

## BAB II

### DASAR TEORI

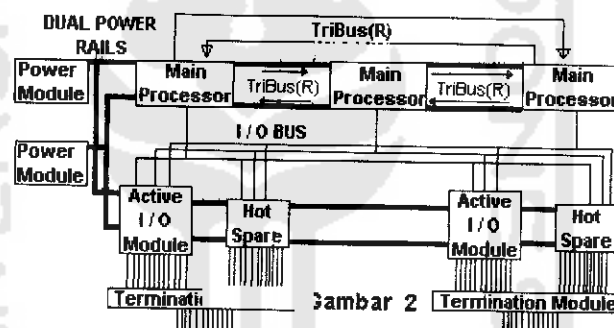
#### 2.1. *Programmable Logic Controller (PLC)*

PLC merupakan kendali logika terprogram dan suatu piranti elektronik yang dirancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi-instruksi internal untuk menjalankan fungsi-fungsi logika seperti fungsi pencacah, fungsi urutan proses, fungsi pewaktu, fungsi aritmatika, dan fungsi lainnya dengan cara pemrogramnya. Program-program dibuat kemudian dimasukkan dalam PLC melalui *programmer/console*. Pembuatan program dapat menggunakan komputer sehingga dapat mempercepat hasil pekerjaan. Fungsi lain pada PLC dapat digunakan untuk memonitor jalannya proses pengendalian yang sedang berlangsung, sehingga dapat dengan mudah dikenali urutan kerja proses pengendalian yang terjadi pada saat itu.

PLC juga merupakan sistem yang dapat memanipulasi, mengeksekusi dan memonitor keadaan proses pada laju yang amat cepat. PLC menerima masukan dan menghasilkan keluaran sinyal-sinyal listrik untuk mengendalikan suatu sistem. Dengan demikian besaran-besaran fisika dan kimia yang dikendalikan, sebelum diolah oleh PLC, akan diubah menjadi sinyal listrik baik analog maupun digital, yang merupakan data dasarnya. Karakter proses yang dikendalikan oleh PLC sendiri merupakan proses yang sifatnya bertahap, yaitu suatu proses berjalan secara urut untuk mencapai kondisi akhir yang diharapkan. Dengan kata

lain proses tersebut terdiri beberapa subproses, sehingga subproses tertentu akan berjalan sesudah subproses sebelumnya terjadi. Istilah umum yang digunakan untuk proses yang berwatak demikian ialah proses sekuensial (*sequential process*).

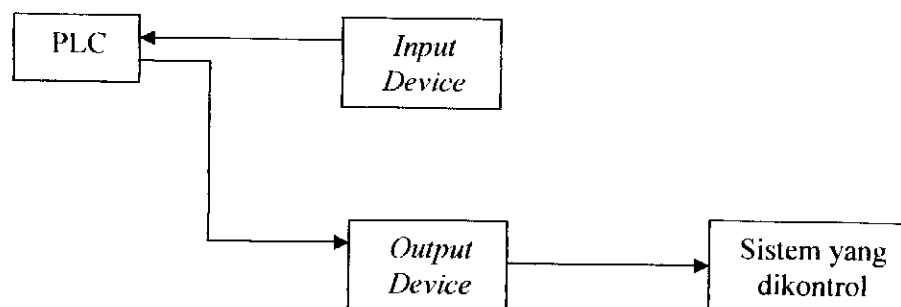
Selanjutnya PLC dikembangkan kemampuannya dalam mengolah data dengan menambahkan beberapa macam modul tambahan seperti pengubah sinyal analog ke digital (ADC) dan pengubah sinyal digital ke analog (DAC). Dengan ditambahkan modul ADC dan DAC, PLC mampu mengambil dan mengeluarkan sinyal analog untuk pengendalian.



Gambar 2.1. Interaksi antar modul dalam PLC

### 2.1.1. Prinsip kerja PLC

Pada prinsipnya sebuah PLC bekerja dengan cara menerima data-data dan peralatan *input* luar atau *input device* seperti pada gambar 2.2

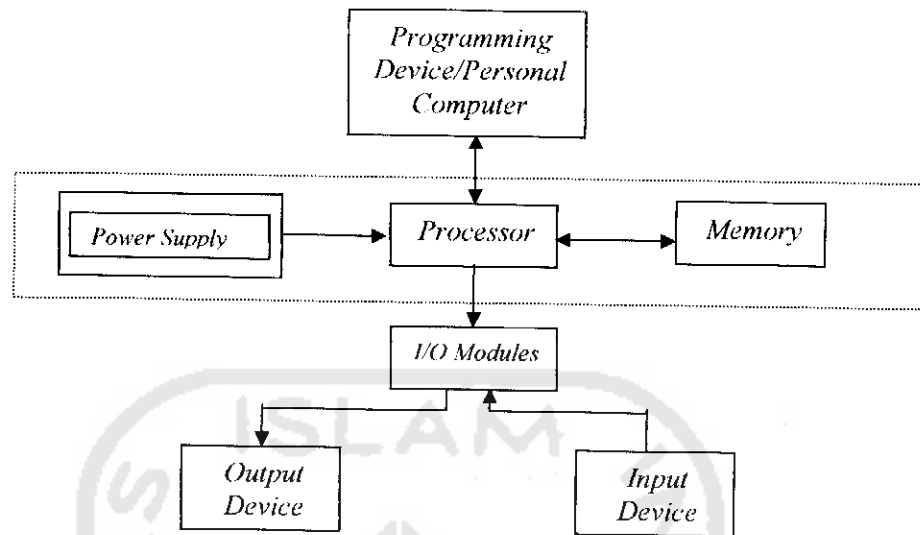


Gambar 2.2. Diagram blok prinsip kerja PLC

Peralatan *input* dapat berupa saklar, tombol, sensor dan peralatan lainnya. Data-data yang masuk dari peralatan *input* berupa sinyal-sinyal analog. Oleh modul *input* sinyal-sinyal yang masuk akan diubah menjadi sinyal-sinyal digital. Kemudian oleh *Central Processing Unit* (CPU) yang ada didalam PLC, sinyal-sinyal digital tersebut akan diolah sesuai dengan program-program yang telah ditetapkan didalam memorinya. Selanjutnya, CPU akan mengambil keputusan-keputusan tersebut dan dipindahkan ke modul *output* masih dalam bentuk sinyal digital. Oleh modul *output* sinyal-sinyal ini akan diubah kembali menjadi sinyal-sinyal analog. Sinyal-sinyal analog inilah yang akan menggerakkan peralatan *output device* yang berupa kontaktor-kontaktur atau relay-relay *output device* dan akan mengoperasikan sistem atau proses yang akan dikontrol.

### 2.1.2. Bagian-bagian PLC

Bagian PLC pada prinsipnya terdiri atas *Central Processing Unit* (CPU), *Programming Device/Personal Computer*, Modul I/O dan *Unit Power Supply*.



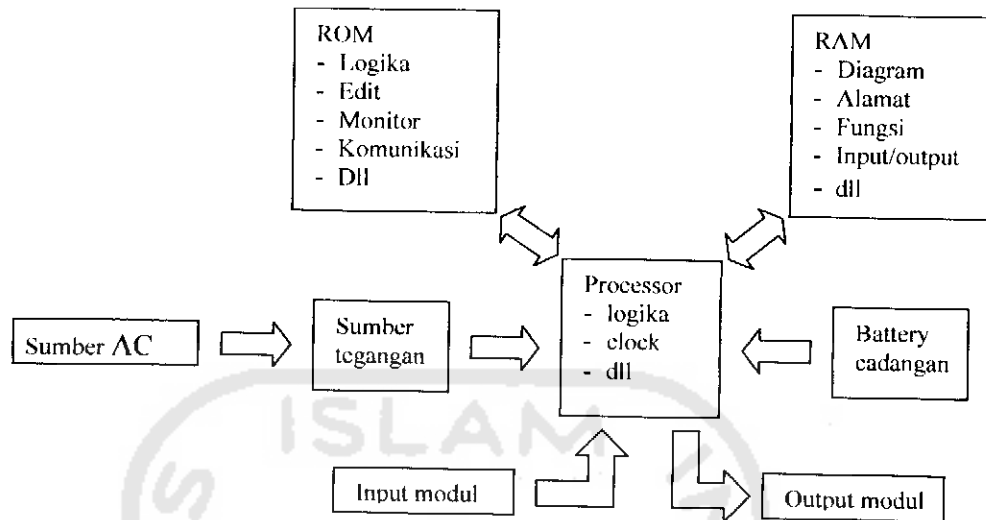
Gambar 2.3. Bagian-bagian PLC

#### 2.1.2.1. Central processing unit (CPU)

Dalam pemakaian peralatan kontrol dengan PLC telah disediakan satu CPU dengan sejumlah *input/output* (I/O) yang ditunjukkan dengan tipe-tipe dari PLC tersebut. Apabila ingin menambah jumlah *input/output device* dari yang telah ada dapat dilakukan ekspansi dengan menambahkan modul *expansion unit*.

CPU mengambil instruksi dari memori, menginisialisasi dan mengeksekusi instruksi tersebut. Selama proses tersebut CPU akan menghasilkan sinyal kontrol, memindahkan data ke I/O port atau sebaliknya, melakukan fungsi aritmatika dan logika serta mendeteksi sinyal dari luar CPU.

CPU adalah bagian *controller* yang merupakan bagian yang melaksanakan perhitungan, pengambilan keputusan, pengendalian dan lain sebagainya.



Gambar 2.4. Blok diagram CPU PLC

#### 2.1.2.1.1. Processor

*Processor* merupakan otak dari PLC yang difungsikan untuk operasi matematika dan operasi logika.

#### 2.1.2.1.2. Memory

*Memory* merupakan daerah CPU yang digunakan untuk melakukan proses penyimpanan dan pengiriman data pada PLC.

Kapasitas memori pada PLC sangat bervariasi tergantung model dari PLC tersebut. Sebagai contoh PLC Keyence CPM1A, PLC *type* ini memiliki kapasitas memori 1024 *byte* untuk memori baca/tulis, 512 *byte* untuk memori hanya baca. PLC Keyence CPM1A juga memiliki cadangan memori (*Flash memory*) yang berfungsi sebagai *backup* program. Kapasitas memori ini tergantung penggunaannya dan seberapa jauh dalam mengoptimalkan ruang memori PLC, yang berarti berapa banyak penggunaan lokasi yang diperlukan program kontrol untuk mengendalikan *plant*.

### 2.1.2.1.2.1. Struktur daerah memori

Pada tabel 2.1 ditunjukkan daerah memori yang digunakan pada PLC *Keyence CPM 1A*.

Tabel 2.1 Daerah memori

Daerah Data		Word	Bit
Daerah IR	Daerah Input	IR 000 ke IR 009 (10 word)	IR 00000 ke IR 00915 (160 bit)
	Daerah Output	IR 010 ke IR 019 (10 word)	IR 01000 ke IR 01915 (160 bit)
	Daerah Kerja	IR 200 ke IR 231 (32 word)	IR 20000 ke IR 23115 (512 bit)
Daerah SR		SR 232 ke SR 255 (24 word)	SR 23200 ke SR 25507 (384 bit)
Daerah TR		–	TR 0 ke TR 7 (8 bit)
Daerah HR		HR 00 ke HR 19 (20 word)	HR 0000 ke HR 1915 (320 bit)
Daerah AR		AR 00 ke AR15 (16 word)	AR 0000 ke AR 1515 (256 bit)
Daerah LR		LR 00 ke LR 15 (16 word)	LR 00000 ke LR 1515 (256 bit)
Daerah Timer/Counter		TC 000 ke TC 127	
Daerah DM	Baca/tulis	DM 0000 ke DM 0999 DM 1022 ke DM 1023 (1002 word)	–
	Error log	DM 1000 ke DM 1021 (22 word)	–
	Hanya baca	DM 6144 ke DM 6599 (456 word)	–
	PC Setup	DM 6600 ke DM 6655 (56 word)	–

Tabel 2.2 Fungsi-fungsi daerah memori

Daerah Memori	Fungsi
IR ( <i>Internal Relay</i> )	<i>Relay-relay</i> yang ada didalam CPU unit, digunakan sebagai <i>input/output</i>
SR ( <i>Special Relay</i> )	Sebagai <i>flag</i> dan bit kontrol pada pengoperasian CPM1/CPM1A
TR ( <i>Temporary Relay</i> )	Digunakan pada pencabangan program sebagai penyimpan sementara status ON/OFF saat <i>power supply</i> dimatikan
HR ( <i>Holding Relay</i> )	Untuk menyimpan data dan menahan status ON/OFF saat <i>power supply</i> dimatikan
AR ( <i>Auxiliary Relay</i> )	Sebagai <i>flag</i> dan bit kontrol pada pengoperasian CPM1/CPM1A
LR ( <i>Link Relay</i> )	Digunakan untuk data link 1 : 1 dengan PC lain
<i>Timer/Counter</i>	Digunakan sebagai pewaktu dan pencacah
DM ( <i>Data Memory</i> )	Digunakan untuk menyimpan data dalam operasi kontrol pada PC

#### 2.1.2.2. Input/output modul

*Input/Output Modul* merupakan suatu peralatan atau perangkat elektronik yang berfungsi sebagai perantara atau penghubung (*interface*) antara CPU dengan peralatan I/O dari luar.

Modul *output* merupakan peralatan-peralatan yang digunakan untuk menjalankan hasil dari proses (motor, solenoid, katup, dan lain-lain). Fungsi dari modul *output* sebagai keluaran yang menjalankan sebuah sistem berdasarkan logika-logika digital yang diprogram dalam PLC.

##### 2.1.2.2.1. Modul I/O digital

Standar digital *input* modul yang memiliki kemampuan menerima sinyal berupa tegangan AC/DC seperti 110 VAC, 220 VAC, 24 VDC dan sinyal yang berasal dari sensor dan *switch* misalnya *push button*, *limit switch* dan lain-lain.

Sinyal ini diubah menjadi tegangan rendah oleh *input* modul agar dapat dipergunakan oleh *processor*.

#### **2.1.2.2.2. Modul I/O analog**

Analog *input* modul berfungsi mendeteksi sinyal analog yang berasal dari transduser atau temperatur tekanan dalam *range* 5 - 24 Volt, 0 – 20 mA. Analog *output* modul akan menghasilkan *range* tegangan atau arus yang sama dengan *input* modul.

#### **2.1.2.2.3. Modul-modul tambahan**

PLC mempunyai fasilitas-fasilitas seperti dapat dihubungkan dengan *Personal Computer* (PC), PLC yang lain dan inverter/konverter untuk pengaturan kecepatan motor. Penggunaan modul-modul tambahan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan PLC. Modul-modul tambahan tersebut diantaranya modul *expansion I/O*, modul I/O analog, modul I/O digital, *Compo Bus/S Input/Output*, Pengendali PID yang sudah terintegrasi pada program PLC dan komunikasi yang merupakan perantara PLC dengan PLC lain, komputer, printer dan sebagainya.

#### **2.1.3. Pemrograman PLC**

Secara umum sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan pembuatan rangkaian kontrol yang telah ditulis dalam diagram *ladder* dan langsung dapat diprogram tanpa harus mengubah dulu kedalam fungsi



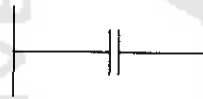
*mnemoniknya*. PLC *Keyence KV10* memiliki perangkat lunak khusus untuk memprogramnya, yakni *LADDER BUILDER for KV*.

### 2.1.3.1. Bahasa Ladder

Bahasa jenis ini merupakan penerjemahan diagram *relay* ke dalam program. Bahasa *ladder* ini sangat cocok untuk proses sistem kombinasial dengan elemen dasar kontak dan koil. Kalkulasi numeris dapat diprogram menggunakan bahasa jenis ini dengan menuliskannya di dalam blok operasi yang telah disediakan oleh *software*.

Instruksi dasar yang digunakan untuk membuat rangkaian dalam bentuk diagram *ladder* adalah sebagai berikut :

a. Instruksi LD



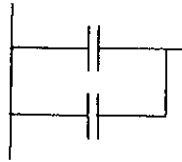
LD (*Load*) digunakan untuk memulai suatu garis atau blok logika. Jika blok logika tersebut dimulai dengan kontak NO (*Normally Open*) maka kontak ini dapat langsung dihubungkan. Keadaan NO normalnya pada posisi *OFF* / terbuka dan akan *ON* / terhubung bila relai diberi arus atau saklar NO ditekan.

b. Instruksi AND



Instruksi AND ini digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kontak-kontak *input/output* secara seri.

## c. Instruksi OR



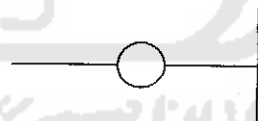
Instruksi OR digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kontak-kontak *input/output* secara *parallel*.

## d. Instruksi NOT



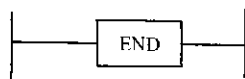
Instruksi NOT digunakan untuk membalik instruksi di depannya. Instruksi ini dapat digunakan dengan instruksi LD, AND, OR atau OUT. Dapat juga dikatakan instruksi NOT digunakan untuk membentuk suatu kontak NC (*Normally Close*). Keadaan NC normalnya dalam keadaan *ON*/tertutup dan akan menjadi *OFF*/terbuka jika diaktifkan.

## e. Instruksi OUT



OUT dapat berupa relai yang akan mengaktifkan kontak-kontak NO dan NC.

## f. Instruksi END



Instruksi END menyatakan rangkaian kontrol yang dibuat telah berakhir.

Instruksi ini harus dimasukkan dalam setiap penulisan program, karena apabila

akhir dari rangkaian kontrol tidak dilengkapi dengan instruksi END, maka program tersebut tidak akan dieksekusi CPU.

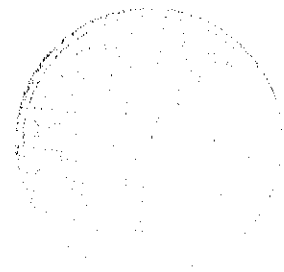
### 2.1.3.2. Kode Mnemonic

Kode *mnemonic* merupakan instruksi dari program yang akan dimasukkan kedalam diagram *ladder* untuk memudahkan dalam pemrograman yang akan dimasukkan dengan disertai alamat dan data-data. Alamat menunjukkan lokasi penyimpanan dalam memori lokasi-lokasi kontak yang ada dalam memori CPU, tempat instruksi dan data program disimpan. Data merupakan informasi yang akan diolah oleh CPU sesuai dengan instruksi program yang telah diberikan.

## 2.2. Kontaktor Magnetis

Kontaktor magnetis adalah alat yang digerakkan secara magnetis untuk menyambung atau membuka berulang-ulang rangkaian daya listrik. Tidak seperti *relay*, *kontaktor* dirancang untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak peralatan yang dihubungkan dengan kontaktor. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis merupakan satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik.

Dengan kontaktor elektromagnetis sakelar dioperasikan dengan *elektromagnet*. Daya untuk mengontrolnya bisa rendah tapi daya beban bisa tinggi, dengan kata lain untuk mengaktivasikan *elektromagnet* cukup misalnya

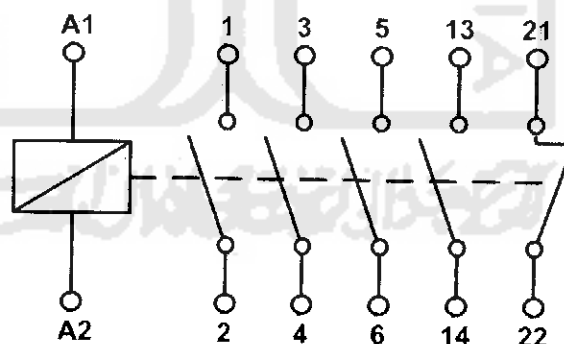


dengan tegangan rendah tapi bisa menyalurkan arus yang bertegangan lebih tinggi.

Kumparan kontaktor mempunyai sejumlah lilitan kawat berisolasi untuk memberikan belitan-ampere yang diperlukan untuk beroperasi pada arus yang kecil. Kumparan dibuat untuk beroperasi di atas kisaran 80 sampai 110 % ukuran kerja tegangan ac atau dc. Kumparan kontaktor arus searah mempunyai sejumlah lilitan dan tahanan yang tinggi. Arus yang melewati kumparan ac dibatasi dengan rangkaian *impedansi* dan *reaktansi* yang mempunyai efek yang lebih besar dibandingkan dengan tahanan. Akibatnya, tahanan kontaktor *ac* adalah rendah dan jumlah lilitan relatif sedikit.

### 2.2.1. Rangkaian kontaktor magnetis

*Kontaktor magnetis* merupakan saklar yang bekerja karena medan magnet dalam kumparan. Rangkaian Kontaktor magnetis dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.5 di bawah ini:



Gambar 2.5. Rangkaian kontaktor magnetis

### 2.2.2. Prinsip kerja kontaktor magnetis

Bila ada arus yang mengalir kumparan (A1 . A2) maka kumparan akan menjadi magnet, sehingga menggerakkan kontak-kontak yang terdapat didalam

*kontaktor magnetis*, maka 1 terhubung 2, 3 terhubung 4, 5 terhubung 6. NO tertutup dan NC terbuka. Apabila arus listrik yang mengalir pada kumparan terhenti magnet pada kumparan hilang dan *kontaktor* kembali seperti semula.

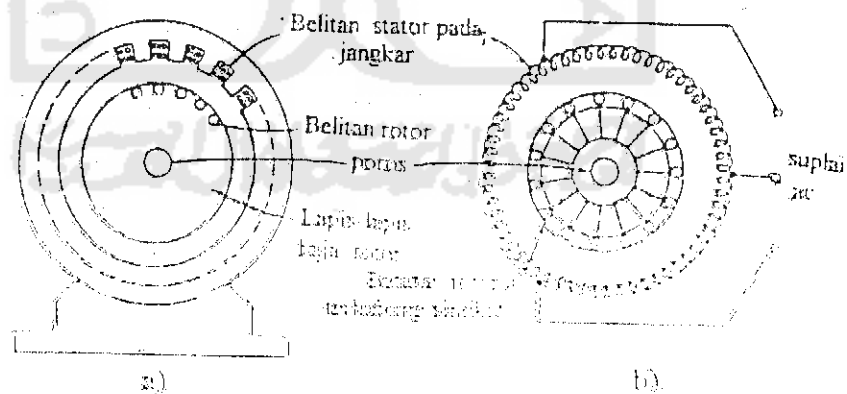
### 2.3. Motor Induksi Tiga Fase

Sebagaimana pada umumnya mesin dapat dibagi dalam 2 jenis yaitu generator dan motor. Akan tetapi generator induksi ternyata jarang dipergunakan karena karakteristiknya yang kurang memuaskan. Sedangkan motor induksi sering dipergunakan sebagai tenaga penggerak dalam industri.

#### 2.3.1. Konstruksi motor induksi tiga fase

Konstruksi dari motor induksi terdiri dari :

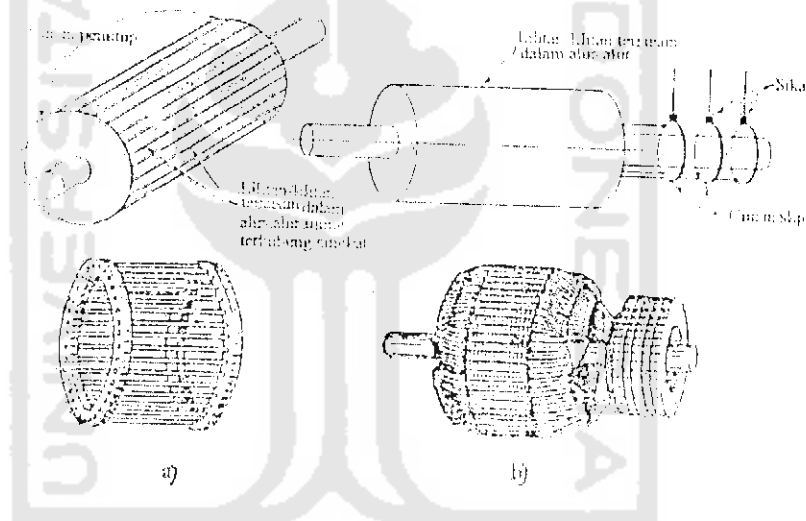
- Stator*, bagian yang diam dengan inti *stator* terbuat dari besi lunak.
- Kumparan medan berada di *stator* disebut belitan *stator*, terbuat dari tembaga dan dapat dirangkai untuk sistem tiga fase, maupun satu fase.



Gambar 2.6. Konstruksi motor induksi. (a). Gambar potongan motor induksi (b).

Hubungan listrik

- c. Rotor, bagian yang berputar. Berdasarkan konstruksinya ada dua jenis rotor :
1. *Rotor* sangkar tupai (*squirrel cage type*), pada ujung – ujungnya dihubungkan dengan semacam cincin.
  2. *Rotor* belitan (*wound type*).
- d. Kumputan jangkar, berada di rotor disebut juga kumputan atau belitan rotor.
- e. Celah udara.



Gambar 2.7. Bentuk konstruksi rotor. (a). Rotor sangkar tupai. (b). Rotor belitan.

### 2.3.2. Prinsip kerja motor induksi tiga fase

Struktur motor induksi satu fase sama dengan motor induksi tiga fase jenis rotor sangkar, kecuali kumputan *stator*-nya yang hanya terdiri dari satu fase. Seperti telah diketahui kumputan *stator* tiga fase bila dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik akan menghasilkan suatu medan *magnet* yang berputar terhadap ruang. Medan magnet yang berputar inilah yang pada dasarnya menjadi

prinsip kerja motor induksi. Cara kerja motor induksi tiga fase adalah sebagai berikut:

- a. Apabila belitan *stator* dihubungkan dengan sumber tiga fase maka akan menghasilkan medan magnet, medan magnet ini berotasi dengan kecepatan sinkron sebesar :

$$n = \frac{120 f}{p} \text{ rpm} \quad (2.1)$$

dimana  $n$  = kecepatan putar atau kecepatan mekanis (rpm)

$f$  = frekuensi (Hz)

$p$  = jumlah kutub

- b. Karena kumparan jangkar rangkaian yang tertutup, ggl ( $E$ ) akan menghasilkan arus ( $I$ ). Adanya arus ( $I$ ) didalam *magnet* menimbulkan gaya ( $F$ ) pada rotor.
- c. Bila *kopel* mula yang dihasilkan oleh gaya ( $F$ ) pada *rotor* cukup besar untuk memikul *kopel* beban, *rotor* akan berputar searah dengan medan putar *rotor*.
- d. Supaya tegangan induksi tetap ada (yakni karena perpotongan batang kumparan *rotor* oleh medan putar *stator*) maka harus ada perbedaan relatif antara kecepatan medan putar *stator* ( $n_s$ ) dengan kecepatan putar *rotor* ( $n_r$ ). Kecepatan putar *rotor* sedikit lebih lambat dari putaran medan *stator*. Perbedaan ini disebut "*slip*" dengan rumus :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 \% \quad (2.2)$$

Dimana :  $n_s$  = kecepatan sinkron (rpm)

$n_r$  = kecepatan putar *rotor* (rpm)

$s$  = slip motor

- e. Bila  $n_s = n_r$  tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan *rotor* maka tidak akan dihasilkan torsi. Torsi terjadi bila  $n_r < n_s$ .
- f. Motor induksi disebut juga motor tak serempak atau *asinkron*.

### 2.3.3. Slip

Berubah-ubahnya kecepatan motor induksi ( $n_r$ ) membuat *slip* juga berubah-ubah, dari  $s = 100\%$  ( $n_s = n_r$ ), yakni saat motor diam hampir *start* (*standstill*).

Hubungan frekuensi dengan *slip* :

Bila  $f_1$  = frekuensi jala-jala, maka  $n_s = \frac{120 f_1}{p}$  rpm atau  $f_1 = \frac{p n_s}{120}$

Pada *rotor* berlaku :  $f_2 = \frac{p(n_s - n_r)}{120}$  (2.3)

$f_2$  = frekuensi *rotor*

Saat start dengan  $s = 100\%$  maka  $f_2 = f_1$

Dengan demikian prinsip kerja motor induksi mirip dengan prinsip kerja *transformator*, yakni :



- a. Ada dua rangkaian yang terkopel secara *magnetis*, ada induksi antara stator dengan rotor pada motor atau induksi antara primer dan sekunder pada *trafo*.
- b. Pemindahan daya dari primer ke sekunder pada *trafo* atau *stator* ke *rotor* pada motor induksi dengan perantaraan medan *magnet*.
- c. Adanya rangkaian *ekivalen* untuk rangkaian elektriknya.

#### 2.3.4. Starting motor AC tiga fase

*Starting* adalah permulaan pengoprasian mesin, atau menghidupkan mesin. Arus awal, yaitu arus yang mengalir ke belitan motor pada saat perubahan dari *OFF* ke *ON*, yang besarnya dapat lebih dari beberapa kali arus nominal. Kondisi seperti ini tentu tidak diinginkan mengingat :

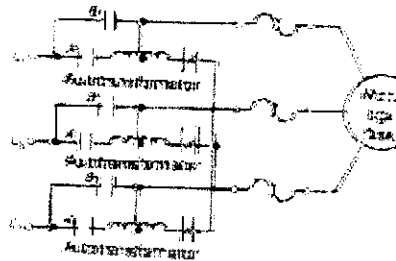
- Arus yang besar akan dapat merusak isolasi kumparan motor.
- Mempengaruhi seluruh jaringan listrik, karena menyebabkan *drop* tegangan jaringan.

Untuk mengatasi arus yang besar pada saat *starting*, ada beberapa cara untuk tujuan tertentu yang tergantung pada besarnya daya motor dan sifat penggunaannya.

##### 2.3.4.1. Prinsip starting motor 3 fase

Prinsip *starting* dengan saklar bintang-segitiga adalah berdasarkan pada pembatasan jumlah arus *starting* sehingga tidak merusak isolasi kumparan motor.





Gambar 2.9. Pengasut ototransformator



Gambar 2.10. Pengasut bintang-segitiga

#### 2.4. Termal Over Load Relay

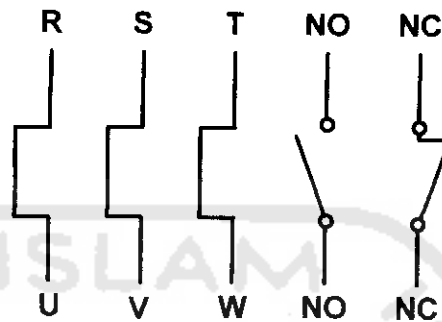
Fungsi dari *over load relay* adalah memberi perlindungan terhadap beban lebih yang bertingkat dari motor listrik. Dengan singkat dapat dikatakan bahwa fungsi dari *over load relay* adalah melindungi motor listrik terhadap beban lebih. Seperti halnya sekering pengaman beban lebih ada yang bekerja cepat dan ada yang lambat.

*Over load relay* yang berdasarkan pemutus *bimetal* akan bekerja sesuai dengan arus yang mengalir, semakin tinggi kenaikan temperatur semakin cepat pula resiko *bimetal* menjadi bengkok, maka pada suatu saat tertentu akan mengakibatkan terjadinya pemutusan arus, sehingga motor akan berhenti.

Jenis pemutus *bimetal* yang dapat ditemui adalah yang satu fase dan tiga fase. Tiap-tiap fase terdiri dari *bimetal-bimetal* yang terpisah, tetapi saling berhubungan yang berguna untuk memutuskan semua fase apabila terjadi kelebihan beban atau salah satu fase berkelebihan beban. Pemutus bimetal satu fase yang dihubungkan langsung digunakan untuk pengamanan beban lebih pada motor yang berdaya kecil, sedangkan untuk motor dengan daya besar, arus tidak langsung dialirkan melalui bimetal langsung tetapi melalui kumparan panas (*resistance wire*). Apabila *resistance wire* dilewati arus lebih besar dari normalnya, maka *bimetal trip*, bagian bawah akan langsung melengkung ke kiri dan membawa slide ke kiri, gesekan ini akan membawa lengan kontak pada bagian bawah tertarik ke kiri dan kontak akan lepas. Selama bimetal trip itu masih panas, maka di bagian bawah tetap terbawa ke kiri, sehingga kontaknya belum dapat dikembalikan walaupun *reset button* ditekan. Apabila *bimetal* sudah dingin barulah dia kembali lurus dan kontaknya dapat dihubungkan kembali dengan menekan *reset button*.

*Setting knob* digunakan untuk mengatur batas arus normal yang akan mengalir melewati *resistance wire*. Dengan mengatur setting *knop* itu kedudukan kontak memerlukan daya yang berbeda-beda, daya ini didapat dari panas yang

ditimbulkan oleh *resistance wire* yang membengkokkan *bimetal*, apabila kontakannya hendak dilepaskan maka manual trip ditekan.

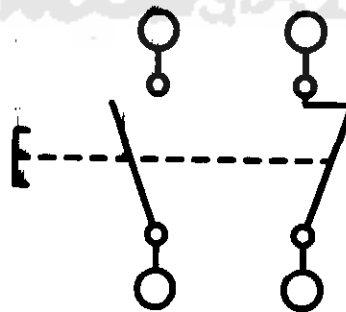


Gambar 2.11. Termal over load

## 2.5. Push Button

Saklar tekan (*Push Button*) terdapat dalam dua jenis yaitu:

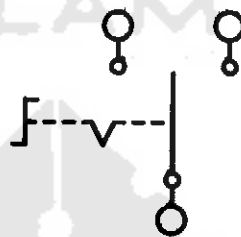
- *Normaly Open (NO)* yaitu menyambungkan rangkaian atau menghubungkan rangkaian ketika tombol ditekan dan kembali pada posisi terbuka ketika tombol dilepas.
- *Normaly Close (NC)* yaitu membuka rangkaian apabila tombol ditekan dan kembali pada posisi menutup ketika tombol dilepaskan.



Gambar 2.12. Push button

## 2.6. Selector Switch

*Selector Switch* (Saklar Pilih) adalah saklar yang dioperasikan secara manual yang banyak dijumpai. Pada saklar dibuat dengan memutar knop operator ke kanan atau kekiri. Saklar pemilih dapat mempunyai posisi selektor dua atau lebih, dengan posisi kontak bertahan atau kembali dengan pegas untuk memberikan operasi kontak sebentar.



Gambar 2.13. Selector switch

## 2.7. Limit Switch

Saklar limit dirancang hanya untuk beroperasi apabila batas yang sudah ditentukan sebelumnya sudah dicapai, dan saklar-saklar tersebut biasanya diaktifkan kontak dengan obyek misalnya *cam*. Alat tersebut mengganti operator manusia. Saklar-saklar tersebut sering digunakan pada rangkaian pengendali dari mesin yang memproses untuk pengaturan *starting*, *stopping* atau pembalikan motor.



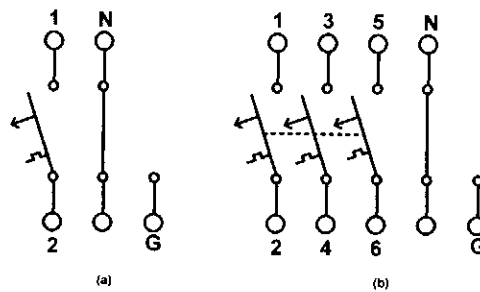
Gambar 2.14. Limit switch

## 2.8. MCB ( Miniatur Circuit Breaker )

Untuk melindungi hantaran instalasi yang lebih praktis, ekonomis dan otomatis dipasanglah MCB. MCB adalah sakelar otomatis yang dapat terbuka ketika ada arus berlebih mengalir dalam rangkaian dan dapat tertutup kembali ketika rangkaian kembali normal.

Arus beban mengalir melalui mekanisme *elektromagnetik* dan *thermal*. Dalam operasi normal arusnya tidak cukup untuk mengoperasikan peralatan ini, tetapi ketika terdapat kelebihan arus, *strip bimetal* akan terpanasi, membengkok, dan menjatuhkan mekanismenya. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan aksi ini membuat MCB memiliki kemampuan untuk membedakan antara kelebihan beban yang muncul untuk waktu yang sangat singkat, sebagai contoh arus awalan sebuah motor dengan beban berlebih karena kerusakan. Alat ini hanya akan jatuh ketika arus rusak muncul. Waktu operasi yang sangat lambat ideal untuk kelebihan beban, namun ketika hubungan pendek muncul, sangat penting untuk memutus rangkaian yang rusak secepatnya. Ini dicapai dengan peralatan *koil elektromagnetik*.

Ketika arus rusak yang besar (kira-kira diatas 8 kali arus nilai rata-rata) mengalir melalui koil, fluks medan magnet yang kuat terbentuk dan menjatuhkan mekanismenya hampir bersamaan. Rangkaian dapat dipulihkan setelah kerusakan dihilangkan dengan menekan tombol ON. Ini mengaktifkan kembali berbagai mekanisme didalam MCB dan membuat saklarnya kontak kembali. Tombolnya juga dapat digunakan untuk memutus rangkaian guna perawatan atau isolasi serta untuk menguji MCB demi memperoleh operasi yang memuaskan.



Gambar 2.15. Rangkaian MCB (a) 1 fase (b) 3 fase

## 2.9. Relay

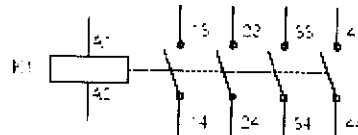
*Relay* merupakan peralatan yang berfungsi sebagai *switching* pada rancangan kontrol, prinsip kerja *relay* adalah berdasarkan sistem *electromagnetic* karena pada *relay* terdapat koil yang berfungsi untuk menimbulkan medan *magnet*, jika koil tersebut mendapatkan tegangan yang sesuai dengan speksifikasinya maka ia akan menggerakkan kontak-kontaknya. Jumlah kontak yang dimiliki oleh setiap *relay* tersebut bermacam-macam, ada *relay* yang mempunyai 2 kontak, 3 kontak, 4 kontak, semuanya itu tergantung tipe *relay* itu sendiri. Kontak tersebut merupakan kontak *change over (CO)* yaitu merupakan gabungan dari kontak NO (*normally close*) dan NC (*Normally Open*). Klasifikasi dari pemakaian *relay* dalam rancangan kontrol didasarkan pada syarat-syarat berikut :

1. Kemampuan kontak
2. Rating tegangan koil
3. Jumlah kontak yang diperlukan

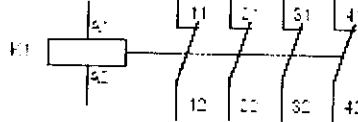


Simbol *Relay*:

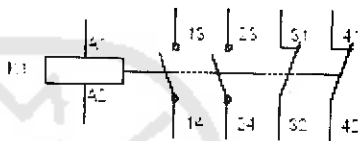
*Relay Normally Open*



*Relay Normally Closed*



Kombinasi NO & NC



Gambar 2.16. Rangkaian *relay*

