

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot *Line Follower*

Robot *Line Follower* (Robot Pengikut Garis) adalah robot yang dapat berjalan mengikuti garis pada sebuah lintasan yang sudah ditentukan dan robot ini termasuk dalam kategori jenis robot *mobile* yang didesain untuk bekerja secara otomatis. Garis yang dimaksud adalah garis berwarna hitam diatas permukaan berwarna putih atau sebaliknya, ada juga lintasan dengan warna lain tetapi warna garis harus kontras dari bidang lintasannya. Robot ini juga dikenal dengan sebutan *Line Tracker*, *Line Tracker Robot* dan sebagainya. Cara kerja dari sistem robot *line follower* secara umum ialah dimulai dari pembacaan lintasan atau garis dan selanjutnya diketahui nilai parameter ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk setiap sensor garis. ADC merupakan piranti dari sebuah mikrokontroler ATmega16 yang terletak pada PORT A. Nilai ADC berfungsi sebagai parameter untuk pembeda warna garis hitam atau putih dan juga untuk membandingkan nilai yang dibaca sensor *photodiode* mendeteksi objek pantul gelap atau terang. Setelah mendapatkan parameter nilai ADC pada setiap sensor maka parameter tersebut dijadikan eksekusi pembeda garis pada program AVR. Robot *line follower* sendiri terdiri dari dua macam jenis yaitu robot *line follower* analog dan robot *line follower* digital.

Line follower analog ini mampu bergerak tanpa adanya penanaman *software* khusus dari PC ke *Chip* yang ada di robot, dengan kata lain hanya komponen Elektronika yang menggerakkan robot. Sedangkan *line follower* digital menggunakan mikrokontroller untuk melacak garis sehingga sistem pelacakan garisnya lebih halus jika dibandingkan *line follower* analog.

2.2 Sensor

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya (D Sharon,1982).

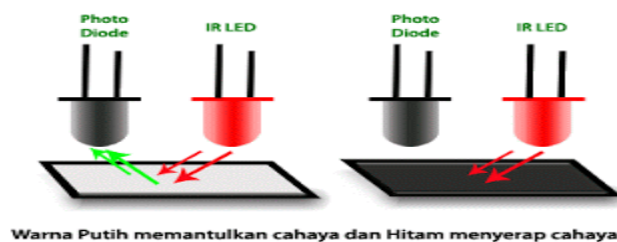
Transduser adalah sebuah alat yang bila digerakkan oleh suatu energi didalam sebuah transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk berlainan ke sistem transmisi berikutnya. Transmisi energi ini bisa berupa listrik, mekanik, kimia, optic (radiasi) atau thermal (panas).(wiliam D.C 1993).

Jadi, sensor adalah komponen yang dapat digunakan untuk mengkonversikan suatu besaran tertentu menjadi suatu analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Sensor merupakan komponen utama dari suatu transduser, sedangkan transduser merupakan sistem yang melengkapi agar sensor tersebut mempunyai keluaran sesuai yang kita inginkan dan dapat langsung dibaca pada keluarannya.

2.3 Sensor Garis

Sensor garis berfungsi untuk membaca lintasan yang berupa garis hitam dengan alas putih dimana mendeteksi warna dari permukaan yang berada dibawah robot penjejak garis dengan maksud agar sensor garis ini dapat menghasilkan logika posisi dari robot. Logika posisi yang dihasilkan oleh sensor garis ini kemudian akan dijadikan input ke arduino pada robot. Pada sensor garis, komponen yang digunakan adalah photodiode sebagai pendeteksi garis atau jalur, dan LED sebagai pemancar dan diterima oleh photodiode.

2.3.1 Photodiode



Gambar 2.1 Photodiode

(<https://www.lukinotes.com/2012/06/rangkaian-sensor-infrared-dgn-photo.html>)

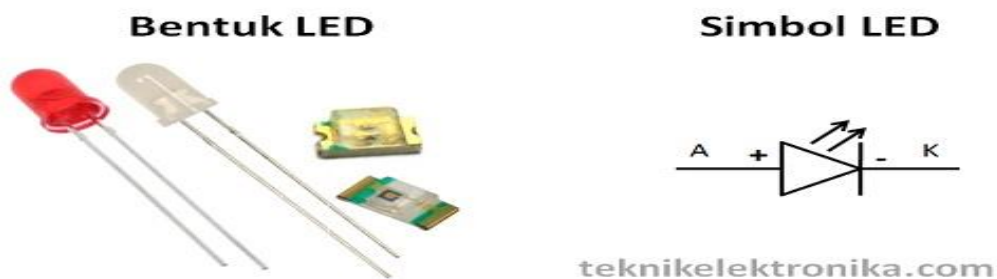
Photodiode adalah jenis diode yang biasa mendeteksi keberadaan cahaya. Photodiode mengubah cahaya menjadi arus, artinya photodiode akan mengalirkan arus jika cahaya mengenainya. Jadi dengan kata lain, photodiode akan menghantar

jika terkena cahaya. Besarnya konduktivitas photodiode tergantung dari kuat cahaya yang masuk. Semakin besar intensitas cahaya maka photodiode akan semakin menghantar.

Photodiode juga dibuat dari bahan-bahan semikonduktor seperti silicon, Germanium, Indium gallium arsenide dan Mercury cadmium telluride. Sebuah photodiode normallnya berisi sebuah p-n junction dengan pancaran dangkal yang biasanya merupakan sebuah konfigurasi semikonduktor tipe P diatas tipe N meskipun konfigurasi tipe N diatas tipe P bisa meningkatkan responsivitas di wilayah 1 μm

2.3.2 Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga diode yang terbuat dari bahan semikonduktor.



Gambar 2.2 *Light Emitting Diode*

(<https://teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2014/12/Bentuk-dan-Simbol-LED.jpg?x15078>)

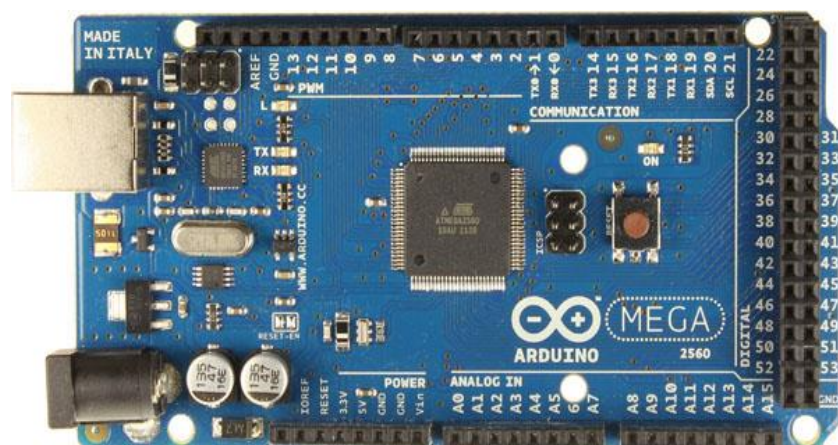
Seperti dikatakan sebelumnya, LED masih termasuk keluarga dari diode yang terbuat dari bahan semikonduktor. Cara kerja LED pun hampir sama dengan diode dan memiliki dua kutub yang sama yakni kutub positif (P) dan kutub Negatif (N). Namun LED hanya akan menghasilkan cahaya apabila dialiri sebuah tegangan maju (bias *forward*) dari anoda menuju katoda. Ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward dari anoda (P) menuju katoda (K), kelebihan electron pada N-Type akan berpindah ke wilayah yang berlebihan *hole* (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-type material). Saat Elektron berjumpa

hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna)

2.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip Atmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). *Arduino Mega 2560* dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC. (Simanjuntak : 2013, 7)

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.



Gambar 2.3 Board Arduino Mega

(<https://www.arduino.cc/en/Products/Counterfeit>)

Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan *power* yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau melalui *external power supply*. Pilihan *power* yang digunakan akan dilakukan secara otomatis. *External power supply* dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau baterai, melalui *jack DC* yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin Vin yang ada di *board*. Board dapat beroperasi dengan *power* dari *external power supply* yang memiliki tegangan antara 6V hingga 20V. Namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa *over heat* yang ada akhirnya bisa merusak *board*. Dengan demikian, tegangan yang direkomendasikan adalah 7V hingga 12V. Beberapa pin *power* pada Arduino Mega:

- a. GND. Ini adalah *ground* atau negative.
- b. Vin. Ini adalah pin yang digunakan jika ingin memberikan *power* langsung ke board Arduino dengan rentang yang disarankan 7V-12V.
- c. Pin 5V. Ini adalah pin *output* dimana pada pin tersebut mengalir tegangan 5V yang telah melalui regulator.
- d. 3V3. Ini adalah pin *output* dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3.3V yang telah melalui regulator.
- e. IOREF. Ini adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroler. Biasanya digunakan pada *board shield* untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V.

2.4.1 *Input dan Output (I/O)*

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai maksimum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroler. Beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- a. Serial, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip USB-to-TTL ATmega 16U2.
- b. *External Interrupts*, yaitu pin 2 (untuk interrupt 0), pin 3 (untuk interrupt 1), pin 18 (untuk interrupt 5), pin 19 (untuk interrupt 4), pin 20 (untuk interrupt 3), pin 21 (untuk interrupt 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah *interrupt* yang cukup melimpah: 6 buah digunakan fungsi *attach Interrupt()* untuk mengatur interrupt tersebut.
- c. PWM: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8 bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- d. SPI : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK) DAN 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*
- e. LED : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in LED yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set HIGH untuk menyalakan LED, LOW untuk memadamkannya.
- f. TWI : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire library*

Arduino Mega 2560 R3 memiliki 16 buah input analog. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10 bits (bisa jadi memiliki 1024 nilai). Secara *default*, pin-pin tersebut diukur dari ground ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi *analog Reference()*. Beberapa pin lainnya pada *board* ini adalah :

- a. AREF. Sebagai referensi tegangan untuk input analog.
- b. Reset. Hubungkan ke LOW untuk melakukan reset terhadap mikrokontroler. Sama dengan penggunaan tombol reset yang tersedia

2.4.2 Spesifikasi Arduino Mega

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Spesifikasi	Keterangan
Chip Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Tegangan input(yang direkomendasikan, via jack DC)	7V-12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V-20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101,5 mm x 53.4 mm
Berat	37

2.5 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 adalah detector warna lengkap, termasuk *chip* sensor TCS3200 RGB (Red, Green, dan Blue) dan 4 LED putih. TCS3200 dapat mendeteksi dan mengukur berbagai hampir tak terbatas terlihat. Aplikasi termasuk

membaca tes *strip*, menyotir berdasarkan warna, sensor cahaya, kalibrasi dan pencocokan warna. Modul sensor ini memiliki fasilitas untuk merekam hingga 25 data warna yang akan disimpan dalam EEPROM. Dapat dilihat berikut ini adalah gambar dari sensor warna TCS3200:



Gambar 2.4 Sensor Warna TCS3200

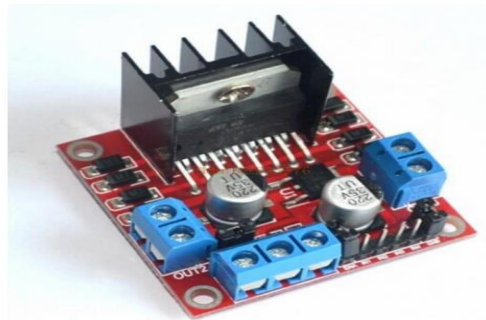
(<http://smart-prototyping.com/GY-31-TCS230-TCS3200-Color-Sensor-Recognition-Module-for-Arduino.html>)

Sensor warna TCS3200 memiliki susunan photodetector, masing-masing dengan baik merah, hijau, atau biru filter, atau ada filter (yang jelas), filter dari setiap warna yang merata di seluruh susunan untuk menghilangkan lokasi antara warna. Internal untuk perangkat osilator yang menghasilkan output gelombang persegi frekuensi yang sebanding dengan intensitas warna yang dipilih. Fitur sensor warna TCS3200 Sebagai berikut:

- a. *Power* : (2.7 ke 5.5 V)
- b. *Interface*: Digital TTL
- c. Resolusi Tinggi Konversi Intensitas Cahaya untuk Frekuensi
- d. Programmable Warna dan *Full*- Skala Keluaran Frekuensi
- e. *Power Down* Fitur
- f. Berkomunikasi langsung ke *Microcontroller*
- g. S0~S1 : *input* pilihan output frekuensi skala
- h. S2~S3 : *input* jenis photodiode pilihan
- i. OUT Pin: frekuensi *output*
- j. OE Pin: frekuensi *output* memungkinkan pin (aktif rendah), dan dapat akan datang ketika menggunakan
- k. Dukungan lampu LED *control* suplemen cahaya
- l. Ukuran : 28.4 x 28.4 mm

Prinsip kerja sensor warna TCS3200, ketika memilih *filter* warna, dapat memungkinkan hanya satu warna tertentu untuk melewati dan mencegah warna lainnya. Misalnya, ketika memilih *filter* warna merah, hanya cahaya insiden merah bisa melalui, biru dan hijau akan dicegah. Jadi kita bisa mendapatkan intensitas cahaya merah. Demikian pula, ketika memilih filter lain kita bisa mendapatkan cahaya biru atau hijau dan jelas, mengurangi amplitude. Keseragaman cahaya insiden sangat, sehingga untuk meningkatkan akurasi dan menyederhanakan optic. Ketika proyek cahaya ke TCS3200 dapat memilih berbagai jenis dioda oleh kombinasi yang berbeda dari S2 dan S3. Dan output frekuensi gelombang persegi yang berbeda (menempati emptiescompared 50%), warna yang berbeda dan intensitas cahaya sesuai dengan frekuensi yang berbeda dari gelombang persegi. Ada hubungan antara output dan intensitas cahaya. Kisaran Frekuensi output khas adalah 2HZ ~500Khz. Sehingga bisa mendapatkan faktor skala yang berbeda dengan kombinasi yang berbeda dari S0 dan S1. Berikut gambar dari karakteristik sensor TCS3200:

2.6 Motor Driver L298N



Gambar 2.5 Motor Driver L298N

(<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>)

Rangkaian motor driver DC dengan IC L298N dapat digunakan untuk mengendalikan motor DC dengan arus maksimum hingga 4A. Dengan IC *driver* motor DC L298N dapat digunakan untuk mengendalikan 2 buah motor DC sekaligus. Kemampuan tiap motor driver DC dalam L298N ini adalah 4A untuk

masing-masing *drivernya*. IC L298N merupakan IC yang Paling populer digunakan sebagai driver motor karena IC L298N adalah tipe IC *H-bridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor DC dan motor stepper. IC L298N adalah driver motor DC *H-Bridge* dengan 2 unit *driver* didalam 1 chip IC. Untuk menggunakan rangkaian motor *driver* DC IC L298N, pin *enable* (EN) untuk motor DC1 dikontrol oleh pin 1A1 dan 1A2 dengan memberikan logika *HIGH* atau *LOW* pada pin tersebut, begitu juga untuk motor DC 2 dengan jalur kontrol adalah pin tersebut, begitu juga untuk motor DC 2 dengan jalur kontrol adalah pin 2A1 dan 2A2. Pada IC ini terdiri dari transistor-transistor logic (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor DC maupun motor Stepper.

2.7 Motor DC

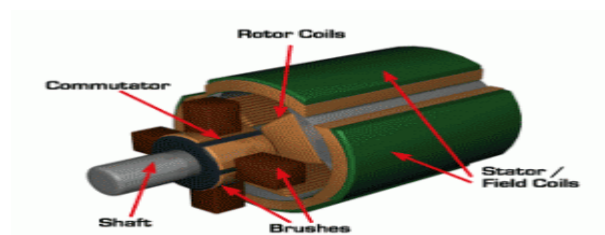
Motor DC adalah jenis motor yang menggunakan tegangan DC (tegangan yang searah) sebagai sumber energy. Dengan memberikan tegangan yang berbeda di kedua terminal, motor akan berputar dalam satu arah, dan apabila polaritas tegangan dibalik maka arah putaran motor akan terbalik juga. Adapun motor DC terdiri dari dari dua bagian utama,yaitu:

1. Stator

Merupakan bagian yang tetap/ stasioner. Stator menghasilkan medan magnet, baik yang dihasilkan dari sebuah kumparan (magnet elektro) atau magnet permanen.

2. Rotor

Rotor yaitu bagian yang berputar. Rotor dalam bentuk coil (kumpuran) di mana terdapat sebuah arus listrik.



Gambar 2.6 Motor DC

(<https://crizkydwi.wordpress.com/2014/11/05/motor-dc-dan-generator-dc/>)

Prinsip kerja dari Motor DC, yaitu penampangan yang mengalirkan arus, berada di antara 2 kutub magnet (N dan S), dimana diantara kedua kutub tersebut terdapat fluks magnet (magnet medan). Pada penumpang A, arus mengalir menuju kedalam fluks magnet pada penumpang akan terlihat menuju penampangan A. Begitu dengan penampang B dimana arus mengalir menuju keluar penampangan B. Arah pada fluks magnet utama (N dan S) dan arah fluks magne pada penampangan (A dan B) mengakibatkan timbulnya bagian kosong (fluks magnet penampang dan utama saling menghilangkan) dan bagian yang diperkuat (fluks magnet penampang dan utama saling menguatkan). Sehingga, timbul gaya dorong (panah putih) dari bagian fluks yang kuat menuju bagian yang kosong. Karena penampangan A dan B berada pada satu sumbu sehingga gaya tersebut menyebabkan sebuah putaran pada poros motor.

2.8 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed loop* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (axis) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo.



Gambar 2.7 Motor Servo (Purnama, Agus., 2012)

Keunggulan dari penggunaan motor servo adalah

1. Tidak bergetar saat beroperasi.
2. Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
3. Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
4. Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan mengganti encoder yang dipakai.
5. Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi.

Untuk menjalankan atau mengendalikan sebuah motor servo berbeda dengan motor DC. Karena untuk mengendalikan motor servo perlu diberikan tegangan dan sinyal kontrol. Besarnya sumber tegangan tergantung dari spesifikasi motor servo yang digunakan. Sedangkan untuk mengendalikan putaran motor servo dilakukan dengan mengirimkan pulsa kontrol dengan frekuensi 50 Hz dengan periode 20 ms dan duty cycle yang berbeda. Dimana untuk menggerakkan motor servo sebesar 90° diperlukan pulsa dengan ton duty cycle pulsa positif 1,5 ms dan untuk menggerakkan sebesar 180° diperlukan lebar pulsa 2ms.

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, *variabel resistor* (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan modulasi lebar pulsa yang diberikan pada pin kontrol motor servo.



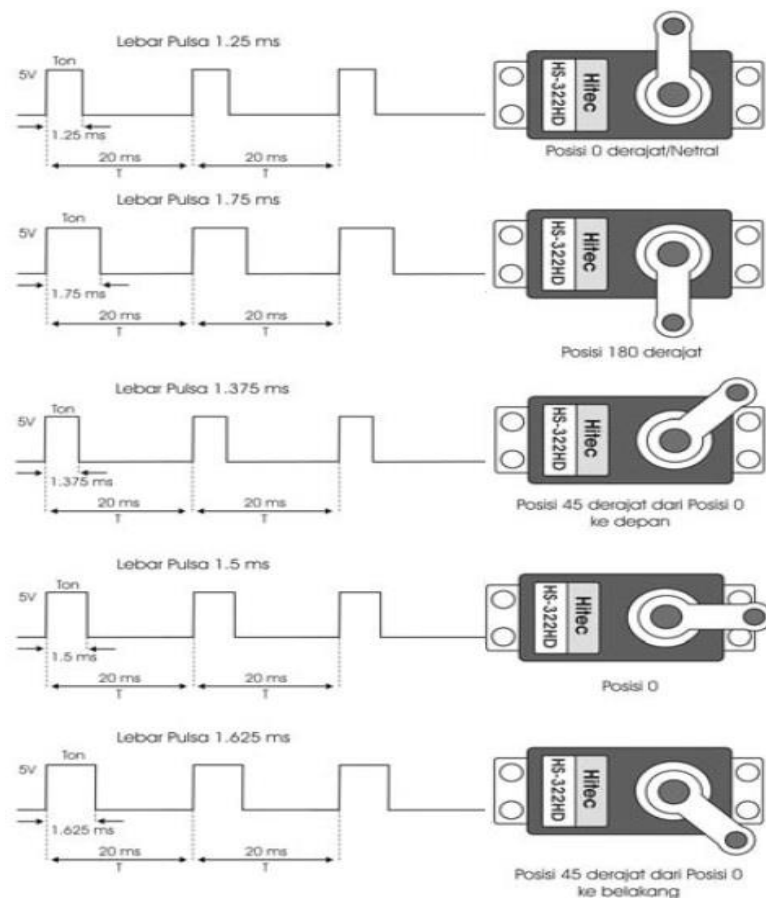
Gambar 2.8 Konstruksi Motor Servo (Purnama, Agus., 2012)

Motor servo merupakan motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

Motor servo yang digunakan pada robot pemetik buah ini merupakan motor servo standar 180° . Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180° .

2.8.1 Pengoperasian Motor Servo

Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan 90° , maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180° .



Gambar 2.9 Pengontrolan Pulsa Motor Servo (Purnama, Agus., 2012)

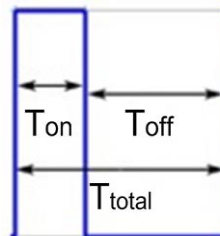
Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi T_{on} *duty cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0° / netral).

Pada saat T_{on} *duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock wise*, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya T_{on} *duty*

cycle, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika T_{on} *duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise, CW*) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya T_{on} *duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.

2.8.2 Pulse Width Modulation

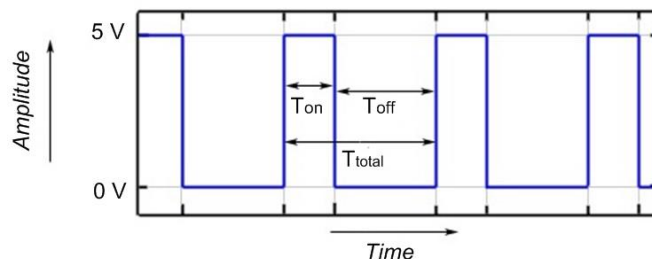
Pengaturan modulasi lebar pulsa atau PWM merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam sistem kendali (*control system*) saat ini. Pengaturan lebar modulasi dipergunakan di berbagai bidang yang sangat luas, salah satu diantaranya adalah: *speed control* (kendali kecepatan), *power control* (kendali sistem tenaga), *measurement and communication* (pengukuran atau instrumentasi dan telekomunikasi).



Gambar 2.10 Pulsa T_{on} dan T_{off} (Nurhadi, Eko., 2011)

2.8.3 Prinsip Dasar PWM

Modulasi lebar pulsa (PWM) dicapai/diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.11 Gelombang Kotak Pulsa PWM (Nurhadi, Eko., 2011)

T_{on} adalah waktu saat tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (baca: *high* atau 1) dan, T_{off} adalah waktu saat tegangan keluaran berada pada posisi rendah (baca: *low* atau 0). Anggap T_{total} adalah waktu satu siklus atau

penjumlahan antara T_{on} dengan T_{off} , biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \dots\dots\dots(2.1)$$

Siklus kerja atau *duty cycle* sebuah gelombang di definisikan sebagai,

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$V_{out} = D \times V_{in} \dots\dots\dots(3.3)$$

Sehingga

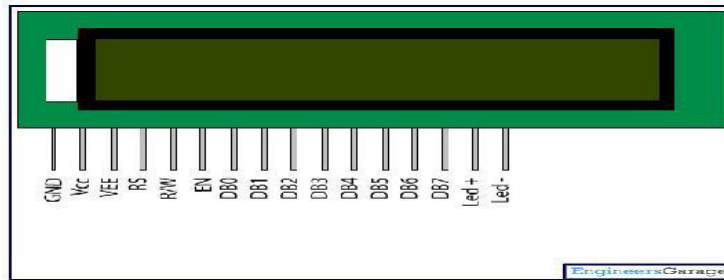
$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots\dots\dots(4.4)$$

Dari rumus diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan keluaran dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai T_{on} . Apabila T_{on} adalah 0, V_{out} juga akan 0. Sedangkan apabila T_{on} adalah T_{total} maka V_{out} adalah V_{in} atau bisa dikatakan nilai maksimumnya.

2.9 Liquid Crystal Display(LCD)

Liquid Crystal Display atau LCD adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap Front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back lit. LCD(*liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

Material LCD(*Liquid Crystal Display*) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven segmen dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Berikut pada gambar 2.11 menunjukkan konfigurasi pin pada LCD.



Gambar 2.12 Bentuk Fisik LCD

(Sumber :D SELVIANA-2016-eprints.polsri.ac.id)

Berdasarkan gambar 2.11 berikut penjelasan dari pin , kaki atau jalur input dan kontrol dalam sautu LCD(*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah:

- Pin GND adalah jalur fungsi power ground (GND) 0 V
- Pin VCC adalah jalur power supply +5V
- Pin data DB0 samapi DB07 adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (Liquid Cristal Display)Dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai intruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 10 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

2.10 UBEC (*Universal Battery Elemination Circuit*)

UBEC merupakan rangkaian untuk mengubah tegangan, tinggi ke rendah atau sebaliknya, memerlukan rangkaian yang tepat, agar daya dapat di-deliver dengan

tingkat efisiensi setinggi mungkin. Namun ada juga SBEC (Swicthing Baterry Ellimination Circuit) diman secara keseluruhan kegunaanya sama dengan UBEC, hanya saja SBEC memiliki kualitas dibawah UBEC untuk menurunkan tegangan menggunakan tegangan dengan menggunakan IC regulator seperti 7805, sangat umum digunakan. Regulator ini memiliki kemampuan menangani arus hingga 1 A, dengan V_{in} minimal sama dengan 7, untuk menghasilkan output 5V. Dengan perhitungan sederhana, bila $V_{in} = 9V$, maka disipasi daya 4 Watt, satu nilai yang cukup besar(panas) atau menggunakan regulator linier tipe LDO, seperti 2940, yang juga memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan V_{in} minimal sama denagn 5.5 V, untuk menghasilkan output 5V. Pilihan lain adalah regulator switching. Untuk kebutuhan mencatu motor servo atau rangkaian lain yang bekerja pada tingkat tegangan 5V-6V, dapat menggunakan UBEC.

UBEC adalah rangkaian elektronik yang mengambil daya dari battery pack atau sumber DC lainnya, dan menurunkan ke level tegangan 5V atau 6V. tegangan input maksimum tergantung pada spesifikasi UBEC.



Gambar 2.13 UBEC

(<http://www.jogjarobotika.com/184-ubec-voltage-regulator>)

2.11 Baterai lipo

Baterai Lithium Polimer atau biasa disebut dengan Lipo merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam dunia Robot Control. Baterai lipo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastic film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Diluar arsitektur baterai lipo, terdapat kekurangan yakni lemahnya aliran

pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada charging dan discharging rate. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini tidak dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu baterai lipo juga memiliki tiga kelebihan utama yang ditawarkan oleh baterai berjenis lipo ketimbang baterai jenis lainnya yaitu

1. Baterai Lipo memiliki bobot yang ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran.
2. Baterai Lipo memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar.
3. Baterai lipo memiliki tingkat discharge rate energy yang tinggi, dimana hal ini sangat berguna sekali dalam bidang RC, apabila kapasitas baterai sudah habis, dapat di charge sehingga kapasitas baterai terisi kembali dan dapat digunakan lagi.



Gambar 2.14 Baterai Lipo
(<http://www.ez-robot.com>)

2.11.1 Tegangan

Baterai lipo memiliki rating 3.7 volt per sel. Keuntungan adalah tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit. Pada setiap paket lipo selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan "S". Disini "S" berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (battery pack). Sementara bilangan yang berada didepan symbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S (meskipun kadang ada yang mencapai 10 S). Berikut adalah beberapa contoh notasi baterai lipo.

- 3.7 volt battery = 1 cell x 3.7 volts

- 7.4 volt battery = 2 cell x 3.7 volts(2S)
- 11.1 volt battery = 3 cell x 3.7 volts(3S)
- 14.8 volt battery = 4 cell x 3.7 volts(4S)
- 18.5 volt battery = 5 cell x 3.7 volts(5S)
- 22.2 volt battery = 6 cell x 3.7 volts(6S)

2.11.2 Kapasitas

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dan diindikasikan dalam miliampere hours (mAh). Notasi ini adalah cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban yang dapat diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar-benar habis.

Sebagai contoh sebuah baterai RC lipo yang memiliki rating 1000mAh akan benar-benar habis apabila diberi beban sebesar 1000 miliampere selama 1 jam. Apabila baterai yang sama diberi beban 500 miliampere, maka baterai akan benar-benar habis setelah selama 2 jam. Begitu pun apabila beban ditingkatkan menjadi 15.000 miliampere (15 Amps) maka energi didalam baterai akan habis terpakai selama 4 menit saja.(15 Amp merupakan jumlah beban yang umum digunakan pada RC kelas 400). Seperti yang telah dijelaskan, dengan beban arus yang begitu besar maka sebuah keuntungan apabila menggunakan baterai dengan kapasitas yang lebih besar (misal 2000mAh). Dengan begitu maka waktu discharger akan meningkat menjadi 8 menit.

2.11.3 Discharge Rate

Discharge rate biasanya disimbolkan dengan “C” merupakan notasi yang menyatakan seberapa cepat sebuah baterai untuk dapat dikosongkan (discharge) secara aman. Sesuai dengan penjelasan diatas bahwa energi listrik pada baterai lipo berasal dari pertukaran ion dari anoda ke katoda. Semakin cepat pertukaran ion yang dapat terjadi maka berarti semakin besar nilai dari “C”

Sebuah baterai dengan discharge rate 10 C berarti baterai tersebut dapat discharger 10 kali dari kapasitas baterai sebenarnya. Begitu juga 15C berarti 15 kali, dan 20 C berarti 20 kali.

2.12 Conveyor

Conveyor merupakan suatu mesin pemindah bahan yang umumnya dipakai dalam industri perakitan maupun industri proses untuk mengangkut bahan produksi setengah jadi maupun hasil produksi dari satu bagian ke bagian yang lainnya. Ada dua jenis material yang dapat dipindahkan, yaitu muatan curah (bulk load) dan muatan satuan (unit load). Contoh muatan curah, misalnya: batubara, biji besi, tanah liat, batu kapur dan sebagainya. Muatan satuan, misalnya: plat baja bentangan, unit mesin, block bangunan kapal, unit barang dan sebagainya. *Conveyor* dapat ditemukan dalam berbagai jenis keadaan di suatu industri. *Conveyor* digunakan untuk memindahkan material atau hasil produksi dalam jumlah besar dari suatu tempat ke tempat lain. *Conveyor* mungkin memiliki panjang beberapa kilometer atau mungkin beberapa meter tergantung jenis aplikasi yang digunakan.

Berdasarkan transmisi daya, mesin pemindah bahan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. *Conveyor* mekanis.
2. *Conveyor* pneumatic.
3. *Conveyor* hidraulik.
4. *Conveyor* gravitasi

Pemilihan jenis mesin pemindah bahan atau conveyor didasarkan kepada sifat bahan yang akan dipindahkan, kapasitas peralatan, arah dan panjang pemindahan, penyimpanan material pada head dan tail ends, langkah proses dan gerakan muatan bahan serta kondisi lokal spesifik. Pemilihan juga didasarkan pada aspek ekonomi seperti biaya tenaga kerja, biaya energy, biaya bahan seperti minyak pelumas, pembersih serta biaya pemeliharaan dan perbaikan.

2.12.1 Belt Conveyor

Belt Conveyor dapat digunakan untuk memindahkan muatan satuan (unit load) maupun muatan curah (bulk load) sepanjang garis lurus atau sudut inklimasi terbatas. *Belt Conveyor* secara intensif digunakan disetiap cabang industri. Dipilihnya *belt conveyor* sebagai sarana transportasi di industri adalah karena tuntutan untuk meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya produksi dan juga

kebutuhan optimasi dalam rangka mempertinggi efisiensi kerja. Keuntungan penggunaan *belt conveyor* adalah:

1. Menurunkan biaya produksi saat memindahkan barang.
2. Memberikan pemindahan yang terus menerus dalam jumlah yang tetap.
3. Membutuhkan sedikit ruang.
4. Menurunkan tingkat kecelakaan saat pekerja memindahkan barang.
5. Menurunkan polusi udara.

Belt Conveyor mempunyai kapasitas yang besar (500 sampai 5000m³/jam atau lebih), kemampuan untuk memindahkan bahan dalam jarak(500 sampai 1000 meter atau lebih), Pemeliharaan dan operasi yang mudah telah menjadikan belt conveyor secara luas digunakan sebagai mesin pemindah barang.

Prinsip kerja *Belt Conveyor* adalah menstransport barang yang ada diatas *belt conveyor* dan setelah mencapai ujung belt conveyor maka barang tersebut akan berhenti karena terkena oleh limit switch dimana limit switch berfungsi sebagai saklar jadi ketika objek terkena limit switch maka saklar terhubung karena posisi (NO) salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan oleh objek dan akan posisi (NC) ketika tombol tidak ditekan. Belt digerakan oleh drive/head pulley dengan menggunakan motor penggerak atau motor listrik. Head pulley menarik belt dengan prinsip adanya gesekan antara permukaan idler roller dengan belt, sehingga kapasitasnya tergantung gaya gesekan tersebut. Belt Conveyor memiliki beberapa jenis berdasarkan perancangan, yaitu sebagai berikut:

1. *Stationary conveyor*.
2. *Portable (Mobile conveyor)*

Berdasarkan lintasan gerak belt conveyor diklasifikasikan sebagai:

1. Horizontal.
2. Inklinasi
3. Kombinasi Horizontal-inklinasi

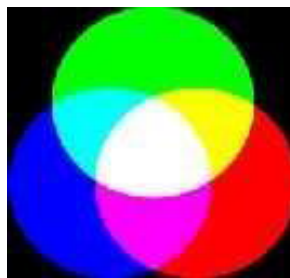
Belt Conveyor merupakan mesin pemindah barang secara mekanis yang memiliki arah lintasan horizontal, miring atau kombinasi dari keduanya yang terdiri dari sabuk yang bertumpu pada beberapa roller, motor listrik serta pull sebagai penggeraknya.

2.13 Sensor Warna

Warna adalah spectrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). Identitas suatu warna ditentukan panjang gelombang cahaya tersebut. Panjang gelombang warna yang masih bisa ditangkap mata manusia berkisar antara 380-780 nanometer.

Warna RGB adalah warna additive yang bertujuan sebagai penginderaan dan presentasi gambar dalam tampilan pada peralatan elektronik. Warna *additive* adalah warna yang berasal dari cahaya, dan disebut spectrum. Warna primer atau pokok additive ada tiga, yaitu *red*, *green*, dan *blue*. Warna pokok *additive* dalam komputer disebut model warna RGB. Model warna ini dikhususkan untuk warna tampilan pada monitor, kamera video, dan berbagai peralatan elektronik penampilan gambar.

Model warna RGB didasarkan pada teori bahwa mata manusia peka terhadap panjang gelombang 630 nm untuk *red*, 530 nm untuk *green*, dan 450 nm untuk *blue*. RGB merupakan warna dasar yang difungsikan untuk berbagai intensitas cahaya, dengan mengatur intensitas cahaya ke tiga warna primer tersebut maka dapat dihasilkan warna-warna yang berlainan. Paduan dari warna primer dengan intensitas yang sama akan menghasilkan empat warna baru.



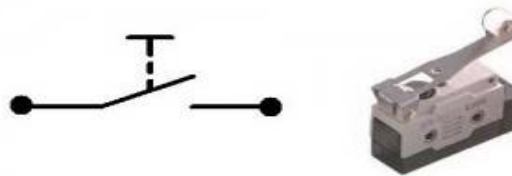
Gambar 2.15 Campuran Warna Additif

(Sumber : D SELVIANA-2016 –eprints.polsri.id)

2.14 Limit Switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja Limit switch sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas

penekanan tertentu yang telah di tentukan dan akan memutuskan saat katup tidak ditekan. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak.



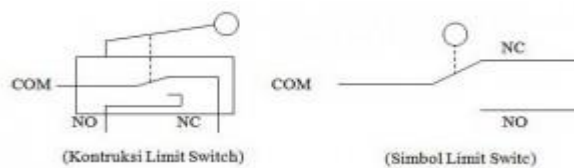
Gambar 2.16 Simbol dan Bentuk *limit Switch*

(sumber :<http://elektronika-dasar.web.id/komponen/limit-switch-dan-saklar-push-on>)

Limit switch umumnya digunakan untuk :

- Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek.
- Menghidupkan daya yang besar, dengan sarana yang kecil.
- Sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek.

Prinsip kerja limit switch diaktifkan dengan penekanan pada tombolnya pada batas/daerah yang telah ditentukan sebetulnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian tersebut. Limit switch memiliki 2 kontak yaitu NO (Normally Open) dan kontak NC (Normally Close) dimana salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan. Konstruksi dan symbol limit switch dapat dilihat seperti gambar berikut.



Gambar 2.17 Kontruksi dan Simbol *limit Switch*

(sumber :<http://elektronika-dasar.web.id/komponen/limit-switch-dan-saklar-push-on/>)