BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Motor AC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakan kompresor, mengangkat bahan, dan lain-lain. Motor listrik digunakan juga di rumah dan di industri.

Motor listrik arus bolak-balik AC (*Alternating Current*) adalah jenis motor listrik yang beroperasi dengan arus listrik bolak-balik. Motor listrik arus bolak-balik AC dapat dibedakan berdasarkan sumber dayanya sebagai berikut :

1. Motor Sinkron

   Motor sinkron adalah motor AC bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk membangkitkan daya dan memiliki torsi awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk pengguna awal dengan beban rendah. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki factor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik.

2. Motor Induksi

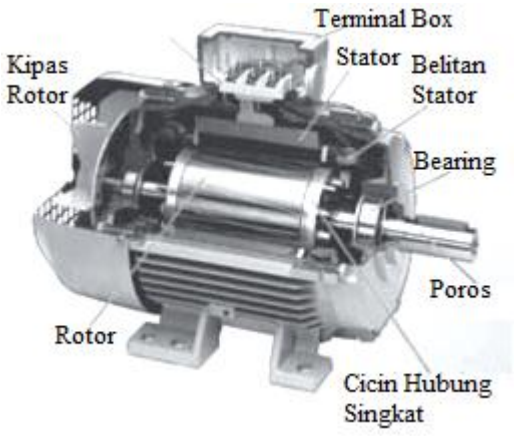
   Motor induksi merupakan motor listrik AC yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet antara rotor dan stator. Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama sebagai berikut :

   a. Motor Induksi Satu Fase

      Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan alat untuk menghidupkan moptornya.

   b. Motor Induksi Tiga Fase

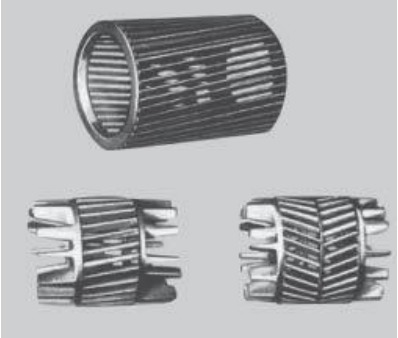
      Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor dan penyalaan sendiri.



Gambar 2.1. Fisik motor AC induksi

Konstruksi motor induksi secara detail terdiri atas dua bagian, yaitu: bagian stator dan bagain rotor (Gambar 2.1). Stator adalah bagian motor yang diam terdiri : badan motor, inti stator, belitan stator, bearing, dan terminal box. Bagian rotor adalah bagian motor yang berputar, terdiri atas rotor sangkar, dan poros rotor. Konstruksi motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator, karena dalam motor induksi tidak komutator dan sikat arang.[7]

Rotor motor induksi adalah beberapa batang penghantar yang ujung-ujungnya dihubungsingkatkan menyerupai sangkar tupai, maka sering disebut rotor sangkar tupai (Gambar 2.2), kejadian ini mengakibatkan pada rotor timbul induksi elektromagnetis. Medan magnet putar dari stator saling berinteraksi dengan medan magnet rotor, terjadilah torsi putar yang berakibat rotor berputar.



Gambar 2.2. Bentuk rotor sangkar tupai

Kecepatan medan magnet putar pada stator :

$$ns = \frac{fx120}{P} Rpm \quad \text{.....(2.1)}$$

$$Slip = \frac{ns-nr}{ns} x100\% \quad \text{.....(2.2)}$$

dimana :

ns = kecepatan sinkron medan stator (rpm)

f = frekuensi (Hz)

nr = kecepatan poros rotor (rpm)

slip = selisih kecepatan stator dan rotor

Menghitung torsi motor jika diketahui daya motor dan kecepatan motor :

$$PH = \frac{Txn}{5250} \quad \text{.....(2.3)}$$

$$T = \frac{5250xHP}{n} \quad \text{.....(2.4)}$$

$$n = \frac{5250xT}{T} \quad \text{.....(2.5)}$$

Dimana :

T = Torsi motor (dalam lb/ft)

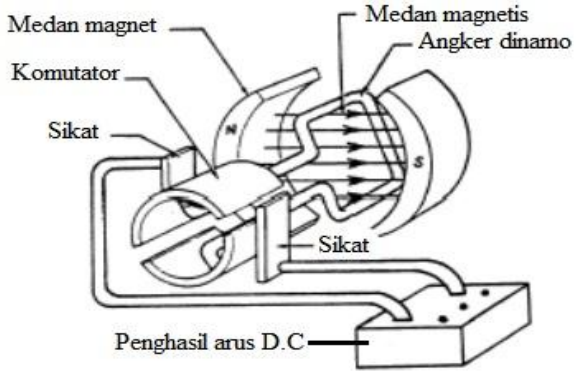
N = kecepatan putaran motor (rpm)

PH = daya kuda motor (HP=746 watt)

5250 = konstan

2.2 Motor DC

Motor bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik. Sirkuit internal motor DC terdiri dari kumparan/lilitan konduktor. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Konduktor dibentuk menjadi sebuah *loop* sehingga ada dua bagian konduktor yang berada di dalam bagian medan magnet pada saat yang sama. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik phasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Gambar 2.3 menunjukan bentuk motor DC paling sederhana.



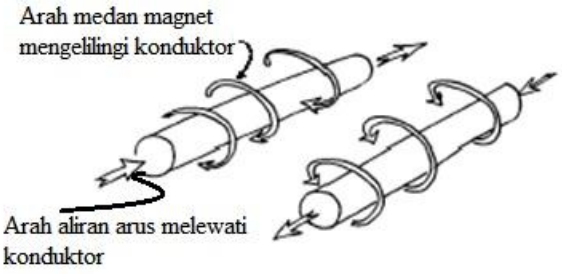
Gambar 2.3. Motor DC sederhana

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan.

Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.[6]

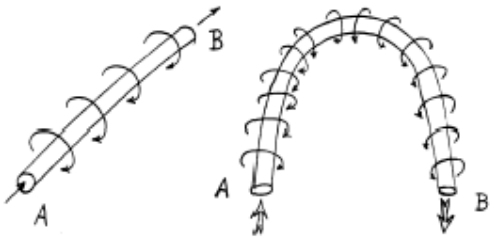
2.2.1 Prinsip Dasar Cara Kerja Motor

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor yang seperti terlihat pada gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Gambar 2.5 menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U.

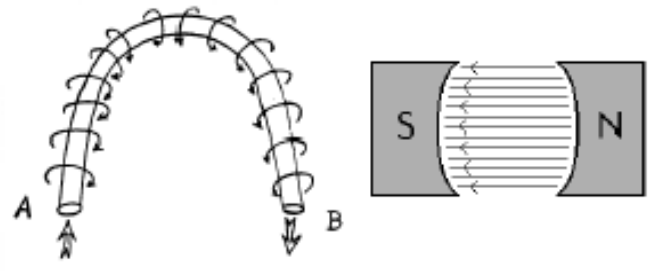


Gambar 2.5. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor

Catatan :

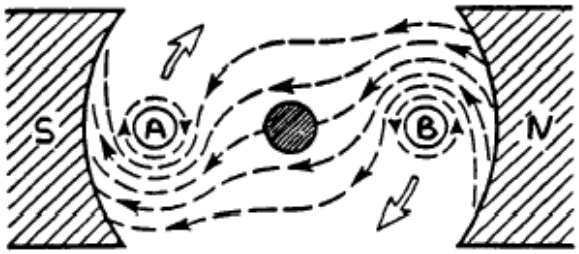
Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut.

Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut angker dinamo, seperti terlihat pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6. Medan magnet mengelilingi konduktor dan diantara kutub

Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub uatara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. Lihat gambar 2.7 berikut yang menunjukan reaksi garis *fluks*.



Gambar 2.7. Reaksi garis fluks

Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan

menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.[5]

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

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

2.2.2 Daya Motor

Daya mekanis motor dinyatakan dalam *horse power* (hp) atau watt (W), dimana 1 hp = 746 W. Torsi dan kecepatan merupakan dua faktor penting dalam menentukan output daya mekanis. Torsi sendiri adalah besarnya puntiran / daya pemutar, dinyatakan dalam *pound-feet* (lb/ft). Kecepatan motor dinyatakan dalam putaran per menit. Sehingga *horse power* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Horse\ Power = \frac{kecepatan\ (rpm) x\ torsi\ (\frac{lb}{ft})}{5250} \quad \text{.....(2.6)}$$

Dari rumus diatas didapatkan keterangan bahwa untuk motor horse power tergantung dari kecepatan, makin lambat motor bekerja makin besar torsi motor yang harus dihasilkan untuk memberikan jumlah daya yang sama. Motor yang lebih lambat biasanya lebih berat serta lebih mahal dibandingkan dengan motor yang lebih cepat dengan kerja daya yang sama. Motor yang dikenai beban lebih, rotor yang ditahan serta kondisi ventilasi yang tidak cukup dapat menyebabkan timbulnya panas yang cepat, sehingga mengakibatkan resiko kerusakan motor atau terbakar.

2.3 Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak erdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Motor stepper merupakan salah satu jenis motor yang banyak digunakan saat ini sebagai *actuator*, misalnya sebagai penggerak *head* baca/tulis pada *disk drive* yang akan menetapkan posisi *head* baca/tulis diatas permukaan piringan *diskette*, penggerak *head* pada printer dan *line feed control*, dan yang lebih popular saat ini adalah aplikasi dalam bidang robotik. Dengan bantuan mikroprosesor atau mikrokontroler perputaran motor dapat dikontrol dengan tepat sesuai keinginan dan terperogram.

Motor stepper dapat berputar atau berotasi dengan sudut *step* yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran *step* (*step size*) dapat berada pada *range* 0,9º sampai 90º. Misalnya sudut *step* 7,5º, 15º, 30º dan seterusnya tergantung aplikasi atau kebutuhan yang diinginkan. Posisi putarannya pun relatif eksak dan stabil. Dengan adanya variasi sudut *step* tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian *closed-loop feedback* untuk memonitor posisinya. Dengan alasan inilah maka motor stepper banyak digunakan sebagai *actuator* yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengontrol/*driver*, ataupun untuk *interfacing* ke piranti yang berbasis mikroprosesor/mikrokontroler.[2]

Tabel 2.1. Beberapa sudut step pada motor stepper

Sudut Step	Step per Rotasi
15	24
7,5	48
5	72

Lanjutan tabel 2.1	
2,5	144
2,0	180
1,8	200
0,72	500

Pada tabel 2.1 terdapat istilah step per rotasi yang menyatakan jumlah step yang harus diberikan pada motor agar dapat berputar 360º penuh (360º = 15 x 24 step).

Hubungan antara step per detik dengan RPM (*revolution per minute*) diberikan sebagai berikut :

$$step\ per\ detik = \frac{RPM\ x\ step\ per\ revolusi}{60} \quad \text{.....(2.7)}$$

$$Step\ per\ revolusi\ = \frac{360º}{sudut\ step} \quad \text{.....(2.8)}$$

$$Jumlah\ gigi\ rotor\ = \frac{\text{step per revolusi}}{step} \quad \text{.....(2.9)}$$

Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa.[1]

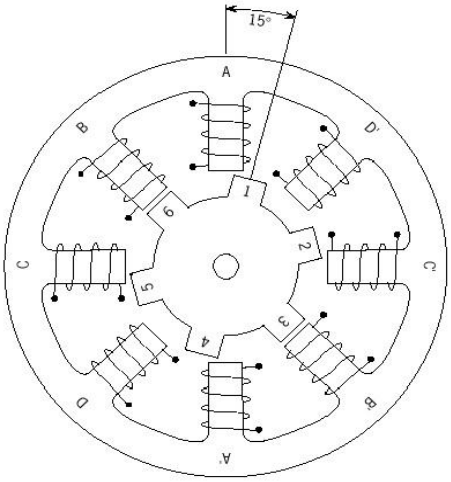
Keunggulannya antara lain adalah :

- 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.

2.3.1 Motor stepper tipe *Variable reluctance* (VR)

Motor stepper jenis ini telah lama ada dan merupakan jenis motor yang secara struktural paling mudah untuk dipahami. Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator. Gambar 2.8 memperlihatkan penampang melintang dari motor stepper tipe *variable reluctance* (VR) :

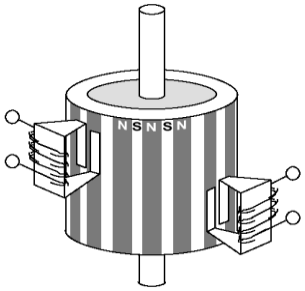


Gambar 2.8. Penampang melintang dari motor stepper tipe VR

2.3.2 Motor stepper tipe *Permanent Magnet* (PM)

Motor stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (*tincan*) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan (perhatikan gambar 2.9). Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (*step*) yang rendah yaitu antara 7,5º hingga 15º per

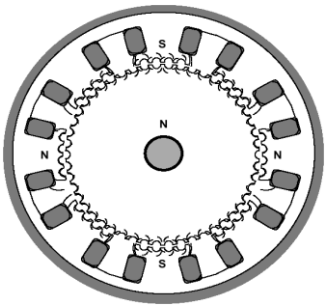
langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe *permanent magnet* :



Gambar 2.9. Ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe PM

2.3.3 Motor stepper tipe *Hybrid* (HB)

Motor stepper tipe hibrid memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe motor stepper sebelumnya. Motor stepper tipe hibrid memiliki gigi-gigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunkan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe hibrid dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara 3,6º hingga 0,9º per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya. Gambar 2.10 memperlihatkan penampang melintang dari motor stepper tipe hibrid:

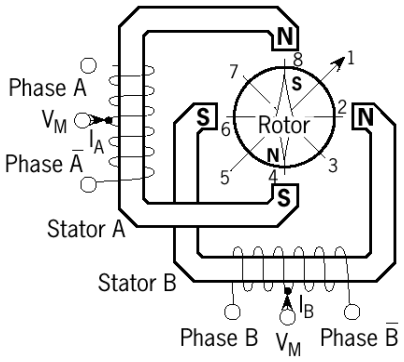


Gambar 2.10. Penampang melintang dari motor stepper tipe hybrid

2.3.4 Metode perancangan rangkaian pengendali motor stepper

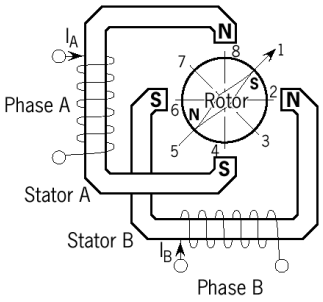
Berdasarkan metode perancangan rangkain pengendalinya, motor stepper dapat dibagi menjadi jenis unipolar dan bipolar. Rangkaian pengendali motor stepper unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup

dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (*ground*) pada salah satu terminal lilitan (*wound*) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (V_M) pada bagian tengah (*center tap*) dari lilitan (perhatikan gambar 2.11).



Gambar 2.11. Motor stepper dengan lilitan unipolar

Untuk motor stepper dengan lilitan bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya (perhatikan gambar 2.12). Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. Motor stepper bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor stepper unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.

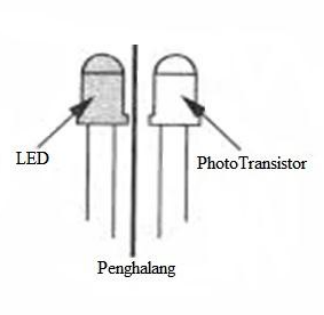


Gambar 2.12. Motor stepper dengan lilitan bipolar

2.4 Sensor Infrared

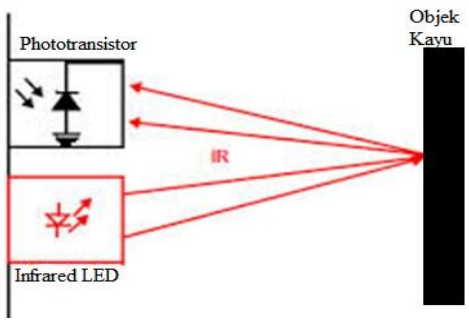
Rangkaian sensor infra merah menggunakan foto transistor dan led infra merah yang dihubungkan secara optik. Foto transistor akan aktif apabila terkena cahaya dari led infra merah. Antara Led dan foto transistor dipisahkan oleh jarak.

Jauh dekatnya jarak memengaruhi besar intensitas cahaya yang diterima oleh foto transistor. Apabila antara Led dan foto transistor tidak terhalang oleh benda, maka foto transistor akan aktif. Transistor BC 547 akan tidak aktif karena tidak ada arus yang mengalir ke basis transistor BC 547. Karena transistor tersebut tidak aktif, maka tidak ada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor sehingga menyebabkan transistor BD 139 tidak aktif dan outputnya berlogik ‘1’ dan Led padam. Apabila antara Led dan foto transistor terhalang oleh benda, foto transistor akan tidak aktif, sehingga transistor BC 547 akan aktif karena ada arus mengalir ke basis transistor BC 547. Dengan transistor dalam keadaan on, maka arus mengalir dari kolektor ke emitor sehingga menyebabkan transistor BD 139 on dan outputnya berlogik ‘0’ serta Led menyala. Perhatikan gambar 2.13 berikut :



Gambar 2.13. Sensor Infrared

Cara kerja dari sensor infrared ini yaitu mendeteksi kayu yang berada dalam alat, sensor ini akan mengecek keberadaan kayu yang akan di potong. Selain itu sensor ini akan memberi informasi ke mikrokontroler jika kayu yang di dalam alat habis dan pemotongan belum selesai. Berikut adalah gambar 2.14 yang memperlihatkan cara kerjanya :



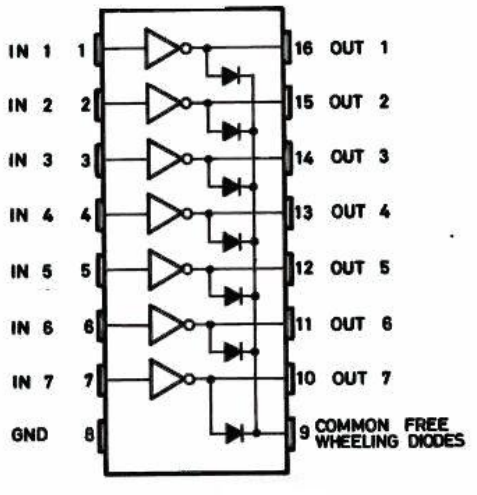
Gambar 2.14. Cara kerja sensor Infrared

2.5 IC ULN2003

IC ULN2003 adalah sebuah IC (*Integrated Circuit*) dengan ciri memiliki 7 bit input, dengan tegangan maksimal 50 volt dan arus 500 ma. Didalam IC (*Integrated Circuit*) ini terdapat transistor darlinton yang merupakan 2 buah transistor yang di rangkai dengan konfigurasi khusus untuk mendapat penguatan ganda sehingga dapat menghasilkan penguatan arus yang besar. IC (*Integrated Circuit*) memiliki 16 buah pin. Output yang akan dihubungkan ke motor stepper dan ada yang berfungsi sebagai catu daya (+) dan ground. Besar catu daya yang dihubungkan tergantung pada tipe motor stepper. Gambar 2.15 fisik IC ULN2003 dan Gambar 2.16 Pin koneksi ULN2003 adalah sebagai berikut.



Gambar 2.15. Fisik IC ULN2003



Gambar 2.16. Pin koneksi ULN2003

2.6 Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau di control secara elektronik (elektro magnetic). Saklar pada relay akan terjadi perubahan posisi OFF ke ON pada saat diberikan energi elektromagnetik pada armature relay tersebut. Relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan system pembangkit elektromagnetik (inductor inti besi). Saklar atau kontaktor relay dikendalikan dengan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke inductor pembangkit magnet untuk menarik armatur tuas saklar atau kontaktor relay. Berikut adalah Gambar 2.17. Fisik Relay dan Gambar 2.18. Rangkaian relay



Gambar 2.17. Fisik relay

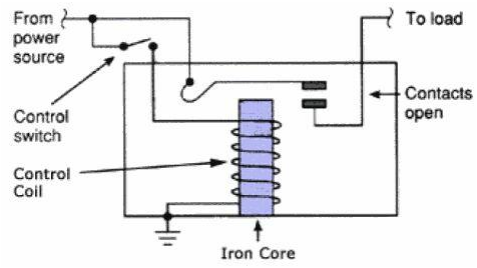
Pada dasarnya relay adalah saklar elektro magnetic yang akan bekerja apabila arus mengalir melalui kumparan, inti besi akan menjadi magnet dan akan menarik kontak-kontak relay. Kontak-kontak dapat di tarik apabila garis magnetdapat mengalahkan gaya pegas yang melawannya.

Besarnya gaya magnet yang di tetapkan oleh medan yang ada pada celah udara pada jangkar dan inti magnet, dan banyaknya lilitan kumparan, kuat arus yang mengalir atau yang disebut dengan imperal lilitan dan pelawan magnet yang berada pada sirkuit pemagnetan. Untuk memperkuat medan magnet di bentuk suatu sirkuit

Kontak-kontak atau kutub-kutub dari relay umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu :

- Bila kumparan di aliri arus listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak Normally Open (NO).

- Bila kumparan dialiri listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut sebagai Normally Close (NC)
- Tukar sambung (Change Over / NO), relay jenis ini mempunya kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi dan membuat kontak dengan yang lain bila relay di aliri listik.



Gambar 2.18. Rangkaian relay

Gambar 2.18. Adalah skema rangkaian relay yang memperlihatkan kerja dari relay tersebut.

Sifat-sifat relay :

A. Impedensi kumparan, biasanya ditentukan oleh tebal kawat oleh tebal kawat yang di gunakan gunakan serta banyaknya lilitan.
B. Kuat arus yang di gunakan untuk menggerakkan relay, biasanya arus ini di berikan oleh pabrik. Relay dengan perlawanan kecil memerlukan arus besar, sedangkan relay dengan perlawanan besar memerlukan arus yang kecil.
    - Tegangan yang di perlukan untuk menggerakkan relay.
    - Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan relay besarnya sama dengan nilai tegangan di kalikan arus.

Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus, tergantung dari pada kontak dan jenis relaynya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang di izinkan antara kontak tersebut.

2.7 Limit Switch

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.

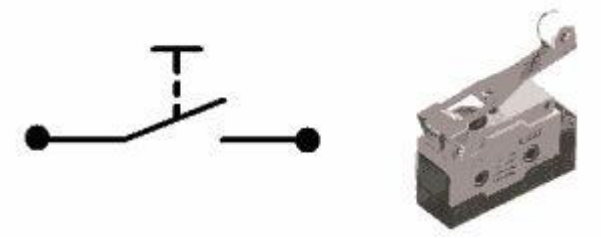
Limit switch umumnya digunakan untuk :

a. Memutuskan dan menghubungkan rangkaian dari jarak jauh

b. Menghidupkan daya yang besar, dengan sarana yang kecil

Prinsip kerja limit switch diaktifkan dengan penekanan pada tombolnya pada batas/daerah yang telah ditentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian dari 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. Berikut adalah gambar 2.19. Bentuk limit switch dan simbolnya.



Gambar 2.19. Simbol dan bentuk limit switch

2.8 Arduino Mega

Arduino mega sebuah platform yang terdiri dari hardware dan software. Dimana hardware arduino mega menggunakan mikrokontroller ATmega2560 dengan menggunakan osilator 16MHz, sedangkan softwarenya arduino memiliki software tersendiri dengan menggunakan bahasa pemograman C++ yang telah dipermudah melalui library. Awal mula Proyek ini yaitu berawal di Ivrea, Italia pada tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartielles.

Arduino mega memiliki kapasitas Flash memori 256Kbyte, EEPROM 4Kbyte dan SRAM 8Kbyte. Board arduino mega terdiri dari 54 buah saluran I/O Digital, 16 saluran I/O Analog.berikut adalah gambar 2.20. Modul Arduino mega.



Gambar 2.20. Fisik Arduino Mega

Karakteristik Arduino Mega

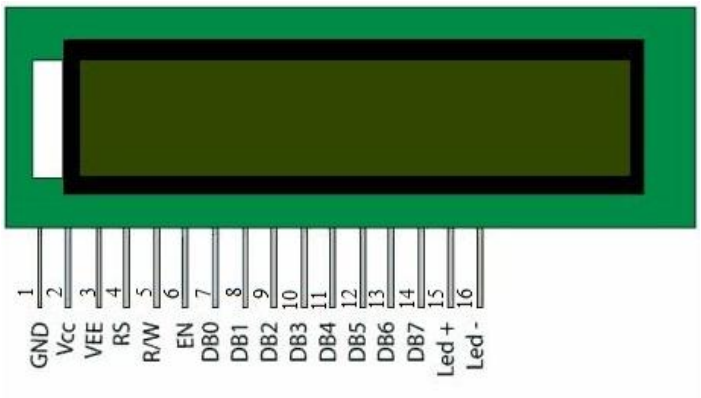
Beberapa fitur utama yang tersedia pada Arduino Mega adalah :

- Beroperasi pada tegangan 5V
- Input tegangan 7V - 12V
- *Digital I/O* 54 pin
- *Analog I/O* 16 pin
- SRAM sebesar 8 *Kbyte*
- Memori *Flash* sebesar 256 K*byte* dengan kemampuan *read while write*
- EEPROM sebesar 4 K*byte* yang dapat deprogram saat operasi
- Komunikasi serial standar USART dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps
- Frekuensi *clock* maksimum 16 MHz

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*)

M1632 module LCD 16x2 baris (m1632) adalah merupakan modul LCD dengan tampilan 16 kolom dan 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang didisain khusus untuk mengendalikan LCD. Mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai

pengendali LCD ini mempunyai CGROM (Character Generator Read Only Memory), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*). Gambar 2.21 adalah tampilan layar LCD.



Gambar 2.21. LCD 16x2

Pada tabel 2.1 menampilkan fungsi dan konfigurasi pin-pin LCD 16x2.

Tabel 2.2. Fungsi dan konfigurasi pin-pin LCD 16x2

Penyemat	Simbol	Logika	Keterangan
1	Vss	-	Catu Daya 0 Volt (Ground)
2	Vcc	-	Catu Daya 5 Volt
3	Vee	-	Catu daya untuk LCD
4	RS	H/L	H: Masukan Data, L: Masukan Instruksi
5	R/W	H/L	H: Baca (Read), L: Tulis (Write)
6	E	H/L (L)	Enable Signal
7	DB0	H/L	Data Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bit 3

Lanjutan tabel 2.1			
12	DB4	H/L	Data Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bit 7
15	V+ BL	-	Backlight 4-4,2 Volt ; 50-200 mA
16	V- BL	-	Backlight 0 Volt (ground)

LCD M1632 mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. 16 karakter, dua baris tampilan kristal cair (LCD) dari matriks titik.
2. Duty Ratio : 1/16.
3. ROM pembangkit karakter untuk 192 tipe karakter (bentuk karakter 5 x 7 matriks titik).
4. Mempunyai dua jenis RAM yaitu, RAM pembangkit karakter dan RAM data tampilan.
5. RAM pembangkit karakter untuk 8 tipe karakter program tulis dengan bentuk 5 x 7 matrik titik.
6. RAM data tampilan dengan bentuk 80 x 8 matrik titik (maksimum 80 karakter).
7. Mempunyai pembangkit clock internal.
8. Sumber tegangan tunggal +5 Volt.
9. Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan.
10. Jangkauan suhu pengoperasian 0 sampai 50 derajat.

2.9.1 DDRAM

DDRAM adalah merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh, untuk karakter ‘A’ atau 41H yang ditulis pada alamat 00, maka karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis di alamat 40, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.

2.9.2 CGRAM

CGRAM adalah merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun memori ini akan hilang saat power supply tidak aktif, sehingga pola karakter akan hilang.

2.9.3 CGROM

CGROM adalah merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubah lagi. Namun karena ROM bersifat permanen, maka pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun power supply tidak aktif.