

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Untuk mendukung penelitian tugas akhir ini penulis mengambil beberapa contoh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Dalam skripinya Fahrul Rozi (Rozi, 2014), yaitu “ Pengujian Karakteristik Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Rotor sangakar Menggunakan Metode Soft Starting”. Dimana pada pembuatan alat soft startingnya menggunakan rangkaian berbasis Mikrokontroler Atmega16, kontrol pengendali yang dimaksud adalah setting penyulutan (pulsa gerbang) SCR yang sesuai dengan yang diinginkan sehingga tujuan dari pengasutan dapat tercapai.

Soft startingnya dibuat dengan menggunakan komponen daya SCR (siliconcontrol rectifier), komponen ini berfungsi untuk menghentikan arus dari satu arah yang kemudian diteruskan kearah yang lain setelah menerima sinyal trigeratau “penyulut“ yang disebut pulsa gerbang. Keenam buah SCR ini disusun dengan konfigurasi yang disebut dengan konverter AC - AC anti paralel.

Ada tiga jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Rangkaian klok

Rangkaian klok ini digunakan sebagai generator klok untuk menjalankan mikrokontroler.

b. Rangkaian Reset

Rangkaian ini berguna untuk mereset mikrontroller agar proses dimulai dari awal lagi.

c. Rangkaian SCR (Silicon Controlled Rectified)

Rangkaian SCR (Silicon Controlled Rectified) yang digunakan pada pengasutan ini adalah SCR BT 151 dengan spesifikasi teknis VRRM 500-800 V, IT (RMS) = 12A, IT (AV) = 7,5 A yang disusun dalam rangkaian penyearah gelombang penuh.

Cara kerja dari pengasutan Soft Starting ini hampir mirip dengan pengasutan Auto Transformator, namun terdapat beberapa perbedaan diantaranya nilai slip dan rugi – rugi. Slip rata – rata pada metode Auto Transformator mendekati 50% sedangkan pada metode Soft Starting nilai slipnya lebih kecil. Hal ini dapat dilihat pada waktu tunda 5 – 13 detik dengan nilai slip berkisar antar 60% hingga 23%. Semakin besar waktu tunda dari Soft Starting maka semakin kecil pula slip yang dihasilkan, dan nilai rugi – rugi pada metode Auto Trasformator mencapai 138 watt sedangkan untuk pada motode Soft Staring hanya sekitar 79 Watt.

2. Dalam penelitian nya Purba dan Panusur (Purba, J, A., Tobing, P. 2014) yaitu tentang “Analisis Perbandingan Torsi Start Dan Arus Start, Dengan Menggunakan Metode Pengasutan Autotrafo, Start – Delta Dan DOL (Direct On Line) Pada Motor Indukusi 3 Fasa” adalah dengan menggunakan metode perbandingan antara ketiga jenis pengasutan yaitu Auto Trafo, Start Delta dan Direct Online. Dari perbandingan dari ketiga

jenis pengasutan itu didapatkan arus sebesar 6,7 A dengan torsi start sebesar 3,19 nm pada pengasutan Direct On Line, Dan pada pengasutan star – delta didapat arus sebesar 4,3 A dengan torsi star sebesar 1,1 nm, sedangkan untuk pengasutan Autotrafo terdapat tiga pilihan presentase tegangan untuk melakukan pengasutan yaitu 60%, 70%, 80%. Pada presentase tegangan 60% arus star yang didapat sebesar 4,46 A dengan torsi start sebesar 1,5 nm, pada presentase tegangan 70% arus start yang didapat adalah sebesar 4,57 A dengan torsi start sebesar 2 nm, dan terakhir pada presentase tegangan 80% didapat arus start 4,77 A dengan torsi start sebesar 2,25 Nm. Penelitian ini dilakukan di Laboraturium Konversi Energi Listrik FT USU.

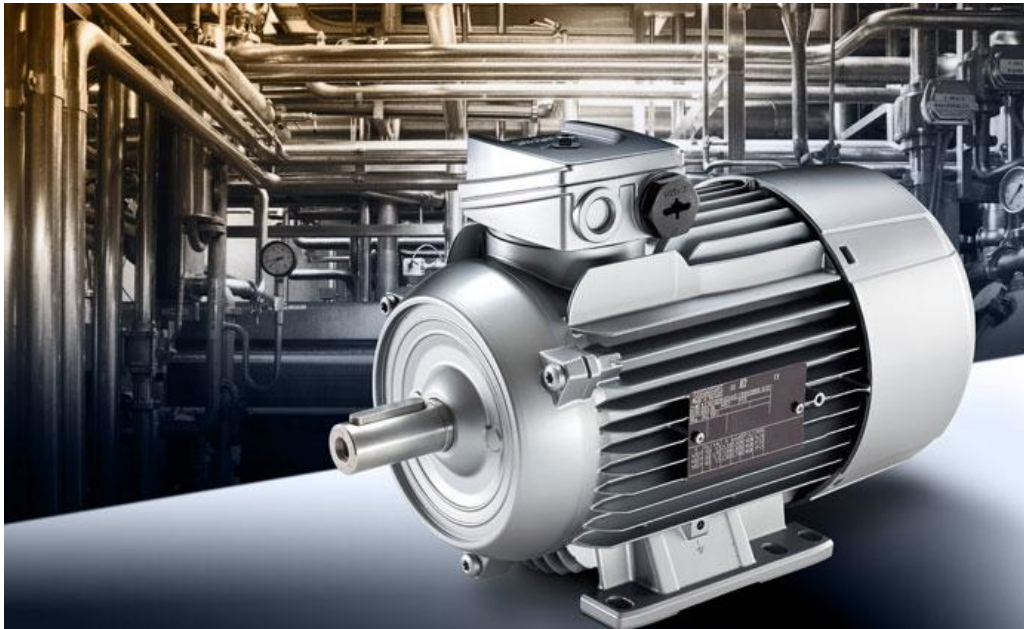
## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Motor Induksi Tiga Fasa**

Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaanya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor bukan berasal dari sumber tertentu, akan tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. dalam prakteknya, motor ini juga dapat dirubah menjadi sebuah transformator, dengan cara yang cukup mudah yaitu dengan membalik instalasinya, diman kumparan stator sebagai kumparan primer sedangkan rotor sebagai kumparan sekunder.

Pada dasarnya motor induksi berputar dengan kecepatan yang konstan, dimulai mulai dari tanpa beban sampai pada beban penuh. Pengaturan kecepatan

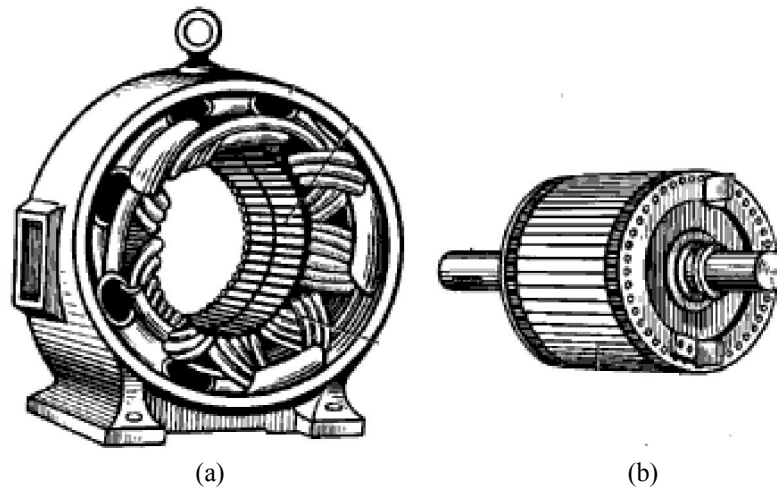
putar motor induksi tidak dapat dilakukan dengan mudah karena kecepatannya dipengaruhi oleh frekuensi.



Gambar 2. 1 Motor induksi tiga fasa  
(Sumber : <https://dongcodiensiemens.tech.blog/>)

#### 2.2.1.1. Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Adapun konstruksi dari motor induksi tiga fasa dapat dilihat pada gambar dibawah ini, motor induksi tiga fasa memiliki dua bagian penting yaitu stator dengan rotor, stator merupakan bagian yang tidak berputar dari motor sementara rotor merupakan bagian yang mengalami perputaran dari motor.

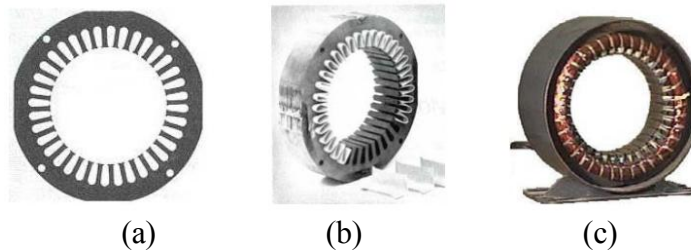


Gambar 2. 2 (a) Stator. (b) Rotor  
 (Sumber : <https://helpiks.org/5-50925.html>)

### 1. Stator

Stator adalah merupakan bagian terluar dari motor yang tidak berputar dan merupakan tempat mengalirnya arus beban, stator ini terbuat dari besi yang berlaminasi dan memiliki alur – alur yang berfungsi sebagai tempat meletakkan belitan, elemen laminasi ini terbuat dari lembaran besi yang setiap lembarannya memiliki beberapa alur berupa lubang pengikat untuk menyatukan inti ( gambar 2.3 (a)), setiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa untuk motor induksi tiga fasa, belitan tersebut akan terpisah secara listrik  $120^{\circ}$ . Alur pada tumpukan laminasi ini akan diisolasi dengan kertas(gambar 2.3 (b)) yang kemudian diletakkan dalam cangkang silindris (gambar 2.3 (c)) bersamaan dengan belitannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar dibawah ini contoh laminasi inti, lempengan inti yang sudah distukan, dan belitan stator yang terletak pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.

- (a) lempengan inti dari stator.
- (b) tumpukan lempengan inti yang sudah distukan.
- (c) tumpukan lempengan inti dan belitan yang terpasang dalam cangkang stator.



Gambar 2. 3 Komponen stator motor induksi tiga fasa

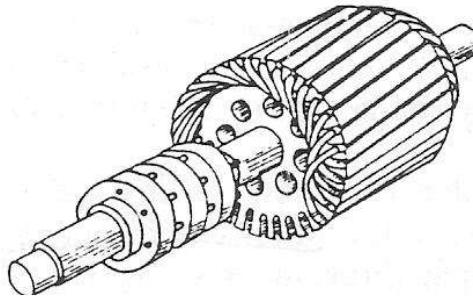
## 2. Rotor

Rotor adalah bagian dari motor yang akan berputar yang terletak dalam cangkang rotor, rotor ini berputar akibat adanya medan magnet yang dihasilkan dari belitan kawat yang dialiri arus tiga fasa pada inti stator, sementara untuk besar atau kecilnya torsi dari motor ditentukan oleh banyaknya lilitan kawat dan juga diameternya. Pada bagian rotor terdapat kutub – kutub magnet dengan lilitan – lilitan kawatnya yang dialiri oleh arus searah, adapun jenis dari rotor terbagi menjadi dua jenis yaitu rotor belit dan rotor sangkar.

### 1. Rotor Belitan

Motor induksi jenis rotor belitan merupakan motor yang memiliki belitan pada stator maupun pada rotor, kumparan dari stator dan rotornya memiliki jumlah kutub yang sama, kemudian

rotor juga memiliki jumlah belitan yang sama dengan stator yaitu tiga belitan. Dari tiga belitan tersebut umumnya terhubung bintang, ujung dari belitan rotor tersebut akan dihubungkan dengan slipring pada poros rotor, kemudian Belitan – belitan tersebut dihubung singkat melalui sikat yang menempel pada slipring.



Gambar 2. 4 Rotor belitan  
(Sumber : <http://blog.ub.ac.id/novanarditablog/>)

## 2. Rotor Sangkar Tupai

Motor induksi tipe rotor sangkar tupai ini lebih banyak digunakan dalam dunia industri dibandingkan dengan motor induksi jenis rotor lilit, kelebihan dari motor jenis ini salah satunya memiliki konstruksi yang sederhana, terdiri dari batang – batang penghantar yang terbuat dari aluminium kemudian ditempatkan dalam celah rotor, kemudian ujung dari penghantar tersebut akan dihubungkan singkat menggunakan cincin penghubung sehingga bentuknya seperti sangkar burung. Karena ujung dari penghantar tersebut telah terhubung singkat

maka tidak lagi membutuhkan tahanan luar yang dihubungkan secara seri dengan rotor pada saat star.



Gambar 2. 5 Rotor sangkar tupai

(Sumber: <http://poradu.pp.ua/dim/8465-asinhronniy-dvigun-princip-roboti-pristry.html>)

Adapun perbedaan yang paling mendasar dari kedua jenis rotor tersebut adalah:

a. Rotor belit

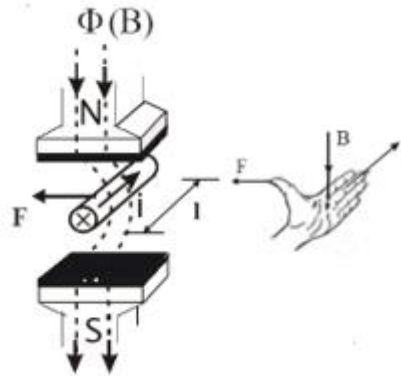
- Memungkinkan tahanan luar dihubungkan dengan tahanan rotor dengan melalui lip ring yang terhubung kesikat.
- Arus pada saat satarting rendah.
- Torsi pada saat starting tinggi.

b. Rotor sangkar

- Tahanan rotor tetap.
- Arus pada saat starting tinggi.
- Torsi pada saat starting redah.



### 2.2.1.2. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa



Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Motor Induksi dengan kaedah tangan kanan  
(Sumber : <http://209.97.160.224/prinsip-kerja-motor-induksi.html>)

Arus listrik yang mengalir dalam suatu medan magnet dengan kerapatan fluks akan menghasilkan suatu gaya.

$$F = B \cdot i \cdot l \dots\dots\dots(2.1)$$

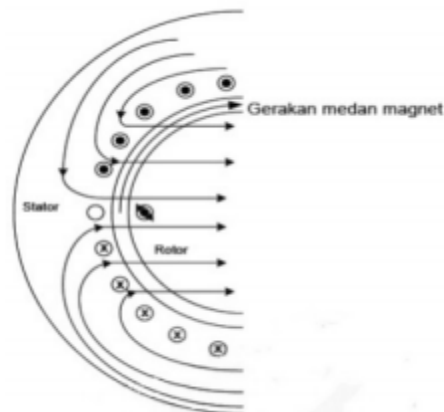
Keterangan :

- F = Gaya (Nm)
- B = Kerapatan fluks (Wb)
- I = Arus (A)
- L = Konduktor (G)

Motor induksi adalah peralatan yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Perubahan tersebut tergantung dari keberadaan fenomena alami magnet, gaya mekanis, gaya gerak dan medan listrik. Arus yang mengalir pada belitan rotor ini akan menghasilkan suatu medan magnet yang berputar pada kecepatan sinkron (Ns), medan magnet ini yang kemudian akan memotong belitan rotor sehingga pada belitan rotor terinduksi tegangan seperti pada tegangan yang terinduksi pada belitan sekunder transformator oleh fluks yang dihasilkan oleh arus pada belitan primer.

Rangkaian rotor ini merupakan rangkaian yang tertutup, tertutup baik melalui cincin maupun melalui tahanan luar, tegangan yang terinduksi akan menghasilkan arus yang mengalir pada belitan, kemudian arus yang mengalir ini berada dalam medan magnet yang dihasilkan oleh stator sehingga pada lilitan rotor dapat menghasilkan torsi ( $\tau$ ), jika nilai torsi dari motor lebih kecil dari nilai torsi pada beban, maka motor akan berputar dalam kecepatan yang sinkron ( $N_r$ ).

Gambar dibawah ini menggambarkan penampang stator dan rotor motor induksi, dengan medan magnet diumpamakan berputar searah jarum jam.



Gambar 2. 7 Medan magnet dalam celah udara antara Rotor dan Stator

Dari arah fluksi dan gerak yang ditunjukkan seperti pada gambar diatas, penggunaan kaidah tangan kanan fleming menunjukkan arus induksi dalam konduktor menuju pembaca, pada kondisi tersebut konduktor yang mengalirkan arus berada pada medan magnet seperti yang ditunjukkan, gaya yang ditunjukkan pada konduktor mengarah keatas karena medan magnet yang berda dibawah konduktor lebih akurat dibanding yang diatas, Agar lebih sederhana, hanya satu konduktor rotor yang diperlihatkan, akan tetapi

konduktor – konduktor yang lain dalam medan stator juga mengalirkan arus dalam arah seperti pada konduktor yang ditunjukkan, pada setengah siklus berikutnya, arah medan stator akan dibalik, kemudian arus rotor juga akan dibalik sehingga gaya pada rotor tetap keatas, demikian pula pada konduktor rotor dibawah kutub – kutub medan stator lain akan memiliki gaya yang semuanya cenderung memutar rotor kearah seperti jarum jam, apabila kopel yang dihasilkan cukup besar untuk mengatasi kopel beban yang menahan, maka motor akan melakukan percepatan putaran searah jarum jam atau dalam arah yang sama dengan stator.

Untuk memperjelas prinsip kerja dari motor induksi, dapat dilihat dari penjabaran dibawah ini:

- a. Belitan stator akan menghasilkan arus pada tiap fasanya apabila pada ujung belitannya dihubungkan dengan tegangan sumber tiga fasa.
- b. Fluks yang dihasilkan dari arus yang mengalir pada setiap fasa stator akan berubah terhadap waktu.
- c. Amplitudo fluks yang bersumber dari fasa stator akan berubah secara sinusoidal yang arahnya tegak lurus terhadap belitan.
- d. Besarnya nilai ( $N_s$ ) dipengaruhi oleh banyaknya jumlah kutub ( $p$ ) dan frekuensi ( $f$ ), yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \text{ (rpm)} \dots\dots\dots(2.2)$$

- e. Fluks yang berputar akan menimbulkan tegangan induksi pada belitan stator, yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$e_1 = \frac{d\phi}{dt} \text{ (volt) atau } E_1 = 4,44 f N_1 \phi_{\max} \text{ (volt)} \dots\dots\dots(2.3)$$

f. Selain menghasilkan tegangan induksi pada stator, Fluks tersebut juga memotong belitan rotor yang menghasilkan tegangan induksi (ggI) sebesar E2, dan besarnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$e_1 = \frac{d\phi}{dt} \text{ (volt)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$E_1 = 4,44 f N_2 \phi_{\max} \text{ (volt)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

- E2 = tegangan induksi pada rotor saat rotor dalam keadaan diam (volt)
- N2 = jumlah lilitan kumparan rotor
- $\phi_{\max}$  = fluksi maksimum (Wb)

g. Akibat dari rangkaian rotor yang tertutup, maka tegangan induksi tersebut menghasilkan arus I<sub>2</sub>.

h. Arus I<sub>2</sub> ini terdapat pada medan magnet yang dihasilkan oleh stator, sehingga pada belitan rotor akan menghasilkan gaya (F).

i. Gaya (F) ini menghasilkan torsi (τ), apabila torsi yang dihasilkan ini lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan yang sinkron.

j. Perbedaan kecepatan putar antara rotor (Nr) dengan stator (Ns) disebut slip (S), dan dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

k. Dalam kondisi sedang berputar, tegangan yang diinduksikan pada rotor akan dipengaruhi oleh slip (s). Dan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$E_{2s} = 4,44 f N_2 \phi_{\max} \text{ (volt)} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$E_{2s} = s E_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$E_{2s}$  = tegangan pada rotor (volt)

$f_2$  =  $s \cdot f$  = frekuensi rotor (Hz)

l. Nilai frekuensi pada rotor ( $f_2$ ) dan reaktansi rotor ( $x_2$ ) dapat dipengaruhi oleh slip (s), yang dinyatakan dengan  $s f$  dan  $s x_2$ .

m. Besar dan kecilnya nilai slip dipengaruhi oleh kecepatan antara stator dengan rotor.

### 2.2.1.3. Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa

Efisiensi dari motor induksi adalah ukuran dari keefektifan motor induksi untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanis yang dinyatakan sebagai perbandingan antara input dengan output atau dalam dunia listrik berupa perbandingan watt masukan dengan watt keluaran.

Menurut definisi dari NEMA, efisiensi energi adalah rasio atau perbandingan antara daya output yang berguna terhadap input total, dan pada umumnya dinyatakan dalam persen (%) dan dapat juga dinyatakan dalam perbandingan antara output dengan input yang kemudian ditambah rugi – rugi. Dan dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa besarnya rugi – rugi dapat mempengaruhi efisiensi dari motor, rugi – rugi dari persamaan tersebut adalah merupakan penjumlahan dari keseluruhan komponen rugi – rugi yang dibahas sebelumnya. Pada motor induksi pengukuran efisiensi dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti:

- Mengukur langsung daya listrik masukan dan daya mekanis keluaran.
- Mengukur secara langsung seluruh rugi – rugi dan daya masukan.
- Dan mengukur setiap komponen rugi – rugi dan daya masukan.

Dari ketiga cara diatas tetap akan dilakukan pengukuran pada daya masukan, pada umumnya, pengukuran daya listrik dapat dilakukan dengan sangat tepat, hanya saja pengukuran daya mekanis sedikit lebih sulit, untuk saat ini pengukuran torsi dan kecepatan sudah dapat dilakukan dengan akurat, hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai efisiensi yang tepat . untuk pengukuran pada rugi – rugi dapat dilakukan dengan teknik kalorimeter, walaupun pengukuran dengan cara ini relatif sulit dilakukan akan tetapi keakuratannya lebih baik dibanding dengan pengukuran langsung pada daya keluaran.

Kebanyakan di dunia industri pengukuran yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran komponen rugi – rugi secara individual, karena pada dasarnya metode ini tidak melakukan pembebanan pada motor, dan inilah salah satu keuntungan bagi pabrikan, kemudian keuntungan lainnya adalah error pada komponen rugi – rugi secara individual tidak

begitu mempengaruhi keseluruhan efisiensi, keuntungan terutama adalah fakta bahwa ada kemungkinan koreksi untuk temperatur lingkungan yang berbeda. Dan biasanya data efisiensi dari motor yang disediakan pabrik pembuat dapat diukur atau dihitung berdasarkan standar tertentu.

#### 2.2.1.4. Slip Motor Induksi Tiga Fasa

Slip adalah perbedaan kecepatan putar antara rotor dengan stator, perubahan kecepatan putar motor induksi dapat berpengaruh pada besar/kecilnya slip 100% pada saat start sampai dengan 0% saat diam,  $N_r = N_s$ , karena apabila terjadi slip, maka kecepatan relatif medan putar stator terhadap putaran rotor adalah  $s \times N_s$ . Frekuensi dari tegangan yang terinduksi pada rotor berbanding lurus dengan putaran relatif pada stator.

Ada dua metode untuk menentukan slip pada motor induksi yaitu:

##### 1. Pengukuran kecepatan motor sebenarnya.

Dengan menggunakan tachometer atau speedometer dapat diketahui kecepatan motor ( $N_r$ ), sedangkan ( $N_s$ ) dihitung berdasarkan rumus yang ada dibawah ini.

$$N_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(2.10)$$

Karena :

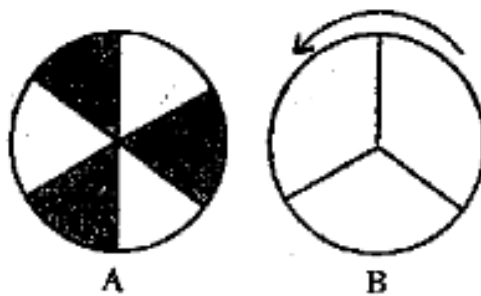
$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

- $N_s$  = Kecepatan putar pada stator (rpm).
- $N_r$  = Kecepatan putar pada rotor (rpm).
- $s$  = Slip pada motor (%).
- $f$  = Frekuensi (Hz).
- $p$  = Jumlah kutub.

## 2. Metode stroboskopik

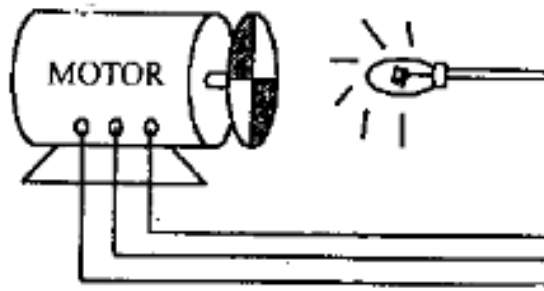
Pada metode ini diperlukan lingkaran metalik (logam tipis), yang dicat menjadi beberapa bagian yang sama (banyaknya sesuai dengan kutub motor yang akan diuji), berselang – seling antara warna yang gelap dan terang, Misalkan motor induksi tersebut mempunyai 6 kutub, maka piring logam tersebut dibagi menjadi 6 bagian, 3 berwarna gelap dan 3 berwarna terang, berselang-seling seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2. 8 Plat logam untuk percobaan metode stroboskopik

Ketika motor berputar, maka piringan logam tersebut terlihat seakan membentuk tiga garis terpisah, seperti pada gambar dibawah ini. Kemudian dalam 1 menit hitung berapa jumlah garis yang melintasi garis tertentu, jumlah putaran permenit tersebut kemudian dibagi 3, maka akan didapatkan suatu nilai putaran per menit-nya.





Gambar 2. 9 Rangkaian percobaan metode stroboskopik

#### 2.2.1.5. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi Tiga Fasa

Untuk menentukan rangkaian ekivalen dari motor induksi tiga fasa, hal pertama yang harus diperhatikan adalah keadaan pada stator, Gelombang fluks pada celah udara yang berputar serempak membangkitkan ggl lawan tiga fasa yang seimbang didalam fasa – fasa stator. Besarnya tegangan terminal stator berbeda dengan ggl lawan sebesar jatuh tegangan pada impedensi stator, sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

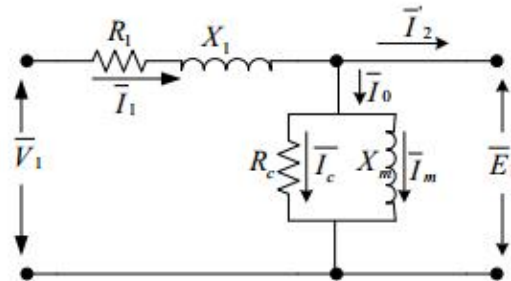
$$V_1 = E_1 + I_1 (R_1 + jX_1)\text{Volt}.....(2.12)$$

Dimana :

- $V_1$  = Tegangan terminal stator (Volt)
- $E_1$  = ggl lawan yang dihasilkan oleh fluks celah udara resultan (Volt)
- $I_1$  = Arus stator (Ampere)
- $R_1$  = Resistansi efektif (Ohm)
- $jX_1$  = Reaktansi bocor stator (Ohm)

Arus pada stator ( $I_1$ ) terbagi dua, yaitu  $I_1'$  dan  $I_0$ . Arus  $I_0$  ini terbagi menjadi dua komponen, yaitu komponen pemagnet  $I_m$  dan komponen beban  $I_c$ . Arus  $I_m$  akan menghasilkan medan magnet atau fluks pada celah udara, sedangkan arus  $I_c$  akan menghasilkan rugi – rugi inti. Arus  $I_c$  ini sefasa degan  $E_1$  sedangkan arus pemagnet  $I_m$  ketinggalan terhadap  $E_1$

sebesar  $90^\circ$ , sehingga dapat dibuat rangkaian ekivalen pada stator seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 10 Rangkaian Ekivalen pada stator

Pada motor rotor belitan, jika belitan yang dililit sama banyaknya dengan jumlah kutub dan fasa stator. Jumlah efektif tiapa fasa pada lilitan satator banyaknya  $a$  kali jumlah lilitan rotor, bandingkan efekmagnetis rotor ini dengan yang terdapat pada rotor ekivalen magnetik yang mempunyai jumlah lilitan yang sama seperti rotor. Untuk kecepatan dan fluks yang sama, hubungan antara tegangan  $E_2$  dimbaskan pada rotor yang sebenarnya dan tegangan  $E_2$  yang dimbaskan pada rangkaian ekivalen adalah:

$$E'_2 = aE_2 \dots \dots \dots (2.13)$$

Bila rotor – rotor akan diganti secara magnetis, lilitan Ampere masing – masing harus sama, dan hubungan antara arus rotor sebenarnya  $I_2$  dan arus  $I'_2$  pada rotor ekivalen haruslah seperti berikut:

$$I'_2 = \frac{I_2}{a} \dots \dots \dots (2.14)$$

Akibatnya hubungan antara impedensi yang bocor  $Z'_2$  dari rotor ekivalen dan impedensi bocor  $Z_2$  dari rotor haruslah seperti berikut:

$$Z'_2 = \frac{E'_2}{I'_2} = \frac{a^2 E_2}{\frac{I_2}{a}} = a^2 Z_2 \text{ (Ohm)} \dots \dots \dots (2.15)$$

Karena rotor dihubungkan singkat, hubungan fasor antara ggl, frekuensi, slip dan  $E'_2$  yang dibangkitkan pada fasa patokan dari rotor patokan dan arus  $I'_2$  pada fasa tersebut adalah:

$$Z_2 = \frac{E_2}{I_2} = R_2 + jsX_2 \dots \dots \dots (2.16(a))$$

$$Z'_2 = \frac{E'_2}{I'_2} = R'_2 + jsX'_2 \dots \dots \dots (2.16(b))$$

Dimana:

- $Z_2$  = Impedensi bocor frekuensi slip yang berpatokan pada stator (Ohm)
- $R_2$  = Tahanan rotor (Ohm)
- $jsX_2$  = Reaktansi bocor pada frekuensi slip (Ohm)

Reaktansi yang didapat dari persamaan diatas dinyatakan dengan cara demikian karena sebanding dengan frekuensi pada rotor dan slip. Jadi  $X_2$  didefinisikan sebagai harga yang akan dimiliki oleh reaktansi bocor pada rotor dengan patokan pada frekuensi stator.

Pada stator terdapat gelombang fluks yang berputar dengan kecepatan sinkron. Gelombang fluks ini akan mengimbangkan tegangan pada rotor dengan frekuensi slip sebesar  $E_{2s}$ . Karena kecepatan relatif gelombang fluks terhadap rotor adalah  $s$  kali kecepatan terhadap stator, hubungan antara ggl efektif rotor adalah:

$$E_{2s} = sE_2 \dots \dots \dots (2.17)$$

Dan

$$I_{2s} = I_2 \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan membagi persamaan (2.17) dengan persamaan (2.18) sehingga didapatkan

$$\frac{E_{2s}}{I_{2s}} = \frac{sE_2}{I_2} \dots\dots\dots(2.19)$$

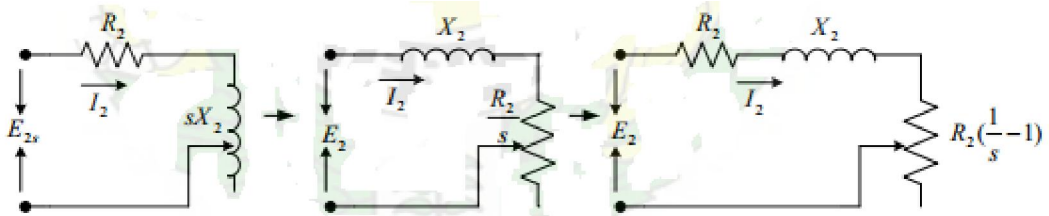
Didapat hubungan antara persamaan (2.18) dengan persamaan (2.19), yaitu

$$\frac{E_{2s}}{I_{2s}} = \frac{sE_2}{I_2} = R_2 + jsX_2 \dots\dots\dots(2.20)$$

Dan dengan membagi persamaan (2.19) dengan s, maka akan didapat

$$\frac{E_2}{I_2} = \frac{R_2}{s} = jX_2 \dots\dots\dots(2.21)$$

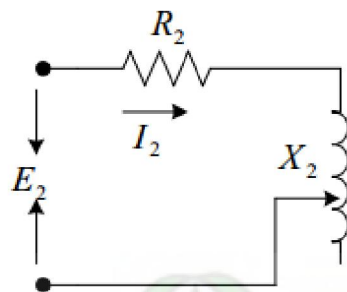
Dari persamaan (2.15), (2.16) dan (2.20) maka rangkaian ekivalen pada rotor dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 11 Rangkaian ekivalen pada sisi rotor dalam keadaan berputar

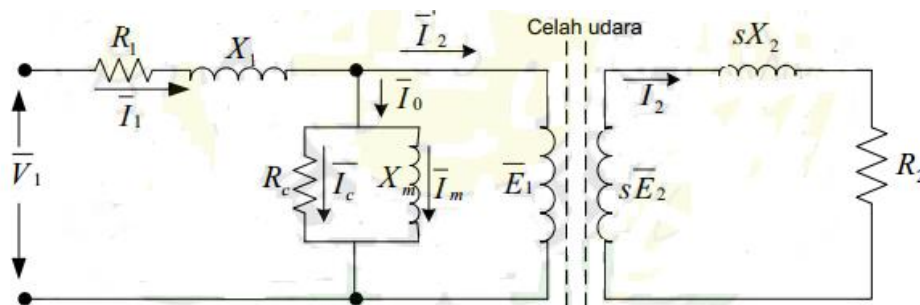
$$\frac{R_2}{s} = \frac{R_2}{s} + R_2 - R_2 = R_2 + R_2\left(\frac{1}{s} - 1\right) \dots\dots\dots(2.22)$$

Pada saat rotor akan berputar, tegangan yang diinduksikan pada belitan rotor sebagai  $E_2$  (tegangan induksi pada rotor sebelum dipengaruhi oleh slip (s)). Sehingga rangkaian ekivalen pada rotor dapat digambarkan sebagai berikut:



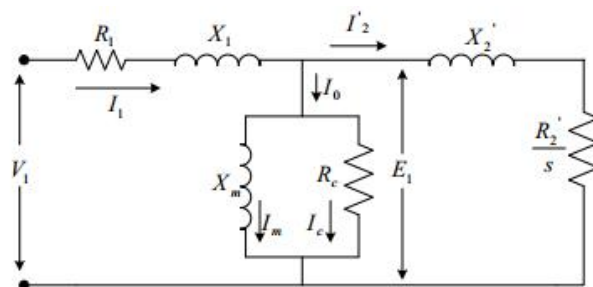
Gambar 2. 12 Rangkaian ekivalen pada rotor saat akan berputar

Dari penjelasan rangkaian ekivalen pada stator dan rotor diatas, maka dapat dibuat rangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa pada masing – masing fasanya. Perhatikan gambar dibawah ini.



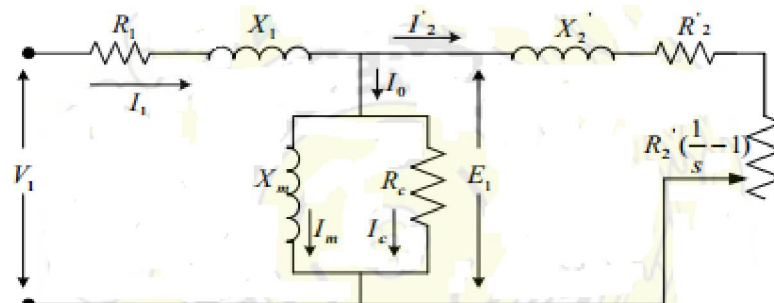
Gambar 2. 13 Rangkaian ekivalen motor induksi setelah berputar

mempermudah perhitungan, maka rangkaian ekivalen pada gambar diatas dapat dilihat dari sisi stator, maka rangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa akan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 14 Rangkaian ekivalen per fasa motor induksi dari sisi stator

Atau seperti gambar berikut



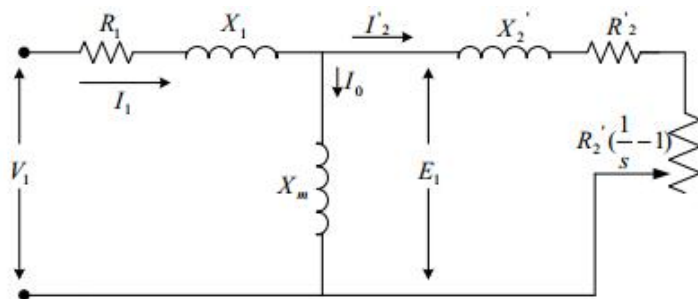
Gambar 2. 15 Bentuk lain Rangkaian ekivalen motor induksi dari sisi stator

Dimana:

$$X'_2 = \alpha^2 X_2 \dots \dots \dots (2.23)$$

$$R'_2 = \alpha^2 R_2 \dots \dots \dots (2.24)$$

Dalam teori Transformator – satatika, analisa rangkaian ekivalen sering disederhanakan dengan cara mengabaikan seluruh cabang penalaran atau melakukan pendekatan dengan memindahkan langsung ke terminal primer. Pendekatan yang demikian tidak dibenarkan dalam motor induksi yang bekerja dalam kondisi normal, karena adanya celah udara yang menjadikan perlunya satu arus pemagnet yang sangat besar dan karena reaktansi bocor juga perlu lebih tinggi. Untuk itu dalam rangkaian ekivalen  $R_c$  dapat dihilangkan (diabaikan). Dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 16 Rangkaian ekivalen motor induksi dari sisi stator dengan mengabaikan  $R_c$

### 2.2.1.6. Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa

Jika tegangan dan frekuensi yang diberikan konstan, maka kecepatan putar motor tersebut pun akan konstan, bahkan kecepatannya hampir mendekati kecepatan sinkronya. Besar/kecilnya beban dapat mempengaruhi kecepatan motor, diman apabila torsi beban bertambah, maka kecepatan motor akan mengalami penurunan, sehingga

pengaplikasiannya sangat cocok sebagai penggerak sistem yang memerlukan kecepatan konstan, namun pada kenyataannya terutama dalam dunia industri memerlukan juga adanya pengaturan kecepatan. Pengaturan kecepatan putar motor induksi sedikit lebih rumit dibanding motor DC, oleh sebab itu membutuhkan biaya yang relatif mahal, adapun pengaturan kecepatan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti dengan cara mengubah jumlah kutub, mengatur tegangan jala – jala, mengatur tahanan luar dan dengan mengatur frekuensi jala - jala.

#### 1. Mengubah Jumlah Kutub

Kecepatan putar dari motor induksi dapat diatur dengan cara mengubah jumlah kutubnya karena kecepatan motor sangat mendekati kecepatan sinkron. Pengaturan ini dilakukan dengan cara merubah hubungan lilitan kumparan pada stator motor, dan pada umumnya terdapat dua kecepatan sinkron dengan mengubah jumlah kutub, misalnya dari dua kutub menjadi empat kutub.

#### 2. Pengaturan Tahanan Rotor

Pengaturan tahanan rotor ini tidak bisa diterapkan pada motor induksi jenis rotor sangkar tupai dan hanya bisa pada motor dengan tipe rotor belit, caranya adalah dengan menghubungkan tahanan luar dengan rangkaian rotor melalui slipring, pengaturan tahanan secara manual ini kadang tidaklah sempurna untuk beberapa jenis penggunaannya seperti pada sistem kontrol umpan balik. Kontrol dengan memanfaatkan

komponen elektronik elektronik pada tahanan luar akan memperhalus operasi pengaturan.

### 3. Pengaturan Tegangan

Dengan melakukan penurunan tegangan masukan dapat melakukan pengaturan kecepatan pada motor induksi rotor sangkar dengan daerah pengaturan yang sempit. Hal yang perlu diperhatikan dalam hal ini adalah dengan melakukan pengaturan kecepatan motor dengan cara seperti ini dapat menyebabkan besarnya nilai slip pada motor, sehingga efisiensi dari motor menurun akibat dari menurunnya kecepatan dan panas yang berlebih.

### 4. Pengaturan Frekuensi

Dengan adanya pengubah frekuensi, maka pengaturan kecepatan motor dapat dilakukan dengan cara mengubah nilai frekuensinya sesuai dengan yang dikehendaki, tegangan terminal yang ke motor haruslah bervariasi sebanding dengan frekuensi agar terhindar dari saturasi yang tinggi dalam magnetik.

#### 2.2.1.7. Kelebihan Dan Kekurangan Motor Induksi Tiga Fasa

Penggunaan motor induksi tiga fasa yang banyak dipakai di kalangan industri ini mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:



## 1. Kelebihan

- a. Konstruksi sangat kuat dan sederhana jika dibanding motor DC.
- b. Harga yang relatif lebih murah dengan keandalannya tinggi.
- c. Efisiensi relatif tinggi dalam kondisi normal.
- d. Biaya perawatan murah.

## 2. Kelemahan

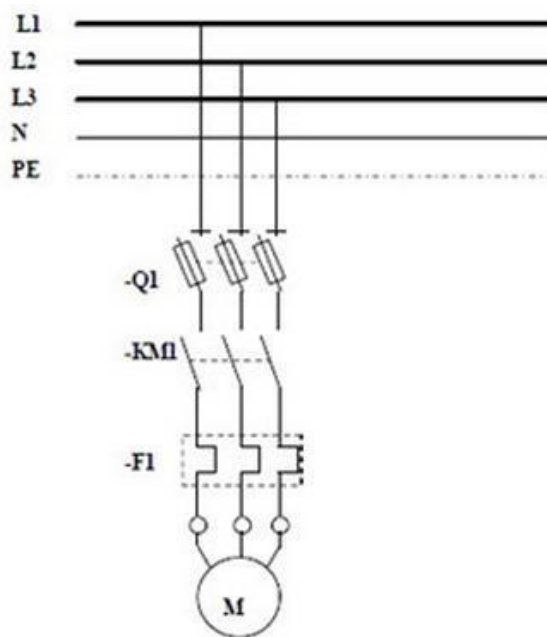
- a. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiensinya.
- b. Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt.
- c. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.
- d. Power faktor yang rendah saat beban ringan.
- e. Membutuhkan arus start yang lebih tinggi dari nominal.

### **2.2.2. Pengasutan**

Masalah pengasutan motor induksi tiga fasa umumnya terdapat pada motor induksi dengan kapasitas besar, Pada saat Star motor induksi kapasitas besar membutuhkan arus listrik yang sangatlah besar sehingga arus yang dibutuhkan sangatlah besar, Walaupun waktunya cukup singkat tetapi akan menimbulkan lonjakan tegangan pada jaringan listrik, lonjakan tersebut bisa menyebabkan terganggunya jaringan listrik secara menyeluruh yang dapat menyebabkan pemutus danyanya terlepas (trip), Adapun macam pengasutan yang umum dipakai adalah sebagai berikut:

### 2.2.2.1. Pengasutan Langsung (DOL)

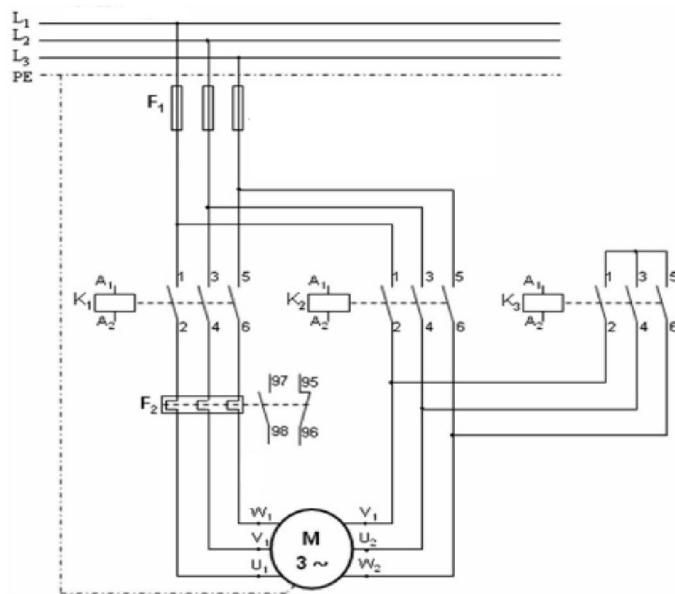
Pengasutan Langsung ini pada umumnya diterapkan pada motor induksi dengan kapasitas yang relatif kecil, atau dengan mempertimbangkan apabila pengasutan ini dilakukan tidak akan mengganggu jaringan listrik ataupun motor itu sendiri, pengasutan langsung yang dimaksud adalah tegangan jala – jala/line yang dihubungkan langsung ke terminal motor melalui rangkaian pengendali mekanik atau dengan relay kontaktor magnet. Dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 17 Pengasutan langsung  
(Sumber : <http://209.97.160.224/gambar-motor-induksi.html>)

### 2.2.2.2. Pengasutan Star – Delta

Cara kerja dari metoda ini adalah pada saat start motor dalam kondisi terhubung star kemudian setelah motor dalam kondisi normal/berputar maka akan secara otomatis terhubung delta. Agar lebih jelas dapat dilihat dari gambar 2.11 dibawah ini:

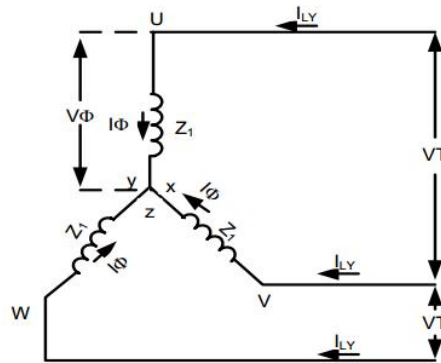


Gambar 2. 18 Pengasutan star – delta  
(Sumber : <http://jagootomasi.com/>)

Start dengan metode Star – Delta ini memanfaatkan penurunan tegangan yang dicatu ke motor saat stator motor terhubung dalam rangkaian bintang (star). Pada waktu start, yakni pada saat stator berada pada rangkaian bintang, arus motor hanya mengambil sepertiga dari arus motor seandainya motor di start dengan metode DOL. Berhubung torsi motor berbanding lurus dengan kuadratis dari tegangan, maka dengan demikian torsi motor pada rangkaian bintang juga hanya sepertiga dari torsi pada rangkaian delta.

Adapun hubungan antara arus dan tegangan pada rangkaian star – delta dapat dijelaskan pada persamaan dibawah ini:

- Hubung Star (Y)



Gambar 2. 19 Hubung star (Y)

Persamaan arus phasanya:

$$I_{\phi Y} = \frac{V_{\phi Y}}{Z} \dots \dots \dots (2.25)$$

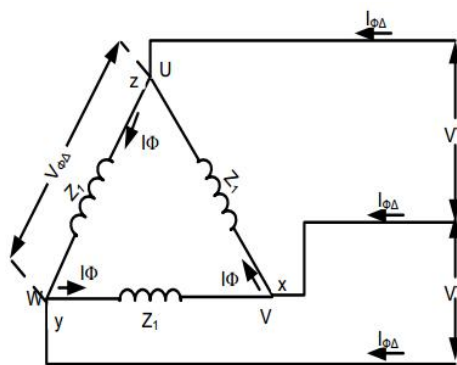
Dalam hubungan star (Y) berlaku persamaan

$$V_T = \sqrt{3} \times V_{\phi Y} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$V_{\phi Y} = \frac{V_T}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.27)$$

$$I_{LY} = \frac{V_{\phi Y}}{Z} = \frac{V_T}{\sqrt{3} \times Z} \dots \dots \dots (2.28)$$

- Hubung Delta (Δ)



Gambar 2. 20 Hubung Delta (Δ)

Persamaan arus phasanya:

$$I_{\varphi\Delta} = \frac{V_{\varphi\Delta}}{Z} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dalam hubungan delta ( $\Delta$ ) berlaku persamaan

$$V_{\varphi\Delta} = V_T \dots\dots\dots(2.30)$$

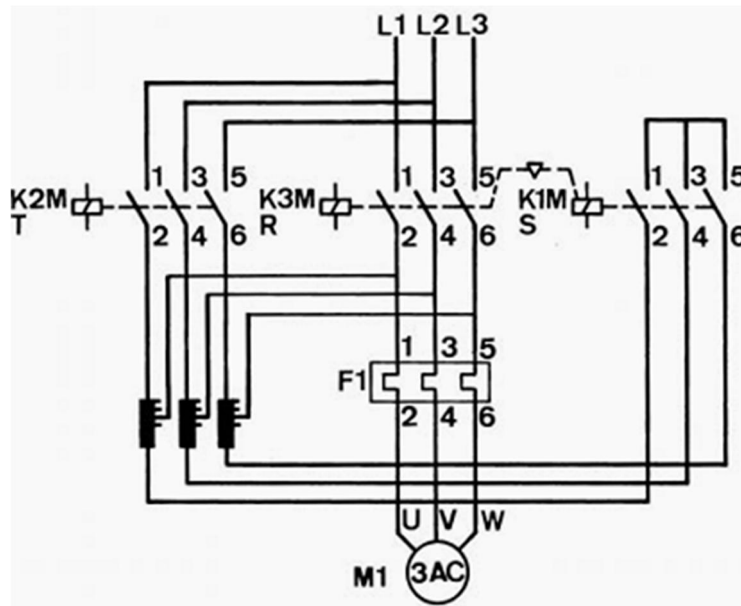
$$I_{L\Delta} = \sqrt{3} \times I_{\varphi\Delta} = \sqrt{3} \times \frac{V_{\varphi\Delta}}{Z} = \sqrt{3} \times \frac{V_T}{Z} \dots\dots\dots(2.31)$$

Adapun perbandingan arus dalam hubung star ( $Y$ ) dan arus dalam hubung ( $\Delta$ ) dapat dilihat dari persamaan dibawah ini:

$$\frac{I_{LY}}{I_{L\Delta}} = \frac{\frac{V_{\varphi Y}}{Z}}{\sqrt{3} \times \frac{V_T}{Z}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3} \dots\dots\dots(2.32)$$

### 2.2.2.3. Pengasutan Auto Transformator

Metode ini menggunakan dua buah auto trafo yang terhubung open delta, dengan menggunakan metode pengasutan ini maka tegangan dari motor yang melalui terminal dapat diturunkan selama periode start, dan apabila kecepatan dari motor sudah mendekati kecepatan normal atau lebih/kurang 80% maka tegangan dari Auto Transformator tersebut akan secara otomatis terputus yang kemudian diganti dengan tegangan langsung dari jala - jala. Di dunia industri pengasutan ini banyak digunakan karena biaya yang relatif murah, meskipun pada kenyataanya arusnya tidak seimbang selama periode start, akan tetapi hal ini tidaklah menjadi masalah karena arus yang tidak seimbang hanya 15% yang kemudian akan seimbang saat kecepatan putar tercapai, dan untuk lebih jelasnya metode ini dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini:

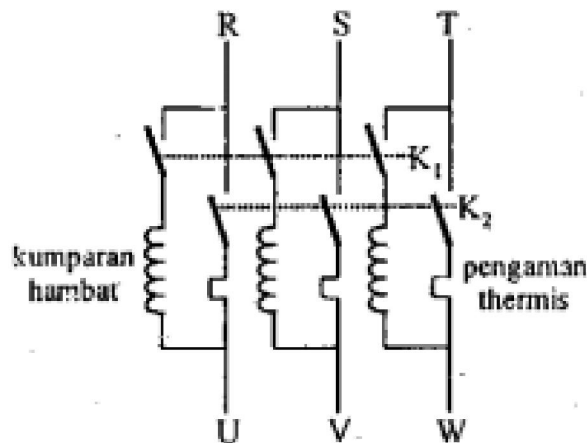


Gambar 2. 21 Pengasutan auto transformator

(Sumber : <https://electrical-engineering-portal.com/starting-motor-with-auto-transformer>)

#### 2.2.2.4. Pengasutan Kumbaran Hambat Stator

Pengasutan kumbaran hambat stator adalah pengasutan yang menghubungkan antara kumbaran hambat dengan kumbaran pada stator.



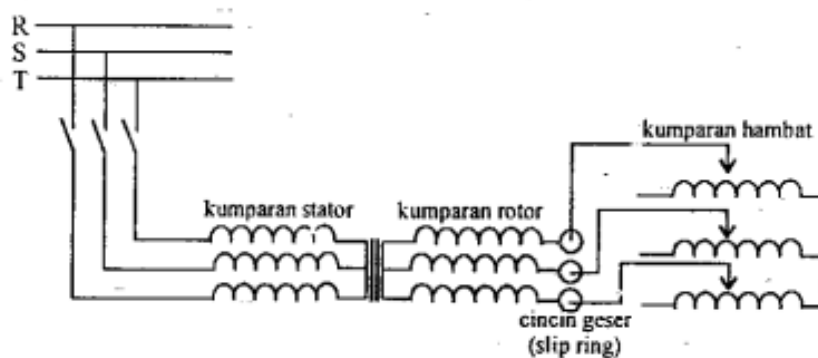
Gambar 2. 22 Pengasutan kumbaran hambat stator

Cara instalasi dari pengasutan jenis ini adalah dengan menghubungkan sumber listrik tiga fasa ke terminal R, S dan T sedangkan untuk terminal U, V, dan W akan dihubungkan ke terminal stator. Adapun cara kerja dari pengasutan ini adalah saat pertamakali anak kontak

Rule/Kontaktor K1 terhubung maka motor akan mendapat suplai daya dari sumber listrik, kemudian saat kumparan stator telah mendapat tegangan penuh, maka K2 akan terhubung sedangkan K1 akan terputus secara otomatis.

#### 2.2.2.5. Pengasutan Kumparan/Tahanan Hambat Rotor

Untuk pengasutan kumparan/tahanan hambat rotor ini hanya bisa diterapkan pada motor induksi dengan jenis rotor belitan, kumparan pada rotor ini memiliki jumlah kutub yang sama dengan kumparan stator, dan merupakan pengasutan eksternal yang terhubung dengan kumparan stator, untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar dibawah ini:



Gambar 2. 23 Pengasutan kumparan/Tahanan hambat rotor

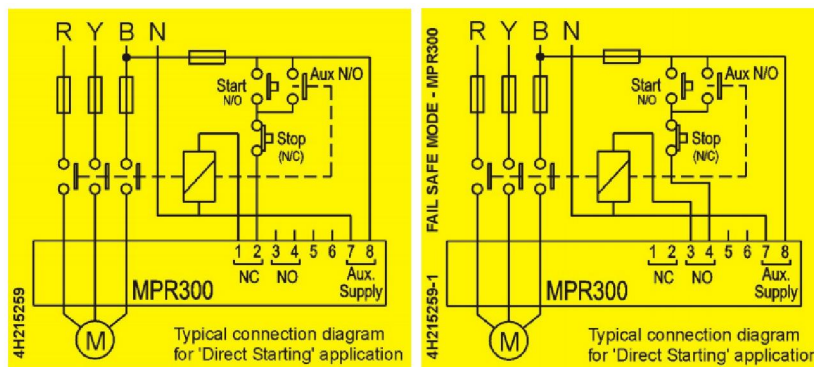
### 2.2.3. Peralatan kontrol

#### 2.2.3.1. Relay

Relay merupakan komponen yang dipakai dalam rangkaian kontrol sebagai pelengkap rangkaian kontrol, relay ini digunakan untuk mengamati besaran – besaran agar sesuai dengan batas – batas yang telah ditentukan, tegangan dan arus yang dibutuhkan relay lebih kecil dari tegangan dan arus yang dibutuhkan oleh kontaktor untuk bekerja.



(a)



(b)

(c)

Gambar 2. 24 (a). Relay. Wiring diagram relay (b). *Normal mode* (c). *Fail safe mode*  
(Sumber: <http://www.larsentoubro.com/>)

### 2.2.3.2. Kontaktor

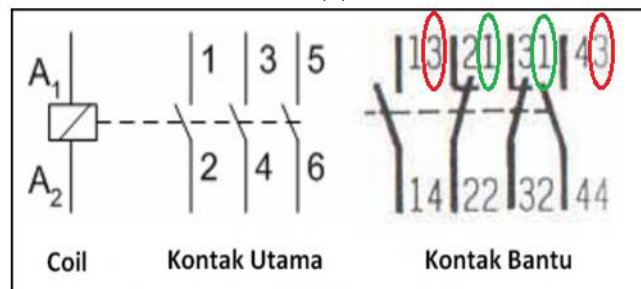
Kontaktor adalah suatu jenis komponen listrik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan rangkaian listrik yang bekerja dengan berdasarkan prinsip elektromagnetik, belitan dari kontaktor akan menimbulkan gaya magnetik jika dialiri oleh arus listrik, yang kemudian gaya magnetik ini akan mengoperasikan kontak – kontak dari kontaktor yang terdiri dari kontak utama dan kontak bantu, kontak utama berfungsi untuk menghubungkan rangkaian daya sedangkan kontak bantu digunakan untuk



rangkaian kontrol, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar dibawah ni:



(a)



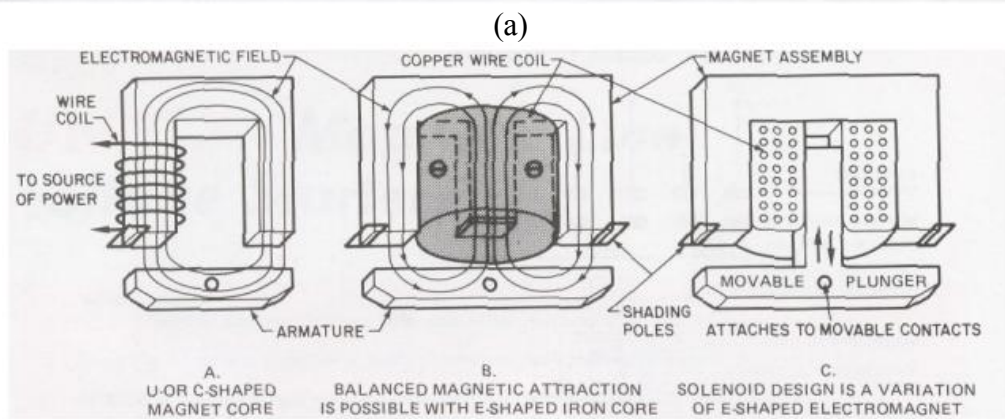
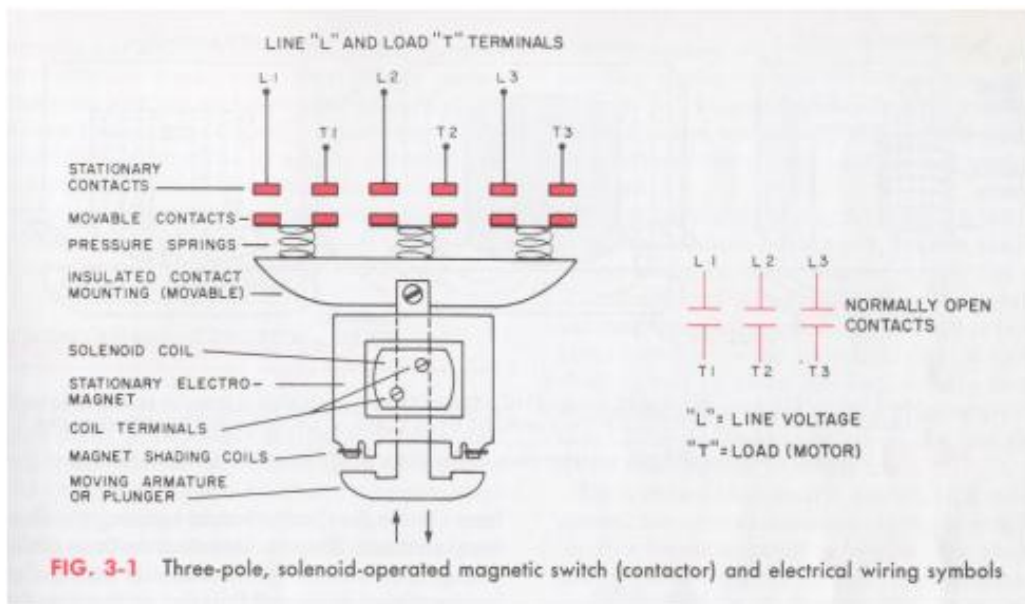
(b)

Gambar 2. 25 (a).Kontaktor (b).Kaki kontaktor  
(Sumber : <https://www.pulset.com.au/240v-440-v-contactors-9a-125a.html>)

Adapun keterangan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Keterangan kontaktor

Kaki Kontaktor	Keterangan
1, 3, 5	Terminal yang digunakan ke supply (rangkaian daya)
2, 4, 6	Terminal yang digunakan ke beban
13, 14, 23, 24	Kontak bantu Normally Npen (NO)
31, 32	Kontak bantu Normally Cose (NC)
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	Nomor terminal koil kontraktor



Gambar 2. 26 (a).Konstruksi kontaktor (b). Inti magnet dan coil kontaktor

Adapun kelebihan dari kontaktor ini antara lain:

- Dapat menghubungkan sirkuit listrik pada arus yang besar dan tegangan yang tinggi.
- Dengan menggunakan tegangan yang rendah dan arus yang kecil di dalam.
- Kumparannya (aman bagi operator).
- Dapat dioperasikan secara otomatis.
- Memiliki kinerja yang handal.

### 2.2.3.3. Timer

Fungsi dari timer hampir sama dengan relay hanya saja pengoperasian timer dapat datur berapa lama waktu pengoperasiannya, kumparan dari timer memiliki nomor terminal a/2 dan 10 sebagai input tegangan.



Gambar 2. 27 Timer

(Sumber : <https://www.pulset.com.au/catalogsearch/result/?q=+timer>)

Berdasarkan dengan cara kerjanya, timer dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu timer On Delay dan timer Off Delay, timer On Delay berkerja berdasarkan penundaan waktu, walaupun timer sudah diberi tegangan masukan namun timer belum dapat bekerja, timer baru akan menyuplai tegangan ke rangkaian lain apabila waktu yang di atur sudah tepenuhi. Sementara cara dari timer Off Delay merupakan kebalikan dari timer On Delay, dimana pada saat tegangan masukan diberikan maka timer akan langsung bekerja untuk menyuplay tegangan ke rangkaian lain.

## 2.2.4. Peralatan Pengaman

Peralatan pengaman sangat dibutuhkan dalam instalasi listrik yang mana bertujuan untuk melindungi manusia maupun peralatan lain dari bahaya listrik apabila terjadi gangguan yang terjadi akibat kondisi yang tidak normal, Waktu dan arus menjadi pertimbangan dasar dalam pertimbangan pengamanan instalasi listrik, oleh sebab itu nilai dari arus hubung singkat baik dalam kondisi minimum maupun maksimum harus dihitung sebagai indikator, selain itu waktu juga diperlukan untuk menentukan suatu pengaman.

### 2.2.4.1. Fuse

Pengaman lebur atau yang dikenal dengan fuse digunakan untuk pengaman instalasi listrik dari hubung singkat antara satu fasa dengan fasa lain atau antara fasa dengan body peralatan yang ada disekitar. Fuse akan terputus apabila arus yang mengalirinya melebihi kemampuannya, Untuk arus nominal dari fusa yang akan dipakai hendaknya lebih besar dari arus yang melaluinya agar memaksimalkan fungsi dari fuse tersebut.



Gambar 2. 28 Fusa

(Sumber : <https://www.amazon.co.uk/All-Trade-Direct-Household-Electrical/dp/B00904RVTU>)

$$\text{Faktor fuse (ff)} = \frac{\text{Arus yang menyebabkan terptus}}{\text{Arus kerja nominal}} \dots\dots\dots(2.33)$$

Faktor fuse adalah perbandingan antara arus maksimum yang tidak merusak fuse pada periode waktu tertentu. Untuk menentukan arus niminal dari fuse dapat di lihat dari kode warna pada tabel dibawah Ini.

Tabel 2. 2 Arus nominal fuse

Warna	Arus Nominal
Merah muda	2 A
Coklat	4 A
Hijau	6 A
Merah	10 A
Kelabu	16 A
Biru	20 A
Kuning	25 A
Hitam	35 A
Putih	50 A
Warna tembaga	60 A

Ada dua tipe fusa yang beredar dipasaran yaitu tipe pemutus cepat dan pemutus lambat, dari kedua tipe ini memiliki perbedaan dalam sensitivitasnya terhadap arus gangguan, Untuk menentukan nilai minimum dari rating fusa dapat menggunakan induktor sensitifitasnya sebagai acuanya.

$$I_F = 3 \times I ( \text{untuk pemutus cepat} ) \dots\dots\dots(2.34)$$

$$I_F = 2 \times I ( \text{untuk pemutus lambat} ) \dots\dots\dots(2.35)$$

#### 2.2.4.2. Thermal Overload

Thermal overload biasanya dipakai sebagai pengaman motor listrik dari arus berlebih, thermal overload bekerja apabila ada panas yang berlebih akibat dari arus yang melebihi nilai nominal nya, perubahan suhu motor dapat dipengaruhi oleh perubahan energi listrik menjadi energi

panas yang kemudian energi ini akan dirubah menjadi energi mekanis oleh logam bimetal untuk melepas kontaknya, dan dengan terbukanya kontak ini menyebabkan arus yang mengalir kemotor terputus sehingga motor aman dari gangguan beban berlebih,



Gambar 2. 29 Thermal overload

(Sumber : <https://www.pulset.com.au/catalogsearch/result/?q=Thermal+Overload>)

Kontak bantu (NC) dari thermal overload ini akan memutus suplai daya dari kontaktor yang mengoperasikan motor apabila terjadi beban berlebih pada motor agar supaya motor tersebut tidak mengalami kerusakan akibat masalah tersebut. Untuk arus nominal dari thermal overload ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan berdasarkan pada patokan arus nominal yang ditentukan oleh pabrik pembuatnya, pengaman jenis ini dirancang sedemikian rupa sehingga arus jatahnya lebih kurang 10% lebih tinggi dari nilai setnya, apabila arus nominal motor 40 A maka setting dari thermal overload ini adalah sebesar 43 A.

### 2.2.4.3. MCB (Miniatur Circuit Breaker)

MCB adalah peralatan switching dan pemutus arus listrik pada kondisi normal maupun tidak normal (gangguan), pada MCB terdapat relay dan pengaman thermis, relay digunakan sebagai pengaman pada beban kecil sedangkan pengaman thermis untuk beban lebih. Dalam kondisi normal, kontak MCB bisa dibuka untuk keperluan perawatan rangkaian listrik dan dalam kondisi tidak normal, misalnya terjadi beban berlebih atau hubung singkat maka kontak MCB akan terbuka secara otomatis, sehingga arus yang mengalir pada rangkaian akan terputus sehingga rangkaian listrik yang terganggu dapat diperbaiki.



Gambar 2. 30 Miniatur circuit breaker  
(Sumber : <https://www.pulset.com.au/3-pole-din-mount-mcb-rated-at-6ka.html>)

Berdasarkan pemakaian dan tingkat kepekaan MCB dapat diklasifikasi sebagai berikut:

1. MCB dengan karakteristik G

MCB jenis ini terbagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. MCB tipe G bekerja pada lonjakan arus sebesar 7 – 10 kali lipat dari arus nominalnya.
- b. MCB tipe G dengan kenaikan arus 6 kali arus nominalnya.

2. MCB karakteristik L

MCB tipe ini umumnya bekerja apabila lonjakan arusnya 3 – 5 kali dari arus nominalnya, hal ini menjadikan MCB ini lebih sensitif jika dibanding MCB tipe G, dan biasanya MCB tipe L ini umumnya dipakai di instalasi rumah tangga, Gedung – Gedung perkotaan atau tempat yang bersifat komersial.

3. MCB karakter K

Tripping magnetik dari MCB tipe ini bekerja pada lonjakan arus antara 8 – 12 kali dari arus nominalnya, MCB tipe ini biasanya digunakan untuk mengamankan kabel – kabel instalasi dan beban induktif berat atau motor – motor induksi yang membutuhkan tegangan penuh pada saat start, Cara kerja dari MCB jenis ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

Operasi thermal atau operasi pemutusan arus oleh MCB saat ada gangguan beban lebih dalam kondisi tidak normal, jika terjadi gangguan pada suatu rangkaian yang menyebabkan perbedaan temperatur akibat



dari arus yang mengalir melebihi batas nominalnya maka secara otomatis bimetal akan memutus arus tersebut.

Operasi magnetic adalah operasi pemutus yang dilakukan oleh MCB akibat dari adanya hubung singkat, Relay elektromagnetik dari MCB ini akan terenergis dan berubah menjadi magnet yang kemudian akan menarik kontak – kontaknya sehingga memutus rangkaian.