

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Defenisi Sistem Pengecat Marka Jalan Raya

Sistem pengecat marka jalan raya adalah sebuah sistem yang tersusun dari komponen elektronik, mekanik dan bahasa program atau yang biasa disebut dengan mekatronika yang memiliki fungsi sebagai sistem yang dapat melakukan pekerjaan manusia untuk mengecat marka jalan raya dan dapat bekerja secara otomatis. Sistem ini memiliki kecerdasan karena adanya sistem pengendali yaitu sebuah chip yang disebut dengan *mikrokontroler*. Sistem ini dirancang dengan menggunakan *mikrokontroler* yang berjenis *Atmega 16*, chip ini dipilih karena memiliki fitur-fitur yang efektif untuk sebuah sistem yang dirancang dalam penelitian ini.

2.2. Mikrokontroler AVR ATmega 16

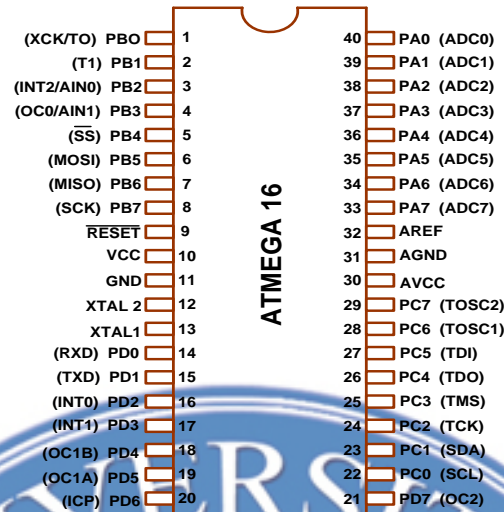
2.2.1. Mikrokontroler AVR

AVR merupakan bagian dari keluarga *mikrokontroler CMOS 8-bit* buatan *Atmel*. AVR mempunyai 32 *registern general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt* internal dan eksternal, *serial UART*, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*. Beberapa dari *mikrokontroler atmel AVR* mempunyai *ADC internal* dan *PWM internal*. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram berulang-ulang dalam sistem menggunakan hubungan

serial *SPI*. Mikrokontroler AVR yang digunakan pada robot *line follower* ini adalah *ATMega 16*. Beberapa keistimewaan dari AVR *ATMega 16* antara lain adalah :

1. Saluran *I/O* ada 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
2. *ADC (Analog to Digital Converter)* 10 bit sebanyak 8 *channel*.
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
4. *CPU* yang terdiri dari 32 buah *register*.
5. 131 instruksi andal yang umumnya hanya membutuhkan 1 siklus *clock*.
6. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
7. Dua buah *Timer/Counter* 8 bit.
8. Tegangan operasi 2,7-5,5 V pada *ATMega 16*.
9. Internal *SRAM* sebesar 1 KB.
10. Memori *Flash* sebesar 16 KB dengan kemampuan *Read While Write*.
11. Unit interupsi internal dan eksternal
12. *Port* antarmuka
13. 4 *channel PWM*
14. 32×8 *general purpose register*
15. Hampir mencapai 16 *MIPS* pada Kristal 16 MHz
16. *Port USART Programmable* untuk komunikasi serial

Pin-pin pada AVR *ATMega 16* dengan kemasan 40-pin *DIP (Dual In-line Package)* ditunjukkan oleh Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1 :MikrokontrolerAVRATMega 16

Gambar 2.1 merupakan susunan kaki standar 40-pin DIPmikrokontrolerAVRATMega 16. Berikut penjelasan umum susunan kaki ATmega 16 :

1. VCC merupakan pin masukan positif catu daya. Setiap peralatan elektronika digital tentunya butuh sumber catu daya yang umumnya sebesar 5 V, itulah sebabnya di PCB kit mikrokontroler selalu ada IC regulator 7805.
2. GND sebagai pin GroundPort A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC.
3. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
4. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, Komparator analog, dan Timer Osilator
5. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial
6. Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler

7. *XTAL 1* dan *XTAL 2* sebagai pin masukan *clock* eksternal. Suatu *mikrokontroler* membutuhkan sumber detak (*clock*) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat *mikrokontroler* tersebut
8. *AVCC* sebagai pin masukan tegangan untuk *ADC*
9. *AREF* sebagai pin masukan tegangan referensi.

2.2.2. Port Berfungsi Sebagai Input/Output

ATMega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bi-directional* dengan pilihan internal *pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu *DDxn*, *PORTxn*, dan *PINxn*. Huruf 'x' untuk mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit *DDxn* terdapat pada I/O address *DDRx*, bit *PORTxn* terdapat pada I/O address *PORTx*, dan bit *PINxn* terdapat pada I/O address *PINx*. Bit *DDxn* dalam register *DDRx* (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila *DDxn* diset 1 maka *Px* berfungsi sebagai pin output. Bila *DDxn* diset 0 maka *Px* berfungsi sebagai pin input. Sebaliknya bila *DDxn* diset *F* maka *Px* berfungsi sebagai pin output. Bila *PORTxn* diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, *PORTxn* harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila *PORTxn* diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila *PORTxn* diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (*DDxn=0*,

$PORTxn=0$) ke kondisi *output high* ($DDxn=1, PORTxn=1$) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* ($DDxn=0, PORTxn=0$) ke kondisi *output high* ($DDxn=1, PORTxn=1$) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* ($DDxn=0, PORTxn=1$) atau kondisi *output low* ($DDxn=1, PORTxn=0$).

2.2.3. Port Berfungsi Sebagai *Analog to Digital Converter (ADC)*

Pada port *ATMega 16* terdapat *Analog to Digital Converter (ADC)* internal dimana letak dari *ADC* internal tersebut berada di Port A. Dimana fitur dari *ADC* internal dari *ATMega 16* disebutkan sebagai berikut :

1. *10-bit Resolution*
2. *65 - 260 μ s Conversion Time*
3. *Up to 15 kSPS at Maximum Resolution*
4. *8 Multiplexed Single Ended Input Channels*
5. *Optional Left Adjustment for ADC Result Readout*
6. *0 - VCC ADC Input Voltage Range*
7. *Selectable 2.56V ADC Reference Voltage*
8. *Free Running or Single Conversion Mode*
9. *ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources*
10. *Interrupt on ADC Conversion Complete*
11. *Sleep Mode Noise Canceler*

2.3 Bahasa Program *BASCOM AVR*

Bahasa pemrograman basic terkenal didunia sebagai bahasa pemrograman yang handal. Sangat bertolak belakang dari namanya basic, bahasa ini sebenarnya bahasa yang memiliki kemampuan tingkat tinggi. Bahkan banyak para programmer terkenal dunia memakai bahasa pemrograman ini sebagai senjata ampuhnya. Bahasa pemrograman basic banyak digunakan untuk aplikasi *mikrokontroler* karena kompatibel oleh *mikrokontroler* jenis *AVR* dan didukung dengan *compiler* pemrograman berupa *software BASCOM AVR*. Bahasa basic memiliki penulisan program yang mudah dimengerti walaupun untuk orang awam sekalipun, karena itu bahasa ini dinamakan bahasa basic. Jenis perintah programnya seperti *do*, *loop*, *if*, *then*, dan sebagainya masih banyak lagi.

BASCOM AVR sendiri adalah salah satu tool untuk pengembangan / pembuatan program untuk kemudian ditanamkan dan dijalankan pada *mikrokontroler* terutama *mikrokontroler* keluarga *AVR*. *BASCOM AVR* juga bisa disebut sebagai *IDE (Integrated Development Environment)* yaitu lingkungan kerja yang terintegrasi, karena disamping tugas utamanya meng-*compile* kode program menjadi file hex / bahasa mesin, *BASCOM AVR* juga memiliki kemampuan / fitur lain yang berguna sekali seperti monitoring komunikasi serial dan untuk menanamkan program yang sudah di *compile* ke *mikrokontroler*

BASCOM AVR menyediakan pilihan yang dapat mensimulasikan program. Program simulasi ini bertujuan untuk menguji suatu aplikasi yang dibuat dengan pergerakan LED yang ada pada layar simulasi dan dapat juga langsung dilihat pada *LCD*, jika kita membuat aplikasi yang berhubungan dengan *LCD*. Intruksi yang dapat digunakan pada editor *BASCOM AVR* relatif cukup banyak

dan tergantung dari tipe dan jenis AVR yang digunakan. Berikut ini adalah beberapa perintah intruksi-intruksi dasar yang digunakan pada *BASCOM AVR*. Intruksi dasar yang digunakan pada *Bascom AVR* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 : intruksi dasar *BASCOM AVR*

Intruksi	Keterangan
<i>DO....LOOP</i>	Perulangan
<i>GOSUB</i>	Memanggil prosedur
<i>IF....THEN</i>	Percabangan
<i>FOR.....NEXT</i>	Perulangan
<i>WAIT</i>	Waktu tanda detik
<i>WAITMS</i>	Waktu tanda mili detik
<i>WAITUS</i>	Waktu tanda micro detik
<i>GOTO</i>	Loncat ke alamat memori
<i>SELECT....CASE</i>	Percabangan

2.4. Power Supply

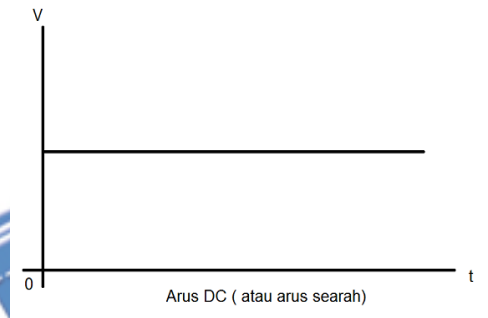
Power supply atau sumber tegangan/catu daya adalah suatu alat atau sistem yang dapat menghasilkan energi listrik.

2.4.1. Jenis-jenis *Power Supply*

2.4.1.1. Sumber Arus Searah (*Direct Current/DC*)

Arus listrik searah adalah arus listrik yang bernilai konstan dan mengalir dari potensial tinggi (+) ke potensial rendah (-). Besar arus listrik searah yang sering kita temukan berkisar antara 1,5 hingga 24 volt. Arus listrik searah biasa digunakan pada baterai, dinamo arus searah, dan aki. Sumber tegangan searah

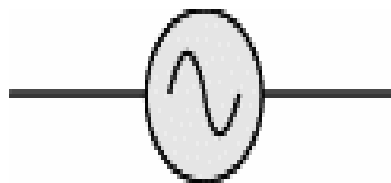
merupakan sumber tegangan yang tidak mengalami perubahan terhadap waktu. Lambang sumber tegangan *DC* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Lambang Sumber Tegangan *DC*

2.4.1.2. Sumber Arus Bolak-balik (*Alternating Current/AC*)

Arus listrik bolak-balik adalah arus listrik dengan besar dan arah yang berubah-ubah secara bolak-balik. Arus *AC* mengalir bolak-balik dari potensial tinggi (+) ke potensial rendah (-) dan dari potensial rendah (-) ke potensial tinggi (+). Dalam 1 detik, arus *AC* berbolak-balik sebanyak 50 hingga 60 kali. Gelombang listrik pada arus bolak-balik berbentuk sinusoidal, gelombang segi empat, atau gelombang segitiga. Contoh penggunaan arus listrik bolak-balik yaitu pada jaringan PLN dan generator *AC*. Jika menggunakan tegangan PLN, besar arus listrik bolak-balik berkisar antara 110 hingga 220 volt dengan frekuensi 50 hertz. Lambang sumber tegangan *AC* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 : Lambang Sumber Tegangan *AC*

Penggunaan arus bolak-balik (*AC*) pada robot tidak dilakukan secara langsung, tetapi harus diubah terlebih dahulu menjadi arus searah (*DC*). Alat yang digunakan untuk Adaptor dapat mengeluarkan tegangan searah dengan nilai yang berbeda-beda, mulai dari 1,5 hingga 12 volt dan dapat diperbesar sesuai dengan kebutuhan.

2.4.2. Fungsi *Power Supply* pada Sistem Pengecat Marka Jalan Raya

Power supply dapat diibaratkan sebagai nyawa robot, karena tanpa *power supply*, robot tidak akan bisa melakukan fungsinya. Perputaran roda merupakan hasil perubahan energi listrik menjadi energi gerak, sehingga robot bisa maju atau mundur. Nyala lampu *LED* merupakan perubahan energi listrik menjadi energi cahaya, sehingga robot mampu mengenali garis. Banyak lagi contoh lain yang merupakan perubahan energi listrik dalam sistem robot. Jenis arus yang digunakan pada robot pengecat marka jalan adalah arus *DC*.

2.4.3. Jenis-jenis *Power Supply* yang digunakan pada Robot Pengecat Marka Jalan

Robot pengecat marka jalan merupakan salah satu jenis robot bergerak (*mobile*), sehingga memerlukan *power supply* yang juga bersifat *mobile*. Sumber-sumber *power supply* yang dapat digunakan sebagai berikut.

2.4.3.1. Baterai

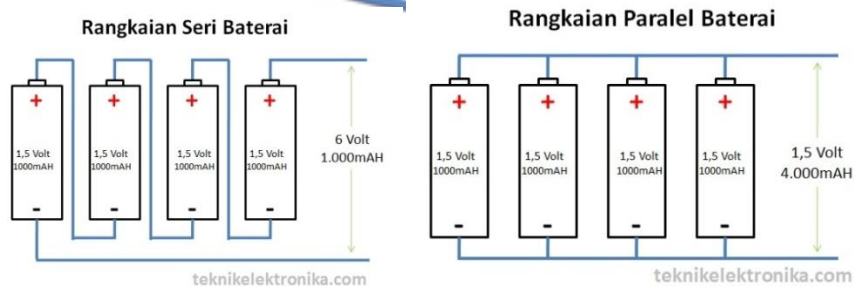
Baterai merupakan salah satu contoh *supply power* dengan tegangan dan ukuran yang relatif kecil. Baterai mengandung kutub positif (+) dan kutub negatif

(+), sehingga pemasangannya pada rangkaian perlu diperhatikan. Kutub positif baterai dihubungkan ke potensial tinggi (+) rangkaian elektronika, dan kutub negatif baterai dihubungkan ke potensial rendah (-) rangkaian elektronika.. Besar tegangan pada baterai antara lain 1,5; 4,5; dan 9 volt. Jenis dan tegangan baterai dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 : Jenis dan Tegangan Baterai

Jenis	Bentuk	Tegangan
Kancing	Kancing	3 V
AAA	Tabung	1,5 V
AA	Tabung	1,5 V
Kotak	Kotak	9 V

Pada umumnya, robot pengecat marka jalan menggunakan baterai jenis AA yang dirangkai secara seri agar dihasilkan tegangan sebesar 6 hingga 12 volt sesuai dengan kebutuhan robot. Jika daya yang dibutuhkan oleh robot relatif kecil, dapat digunakan baterai kotak dengan tegangan keluaran 9 volt. Pemasangan baterai pada rangkaian seri dan rangkaian paralel dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 : Pemasangan Baterai Rangkaian Seri dan Paralel

2.4.3.2. Akumulator (Aki)

Seperti pada baterai, aki juga mengandung kutub positif (+) dan kutub negatif (-). Di pasaran, aki dibedakan menjadi aki basah dan aki kering. Dibandingkan dengan baterai, daya yang dapat ditampung lebih besar.

a. Aki Basah

Aki basah sering digunakan pada mobil dan sepeda motor. Aki basah diisi menggunakan cairan aki zuur, dan harus diisi ulang setelah habis digunakan.

b. Aki Kering

Cara kerja aki kering seperti pada baterai. Tidak menggunakan pengisian cairan sehingga dinamakan aki kering. Aki ini memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan aki basah, dan daya keluarannya jauh lebih besar dibandingkan dengan baterai. Sebelum digunakan, aki kering diisi atau di-charge beberapa jam sesuai kapasitasnya.

2.4.4. Tip Memilih *Power Supply*

Berikut ini tip memilih *power supply* yang sesuai dengan kebutuhan dalam membuat robot pengecat marka jalan.

- a) Pilihlah *power supply* yang sesuai dengan kebutuhan robot pengecat marka jalan.
- b) Setiap jenis *power supply* memiliki daya dan bobot yang berbeda-beda. Pilih *power supply* dengan daya yang besar dan bobot yang ringan.
- c) Gunakan *power supply* yang dapat diisi ulang (*recharge*), karena robot termasuk instrumen yang boros listrik.

- d) Jika menggunakan baterai tipe AA atau AAA, rangkai baterai secara seri dengan jumlah yang tepat. Misalkan robot memerlukan tegangan sebesar 5 volt, jumlah baterai yang harus dirangkai sebanyak $1,5 \text{ volt} \times 4 \text{ buah} = 6 \text{ volt}$.
- e) Gunakan aki kering jika robot yang dibuat berdimensi besar.

2.5. Sumber Cahaya

Dalam bidang elektronika, sumber cahaya merupakan peranti yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. Fungsi sumber cahaya dalam robot pengecat marka jalan adalah sebagai *transmitter* (pengirim).

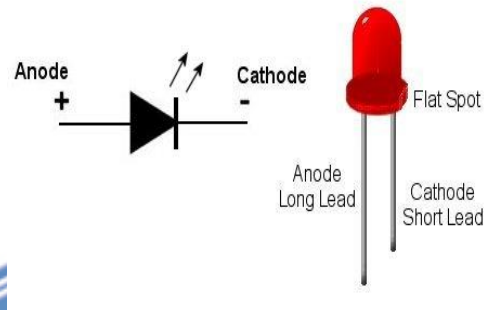
2.5.1. Jenis-jenis Sumber Cahaya

2.5.1.1. Cahaya Tampak

Sumber cahaya tampak yang digunakan untuk membuat robot pengecat marka jalan adalah *light Emitting Diode (LED)*. *LED* merupakan komponen elektronik dari bahan semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya yang berbeda-beda, antara lain merah, putih, biru dan hijau.

Jika diperhatikan, *LED* memiliki dua kaki yang panjangnya berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk mengenali atau mempermudah pemasangan *LED* pada rangkaian elektronik. Kaki lebih panjang adalah anoda atau kutub positif, dan kaki yang lebih pendek adalah katoda atau kutub negatif. *LED* dipasang dengan prinsip tegangan maju, yaitu kutub positif *LED* dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan, dan kutub negatif *LED* dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan. *LED* hanya memerlukan tegangan masukan sebesar 3 volt.

Bentuk skematik *light Emitting Diode (LED)* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5:Skematik LED

2.5.1.2. Infra Merah

Infra merah merupakan gelombang cahaya yang tak tampak oleh mata manusia. Panjang gelombangnya berada pada rentang 700nm samapi 1mm. Panjang gelombang ini lebih panjang daripada panjang gelombang cahaya tampak, tetapi tidak lebih panjang daripada panjang gelombang radio. Sumber cahaya infra merah hampir sama dengan sumber cahaya tampak yaitu *LED*, tetapi bahan pembuatnya berbeda. *LED* infra merah dibuat dari bahan *galium arsenide (GaAs)*. *LED* infra merah hanya memerlukan tegangan masukan sebesar 3 volt. Bentuk *light Emitting Diode (LED)* infra merah dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6:LED Infra Merah

2.6. Sensor Cahaya

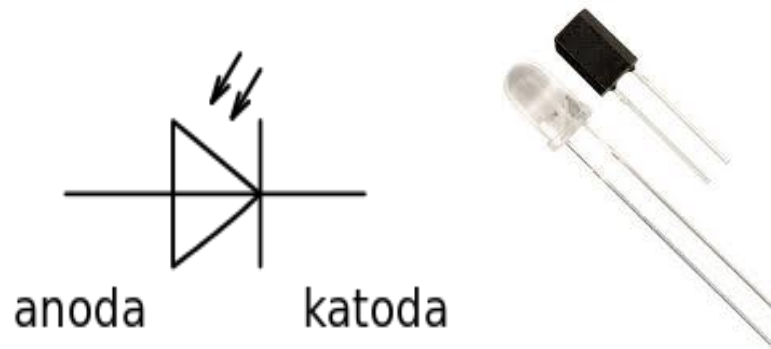
Sensor cahaya biasa disebut dengan penerima/pendeteksi cahaya. Selain sumber cahaya yang berfungsi sebagai *transmitter* atau (pengirim), dalam membuat robot pengecat marka jalan juga dibutuhkan sensor sebagai *receiver* atau penerima cahaya tersebut. Sensor dapat diibaratkan sebagai mata dari sebuah robot. Pemilihan sensor harus disesuaikan dengan *transmitter* yang digunakan. Jika dipilih *transmitter* yang menggunakan sumber cahaya tampak, sensor yang digunakan juga sensor cahaya tampak, yaitu *fotodiode*, *fototransistor*, dan *light dependent resistor (LDR)*. Jika sumber cahaya yang digunakan adalah infra merah, sensor yang digunakan pun sensor infra merah, yaitu *fotodiode* dan *fototransistor*. Kedua sensor ini mampu bekerja dengan baik pada rentang panjang gelombang infra merah. Selain itu, juga dapat digunakan modul infra merah yang lain.

2.6.1. Jenis-jenis Sensor Cahaya

Berikut adalah jenis-jenis sensor cahaya yang dapat digunakan pada pembuatan robot pengecat marka jalan.

2.6.1.1. Fotodiode

Fotodiode adalah komponen elektronik yang terbuat dari bahan semikonduktor dan dapat mengubah intensitas cahaya menjadi arus listrik. Bentuk dan simbol dari fotodiode dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 : Skematik Fotodioda

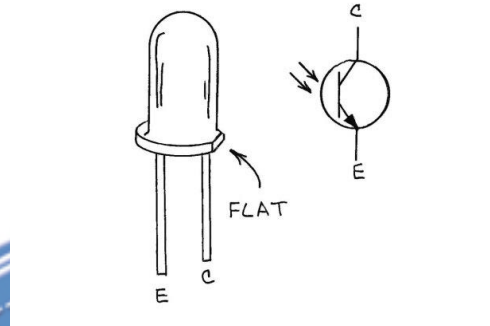
Jika diperhatikan, skematik *LED* dan *fotodioda* hampir sama. Perbedaan terletak hanya pada arah panahnya saja. Pada skematik *LED*, arah panahnya keluar, yang dapat diartikan bahwa *LED* memancarkan cahaya. Pada skematik *fotodioda*, arah panahnya masuk, yang dapat diartikan bahwa *fotodioda* menyerap atau memproses cahaya.

Seperti pada *LED*, *fotodioda* juga memiliki dua kaki. Kaki yang lebih panjang adalah anoda, dan kaki yang lebih pendek adalah katoda. Pemasangan komponen *fotodioda* pada rangkaian elektronik berkebalikan dengan pemasangan *LED*. Kutub positif atau *anoda fotodioda* dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan, dan kutub negatif atau *katoda fotodioda* dihubungkan kutub positif sumber tegangan.

2.6.1.2. Fototransistor

Fototransistor juga merupakan sensor cahaya yang mampu mengubah intensitas cahaya menjadi sinyal listrik. Setiap sensor cahaya memiliki kelebihan dan kekurangan. *Fototransistor* memiliki tingkat kepekaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *fotodioda*, cahaya *fotodioda* lebih cepat dibandingkan

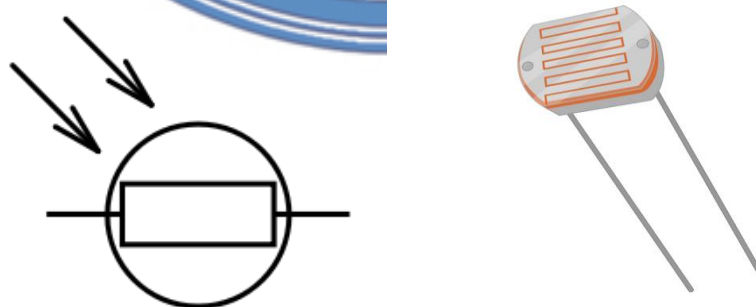
dengan *fototransistor*. Bentuk dan simbol dari fototransistor dapat dilihat dari gambar 2.8.



Gambar 2.8 : Skematik Fototransistor

2.6.1.3. Light Dependent Resistor (LDR)

Light dependent resistor (LDR) adalah resistor yang nilai hambatannya berubah-ubah karena pengaruh intensitas cahaya yang mengenainya. Jika tidak terkena cahaya, *LDR* memiliki hambatan yang sangat besar, tetapi jika terkena cahaya, nilai hambatannya akan berkurang hingga mendekati nol. Perubahan nilai hambatan inilah yang mempengaruhi nilai tegangan yang dihasilkan selama proses sensoran. Bentuk dan simbol dari *Light dependent resistor (LDR)* dapat dilihat pada gambar 2.9.



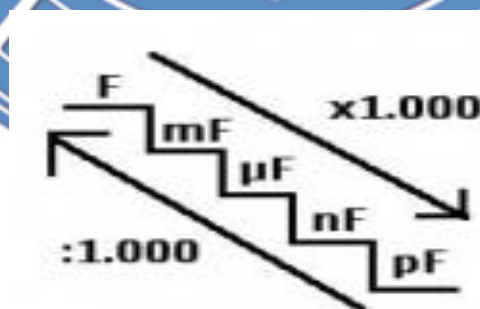
Gambar 2.9 : Skematik LDR (*Light Dependent Resistor*)

2.6.1.4. Kapasitor

Kondensator atau kapasitor merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik sementara. *Kapasitor* dinotasikan dengan C. Satuan besaran *kapasitor* yaitu *Farad (F)*. *Kapasitor* dibagi dalam jenis kapasitor tidak berkutub dan *kapasitor* kutub. Pada *kapasitor* yang tidak berkutub, pemasangan *kapasitor* pada rangkaian elektronik dapat dibolak-balik. Pada *kapasitor* kutub, kutub negatif (-) *kapasitor* digambarkan dengan garis putih. Pemasangan kutub positif (+) dan kutub negatif (-) yang salah pada rangkaian elektronik dapat menyebabkan *kapasitor* rusak atau meledak.

Suatu nilai *kapasitor* dinyatakan dalam *Farad (F)*, *miliFarad (mF)*, *mikroFarad (μF)*, *nanoFarad (nF)*, atau *pikoFarad (pF)*. Konversi satuan nilai *kapasitor* sama dengan konversi satuan tahanan listrik.

Kapasitor disusun menggunakan dua pelat logam. Kedua pelat logam itu dipisahkan dengan isolator yang disebut dielektrikum. Jenis-jenis dielektrikum antara lain mika, kertas, plastik, keramik, tantalum, dan elektrolit. Konversi satuan nilai pada kapasitor dapat dilihat dari gambar 2.10.

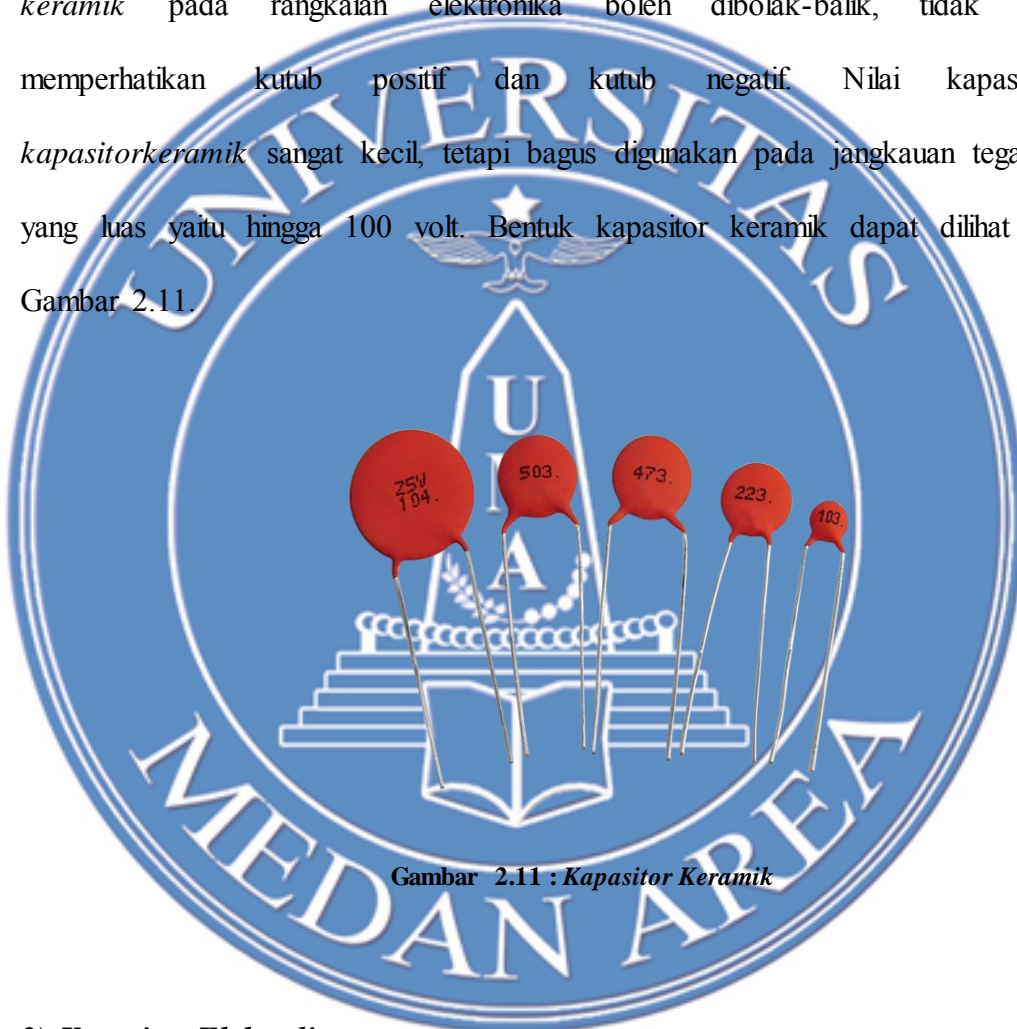


Gambar 2.10 : Konversi Satuan Nilai Kapasitor

Berikut adalah beberapa jenis *kapasitor* yang biasa digunakan pada rangkaian elektronik robot.

1) *Kapasitor Keramik*

Bentuk *kapasitor keramik* bermacam-macam. Karena sifatnya yang stabil, *kapasitor keramik* bagus digunakan pada frekuensi tinggi. Pemasangan *kapasitor keramik* pada rangkaian elektronika boleh dibolak-balik, tidak perlu memperhatikan kutub positif dan kutub negatif. Nilai kapasitansi *kapasitor keramik* sangat kecil, tetapi bagus digunakan pada jangkauan tegangan yang luas yaitu hingga 100 volt. Bentuk *kapasitor keramik* dapat dilihat dari Gambar 2.11.

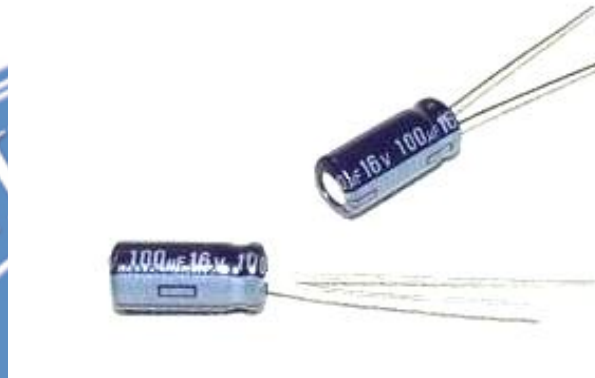


Gambar 2.11 : *Kapasitor Keramik*

2) *Kapasitor Elektrolit*

Kapasitor elektrolit atau *electrolit capasitor (elco)* merupakan jenis *kapasitor polar* yang dipasang pada rangkaian elektronik sesuai dengan jenis-jenis terminalnya. Terminal positif (+) rangkaian elektrolit, dan terminal negatif (-) *kapasitor* dihubungkan dengan potensial rendah (-) rangkaian elektronik.

Pemasangan yang salah dapat menyebabkan *kapasitor* rusak atau meledak. Kutub negatif *kapasitor* elektrolit ditandai sebuah garis berwarna putih. *Kapasitor* elektrolit berkapasitas besar biasa digunakan dalam *power supply*. Bentuk dari kapasitor elektrolit dapat dilihat dari Gambar 2.12.



Gambar 2.12 :Kapasitor Elektrolit

3) *Kapasitor Polyester*

Kapasitor polyester memiliki nilai kapasitansi antara 100 pF hingga 2 μ F, toleransi sekitar 5% dan tegangan maksimum 400 volt. *Kapasitor polyester* cukup stabil, berbentuk fisik segi empat dan berwarna hijau. Bentuk dari kapasitor *polyster* dapat dilihat dari Gambar 2.13.



Gambar 2.13: *Kapasitor Polyester*

Berikut adalah fungsi *kapasitor* pada rangkaian elektronik robot pengecat marka jalan.

- 1) Sebagai alat penyaring/filter pada rangkaian *power supply*.
- 2) Untuk menghindari loncatan api jika sakelar beban listrik dihubungkan.
- 3) Untuk menghemat daya listrik.
- 4) Untuk meredam *noise* atau *ripple*.
- 5) Sebagai koping jika beberapa rangkaian elektronik dihubungkan.
- 6) Untuk mempercepat respon motor dengan cara menyaring tegangan kejut dari motor.

Agar robot yang dibuat dapat berfungsi dengan baik, perlu diperhatikan *kapasitor* yang digunakan. Berikut adalah tip memilih *kapasitor*.

- a) Pilih jenis kapasitor yang sesuai dengan fungsinya.
- b) Kapasitor elektrolit baik yang menyaring tegangan pada rangkaian power supply.
- c) Kapasitor keramik digunakan sebagai filter pada motor DC.
- d) Pada kapasitor elektrolit terdapat dua variabel nilai, nilai kapasitansi (Farad) dan nilai tegangan maksimum (Volt). Pilih kapasitor elektrolit dengan nilai tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan yang digunakan pada rangkaian. Misalnya, pada sebuah rangkaian bertegangan 12 volt, gunakanlah kapasitor dengan tegangan 16 volt.

2.6.1.5. Dioda

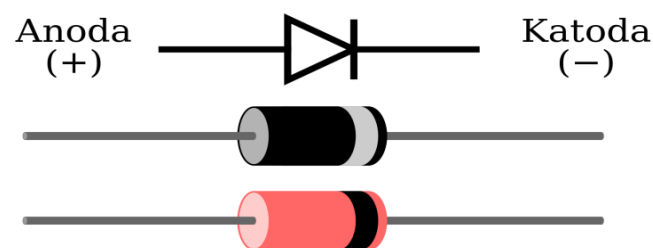
Dioda merupakan salah satu jenis komponen aktif yang berfungsi sebagai komponen penyearah. *Dioda* disusun menggunakan semikonduktor jenis P atau kutub positif (+) dan semikonduktor jenis N atau kutub negatif (-). *Dioda* disusun menggunakan semikonduktor jenis silikon dan germanium. Karena *dioda* termasuk komponen aktif, arus listrik yang mengalir dari sambungan P ke sambungan N akan dilewatkan jika tegangan listrik yang dilewatkan pada *dioda* berbahan silikon minimal 0,7 volt dan pada *dioda* berbahan germanium minimal kira-kira 0,3 volt.

a) Jenis- jenis *Dioda*

1) *Dioda* Penyearah

Jika arus listrik sama dengan arah *dioda*, yaitu dari potensial tinggi ke potensial rendah, dan nilai tegangannya lebih besar daripada tegangan minimum *dioda*, arus akan dilewatkan. Jika dipasang berkebalikan dengan arah arus listrik, *dioda* berfungsi untuk menghambat arus listrik yang lewat.

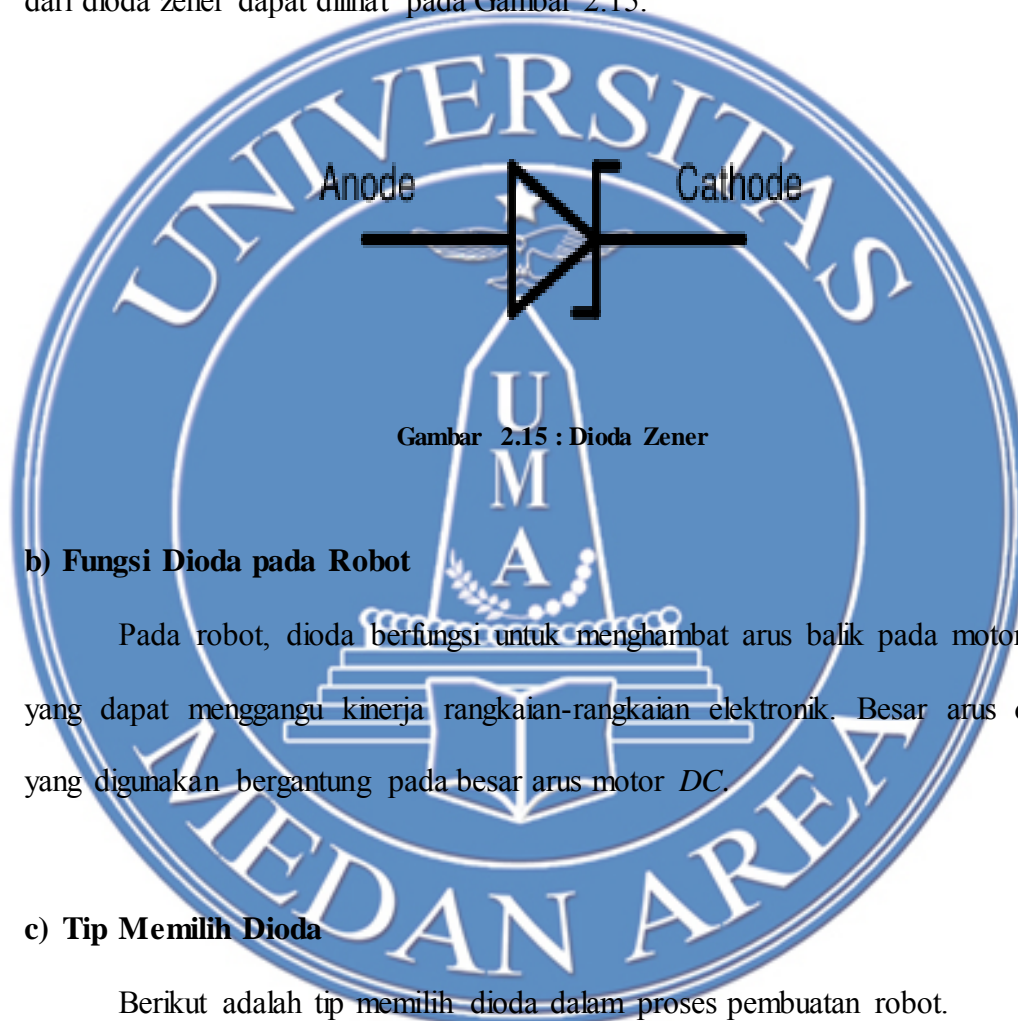
Pada *dioda* penyearah hanya terdapat satu variabel nilai, yaitu arus (ampere). Besar arus pada *dioda* menyatakan arus maksimum yang dapat disaring oleh *dioda*. Simbol dari *dioda* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 : Simbol Dioda

2) Dioda Zener

Dioda zener hampir sama dengan dioda biasa. Pada dioda biasa, kerusakan dapat terjadi pada saat tegangan mencapai ratusan volt. Sedangkan pada dioda zener, kerusakan terjadi pada tegangan puluhan atau satuan volt. Dioda biasa bekerja pada bias maju, sedangkan dioda zener bekerja pada bias mundur. Simbol dari dioda zener dapat dilihat pada Gambar 2.15.



b) Fungsi Dioda pada Robot

Pada robot, dioda berfungsi untuk menghambat arus balik pada motor *DC* yang dapat mengganggu kinerja rangkaian-rangkaian elektronik. Besar arus dioda yang digunakan bergantung pada besar arus motor *DC*.

c) Tip Memilih Dioda

Berikut adalah tip memilih dioda dalam proses pembuatan robot.

- 1) Pilih jenis dioda yang tepat sesuai dengan kebutuhan robot.
- 2) Sesuaikan nilai arus dioda dengan besar nilai yang mengalir pada rangkaian. Misalnya arus yang mengalir pada rangkaian bernilai 2 ampere, gunakan dioda dengan arus 2 ampere atau lebih.

- 3) Perhatikan kutub positif dan kutub negatif dioda. Pastikan arah dioda tidak terbalik.

2.6.1.6. *Transistor*

Transistor merupakan komponen elektronik pertama yang menghantarkan dunia elektronika kuno menuju elektronika modern. Umumnya *transistor* berfungsi sebagai sakelar dan komponen penguat tegangan atau arus listrik.

A. Jenis-jenis *Transistor*

1) *BJT (Bipolar Junction Transistor)*

Transistor jenis ini memiliki dua dioda yang kutub positif atau kutub negatifnya, berhimpit dan memiliki tiga terminal, yaitu *emiter (E)*, *kolektor (C)*, dan *basis (B)*. *Transistor* jenis *BJT* dibagi menjadi dua jenis berikut ini.

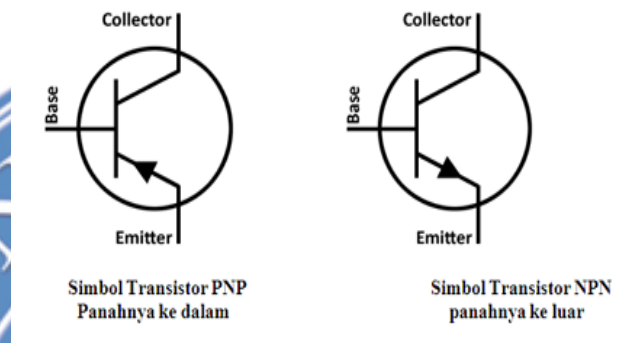
a) *NPN (Negative Positive Negative)*

N dan P pada *transistor* jenis ini menunjukkan pembawa muatan mayoritas pada sebuah daerah yang berbeda pada transistor. Transistor *NPN* terdiri dari selapis semikonduktor tipe P diantara dua lapis semikonduktor tipe N. Arus kecil yang memasuki *basis* pada moda tunggal *emitor* dikuatkan di keluaran *kolektor*. Dengan kata lain, *transistor NPN* hidup ketika tegangan basis lebih tinggi daripada tegangan *emiter*. Tanda panah dalam simbol diletakkan pada kaki *emiter* dan menunjukkan keluar (arah aliran arus konvensional ketika peranti dipanjar maju).

b) *PNP (Positive Negative Positive)*

Transistor PNP terdiri dari selapis semikonduktor tipe N diantara dua lapis semikonduktor tipe P. Arus kecil yang meninggalkan basis pada moda tunggal

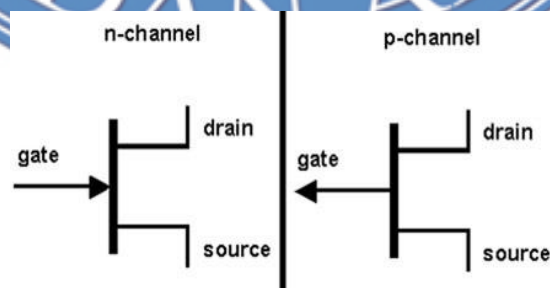
emiter dikuatkan pada keluaran kolektor. Dengan kata lain, transistor *PNP* hidup ketika tegangan *basis* lebih rendah daripada tegangan *emiter*. Tanda panah pada simbol diletakkan pada *emiter* dan menunjuk ke dalam. Simbol dari transistor *PNP* dan transistor *NPN* dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 : Simbol *Transistor PNP* dan *NPN*

2) *FET (Field Effect Transistor)*

Transistor jenis ini menggunakan medan listrik untuk mengendalikan konduktivitas suatu kanal dari pembawa muatan tunggal dalam bahan semikonduktor. *FET* tersusun menggunakan tiga terminal, yaitu *Source* (S), dan *Drain* (D). Simbol dari transistor *FET* dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17: Simbol *Transistor FET*

Berikut ini adalah beberapa jenis transistor jenis *FET*.

- a) *JFET* (*Junction FET*), menggunakan pertemuan P-N yang dipanjar terbalik untuk memisahkan gerbang dan badan.
- b) *MOSFET* (*Metal Oxide Semiconductor FET*), menggunakan isolator antara gerbang dan badan.
- c) *MESFET* (*Metal Semiconductor FET*), menggantikan pertemuan P-N pada *JFET* dengan penghalang *Schottky*, digunakan pada GaAs dan bahan semikonduktor lainnya.
- d) *HEMT* (*High Electron Mobility Transistor*, *Transistor* Penggerakan Elektron Tinggi), juga disebut *HFET* (*Heterostructure FET*, *FET* Struktur Campur). Material celah jalur lebar yang membentuk isolasi antara gerbang dan badan.
- e) *FREDFET* (*Fast Reverse/Recovery Epitaxial Diode FET*, *FET* Dioda Epitaksial Cepat Balik/Pulih), sebuah *FET* yang didesain khusus untuk memberikan kescepatan pemulihan (pematian) dioda badan.
- f) *ISFET* (*Ion Sensitive FET*, *FET* Sensitif Ion), digunakan untuk mengukur konsentrasi ion pada larutan. Ketika konsentrasi ion (seperti pH) berubah, arus yang mengalir melalui transistor juga berubah.
- g) *DNAFET* adalah *FET* khusus yang berfungsi sebagai sebuah biosensor dengan menggunakan gerbang yang dibuat dari molekul salah satu helai *DNA* untuk mendeteksi helai *DNA* yang cocok.
- h) *IGBT* (*Insulated Gate Bipolar Transistor*, *Transistor* Dwikutub Gerbang Terisolasi), peranti pengendali daya tinggi. *Transistor* ini mempunyai struktur mirip sebuah *MOSFET* yang digandengkan dengan kanal konduksi utama yang mirip dengan *transistor* dua kutub. *Transistor* ini sering digunakan pada

tegangan ambang ke sumber antara 200-3.000 volt. *MOSFET* daya merupakan peranti pilihan utama untuk tegangan ambang ke sumber antara 1-200 volt.

B. Fungsi *Transistor* pada Robot

Umumnya, *transistor* digunakan pada rangkaian pengendali motor tipe *H-bridge* dan *transistor* yang digunakan merupakan *transistor* tipe arus.

2.6.1.6. *Operational Amplifier (Op-Amp)*

Operational amplifier atau sering disebut dengan *op-amp* merupakan komponen elektronik dalam bentuk *IC (Integrated Circuit)* yang mampu menghasilkan tegangan keluaran (*output*) berupa penguatan terhadap selisih tegangan masukan (*input*). Rangkaian ini juga disebut dengan rangkaian penguat.

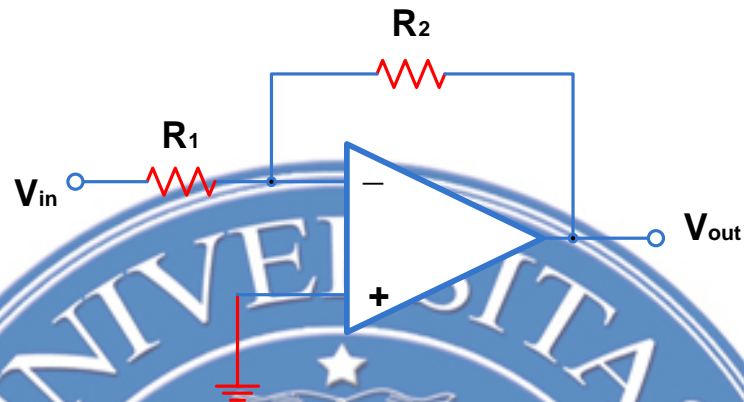
Op-amp memiliki dua buah masukan yang berbeda, yaitu masukan *inverting* yang bertanda negatif (-) dan masukan *non-inverting* yang bertanda positif (+).

a) Jenis-jenis *Operational Amplifier*

1. *Operational Amplifier Inverting*

Op-amp inverting merupakan rangkaian penguat yang tegangan keluarannya berbanding terbalik dengan tegangan masukan. Setelah sinyal masukan diterima *input inverting*, rangkaian ini akan menghasilkan keluaran dengan sudut fase yang terbalik dari sudut fase tegangan masukan.

Berikut adalah Gambar 2.18 skema rangkaian *operational amplifier (Op-Amp) inverting*.



Gambar 2.18 : *Operational Amplifier (Op-Amp) Inverting*

Besarnya penguatan bergantung pada faktor penguatan (*gain*) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) V_{in}$$

dengan :

V_{out} : Tegangan keluaran penguatan *operasional/output* (volt).

V_{in} : Tegangan masukan/*input* (volt).

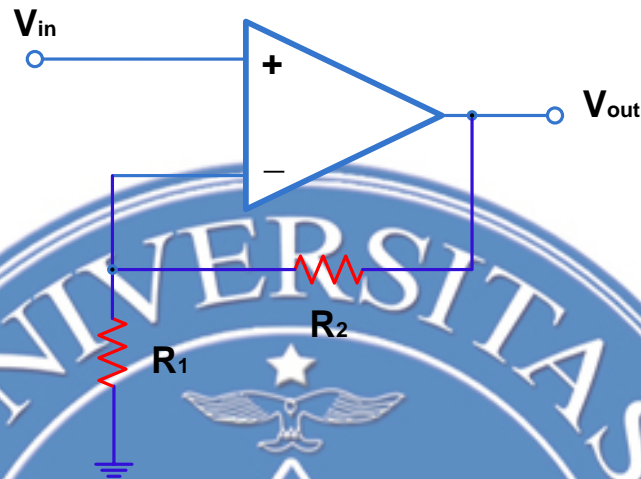
R_1 : Hambatan ke-1 (ohm)

R_2 : Hambatan ke-2 (ohm)

2. *Operational Amplifier Non-Inverting*

Rangkaian *op-amp non-inverting* termasuk kedalam sistem analog linier, yaitu sistem yang menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan tegangan masukan yang diberikan. *Op-amp non-inverting* dan menghasilkan *output* dengan

sudut fase sama dengan sudut fase tegangan input. Berikut adalah Gambar 2.19 skema rangkaian *operational amplifier (Op-Amp) non-inverting*.



Gambar 2.19 : *Operational Amplifier (Op-Amp) Non-Inverting*

Besarnya penguatan sinyal bergantung pada faktor penguatan (*gain*) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{out} = \left(\frac{R1+R2}{R1} \right) V_{in}$$

dengan :

V_{out} : Tegangan keluaran penguatan *operasional/output* (volt).

V_{in} : Tegangan masukan/*input* (volt).

$R1$: Hambatan ke-1 (ohm).

$R2$: Hambatan ke-2 (ohm).

b) Fungsi *Operational Amplifier* pada Robot

Fungsi lain dari komponen *op-amp* yang digunakan pada robot pengecat jalan raya adalah sebagai rangkaian *comparator* (pembanding). Moda *comparator*

memungkinkan rangkaian *op-amp* membandingkan tegangan *input* positif (*non-inverting*) dan negatif (*inverting*). Hasil keluaran dari *comparator* berupa tegangan digital yaitu *high* (5 volt) atau *low* (0 volt). Tegangan *high* terjadi jika tegangan *input* positif lebih besar daripada *input* negatif, dan tegangan *low* terjadi jika tegangan *input* negatif lebih besar daripada tegangan *input* positif.

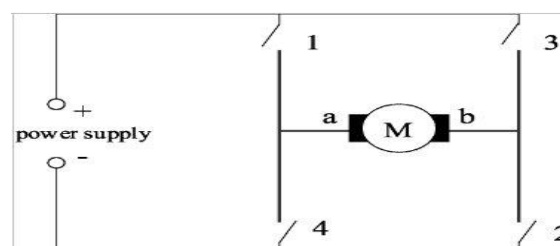
2.6.1.7. Pengendali Motor

Pengendali motor atau biasa disebut dengan *driver motor* merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi untuk memperkuat arus dan tegangan yang dibutuhkan oleh motor. Jika suplai arus dan tegangan lebih kecil, motor tidak akan berputar secara maksimal.

a) Jenis-jenis Pengendali Motor

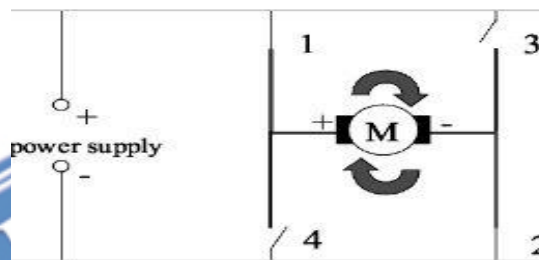
1. *H-Bridge*

H-Bridge atau dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan sebagai jembatan H merupakan sebuah rangkaian elektronik dengan motor sebagai titik tengahnya dan dua jalur yang bisa dibuka dan ditutup untuk melewatkan arus listrik pada motor tersebut. Skema rangkaian *H-bridge* dapat dilihat pada Gambar 2.20.



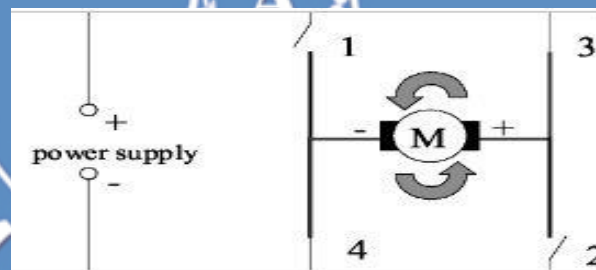
Gambar 2.20: Skema Rangkaian *H-Bridge*

Pada Gambar 2.21, sakelar 1 dan 3 terhubung dengan sumber tegangan positif (+). Sedangkan sakelar 2 dan 4 terhubung dengan sumber tegangan negatif (-). Jika sakelar 1 dan 2 ditutup, motor akan berputar searah jarum jam.



Gambar 2.21 : Motor Berputar Searah Jarum Jam

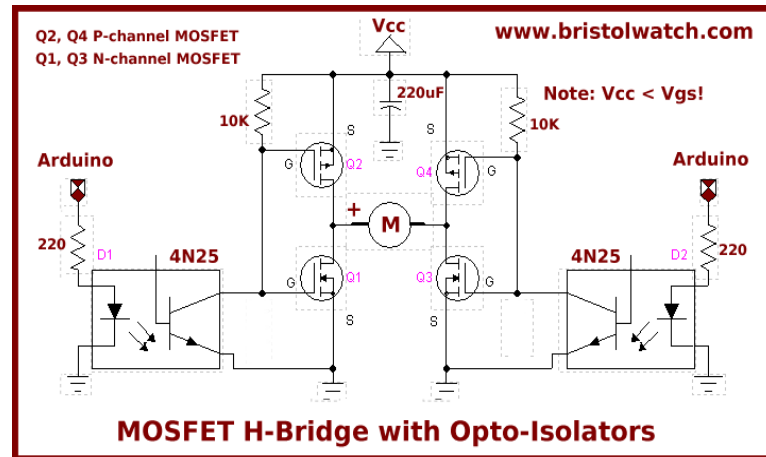
Pada keadaan lain yang ditunjukkan pada Gambar 2.22, jika sakelar 3 dan 4 ditutup, motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam.



Gambar 2.22 : Motor Berputar Berlawanan Arah Jarum Jam

Dengan demikian, pengendali motor *H-bridge* pada robot pengecat marka jalan mampu mengendalikan putaran roda untuk bergerak maju atau mundur..

Berikut adalah rangkaian dari *H-Bridge* yang dapat dilihat pada Gambar 2.23 :



Gambar 2.23 : Skema *H-Bridge* 4 Transistor

2. IC L293

IC L293 memiliki dua buah pengendali motor dan didalamnya terdapat dua buah rangkaian *H-bridge*, sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan dua motor sekaligus. Bentuk dari IC L293 dapat dilihat pada Gambar 2.24.

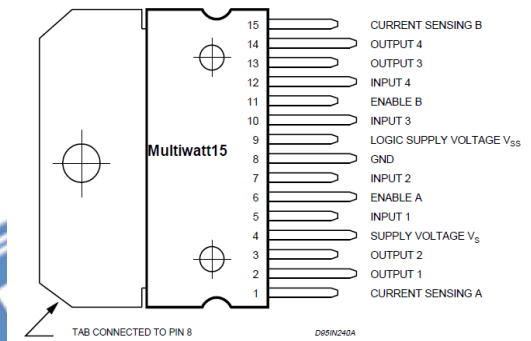


Gambar 2.24 : Skematik IC L293

3. IC L298

IC L298 memiliki fungsi yang sama dengan IC L293, yaitu sebagai pengendali motor. Dalam IC ini juga terdapat dua buah pengendali yang dapat digunakan untuk mengendalikan dua buah motor. Salah satu perbedaan antara IC L293 dan L298 adalah besar arus yang mengalir pada masing-masing IC. IC L293 mampu mengalirkan arus sebesar 600mA, sedangkan IC L298 mampu

mengalirkan arus hingga 4A, sehingga IC L298 mampu menggerakkan motor yang lebih besar. Pin konektor dari IC L298 dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25 : Pin Konektor IC L298

b) Fungsi Pengendali Motor pada Robot

Berikut adalah fungsi pengendali motor (*driver motor*) pada robot.

1. Sebagai penguat arus dan tegangan pada motor.
2. Sebagai pengatur arah gerak motor. Pada robot, motor harus bergerak searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam.
3. Sebagai pengaman rangkaian kontrol dari arus balik motor secara langsung.
4. Sebagai pengatur kecepatan motor yang dikendalikan oleh *PWM* (*Pulse Width Modulation*).

c) Tip Memilih Pengendali Motor

Berikut adalah beberapa tip memilih pengendali motor (*motor driver*) dalam membuat sebuah robot :

1. Setiap motor memiliki nilai arus dan tegangan masukan yang berbeda. Pastikan arus dan tegangan pada pengendali motor sesuai dengan motornya. Misalnya

pada *IC L293*, tegangan keluaran maksimum pada setiap kanalnya adalah 36 volt dengan arus sebesar 600 mA. *IC* ini dapat mengalami kerusakan jika tegangan dan arus motor melebihi nilai maksimumnya.

2. *H-bridge* 4 transistor hanya dapat menentukan arah gerak motor, yaitu searah jarum jam (*CW*) dan berlawanan arah jarum jam (*CCW*).
3. Selain dapat menentukan arah putar dari motor, *H-bridge* 6 transistor juga dapat berfungsi sebagai sakelar *ON/OFF*. Umumnya, sakelar ini digunakan untuk menentukan kecepatan motor.
4. *Transistor* jenis *TIP* dapat digunakan untuk menggerakkan motor dengan tegangan dan arus yang besar.
5. Tambahan komponen pendingin (*heatsink*) *transistor* atau *IC* pada rangkaian pengendali motor. Komponen pendingin terbuat dari bahan aluminium.
6. Umumnya, bahan pengendali motor memang akan panas pada saat bekerja. Namun jika suhu terlalu panas, dapat dikatakan bahwa rangkaian pengendali motor tidak sesuai dengan motor yang digunakan.
7. Panas yang berlebihan pada rangkaian pengendali motor dapat menyebabkan kerusakan permanen pada komponen-komponen elektronik di dalamnya.

2.6.1.8. Aktuator

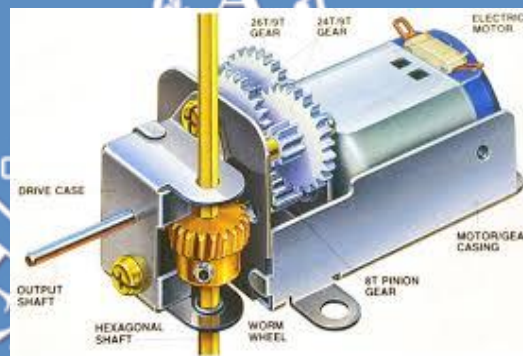
Aktuator adalah elemen yang dapat mengubah besaran listrik menjadi besaran lainnya. Misalnya pada motor, *aktuator* mengubah tegangan menjadi energi kinetik berupa putaran. Adapun jenis-jenis dari *aktuator* antara lain seperti berikut :

a) Jenis-jenis *Aktuator*

Aktuator terdiri dari beberapa jenis, antara lain aktuator tenaga elektrik, *aktuator* tenaga hidrolik dan *aktuator* tenaga *pneumatik*. Pada robot, aktuator yang paling sering digunakan adalah jenis *aktuator* tenaga elektrik. Berikut adalah macam-macam *aktuator* tenaga elektrik yang digunakan pada aplikasi robot, khususnya robot pengecat marka jalan.

1. Motor *DC*

Motor *DC* adalah jenis motor elektrik yang bekerja pada arus searah. Motor jenis ini sering digunakan pada robot bergerak, karena tipe motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan robot. *Power supply* yang digunakan berkisar antara 3-24 volt dengan arus sebesar 4 ampere. Berikut adalah bentuk dari motor *DC* yang dapat dilihat pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26 : Motor *DC*

2. Motor *Servo*

Motor *servo* merupakan sebuah motor *DC* yang memiliki rangkaian kontrol elektronik dan *internal gear* untuk mengendalikan pergerakan dan sudut sudutnya. Motor *servo* memiliki rate putaran yang lambat, tetapi memiliki torsi

yang kuat. Motor *servo* mampu berputar pada sudut tertentu, dan sudut pergerakan rotornya dikendalikan hanya mengatur *duty cycle* sinyal *PWM* (*Pulse Width Modulation*) pada bagian pin kontrolnya. Motor *servo* terdiri dari 2 jenis berikut :

1) Motor *Servo* Standar 180°

Merupakan motor *servo* yang hanya dapat berputar sebesar 180° dengan defleksi masing-masing 90°.

2) Motor *Servo Kontinu*

Merupakan motor *servo* yang tidak memiliki batasan defleksi sudut putar, sehingga dapat berputar 360°. Bentuk dari motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 : Motor *Servo*

b) Tip Memilih Aktuator

Berikut adalah tip memilih *aktuator* yang baik untuk membuat robot.

1. Pilih jenis *aktuator* yang sesuai dengan kebutuhan robot.
2. Tambahkan *gear box* untuk menambah torsi motor *DC* yang lemah.

3. Sesuaikan jenis motor yang digunakan dengan rangkaian pengendali motor.
4. Tambahkan kapasitor keramik pada kaki-kaki *inputan* motor. *Kapasitor* dipasang dan dipatri secara langsung pada kaki-kaki *kapasitor*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan respon motor dan mengurangi *bouncing* (goyangan) pada arus dan tegangan pada motor.
5. Motor *DC* dapat digunakan pada tegangan yang lebih rendah daripada tegangan motor. Sebagai contoh, motor *DC* 12 volt tetap dan berputar jika diberi tegangan 5 volt, tetapi kecepatan dan torsi motor berkurang.

