

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Motor Listrik**

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor.

Menurut sumber tegangan yang digunakan, motor listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu motor listrik AC dan DC.

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

##### **a. Beban torsi konstan**

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

##### **b. Beban dengan torsi yang bervariasi**

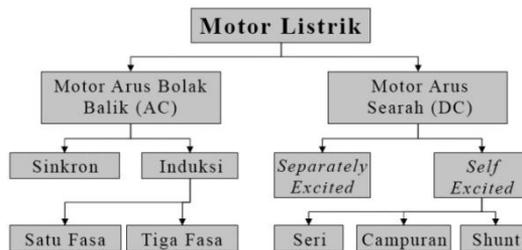
Beban dengan torsi yang bervariasi adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan torsi yang bervariasi adalah pompa sentrifugal dan kipas angin (torsi bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).

**c. Beban dengan energi konstan**

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.

**2.2. Jenis-Jenis Motor Listrik**

Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Kemudian dari jenis tersebut digolongkan menjadi beberapa klasifikasi lagi sesuai dengan karakteristiknya.



**Gambar 2.1.** Jenis-Jenis Motor Listrik

Sumber: <http://zoniaelektro.net/>

**2.2.1 Motor Arus Searah Dan Kendali**

Konstruksi motor searah (DC) sangat mirip dengan generator DC. Mesin yang bekerja baik sebagai generator akan bekerja dengan baik juga sebagai motor. Pada motor DC terdapat klasifikasi umum untuk rumah (penutup) motor DC yang telah ditetapkan oleh pabrik, dikarenakan motor kerap kali dioperasikan di lokasi yang berdebu, lembab atau korosif yang mungkin dapat

membuat motor mudah mendapat kerusakan mekanis. Klasifikasi tersebut terdiri dari:

- **Motor Terbuka**

Motor terbuka mempunyai lubang ventilasi yang memungkinkan lewatnya udara pendingin dari luar ke sekeliling lilitan motor. Walaupun udara luar diizinkan masuk kedalam motor terbuka, bukaan ventilasi dikonstruksikan sedemikian agar dapat mencegah masuknya benda cair atau padat. Motor terbuka yang demikian diklasifikasikan menurut konstruksinya yaitu sebagai tahan tetesan (drip proof), tahan percukan air (splash - proof), tahan cuaca (weather - protected).

- **Motor Tertutup Sempurna**

Seperti namanya, motor ini benar-benar tertutup sehingga tidak ada udara ventilasi yang dapat memasuki motor.

### **2.2.2 Motor Shunt**

Ini merupakan tipe motor DC yang paling umum. Cara hubungannya sama seperti generator shunt. Yaitu medan shunt dihubungkan langsung pada terminal sehingga paralel dengan rangkaian jangkar. Tahanan geser medan biasanya dihubungkan seri dengan medan.

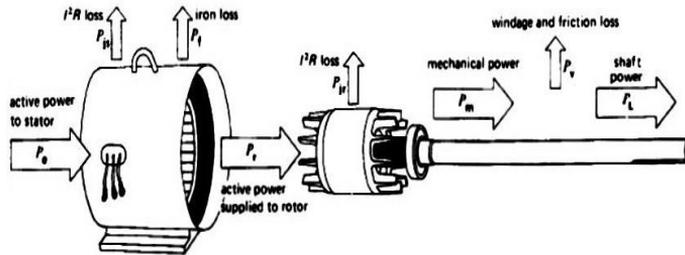
Motor shunt mempunyai pengaturan kepesatan yang baik dan digolongkan sebagai motor kepesatan konstan walaupun kepesatannya agak berkurang jika dengan bertambahnya beban. Kepesatan motor shunt dapat juga diubah dengan cara mengubah

tahanan yang dapat diatur dalam rangkaian jangkar, tetapi metode ini kurang efisien dibandingkan dengan pengendalian medan shunt. Dgunakannya stater pada motor DC biasanya dirancang untuk membatasi arus start jangkar 125 sampai 200% dari arus beban penuh.

Oleh karena kepesatan motor shunt dapat mempunyai harga tetap antara harga maksimum dan minimum, maka motor shunt kerap kali digunakan untuk menggerakkan beban seperti misalnya peralatan mesin.

### **2.2.3 Motor Listrik Induksi**

Motor listrik induksi berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berupa tenaga putar di dalam motor DC, energi listrik di ambil langsung dari kumparan armature dengan melalui sikat atau komutator, lain halnya pada motor AC, pada motor AC kumparan rotor tidak menerima energi listrik langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu, motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor induksi dapat di identikan dengan transformator yang kumparan primer sebagai kumparan stator/armature sedangkan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor. (Drs Yon Rijono, 2002:310)



**Gambar 2.2.** Konstruksi Motor AC Induksi

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/>

**a. Komponen Utama Motor Induksi**

Motor induksi memiliki dua komponen utama, yaitu:

- **Rotor**

Bagian rotor yang merupakan tempat kumparan rotor adalah bagian yang bergerak atau berputar.

Ada dua jenis kumparan rotor, yaitu:

1. 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.
2. 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.

**b. Jenis-Jenis Motor Induksi**

**1. Motor induksi satu fasa**

Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, 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 fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.

**2. Motor induksi tiga fasa**

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa 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 konveyor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

### 2.3. Prinsip Motor

Konduktor yang mengalirkan arus mempunyai medan magnet di sekelingnya. Arahnya dapat ditentukan dengan aturan tangan kanan. Kuat medan tergantung pada besarnya arus yang mengalir dalam konduktor.

### 2.4. Pengembangan Kopel Dalam Motor

Kopel (torque) didefenisikan sebagai aksi dari suatu gaya pada benda yang cenderung menyebabkan benda berputar. Jadi ukuran kecenderungan dari suatu jangkar motor untuk berputar disebut kopel dari motor. Gulungan jangkar motor dililit sedemikian sehingga semua konduktor di bawah kutub medan selatan mengalirkan arus dalam satu arah.

Semua konduktor di bawah kutub medan utara mengalirkan arus dalam arah yang berlawanan. Gaya yang dihasilkan pada setiap konduktor dari suatu jangkar motor adalah akibat aksi gabungan dari medan utama dan medan di sekeliling konduktor. Gaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan kuat fluksi medan utama dan kuat medan di sekeliling konduktor. Kopel yang dihasilkan motor dapat ditulis sebagai berikut:

$$T = K'\Phi I_a$$

Di mana

$T$  = Kopel

$K'$  = Konstanta yang bergantung pada ukuran fisik motor

$\Phi$  = Fluksi setiap kutub

$I_a$  = Arus jangkar

## 2.5. Hubungan Daya Dalam Motor

Jika setiap suku dari persamaan motor fundamental di kalikan dengan  $I_a$ , hasil persamaannya adalah:

$$V_t I_a = E I_a + I_a^2 R_a$$

Suku  $V_t I_a$  merupakan daya yang di berikan pada jangkar motor. Kerugian dara sebagai panas dalam rangkaian jangkar di nyatakan oleh suku  $I_a^2 R_a$ . Jadi, suku  $E I_a$  harus mewakili daya yang dihasilkan oleh jangkar. Daya ini tidak semuanya tersedia pada puli karena sebagian dari daya yang dihasilkan ini harus di gunakan untuk mengatasi kerugian mekanis atau perputaran motor.

## 2.6. Pengaturan Kepsatan Motor

Pengaturan kepesatan motor merupakan istilah yang melukiskan perubahan kepesatan motor jika beban pada motor diubah. Jika motor mampu mempertahankan hampir konstan untuk suatu perubahan beban, motor dikatakan mempunyai pengaturan kepesatan yang baik.

Pengaturan kepesatan untuk motor yang ditentukan bergantung pada karakteristik motor itu sendiri dan biasanya dinyatakan seperti berikut ini:

$$\text{Persen pengaturan} = \frac{\text{kepesatan tanpa beban} - \text{kepesatan beban penuh}}{\text{kepesatan beban penuh}} \times 100$$

## **2.7. Motor Sangkar-Tupai**

Inti stator terbuat dari lapis-lapis pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat-pelat baja. Lilitan ini sama seperti lilitan stator dari generator sinkron, diletakan dalam alur stator yang terpisah 120 derajat listrik. Lilitan fase ini dapat tersambung delta ataupun bintang.

Rotor dari motor sangkar-tupai adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor yang dipasang paralel dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti karena arus motor secara alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil, yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubung singkatkan dengan cincin ujung. Konduktor rotor dan cincin ujung serupa dengan sangkar-tupai yang berputar sehingga dinamakan demikian.

## **2.8. Motor Rotor Lilitan**

Berbeda dengan motor sangkar-tupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fase rotor dihubungkan secara bintang dan masing-masing fase ujung terbuka di keluarkan ke cincin-slip yang terpasang pada poros rotor.

## **2.9. Prinsip Kerja**

Dalam motor induksi, tidak ada hubungan listrik ke rotor, arus rotor merupakan arus induksi. Jika lilitan stator diberi energi

dari catu 3 fase, dibangkitkan medan magnetik putar yang berputar pada kepesatan sinkron. Ketika medan melewati konduktor rotor, dalam konduktor ini di induksikan GGL yang sama seperti GGL yang di induksikan sekunder transformator oleh fluksi arus primer. Jadi konduktor rotor yang mengalirkan arus dalam medan stator mempunyai gaya yang bekerja padanya.

### 2.10. Kepesatan Dan Slip

Motor induksi tidak dapat berputar pada kepesatan sinkron. Seandainya ini mungkin dengan satu cara, agar rotor dapat mencapai kepesatan sinkron, maka rotor akan tetap diam relatif terhadap fluksi yang berputar. Kepesatan rotor sekalipun tanpa beban harus lebih kecil sedikit dari kepesatan sinkron agar arus dapat di induksikan dalam rotor sehingga menghasilkan kopel. Selisih antara kepesatan rotor dan kepesatan sinkron disebut dengan slip. Slip dapat dinyatakan dalam putaran permenit, tetapi lebih umum dinyatakan sebagai persen dari kepesatan sinkron.

$$\text{Persen slip} = \frac{\text{kepesatan sinkron} - \text{kepesatan rotor}}{\text{kepesatan sinkron}} \times 100$$

Atau pernyataan di atas dapat ditulis:

$$\text{Persen } S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

### 2.11. Kopel Dan Kepesatan Motor Induksi

Kopel dihasilkan dalam motor induksi oleh interaksi antara fluksi stator dan rotor. Fluksi yang dihasilkan oleh arus stator berputar pada kepesatan sinkron. Agar arus rotor dapat di

induksikan, yang memungkinkan dihasilkannya kopel, rotor harus berputar pada kecepatan yang lebih rendah dibandingkan kecepatan sinkron. Kopel motor induksi yang dihasilkan karena adanya interaksi medan rotor dan stator bergantung pada kekuatan dari medan tersebut dan hubungan fase diantara keduanya.

Kopel yang dihasilkan oleh motor induksi dapat ditulis sebagai berikut:

$$T = K\Phi I_r \cos \theta_r$$

Dimana

T = kopel

K= konstanta

$\Phi$  = fluksi stator yang berputar

$I_r$  = arus rotor

$\cos \theta_r$  = faktor daya rotor

## 2.12. Pengaruh Beban Terhadap Faktor Daya

Arus yang diserap oleh motor induksi yang sedang bekerja tanpa beban sebagian besar meruakan arus pemagnetan, arus tanpa beban tertinggal dari tegangannya dengan sudut yang besar. Jadi faktor daya dari motor induksi yang dibebani ringan adalah sangat rendah. Karena celah udara, reluktansi rangkaian magnetiknya adalah tinggi yang menghasilkan harga arus tanpa beban yang relatif lebih besar dibandingkan dengan transformator.

Jika beban ditambah komponen aktif atau komponen daya dari arus bertambah, menghasilkan suatu faktor daya yang lebih tinggi.

### 2.13. Konveyor

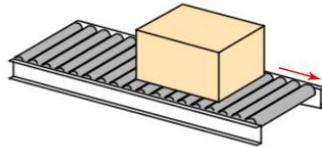
Konveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Konveyor banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan.

Dalam kondisi tertentu, konveyor banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. konveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain. Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem konveyor mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan sistem ini adalah tidak mempunyai fleksibilitas saat lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak kontinyu.

Konveyor mempunyai berbagai jenis yang disesuaikan dengan karakteristik barang yang diangkut. Jenis-jenis konveyor tersebut antara lain *Apron*, *Flight*, *Pivot*, *Overhead*, *Loadpropelling*, *Car*, *Bucket*, *Screw*, *Roller*, *Vibrating*, *Pneumatic*, dan *Hydraulic*. Disini akan dibahas satu jenis konveyor yaitu Roller Konveyor.

Roller konveyor merupakan suatu sistem konveyor yang penumpu utama barang yang ditransportasikan adalah roller. Roller pada sistem ini sedikit berbeda dengan roller pada konveyor jenis yang lain. Roller pada sistem roller konveyor didesain khusus agar cocok dengan kondisi barang yang ditransportasikan, misal roller diberi lapisan karet, lapisan anti karat, dan lain sebagainya. Sedangkan roller pada sistem jenis

yang lain didesain cocok untuk sabuk yang ditumpunya.  
(<https://suluhmania.wordpress.com>)

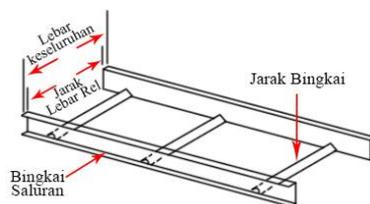


**Gambar 2.3.** Roller Konveyor

### 2.13.1. Komponen Utama dan Fungsi Roller Konveyor

#### a. Kerangka Badan

Kerangka badan mempunyai fungsi untuk menopang roller agar posisi roller tidak berpindah-pindah. Pemasangan roller dengan kerangka badan ini harus pas agar tidak terjadi getaran yang tidak diinginkan saat roller berputar. Selain itu, kerangka badan ini juga menentukan jarak antar roller yang sesuai agar unit yang akan ditransportasikan tidak jatuh.

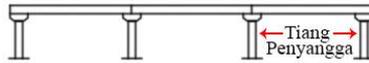


**Gambar2.4.** Kerangka Badan

Sumber: <https://suluhmania.wordpress.com>

**b. Tiang Penyangga**

Tiang penyangga mempunyai fungsi untuk pondasi kerangka badan sistem roller konveyor. Kerangka badan ini didesain sebagai tumpuan roller konveyor terhadap tanah yang dilalui oleh sistem konveyor.

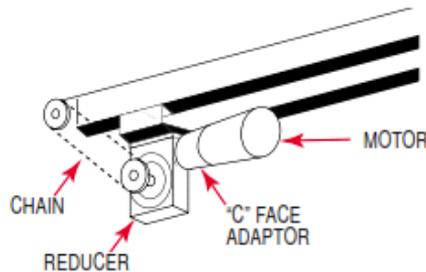


**Gambar 2.5.** Tiang Penyangga

Sumber: <https://suluhmania.wordpress.com>

**c. Motor Penggerak**

Motor penggerak mempunyai fungsi untuk menggerakkan drive roller agar selalu berputar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan operator. Motor penggerak ini pada umumnya ditempatkan diujung paling akhir alur roller konveyor agar bisa menjaga rantai transmisi tetap tegang.

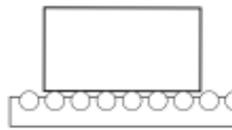


**Gambar 2.6.** Motor Penggerak

Sumber: <https://suluhmania.wordpress.com>

**d. Roller**

Roller mempunyai fungsi sebagai pemindah barang yang akan ditransportasikan. Saat roller berputar diupayakan tidak bergetar agar tidak merusak barang yang ditransportasikan. Dimensi roller juga harus sama agar barang yang diangkut tidak tersendat dan roller dapat menumpu barang dengan sempurna.



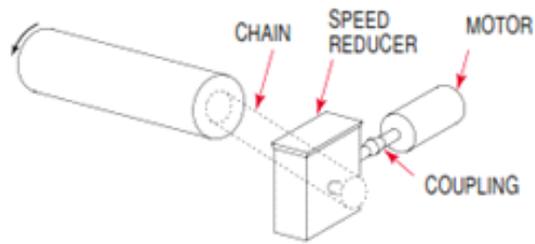
**Gambar 2.7.** Roller

Sumber: <https://suluhmania.wordpress.com>

**e. Sistem Transmisi**

Sistem transmisi mempunyai fungsi untuk mentranmisikan daya pada penggerak ke sistem Konveyor. Transmisi pada sistem roller konveyor terbagi menjadi 2 bagian, yaitu transmisi antara motor penggerak dengan drive roller dan transmisi antara drive roller dengan roller lain.

Sistem transmisi antara motor penggerak dengan drive roller biasanya ditempatkan di ujung paling akhir dari jalur konveyor. Sistem transmisi ini biasanya terdiri dari motor, speed reducer, coupling, sprocket, dan rantai.



**Gambar 2.8.** Sistem Transmisi

Sumber: <https://suluhmania.wordpress.com>

#### **2.14. Pneumatik**

Pneumatik adalah sebuah sistem penggerak yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Cara kerja Pneumatik sama saja dengan hidrolik yang membedakannya hanyalah tenaga penggerak. Jika pneumatik menggunakan udara sebagai tenaga penggerak, dan sedangkan hidrolik menggunakan cairan oli sebagai tenaga penggerak. Dalam pneumatik tekanan udara inilah yang berfungsi untuk menggerakkan sebuah silinder kerja. Silinder kerja inilah yang nantinya mengubah tenaga/tekanan udara tersebut menjadi tenaga mekanik (gerakan maju mundur pada silinder).



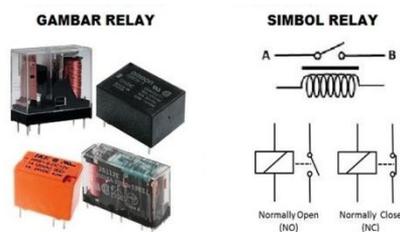
**Gambar 2.9.** Pneumatik Silinder

Sumber: <https://cz.rs-online.com>

## 2.15. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen electro mechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal.

Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power supplynya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bagian utama relay elektro mekanik adalah sebagai berikut. Kumparan elektromagnet Saklar atau kontaktor Swing Armatur Spring (Pegas). Contoh gambar relay ada pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.10.** Relay dan Simbol Relay

Sumber: <http://teknikelektronika.com>

Keterangan:

- *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *CLOSE* (tertutup).
- *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *OPEN* (terbuka).

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi relay yang dapat ditemui diantaranya adalah sebagai berikut:

- Relay sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegangan berbeda.
- Relay sebagai selektor atau pemilih hubungan. Relay sebagai eksekutor rangkaian delay (tunda).
- Relay sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu.

## **2.16. Programmable Logic Controller (PLC)**

### **2.16.1. Pengertian PLC**

PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinu seperti pada sistem-sistem pada servo, atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (ON/OFF) saja, tetapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum di jumpai pada mesin pengeboran, sistem konveyor, dan lain sebagainya.

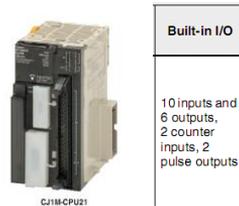
Walaupun istilah PLC secara bahasa berarti pengontrol logika yang dapat diprogram, tetapi pada kenyataannya, PLC secara fungsional tidak lagi terbatas pada fungsi-fungsi logika saja. Sebuah PLC dewasa ini dapat melakukan perhitungan-perhitungan aritmatika yang relatif kompleks, fungsi komunikasi, dokumentasi, dan lain sebagainya (sehingga dengan alasan ini dalam beberapa buku manual, istilah PLC sering hanya ditulis sebagai PC – *Programmable Controller* saja). (Iwan Setiawan, 2006:1)

Adapun ciri atau karakteristik PLC memiliki beberapa aspek sebagai berikut:

- a. PLC sebenarnya suatu sistem berbasis mikroprosesor yang memiliki fungsi - fungsi dan fasilitas utama dari sebuah mikro komputer.
- b. PLC diprogram melalui programming unit yang bisa berupa terminal komputer dengan VDU (Video Display Unit) dan keyboard atau dengan terminal portabel khusus (mirip kalkulator dengan tampilan LCD). Pada saat ini PLC dapat di program melalui PC.
- c. PLC mengontrol suatu alat berdasarkan status masukan/keluaran suatu alat dan program.

Selanjutnya berdasarkan jumlah input/output yang dimilikinya ini, secara umum PLC dapat dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu:

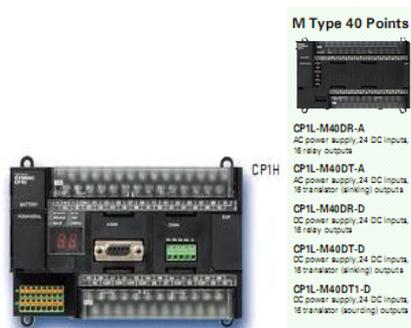
- a. PLC mikro, PLC dapat dikategorikan mikro jika jumlah input/output pada PLC ini kurang dari 32 terminal. Berikut ini adalah gambar salah satu jenis PLC mikro yang ditunjukkan pada gambar 2.12 di bawah ini.



**Gambar 2.11.** PLC Mikro Omron Type CJ1M

Sumber: <http://plckontrol.blogspot.co.id/>

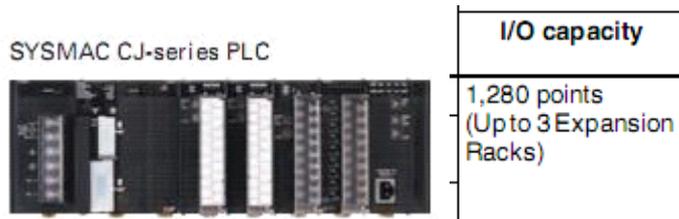
- b. PLC mini, kategori ukuran mini adalah jika PLC tersebut memiliki jumlah input/output antara 32 sampai 128 terminal. Berikut ini adalah gambar salah satu jenis PLC mini yang ditunjukkan pada Gambar 2.13 di bawah ini.



**Gambar 2.12.** PLC Mini OMRON Type CP1L

Sumber: <http://plckontrol.blogspot.co.id/>

- c. PLC large, PLC ukuran ini dikenal juga dengan PLC tipe rack dimana PLC dapat dikategorikan sebagai PLC besar jika jumlah input/outputnya lebih dari 128 terminal. Berikut ini adalah gambar salah satu jenis PLC mini yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.13.** PLC Large OMRON Type CJ Series

Sumber: <http://plckontrol.blogspot.co.id/>

### 2.16.2. Struktur Unit PLC

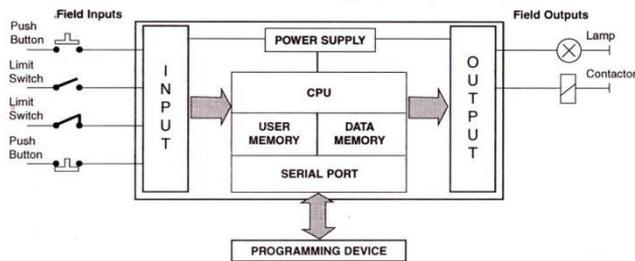
Secara umum PLC terdiri dari dua komponen utama yaitu central processing unit (CPU) dan system antarmuka input/output.

#### a. *Central Processing Unit (CPU)*

*Unit processor* atau *Central Processing Unit (CPU)* adalah unit yang berisi mikroprosesor yang mengolah sinyal-sinyal input dan melaksanakan pengontrolan, sesuai dengan program yang disimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal-sinyal kontrol ke interface output. Fungsi CPU adalah mengatur semua proses yang terjadi di PLC. Ada tiga komponen utama penyusun CPU ini, yaitu processor, memory dan power supply.

## b. Sistem Antarmuka *Input/Output*

Pada umumnya informasi data pada PLC dinyatakan dalam bentuk tegangan listrik antara 5 s/d 15 VDC, sedangkan sistem tegangan di luar bervariasi antara 24 s/d 240 VDC maupun AC. Unit I/O dimaksudkan untuk interfacing antara besaran kedua tersebut. Adapun komponen utama PLC ditunjukkan pada Gambar 2.15 di bawah ini.



**Gambar 2.14.** Blok Diagram PLC

Sumber: <http://plckontrol.blogspot.co.id>

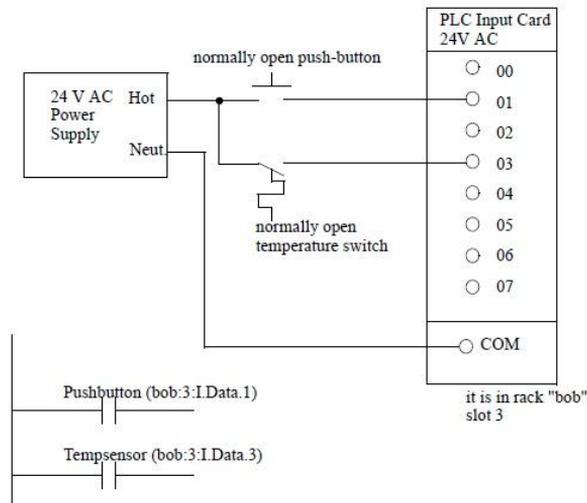
### 2.16.3. Data dan Memori PLC

Aturan penulisan pada memori PLC adalah sebagai berikut:

- *Word* atau *channel* yang terdiri dari 16 bit, ditulis XXX.
- Bit atau *contact* yang terdiri dari 1 bit, ditulis XXXXX.
- Dua angka yang paling belakang (di garis bawah) menunjukkan nomor contact dan, sisa angka yang di depan menunjukkan nomor channel Memori juga merupakan elemen yang terdapat pada CPU yang berupa IC (*integrated circuit*). Karakteristik memori ini mudah dihapus dengan mematikan catu daya.

Seperti halnya sistem komputer, memory PLC terdiri atas RAM dan ROM. Kapasitas memory antara satu PLC dengan yang lain berbeda-beda tergantung pada tipe dan pabrik pembuatnya. Beberapa pabrik menyatakan ukuran memory dalam byte, ada juga yang kilobyte, dan ada pula yang dinyatakan dengan jumlah instruksi yang dapat disimpan.

Unit ini berfungsi untuk memberikan sumber daya pada PLC. Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 VDC atau 220 VAC. Sumber tegangan yang dibutuhkan oleh CPU, memori dan rangkaian lain adalah sumber tegangan DC, umumnya untuk komponen digital diperlukan tegangan searah 5 volt. Port power supply PLC ditunjukkan pada Gambar 2.16 di bawah ini.



**Gambar 2.15.** Port Power Supply PLC

Sumber: <http://plckontrol.blogspot.co.id/>

Modul input mempunyai beberapa fungsi, di antaranya sebagai berikut:

- a. Mendeteksi ketika sinyal diterima dari sensor.
- b. Mengkonversi sinyal input menjadi level tegangan yang bisa diterima processor.
- c. Mengirim sinyal ke Indicator input PLC sehingga bisa diketahui input mana yang sedang menerima sinyal.

Modul output mempunyai beberapa fungsi, di antaranya sebagai berikut:

- Output unit pada PLC juga berfungsi sebagai interface terhadap peralatan luar.
- Output PLC bertindak sebagai switch terhadap power supply untuk mengoperasikan peralatan output (misal: relay, solenoid valve dan lain-lain).
- Komponen yang biasa dipakai PLC sebagai bagian output unit adalah relay untuk AC/DC, TRIAC untuk AC saja, dan transistor atau FET untuk DC saja.

#### **2.16.4. Programming Panel / Peralatan Pemrograman**

Piranti pemrograman menyediakan sarana printer sehingga pemakai dapat berkomunikasi dengan rangkaian kontrol yang dapat diprogram. Ini memungkinkan pemakai untuk meng-enter, meng-edit dan memonitor program dengan terhubung ke unit processor dan mengizinkan akses ke memori pemakai. Terdapat tiga jenis programmer/monitor yang biasa digunakan, yaitu:

1. Jenis yang paling sederhana berukuran satu genggam tangan, bentuknya mirip sebuah kalkulator. Namun selain angka, pada keypadnya terdapat simbol - simbol untuk pemrograman grafik. Jika keypad ini dioperasikan ke mode monitor, operasi yang berlangsung pada PLC dapat kita amati.



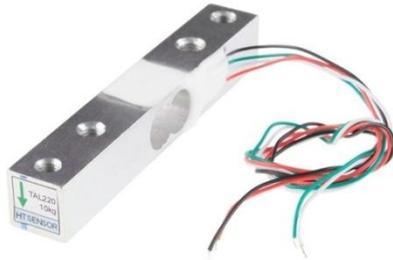
**Gambar 2.16.** Unit Miniprogramer Untuk Memprogram PLC

Sumber: [www.ndoware.com](http://www.ndoware.com)

2. Pada beberapa PLC terdapat keypad yang sudah dilengkapi dengan monitor LCD, sehingga selain dari lampu Indicator, kita juga dapat mengamatinya melalui layar LCD pada PLC tersebut.
3. Jenis yang ketiga adalah dengan menggunakan IBM-PC beserta perangkat lunaknya. Simulasi program dapat dilakukan dengan PC, kemudian jika telah dianggap sesuai/benar dapat dipindahkan dan dijalankan ke PLC sebenarnya interface PLC.

## 2.17. Sensor Berat (*Load Cell*)

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku, pengukuran yang dilakukan oleh *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan. ([www.ricelake.com](http://www.ricelake.com) *Load Cell and Weight (AmericaModule H: 2010)*)



**Gambar 2.17.** Bentuk fisik *Load Cell*

Sumber: [www.lapantech.com](http://www.lapantech.com)

Keterangan gambar:

- Kabel merah adalah input tegangan sensor.
- Kabel hitam adalah input ground sensor
- Kabel hijau adalah output positif sensor.
- Kabel putih adalah output ground sensor.

Sensor *load cell* memiliki spesifikasi kerja sebagai berikut:

1. Kapasitas 2 Kg
2. Bekerja pada tegangan rendah 5 –10 VDC atau 5-10 VAC
3. Ukuran sensor kecil dan praktis

4. Input atau output resistansi rendah
5. Nonlinieritas 0.05%
6. Range temperatur kerja -10°C - +50°C

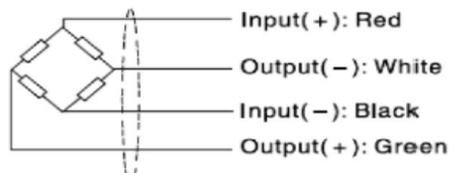
### 2.6.1 Karakteristik *Sensor Load Cell*

**Tabel 2.1** Karakteristik Sensor Load Cell

<b>Mekanik</b>	
Bahan Dasar	<i>Aluminium Alloy</i>
<i>Load Cell Type</i>	<i>Strain Gauge</i>
Kapasitas	2kg
Dimensi	55.25x12.7x12.7mm
Lubang Pemasangan	M5 (ukuran baut)
Panjang Kabel	550mm
Ukuran Kabel	30 AWG (0.2mm)
No. Urutan Kabel	4
<b>Elektrik</b>	
Presisi	0.05%
Rata – Rata Output	1.0±0.15mv/V
Non-Linieritas	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Pengulangan	0.05% FS
<i>Creep</i> (per 30 menit)	0.1% FS
Efek Temperatur Pada Nol (per 10°C)	0.05% FS
Efek Temperatur Pada <i>Span</i> (per 10°C)	0.05% FS

Keseimbangan Nol	$\pm 1.5\%$ FS
<i>Input</i> Impedansi	1130 $\pm$ 10 Ohm
<i>Output</i> Impedansi	1000 $\pm$ 10 Ohm
Hambatan Isolasi (dibawah 50VDC)	$\geq 5000$ MOhm
Kebutuhan Voltase	5 VDC
Toleransi Jarak Temperatur	-10 to ~ +40°C
Pengoperasian Jarak Temperatur	-20 to ~ +55°C
<i>Safe Overload</i>	120% Kapasitas
<i>Ultimate Overload</i>	150% Kapasitas

Tabel diatas adalah konfigurasi kabel dari sensor *load cell*. yang terdiri dari kabel berwarna merah, hitam, biru, dan putih. Kabel merah merupakan input tegangan sensor, kabel hitam merupakan input ground pada sensor, kabel warna biru / hijau merupakan output positif dari sensor dan kabel putih merupakan output ground dari sensor. Nilai tegangan output dari sensor ini sekitar 1,2 mV. ([www.lapantech.com](http://www.lapantech.com) "*Load-133*"cell.2013)

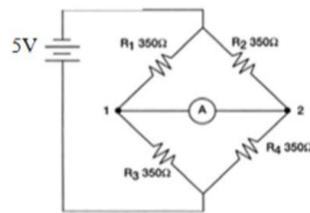


**Gambar 2.18.** Konfigurasi Kabel Sensor *Load Cell*

Sumber: [www.vpgtransducers.com](http://www.vpgtransducers.com)

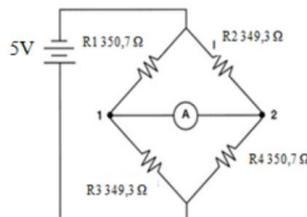
### 2.6.2 Prinsip Kerja Sensor Berat (*Load Cell*)

Selama proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *load cell* yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada *load cell*. Prinsip kerja *load cell* berdasarkan rangkaian Jembatan *Wheatstone* dapat dilihat pada gambar 2.20. (<http://load-cell.com/2012/06/cara-kerja-load-cell-timbangan.html>)



**Gambar 2.19.** Jembatan *Wheatstone* Tanpa Beban

Pada gambar 2.14 nilai  $R = 350 \Omega$ , arus yang mengalir pada  $R_1$  dan  $R_3 =$  arus yang mengalir di  $R_2$  dan  $R_4$ , hal ini dikarenakan nilai semua resistor sama dan tidak ada perbedaan tegangan antara titik 1 dan 2, oleh karena itu rangkaian ini dikatakan seimbang.



**Gambar 2.20.** Jembatan *Wheatstone* dengan beban

Jika rangkaian jembatan Wheatstone diberi beban, maka nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai R1 = R4 dan R2 = R3. Sehingga membuat sensor load cell tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi outputnya. Untuk menghitung V out atau A seperti pada gambar, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$V_o = \left( V_s \times \left( \frac{R_1}{R_1 + R_4} \right) \right) - \left( V_s \times \left( \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \right)$$

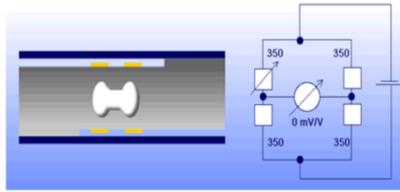
$$V_o = \left( 10 \times \left( \frac{349,3}{349,3 + 350,7} \right) \right) - \left( 10 \times \left( \frac{350,7}{350,7 + 349,3} \right) \right)$$

$$V_o = (10 \times (0,499)) - (10 \times (0,501))$$

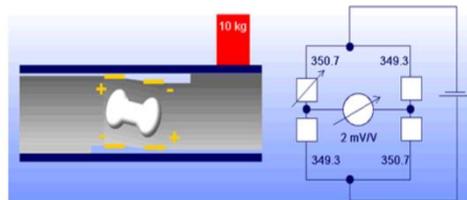
$$V_o = 4,99 - 5,01$$

$$V_o = -0,02 \times 10 = 2 \text{ mV}$$

Secara teori, prinsip kerja load cell berdasarkan pada jembatan Wheatstone dimana saat load cell diberi beban terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi R1 dan R3 akan turun sedangkan nilai resistansi R2 dan R4 akan naik. Ketika posisi setimbang, Vout load cell = 0 volt, namun ketika nilai resistansi R1 dan R3 naik maka akan terjadi perubahan Vout pada load cell. Pada load cell output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R1, sedangkan output (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R3. (*Rebby Fudi Alexander, 2013. Aplikasi Sensor Berat Load Cell Pada Alat Pengering Herbal*)



**Gambar 2.21.** Rangkaian *Load Cell* tanpa beban



**Gambar 2.22.** Rangkaian *Load Cell* dengan beban

## 2.18. Weighing Indicator

*Weighing Indicator* adalah alat khusus pada timbangan Indicator yang berfungsi menampilkan angka berat dari obyek yang ditimbang. Umumnya *Weighing Indicator* memiliki spesifikasi dan fitur yang telah disesuaikan dengan aplikasi timbangan. Setiap jenis timbangan digital memiliki *Weighing Indicator* berbeda, tergantung dari fungsi masing-masing timbangan. Misalnya *Weighing Indicator* timbangan lantai tidak sama dengan *Weighing Indicator* pada timbangan retail. (<https://www.topscale.co.id/timbangan-digital-ini-fungsi-weighing-indicator-pada-produk-timbangan-digital/>)



**Gambar 2.23. Weighing Indicator**

Sumber: <http://www.niproweitek.com>

### **2.18.1. Jenis-jenis Weighing Indicator**

Seperti yang disebutkan diawal, terdapat beberapa jenis Weighing Indicator yang dibedakan menurut fungsinya. Berikut ini jenis-jenis Weighing Indicator yang terdapat pada timbangan digital.

#### **a. Indicator Sederhana (*Simple Indicator*)**

Simple Indicator adalah jenis Weighing Indicator paling sederhana, fungsinya khusus untuk menimbang saja. Namun sejalan dengan perangkat lain yang mengalami pembaruan, kini banyak Indicator sederhana yang sudah dilengkapi fungsi-fungsi lain. Biasanya fungsi lain yang menyertai simple Indicator adalah fungsi counting, target maupun prosentase.

- Fungsi counting: Berfungsi untuk menghitung
- Fungsi target: Berfungsi menunjukkan Hi (High) dan Lo (Low)
- Fungsi prosentase: Menunjukkan persentase barang yang ditimbang setelah barang di-setting pada nilai 100% terlebih dulu.

Biasanya Indicator versi paling sederhana ini juga dilengkapi alat penghubung ke komputer.

**b. Indicator Tahan Air (*Waterproof Indicator*)**

Sejatinya Weighing Indicator jenis ini juga termasuk komponen sederhana pada timbangan digital. Hanya saja perangkat ini sudah dilengkapi shield pengaman khusus untuk mencegah air masuk. Biasanya jenis Indicator ini dibuat dari bahan Stainless Steel agar tidak mudah berkarat. Waterproof Indicator umumnya digunakan untuk menimbang barang di tempat-tempat basah.

**c. Indicator + Mesin Cetak (*Indicator + Printer*)**

Seperti namanya, Weighing Indicator yang satu ini dilengkapi dengan perangkat printer didalamnya. Jenis Indicator ini termasuk salah satu perangkat canggih karena didalamnya terdapat fasilitas software untuk penimbangan dengan hasil akurat. Indicator tahan air ini juga telah ditanam memori yang secara otomatis mencatat dan menyimpan hasil penimbangan. Untuk mendukung akurasi penimbangan perangkat ini ditenagai baterai mencapai ribuan mAh.

**d. Indicator Batching (*Batching Indicator*)**

Indicator Batching adalah perangkat timbangan digital yang mana penggunaannya sudah terintegrasi dengan sistem. Indicator canggih ini memiliki set point yang mampu menghasilkan sinyal. Sinyal ini berfungsi untuk mengendalikan alat lain di tempat terpisah.

Batching Indicator termasuk jenis Indicator yang cerdas sehingga harganya relatif lebih mahal dibanding jenis Weighing Indicator lain. Jika sudah menggunakan Indicator Batching, misalnya untuk keperluan bagging scale maka pengguna tidak perlu menggunakan Programmable Logic Control (PLC).

**e. Weighing Indicator T-Scale**

Weighing Indicator T-Scale adalah produk terbaik dari T-Scale untuk menyempurnakan setiap produk timbangan digital T-Scale. Setiap perangkat Indicator T-Scale dilengkapi LCD display (with white LED backlight) dan keyboard Mechanical Switch.

## **2.19. Switching Power Supply**

*Power Supply* atau dalam Bahasa Indonesia disebut dengan *Catu Daya*. Adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau *Catu Daya* ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter (Konverter Daya Listrik)*.

Pada umumnya *Power Supply* dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok besar, yakni berdasarkan fungsinya, berdasarkan Bentuk Mekanikalnya dan juga berdasarkan Metode Konversinya.

Berikut ini merupakan penjelasan singkat mengenai ketiga kelompok tersebut:

### **1. Power Supply Berdasarkan Fungsi (Functional)**

Berdasarkan fungsinya, Power supply dapat dibedakan menjadi Regulated Power Supply, Unregulated Power Supply dan Adjustable Power Supply.

- **Regulated Power Supply** adalah *Power Supply* yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (Tegangan dan Arus Input).
- **Unregulated Power Supply** adalah *Power Supply* tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- **Adjustable Power Supply** adalah *Power Supply* yang tegangan atau Arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan Knob Mekanik. Terdapat 2 jenis *Adjustable Power Supply* yaitu *Regulated Adjustable Power Supply* dan *Unregulated Adjustable Power Supply*.

### **2. Power Supply Berdasarkan Bentuknya**

Untuk peralatan Elektronika seperti Televisi, Monitor Komputer, Komputer Desktop maupun DVD Player, *Power Supply* biasanya ditempatkan di dalam atau menyatu ke dalam perangkat-perangkat tersebut sehingga kita sebagai konsumen tidak dapat melihatnya secara langsung. Jadi hanya sebuah kabel listrik yang dapat kita lihat dari luar. *Power*

*Supply* ini disebut dengan *Power Supply Internal (Built in)*. Namun ada juga *Power Supply* yang berdiri sendiri (*stand alone*) dan berada diluar perangkat elektronika yang kita gunakan seperti Charger Handphone dan Adaptor Laptop. Ada juga *Power Supply Stand Alone* yang bentuknya besar dan dapat disetel tegangannya sesuai dengan kebutuhan kita.

### **3. Power Supply Berdasarkan Metode Konversinya**

Berdasarkan Metode Konversinya, Power supply dapat dibedakan menjadi Power Supply Linier yang mengkonversi tegangan listrik secara langsung dari Inputnya dan Power Supply Switching yang harus mengkonversi tegangan input ke pulsa AC atau DC terlebih dahulu.

- **Jenis-jenis Power Supply**

Selain pengklasifikasian diatas, *Power Supply* juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah *DC Power Supply*, *AC Power Supply*, *Switch Mode Power Supply*, *Programmable Power Supply*, *Uninterruptible Power Supply*, *High Voltage Power Supply*. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai jenis-jenis *Power Supply*.



**Gambar 2.24.** *Power Supply*

Sumber: <http://teknikelektronika.com>

### 1. DC Power Supply

*DC Power Supply* adalah *pencatu daya* yang menyediakan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk *DC (Direct Current)* dan memiliki Polaritas yang tetap yaitu Positif dan Negatif untuk bebannya. Terdapat 2 jenis *DC Supply* yaitu:

- AC to DC Power Supply

*AC to DC Power Supply*, yaitu *DC Power Supply* yang mengubah sumber tegangan listrik AC menjadi tegangan DC yang dibutuhkan oleh peralatan Elektronika. *AC to DC Power Supply* pada umumnya memiliki sebuah Transformator yang menurunkan tegangan, Dioda sebagai Penyearah dan Kapasitor sebagai Penyaring (Filter).

- Linear Regulator

*Linear Regulator* berfungsi untuk mengubah tegangan DC yang berfluktuasi menjadi konstan (stabil) dan biasanya menurunkan tegangan DC Input.

## 2. AC Power Supply

*AC Power Supply* adalah *Power Supply* yang mengubah suatu taraf tegangan AC ke taraf tegangan lainnya. Contohnya *AC Power Supply* yang menurunkan tegangan AC 220V ke 110V untuk peralatan yang membutuhkan tegangan 110VAC. Atau sebaliknya dari tegangan AC 110V ke 220V.

## 3. Switch-Mode Power Supply

*Switch-Mode Power Supply (SMPS)* adalah jenis *Power Supply* yang langsung menyearahkan (rectify) dan menyaring (filter) tegangan Input AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-switch ON dan OFF pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator Frekuensi Tinggi.

## 4. Programmable Power Supply

*Programmable Power Supply* adalah jenis *power supply* yang pengoperasiannya dapat dikendalikan oleh Remote Control melalui antarmuka (interface) Input Analog maupun digital seperti RS232 dan GPIB.

## 5. Uninterruptible Power Supply (UPS)

*Uninterruptible Power Supply* atau sering disebut dengan (*UPS*) adalah *Power Supply* yang memiliki 2 sumber listrik yaitu arus listrik yang langsung berasal dari tegangan input AC dan Baterai yang terdapat didalamnya. Saat listrik normal, tegangan Input akan secara simultan mengisi Baterai dan menyediakan arus listrik untuk beban (peralatan listrik). Tetapi jika terjadi kegagalan pada sumber tegangan AC seperti matinya listrik, maka Baterai akan mengambil alih untuk menyediakan Tegangan untuk peralatan listrik/elektronika yang bersangkutan.

## 6. High Voltage Power Supply

*High Voltage Power Supply* adalah *power supply* yang dapat menghasilkan Tegangan tinggi hingga ratusan bahkan ribuan volt. *High Voltage Power Supply* biasanya digunakan pada mesin X-ray ataupun alat-alat yang memerlukan tegangan tinggi.

### **2.20. Komputer**

Komputer masa kini memiliki fungsi yang beragam dan semakin kompleks. Setiap orang yang ditanyai fungsi komputer tentu memiliki jawaban yang berbeda. Ada yang menggunakan komputer sebagai media untuk berkomunikasi, ada yang memakainya untuk memudahkan pekerjaannya, ada yang memakainya untuk belajar, untuk kegiatan bisnis, dan juga

sebagai sarana hiburan contohnya untuk bermain game. Namun sebenarnya komputer memiliki 4 fungsi utama, yaitu:

**1) *Input***

Fungsi pertama adalah *input*, yaitu menerima data atau informasi dari sumber luar. Contoh paling mudah dari fungsi ini adalah informasi dari ketikan *keyboard* atau klik *mouse*. Komputer juga bisa mendapatkan informasi dari peralatan lain atau komputer lain.

**2) *Processing***

Fungsi utama dari komputer adalah melakukan pemrosesan. Yang diproses adalah berbagai macam data dan informasi yang diberikan oleh perangkat input. Kemudian data yang tersimpan dalam memori internal akan diproses untuk menghasilkan informasi baru yang nantinya akan dikirim ke perangkat output.

**3) *Output***

Setelah diproses, informasi yang dihasilkan akan menjalankan fungsi output. Hasilnya akan tersedia untuk digunakan oleh pengguna atau perangkat lainnya. Contoh dari perangkat output adalah monitor komputer, printer dan speaker. Perangkat tersebut yang menyajikan output dari komputer untuk dimanfaatkan oleh pengguna atau perangkat lain.

**4) *Storage***

Fungsi komputer yang terakhir adalah sebagai tempat untuk menyimpan informasi. Penyimpanan yang dilakukan berbeda-beda tergantung bagaimana

informasinya akan digunakan. Ada yang disimpan dalam memori utama komputer, ada juga yang disimpan dalam memori tambahan. Informasi yang disimpan juga bisa dibedakan menjadi data pengguna dan data intruksi. Data intruksi inilah yang biasanya dikenal dengan sebutan program atau *software* komputer.