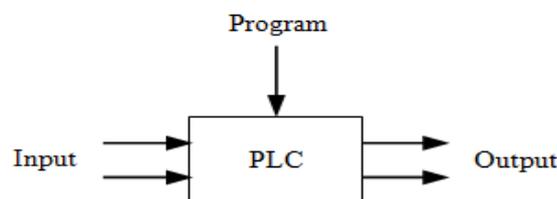


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLC (*Programmable Logic Controller*)¹

PLC (*Programmable logic controller*) merupakan suatu bentuk khusus pengendalian berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan intruksi-intruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi – fungsi logika, sequencing, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses seperti (gambar 2.1) dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman. Piranti ini dirancang sedemikian rupa agar tidak hanya programmer komputer saja yang dapat membuat dan mengubah program- programnya. Oleh karena itu, para perancang PLC telah menempatkan program awal di dalam piranti ini (*pre-program*) yang memungkinkan program-program kendali dimasukkan dengan menggunakan suatu bentuk bahasa pemrograman yang sederhana dan intuitif.



Gambar 2.1 Logika PLC (*Programmable Logic Controller*)

Istilah logika (*logic*) di gunakan karena pemrograman yang harus dilakukan sebagian besar berkaitan dengan pengimplementasian operasi- operasi logika dan penyambungan saklar. Perangkat-perangkat input, yaitu sensor-sensor semisal saklar dan perangkat-perangkat Output di dalam sistem yang di kendali, misalnya motor, katup, dll yang disambungkan ke PLC. Sang operator kemudian memasukan serangkaian intruksi, yaitu sebuah program ke dalam memory PLC. Perangkat pengontrol tersebut kemudian memantau input-input dan output-output

¹William Bolton, *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar Edisi Ketiga* (Jakarta: Erlangga, 2003), hlm. 03

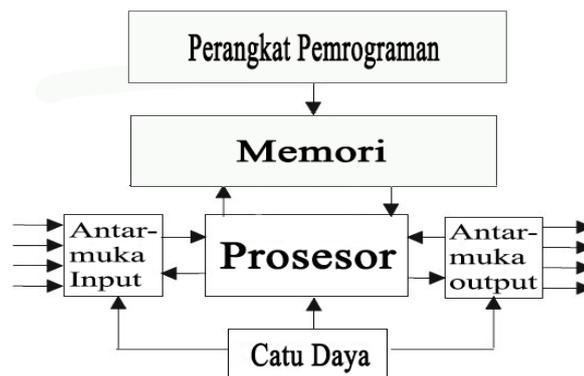


sesuai dengan intruksi-intruksi di dalam program dan melaksanakan aturan-aturan kendali yang telah diprogramkan.

PLC serupa dengan komputer namun, bedanya komputer dioptimalkan untuk tugas-tugas perhitungan dan penyajian data, sedangkan PLC dioptimalkan untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di dalam lingkungan industri. Dengan demikian PLC memiliki karakteristik :

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban, dan kebisingan.
2. Antarmuka input dan output telah tersedia secara built-in didalamnya.
3. Mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi- operasi logika dan penyambungan.

Perangkat PLC pertama kali dikembangkan pada tahun 1969. Dewasa ini PLC secara luas digunakan dan telah dikembangkan dari unit-unit kecil yang berdiri sendiri (*self-contained*) yang hanya mampu menangani sekitar 20 input/output menjadi sistem-sistem modular yang dapat menangani input/output dalam jumlah besar, menangani input/output analog maupun digital, dan melaksanakan mode-mode kontrol proporsional integral derivatif.



Gambar 2.2 Sistem PLC (*Programmable Logic Controller*)



2.1.1 Hardware

Umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar. Komponen-komponen ini adalah unit processor, memori, unit catu daya, bagian antarmuka input/output, dan perangkat pemrograman.

1. *Unit processor* atau *central processing unit* (unit pengolahan pusat) (*CPU*) adalah unit yang berisi mikroprocessor yang menginterpretasikan sinyal-sinyal input dan melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan, sesuai dengan program yang tersimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal kontrol ke antarmuka output.
2. *Unit catu daya* diperlukan untuk mengkonversikan tegangan AC sumber menjadi tegangan rendah DC (5V) yang dibutuhkan oleh *processor* dan rangkaian-rangkaian di dalam modul-modul antarmuka input dan output.
3. *Perangkat pemrograman* dipergunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program tersebut dibuat dengan menggunakan perangkat ini dan kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.
4. *Unit memori* adalah tempat dimana program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan oleh mikroprocessor disimpan.
5. *Bagian input dan output* adalah antarmuka di mana prosesor menerima informasi dari dan mengkomunikasikan informasi kontrol ke perangkat-perangkat eksternal. Sinyal-sinyal input, oleh karenanya, dapat berasal dari saklar-saklar.

Tahap dasar untuk penyiapan awal untuk memudahkan dan memasukkan program dalam PLC dengan mempersiapkan daftar seluruh peralatan input dan output beserta lokasi I/O bit, penempatan lokasi word dalam penulisan data. Untuk pemrograman sebuah PLC dahulu kita harus mengenal atau mengetahui tentang organisasi dan memorinya. Ilustrasi dari organisasi memori adalah sebagai peta memori (memori map), yang spacenya terdiri dari kategori *User Programable* dan *Data Table*. *User Program* adalah dimana program *Logic Ladder* dimasukkan dan disimpan yang berupa instruksi – instruksi dalam format *Logic Ladder*. Setiap instruksi memerlukan satu word didalam memori.



2.1.2 PLC Omron CP1E-E40 SDR-A²

Merupakan Jenis dari PLC Omron seri CP1E, sedangkan arti dari E40 merupakan jumlah dari output dan input yang terdapat pada PLC. PLC jenis ini dapat di implementasikan pada penggerak mekanisme alat industri, alat rumah tangga, dan tugas teknik lainnya, yang mana bersifat logika elektronika.



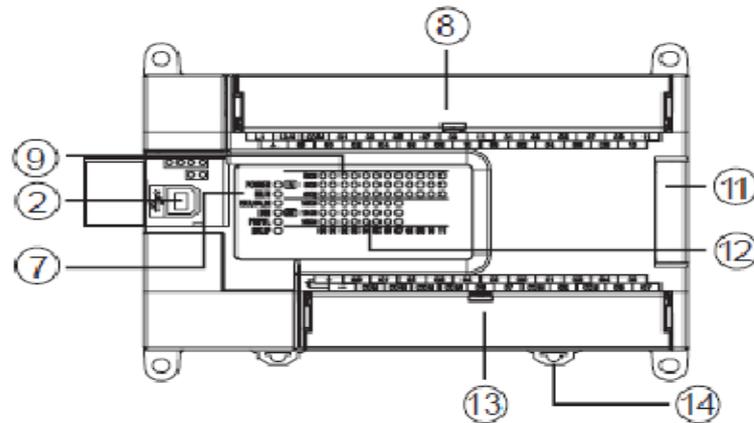
Gambar 2.3 PLC Omron CP1E-E40 SDR-A

PLC Omron seri CP1E memiliki I/O sebanyak 40 yang dimana 24 input bisa diubah menjadi analog, yaitu bekerja dengan tegangan 5 sampai 24 volt dan memiliki output sebanyak 16 yang dimana masing-masing output tersebut juga memiliki internal relay yang bekerja dengan arus hingga 10 A. PLC Omron seri CP1E bekerja dengan tegangan yang bisa diubah 100 sampai 240 VAC, Program memory: 2Ksteps (EEPROM), Data memory DM: 2Kwords. Dan memiliki minimal tegangan kerja 5 VDC dan maksimum tegangan kerja 24 VDC pada input PLC. Kemudian pada masing-masing output PLC memiliki internal relay yang memiliki maksimum arus kerja sebesar 10 A. PLC Omron seri CP1E memiliki sistem program dengan menggunakan software pemrograman CX-Programmer.

² Omron, "[SYSMAC CP-Series CP1E CPU Units Introduction Manual](#)". Introduction Manual, omron, hlm. 03.



Bagian-bagian dari PLC Omron CP1E-40 SDR-A³



Gambar 2.4 Bagian-Bagian PLC CP1E-40 SDR-A

Keterangan :

2 —————> Port USB periferal

Digunakan untuk koneksi ke komputer. Komputer bisa digunakan untuk pemrograman dan monitoring

7 —————> Indikator operasi

Menunjukkan status operasi CP1L. Status yang terindikasi meliputi status daya, mode operasi, kesalahan, dan status komunikasi USB perifer

8 —————> Blok catu daya, ground, dan input

Digunakan untuk menghubungkan jalur catu daya, ground , dan jalur input

9 —————> Indikator input

Indikator bila kontak terminal input yang sesuai adalah ON kecuali untuk terminal input analog

11 —————> Konektor unit I / O

Digunakan untuk menghubungkan unit I / O CP-series dan unit ekspansi

12 —————> Indikator output

Indikator bila kontak terminal keluaran yang sesuai adalah ON kecuali untuk terminal keluaran analog.

13 —————> Pasokan daya eksternal dan blok terminal keluaran

• Terminal catu daya eksternal:

³ Omron, "Programmable Controller [SYSMAC CP1L/CP1E](#) ", SYSMAC CP1L/CP1E Introduction Manual, hlm. 18-20



Unit yang menggunakan catu daya AC memiliki terminal power supply 24VDC eksternal dengan kapasitas maksimal 300mA. Ini bisa digunakan sebagai power supply servis untuk perangkat input.

Unit CPU CP1E E10 / 14/20 (S) atau N14 / 20 tidak memiliki terminal catu daya eksternal.

- Terminal output: Digunakan untuk menghubungkan jalur output

14 —————▶ Pasokan daya eksternal dan blok terminal keluaran

- Terminal catu daya eksternal:

Unit yang menggunakan catu daya AC memiliki terminal power supply 24VDC eksternal dengan kapasitas maksimal 300mA. Ini bisa digunakan sebagai power supply servis untuk perangkat input.

Unit CPU CP1E E10 / 14/20 (S) atau N14 / 20 tidak memiliki terminal catu daya eksternal.

- Terminal output: Digunakan untuk menghubungkan jalur output

2.1.3 Software CX-Programmer⁴

CX-Programmer merupakan software khusus untuk memprogram PLC buatan OMRON. CX Programmer ini sendiri merupakan salah satu software bagian dari CX-One. Dengan CX-Programmer ini kita bisa memprogram aneka PLC buatan omron dan salah satu fitur yang saya suka yaitu adanya fitur simulasi tanpa harus terhubung dengan PLC, sehingga kita bisa mensimulasikan ladder yang kita buat, dan simulasi ini juga bisa kita hubungkan dengan HMI PLC Omron yang telah kita buat dengan menggunakan CX-Designer (bagian dari CX-One).

Software ini beroperasi di bawah sistem operasi Windows, oleh sebab itu pemakai software ini diharapkan sudah familier dengan sistem operasi Windows antara lain untuk menjalankan software program aplikasi, membuat file, menyimpan file, mencetak file, menutup file, membuka file, dan keluar dari (menutup) software program. Ada beberapa persyaratan minimum yang harus

⁴Musbikhin._____. Pengantar CX Programmer (Seri Belajar PLC), online diakses 25 Mei 2017 pada pukul 15.32 WIB dari (<http://www.musbikhin.com/pengantar-cx-programmer-seribelajaplc>).



dipenuhi untuk bisa mengoperasikan CX Programmer secara optimal yaitu:

Komputer IBM PC/AT kompatibel

CPU Pentium I minimal 133 MHz

RAM 32 Mega bytes

Hard disk dengan ruang kosong kurang lebih 100 MB

Monitor SVGA dengan resolusi 800 x 600

2.1.4 Program PLC

Suatu software yang berfungsi sebagai pengontrol otomatis yang berupa softcontact yang diimplementasikan kedalam suatu bentuk bilangan logika. Sehingga dapat mengatur sistem suatu alat industri elektronika dan mekanik.

Ada 2 sistem pemrograman pada PLC Omron CP1E-E40SDR-A :

1. *Function Block Diagram* : Jenis Teknik Pemrograman Logic yang tersusun dari block-block diagram dalam1 fungsi blok diagram khusus.
2. *Ladder Diagram* : Jenis Teknik Pemrograman Logic yang disusun dalam satuan-satuan kontak untuk menghasilkan fungsi tertentu dalam menghasilkan logika yang terdiri dari kontak NC, NO, Timer, Counter, dan lain-lain.

2.2 Tombol Tekan

Prinsip kerja tombol tekan hampir sama dengan saklar tekan yang digunakan pada instalasi penerangan, bedanya jika saklar tekan jenis yang mempunyai togel akan langsung mengikat/mengunci, sedangkan pada tombol tekan tidak ada. Jadi tombol tekan setelah ditekan tidak akan mengunci, tetapi kembali keadaannya semula. Ada dua kontak yang dapat dilakukan oleh tombol tombol tekan, yaitu :

1. Kontak NO (Normally Open) Biasanya berwarna hijau.
2. Kontak NC (Normally Close) Biasanya berwarna Merah.



Gambar 2.5 Tombol Tekan Kontak NO dan Kontak NC



2.3 Limit switch

Limit switch merupakan saklar atau perangkat elektromekanis yang mempunyai tuas aktuator sebagai pengubah posisi kontak terminal (dari Normally Open/ NO ke Close atau sebaliknya dari Normally Close/NC ke Open). Posisi kontak akan berubah ketika tuas aktuator tersebut terdorong atau tertekan oleh suatu objek. Sama halnya dengan saklar pada umumnya, limit switch juga hanya mempunyai 2 kondisi, yaitu menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik. Dengan kata lain hanya mempunyai kondisi ON atau Off.



Gambar 2.6 *Limit Switch*

2.4 Saklar Pemilih (*Selector Switch*)

Saklar jenis ini pada umumnya tersedia dua, tiga atau empat pilihan posisi, dengan berbagai tipe knop. Saklar pemilih biasanya dipasang pada panel kontrol untuk memilih jenis operasi yang berbeda.

Selector Switch digunakan untuk memilih, banyak sekali type *selector switch*, tapi biasanya hanya dua type yang sering di gunakan, yaitu 2 posisi, (ON-OFF/Start-Stop/0-1, dll) dan 3 posisi (ON-OFF-ON/Auto-Off-Manual,dll)dengan *selector switch*, kondisi peralatan dapat langsung di ketahui dari penunjukan tangkai *selector switch*, dengan *selector switch*, rangkaian ON-OFF lebih sederhana, karena *selector switch* tidak seperti tombol tekan yang hanya kontak sementara.



Gambar 2.7 *Selector Switch*



2.5 Sensor RFID

RFID adalah singkatan dari *Radio Frequency Identification*. RFID adalah sistem identifikasi tanpa kabel yang memungkinkan pengambilan data tanpa harus bersentuhan seperti barcode dan magnetic card seperti ATM. RFID kini banyak dipakai diberbagai bidang seperti perusahaan, supermarket, rumah sakit bahkan terakhir digunakan dimobil untuk identifikasi penggunaan BBM bersubsidi bahkan dapat diaplikasikan untuk sistem parkir otomatis



Gambar 2.8 RFID

2.6 Lampu Tanda

Lampu tanda atau biasa disebut juga *pilot lamp* digunakan pada peralatan kontrol untuk menandai bekerja atau tidaknya suatu peralatan atau rangkaian, dapat juga sebagai kondisi/keadaan beban. Jika lampu tanda dipergunakan untuk menandai suatu peralatan yang sedang bekerja, maka lampu tanda dipasang seri pada kontak NO, sedangkan apabila lampu tanda digunakan untuk menandai tidak bekerjanya suatu peralatan, maka lampu tanda dipasang paralel pada kontak NC pada rangkaian yang mengontrol peralatan tersebut. Jika lampu tanda dipergunakan untuk menandai keadaan suatu peralatan/beban, maka lampu tanda mempergunakan warna-warna yang berbeda-beda bergantung pada kondisi peralatan/beban yang ditandai. Lampu tanda tidak jauh berbeda dengan lampu penerangan biasa, biasanya lampu ini mempunyai tahanan dalam yang besar sehingga dayanya rata-rata kecil.



Lampu tanda juga sama seperti lampu penerangan biasa yang mempunyai bentuk bermacam-macam yang biasa dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Lampu Tanda

2.7 Relay

Relay adalah suatu piranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor (saklar) yang tersusun. Relay akan tertutup (On) atau terbuka (Off) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar dimana pergerakan Relay (On/Off) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

Sebagai komponen elektronika, relay mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian relay dapat berfungsi sebagai pengaman.



Gambar 2.10 Relay

2.8 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja



buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).



Gambar 2.11 Buzzer

2.9 Motor Arus Searah (DC)

2.9.1 Umum

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Sebuah motor listrik berfungsi untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu, sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah.

Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar. Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat.

Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan

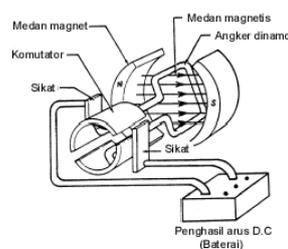


menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini menimbulkan suatu gaya sehingga akan menimbulkan momen puntir atau torsi.

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor. Motor listrik digunakan juga dirumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “ Kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor DC terdapat dalam berbagai ukuran dan kekuatan, masing- masing didisain untuk keperluan yang berbeda-beda namun secara umum memiliki berfungsi dasar yang sama yaitu mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Sebuah motor DC sederhana dibangun dengan menempatkan kawat yang dialiri arus di dalam medan magnet kawat yang membentuk loop ditempatkan sedemikian rupa diantara dua buah magnet permanen. Bila arus mengalir pada kawat, arus akan menghasilkan medan magnet sendiri yang arahnya berubah-ubah terhadap arah medan magnet permanen sehingga menimbulkan putaran.

Keuntungan pemakaian motor DC terletak didalam berbagai karakteristik penampilan yang diberikan oleh banyaknya kemungkinan dari peneralan shunt, seri dan Kompon. Masih banyak lagi kemungkinan yang ada jika ditambahkan lagi seperangkat sikat sehingga diperoleh tegangan lain dari komutator. Jadi keluasan dari pemakaian dari system mesin DC dan mudahnya dipasangkan sistem pengaturannya, baik secara manual maupun otomatis.

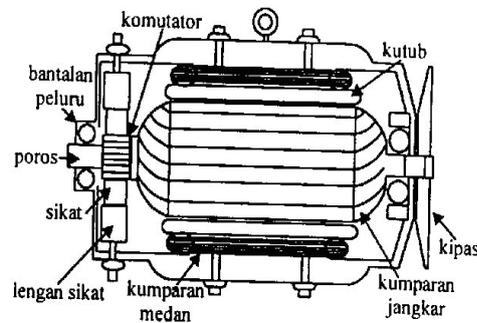


Gambar 2.12 Motor Arus Searah Sederhana



2.9.2 Konstruksi Motor Arus Searah

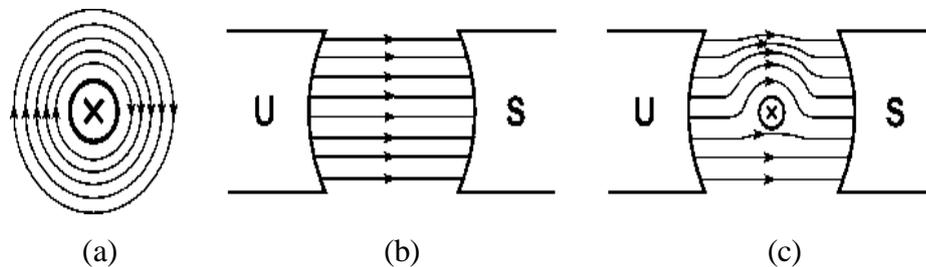
Gambar di bawah ini merupakan konstruksi motor arus searah.



Gambar 2.13 Konstruksi motor arus searah

2.9.3 Prinsip Kerja Motor Arus Searah

Sebuah konduktor yang dialiri arus mempunyai medan magnet disekelilingnya. Pada saat konduktor yang dialiri arus listrik yang ditempatkan pada suatu medan magnet maka konduktor akan mengalami gaya mekanik, seperti diperlihatkan pada gambar:



Gambar 2.16 pengaruh penempatan konduktor berarus dalam medan magnet

Gambar 2.16 (a) menggambarkan sebuah konduktor yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet disekelilingnya. Arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor dapat diperoleh dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Kuat medan tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada konduktor.

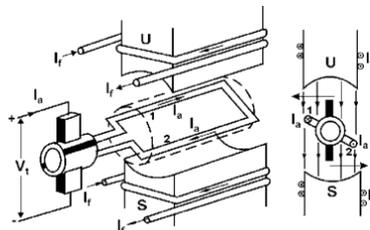
Sedangkan gambar 2.16 (b) menunjukkan sebuah medan magnet yang arah medan magnetnya adalah dari kutub utara menuju kutub selatan. Pada saat konduktor dengan arah arus menjauhi pembaca ditempatkan didalam medan searagam maka medan gabungannya akan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.16 (c) daerah di atas konduktor, medan yang ditimbulkan konduktor, medan



yang ditimbulkan konduktor adalah dari kiri ke kanan, atau pada arah yang sama dengan medan utama. Hasilnya adalah memperkuat medan atau menambah kerapatan fluksi di atas konduktor dan melemahkan medan atau mengurangi kerapatan fluksi di bawah konduktor.

Dalam keadaan ini, fluksi di daerah di atas konduktor yang kerapatannya bertambah akan mengusahakan gaya ke bawah kepada konduktor, untuk mengurangi kerapatannya. Hal ini menyebabkan konduktor mengalami gaya berupa dorongan ke arah bawah. Begitu juga halnya jika arah arus dalam konduktor dibalik. Kerapatan fluksi yang berada di bawah konduktor akan bertambah sedangkan kerapatan fluksi di atas konduktor berkurang. Sehingga konduktor akan mendapatkan gaya tolak ke arah atas. Konduktor yang mengalirkan arus dalam medan magnet cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan.

Prinsip kerja sebuah motor arus searah dapat dijelaskan dengan gambar berikut ini.

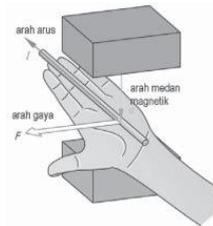


Gambar 2.17 Prinsip perputaran motor DC

Pada saat kumparan medan dihubungkan dengan sumber tegangan, mengalir arus medan I_f pada kumparan medan karena rangkaian tertutup sehingga menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan. Selanjutnya ketika kumparan jangkar dihubungkan ke sumber tegangan, pada kumparan jangkar mengalir arus jangkar I_a . Arus yang mengalir pada konduktor-konduktor kumparan jangkar menimbulkan fluksi magnet yang melingkar. Fluksi jangkar ini memotong fluksi dari kutub medan, sehingga menyebabkan perubahan kerapatan fluksi dari medan utama. Hal ini menyebabkan jangkar mengalami gaya sehingga menimbulkan torsi.



Gaya yang dihasilkan pada setiap konduktor dari sebuah jangkar, merupakan akibat aksi gabungan medan utama dan medan disekeliling konduktor. Gaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan besar fluksi medan utama dan kuat medan di sekeliling konduktor. Medan di sekeliling masing-masing konduktor jangkar tergantung pada besarnya arus jangkar yang mengalir pada konduktor tersebut. Arah gaya ini dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri.



Gambar 2.18 Aturan Tangan Kiri Penentuan Arah Gerak Kawat Berarus

Besarnya gaya $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\theta$, karena arus jangkar (I) tegak lurus dengan arah induksi magnetik (B) maka besar gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada konduktor jangkar yang ditempatkan dalam suatu medan adalah :

$$F = B \cdot I \cdot l \text{ Newton} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

F = Gaya lorenz (Newton)

I = Arus yang mengalir pada konduktor jangkar (Ampere)

B = Kerapatan fluksi (Weber/m^2)

L = Panjang konduktor jangkar (m)

Sedangkan torsi yang dihasilkan motor dapat ditentukan dengan:

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.2)$$

Bila torsi yang dihasilkan motor lebih besar dari pada torsi beban maka motor akan berputar. Besarnya torsi beban dapat dituliskan dengan:

$$T = \dots \cdot \Phi \cdot I \dots\dots\dots (2.3)$$

$$K = \frac{P \cdot Z}{2 \pi a} \dots\dots\dots (2.4)$$

Hubungan antara kecepatan fluks medan dan tegangan motor DC ditunjukkan dalam persamaan berikut :

Gaya Elektromagnetik



$$E_a = k \Phi n \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

E_a = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal motor DC (volt)

n = kecepatan motor DC

T = torsi (N-m)

K = konstanta (bergantung pada ukuran fisik motor)

Φ = fluksi setiap kutub

I_a = arus jangkar (A)

P = jumlah kutub

z = jumlah konduktor a = cabang paralel

2.9.4 GGL Lawan Pada Motor Arus Searah

Ketika jangkar motor berputar konduktornya juga berputar dan memotong fluksi utama. Sesuai dengan hukum faraday, akibat gerakan konduktor di dalam suatu medan magnetik maka pada konduktor tersebut akan timbul GGL induksi yang diinduksikan pada konduktor tersebut dimana arahnya berlawanan dengan tegangan yang diberikan pada motor. Karena arahnya melawan, maka hal tersebut disebut GGL lawan.

Besarnya tegangan yang diinduksikan tersebut sesuai dengan persamaan berikut :

$$E_b = \frac{P.Z}{a 60} n. \Phi \dots\dots\dots (2.6)$$

Persamaan tegangan secara umum dapat ditulis sebagai berikut :

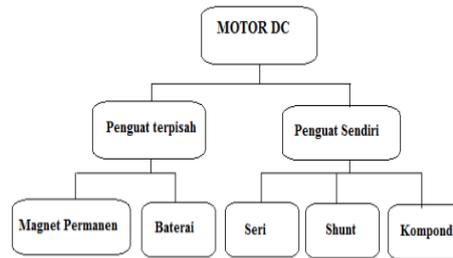
$$E_b = K.n.\Phi \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$$K = \text{konstanta} = \frac{P.Z}{a 60} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.9.5 Macam-Macam Motor Arus Searah

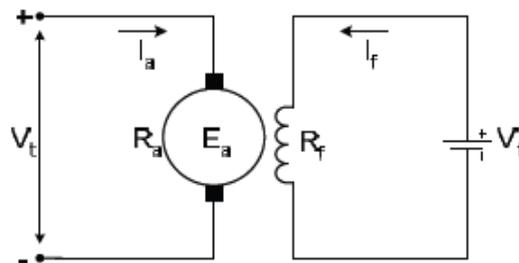
Jenis-jenis motor arus searah dapat dibedakan berdasarkan jenis penguatannya, yaitu hubungan rangkaian kumparan medan dengan kumparan jangkar. Sehingga motor arus searah dibedakan menjadi :



Gambar 2.19 Jenis Motor Arus Searah

2.9.5.1 Motor Arus Searah Penguatan Terpisah

Motor arus searah penguatan terpisah adalah motor arus searah yang sumber tegangan penguatannya berasal dari luar motor. Di mana kumparan medan disuplai dari sumber tegangan DC tersendiri. Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan bebas dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.20 Rangkaian Ekivalen Motor Arus Searah Penguatan Bebas

$$V_t = E_a + I_a R_a \dots\dots\dots (2.8)$$

$$V_f = I_f + R_f \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

V = tegangan terminal jangkar motor arus searah (volt)

I = arus jangkar (Amp)

R = tahanan jangkar (ohm)

I = arus medan penguatan bebas (amp)

R = tahanan medan penguatan bebas (ohm)

V = tegangan terminal medan penguatan bebas (volt)

E_c = gaya gerak listrik motor arus searah (volt)

Umumnya jatuh tegangan pada sikat relatif kecil sehingga besarnya dapat



diabaikan. Untuk rumus selanjutnya V_{sikat} ini diabaikan.

2.9.5.2 Motor Arus Searah Penguatan Sendiri

Motor arus searah penguatan sendiri adalah Motor arus searah jika arus penguat magnet diperoleh dari motor itu sendiri. Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar motor DC dengan penguat sendiri dapat dibagi atas tiga yaitu:

2.9.5.2.1 Motor Arus Searah Penguatan Shunt

Pada motor yang dipteral shunt dan motor yang dipteral secara terpisah fluks medan hamper tetap besarnya. Akibatnya, penambahan momen-kakas harus disertai dengan penambahan arus armature yang sangat hamper sebanding besarnya dan karenanya dengan sedikit penurunan pada tgl lawan agar penambahan arus tersebut dapat melalui tahanan armature yang kecil. Seperti motor induksi sangkar tupai, motor shunt sesungguhnya merupakan suatu motor berkecepatan tetap yang mempunyai sekitar 5 persen penurunan kecepatan dari keadaan tanpa beban ke beban penuh. Suatu conntoh karakteristik kecepatan beban beban ditunjukkan berupa kurva garis penuh. Momen-kakas saat dihidupkan dan momen-kakas maksimum dibatasi oleh arus armature yang dapat berkomutasi dengan baik.

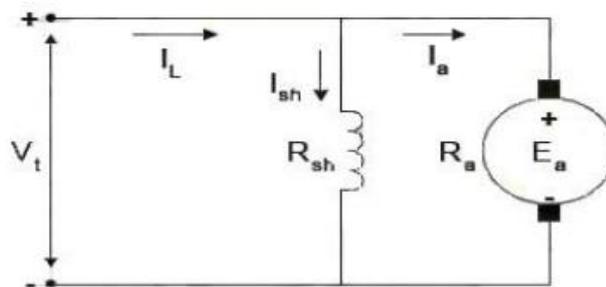
Keuntungan yang menonjol dari motor shunt adalah kemudahannya dalam mengatur kecepatannya. Dengan sebuah *rheostat* pada rangkaian medanshuntnya, arus medan dan fluks tiap kutub dapat diubah-ubah menurut kemauan kita, dan perubahan fluks menyebabkan perubahan sebaliknya dari kecepatan untuk menjaga tgl lawan kira-kira sama dengan tegangan ujung yang diberikan. Suatu rentang kecepatan maksimum sekitar 4 sampai dengan 5 terhadap 1 dapat diperoleh dengan cara tersebut, dengan pembatasan juga juga pada keadaan komutasinya. Dengan mengubah-ubah tengangan armature yang diberikan, dapat diperoleh rentang kecepatan yang sangat lebar.

Motor dc jenis shunt pada motor shunt, kumparan medan shunt dibuat dengan banyak lilitan kawat kecil sehingga mempunyai tahanan yang tinggi. Motor shunt mempunyai rangkaian jangkar dan medan yang dihubungkan parallel yang memberikan kekuatan medan dan kecepatan motor yang sangat konstan.



Kecepatan motor dapat dikontrol di atas kecepatan dasar. Kecepatan motor akan menjadi berbanding terbalik dengan arus medan. Ini berarti motor shunt berputar cepat dengan arus medan rendah dan berputar lambat pada saat arus medan ditambah. Motor shunt dapat melaju pada kecepatan tinggi jika arus kumparan medan hilang.

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan shunt



Gambar 2.21 Motor Arus Searah Penguatan Shunt

Persamaan umum motor arus searah penguatan shunt

$$V_t = E_a + I_a R_a \dots\dots\dots(2.10)$$

$$V_{sh} = V_t = I_{sh} \cdot R_{sh} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

I_{sh} = arus kumparan medan shunt (ohm)

V_{sh} = tegangan terminal medan motor arus searah (volt)

R_{sh} = tahanan medan shunt (ohm)

I_L = arus beban (ampere)

2.9.5.2.2 Motor Arus Searah Penguatan Seri

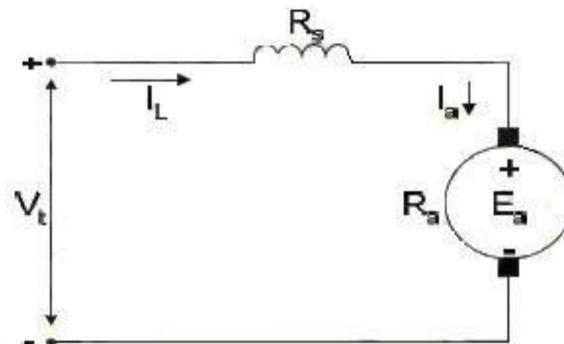
Pada motor DC, penambahan beban akan disertai dengan penambahan arus armature dan fluks medan stator (asal besinya tidak jenuh sama sekali). Karena fluks bertambah besar menurut beban, maka kecepatannya harus berkurang untuk menjaga kesetimbangan antara tegangan yang diberikan dan tegangan lawan; selanjutnya, penambahan arus armature yang disebabkan oleh penambahan momen- kaku lebih kecil dari pada yang terdapat pada motor shunt karena penambahan fluks. Karenanya motor seri merupakan suatu motor dengan



kecepatan berubah-ubah yang ditandai dengan suatu karakteristik kecepatan beban yang melengkung ke bawah seperti tampak pada gambar 2.10. Pada pemakaian yang memerlukan beban lewat momen-kakas yang berat, karakteristik tersebut sungguh menguntungkan karena beban lewat daya yang bersangkutan dijaga pada harga yang lebih sesuai oleh penurunan kecepatan yang bersangkutan. Karakteristik awal kerja yang baik juga diperoleh dari penambahan fluks menurut penambahan arus armature.

Motor dc jenis seri terdiri dari medan seri dibuat dari sedikit lilitan kawat besar yang dihubungkan seri dengan jangkar. Jenis motor dc ini mempunyai karakteristik torsi start dan kecepatan variable yang tinggi. Ini berarti bahwa motor dapat start atau menggerakkan beban yang sangat berat, tetapi kecepatan akan bertambah kalau beban turun. Motor dc seri dapat membangkitkan torsi starting yang besar karena arus yang sama yang melewati jangkar juga melewati medan. Jadi, jika jangkar memerlukan arus lebih banyak, arus ini juga melewati medan, menambah kekuatan medan. Oleh karena itu, motor seri berputar cepat dengan beban ringan dan berputar lambat saat beban ditambahkan.

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan seri



Gambar 2.22 Motor Arus Searah Penguatan Seri

$$V_a = E_a + I_a (R_a + R_s) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$I_a = \left[\frac{V_t - E_a}{R_a + R_s} \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

$$I_a = I_L = I_F \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

I_a = arus kumparan medan seri (ampere)

I_L = arus medan seri (ampere)



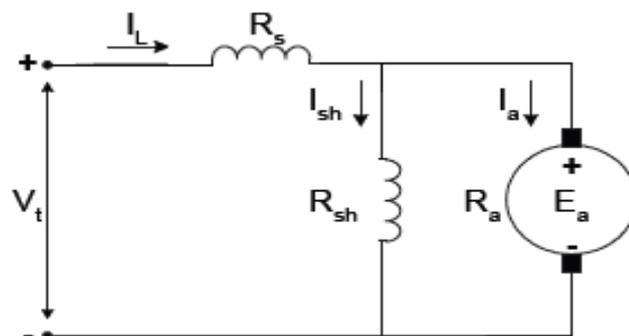
2.9.5.2.3 Motor Arus Searah Penguatan Kompon

Motor DC Jenis *Compound* ini menggunakan lilitan seri dan lilitan shunt, yang umumnya digabung sehingga medan-medannya bertambah secara kumulatif. Hubungan dua lilitan ini menghasilkan karakteristik pada motor medan shunt dan motor medan seri. Kecepatan motor tersebut bervariasi lebih sedikit dibandingkan motor shunt, tetapi tidak sebanyak motor seri. Motor dc jenis compound juga mempunyai torsi starting yang agak besar – jauh lebih besar daripada motor jenis shunt, tapi lebih kecil dibandingkan jenis seri. Keistimewaan gabungan ini membuat motor compound memberikan variasi penggunaan yang luas.

Pada motor majemuk (compound) medan seri dapat dihubungkan baik secara *kumulatif*, sehingga agm-nya ditambahkan pada agm yang berasal dari medan shunt-nya, atau secara *diferensial*, sehingga berlawanan. Hubungan diferensial sangat jarang digunakan. Seperti diperlihatkan oleh kurva bergaris putus-putus pada gambar 2. 10, suatu motor majemuk yang dihubungkan secara kumulatif mempunyai karakteristik kecepatan beban yang terletak di tengah-tengah antara motor shunt dan motor seri, dan turunya kecepatan menurut beban tergantung pada jumlah relative dari amper-belitan pada medan shunt dan medan seri. Motor tersebut tidak mempunyai kerugian berupa kecepatan beban ringan yang sangat tinggi yang terdapat pada motor seri, tetapi sampai pada tingkatan tertentu masih mempunyai keuntungan peneralan seri. Motor arus searah penguatan kompon terbagi atas dua, yaitu:

2.9.5.2.3.1 Motor Arus Searah Penguatan Kompon Pendek

Rangkaian ekuivalen motor arus searah penguatan Kompon pendek



Gambar 2.23 Motor Arus Searah Penguatan Kompon Pendek



Persamaan umum motor arus searah penguatan kompon pendek :

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$V_t = E_a + I_a.R_a + I_L.R_s \dots\dots\dots(2.17)$$

$$P_{in} = V_t.I_L \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

$I_L.R_s$ = tegangan jatuh pada kumparan seri

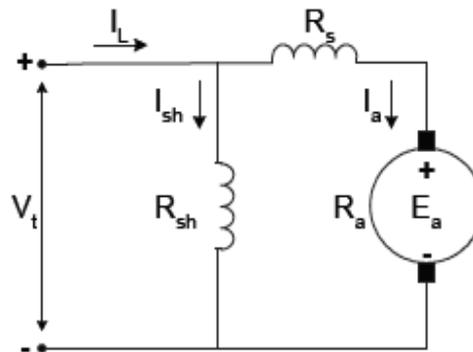
$(I_L)^2.R_s$ = rugi daya pada kumparan seri

$I_a.R_a$ = tegangan jatuh pada kumparan armatur

$(I_a)^2.R_a$ = rugi daya armature

2.9.5.2.3.2 Motor Arus Searah Penguatan Kompon Panjang

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan Kompon panjang



Gambar 2.24 Motor Arus Searah Penguatan Terpisah

Persamaan umum motor arus searah penguatan Kompon panjang:

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$V_t = E_a + I_a.(R_a+R_s) \dots\dots\dots(2.20)$$

$$P_{in} = V_t.I_L \dots\dots\dots(2.21)$$

$$V_t = V_{sh} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

$I_L.R_{sr}$ = tegangan jatuh pada kumparan seri

$(I_a)^2.R_{sr}$ = rugi daya pada kumparan seri

$(I_a)^2.R_{sh}$ = rugi daya pada kumparan shunt

$(I_a)^2.R_a$ = rugi daya armature



2.10 Arduino⁵

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor **Atmel AVR** dan softwarena memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino juga merupakan *platform* hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya.



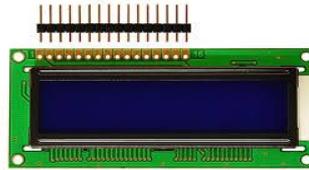
Gambar 2.25 Arduino Atmega 2560

2.11 Liquid Crystal Display (LCD) 20*4⁶

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

⁵ Wikipedia, *Arduino*, (<https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino>, diakses 29 Mei 2017)

⁶ Fahmizal, *Cara Kerja LCD Secara Umum*, (<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/cara-kerja-lcd-secara-umum/>, diakses 8 April 2017).



Gambar 2.26 Bentuk Fisik LCD

2.12 Pengenalan parkir

Parkir adalah keadaan tidak bergerak suatu kendaraan yang tidak bersifat sementara, sedangkan fasilitas parkir adalah lokasi yang ditentukan sebagai tempat pemberhentian kendaraan yang tidak bersifat sementara untuk melakukan kegiatan pada suatu kurun waktu (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 1996).

Berdasarkan jenisnya parkir dapat dibedakan dalam beberapa tipe, yakni:

2.12.1 Parkir Menurut Tempat

1. *On Street Parking*

Parkir jenis ini mengambil tempat di sepanjang jalan, dengan atau tanpa melebarkan jalan untuk fasilitas parkir.

2. *Off Street Parking*

Parkir jenis ini menempati pelataran parkir tertentu diluar badan jalan baik halaman terbuka atau di dalam bangunan khusus untuk parkir.

2.12.2 Parkir Menurut Posisi

1. Parkir Sejajar Sumbu jalan (180°)
2. Parkir Bersudut 30° , 45° , dan 60° dengan sumbu jalan
3. Parkir tegak Lurus sumbu Jalan (90°)

2.12.3 Parkir Menurut Status

1. Parkir Umum

Perparkiran yang menggunakan tanah-tanah, jalan-jalan atau lapangan yang dimiliki dan dikelola oleh Pemerintah Daerah.

2. Parkir Khusus

Perparkiran yang menggunakan tanah-tanah yang dikuasai dan pengelolaannya diselenggarakan oleh pihak ketiga.

3. Parkir Darurat

Perparkiran di tempat-tempat umum, baik di tanah, jalan, lapangan



milik Pemerintah Daerah atau swasta karena kegiatan insidental.

4. Taman Parkir

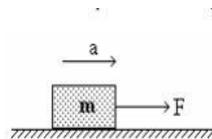
Suatu areal bangunan perparkiran yang dilengkapi fasilitas sarana perparkiran yang pengelolaannya diselenggarakan oleh Pemerintah Daerah.

1. Gedung Parkir

Bangunan yang dimanfaatkan untuk tempat parkir yang diselenggarakan oleh Pemerintah Daerah atau pihak yang mendapat izin dari Pemerintah Daerah

2.13 Hukum II Newton

Besarnya percepatan a berbanding lurus dengan besarnya gaya F dan berbanding terbalik dengan konstanta k yang merupakan ukuran kuantitas benda yang besarnya selalu tetap, selanjutnya disebut massa benda. Hukum ini dikenal sebagai hukum II Newton, dan secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:



$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

F = gaya (newton)

m = massa (kg)

a = percepatan (m/s^2)

Berat suatu benda (w) adalah besarnya gaya tarik bumi terhadap benda tersebut dan arahnya menuju pusat bumi (vertikal ke bawah).

Hubungan massa dan berat :

$$w = m \cdot g \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

w = gaya berat (N).

m = massa benda (kg).

g = percepatan gravitasi (m/s^2) ketetapan = $10 m/s^2$



Perbedaan antara massa dan berat

- Massa (m) merupakan besaran skalar besarnya di sembarang tempat untuk suatu benda yang sama selalu **tetap**.
- Berat (w) merupakan besaran vektor di mana besarnya tergantung pada tempatnya (percepatan gravitasi pada tempat benda berada).

2.14 Usaha Dan Daya

1. Usaha

Dalam ilmu fisika, usaha mempunyai arti, jika sebuah benda berpindah tempat sejauh s karena pengaruh F yang searah dengan perpindahannya maka usaha yang dilakukan sama dengan hasil kali antara gaya dan perpindahannya, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$W = F \cdot s \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

W = Usaha (joule)

F = Gaya (Newton)

s = Perpindahan (Meter)

Rumus ini digunakan ketika perpindahannya secara horizontal (dari kiri kekanan atau dari (kanan ke kiri).

atau

$$W = m \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(2.26)$$

Rumus ini digunakan ketika perpindahannya secara vertikal (dari atas kebawah) atau (dari bawah ke atas).

Dimana :

W = Usaha (joule)

m = Massa benda (Kg)

g = Gravitasi (m/s^2) ketetapan = $10 m/s^2$

h = Ketinggian (Meter)

2. Daya

Daya (P) adalah usaha yang dilakukan tiap satuan waktu, secara matematis didefinisikan sebagai berikut:



$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

P = Daya

W = Usaha (joule)

t = Waktu (sekon)