

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Listrik

Motor listrik termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll di industri dan digunakan juga pada peralatan listrik rumah tangga (seperti: mixer, bor listrik, kipas angin). Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri, sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor listrik secara umum sama (Gambar 1), yaitu:

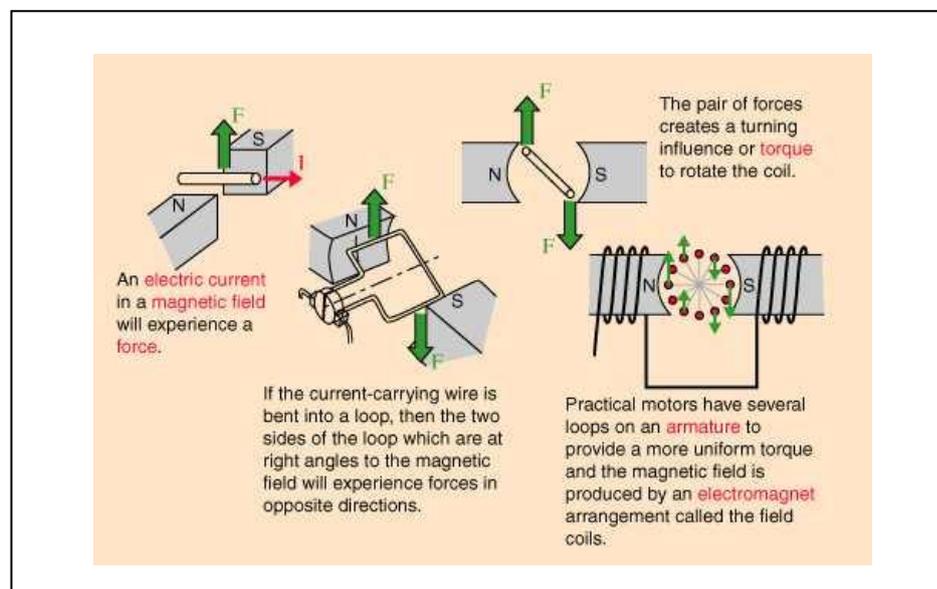
- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torsi untuk memutar 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.

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok:

- Beban torsi konstan, adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya, namun torsi nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torsi konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.

- Beban dengan torsi variabel, adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan torsi variabel adalah pompa sentrifugal dan fan (torsi bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
- Beban dengan energi konstan, adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

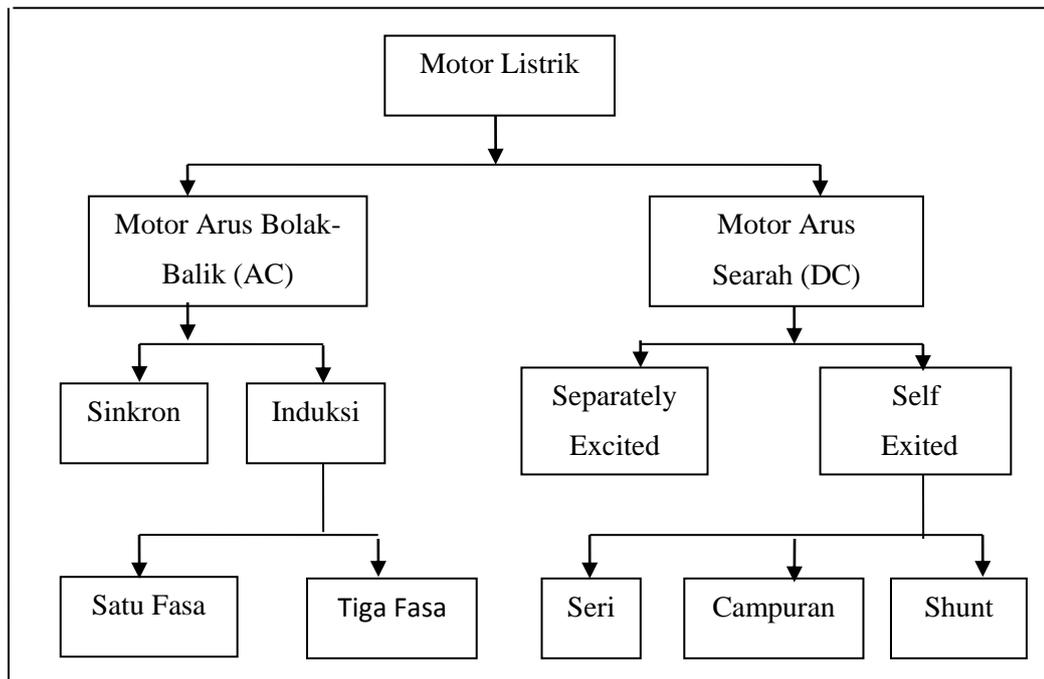
Seperti gambar dibawah ini menunjukkan cara kerja dari sebuah motor listrik sesuai dengan keterangan diatas :



Gambar 2.1. Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik.

Jenis Motor Listrik

Bagian ini menjelaskan tentang dua jenis utama motor listrik: motor DC dan motor AC. Motor tersebut diklasifikasikan berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi, dan dijelaskan lebih lanjut dalam bagan pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Klasifikasi Motor Listrik.

2.1.1 Motor DC

Arus Searah Motor DC/ arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/direct-unidirectional. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Gambar 2.3 memperlihatkan sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama:



Gambar 2.3. Motor DC.

- Kutub medan

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

- Dinamo

Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.

- Kommutator

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Kommutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Keuntungan utama motor DC adalah kecepatannya mudah dikendalikan dan tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor DC ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- Tegangan dinamo – meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan.
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan

daya rendah hingga sedang, seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC.

Hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan dinamo ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$E = K\Phi N \dots\dots\dots(1)$$

$$T = K\Phi I_a \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

E = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal dinamo (volt)

Φ = flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

N = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

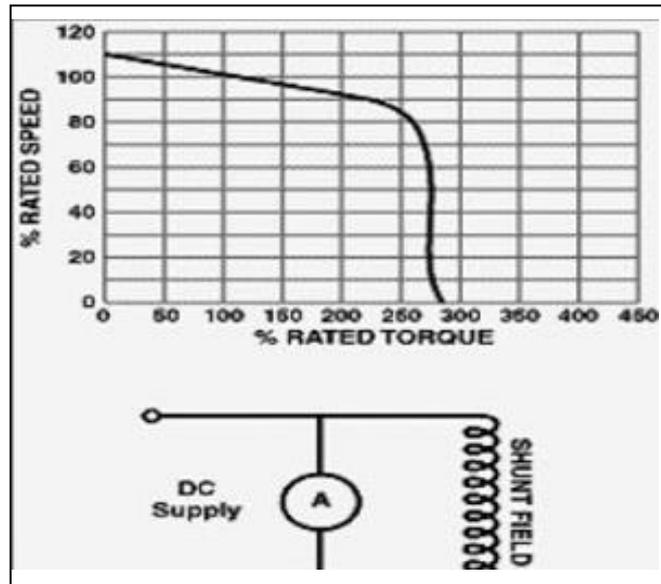
T = torsi electromagnetik

I_a = arus dinamo

K = konstanta persamaan

Jenis-Jenis Motor DC/Arus Searah

- Motor DC sumber daya terpisah/ Separately Excited, Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah/separately excited.
- Motor DC sumber daya sendiri/ Self Excited: motor shunt. Pada motor shunt, gulungan medan (medan shunt) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo (A) seperti diperlihatkan dalam gambar 4. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo.



Gambar 2.4. Karakteristik Motor DC Shunt.

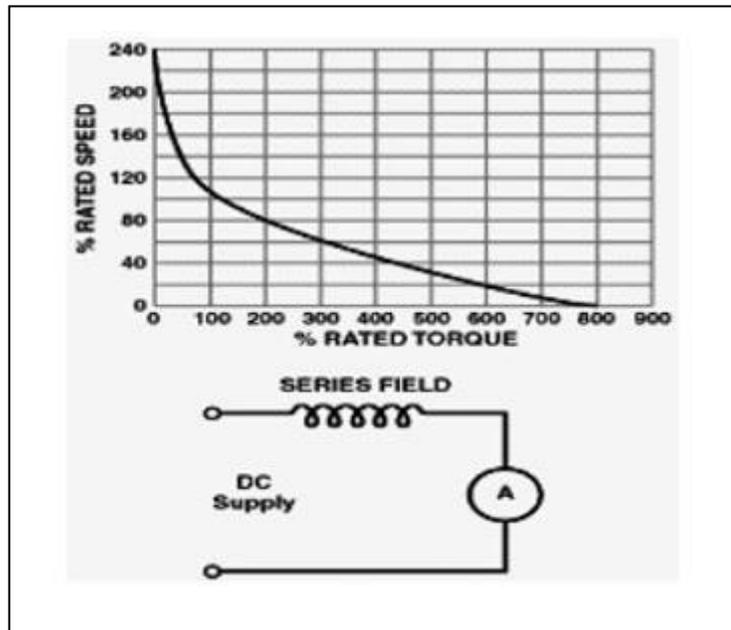
Berikut tentang kecepatan motor shunt (E.T.E., 1997):

- Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torsi tertentu setelah kecepatannya berkurang, lihat Gambar 4) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.
- Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).
- Motor DC daya sendiri: motor seri. Dalam motor seri, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo (A) seperti ditunjukkan dalam gambar 5. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dinamo.

Berikut tentang kecepatan motor seri (Rodwell International Corporation, 1997; L.M. Photonics Ltd, 2002):

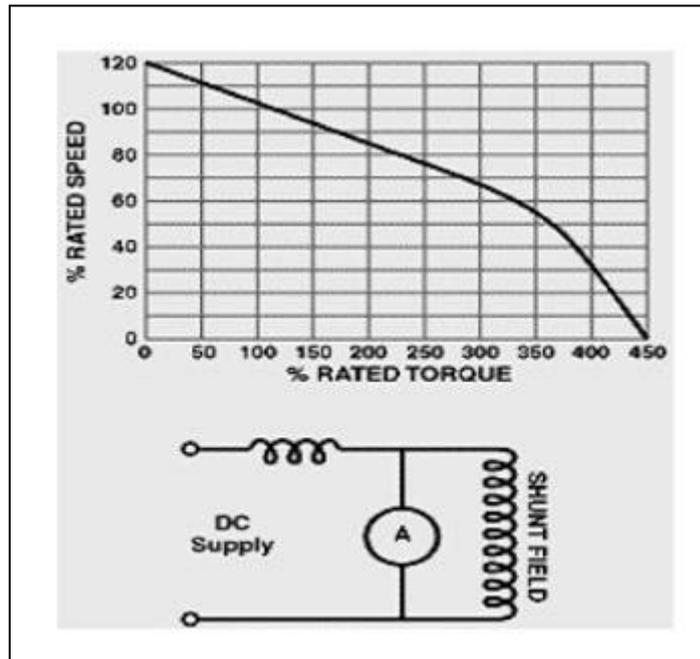
- Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM.
- Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali. Motor-motor seri cocok

untuk penggunaan yang memerlukan torque penyalan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat hoist pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Karakteristik Motor DC Seri.

- Motor DC Kompon/Gabungan. Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan dinamo (A) seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6. Sehingga, motor kompon memiliki torque penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Contoh, penggabungan 40-50% menjadikan motor ini cocok untuk alat pengangkat hoist dan derek, sedangkan motor kompon yang standar (12%) tidak cocok (myElectrical, 2005). Karakteristik pada Motor DC dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Karakteristik Motor DC Kompon.

2.1.2 Motor AC/Arus Bolak-Balik

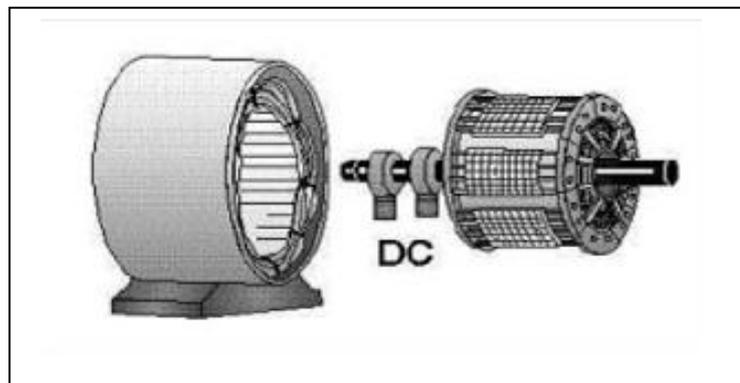
Motor AC/arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik AC memiliki dua buah bagian dasar listrik: "stator" dan "rotor" seperti ditunjukkan dalam Gambar 7. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.

Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekwensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC).

Jenis-Jenis Motor AC/Arus Bolak-Balik

a. Motor sinkron

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki *torque* awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Gambar Motor Sinkron dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7. Motor Sinkron.

Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

Komponen utama motor sinkron adalah :

- Rotor. Perbedaan utama antara motor sinkron dengan motor induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan sebab medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC-excited, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.
- Stator. Stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang dipasok.

Motor ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut (Parekh, 2003):

$$N_s = 120 f / P \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

f = frekwensi dari pasokan frekwensi

P= jumlah kutub

b. Motor induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

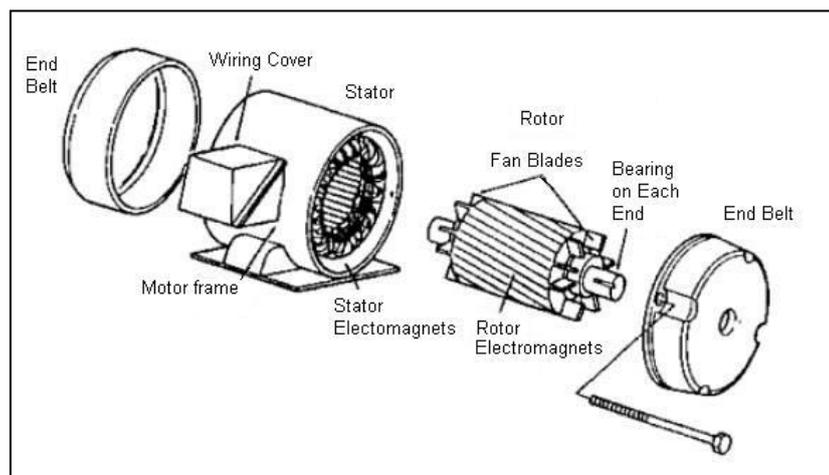
Komponen Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama (Gambar 8):

- Rotor. Motor induksi menggunakan dua jenis rotor:
 - Rotor kandang tupai terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak slots paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
 - Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.
- Stator. Stator dibuat dari sejumlah stampings dengan slots untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat .

Klasifikasi motor induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003):

- Motor induksi satu fase. Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
- 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 (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, belt conveyor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp. Gambar 2.8 dibawah ini menunjukkan Motor Induksi tiga fasa



Gambar 2.8. Motor Induksi.

Kecepatan motor induksi Motor induksi bekerja sebagai berikut, Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet.

Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “slip/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. Slip hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ slip ring, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/slip ring motor”.

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung persentase slip/geseran(Parekh, 2003):

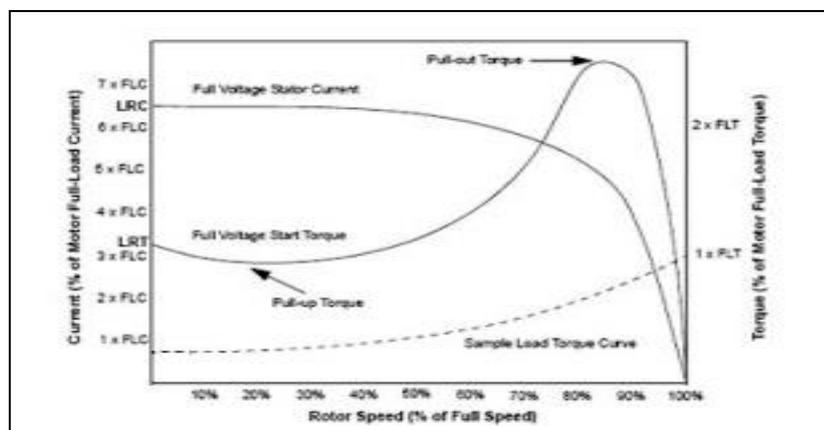
$$\% \text{ Slip} = (N_s - N_b)/N_s \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

N_s = kecepatan sinkron dalam RPM

N_b = kecepatan dasar dalam RPM

Hubungan antara beban, kecepatan dan torsi



Gambar 2.9. Grafik Torsi vs Kecepatan Motor Induksi.

Gambar 2.9 menunjukkan grafik torsi vs kecepatan motor induksi AC tiga fase dengan arus yang sudah ditetapkan. Bila motor (Parekh, 2003):

- Mulai menyala ternyata terdapat arus nyala awal yang tinggi dan torsi yang rendah (“pull-up torque”).
- Mencapai 80% kecepatan penuh, torsi berada pada tingkat tertinggi (“pull-out torque”) dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torsi dan stator turun ke nol.

2.1.3 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem closed feedback 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. Motor servo adalah 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. Pada gambar 2.10 bentuk fisik dari motor servo.



Gambar 2.10 Bentuk Fisik Motor Servo

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 lebar pulsa yang pada pin kontrol motor servo.

2.2 Sistem Kendali Motor DC

Analisis Perancangan Sistem Analisis pengaturan kecepatan motor dc Pengaturan kecepatan motor dc dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan masukan. Kecepatan putar motor dc (Ω) dapat dirumuskan pada persamaan di bawah ini

$$\Omega =: (\text{rad/sec}) \dots \dots \dots (5)$$

V_t merupakan tegangan masukan motor dalam volt, I_a adalah arus masukan motor dalam amp., R_a adalah hambatan jangkar motor dalam ohm, $K\phi$ adalah pluks magnetik, ω_m kecepatan motor dalam rad/sec, E_a ggl lawan dari jangkar dan T adalah torsi dalam N.m. Kecepatan motor dc berbanding lurus dengan suplai tegangan, sehingga pengurangan suplai tegangan akan menurunkan kecepatan motor dan penambahan suplai tegangan akan menambah kecepatan motor Motor DC merupakan motor yang banyak digunakan sebagai aktuatuor, baik dalam sistem kendali posisi maupun sistem kendali kecepatan.

Kini motor DC memegang peranan penting dalam dunia perindustrian. Hal ini tampak dari banyaknya penggunaan motor DC pada devais-devais elektronik. Motor DC ini umumnya digunakan untuk pergerakan mekanis pada aplikasi-aplikasi tertentu, seperti gerakan memutar pada kertas atau drive CD. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai penggunaan motor DC untuk aplikasi sistem kendali kecepatan, mulai dari perancangan sampai dengan implementasi perangkat kerasnya. Untuk pengendali sistem ini akan digunakan pengendali PID yang diimplementasikan dalam mikrokontroler ATmega 16. Sedangkan sebagai penggerak motor digunakan IC H-Bridge LM298. Karena hubungan antara masukan tegangan pada motor DC dengan keluaran kecepatan putaran motor DC tidak linear, motor DC tidak disarankan untuk digunakan secara lup terbuka pada

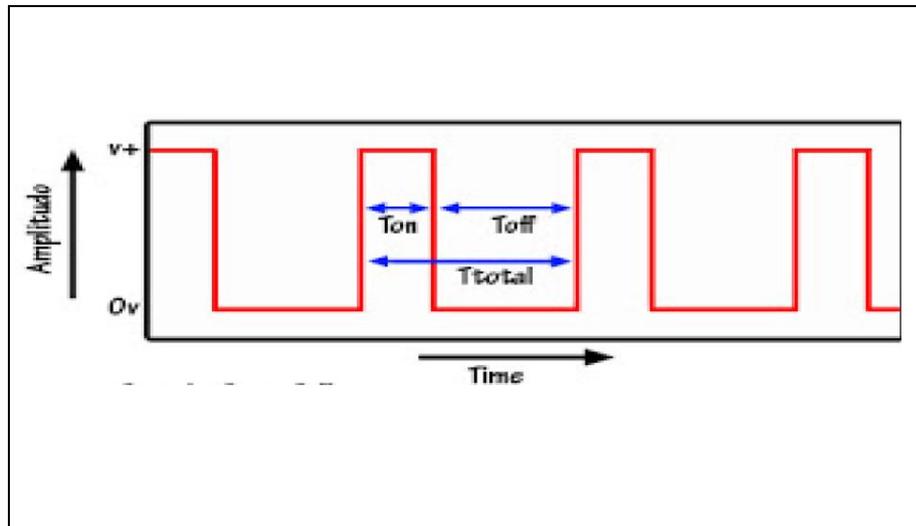
daerah kerja yang luas. Agar dapat digunakan lebih akurat pada daerah kerja yang lebih luas, pemakaian motor DC sebaiknya menggunakan pengendali lup tertutup. Pengendali ini berfungsi untuk menjaga agar keluaran motor DC sesuai dengan setpoint yang telah ditetapkan.

Duty Cycle

Duty Cycle adalah proporsi waktu dimana komponen, perangkat, atau sistem dioperasikan. Siklus tugas dapat dinyatakan sebagai rasio atau presentase. Misalkan drive disk beroperasi selama 1 detik, kemudian dimatikan untuk 99 detik, kemudian dijalankan selama 1 detik lagi, dan seterusnya. Drive berlangsung selama satu dari 100 detik atau 1/ 100 dari waktu, dan siklus tugasnya 1/ 100 atau persen.

Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED dan lain sebagainya. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar.2.11 Sinyal PWM dan rumus perhitungannya

$$\text{Total} = \text{Ton} + \text{Toff} \dots \dots \dots (6)$$

$$D = \frac{\text{Ton}}{\text{Total}} \times \text{Vin} \dots \dots \dots (7)$$

$$V_{\text{out}} = D \times \text{Vin} \dots \dots \dots (8)$$

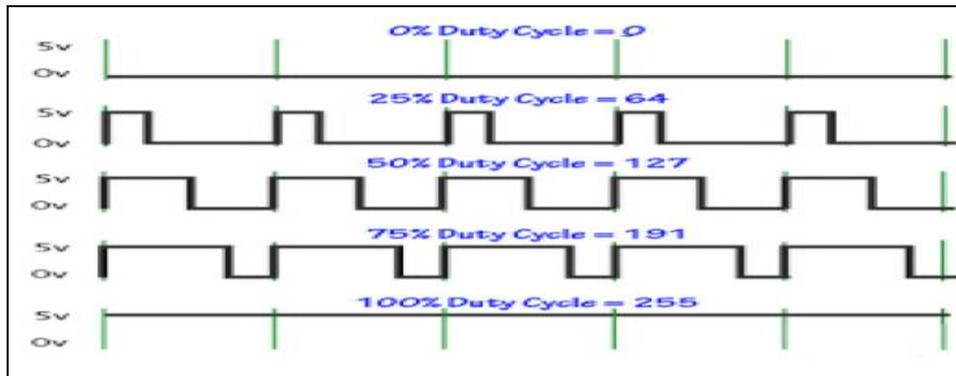
$$V_{\text{out}} = \frac{\text{Ton}}{\text{Total}} \times \text{Vin} \dots \dots \dots (9)$$

Ton = Waktu Pulsa “High”

Toff = Waktu pulsa “Low”

D = Duty cycle adalah lamanya pulsa high dalam satu perioda.

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital seperti gambar 2.11 menunjukkan sebuah sinyal PWM beserta rumusnya. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.



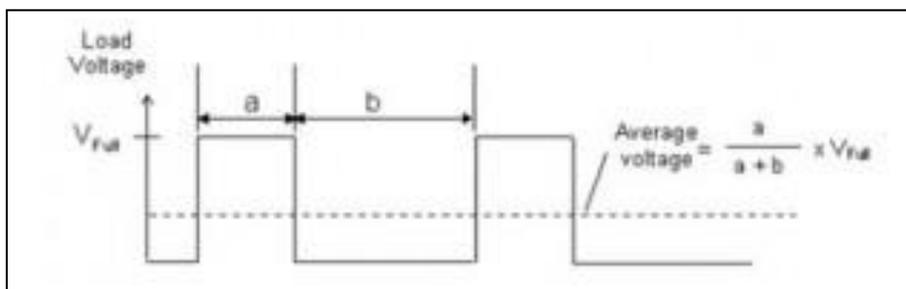
Gambar 2.12 Pulsa PWM

Dengan cara mengatur lebar pulsa “on” dan “off” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{DutyCycle} = \frac{t_{\text{ON}}}{(t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}})} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.

Untuk melakukan perhitungan pengontrolan tegangan *output* motor dengan metode PWM cukup sederhana sebagaimana dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar2.13 Pengontrolan tegangan Pulsa PWM

Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan output yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

$$\text{Average Voltage} = \left(\frac{a}{a+b}\right) \times V_{\text{Max}} \dots \dots \dots (11)$$

Average voltage merupakan tegangan output pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM. *a* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “on”. *b* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “off”. V_{full} adalah tegangan maksimum pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan output sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan.

Penggunaan PWM:

1. PWM sebagai data keluaran suatu perangkat. PWM dapat digunakan sebagai data dari suatu perangkat, data direpresentasikan dengan lebar pulsa positif (Tp).
2. PWM sebagai data masukan kendali suatu perangkat. Selain sebagai data keluaran, PWM pun dapat digunakan sebagai data masukan sebagai pengendali suatu perangkat. Salah satu perangkat yang menggunakan data PWM sebagai data masukannya adalah Motor DC Servo. Motor DC Servo itu sendiri memiliki dua tipe: Kontinyu dan Sudut. Pada tipe Kontiinyu., PWM digunakan untuk menentukan arah Motor DC Servo, sedangkan pada tipe Sudut., PWM digunakan untuk menentukan posisi sudut Motor DC Servo.
3. PWM sebagai pengendali kecepatan Motor DC bersikat. Motor DC bersikat atau Motor DC yang biasa ditemui di pasaran yang memiliki kutub A dan kutub B yang jika diberikan beda potensial diantara keduanya, maka Motor DC akan berputar. Pada prinsipnya Motor DC jenis ini akan ada waktu antara saat beda potensial diantara keduanya dihilangkan dan waktu berhentinya. Prinsip inilah yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan Motor DC jenis ini dengan PWM, semakin

besar lebar pulsa positif dari PWM maka akan semakin cepat putaran Motor DC. Untuk mendapatkan putaran Motor DC yang halus, maka perlu dilakukan penyesuaian Frekuensi (Periode Total) PWM-nya.

2.3 Mikrokontroler ATMEGA16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (chip). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (Read-Only Memory), RAM (Read-Write Memory), beberapa Port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (Analog to Digital converter), DAC (Digital to Analog converter) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (Reduce Instruction Set Computer) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya Arithmetic and Logical Unit (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (in chip). Pada gambar 2.14 adalah Mikrokontroler ATMEGA16.

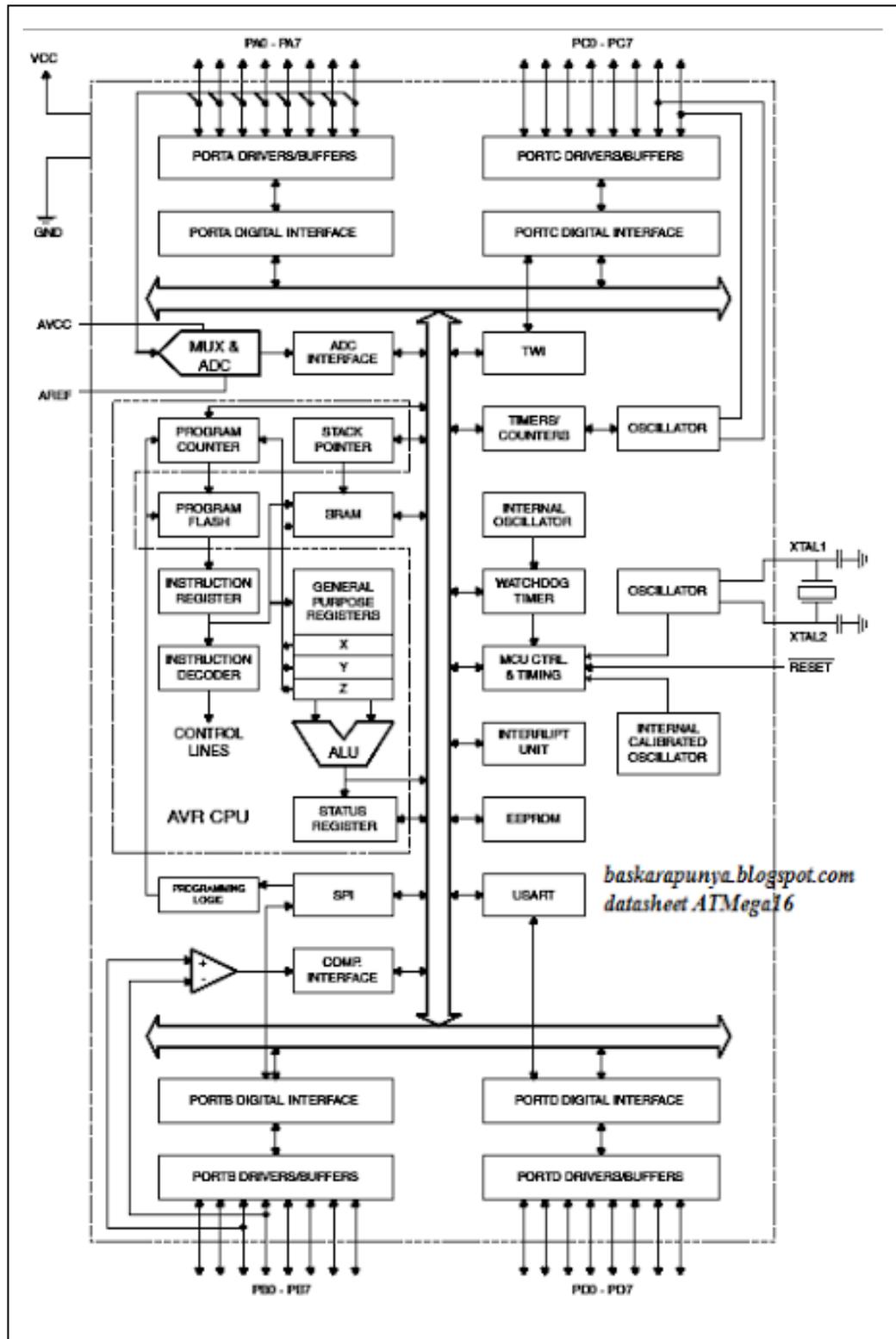


Gambar 2.14. Mikrokontroler ATMEGA16

Arsitektur ATMEGA16, Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :

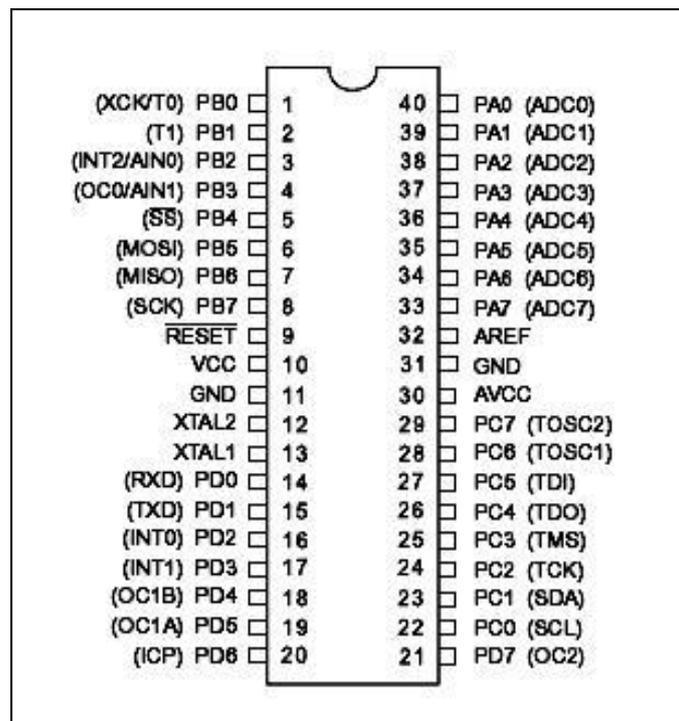
1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral
 - Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare
 - Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture
 - Real time counter dengan osilator tersendiri
 - Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
 - 8 kanal, 10 bit ADC
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Watchdog timer dengan osilator internal



Gambar 2.15 Blok diagram ATMEGA16

KONFIGURASI PENA (PIN) ATMEGA16

Konfigurasi pena (pin) mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40-pin dapat dilihat pada Gambar 2.16. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATMega16 memiliki 8 pin untuk masing-masing Gerbang A (Port A), Gerbang B (Port B), Gerbang C (Port C), dan Gerbang D (Port D).



Gambar 2.16 Pin-Pin Atmega16

DESKRIPSI MIKROKONTROLER ATMEGA16

- VCC (Power Supply) dan GND(Ground)

- Port A (PA7..PA0)

Port A berfungsi sebagai input analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu Port I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin - pin Port dapat menyediakan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pin PA0 ke PA7 digunakan

sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor internal pull-up diaktifkan. Pin Port A adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- Port B (PB7..PB0)

Port B adalah suatu port I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Port B output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Port B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor pull-up diaktifkan. Pena Port B adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- Port C (PC7..PC0)

Port C adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Port C output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Port C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor pull-up diaktifkan. Pena Port C adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- Port D (PD7..PD0)

Port D adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Port D output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pena Port D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor pull-up diaktifkan. Pena Port D adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- RESET (Reset input)

- XTAL1 (Input Oscillator)

- XTAL2 (Output Oscillator)
- AVCC adalah pena penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D.
- AREF adalah pena referensi analog untuk konverter A/D.

Analog To Digital Converter

AVR ATMega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (noise) yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada ATMega16 memiliki fitur-fitur antara lain

- Resolusi mencapai 10-bit
- Akurasi mencapai ± 2 LSB
- Waktu konversi 13-260 μ s
- 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
- Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
- Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
- Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal
- Interupsi ADC complete
- Sleep Mode Noise canceler

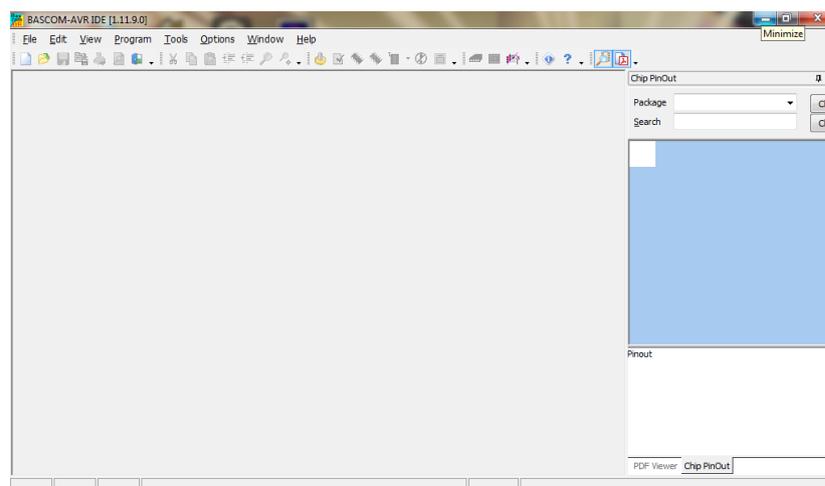
2.4 Bahasa Pemrograman pada Mikrokontroler

Pemrograman mikrokontroler AVR (ATMega 16) menggunakan beberapa bahasa program seperti bahasa basic, C atau assembler. Untuk bahasa basic yang digunakan pada robot pendeteksi logam di air tawar yaitu software bascom AVR.

2.4.1 Basic Compiler (BASCOSM) AVR

BASCOSM-AVR merupakan singkatan dari Basic Compiler AVR. BASCOSM-AVR termasuk dalam program mikrokontroler buatan MCS *Electronics* yang mengadaptasi bahasa tingkat tinggi yang sering digunakan (Bahasa Basic). BASCOSM-AVR (*Basic Compiler*) merupakan *software compiler* dengan menggunakan bahasa *basic* yang dibuat untuk melakukan pemrograman chip-chip mikrokontroler tertentu, salah satunya ATmega 16 BASCOSM-AVR adalah program basic compiler berbasis windows untuk mikrokontroler keluarga AVR seperti ATmega 16, ATmega 8535 dan yang lainnya. BASCOSM AVR merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi. BASIC yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh AVR electronic. Program ini digunakan dalam pengisian mikrokontroler. Kompiler ini cukup lengkap karena dilengkapi simulator untuk LED, LCD, dan monitor untuk komunikasi serial. Selain itu bahasa BASIC jauh lebih mudah dipahami dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya.

Dengan menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi, maka pemrograman mendapatkan banyak kemudahan dalam mengatur sistem kerja dari mikrokontroler, dapat dilihat pada Gambar 2.17 Bagian-bagian BASCOSM-AVR dan dapat dilihat juga pada tabel 2.1 Keterangan ikon-ikon dari program BASCOSM-AVR:



Gambar 2.17 Bagian-bagian BASCOSM-AVR

Tabel 2.1 Keterangan Ikon-ikon dari Program BASCOM-AVR

Ikon	Nama	Fungsi	Shortcut
	File New	Membuat file baru	Ctrl+N
	Open File	Membuka file	Ctrl+O
Mm	File Close	Menutup program yang dibuka	-
	File Save	Menyimpan file	Ctrl+S
	Save As	Menyimpan dengan nama lain	-
	Print Preview	Melihat tampilan sebelum dicetak	-
	Print	Mencetak dokumen	Ctrl+P
	Exit	Keluar dari program	-
	Program Compile	Mengompile program yang dibuat outputnya bisa berupa *hex, *bin, dan lain-lain	F7
	Syntax Check	Memeriksa kesalahan bahasa	Ctrl+F7

2.4.2 Dasar Pemrograman Basic

1. Tipe Data

Setiap variable dalam BASCOM memiliki tipe data yang menunjukkan daya tampung variabel tersebut, hal ini berhubungan dengan penggunaan memori dari mikrokontroler.

2. Variabel

Variabel dalam sebuah pemrograman berfungsi sebagai tempat penyimpanan data atau penampung data sementara, misalnya menampung hasil perhitungan, menampung data hasil pembacaan register dan lain-lain. Variabel merupakan *pointer* yang menunjuk pada alamat memori fisik di mikrokontroler. Dalam BASCOM ada beberapa aturan dalam penamaan sebuah variabel :

- Nama variabel maksimum terdiri atas 32 karakter
- Karakter bisa berupa angka atau huruf

- Nama variabel harus dimulai dengan huruf
- Variabel tidak boleh menggunakan kata-kata yang digunakan oleh BASCOM sebagai perintah, pernyataan, internal register dan nama operator.

Sebelum variabel itu digunakan maka variabel tersebut harus dideklarasikan terlebih dahulu, dalam BASCOM ada beberapa cara untuk mendeklarasikan sebuah variabel. Yang pertama dengan menggunakan pernyataan. “DIM” diikuti nama dan tipe datanya, contoh pendeklarasian menggunakan DIM sebagai berikut :

Dim nama as byte

Dim tombol1 as integer

Dim tombol2 as word

Dim tombol3 as word

Dim tombol4 as word

3. Alias

Dengan menggunakan ALIAS sebuah variabel yang lama dapat diberikan nama yang lain, tujuannya untuk mempermudah proses pemrograman. Biasanya ALIAS digunakan untuk mengganti nama variabel yang telah baku seperti port mikrokontroler.

4. Konstanta

Dalam BASCOM selain variabel dikenal juga konstanta, konstanta ini juga merupakan variabel. Perbedaannya dengan variabel biasa adalah nilai yang dikandungnya tetap. Dengan konstanta, kode program yang kita buat lebih mudah dibaca dan dapat mencegah kesalahan penulisan pada program.

5. Array

Dengan array kita bisa menggunakan sekumpulan variabel dengan nama dan tipe yang sama, untuk mengakses variabel tertentu dalam array tersebut

kita harus menggunakan indeks. Indeks ini harus berupa angka dengan tipe data byte, *integer* atau *word*. Hal ini berarti nilai maksimum sebuah indeks adalah sebesar 65535. Proses pendeklarasian sebuah array hampir sama dengan variabel namun perbedaannya kita juga mengikutkan jumlah elemennya.

a. Operasi-operasi dalam BASCOM

b. Pada bagian ini membahas tentang bagaimana cara menggabungkan, memodifikasi, membandingkan atau mendapatkan informasi tentang sebuah pernyataan dengan menggunakan operator-operator yang tersedia di BASCOM. Bagian ini juga menjelaskan bagaimana sebuah pernyataan terbentuk dan dihasilkan dari operator-operator berikut :

- Operator aritmatika

Digunakan dalam perhitungan yang termasuk operator aritmatika ialah + (tambah), -(kurang), /(bagi), dan *(kali).

- Operator Relasi

Digunakan untuk membandingkan nilai sebuah angka, hasilnya dapat digunakan untuk membuat keputusan sesuai dengan program yang kita buat. Yang termasuk operator relasi adalah dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Keterangan Operator Relasi

Operator	Relasi	Pernyataan
=	Sama dengan	$X=Y$
\neq	Tidak sama dengan	$X \neq Y$
<	Lebih kecil dari	$X < Y$
>	Lebih besar dari	$X > Y$
\leq	Lebih kecil atau sama dengan	$X \leq Y$
\geq	Lebih besar atau sama dengan	$X \geq Y$

- Operator Logika

Digunakan untuk menguji sebuah kondisi atau untuk memanipulasi bit dan operasi boolean. Dalam BASCOM ada empat buah operator logika yaitu AND, OR, NOT, dan XOR.

- Operator Fungsi

Digunakan untuk melengkapi operator yang sederhana.

2.4.3 Kontrol Program

a. *If-Then*

If-Then.

b. *Do-Loop*

Perintah *Do-Loop* ini digunakan untuk mengulangi sebuah blok pernyataan secara terus-menerus.

c. *Gosub*

Gosub merupakan pernyataan untuk melompat ke sebuah label dan akan menjalankan program yang ada dalam *subrutin* tersebut sampai menemui perintah *return*.

d. *Goto*

Perintah *Goto* ini digunakan untuk melakukan percabangan, perbedaannya dengan *gosub* ialah perintah *goto* tidak memerlukan lagi keritik dimana perintah *goto*.

2.4.4 Memasukkan Program ke Mikrokontroler

Cara memasukkan program ke mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. Sambungkan kabel USB merupakan pernyataan ini kita dapat mengetes sebuah kondisi tertentu dan kemudian dinginkan dari PC ke Sistem Minimum ATmega 16. Pastikan downloader terhubung dengan modul.
2. Lampu modul dan mikrokontroler akan menyala jika telah terhubung.
3. Buka software BASCOM-AVR, kemudian pilih file load flash di folder/file heksa yang sudah dibuat.
4. Pilih “program all” untuk memulai proses download.

5. Setelah itu tunggu hingga proses download selesai.
6. Bila proses telah selesai maka IC sudah terprogram sesuai dengan program yang telah kita masukkan.[5]

2.5 Detektor Logam

Alat detektor logam adalah sebuah alat yang mampu mendeteksi keberadaan logam dalam jarak tertentu. Alat detektor logam sangat berguna atau biasa digunakan oleh petugas keamanan untuk memastikan setiap orang yang akan memasuki area tertentu bebas dari benda berbahaya seperti pistol, bom ataupun senjata tajam, alat detektor logam juga biasa digunakan oleh para arkeolog yaitu untuk mencari benda-benda logam di bawah tanah, atau bisa juga sekedar hobby untuk mencari barang-barang logam di bawah tanah. Ada juga dunia industri yang menggunakan alat pendeteksi logam ini, misalnya untuk mengetahui jalur pipa bawah tanah, jalur kabel bawah tanah.



Gambar 2.18 Detektor Logam

Detektor Logam / Metal Detector seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.18, detektor logam ini digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi logam yang ada di dalam/dibawah permukaan tanah. Prinsip kerja metal detektor mirip dengan prinsip kerja transformator, yaitu berdasarkan adanya induksi listrik. Spektrum penggunaan sangat luas, mulai kepentingan militer dan non militer. Berikut beberapa contoh penggunaan Metal Detector (Detektor Logam, Detektor Harta Karun, Underground Treasure hunting):

- Security inspection, Inspeksi keamanan
- Scanning logam asing di bahan mentah, bahan bakar dan makanan
- Scan benda yang mengandung metal di Mall ataupun barang bawaan penumpang;
- Mendeteksi jalur pipa dan kabel bawah tanah.
- Penelitian Arkeologi, eksplorasi bahan mineral, pencarian bahan metal yang tertimbun di dalam tanah.

2.6 Remote Radio Kontrol

Sejarah Remote Radio Kontrol Contoh paling awal dari remote control menggunakan gelombang radio dikembangkan pada tahun 1898 oleh Nikola Tesla bernomor Paten 613.809. Pada tahun 1898, ia memamerkan perahu radio yang di kendalikan dengan remote kepada publik, selama pameran listrik di Madison Square Garden. Tesla disebut perahu nya "teleautomaton". Pada tahun 1903, Leonardo Torres Quevedo mempresentasikan Telekino di Paris Academy of Science, dan membuat demonstrasi eksperimental. Di saat yang sama ia memperoleh paten di Perancis, Spanyol, Inggris, dan Amerika Serikat.

The Telekino terdiri dari robot yang di kendalikan oleh gelombang elektromagnetik. Dengan Telekino itu, Torres-Quevedo meletakkan prinsip-prinsip operasi remote-control nirkabel yang modern dan merupakan pelopor dalam bidang remote control. Pada tahun 1906, di hadapan raja dan kumpulan besar orang yang menonton, Torres berhasil menunjukkan penemuan di pelabuhan Bilbao, membimbing perahu dari pantai.

Kemudian, ia akan mencoba untuk menerapkan Telekino untuk proyektil dan torpedo, tetapi harus menghentikan proyek karena kurangnya dana. Pertama model pesawat remote control terbang pada tahun 1932, dan penggunaan teknologi remote control untuk keperluan militer bekerja secara intensif selama Perang Dunia Kedua, salah satu hasil dari ini menjadi rudal Jerman Wasserfall. Pada akhir 1930-an, beberapa produsen radio menawarkan remote kontrol untuk beberapa model yang lebih canggih pada saat itu. Kontrol Philco (1939) adalah

baterai dioperasikan pemancar frequency radio, sehingga membuatnya yang pertama sebagai remote control nirkabel untuk perangkat elektronik.

Prinsip kerjanya terdiri dari pengirim sinyal dan penerima sinyal. Sinyal akan diterjemahkan sebagai sebuah instruksi, instruksi tersebut kemudian akan dilaksanakan oleh alat yang mengendalikannya. Istilah radio control sendiri sudah terlanjur ditujukan kepada jenis permainan model kendaraan seperti model mobil balap, model kapal laut, model pesawat terbang dan lain sebagainya. Gambar dibawah ini menunjukkan Radio Control dan kapal mainan sebagai *Reciver* (Penerima).



Gambar 2.19 Radio kontrol dan kapal mainan

Ciri khusus dari radio control adalah digunakannya gelombang radio sebagai pengirim pesan. Gelombang radio ini kemudian diikuti dengan penggunaan antena sebagai pengirim dan penerima sinyal gelombang radio. Daya jangkau gelombang radio lebih jauh dibanding sinar infra merah. Remote control yang menggunakan sinar infra red maksimum digunakan untuk jarak 10 meter dan membutuhkan garis lurus antara LED infra merah pada pesawat dan fototransistor infra red pada peralatan elektronika penerima tanpa terhalang benda lain seperti tembok. Remote control dengan gelombang radio memiliki jarak jangkauan yang lebih jauh. Misalnya remote control pembuka gerbang dirancang agar gerbang sudah terbuka seluruhnya pada saat mobil berada tepat di gerbang. Oleh sebab itu jarak jangkauan remote control untuk gerbang ini dibuat sekitar 25-50 meter, dengan

asumsi waktu tempuh 25-50 meter oleh kendaraan yang akan masuk sama dengan waktu yang dibutuhkan untuk membuka gerbang. Ciri lain dari penggunaan gelombang radio ini adalah digunakannya antena sebagai pengirim sekaligus sebagai penerima gelombang radio. Jenis atau spesifikasi antenna akan mempengaruhi kemampuan menerima dan mengirim gelombang radio. Bahkan jaraknya bisa diatur hingga ke jarak yang sangat jauh seperti di luar angkasa. Perlu diingat bahwa sinyal gelombang radio tetap membutuhkan waktu dari pengirim ke penerima. Untuk penggunaan dengan jarak yang sangat jauh seperti di luar angkasa jeda waktu sejak dikirimkannya sinyal hingga sampai di penerima cukup mengganggu sehingga menjadi tidak efektif lagi. Gelombang radio masih memiliki kelebihan lain, penggunaan antena ini juga menyebabkan sudut ruang penerimaan menjadi lebih besar. Remote control dengan gelombang radio tidak harus diarahkan tepat ke peralatan elektronika penerima. Selain itu gelombang radio dapat menembus dinding.

Transmitter (Pengirim) Biasanya data yang dibangkitkan dari sistem sumber tidak ditransmisikan secara langsung dalam bentuknya aslinya. Sebuah transmitter cukup memindah dan menandai informasi dengan cara yang sama seperti menghasilkan sinyal-sinyal elektro-magnetik yang dapat ditransmisikan melewati beberapa sistem transmisi berurutan. Contoh : Sebuah modem tugasnya menyalurkan suatu digital bit stream dari suatu alat yang sebelumnya sudah dipersiapkan misalnya PC (Personal Computer), dan mentransformasikan bit stream tersebut menjadi suatu sinyal analog yang dapat melintasi jaringan telepon.

Receiver (Penerima) menerima sinyal dari sistem transmisi dan menggabungkannya ke dalam bentuk tertentu yang dapat ditangkap oleh tujuan. Contoh : modem akan menerima sinyal analog yang datang dari jaringan atau jalur transmisi dan mengubahnya menjadi suatu digital bit stream.

2.7 Kamera Wireless

Suatu kamera kecil yang digunakan tanpa menggunakan kabel sebagai penghubung, yang berfungsi merekam adegan disekitarnya. Cara kerjanya

menangkap setiap adegan dan kemudian mengirimkan keadaan yang sesungguhnya saat itu juga atau yang biasa disebut dengan “siaran langsung” dengan cara mengirimkan data adegan tersebut ke receiver ditampilkan lewat layar monitor sebagai penerima data adegan tersebut yang dikirim dalam bentuk data. Pengiriman tersebut menggunakan gelombang radio untuk berkomunikasi. Kamera ini sangat cocok digunakan untuk kegiatan *mengamati suatu objek* atau untuk alasan keamanan. Gambar pada 2.20 menunjukkan wujud dari Kamera Wireless.



Gambar 2.20 Kamera *Wireless*

Kamera *Wireless* mengirimkan data dengan menggunakan gelombang 1.2Ghz yang disebut dengan transmiter dan terdapat 1 unit *receiver* sebagai penerima adegan yang dipancarkan oleh transmiter tersebut. Output dari *receiver* alat ini bisa dihubungkan langsung ke AV dari layar monitor, untuk melihat hasil tangkapan adegan dari kamera secara *real-time*.

2.8 Resistor

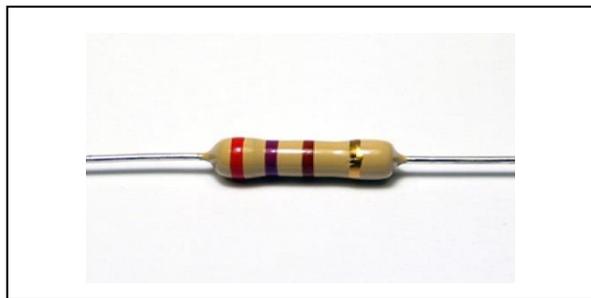
Pengertian Resistor adalah komponen elektronika yang memang didesain memiliki dua kutub yang nantinya dapat digunakan untuk menahan arus listrik apabila di aliri tegangan listrik antara kedua kutub tersebut. Resistor biasanya banyak digunakan sebagai bagian dari sirkuit elektronik. Tak cuma itu, komponen yang satu ini juga yang paling sering digunakan di antara komponen lainnya.

Resistor adalah komponen yang terbuat dari bahan isolator yang didalamnya mengandung nilai tertentu sesuai dengan nilai hambatan yang diinginkan. Berdasarkan hukum Ohm, nilai tegangan terhadap resistansi berbanding dengan arus yang mengalir :

$$V = \frac{IR}{V} \dots \dots \dots (12)$$

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (13)$$

Bentuk dari resistor sendiri saat ini ada bermacam-macam. Yang paling umum dan sering di temukan di pasaran adalah berbentuk bulat panjang dan terdapat beberapa lingkaran warna pada body resistor. Ada 4 lingkaran yang ada pada body resistor. Lingkaran warna tersebut berfungsi untuk menunjukkan nilai hambatan dari resistor. Gambar Resistor dapat dilihat pada gambar 2.21 dibawah ini.



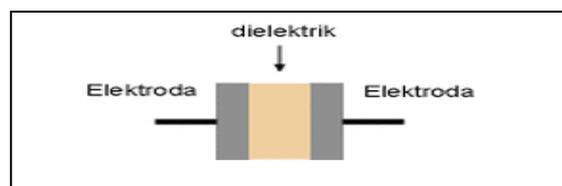
Gambar 2.21 Resistor

Karakteristik utama resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Sementara itu, karakteristik lainnya adalah koefisien suhu, derau listrik (noise) dan induktansi. Resistor juga dapat kita integrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit, bahkan bisa juga menggunakan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki resistor tergantung pada desain sirkuit itu sendiri, daya resistor yang dihasilkan juga harus sesuai dengan kebutuhan agar rangkaian tidak terbakar.

2.9 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen penyimpanan muatan listrik. Karena kemampuannya tersebut, maka kapasitor dapat digunakan sebagai filter yang dapat melewatkan sinyal AC (bolak-balik) tetapi tidak melewatkan tegangan DC (searah) sampai waktu tertentu.

Pengertian lain Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, elektrolit dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini “tersimpan” selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Kemampuan untuk menyimpan muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau kapasitas.



Gambar 2.22 Kapasitor

Kapasitor dapat dilihat seperti Gambar 2.22 diatas beserta bagiannya . Kapasitor memiliki kapasitansi, kapasitansi sendiri didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs. Dengan rumus dapat ditulis :

$$Q = CV \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

Q = muatan elektron dalam C (coulombs)

C = nilai kapasitansi dalam F (farads)

V = besar tegangan dalam V (volt)

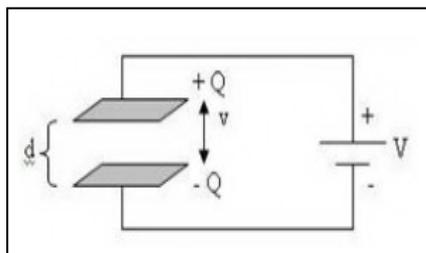
Dalam praktek pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas area plat metal (A), jarak (t) antara kedua plat metal (tebal dielektrik) dan konstanta (k) bahan dielektrik. Dengan rumusan dapat ditulis sebagai berikut :

$$C = (8.85 \times 10^{-12}) (k A/t) \dots\dots\dots(15)$$

Prinsip Pembentukan Kapasitor antara lain :

Jika dua buah plat atau lebih yang berhadapan dan dibatasi oleh isolasi, kemudian plat tersebut dialiri listrik maka akan terbentuk kondensator (isolasi yang menjadi batas kedua plat tersebut dinamakan dielektrikum). Bahan dielektrikum yang digunakan berbeda-beda sehingga penamaan kapasitor berdasarkan bahan dielektrikum. Luas plat yang berhadapan bahan dielektrikum dan jarak kedua plat mempengaruhi nilai kapasitansinya.

Pada suatu rangkaian yang tidak terjadi kapasitor liar. Sifat yang demikian itu disebutkan kapasitansi parasitic. Penyebabnya adalah adanya komponen-komponen yang berdekatan pada jalur penghantar listrik yang berdekatan dan gulungan-gulungan kawat yang berdekatan. Seperti terlihat pada Gambar 2.23 ada dua plat yang dibatasi udara.



Gambar 2.23 Dua buah plat yang dibatasi udara

Jarak kedua plat dinyatakan sebagai d dan tegangan listrik yang masuk. Besaran Kapasitansi Kapasitas dari sebuah kapasitor adalah perbandingan antara banyaknya muatan listrik dengan tegangan kapasitor.

$$C = Q / V \dots\dots\dots(16)$$

Jika dihitung dengan rumus $C = 0,0885 D/d$.

Maka kapasitansinya dalam satuan piko farad

D = luas bidang plat yang saling berhadapan dan saling mempengaruhi dalam satuan cm^2 .

d = jarak antara plat dalam satuan cm .

Bila tegangan antara plat 1 volt dan besarnya muatan listrik pada plat 1 coulomb, maka kemampuan menyimpan listriknya disebut 1 farad. Dalam kenyataannya kapasitor dibuat dengan satuan dibawah 1 farad. Kebanyakan kapasitor elektrolit dibuat mulai dari 1 mikrofard sampai beberapa milifarad.

Kapasitor memiliki jenis-jenis sesuai bahan dan konstruksinya. Kapasitor sama seperti juga resistor nilai kapasitansinya ada yang dibuat tetap dan ada yang variabel. Kapasitor dielektrikum udara, kapasitansinya berubah dari nilai maksimum ke minimum. Kapasitor variabel sering kita jumpai pada rangkaian pesawat penerima radio dibagian penala dan osilator. Agar perubahan kapasitansi di dua bagian tersebut serempak maka digunakan kapasitor variabel ganda. Kapasitor variabel ganda adalah dua buah kapasitor variabel dengan satu pemutar. Berdasarkan dielektrikumnya kapasitor dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain: kapasitor keramik, kapasitor film, kapasitor elektrolit, kapasitor tantalum, kapasitor kertas.

Berdasarkan polaritas kutup pada elektroda kapsitor dapat dibedakan dalam 2 jenis yaitu :

- Kapasitor Non-Polar

Kapasitor yang tidak memiliki polaritas pada kedua elektroda dan tidak perlu dibedakan kaki elektrodanya dalam pesangannya pada rangkaian elektronika.

- **Kapasitor Bi-Polar**

Yaitu kapasitor yang memiliki polaritas positif dan negatif pada elektrodanya, sehingga perlu diperhatikan pasangannya pada rangkaian elektronika dan tidak boleh terbalik. Kapasitor elektrolit dan kapasitor tantalum adalah kapasitor yang mempunyai kutub atau polar, sering disebut juga dengan nama kapasitor polar. Kapasitor film terdiri dari beberapa jenis yaitu polyester film, poly propylene film atau polysterene film

2.10 Baterai

Baterai (Battery) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti Handphone, Laptop, Senter, ataupun Remote Control menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya Baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Dalam kehidupan kita sehari-hari, kita dapat menemui dua jenis Baterai yaitu Baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja (Single Use) dan Baterai yang dapat di isi ulang (Rechargeable).