

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor

Sensor dan transduser merupakan peralatan atau komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah sistem pengaturan otomatis. Ketepatan dan kesesuaian dalam memilih sebuah sensor akan sangat menentukan kinerja dari sistem pengaturan secara otomatis. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah besaran fisis tertentu menjadi besaran listrik *equivalent* yang siap untuk dikondisikan ke elemen berikutnya. Sensor dapat dianalogikan sebagai sepasang mata manusia yang bertugas membaca atau mendeteksi data/ informasi yang ada di sekitar. *D Sharon, dkk (1982)*, mengatakan 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. Contohnya antara lain yaitu, kamera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya.

Dalam kegunaannya sebuah sensor harus memenuhi beberapa persyaratan. Berikut persyaratan umum sebuah sensor adalah:

a) Linieritas

Linieritas adalah masukan (*input*) dan keluaran (*output*) harus berbanding lurus.

b) Sensitivitas

Sensitivitas adalah sesuatu hal yang akan menunjukkan sensor kita itu peka atau tidaknya. linieritas sebuah sensor biasanya akan mempengaruhi sensitivitas sensor tersebut.

c) Tanggapan waktu

Tanggapan waktu pada sebuah sensor menunjukkan seberapa cepat sensor kita cepat tanggap terhadap perubahan masukan (*input*).

2.1.1 Jenis-jenis Sensor

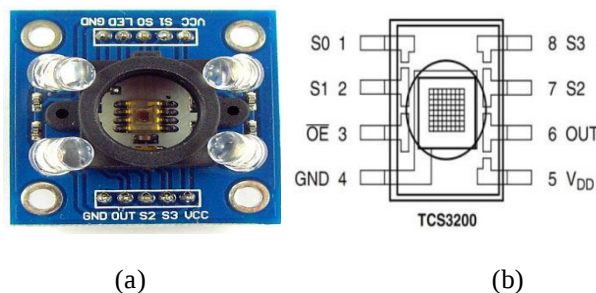
Secara umum terdapat dua jenis sensor yang berada di pasaran yaitu Sensor aktif dan pasif:

- a. Sensor pasif merupakan sensor yang mendeteksi respon radiasi elektromagnetik dari obyek yang dipancarkan dari sumber alami.
- b. Sensor aktif merupakan sensor yang mendeteksi pantulan atau emisi radiasi elektromagnetik dari sumber energi buatan yang biasanya dirancang dalam rangkaian yang memakai sensor.

2.1.1.1 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 adalah sensor terprogram yang terdiri dari 64 buah photodiode sebagai pendeteksi intensitas cahaya pada warna obyek serta filter frekuensi sebagai transduser yang berfungsi untuk mengubah arus menjadi frekuensi. Selain itu sensor tersebut memiliki lensa fokus yang berguna untuk mempertajam pendeteksian photodiode terhadap intensitas cahaya dengan jarak pembacaan 2 mm dari lensa IC.

Sensor warna TCS3200 dapat membaca 4 mode warna yaitu, merah, hijau, biru dan *clear* melalui 64 buah photodiode yang terbagi menjadi 4 bagian yaitu 16 photodiode untuk warna merah, 16 photodiode untuk warna hijau, 16 photodiode untuk warna biru dan 16 photodiode lainnya untuk pembacaan warna *clear*. Gambar 2.1 menunjukkan bentuk fisik dari sensor TCS3200 dan skema pin tersebut.



Gambar 2.1 (a) Bentuk Fisik Sensor warna TCS3200 (b) Skema Pin Sensor Warna TCS3200

(https://ams.com/ger/content/download/250259/976005/file/TCS3200_Datasheet_EN_v1.pdf)

Tabel 2.1 Fungsi pin sensor TCS3200

Nama	No	I/O	Fungsi Pin
GND	4	-	Sebagai <i>Ground</i> pada <i>power supply</i>
OE	3	I	<i>Output enable</i> , sebagai input untuk frekuensi <i>output</i> skala rendah
OUT	6	O	Sebagai <i>output</i> frekuensi
S0,S1	1,2	I	Sebagai sakelar pemilih pada frekuensi <i>output</i> skala tinggi
S2, S3	7,8	I	Sebagai sakelar pemilih diantara 4 kelompok <i>diode</i>
Vdd	5	-	<i>Supply tegangan</i>

Dalam aplikasinya sensor TCS3200 dapat digunakan pada robot *line follower*, pengelompokkan objek berdasarkan nilai warna, pembacaan kalibrasi nilai cahaya serta dapat juga digunakan pada proses pencocokan warna. (Permadi, 2012:15-16).

2.1.1.1.1 Karakteristik Sensor TCS3200

IC TCS3200 dapat dioperasikan dengan *supply* tegangan pada Vdd berkisar antara 2,7 Volt sampai 5,5 Volt, dalam pengoperasiannya sensor tersebut dapat dilakukan dengan dua cara:

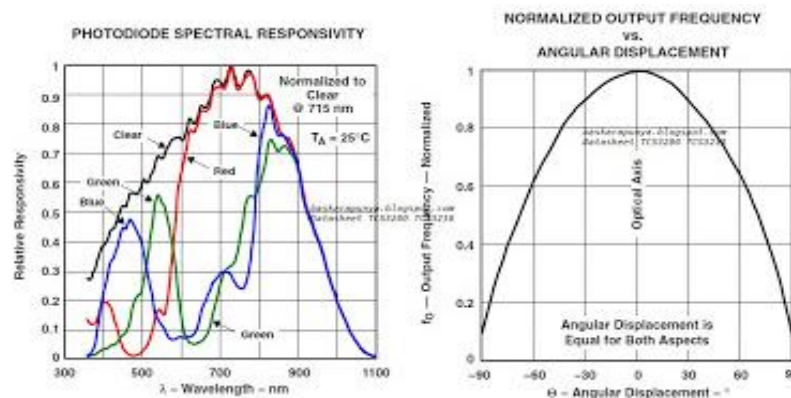
- Mode supply* tegangan maksimum, yaitu dengan menyuplai tegangan berkisar antara 2,7 volt sampai 5,5 volt pada sensor TCS3200
- Mode supply* tegangan minimum, yaitu dengan menyuplai tegangan sebesar 0 sampai 0,8 volt.

Adapun fitur sensor TCS3200 antara lain :

- Konversi tinggi resolusi intensitas cahaya ke frekuensi
- Warna diprogram dan *full* skala frekuensi keluaran
- Berkomunikasi langsung dengan mikrokontroler
- Pasokan tunggal operasi (2,7 V sampai 5,5 V)

5. Mempunyai *power down* fitur
6. Kesalahan nonlinier biasanya 0,2% pada 50 kHz
7. Stabil 200 ppm / ° C koefisien suhu
8. Bebas timbal (Pb).

Sensor TCS3200 terdiri dari 4 kelompok photodiode, masing-masing kelompok memiliki sensitivitas yang berbeda satu dengan yang lainnya pada respon photodiode terhadap panjang gelombang cahaya yang dibaca. Photodiode yang mendeteksi warna merah dan *clear* memiliki nilai sensitivitas yang tinggi ketika mendeteksi intensitas cahaya dengan panjang gelombang 715 nm, sedangkan pada panjang gelombang 1100 nm photodiode tersebut memiliki nilai sensitivitas yang paling rendah, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS3200 tidak bersifat linearitas dan memiliki sensitivitas berubah terhadap panjang gelombang cahaya yang diukur. Gambar 2.2 Karakteristik sensitivitas dan linearitas photodiode terhadap panjang gelombang cahaya.



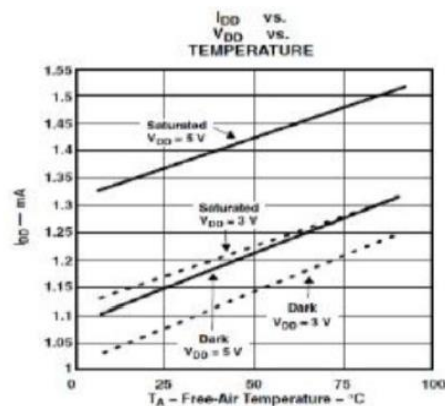
Gambar 2.2. Karakteristik Sensitivitas dan Linearitas Photodiode terhadap Panjang Gelombang Cahaya

(Sumber :

https://ams.com/ger/content/download/250259/976005/file/TCS3200_Datasheet_EN_v1.pdf)

Semakin besar arus *input* yang diperoleh dari photodiode pada tegangan referensi tertentu, maka semakin tinggi suhu yang dihasilkan oleh

sensor, dimana besar atau kecilnya arus input tersebut dipengaruhi oleh keadaan gelap atau terangnya intensitas cahaya yang dipantulkan objek. Hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS3200 memiliki karakteristik suhu yang linear terhadap masukan. Gambar 2.13 merupakan karakteristik perbandingan antara arus dan tegangan terhadap suhu temperatur sensor TCS3200. (Permadi, 2012:16-17).



Gambar 2.3. Karakteristik Perbandingan antara Arus dan Tegangan terhadap Suhu Temperatur Sensor TCS3200. (Sumber : https://ams.com/ger/content/download/250259/976005/file/TCS3200_Datasheet_EN_v1.pdf)

2.1.1.2 Prinsip Kerja Sensor TCS3200

Sensor TCS3200 bekerja dengan cara membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh led *super bright* terhadap objek, pembacaan nilai intensitas cahaya tersebut dilakukan melalui matrik 8x8 photodiode, dimana 64 photodiode tersebut dibagi menjadi 4 kelompok pembaca warna, setiap warna yang disinari led akan memantulkan sinar led tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda tergantung pada warna objek yang dideteksi, hal ini yang membuat sensor TCS3200 dapat membaca beberapa macam warna.

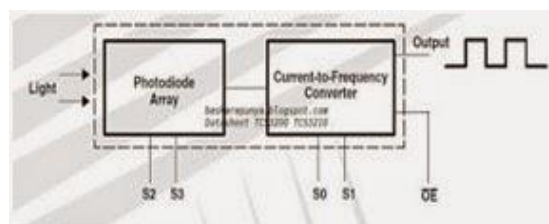
Panjang gelombang dan sinar led yang dipantulkan objek berwarna berfungsi mengaktifkan salah satu kelompok photodiode pada sensor warna tersebut, sehingga ketika kelompok photodiode yang digunakan telah aktif,

saklar S2 dan S3 akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk menginformasikan warna yang dideteksi.

Tabel 2.2 Mode Pemilihan Photodiode Pembaca Warna

S2	S3	Photodiode
0	0	Merah
0	1	Biru
1	0	<i>Clear (no filter)</i>
1	1	Hijau

Saklar terprogram ini akan memilih dengan sendirinya jika salah satu kelompok photodiode membaca intensitas cahaya terhadap objek yang disensor. Selanjutnya mikrokontroler akan mulai menginisialisasi sensor TCS3200, nilai yang dibaca oleh sensor selanjutnya diubah menjadi frekuensi melalui bagian pengubah arus ke frekuensi, dimana pada bagian ini terdapat osilator yang dibangkitkan oleh saklar S0 dan S1 sebagai mode tegangan maksimum dan *output enable* sebagai pembangkit osilator pada mode tegangan minimum atau *power down*. Gambar 2.4 merupakan blok diagram fungsional TCS3200. (Permadi, 2012:18-19).



Gambar 2.4. Blok Diagram Fungsional Sensor TCS3200

(Sumber :

https://ams.com/ger/content/download/250259/976005/file/TCS3200_Datasheet_EN_v1.pdf)

Tabel 2.3 *Setting* Skala Frekuensi Sensor TCS3200

S0	S1	Output Frekuensi
0	0	<i>Power Down</i>
0	1	2%
1	0	20%
1	1	100%

2.2 Motor DC

Motor adalah suatu mesin listrik yang menghasilkan gerak mekanis dengan prinsip elektromagnetis. Motor ditinjau dari catu-nya dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor arus searah (Motor DC) dan motor arus bolak-balik (Motor AC). Motor DC tersusun dari dua bagian yaitu bagian diam (stator) dan bagian bergerak (rotor). Stator motor arus searah adalah badan motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan yang termasuk rotor adalah jangkar lilitanya. Pada motor, kawat penghantar listrik yang bergerak tersebut pada dasarnya merupakan lilitan yang berbentuk persegi panjang yang disebut kumparan.

Prinsip Kerja Motor DC Prinsip Kerja Motor DC, prinsip dasar motor dc, sistem kerja motor dc, bagian motor dc, kumparan motor dc, arah putar motor dc, rotor, stator, inti motor dc, magnet motor dc kumparan ABCD terletak dalam medan magnet serba sama dengan kedudukan sisi aktif AD dan CB yang terletak tepat lurus arah fluks magnet. Sedangkan sisi AB dan DC ditahan pada bagian tengahnya, sehingga apabila sisi AD dan CB berputar karena adanya gaya Lorentz, maka kumparan ABCD akan berputar. Hasil perkalian gaya dengan jarak pada suatu titik tertentu disebut momen, sisi aktif AD dan CB akan berputar pada porosnya karena pengaruh momen putar (T). Setiap sisi kumparan aktif AD dan CB pada gambar di atas akan mengalami momen putar sebesar : $T = F \cdot r$ Dimana : T = momen putar (Nm) F = gaya tolak (newton) r = jarak sisi kumparan pada

sumbu putar (meter) Pada daerah dibawah kutub-kutub magnet besarnya momen putar tetap karena besarnya gaya lorentz. Hal ini berarti bahwa kedudukan garis netral sisi-sisi kumparan akan berhenti berputar. Supaya motor dapat berputar terus dengan baik, maka perlu ditambah jumlah kumparan yang digunakan. Berikut ditampilkan motor dc pada gambar 2.6



Gambar 2.5 Motor DC

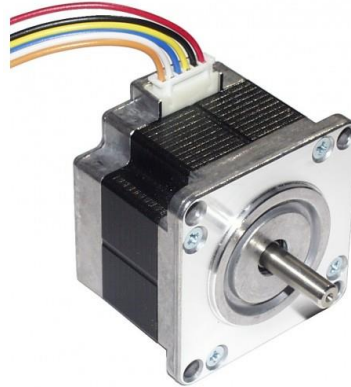
(<http://www.smartautomation.com.cn/Product.asp?BigClassName=Brushless%20DC&SmallClassName=Brushless%20Motors,2017>)

2.3 Motor Stepper

Motor stepper atau disebut dengan motor step adalah salah satu jenis motor dc yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Motor Stepper bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit dimana motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor stepper tersebut. Motor Stepper ini menyerupai motor servo yang bisa dikendalikan rotornya, tetapi menggunakan pendekatan yang berbeda.

Motor stepper khusus berputar dalam suatu derajat yang tetap yang disebut step (langkah). Satu step antara 0,9 sampai 90°. Motor stepper terdiri dari rotor dan stator. Rotor adalah permanen magnet sedangkan stator adalah elektromagnet. Rotor akan bergerak jika stator diberi aliran listrik. Aliran listrik ini membangkitkan medan magnet dan membuat rotor menyesuaikan dengan kutub magnet yang dimilikinya. Motor stepper digunakan khusus

menentukan posisi batang motor tanpa harus mempergunakan sensor posisi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah step yang harus diberikan dari posisi acuan. Ukuran dari step ditentukan oleh jumlah rotor dan kutub stator. Tidak ada kesalahan kumulatif yaitu kesalahan sudut tidak terus bertambah dengan meningkatnya step.



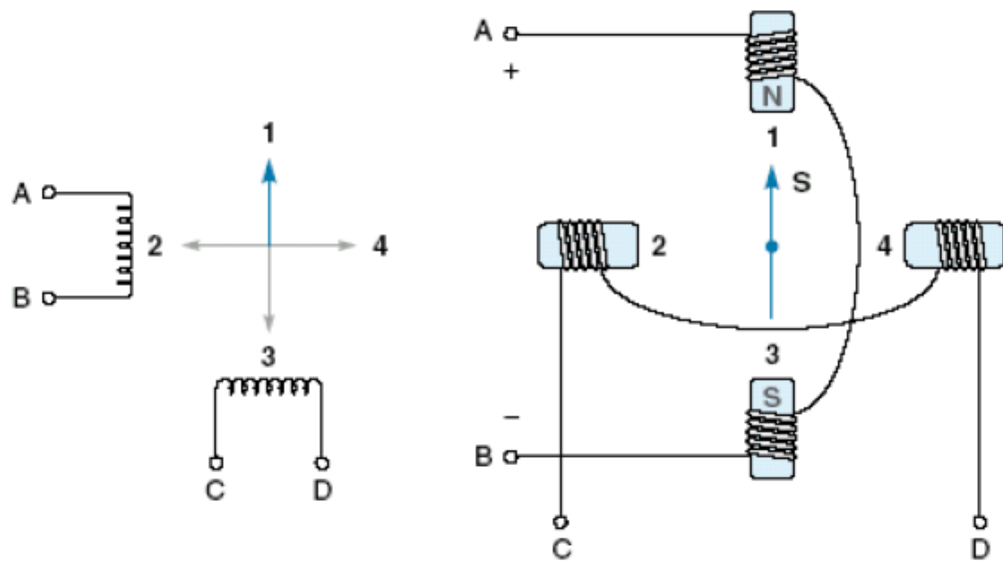
Gambar 2.6 Motor Stepper

(<http://www.robosoftsystems.co.in/roboshop/index.php/motor-accessories/imported-motors/minebea-14pm-m201-unipolar-stepper-motor.html>,2017)

Motor stepper bekerja secara *lup terbuka*, yaitu pengatur mengirimkan sejumlah step ke motor untuk menggerakkan rotor ke posisi yang diinginkan. Sebagai contoh motor stepper pada *floppy disk drive*. Motor stepper memiliki kecepatan yang rendah dan sering digunakan tanpa reduksi gigi gerigi (*gear reduction*). Suatu jenis motor stepper dengan 500 pulsa/detik akan berputar 150 rpm. Tetapi motor stepper dapat dibuat berputar 1 rpm atau kurang dengan akurasi yang tinggi.

2.3.1 Prinsip Kerja Motor Stepper

Prinsip kerja motor stepper adalah mengubah pulsa-pulsa *input* menjadi gerakan mekanis diskrit. Oleh karena itu untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Berikut ini adalah ilustrasi struktur motor stepper sederhana yang menggerakkannya :



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Motor *Stepper Bipolar*

(<http://zoniaelektro.net/motor-stepper/>,2017)

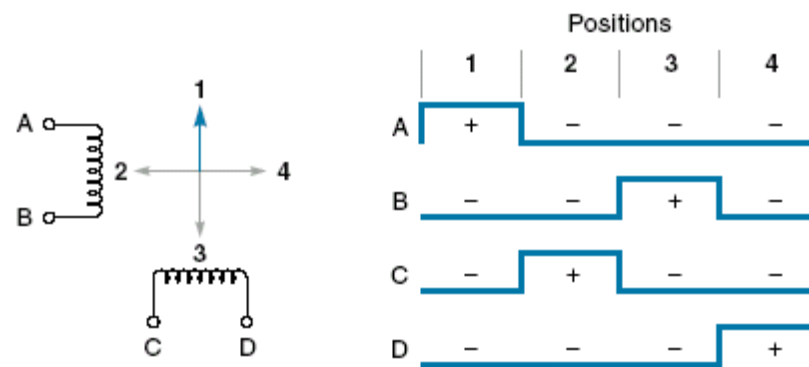
Gambar diatas memberikan ilustrasi dari pengendali motor stepper dan penerapan pada motor stepper untuk menghasilkan arah putaran yang bersesuaian dengan pulsa kendali. Disebut bipolar karena arus yang mengalir pada lilitan bisa sewaktu-waktu berubah polaritas. Lilitan AB jadi satu pada saat A positif dan B negatif maka rotor akan ada pada posisi 1. Jika diinginkan motor berputar berlawanan arah jarum jam maka setelah AB diberi energi, aliran AB dihentikan dan lilitan CD diberi energi dengan polaritas C positif dan D negatif sehingga rotor ada pada posisi 2 untuk memutar ke posisi 3 maka lilitan CD alirannya diberhentikan dan lilitan AB diberi energi lagi tapi sekarang dengan polaritas yang berlawanan. Untuk berputar berlawanan arah jarum jam maka susunan eksitasi *single mode* adalah sebagai berikut:

Circuit	Position
A+ B-	1
C+ D-	2
A- B+	3
C- D+	4

Gambar 2.8 Susunan Eksitasi Single Mode

(<http://zoniaelektro.net/motor-stepper/>,2017)

Untuk menggerakkan *two phase (bipolar)* stepper motor berlawanan arah jarum jam atau CCW(*counterclockwise*) digunakan timing diagram pada gambar . Jika untuk posisi rotor di 1 maka kutub A diberi polaritas positif dan kutub B negatif mengalir arus sedangkan kutub C dan D diberi polaritas negatif atau rangkaiannya menjadi *off*.



Gambar 2.9 Posisi rotor dan timing diagram two phase stepper motor

(<http://zoniaelektro.net/motor-stepper/>,2017)

2.3.2 Kelebihan Motor Stepper

Kelebihan motor *stepper* dibandingkan dengan motor DC biasa adalah (Zona Elektro, 2013) :

- Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
- Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
- Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
- Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
- Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
- Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
- Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

2.4 Motor Servo



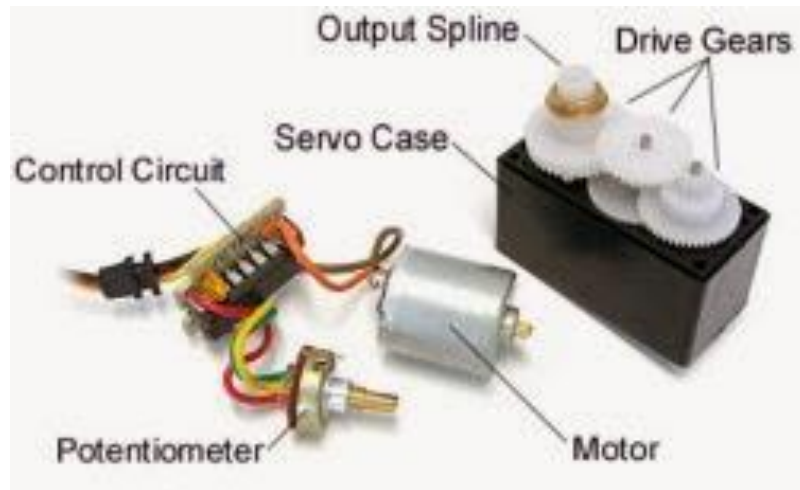
Gambar 2.10 Motor Servo

(<http://zoniaelektro.net/motor-stepper/>,2017)

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (servo), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian *gear* yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya seperti ini, posisi poros *output* akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan. Untuk lebih jelasnya mengenai sistem kontrol *loop* tertutup, perhatikan contoh sederhana beberapa aplikasi lain dari sistem kontrol *loop* tertutup, seperti penyetelan suhu pada AC, kulkas, setrika dan lain sebagainya.

Motor servo biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.



Gambar 2.11 Isi dari motor servo

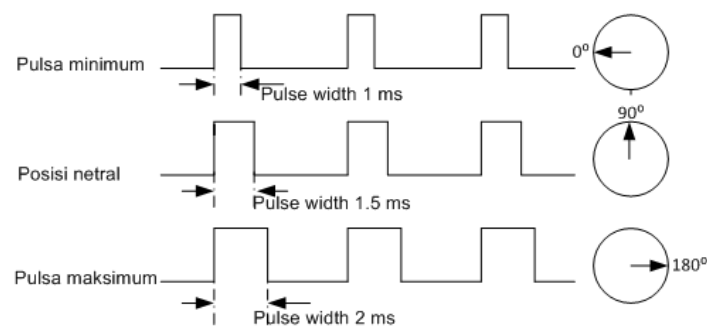
(<http://zoniaelektro.net/motor-stepper/>, 2017)

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis motor servo yang terdapat di pasaran, yaitu motor servo *rotation* 180° dan servo *rotation continuous*.

- Motor servo *standard* (servo *rotation* 180°) adalah jenis yang paling umum dari motor servo, dimana putaran poros outputnya terbatas hanya 90° kearah kanan dan 90° kearah kiri. Dengan kata lain total putarannya hanya setengah lingkaran atau 180° .
- Motor servo *rotation continuous* merupakan jenis motor servo yang sebenarnya sama dengan jenis servo *standard*, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan atau dengan kata lain dapat berputar terus, baik ke arah kanan maupun kiri.

2.4.1 Prinsip kerja motor servo

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation* / PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 2.12 Pulsa kendali motor servo

(<http://zonaelektro.net/motor-stepper/>, 2017)

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

2.5 Arduino UNO

Arduino adalah jenis suatu papan (*board*) yang berisi mikrokontroler. Dengan perkataan lain, Arduino dapat disebut sebagai sebuah papan

mikrokontroler (Abdul Kadir, 2015). Salah satu papan Arduino yang terkenal adalah Arduino UNO (gambar 2.13)

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol *reset*. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

Arduino Uno berbeda dari semua board Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode. Revisi 3 dari board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin RESET, IOREF yang memungkinkan shield-shield untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan board yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya
- Sirkuit *reset* yang lebih kuat
- Atmega 16U2 menggantikan 8U2

2.5.1 *Input dan Output (I/O)*

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat

memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX): digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (Transistor-Transistor Logic). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip Serial Atmega8U2 USB-ke-TTL.
- External Interrupts: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah interrupt (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi `attachInterrupt()` untuk lebih jelasnya.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8-bit *PWM output* dengan fungsi `analogWrite()`.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- LED: 13. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH LED menyala, ketika pin bernilai LOW LED mati.

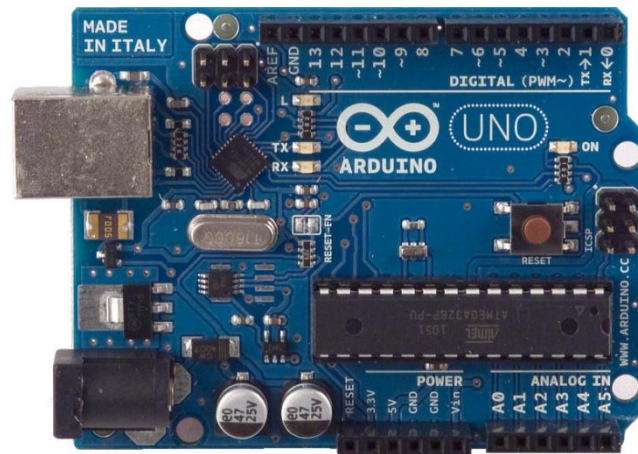
Arduino UNO mempunyai 6 input analog, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara default, 6 input analog tersebut mengukur dari *ground* sampai tegangan 5 Volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangenya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`. Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial:

- TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL. Mensupport komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire library*

Ada sepasang pin lainnya pada board:

- AREF. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan `analogReference()`.

- Reset. Membawa saluran ini LOW untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang memblock sesuatu pada board.



Gambar 2.13 Arduino UNO

(Sumber: <https://www.pololu.com/product/1699#lightbox-picture0J3810>)

2.6 *Liquid Crystal Display*

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik (dikutip dari: <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>,2017).

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang

dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2.14 Bentuk LCD (*Liquid Cristal Display*)

(sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>, 2017)

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). *Microntroller* pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan *microcontroler internal* LCD adalah :

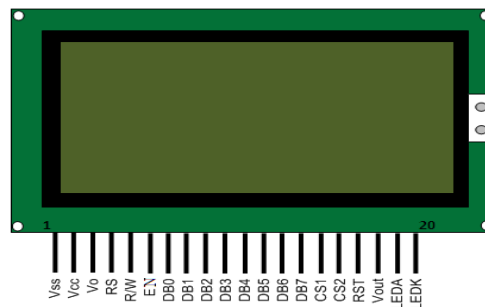
- a. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya, yaitu:.

- a. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat.

2.6.1 Konfigurasi Pin LCD 16x4

Karena LCD sudah dilengkapi perangkat kontrol sendiri yang menyatu dengan LCD, maka dengan mengikuti aturan standar yang telah disimpan dalam pengontrolan tersebut.



Gambar 2.15 Konfigurasi Pin LCD 16x4

(sumber : <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/graphics-lcd,2017>)

Tabel 2.4 Konfigurasi Pin LCD 16x4

Nomor PIN	Nama	Fungsi	Keterangan
1	Vss	<i>Power</i>	Dihubungkan ke <i>ground</i>
2	Vdd	<i>Power</i>	Catu daya positif
3	Vee	<i>Contras Adj</i>	(-2) 0 – 5V
4	RS	<i>Command</i>	<i>Register Select</i>
			- RS = <i>High</i> untuk mengirim data
			- RS = <i>Low</i> untuk mengirim instruksi
5	R/W	<i>Command</i>	<i>Read/Write control bus</i>
			- R/W = <i>High</i> untuk membaca data di LCD
6	E	<i>Command</i>	<i>Data Enable</i>
			- E = <i>High</i> supaya untuk membaca data di LCD
7	D0	I atau O	Data LSB

8	D1	I atau O	Data
9	D2	I atau O	Data
10	D3	I atau O	Data
11	D4	I atau O	Data
12	D5	I atau O	Data
13	D6	I atau O	Data
14	D7	I atau O	Data MSB
15	BLA	Power	Catu daya positif untuk layar
16	BLK	Power	Catu daya negatif untuk layar

Fungsi dari pin-pin pada konfigurasi dari LCD yaitu:

1. Pin DATA dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti *microcontroller* dengan lebar data 8 bit.
2. 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.
3. Pin R atau W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
4. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan variabel resistor, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD.

2.6.2 Karakteristik LCD

LCD (*Liquid Cristal Display*) tipe 16x4, artinya LCD terdiri dari 4 baris dan 16 karakter. Modul LCD memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Terdapat 16 x 4 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
- Setiap huruf terdiri dari 5x8 dan 5x10 dot-matrix *cursor*.
- Terdapat 240 macam karakter.
- Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.
- Dibangun dengan osilator lokal.
- Satu sumber tegangan 5 volt.
- Otomatis reset saat tegangan dihidupkan.
- Bekerja pada suhu 0°C sampai 55°C.

2.7 Adaptor Power Supply

Adaptor *Power Supply* adalah sebuah yang digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dan merubah tegangan listrik AC (*Alternating Current*) yang besar menjadi tegangan DC (*Direct Current*) yang kecil. Pada saat ini ada banyak rangkaian adaptor yang canggih. Misalnya : Dari tegangan 220v AC menjadi tegangan 5 VDC, 9 VDC, atau 12 VDC . Adaptor *power supply* dapat dilihat pada gambar 2.18.

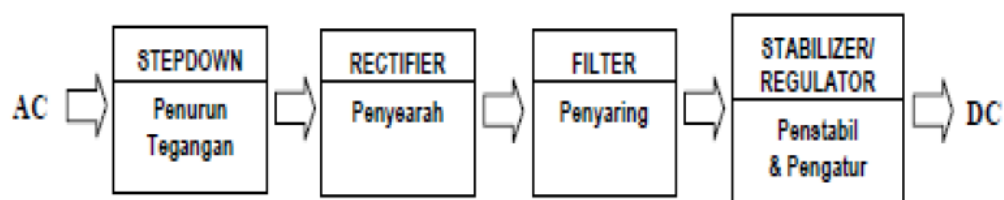


Gambar 2.16 Adaptor

(Sumber : Rizki Anggoro, Cara Membuat Adaptor, 2009, hal : 13)

2.7.1 Prinsip Kerja Adaptor Power Supply

Adaptor *power supply* dibuat untuk menggantikan fungsi baterai agar lebih ekonomis. Adaptor *power supply* ada yang dibuat sendiri, tetapi ada yang dibuat dijadikan satu dengan rangkaian lain. Pada dasarnya semua jenis adaptor ini memiliki prinsip kerja yang sama. Prinsip kerja adaptor dapat dilihat pada diagram blok pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Diagram blok Adaptor *power supply*

(Sumber : Rizki Anggoro, Cara Membuat Adaptor, 2009, hal : 13)

Keterangan :

1. Sumber arus AC

Sumber arus AC adalah sumber arus listrik yang akan kita gunakan. Sumber arus AC ini umumnya didapatkan dari tegangan jaringan PLN. Untuk Indonesia tegangan jaringan listrik PLN memiliki tegangan 220 V AC dengan frekuensi 50 Hz. Untuk mengambil sumber arus ini dapat menggunakan sebuah steker listrik yang dihubungkan dengan kabel ke adaptor. Sebagai pengaman, biasanya dipasang sebuah sekering sebagai alat pembatas arus listrik.

2. *Stepdown* (Penurun Tegangan)

Stepdown umumnya adalah sebuah komponen elektronika yang digunakan untuk menurunkan tegangan listrik AC 220 V ke tegangan listrik AC yang diinginkan. Perlu diperhatikan, trafo tidak mengubah bentuk tegangan AC menjadi tegangan DC tetapi hanya menurunkannya saja. Ukuran kapasitas sebuah trafo dinyatakan dalam satuan ampere, yaitu menunjukkan berapa besar arus listrik yang dapat disediakan oleh trafo tersebut. Ukuran trafo yang terdapat dipasaran adalah mulai dari 500 mA, 1A, 2A, 3A, 5A, 10A, 20A, 30A, 50A, hingga 100A. semakin besar ukuran kapasitas trafo, maka semakin besar pula ukuran fisik dari trafo. Kapasitas sebuah adaptor secara umum ditentukan oleh kapasitas dari trafo yang terdapat di dalamnya. Besar tegangan keluar dari trafo bermacam-macam dari ukuran terkecil 3V, 4.5V, 6 V, 9V, 12V, 15V, 20V, 24V, 30V, 32V, hingga 45 V. Dipasaran dikenal 2 jenis trafo yaitu:

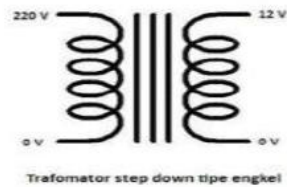
1. Trafo Engkel

Trafo engkel adalah trafo tunggal. Trafo ini hanya memiliki 1 jalur lilitan sekunder saja.

2. Trafo ganda (Trafo CT)

Trafo ganda atau sering disebut trafo CT adalah trafo yang memiliki 2 lilitan sekunder, titik tengah lilitan ini disebut center tap (CT) merupakan titik 0 trafo. Trafo CT dapat juga diubah menjadi trafo engkel.

Trafo jenis CT memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan dengan trafo engkel. Berikut adalah lambang dan contoh trafo CT pada gambar 2.20.



Gambar 2.18 lambang trafo CT dan contohnya

(Sumber : www.google.com/search/contoh-trafao+ct+trafo+engsel=

3. Rectifier (Penyearah)

Bagian ini merupakan bagian penyearah arus dari arus AC (bolak-balik) menjadi arus DC (searah). Bagian ini terdiri dari sebuah dioda silikon, germanium, selenium atau *Cuprox*. Rectifier terdiri dari rangkaian beberapa buah dioda. Ada 2 jenis penyearah yaitu penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Penyearah setengah gelombang jarang digunakan pada adaptor, biasanya bentuk penyearah ini digunakan untuk keperluan khusus. Untuk adaptor biasanya digunakan bentuk penyearah gelombang penuh. Untuk trafo engkel diperlukan 4 buah dioda yang dipasang dalam bentuk jembatan untuk mendapatkan bentuk gelombang penuh, sedangkan untuk trafo CT hanya dibutuhkan 2 buah dioda untuk membentuk penyearah gelombang penuh.

4. Filter (Penyaring)

Bagian ini berfungsi untuk menyaring arus DC yang masih berdenyut sehingga menjadi rata. Komponen yang digunakan yaitu gabungan dari kapasitor elektrolit dengan resistor atau induktor. Filter dalam sebuah adaptor berguna untuk meratakan bentuk gelombang DC yang dihasilkan oleh penyearah. Umumnya digunakan sebuah kapasitor dengan ukuran kapasitas yang cukup besar untuk membentuk filter. Jenis kapasitor yang digunakan adalah kapasitor polar dengan ukuran 1000 mikro Farrad hingga 47.000

mikro Farrad, tergantung keperluannya. Namun untuk adaptor biasanya dengan ukuran 2200 *mikroFarrad* sudah menghasilkan arus DC yang cukup baik.

5. *Stabilizer* (Penstabil)

Bagian ini berfungsi menstabilkan tegangan DC agar tidak terpengaruh oleh tegangan beban. Komponen ini berupa Dioda Zener atau IC yang didalamnya berisi rangkaian penstabil.

2.8 Saklar

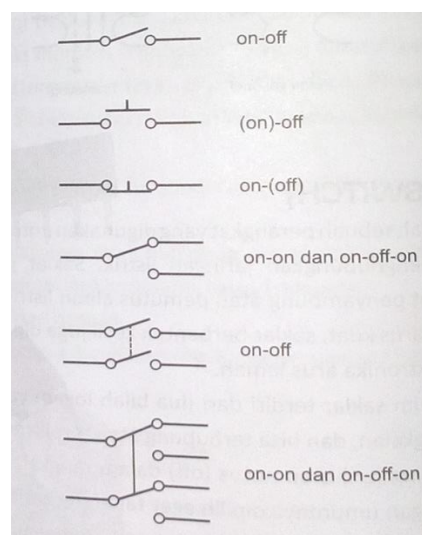
Saklar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan jaringan listrik. Saklar pada dasarnya merupakan alat penyambung atau pemutus aliran listrik. Selain untuk jaringan listrik arus kuat, saklar berbentuk kecil juga dipakai untuk alat komponen arus lemah. (Prihono dkk, 2010 : 27)

Saklar pada umumnya terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (*on*) atau putus (*off*) dalam rangkaian itu. Material kontak sambungan umumnya dipilih agar tahan terhadap korosi. Pada dasarnya tombol bisa diaplikasikan untuk sensor mekanik, karena bisa dijadikan sebagai pedoman mikrokontroler untuk pengaturan alat dalam pengontrolan.



Gambar 2.19 Macam-Macam Saklar

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-saklar-listrik-cara-kerjanya/>)



Gambar 2.20 Macam-Macam Simbol Saklar

(Sumber : Jago Elektronika Secara Otodidak, 2010 : 28)

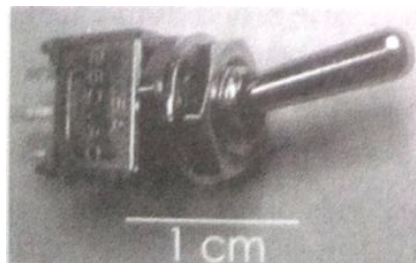
2.8.1 Saklar *Toggle*

Saklar *toggle* adalah bentuk saklar yang paling sederhana, dioperasikan oleh sebuah ruas *toggle* yang dapat ditekan keatas atau kebawah. Menurut konversinya, posisi ke bawah mengindikasikan keadaan ‘hidup’, atau menutup atau ‘disambungkan’. (Bishop, 2004: 52)

Saklar-saklar toggle yang lebih besar memiliki dua buah tag terminal, yang mengindikasikan bahwa saklar-saklar ini memiliki kontak-kontak jenis

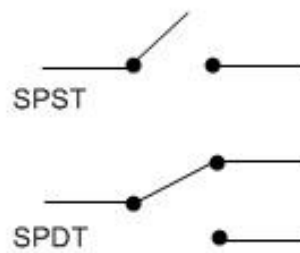
single-pole, single-throw (satu-kutub, satu arah-SPST) Simbol untuk saklar-saklar ini memperlihatkan bagaimana cara kerjanya. Saklar hanya menyambungkan sebuah rangkaian listrik tunggal dan berada dalam keadaan menutup atau membuka.

Saklar-saklar *toggle* yang berukuran lebih kecil memiliki kontak-kontak jenis *single-pole, double-throw* (satu-kutub, dua arah-SPDT). Tag terminal yang berada di tengah adalah jalur arus bersama dan dapat membentuk sambungan (kontak) dengan salah satu dari kedua tag lainnya. Kontak-kontak semacam ini disebut sebagai kontak-kontak ganti (*changeover contacts*).



Gambar 2.21 Saklar Toggle

(Sumber : Dasar-dasar Elektronika, 2004 : 52)



Gambar 2.22 Simbol Saklar Toggle SPST dan SPDT

(Sumber : Dasar-dasar Elektronika, 2004 : 52)

2.8.2 Saklar Tekan

Saklar tekan dioperasikan dengan cara menekan sebuah tombol. Terdapat dua jenis saklar semacam ini. kebanyakan diantaranya termasuk ke dalam jenis push-to-make (tekan-untuk-menyambungkan) (atau PMT). Dengan menekan tombol, kontak-kontak akan tertekan hingga saling

bersentuhan dan saklar menutup. Jenis lainnya adalah push-to-break (tekan-untuk-memutuskan) (atau PTM). Kontak-kontaknya adalah kontak-kontak normal-tertutup, namun akan dipaksa membuka ketika tombol ditekan. (Bishop, 2004: 54)



Gambar 2.23 Saklar Tekan

(Sumber : Dasar-dasar Elektronika, 2004 : 54)