



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengenalan Motor Induksi<sup>[1]</sup>

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan, Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Kumparan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berotasi dengan kecepatan rotasi sinkron ( $n_s = 120f / 2p$ ). Medan magnet putar pada stator tersebut akan memotong penghantar-penghantar pada rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan Hukum Lenz rotor pun akan turut berputar mengikuti medan magnet putar stator. Perbedaan kecepatan rotasi relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban akan memperbesar torsi beban motor, sehingga memperbesar arus induksi pada rotor, dan slip antara medan magnet putar stator dan putaran rotor juga akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.<sup>[1]</sup>

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fasa dan motor induksi 1-fasa. Motor induksi 3-fasa dioperasikan pada sistem tenaga 3-fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1-fasa dioperasikan pada sistem tenaga 1-fasa dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fasa mempunyai daya keluaran yang rendah.<sup>[2]</sup>

---

<sup>[1]</sup> Zhanggisch dan Zuhail. 2004. *Prinsip dasar Elektroteknik*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama. Hal 686

<sup>[2]</sup> Zuriman Anthony, *Bahan Ajar*, Hal 61



(a)



(b)

**Gambar 2.1 (a) Bentuk Fisik Luar Motor Induksi dan (b) Bentuk Fisik di Dalam Motor Induksi**



**Gambar 2.2 Penerapan Motor Induksi di Industri**

Data-data motor induksi mengenai daya, tegangan dan data lain yang berhubungan dengan kerja motor induksi dibuatkan pada plat nama (*name plate*) motor induksi. Contoh data yang ditampilkan pada plat nama motor induksi ini diperlihatkan pada gambar 2.3

pabrik pembuat	
3~ Motor	Nr.:
$\Delta$ 400V	10,7A
5,5kW S1	cos $\phi$ 0,88
1450 /min	50 Hz
Isol.-Kl.F	IP 55
DIN VDE 0530	EN 60034

**Gambar 2.3 Contoh Name Plate Motor Induksi**

### 2.1.1 Klasifikasi Motor Listrik AC<sup>[2]</sup>

Motor listrik AC memiliki beberapa jenis, yang jenis ini membedakan berdasarkan beberapa faktor utama yang antara lain berdasarkan prinsip kerja, berdasarkan macam arus dan berdasarkan kecepatan.

#### **A. Berdasarkan Prinsip Kerja**

1. Motor Sinkron.
  - Biasa (tanpa slip ring )
  - Super ( dengan slip ring )
2. Motor Asinkron.
  - Motor Induksi (Squirel Cage & Slip Ring )
  - Motor Komutator ( Seri, Terkompensasi, Shunt, Repulasi )

#### **B. Berdasarkan Macam Arus**

1. Fasa tunggal
2. Tiga fasa

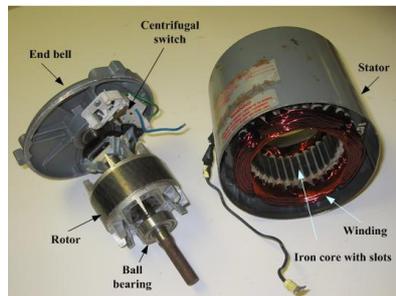
#### **C. Berdasarkan Kecepatan**

1. Kecepatan konstan
2. Kecepatan berubah
3. Kecepatan diatur.

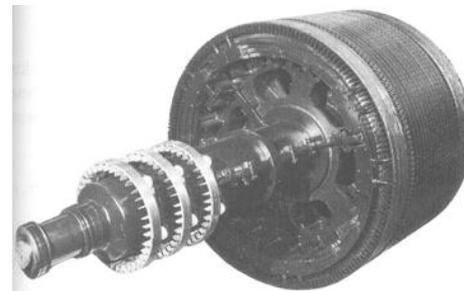
### 2.1.2 Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.4 sebagai berikut.

1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara, Tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



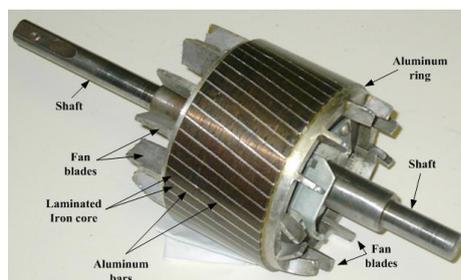
(a)



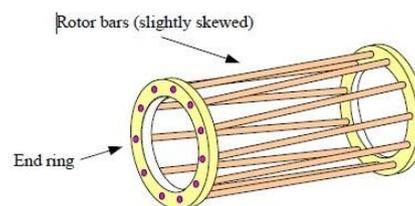
(b)

**Gambar 2.4 (a) Rotor Sangkar dan (b) Rotor Belitan**

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada gambar 2.5



(a)



(b)

**Gambar 2.5 (a) Bentuk Rotor Sangkar dan (b) Kumparan Dikeluarkan Dari Rotor**



Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut.

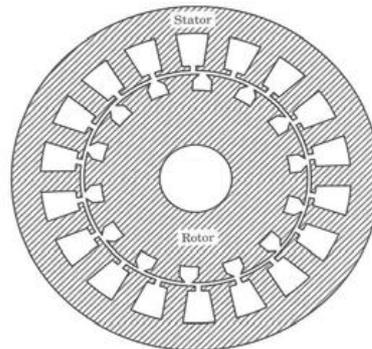
1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang.
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga. Rangka stator motor induksi ini didesain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:
  - a) Menutupi inti dan kumparannya.
  - b) Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
  - c) Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didesain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
  - d) Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih Efektif.

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.4, yaitu :

1. Motor induksi dengan rotor sangkar (squirrel cage).
2. Motor induksi dengan rotor belitan (wound rotor)

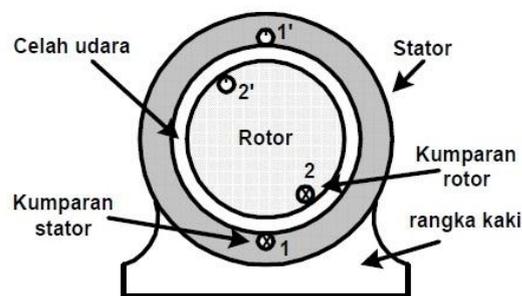
Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut.

1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.



**Gambar 2.6** Gambaran Sederhana Bentuk Alur/ Slot Pada Motor Induksi

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/ sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Bentuk gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.6 dan gambaran sederhana penempatan stator dan rotor pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.7.



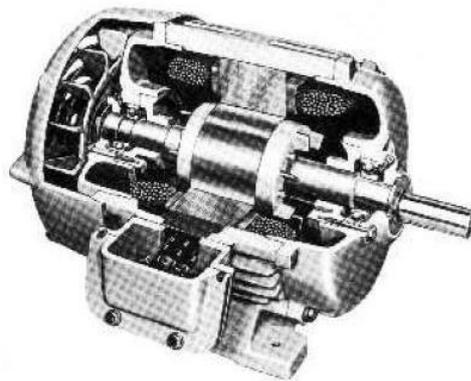
**Gambar 2.7** Gambaran Sederhana Motor Induksi Dengan Satu Kumparan Stator Dan Satu Kumparan Rotor

Tanda **silang (x)** pada kumparan stator atau rotor pada gambar 2.7 menunjukkan arah arus yang melewati kumparan masuk ke dalam kertas (tulisan ini) sedangkan tanda **titik (.)** menunjukkan bahwa arah arus keluar dari kertas.<sup>[2]</sup>

<sup>[2]</sup> Ibid. Hal 65

### 2.1.2.1 Motor Rotor Sangkar<sup>[3]</sup>

Motor rotor sangkar konstruksinya sangat sederhana, yang mana rotor dari motor sangkar adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor dipasangkan paralel, atau kira – kira paralel dengan poros yang mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti, karena arus rotor secara alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubungkan dengan cincin ujung. Batang rotor dan cincin ujung sangka yang lebih kecil adalah coran tembaga atau almunium dalam satu lempeng pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan kedalam alur kemudian dilas ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi kerap kali dimiringkan. Hal ini menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengung magnetik sewaktu motor sedang jalan.

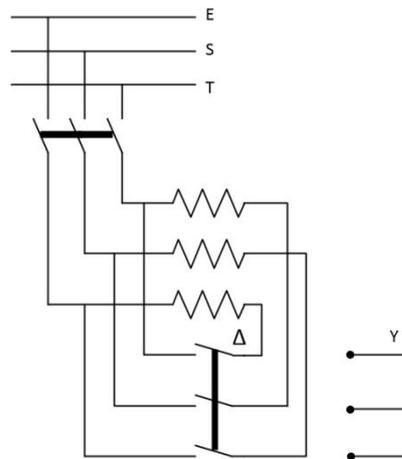


**Gambar 2.8 Konstruksi Motor Induksi Rotor Sangkar**

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai yang terlihat pada gambar dibawah ini, konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor jenis mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah karena konstruksinya yang demikian, padanya tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi dengan rotor belitan.

<sup>[3]</sup> Zuhail. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991. Hal 83

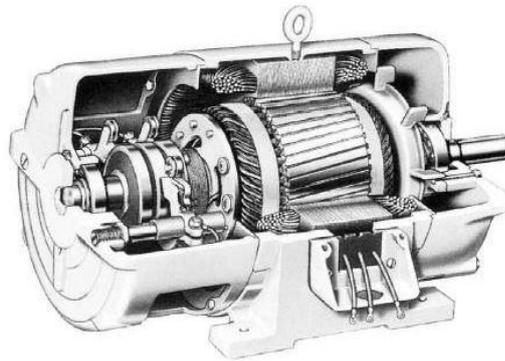
Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan oto transformator atau saklar Y – D (seperti pada gambar dibawah ini). Tetapi berkurangnya arus akan berakibat berkurangnya kopel mula, untuk mengatasi hal ini dapat digunakan rotor jenis sangkar ganda.



**Gambar 2.9 Rangkaian Rotor Sangkar**

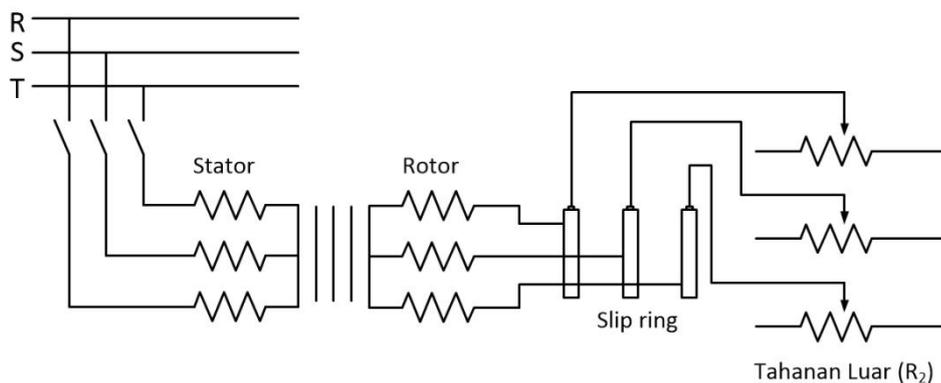
#### 2.1.2.2 Motor Rotor Lilit<sup>[3]</sup>

Motor rotor lilit atau motor cincin slip berbeda dengan motor rotor sangkar dalam konstruksi rotornya. Seperti namanya rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dengan poros motor. Ketiga cincin slip yang terpasang pada cincin slip dan sikat – sikat dapat dilihat berada disebelah kiri lilitan rotor. Lilitan rotor tidak dihubungkan ke pencatu. Cincin slip dan sikat semata – mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian motor. Motor rotor lilit kurang banyak diwarnakan dibandingkan dengan motor rotor sangkar karena harganya mahal dan biaya pemeliharaan lebih besar.



**Gambar 2.10 Konstruksi Motor Induksi Rotor Lilit**

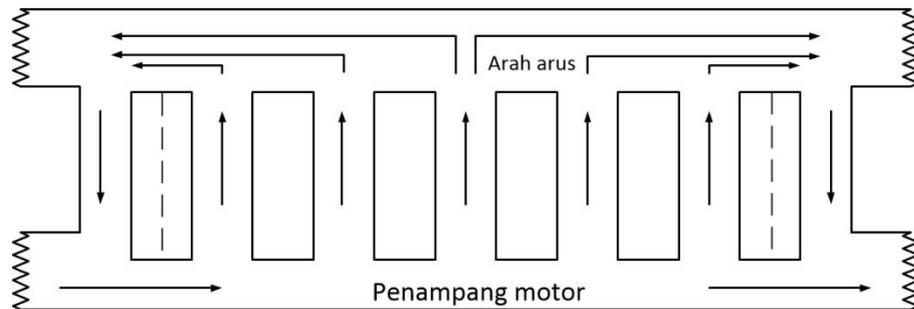
Motor induksi dengan rotor lilit memungkinkan penambahan (Pengaturan Tahanan Luar ) tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin, selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar tahanan luar tadi diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat start motor. Disamping itu dengan mengubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur. Dibawah ini terdapat rangkaian induksi dengan belitan memungkinkan penambahan tahanan luar.



**Gambar 2.11 Rangkaian Rotor Lilit**

### 2.1.2.3 Beda Motor Induksi Rotor Sangkar Dengan Rotor Lilit.

Rotor Sangkar dapat dianggap sebagai lilitan – lilitan seri dengan langkah penuh (full pitch ). Lilitan – lilitan seri tersebut dibentuk oleh pasangan – pasangan batang konduktor yang ujung – ujungnya disatukan oleh cincin hubung singkat, untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.12.

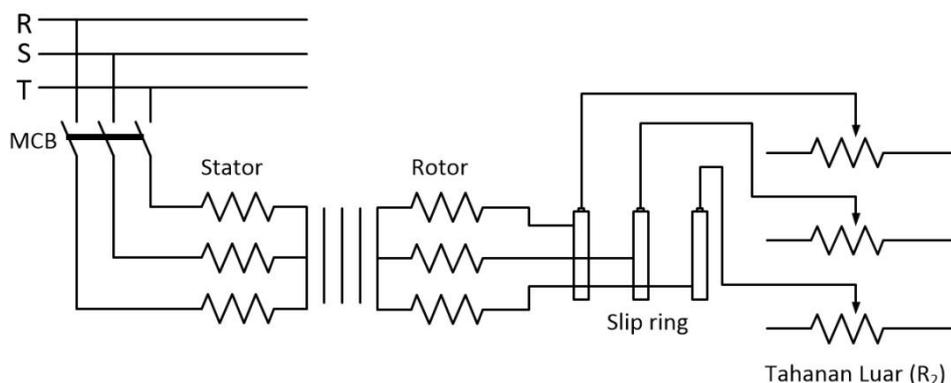


**Gambar 2.12 Arus Pada Rotor Sangkar**

Jika kita bandingkan antara rotor sangkar dan rotor lilit ada perbedaan- perbedaan sebagai berikut :

1. Karakteristik motor induksi rotor sangkar sudah *fixed*, sedang pada motor induksi dengan rotor lilit masih dimungkinkan variasi karakteristiknya dengan cara menambahkan rangkaian luar melalui slip ring/sikatnya.
2. Jumlah kutub pada rotor sangkar menyesuaikan terhadap jumlah kutub pada lilitan statornya, sedangkan jumlah kutub pada rotor lilit sudah tertentu.

Suatu keuntungan dari motor induksi dengan rotor lilit adalah dapat ditambah tahanan luar. Hal ini sangat menguntungkan untuk starting motor pada beban yang berat dan sekaligus sebagai pengatur putaran motor. Rangkaian motor induksi dengan rotor lilit, dilengkapi dengan tahanan luar. Dalam penggunaannya rotor sangkar lebih banyak dipakai sebab harganya murah. Kelemahan pada starting torque diatasi dengan konstruksi double squirrel cage dan deep bar cage.



**Gambar 2.13 Rangkaian Motor Lilit Dengan Tambahan Tahanan Luar**



## 2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi<sup>[1]</sup>

Ada beberapa prinsip kerja motor induksi :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan magnet putar dengan kecepatan.  $n_s = 120 f/p$ ..... (1)
2. Medan magnet putar stator tersebut akan memotong batang penghantar pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul induksi (ggl) sebesar :  
 $E_{2s} = 4,44.f_2.N_2.m$  (untuk satu fasa)..... (2)
4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus (I) didalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
6. Bila torsi mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul torsi beban, rotor akan berputar searah dengan medan magnet putar stator.
7. Tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang penghantar (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan rotasi medan magnet putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan rotasi rotor ( $n_r$ ).
8. Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut slip (s) dinyatakan dengan :  
 $S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$  ..... (3)
9. Bila  $n_r = n_s$ , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan torsi. Torsi motor akan ditimbulkan apabila  $n_r$  lebih kecil dari  $n_s$ .
10. Dilihat dari cara kerjanya maka motor induksi disebut juga motor tak serempak atau motor asinkron.

---

<sup>[1]</sup> Ibid. Hal 690



### 2.3 Torsi Rotor Motor Induksi<sup>[4]</sup>

Adanya perbedaan kecepatan pada rotor ( $n_r$ ) dan stator ( $n_s$ ) mengakibatkan slip ( $s$ ). Kecepatan rotor mengakibatkan adanya kecepatan putar rotor ( $\omega_r$ ) dan kecepatan putar rotor mengakibatkan adanya torsi rotor ( $T_{rs}$ ) Maka dapat kita lihat pada persamaan (4) dan persamaan (5) sebagai berikut:

$$\omega_r = 2.\pi.n_r \dots\dots\dots (4)$$

$$T_{rs} = \frac{P_{r(in)}}{\omega_r} \dots\dots\dots (5)$$

Jadi dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan torsi yang besar dibutuhkan daya yang besar.

$$P_{r(in)} = 3.E_s.I_r'.\cos \varphi \dots\dots\dots (6)$$

Bila persamaan (5) disubsitusikan ke persamaan (6), maka diperoleh persamaan (7) sebagai berikut:

$$T_{rs} = \frac{3.E_s.I_r'.\cos \varphi}{\omega_r} \dots\dots\dots (7)$$

Bila persamaan (6) disubsitusikan ke persamaan (7), maka didapat besar torsi pada rotor motor induksi tiga fasa dilihat pada persamaan (8) adalah:

$$T_{rs} = \frac{3.E_s^2.a^2.R_r.s}{\omega_r.\{ (a^2.R_r)^2 + (a^2.X_r.s)^2 \}} \dots\dots\dots (8)$$

Di mana

$T_{rs}$  = Torsi rotor motor induksi ( $N.m$ )

$\omega_r$  = Kecepatan putar rotor ( $rad / s$ )

$E_s$  = Tegangan terminal stator ( $volt$ )

$R_r$  = Tahanan rotor ( $\Omega$ )

$X_r$  = Reaktansi rotor ( $\Omega$ )

<sup>[4]</sup> A.R Hasibuan dan Rizki M. Fahmi S. *Studi Perbaikan Torsi Dan Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Memperbaiki Faktor Daya Motor Induksi*. Sumatera utara. Hal 2



Torsi motor induksi<sup>[5]</sup> adalah  $T = \frac{Pmk}{\omega_r}$  ..... (9)

Dimana,

Pmk : Daya mekanik sudut

$\omega_r$  : Kecepatan dari rotor  $\omega_r = \omega_s (1 - s)$

$$T = \frac{P2 (1-s)}{\omega_s (1-s)} = \frac{P2}{\omega_s} = \frac{P2}{\frac{2\pi n_s}{60}} = Nm = 0,737 \frac{P2}{\frac{2\pi n_s}{60}} \text{ lb.ft}$$

Torsi Motor Induksi<sup>[6]</sup> adalah  $T = \frac{P}{2\pi.n}$  ..... (10)

Dimana,

P : Daya

n : putaran motor (rpm)

### 2.4 Rugi – Rugi Pada Motor Induksi<sup>[7]</sup>

Motor – motor listrik adalah suatu alat untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam sistem konversi energi, yaitu mempunyai daya output tepat sama dengan daya input yang dapat dikatakan efisiensi 100%. Tetapi pada keadaan yang sebenarnya, tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efisiensi dibawah 100%. Dalam sistem konversi energi elektro mekanik yakni dalam operasi motor – motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi, atau :

$$P_{in} = P_{out} + P_{\text{rugi-rugi}} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana :

P<sub>in</sub>: Total daya yang diterima motor

P<sub>out</sub>: Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

P rugi-rugi : Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

<sup>[5]</sup> Sumanto. *Motor listrik arus bolak balik Motor Induksi Motor Sinkron*. Hal 47  
<sup>[6]</sup> John Bird dan Carl Ross. *Mechanical Engineering Principles*. Hal 111  
<sup>[7]</sup> Indra Lesmana. *Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Yang digunakan sebagai Pompa Untuk Sistem Sirkulasi Pendingin Generator Turbin Gas di PT.Pertamina RU III Plaju*. POLSRI. Hal 21



Motor listrik tidak pernah mengkonversikan semua daya yang diterima menjadi daya mekanik, tetapi selalu timbul kerugian daya yang semuanya berubah menjadi energi panas yang terbuang.

Efisiensi motor listrik dapat didefinisikan dari bentuk diatas, sebagai perbandingan dimana :

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

$$= \frac{P_{in} - P_{rugi-rugi}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dari persamaan diatas, perlu dipelajari faktor – faktor yang menyebabkan efisiensi selalu dibawah 100%. Untuk itu perlu diketahui kerugian daya apa saja yang timbul selama motor beroperasi.

1. Belitan dalam motor yang dinamakan rugi – rugi listrik (Rugi – rugi belitan).
2. Kerugian daya yang timbul langsung karena putaran motor, yang dinamakan rugi – rugi rotasi.

#### **2.4.1 Cara – Cara Menentukan Rugi-Rugi Pada Motor**

Rugi – rugi motor listrik sebagian dapat ditemukan dengan cara konvensional yaitu dengan percobaan beban nol dan percobaan block rotor (hanya untuk motor arus bolak – balik). Percobaan beban nol dapat menentukan rugi – rugi rotasi motor. Pada keadaan beban nol, seluruh daya listrik input motor digunakan untuk mengatasi rugi – rugi inti dan rugi – rugi mekanik. Rugi – rugi listrik motor dapat ditentukan yaitu pada tahanan DC, tahanan belitan dapat langsung diukur pada terminal belitan jangkar dan belitan penguat secara pengukuran DC, yaitu dengan mengukur tegangan dan arus dengan sumber DC pada belitan tersebut, atau dengan menggunakan ohm meter (jembatan wheatstone).

Pada motor AC, tahanan equivalen motor dapat ditentukan dengan percobaan block rotor (hubungan singkat), dimana pada keadaan ini rangkaian equivalen motor adalah sama dengan rangkaian equivalen hubung singkat dari suatu transformator. Jadi daya pada keadaan ini merupakan rugi – rugi tahanan



atau belitan dan pada keadaan ini rugi – rugi inti dapat diabaikan karena tegangan hubung singkat relatif kecil dibandingkan dengan tegangan nominalnya.

Rugi – rugi stray load adalah rugi – rugi yang paling sulit ditukar dan berubah terhadap beban motor. Rugi – rugi ini ditentukan sebagai rugi – rugi sisa (rugi – rugi pengujian dikurangi rugi – rugi konvensional). Rugi – rugi pengujian adalah daya input dikurangi daya output. Rugi – rugi konvensional adalah jumlah dari rugi – rugi inti, rugi – rugi mekanik, rugi – rugi belitan. Rugi – rugi stray load juga dapat ditentukan dengan anggapan kira – kira 1% dari daya output dengan kapasitas daya 150 Kw atau lebih. Dan untuk motor – motor yang lebih kecil dari itu dapat diabaikan.

## 2.5 Efisiensi<sup>[4]</sup>

Perhitungan efisiensi motor induksi melibatkan rugi-rugi yang terjadi pada stator dan rotor. Rugi-rugi stator terdiri atas rugi-rugi hysteresis, rugi-rugi eddy current, rugi-rugi inti dan rugi-rugi tembaga pada kumparan stator. Dengan memperhitungkan rugi-rugi ini maka besar daya netto yang melewati celah udara dapat dilihat pada persamaan (11) adalah:

$$P_{Cu} = P_{masuk} - P_{inti} - P_{tembaga} \dots \dots \dots (13)$$

Efisiensi motor adalah perbandingan antara daya keluaran yang berguna dengan daya masukan total, yaitu dilihat pada persamaan (12) sebagai berikut:

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (14)$$

$$P_{loss} = P_{in} + P_i + P_{tr} + P_a \ \& \ g + P_b$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos$$

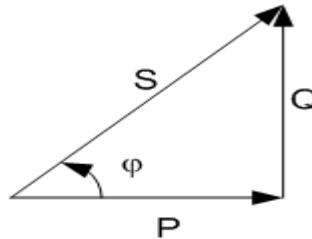
Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa efisiensi motor tergantung pada besarnya rugi – rugi. Pada dasarnya metode yang digunakan untuk menentukan efisiensi motor induksi bergantung pada dua hal apakah motor itu dapat dibebani secara penuh atau pembebanan simulasi yang harus digunakan.

<sup>[4]</sup> Ibid. Hal 3

## 2.6 Faktor Daya<sup>[4]</sup>

Ada tiga jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu:

1. Daya semu (S), VA (Volt Ampere).
2. Daya aktif (P), Watt.
3. Daya reaktif (Q), VAR (Volt Amper Reaktif).



**Gambar 2.14 Segitiga Daya**

maka dapat dilihat pada persamaan - persamaan dibawah ini :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (15)$$

Besarnya daya semu (S) motor induksi adalah :

$$S = V.I \text{ (Volt-Ampere) } \dots\dots\dots (16)$$

Besarnya daya P motor induksi satu fasa adalah :

$$P = V.I \cos \varphi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (17)$$

Besarnya daya P motor induksi tiga fasa adalah:

$$P = V.I.\sqrt{3} .\cos \varphi \text{ (watt) } \dots\dots\dots (18)$$

Besarnya daya reaktif (Q) motor induksi satu fasa adalah :

$$Q = V.I. \sin \varphi \text{ (Volt Ampere Reaktif) } \dots\dots\dots (19)$$

Dimana,

P = Daya motor (Watt)

V = Tegangan kerja motor (Volt)

I = Arus motor (Ampere)

$\cos \varphi$  = Faktor daya

<sup>[4]</sup> Ibid. Hal 2



Untuk memperkecil sudut  $\varphi$ , maka diperlukan penambahan kapasitor. Besarnya sudut  $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ , maka besarnya daya reaktif  $Q = Q_1 + Q_2$ , sehingga  $Q_2 = Q - Q_1$ , yang tak lain adalah daya yang tersimpan dalam kapasitor.

Besarnya sudut  $\varphi$  dipengaruhi oleh besarnya impedansi beban, jika beban bersifat induktif (+) maka impedansi mengarah ke sumbu positif dan jika beban bersifat kapasitif (-) mengarah ke sumbu negatif.

## **2.7 Kapasitor**

Merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (dielektrik) pada tiap konduktor atau yang disebut keping. Kapasitor biasanya disebut dengan sebutan kondensator, merupakan komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik. Fungsi kapasitor dalam rangkaian elektronik sebagai penyimpan arus atau tegangan listrik. Untuk arus DC, kapasitor dapat berfungsi sebagai isolator (penahan arus listrik), sedangkan untuk arus AC, kapasitor berfungsi sebagai konduktor (melewatkan arus listrik). Dalam penerapannya, kapasitor banyak di manfaatkan sebagai filter atau penyaring, perata tegangan yang digunakan untuk mengubah AC ke DC, pembangkit gelombang AC (Isolator) dan masih banyak lagi penerapan lainnya.

### **2.7.1 Jenis - Jenis Kapasitor**

#### **1. Kapasitor/ kondensator non-polar**

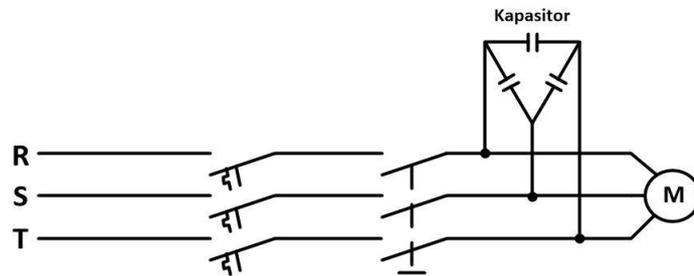
Kapasitor non-polar dapat dipasang secara bolak-balik pada suatu rangkaian elektronik tanpa memperhatikan arah kutubnya.

#### **2. Kapasitor/ kondensator polar.**

Kapasitor polar memiliki kutub positif dan negative yang pada pemasangannya tidak boleh terbalik karena akan menyebabkan kerusakan bahkan ledakan. Satuan kapasitor adalah farad (F), milifarad (mF), mikro farad (uF), nanofarad (nF), dan pikofarad (pF). Konversi nilai kapasitansinya sama dengan konversi satuan tahanan listrik.

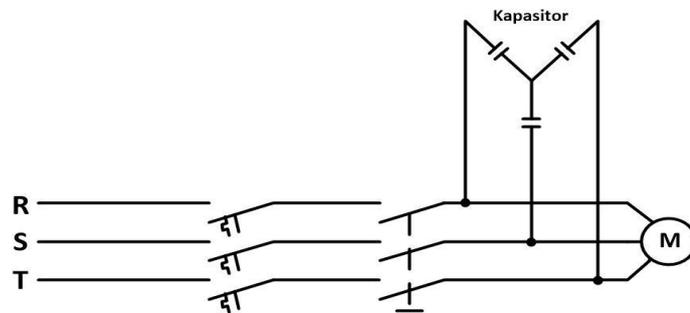
Untuk merubah faktor daya ada dua hubungan rangkaian kapasitor yang biasa digunakan, yaitu :

1. Rangkaian Kapasitor Hubungan Segitiga ( $\Delta$ )



Gambar 2.15 Kapasitor Hubungan Segitiga

2. Rangkaian Kapasitor Hubungan Bintang (Y)



Gambar 2.16 Kapasitor Hubungan Bintang