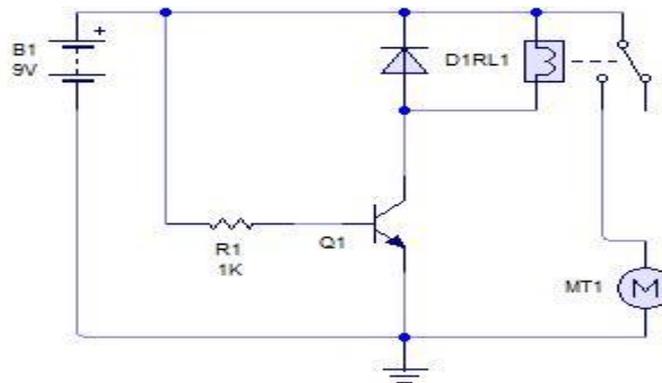
Beberapa fungsi *relay* yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan elektronika diantaranya adalah :

1. *Relay* digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*logic function*).
2. *Relay* digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*time delay function*).
3. *Relay* digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari *signal* tegangan rendah.
4. Ada juga *relay* yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*short*).

## 1.6 Driver Relay

Rangkaian *driver relay* berfungsi untuk mengendalikan motor arus searah (DC) yang dihasilkan dari *port* paralel I/O. Sinyal dari keluaran *port* biasanya berupa sinyal-sinyal yang kecil, sehingga tidak mampu untuk menggerakkan sistem daya berupa motor arus searah. Untuk dapat dimanfaatkan sinyal keluaran *port*, diperlukan suatu rangkaian *driver relay* agar sinyal yang kecil dapat dipergunakan untuk penggerak objek yang akan dikendalikan dari jarak jauh. Rangkaian *driver relay* ini dibangun oleh suatu komponen utama yaitu transistor dan *relay*. Transistor di rangkain *driver relay* difungsikan sebagai penguat sinyal dan *switching*, serta *relay* sebagai penggerak motor DC. *Driver relay* selain sebagai sebagai penguat dan *switching*, dapat difungsikan untuk mengendalikan motor DC dalam sistem pembalik putaran. *Driver relay* dapat mengatur arah putaran motor *forward* dan *reverse*. Semua *driver relay* pada sistem memiliki rangkaian dan karakteristik yang sama. Saat *relay* 1 bekerja maka posisi *positif* motor akan mendapat sumber tegangan *positif* dan posisi *negatif* motor terhubung dengan kutub *negatif* sumber tegangan. Motor akan berputar dengan arah putaran searah jarum jam (*clockwise*). Dengan cara yang sama untuk menggerakkan kontak *relay* 2, akan terjadi kondisi yang berkebalikan yaitu motor akan berputar dengan arah putaran yang berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise*).

Penggunaan *driver relay* ini menjadi pilihan karena *driver relay* mudah dikontrol, dapat diberi beban yang besar baik beban AC maupun DC serta sebagai isolator yang baik antara rangkaian beban dengan rangkaian kendali. Rangkaian *driver relay* dapat dibangun menggunakan konsep transistor sebagai saklar. Teknik antara *relay* dengan rangkaian digital atau mikrokontroler adalah rangkaian *driver relay* dengan menggunakan transistor sebagai penguat. Pada gambar 2.7 merupakan contoh dari gambar rangkaian *Driver Relay* :



Gambar 2. 15 Rangkaian *Driver Relay*

### 1.6.1 Transistor Saklar (*Switching Transistor*)

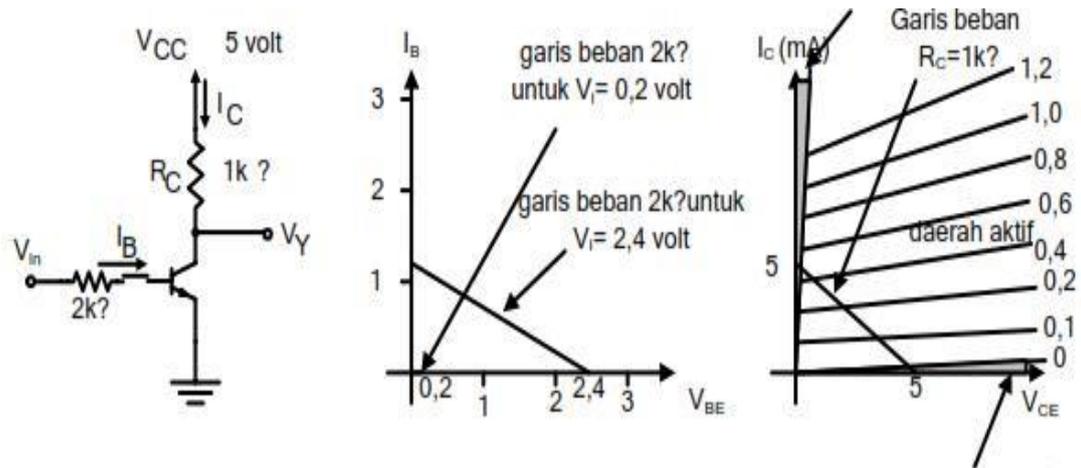
Salah satu cara termudah untuk memahami cara kerja transistor adalah dengan menganggapnya sebagai sebuah saklar. Transistor dapat di analogikan sebagai saklar *push button*. Agar saklar *push button* dapat difungsikan diperlukan gaya yang bergantung dengan konstanta pegas yang terdapat di dalam saklar tersebut, sedangkan pada transistor diperlukan arus tertentu pada basis agar dapat menghidupkan saklar transistor (Sastra Wijaya Kusuma, 2015). Untuk menghasilkan kondisi *on/off* seperti pada saklar, transistor dioperasikan pada salah satu titik kerjanya, titik saturasi dan *cut off*. Transistor akan aktif apabila diberikan arus pada basis transistor sebesar :

$$I_B = I_{B(\text{saturasi})}$$

Dengan :

$$I_B = \text{Arus Basis}$$

Saat kondisi saturasi, transistor seperti sebuah saklar yg tertutup (*on*) sehingga arus dapat mengalir dari kolektor menuju emitor. Sedangkan saat kondisi *cutoff*, transistor seperti sebuah saklar yg terbuka (*off*) sehingga tidak ada arus yg mengalir dari kolektor ke emitor. Pada gambar 2.8 merupakan kontrol arus  $I_b$  yang dihasilkan dari sumber tegangan



Gambar 2. 16 Kurva Karakteristik Transistor

Agar transistor dapat bekerja sebagai saklar, ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya :

a. Menentukan  $I_c$

$I_c$  adalah arus beban yang akan mengalir dari kaki kolektor ke emitor. Besarnya arus beban tidak boleh lebih besar dari  $I_c$  maksimum yang dapat dilewatkan oleh transistor. Arus beban dapat dicari dengan persamaan :

$I_c(\text{beban}) < I_{c(\text{max})}$  ← syarat

$$I_{c(\text{beban})} = \frac{V_{CC}}{R_L} \tag{2.4}$$

Dengan :

$I_c$  : Arus Colector

$V_{CC}$  : Tegangan

$R$  : Hambatan

b. Menentukan  $I_b$

Arus basis dapat dicari dengan persamaan :

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} \tag{2.5}$$

Dengan :

$I_b$  : Arus Basis

$V_B$  : Tegangan Basis

$V_{BE}$  : Tegangan Basis Emitor

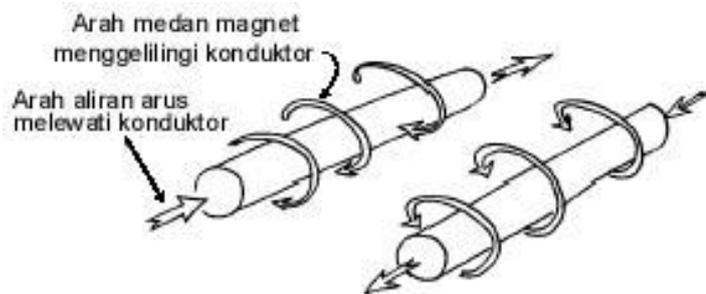
$R_B$  : Hambatan Basis

## 1.7 Motor DC

Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Untuk membedakan sebagai generator atau motor dari mesin difungsikan sebagai apa. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC. Pada motor DC kumparan medan disebut *stator* (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik (Jaya, 2015).

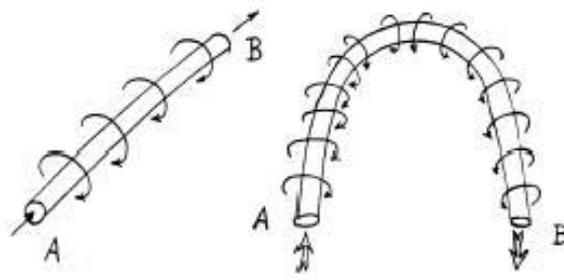
### 1.7.1 Prinsip dasar cara kerja

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



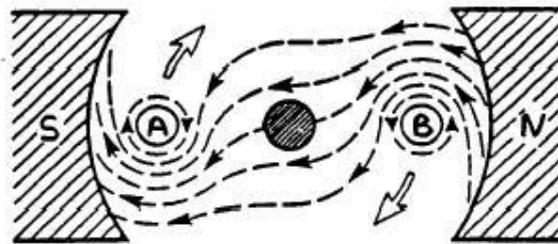
Gambar 2. 17 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor (Jaya, 2015)

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis *fluks* di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis *fluks*. Gambar 2.9 menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U.



Gambar 2. 18 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor  
(Jaya, 2015)

Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. Lihat gambar 2.10.



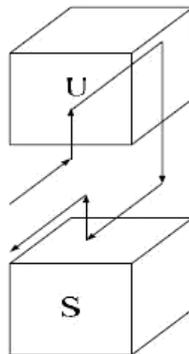
Gambar 2. 19 Reaksi garis fluks

Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat dibawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat diatas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

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

Pada motor DC, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. 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 sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. 20 Prinsip Kerja Motor DC

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

## 1.7.2 Jenis Jenis Motor DC

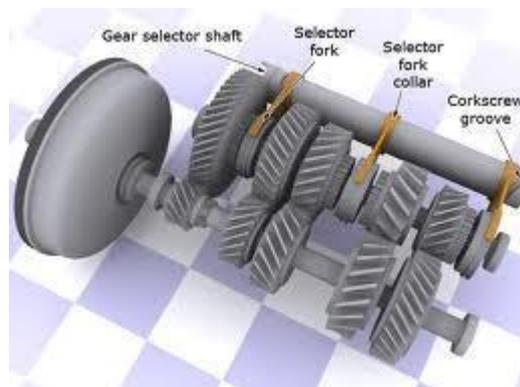
### 1.7.2.1 Motor DC Gearbox

*Gearbox* merupakan suatu alat khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen/daya) dari motor yang berputar, dan *gearbox* juga adalah alat pengubah daya dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar. Prinsip kerja *gearbox* yaitu Putaran dari motor diteruskan ke *input shaft* (poros input) melalui hubungan antara *clutch/* kopling, kemudian putaran diteruskan ke *main shaft* (poros utama), torsi/ momen yang ada di *mainshaft* diteruskan ke *spindel* mesin, karena adanya perbedaan rasio dan bentuk dari gigi-gigi tersebut sehingga RPM atau putaran *spindel* yang dikeluarkan berbeda, tergantung dari RPM yang diinginkan.

*Gearbox* atau transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar, yang digunakan untuk memutar *spindel* mesin maupun melakukan gerakan feeding. Transmisi juga berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat bergerak maju dan mundur.

Transmisi manual atau lebih dikenal dengan sebutan *gearbox*, mempunyai beberapa fungsi antara lain :

1. Merubah momen puntir yang akan diteruskan ke spindel mesin.
2. Menyediakan rasio gigi yang sesuai dengan beban mesin.
3. Menghasilkan putaran mesin tanpa selip



Gambar 2. 21 Transmisi

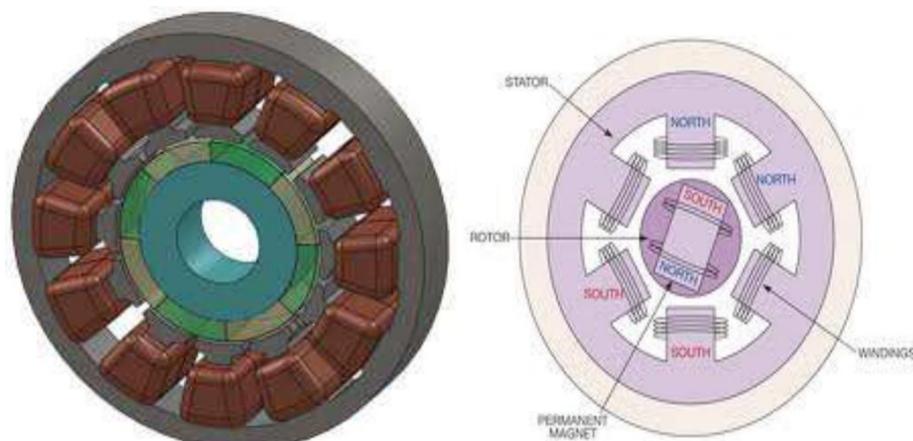
Gambar 2. 22 Transmisi

Gambar 2. 23 Transmisi

### 1.7.2.2 Brushless DC Motor (BLDCM)

BLDC motor atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa. Perbedaan pemberian nama ini terjadi karena BLDCM memiliki BEMF berbentuk *trapezoid*, sedangkan BLACM memiliki BEMF berbentuk sinusoidal. Walaupun demikian keduanya memiliki struktur yang sama dan dapat dikendalikan dengan metode *six-step* maupun PWM *sinusoidal*. Dibandingkan dengan motor DC, BLDCM memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akibat tidak digunakannya *brush*. Dibandingkan dengan motor induksi, BLDCM memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor dan torsi awal yang lebih tinggi karena rotor terbuat dari magnet permanen. Walaupun memiliki kelebihan dibandingkan dengan motor DC dan motor induksi, pengendalian BLDCM jauh lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konstan karena tidak adanya *brush* yang menunjang proses komutasi dan harga BLDCM jauh lebih mahal.

Secara umum BLDCM terdiri dari dua bagian, yakni rotor, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan stator, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDCM karena pada implementasinya BLDCM menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan *inverter* 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada stator BLDCM adalah menciptakan medan magnet putar *stator* untuk menarik magnet *rotor*.



Gambar 2. 30 Penampang Motor BLDC

### 1.7.3 Prinsip Arah Putar Motor

Untuk menentukan arah putaran motor digunakan kaedah *Flamming* tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya *Lorentz*, yang besarnya sama dengan  $F$ . Komutator menyebabkan arah arus selalu tetap pada suatu arah tertentu, dimana arah torsi (kopel) adalah sama dengan arah dari arus tersebut. Karena pengaruh dari torsi ini maka rotor yang berada suatu bantalan yang licin berputar. Karena perputaran jangkar ini berada dalam medan magnet konduktor jangkar dimana arus mengalir sehingga perputaran kopel tersebut memotong medan magnet, sehingga menimbulkan gaya listrik padanya. Gaya gerak listrik ini berlawanan arah dengan arus penyebabnya, sehingga disebut gaya gerak lawan. Pada sebuah motor berlaku hubungan:

$$\begin{aligned} V &= E + IR \\ &= k\Phi n + IR \\ N &= \frac{V - IR}{k\Phi} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dimana:

$V$  : tegangan (*Volt*)

$E$  : gaya gerak listrik (*Volt*)

$I$  : arus jangkar (*Ampere*)

$N$  : putaran motor (*rpm*)

$K$  : konstanta

$\Phi$  : Fluk magnet yang terbentuk pada motor

Karena tahanan jangkar relatif kecil, maka kenaikan perkalian antara  $I R$  jauh lebih kecil di banding dengan kenaikan tegangan ( $V$ ). Sehingga kecepatan putaran motor akan tergantung dari besarnya tegangan luar ( $V$ ) yang menyalurkan tegangan ke motor. Prinsip motor yaitu aliran arus di dalam

penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan menghasilkan gerakan. Besarnya gaya pada penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar, dengan demikian putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga di ubah.

### 1.8 Modul *Stepdown*

Modul konverter DC ke DC (*DC-DC Converter*) menggunakan IC LM2596S yang merupakan *Integrated Circuit* (IC) untuk mengubah tingkatan tegangan (*Voltage level*) arus searah / *Direct Current* (DC) menjadi lebih rendah dibanding tegangan masukannya. Tegangan masukan (*input Voltage*) dapat dialiri tegangan antara 3 Volt hingga 40 Volt DC, yang akan diubah menjadi tegangan yang lebih rendah di antara 1,5 Volt hingga 35 Volt DC. Tegangan keluaran yang diinginkan dapat disetel dengan memutar sekrup pada potensiometer (sekrup kuningan pada komponen elektro yang berwarna biru), dengan catatan perbedaan tegangan antara tegangan masukan dengan tegangan keluaran minimal 1,5 Volt (contoh : dari 12 V bisa ke tegangan berapapun antara 1,5 Volt hingga 10,5 Volt).

IC LM2596S dirangkaikan dengan komponen-komponen elektronika dengan kualitas terbaik, seperti kapasitor menggunakan SMD *Solid Capacitor*, induktor berintikan *ferrite-drum* induktansi tinggi (*high-Q inductance*) dengan pelindung magnetik, *multi-turn potentiometer* dengan resolusi dan akurasi hambatan yang tinggi (bukan potensiometer biasa yang resolusinya rendah), dan dioda SMD tipe *Schottky SS54* yang bersifat *low dropout* (LDO) *Voltage*. Modul *Stepdown* LM2596S dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 31 15 Modul Stepdown LM2596S , 2015)

## 1.9 Baerai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi, yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik ( proses pengosongan ) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia ( proses pengisian ) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari pada baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka waktu yang panjang.

Aki merupakan elemen sekunder yang merupakan elemen elektro-kimia yang dapat memperbaharui bahan-bahan pereaksinya. Jenis aki yang sering dipakai adalah aki timbal. Aki ini terdiri dari dua kumparan pelat yang dicelupkan dalam larutan asam-sulfat encer. Kedua kumpulan pelat dibuat dari timbal, sedangkan lapisan timbal dioksidaakan dibentuk pada pelat *positif* ketika lemen pertama kalidimuati. Letak pelat *positif* dan *negatif* sangat berdekatan tetapi dicegah tidak langsung menyentuh oleh pemisah yang terbuat dari bahan penyekat (isolator).

### 1.9.1 Jenis – jenis baterai

#### A. Baterai Asam (*Lead Acid Storage Acid*)

Baterai asam yang bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*sulfuric acid* =  $H_2SO_4$ ) . Didalam baterai asam, elektroda – elektroda nya terdiri dari plat – plat timah peroksida  $PbO_2$  (*Lead Peroxide*) sebagai anoda (kutub *positif*) dan timah murni  $Pb$  (*lead sponge*) sebagai katoda (kutub *negatif*). Ciri – ciri umumnya:

- a. Tegangan nominal per sel 2 Volt
- b. Ukuran baterai per sel lebih besar dibandingkan dengan baterai alkali.
- c. Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
- d. Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit semakin rendah berat jenis dan sebaliknya.
- e. Nilai jenis berat standar elektrolit tergantung dari pabrik pembuatnya.
- f. Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan biasanya bisa mencapai 10 – 15 tahun.
- g. Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
  - Pengisian awal (*Initial Charge*) : 2,7 Volt
  - Pengisian *Floating* : 2,18 Volt
  - Pengisian *Equalizing* : 2,25 Volt
  - Pengisian *Boozting* : 2,37 Volt
- h. Tegangan pengosongan per sel (*Discharge*) : 2,0 – 1,8 Volt

#### B. Baterai Basah / Alkali (*Alkaline Storage Battery*)

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali ( *Potassium Hydroxide* ) yang terdiri dari *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery* dan *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd Battery*.

Pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali *admium* ( Ni-Cd ). Ciri- ciri umum ( tergantung pabrik pembuat ) adalah sebagai berikut:

- a. Tegangan nominal per sel adalah 1,2 Volt
- b. Nilai jenis berat elektroit tidak sebanding dengan kapasitas baterai.
- c. Umur baterai tergantung pada penggunaan dan perawatan, biasanya dapat mencapai 15 - 20 tahun.
- d. Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
  - Pengisian awal (*Initial Charge*) : 1,6 – 1,9 Volt
  - Pengisian *Floating* : 1,40 – 1,42 Volt
  - Pengisian *Equalizing* : 1,45 Volt
- e. Tegangan pengosongan (*discharge*) = 1 Volt

### 1.9.2 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Besarnya kapasitas, tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat *positif* maupun plat *negatif* yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam *ampere jam* (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 Volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian.

Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh besar / banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai juga menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (*discharging*) selama waktu tertentu, dinyatakan dalam Ah (*Ampere – hour*). Berarti sebuah baterai dapat memberikan arus yang kecil untuk waktu yang lama atau arus yang besar untuk waktu yang pendek. Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam *ampere jam* (*Ampere - hour*), muatan inilah yang akan dikeluarkan untuk menyuplai beban ke pelanggan. Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Ah} = \text{Kuat Arus (ampere)} \times \text{waktu (hours)} \quad (2.7)$$

Dimana :      Ah      = kapasitas baterai aki  
                  I        = kuat arus (*ampere*)  
                  t        = waktu (jam)

### 1.9.3 Cara – cara Pengisian Baterai

#### a. Pengisian awal ( *Initial Charge* )

Pengisian ini dimaksud untuk pembentukan sel baterai, cara ini hanya dilakukan pada *singel* sel atau baterai stationer dan hanya dilakukan sekali saja.

b. Pengisian kembali ( *Recharging* )

*Recharging* dilakukan secara otomatis setelah baterai mengalami pengosongan. Lamanya pengisian kembali disensor oleh *rectifier* sehingga apabila baterai sudah penuh maka dilanjutkan dengan pengisian *trickle*.

c. Pengisian *equalizing* / penyesuaian

Pengisian penyesuaian / *equalizing* dimaksudkan untuk mendapatkan kapasitas penuh pada setiap sel seimbang dengan kata lain memulihkan kapastat baterai. Pengisian ini juga dilakukan pada saat baterai setelah adanya penambahan *aquadest*.

d. Pengisian perbaikan / *treatment*

Pengisian perbaikan / *treatment* dimaksudkan untuk memulihkan kapasitas baterai yang berada dibawah standar setelah baterai dilakukan perbaikan, apabila setelah diadakan perbaikan hasilnya belum dapat dicapai maka dapat dilakukan beberapa kali.

e. Pengisian khusus / *Boost Charge*

Pengisian khusus / *boost charge* dimaksudkan untuk memulihkan baterai secara cepat setelah adanya pengosongan yang banyak, misalnya pada sistem operasi *charge* dan *discharge* yang belum mendapat catu PLN.

f. Pengisian kompensasi *floating* / *trickle charge*

Pengisian kompensasi dimaksudkan untuk menjaga kapasitas baterai selalu dalam kondisi penuh akibat adanya pengosongan diri ( *self discharge* ) yang besarnya 1% dari kapasitas baterai.

Aki terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2V, artinya aki mobil dan aki motor yang memiliki tegangan 12V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri ( $12V = 6 \times 2V$ ) sedangkan aki yang memiliki tegangan 6V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri ( $6V = 3 \times 2V$ ).



Gambar 2. 32 Simulasi dalam Aki dan Contoh Aki

(Jaya, 2015)

Antara satu sel dengan sel lainnya dipisahkan oleh dinding penyekat yang terdapat dalam bak aki, artinya tiap ruang pada sel tidak berhubungan karena itu cairan elektrolit pada tiap sel juga tidak berhubungan (dinding pemisah antar sel tidak boleh ada yang bocor atau merembes).