

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Motor Induksi

1. Pengertian Motor Induksi

Motor induksi atau motor asinkron merupakan mesin listrik yang berfungsi mengkonversi energi listrik menjadi energi gerak berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada motor induksi terdapat slip antara putaran medan stator dan medan rotor, arus yang dihasilkan di rotor terjadi akibat induksi antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh stator.

Terdapat berbagai macam motor induksi yang digunakan pada industri - industri salah satunya yaitu motor induksi tiga fasa tipe sangkar tupai (*squirrel cage*). Penggunaan motor induksi tiga fasa pada dunia industri sangat dibutuhkan, khususnya pada industri yang bergerak di bidang *engineering*. Salah satunya alat konveyor untuk mengangkut barang. Konveyor tersebut menggunakan motor induksi tiga fasa sebagai penggeraknya. Berdasarkan penjelasan diatas terdapat kelebihan dan kekurangan dari motor induksi, yaitu sebagai berikut :

Kelebihan :

- a. Konstruksi yang kuat dan sederhana, khususnya motor dengan rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*).
- b. Harga dan biaya perawatan yang murah dibandingkan dengan motor dc.

- c. Keandalanya tinggi.
- d. Efisiensi yang relatif tinggi, hal ini dikarenakan tidak adanya sikat yang menimbulkan rugi gesek.

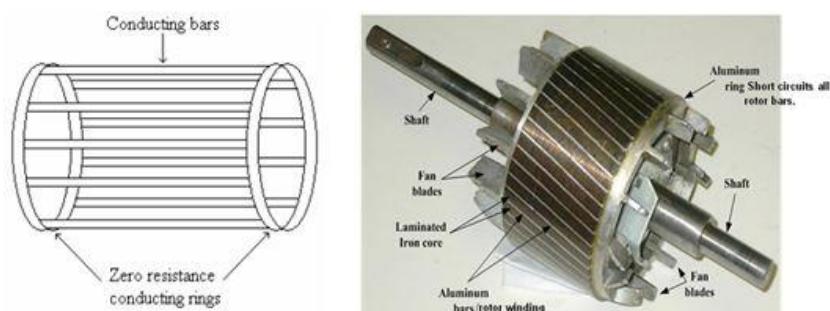
Kekurangan :

- a. Kecepatan motor tidak mudah dikontrol.
- b. Arus *starting* yang besar melebihi arus nominalnya.

Motor induksi tiga fasa dapat dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 1. Motor Induksi Tiga Fasa Tipe Sangkar Tupai
(Sumber: Koleksi Pribadi)



Gambar 2. Konstruksi Sangkar Tupai
(<https://www.duniaelectrical.id/2016/11/mesin-induksi-mesin-asinkron>)

2. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

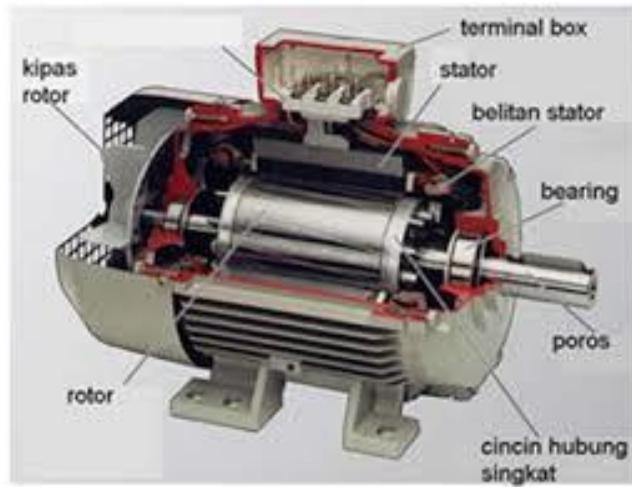
Motor induksi bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.

Pada saat sumber ac tiga fasa terhubung dengan kumparan stator maka akan timbul medan putar di stator akibat dari arus bolak-balik yang mengalir pada kumparan stator yang mempunyai beda antar fasanya sebesar 120 derajat.

Induksi elektromagnetik dari medan putar stator ini akan memotong fluks - fluks magnet pada batang konduktor rotor, karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup maka akan menimbulkan tegangan dan arus induksi yang menghasilkan medan magnet pada rotor. Interaksi antara medan magnet putar stator dan medan magnet rotor akan menghasilkan medan magnet total, karena adanya medan magnet total, panjang kumparan rotor, dan arus pada kumparan rotor akan menghasilkan gaya lorentz. Gaya ini yang akan menghasilkan torsi, sehingga motor dapat berputar.

3. Kontruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Konstruksi motor induksi tiga fasa memiliki dua bagian utama, yaitu stator merupakan bagian dari motor yang tidak berputar dan rotor merupakan bagian dari motor yang berputar. Motor induksi juga terdapat celah udara yang berfungsi sebagai tempat perpindahan fluks magnet dari kumparan stator menuju kumparan rotor. Konstruksi motor induksi tiga fasa dapat dilihat dari gambar berikut ini :

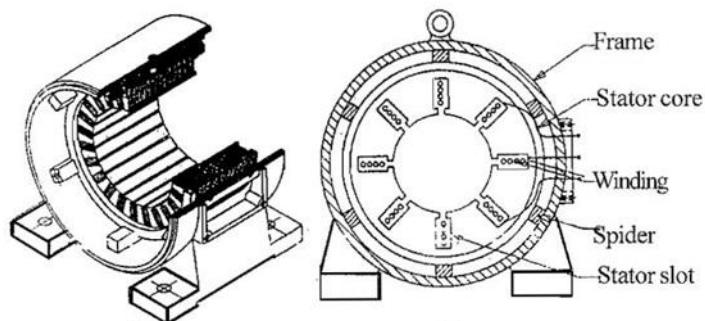


Gambar 3. Konstruksi Motor Induksi

(Sumber : <http://elektro-unimal.com/2013/05/konstruksi-motor-listrik-3-fasa>)

a. Stator

Stator merupakan bagian dari motor induksi yang tidak berputar dan sebagai tempat dihasilkannya medan putar ketika sumber tiga fasa dihubungkan pada kumparan stator dengan perbedaan sudut antar fasa sebesar 120° . Stator terdiri dari tiga bagian utama, yaitu rangka stator, inti stator (*core*), dan alur tempat meletakkan kumparan.



Gambar 4. Konstruksi Stator Motor Induksi Tiga Fasa

(Sumber : <http://elektro-unimal.com/2013/05/konstruksi-motor-listrik-3-fasa>)

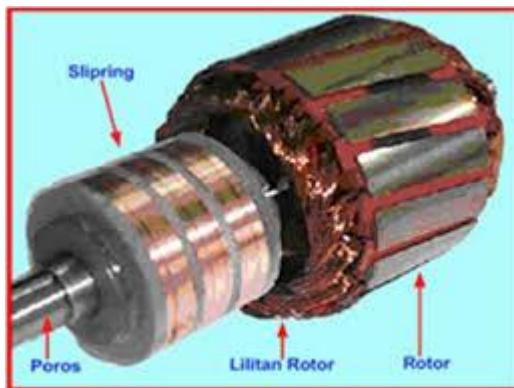
b. Rotor

Rotor merupakan bagian dari motor induksi yang berputar. Rotor terdiri dari dua bagian utama, yaitu inti besi berbentuk silinder yang tersusun berlapis, alur tempat meletakkan kumparan. Berdasarkan jenisnya rotor pada motor induksi tiga fasa dibedakan menjadi dua, yaitu rotor tipe sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) dan kumparan (*wound rotor*). Rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) memiliki konstruksi yang sederhana dan kokoh. Rotor terdiri dari inti besi yang berbentuk silinder dan tersusun berlapis. Dilengkapi dengan slot paralel sebagai tempat masuknya batang konduktor. Rotor yang terdiri dari batang-batang konduktor, tersusun pada alur disekitar permukaan rotor. Setiap ujung konduktor dihubung singkat dengan cara dilas atau dibaut pada slot dua cincin hubung singkat. Berdasarkan konstruksi itu rotor tersebut disebut dengan rotor sangkar tupai.



Gambar 5. Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai
(Sumber : <https://www.duniaelectrical.id/2016/11/mesin-induksi>)

Rotor jenis yang lain adalah rotor belitan (*wound rotor*). Belitan tiga fasa pada rotor ini biasanya terhubung wye (Y) dan setiap ujung ketiga kawat belitan fasa rotor dihubungkan pada slip ring di poros rotor. Belitan fasa dihubung singkat dengan tahanan luar melalui sikat (*brush*) yang menempel pada slip ring. Konstruksi motor induksi tiga fasa rotor belitan dapat dilihat dari gambar berikut ini:



Gambar 6. Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan
(Sumber : <http://elektro-unimal.com/2013/05/konstruksi-motor-listrik-3-fasa>)

B. Pengereman Motor Induksi

Motor induksi akan berhenti berputar ketika hubungan suplai dari sumber ac tiga fasa dengan motor diputus. Waktu yang dibutuhkan dari motor tersebut untuk benar-benar berhenti bergantung pada beban dan friksi dari motor itu sendiri, dan untuk mengatur putaran penghentian motor maka diperlukan sebuah metode pengereman.

Pengereman secara elektrik, torsi pengereman dihasilkan berdasarkan nilai arus injeksi yang diberikan pada kumparan stator. Pengereman elektrik dilakukan dengan memberikan suatu medan magnet stasioner pada stator

sehingga putaran rotor akan berkurang dengan sendirinya, penggereman secara elektrik lebih *smooth* dan tidak ada hentakan yang terjadi.

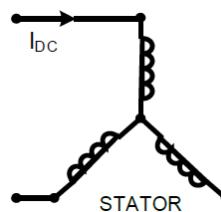
Menghentikan motor dilakukan dengan cara menghilangkan tegangan sumber sehingga diperoleh kecepatan putaran sama dengan nol. Terdapat beberapa metode penggereman, yaitu :

1. Metode penggereman mekanik yaitu energi kinetik dari bagian yang berputar di buang pada bagian yang bergesekan sebagai panas dengan menggunakan sepatu rem yang terdapat pada motor.
2. Metode penggereman *plugging* yaitu dengan membalikkan arah gerak dari rotasi motor, sehingga motor dapat menghasilkan daya torsi penyeimbang dan selanjutnya membentuk daya perlambat.
3. Metode penggereman dinamik yaitu dengan menginjeksikan arus dc ke kumparan stator pada motor, sehingga akan membangkitkan medan stasioner untuk menurunkan tegangan pada rotor.
4. Metode penggereman *regeneratif* yaitu sebuah sistem penggereman di mana motor induksi digerakkan oleh beban diatas kecepatan sinkron.

C. Pengereman Dinamik

Pengereman secara dinamik adalah metode pengereman motor induksi dengan cara menginjeksikan arus searah (DC) pada stator. Arus searah akan menghasilkan medan statis, sehingga dalam rotor akan diinduksikan gaya gerak listrik, menyebabkan mengalirnya arus induksi. Gaya gerak listrik dan arus induksi berbanding lurus dengan putaran. Karena rotor dalam keadaan hubung singkat maka akan timbul medan magnet yang berputar sama dengan kecepatan rotor namun dengan arah yang berlawanan. Gaya gerak magnet pada rotor menimbulkan torsi yang berlawanan dengan torsi motor sehingga pengereman dapat terjadi.

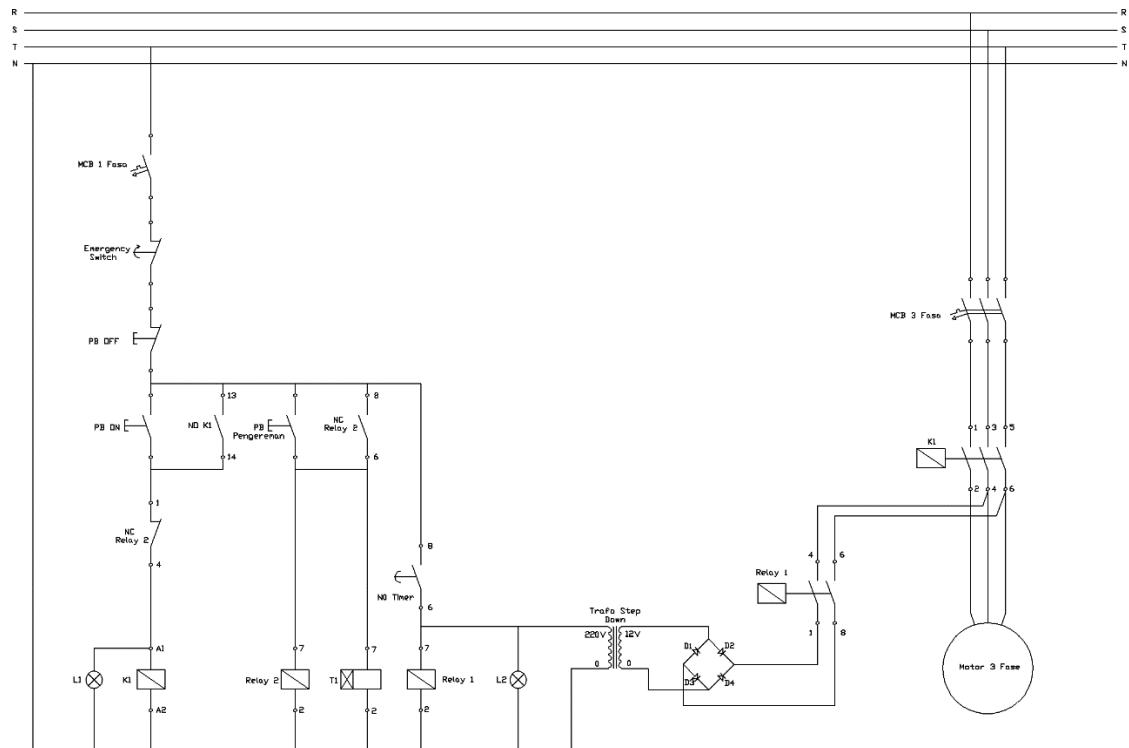
Torsi pengereman yang tinggi dilakukan dengan cara belitan pada motor harus diberi eksitasi penuh. Torsi pengereman yang dihasilkan tergantung pada besarnya arus injeksi DC pada belitan stator, karena torsi pengereman sebanding dengan arus injeksi. Semakin tinggi nilai injeksi arus searah pada stator maka semakin cepat torsi pengereman terjadi (Agung Warsito, Mochammad Facta, dan M Anantha B P, 2006).



Gambar 7. Kopel Pengereman Dinamik
(Sumber : Agung Warsito, 2006)

Pengereman dengan menggunakan rangkaian seperti gambar diatas yaitu terminal U, V dan W pada terminal box, hanya dihubungkan dengan arus injeksi dua

terminal misalnya terminal U dan V sedang terminal W tidak terhubung. Injeksi arus dc ditentukan sesuai kebutuhan dengan batasan tidak melebihi arus nominal motor tersebut (PUIL 2011/510.5.7.1). Rangkaian penggereman dinamik motor induksi tiga fasa dapat dilihat dari gambar berikut ini :

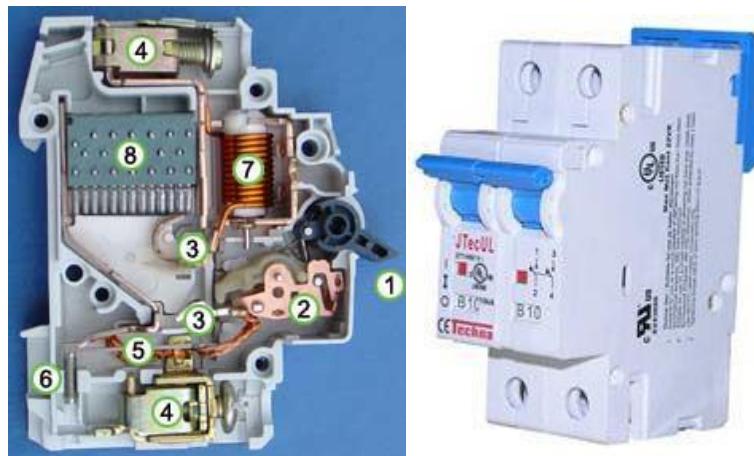


Gambar 8. Sistem Penggereman Dinamik

D. Komponen Utama

1. *Miniatuer Circuit Breaker (MCB)*

MCB atau pemutus tenaga berfungsi untuk memutuskan suatu rangkaian apabila ada arus yang mengalir dalam rangkaian atau beban listrik yang melebihi kemampuan (Joko laras, 2009). Pemutus tenaga ini terdiri dari 2 jenis yaitu untuk sistem 1 fasa dan sistem 3 fasa. MCB 3 fasa terdiri dari tiga buah pemutus tenaga 1 fasa yang disusun menjadi satu kesatuan. Pemutus tenaga mempunyai 2 posisi, saat menghubungkan maka antara terminal masukan dan terminal keluaran MCB akan kontak. Pada posisi saat ini MCB pada kedudukan 1 (ON), dan saat ada gangguan MCB dengan sendirinya akan melepas rangkaian secara otomatis kedudukan saklarnya 0 (OFF), saat ini posisi terminal masukan dan keluaran MCB tidak menyambung.



Gambar 9. Miniature Circuit Breaker (MCB)
(Sumber: <http://en.wikipedia.org>)

Keterangan

1. *Actuator Lever*

2. *Actuator Mechanism*

3. *Contacs*

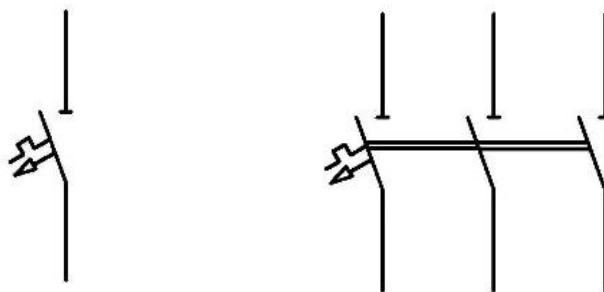
4. *Terminals*

5. *Bimetal Strip*

6. *Calibration Screw*

7. *Solenoid*

8. *Arc Divider*



a. MCB 1 fasa

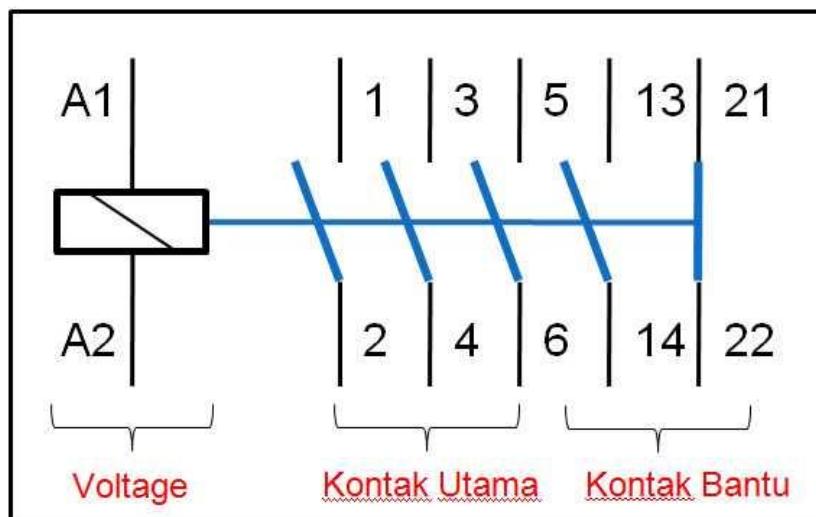
b. MCB 3 fasa

Gambar 10. Simbol MCB
(Sumber : Joko laras, 2009)

2. Kontaktor Magnetik (*Magnetic Contactor*)

Kontaktor magnet adalah gawai elektromekanik yang dapat berfungsi sebagai penyambung dan pemutus rangkaian, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh (Joko laras, 2009). Pergerakan kontak-

kontaknya terjadi karena adanya gaya elektromagnet. Kontaktor magnet merupakan sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan, artinya alat ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Arus kerja normal adalah arus yang mengalir selama pemutaran tidak terjadi. Kumparan atau belitan magnet (*coil*) suatu kontaktor magnet dirancang untuk arus searah (DC) saja atau arus bolak-balik (AC) saja. Kontaktor arus searah (DC) kumparannya tidak menggunakan kumparan hubung singkat, sedang kontaktor arus bolak-balik (AC), pada inti magnetnya dipasang kumparan hubung singkat. Bila kontaktor untuk arus searah digunakan pada arus bolak-balik, maka kemagnetannya akan timbul dan hilang setiap saat mengikuti bentuk gelombang arus bolak-balik. Sebaliknya jika kontaktor yang dirancang untuk arus bolak-balik digunakan pada arus searah, maka pada kumparan itu tidak timbul induksi listrik, sehingga kumparan menjadi panas. Jadi kontaktor yang dirancang untuk arus searah, digunakan untuk arus searah saja begitu juga untuk arus bolak-balik. Umumnya kontaktor magnet akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85% tegangan kerjanya, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar (Joko laras, 2009). Ukuran dari kontaktor magnet ditentukan oleh batas kemampuan arusnya.



Gambar 11. Simbol magnetik kontaktor

(Sumber : <http://elektro-unimal.com/2013/05/konstruksi-motor-listrik-3-fasa>)

Prinsip dari kontaktor magnetis pada gambar 10 diatas menunjukkan empat jenis pengoperasian elektromagnetis yaitu: jenis lonceng, bel engkol, aksi horisontal, dan aksi-vertikal. Rangkaian magnetis terdiri dari baja ringan dengan permeabilitas tinggi dan magnet sisa rendah. Tarikan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan harus cukup kuat dan cepat untuk menutup jangkar terhadap gaya gravitasi dan kontak. Piranti magnet kontaktor mengalami dua kondisi yaitu :

- a. Jika kumparan magnet dialiri arus AC maupun DC, maka akan timbul medan magnet disekitar penghantar yang berarus. Hal ini dapat menyebabkan tertariknya bilah-bilah kontaktor yang bergerak. Pada kondisi ini magnet kontaktor dalam kondisi bekerja.

- b. Jika arus sudah tidak mengalir ke kumparan pemagnet maka armatur dan bilah bilah kontak gerak akan melepaskan diri karena ter dorong oleh pegas. Pada kondisi ini magnet kontakor dalam kondisi tidak bekerja.



Gambar 12. Kontaktor Magnet
(Sumber: ulaslistrik.com)

Kontak-kontak magnet kontaktor terdiri atas kontak utama dan kontak pembantu. Kontak utama merupakan kontak *normally open* yang bertindak sebagai saklar yaitu membuka dan menutup rangkaian sumber terhadap beban. Kontakor magnetis umumnya mempunyai tiga buah kontak utama. Kontak pembantu bisa berupa kontak *normally open* maupun *normally close*. Kontak ini mempunyai arus kerja yang lebih rendah dari pada kontak utama dan digunakan seperti *Relay* untuk pengunci atau *interlock* pada dua buah sistem kontaktor.

3. *Relay*

Relay adalah saklar elektronik yang bekerja karena adanya kontrol yang digerakkan oleh listrik. *Relay* terdiri dari 2 bagian utama yaitu, Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal. Terbuka / tertutupnya saklar bergantung pada *coil* apakah ada listrik yang melewati, sebab *coil* akan berubah menjadi magnet seketika ada listrik yang melewatiinya, sehingga tuas mekanik akan tertarik. *Relay* mampu menangani daya yang lebih besar dari daya kerjanya. Menurut arus listrik kerjanya, *Relay* dibagi menjadi 2 yaitu *Relay AC* dan *Relay DC*. Tegangan kerja yang dibutuhkan anda bisa melihat informasi teknis yang tertulis pada *body*. *Relay AC* bekerja pada tegangan 220 Volt, sedangkan *Relay DC* umumnya bekerja pada tegangan 6 Volt 12 Volt, 24 Volt, 48 Volt.

Gambar 13. *Relay AC*

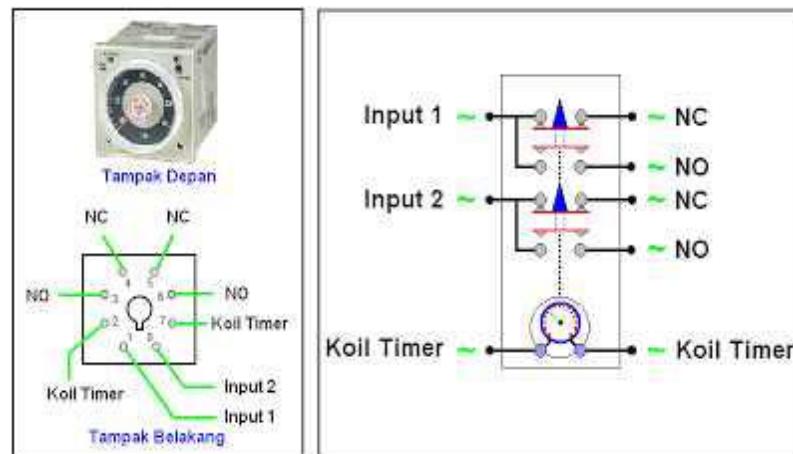


(Sumber: ulaslistrik.com)

4. *Time Delay Relay*

Time Delay Relay (TDR) adalah suatu piranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak

saklar sering disebut juga *Relay timer* atau *Relay* penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (*Magnetic Contactor*) dan Relay. Tujuan dari pemasangan *timer* itu sendiri adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. *Timer* ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor dalam delay waktu tertentu. Kontak NO dan NC pada *Timer* (*Time Delay Relay*) akan bekerja ketika *timer* diberi ketetapan waktunya, ketetapan waktu ini dapat kita tentukan pada potensiometer yang terdapat pada *timer* itu sendiri. Misalnya ketika kita telah menetapkan 10 detik, maka kontak NO dan NC akan bekerja 10 detik setelah kita menghubungkan *timer* dengan sumber arus listrik.



Gambar 14. Kontaktor Magnet
 (Sumber: ibid.politekniknegerisriwijaya)

5. *Push Button*

Saklar tombol sering dinamakan tombol tekan (*Push Button*), ada dua macam yaitu tombol tekan *normally open* (NO) dan tombol tekan *normally close* (NC) (Joko laras, 2009). Konstruksi tombol tekan ada beberapa jenis, yaitu jenis tunggal ON dan OFF dibuat secara terpisah dan ada juga yang dibuat satu tempat. Jenis ini untuk satu tombol dapat untuk ON dan OFF tergantung keinginan penggunaannya. Tombol tekan tunggal terdiri dari dua terminal, sedang tombol tekan ganda terdiri dari empat terminal.



Gambar 15. Konstruksi saklar tombol (*Push Button*)

6. *Emergency Switch*

Emergency switch digunakan untuk mematikan sumber secara langsung saat terjadi gangguan pada sistem yang telah dirangkai (Joko laras, 2009). Sesuai dengan fungsinya *emergency switch* beroperasi



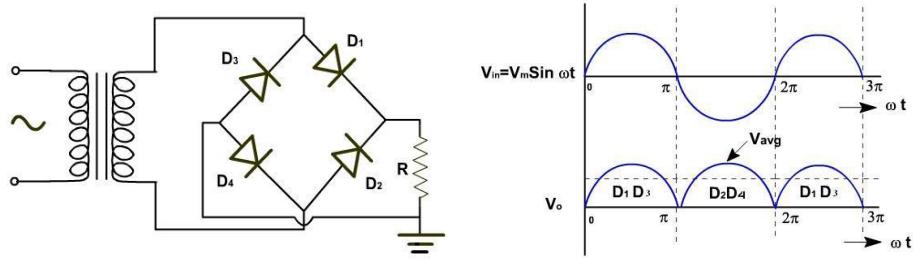
Gambar 16. *Emergency Switch*

(Sumber: <https://www.princessauto.com/en/detail/emergency-stop-switch/>)

saat rangkaian mengalami gangguan yang dapat membahayakan peralatan dan manusia. *Emergency switch* digunakan dengan cara memutar *switch* untuk menghubungkan rangkaian dan kemudian ditekan untuk melepaskannya.

7. Penyearah Satu Fasa Gelombang Penuh

Rangkaian catu daya (*power supply*) adalah rangkaian elektronika daya yang menghasilkan tegangan *output dc fixed* atau variabel. Rangkaian ini terdiri dari transformator, penyearah gelombang (*rectifier*), *filter*, dan regulator tegangan. Rangkaian ini berfungsi untuk memberi suplai tegangan dc ke perangkat keras yang membutuhkan tegangan dc. Pada rangkaian catu daya terdapat transformator *step down* yang berfungsi menurunkan tegangan sumber dari PLN (AC 220 volt) menjadi tegangan *output* yang diiginkan. Rangkaian catu daya dan gelombang keluarannya dapat dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 17. Rectifier dengan Dioda Bridge dan Tegangan *Output*