



---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Motor Induksi 3 Fasa<sup>4</sup>

Secara umum motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu bagian stator atau bagian yang diam dan rotor atau bagian yang berputar. Pada motor AC kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada kumparan transformator. Oleh karena itu, motor AC dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari konstruksinya yang sederhana, kuat, dan harganya yang relatif murah, maka motor induksi tiga fasa ini sangatlah cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri.

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan dikalangan industri, hal ini berkaitan dengan beberapa keuntungan dan kerugian.

Keuntungan motor induksi :

1. Bentuknya sederhana dan konstruksinya yang kuat serta hampir tidak pernah mengalami kerusakan yang berarti.
2. Harganya relatif lebih murah dan perawatannya mudah.
3. Mempunyai efisiensi yang tinggi.
4. Tidak memerlukan *starting* tambahan dan tidak harus sinkron.

Kekurangan motor induksi :

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiensinya.
2. Kecepatannya akan menurun seiring dengan bertambahnya beban.

---

<sup>4</sup> Wijaya, Mochtar. 2001. Dasar-dasar Mesin Listrik. Hal : 155



## 2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi<sup>4</sup>

Pada dasarnya ada beberapa prinsip penting pada motor induksi yaitu :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, maka pada kumparan tersebut akan timbul medan magnet putar dengan

$$A = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$n_s$  = Kecepatan medan putar stator

(rpm)  $f$  = Besarnya frekuensi (Hz)

$p$  = Jumlah kutub

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.

3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul gaya gerak listrik induksi

( $e_{gl}$ ) sebesar :

$$E_{2s} = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_r \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$E_{2s}$  = Tegangan induksi pada saat rotor berputar (volt)

$f_2$  = Frekuensi rotor (Hz)

$N_r$  = Kecepatan putar rotor (rpm)

$\Phi_m$  = Fluksi maksimum (Wb)

4. Karena rangkaian kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka  $e_{gl}$  ( $E$ ) akan menghasilkan arus rotor ( $I_r$ ).

5. Adanya arus ( $I$ ) didalam medan magnet menimbulkan gaya ( $F$ ) pada rotor.

6. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya ( $F$ ) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.

7. Seperti yang telah dijelaskan pada point (3) tegangan induksi rotor timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan

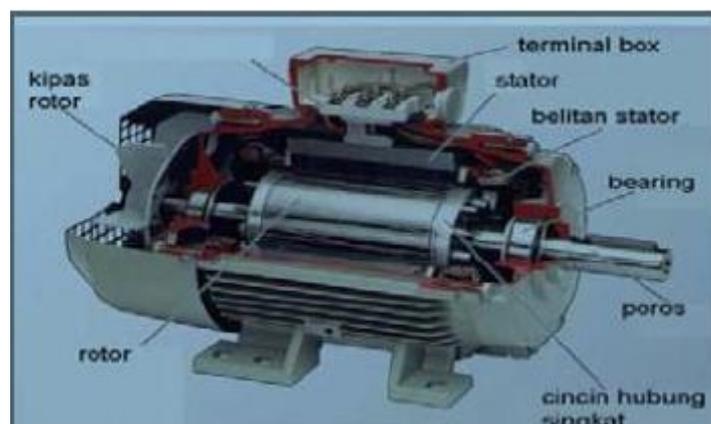
<sup>4</sup> Wijaya, Mochtar. 2001. Dasar-dasar Mesin Listrik. Hal : 157



putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $N_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $N_r$ ).

8. Perbedaan kecepatan antara  $N_s$  dan  $N_r$  disebut *slip* ( $s$ ).
9. Bila  $N_r = N_s$ , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel.
10. Kopel motor akan timbul apabila  $N_r$  lebih kecil dari  $N_s$ .

### 2.3 Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa<sup>2</sup>



Gambar 2.1 Konstruksi Motor Induksi 3 fasa

Pada dasarnya motor induksi terdiri dari suatu bagian yang tidak berputar (stator) dan bagian yang bergerak (rotor). Secara ringkas stator terdiri dari blok - blok dinamo yang berisolasi pada satu sisinya dan mempunyai ketebalan 0,35 – 0,5 mm, disusun menjadi sebuah paket blok yang berbentuk gelang. Disisi dalamnya dilengkapi dengan alur - alur.

Bagian motor dengan garis tengah yang besar, lamel inti besi merupakan busur inti segmen yang disambung - sambung menjadi satu lingkaran. Celah udara antara stator dan rotor pada motor yang kecil berkisar 0,25 – 0,75 mm. Pada motor yang besar bisa sampai 10 mm. Celah udara yang besar ini disediakan untuk kemungkinan terjadinya perenggangan pada sumbu atau sambungannya. Tarikan

<sup>2</sup> Rijono, Yon, Drs. 1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Andi, Yogyakarta. Hal :311

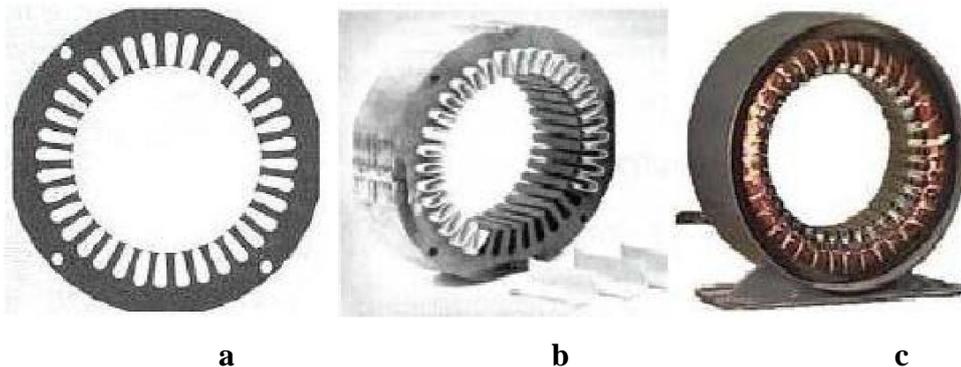


pada pita (*belt*) atau beban yang tergantung tersebut akan mengakibatkan sumbu motor melengkung.

Pada dasarnya inti besi stator dan belitan rotor motor asinkron ini sama dengan stator dan belitan motor asinkron. Kesamaan ini dapat ditunjukkan bahwa pada motor asinkron yang dipasang sesuai dengan stator motor asinkron akan dapat bekerja dengan baik.

Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing - masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa. Stator terdiri dari pelat - pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Jika kumparan stator mendapat suplai arus tiga fasa maka pada kumparan tersebut akan muncul fluks magnet putar. Dan mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet antara kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.

Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang untuk motor induksi tiga fasa.



Gambar 2.2 Komponen Stator Motor Induksi 3 Fasa

1. Lempengan inti
2. Tumpukan inti dengan kertas isolasi pada beberapa alurnya
3. Tumpukan inti dan belitan dalam cangkang stator



### 2.3.1 Stator

Pada bagian stator terdapat beberapa *slot* yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapatkan sumber arus tiga fasa. Stator terdiri dari pelat - pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Lalu akan timbul fluks medan putar, karena adanya fluks medan putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar sinkron dengan kecepatan putar stator.

Dari bagian stator dapat dibagi menjadi beberapa bagian antara lain sebagai berikut :

1. Rangka motor ( *Frame* )

Fungsi utama dari rangka atau *frame* adalah sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan oleh kutub - kutub magnet, karena itu beban motor dibuat dari bahan feromagnetik. Disamping itu badan motor ini berfungsi untuk meletakkan alat - alat tertentu dan melindungi bagian - bagian motor lainnya. Biasanya pada motor terdapat *name plate* yang bertuliskan spesifikasi umum dari motor.

2. Inti kutub magnet dan lilitan penguat magnet

Sebagaimana diketahui bahwa fluks magnet yang terdapat pada motor arus searah dihasilkan oleh kutub magnet buatan yang dibuat dengan prinsip elektromagnetis. Lilitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar terjadi proses elektromagnetis.

3. Sikat

Fungsi dari sikat adalah sebagai jembatan bagi aliran arus dari sumber. Selain itu sikat berperan penting untuk terjadinya komutasi, agar gesekan antara sikat dan komutator sehingga sikat harus lebih lunak dari komutator. Biasanya sikat terbuat dari bahan arang.



#### 4. Komutator

Komutator berfungsi sebagai penyearah mekanik yang bersama - sama dengan sikat arang membuat suatu kerja sama yang disebut komutasi. Supaya menghasilkan penyearah yang lebih baik, maka komutator yang digunakan hendaknya dalam jumlah yang besar. Setiap segmen komutator berbentuk lempengan.

### 2.3.2 Rotor

Berdasarkan hukum faraday tentang imbas magnet, maka medan putar yang secara relatif merupakan medan magnet yang bergerak terhadap penghantar rotor akan mengimbaskan gaya gerak listrik (ggl). Frekuensi imbas ggl ini sama dengan frekuensi jala-jala (sumber).

Besarnya ggl imbas ini berbanding lurus dengan kecepatan relatif antara medan putar dan penghantar rotor. Penghantar – penghantar dalam rotor yang membentuk suatu rangkaian tertutup, merupakan rangkaian pelaju arus rotor dan searah dengan hukum yang berlaku yaitu hukum lenz.

Dalam hal ini arus rotor ditimbulkan karena adanya perbedaan kecepatan yang berada diantara fluksi atau medan putar stator dengan penghantar yang diam. Rotor akan berputar dalam arah yang sama dengan arah medan putar stator.

Berdasarkan bentuk rotornya, motor induksi terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu :

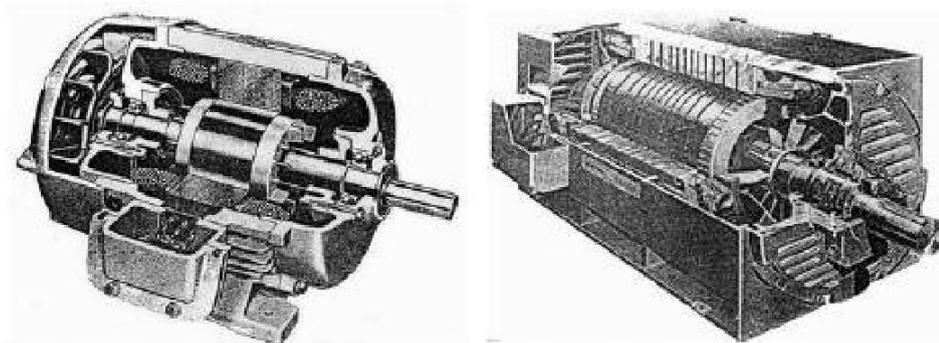
#### 1. Motor Induksi Rotor Sangkar Tupai ( *Squirrel Cage* )<sup>5</sup>

Motor induksi rotor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sangat sederhana, dimana rotornya dari inti berlapis dengan konduktor dipasang paralel atau kira-kira paralel dengan poros yang mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti, karena arus rotor secara ilmiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil dari konduktor rotor. Batang rotor dan cincin ujung sangkar yang lebih kecil adalah tembaga atau alumunium dalam satu lempeng dengan inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor

<sup>5</sup>Zuhal. 1991. Dasar Tenaga Listrik.ITB, Bandung. Hal :83



melainkan dibenamkan dalam alur kemudian dilas dan ditempatkan parallel terhadap poros motor tetapi kerap kali dimiringkan. Hal ini akan menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi dengung sewaktu motor sedang berputar.



Gambar 2.3 Motor Induksi Rotor Sangkar

Seperti terlihat pada gambar diatas, motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai, konstruksi rotor jenis ini sangat sederhana jika dibandingkan dengan rotor pada jenis motor listrik lainnya.

Dengan demikian harganyaupun relatif lebih murah dibandingkan dengan harga motor listrik jenis lainnya, namun demikian pada motor ini tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi rotor belit.

Untuk membatasi arus *start* yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan autotransformator atau saklar Y - D. Tetapi berkurangnya arus *start* akan mengakibatkan berkurangnya kopel mula, untuk mengatasi ini digunakan rotor jenis sangkar ganda.

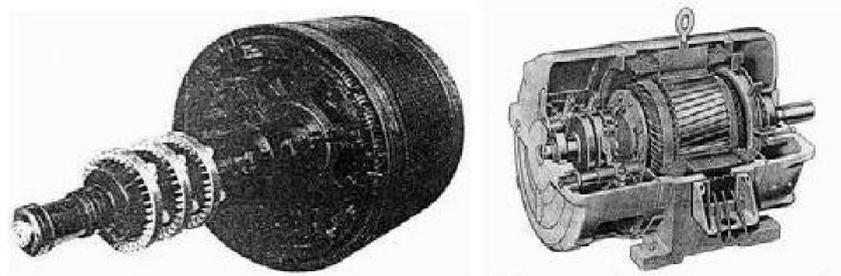
## 2. Motor Induksi Rotor Lilit ( *Wound Rotor* )<sup>5</sup>

Motor rotor lilit atau motor cincin slip berbeda dengan motor rotor sangkar dalam konstruksinya. Seperti namanya rotor dililit

<sup>5</sup> Zuhail.1991. Dasar Tenaga Listrik. ITB, Bandung. Hal : 82

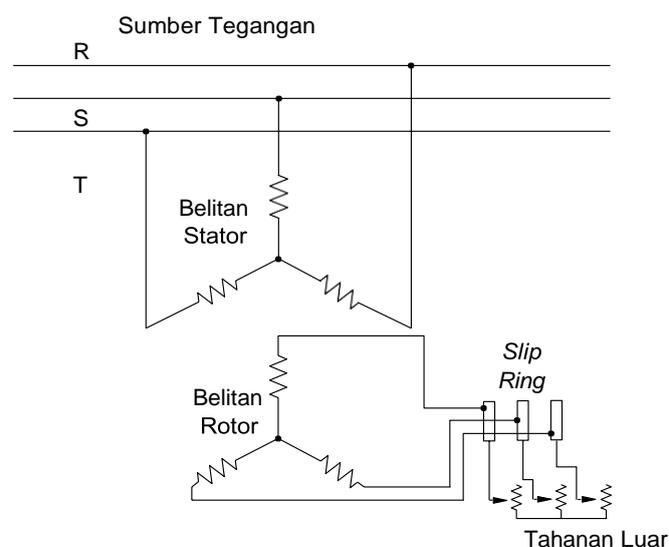


dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dengan poros motor. Ketiga cincin slip yang terpasang pada cincin slip dan sikat-sikat dapat dilihat berada disebelah kiri lilitan rotor. Lilitan rotor tidak dihubungkan ke pencatu. Cincin slip dan sikat semata-mata merupakan penghubung tahanan kendali variable luar kedalam rangkaian motor. Motor rotor lilit kurang banyak digunakan dibandingkan dengan motor rotor sangkar karena harganya mahal dan biaya pemeliharaan lebih besar.



Gambar 2.4 Motor Induksi Rotor Belitan

Seperti yang terlihat pada gambar 2.5, penambahan tahanan luar sampai harga tertentu dapat membuat kopel mula mencapai harga maksimum, kopel mula yang besar ini memang diperlukan pada waktu start.



Gambar 2.5 Rangkaian Rotor Lilit



Motor induksi dengan rotor lilit memungkinkan penambahan tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin, selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar pada saat start motor. Disamping itu dengan mengubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur. Di bawah ini terdapat rangkaian induksi dengan belitan memungkinkan penambahan tahanan luar.

#### 2.4 Perbedaan Motor Induksi Rotor Sangkar Dengan Rotor Lilit

Beda motor induksi rotor sangkar dengan rotor lilit dari segi karakteristik dan juga jumlah kutubnya. Jika dibandingkan rotor sangkar dan rotor lilit perbedaannya sebagai berikut :

1. Karakteristik motor induksi rotor sangkar tidak melalui *slip ring*, sedang pada motor induksi rotor lilit masih memungkinkan variasi karakteristiknya dengan cara menambahkan rangkaian tahanan luar dengan melalui *slip ring*.
2. Jumlah kutub pada rotor sangkar menyesuaikan pada belitan statornya, sedangkan jumlah kutub pada rotor lilit sudah tertentu.

Keuntungan dari motor induksi dengan rotor lilit adalah bahwa motor jenis ini dapat ditambah dengan tahanan luar. Hal ini sangat menguntungkan untuk *starting* motor karena bisa memperkecil arus *start* motor yang besar dan juga bisa sebagai pengatur kecepatan putaran motor.

#### 2.5 Hubungan Bintang dan Segitiga Motor Fasa Tiga

Sebuah motor harus digunakan dalam hubungan bintang atau hubungan segitiga, tergantung pada tegangan jaringannya. Tegangan yang dihubungkan ke motor biasanya dinyatakan pada pelat merknya, misalnya 220/380 V atau 380/660 V.

Catatan : Tegangan yang lebih rendah ialah tegangan yang harus dihubungkan dengan kumparan - kumparan motor.

Kalau sebuah motor diberi tanda tegangan 380/660 V misalnya, kumparan-kumparannya harus mendapat 380 V. Jadi kalau dihubungkan dengan jaringan



220/380 V, motor ini harus digunakan dalam hubungan segitiga. Kalau digunakan dalam hubungan bintang, kumparan - kumparannya hanya akan mendapat 220 V saja. Tegangan yang terlalu rendah juga dapat merusak motor. Perbedaan tegangan atau frekuensi yang tidak melebihi + 5% atau – 5% dari nominalnya, biasanya tidak membahayakan motor. Jika motor telah berputar maka sebuah saklar ganda akan mengubah hubungan belitan motor dari hubungan bintang ke hubungan segitiga sehingga dapat diperoleh arus asut minimum dan torsi dalam kondisi berputar yang maksimum. Pengasut motor ini harus juga dengan peralatan proteksi beban lebih serta proteksi terhadap terjadinya kehilangan tegangan.

## 2.6 Pengasutan Dengan Tahanan Mula

Tidak seperti pengasutan pada motor rotor sangkar, pengasutan dengan tahanan mula dilakukan pada motor rotor belitan (*slip ring* / cincin geser). Kumparan rotor motor dihubungkan pada cincin geser dan sikat arang pada tahanan mula.

Pada saat *start* kumparan rotor disambung seri dengan tahanan atur dalam kedudukan penuh / maksimum, hal ini membuat arus rotor berkurang, sehingga arus *start* dari sumber ikut menurun.

Pada saat berputar penuh tahanan mula jalan terhubung singkat, menyebabkan kumparan jangkar hubung singkat dengan adanya peralatan mekanik kontak khusus yang terdapat pada sumbu. Sehingga motor berputar seperti umumnya type motor induksi, dimana rotor dalam hubung singkat.

Tahanan mula sering dibuat dengan lima tingkat atau lebih dengan harga yang berbeda – beda, dimana jika nilai hambatan/ tahanan mula semakin besar maka arus *start* akan semakin kecil.

## 2.7 Medan Magnetik Berputar<sup>1</sup>

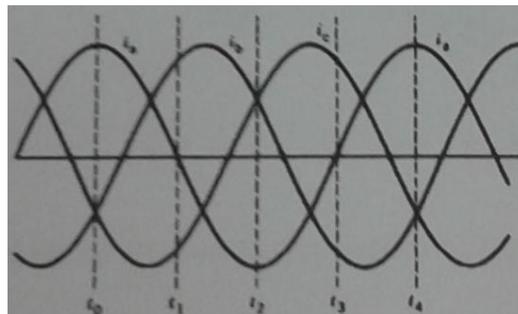
Bekerjanya motor induksi bergantung pada medan magnetik putar yang ditimbulkan dalam celah udara motor oleh arus stator. Belitan stator tiga fasa dililitkan dengan lilitan fasanya berjarak 120 derajat listrik. Penempatan lilitan

<sup>1</sup> Lister. E., C. 1998. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta. Hal : 212

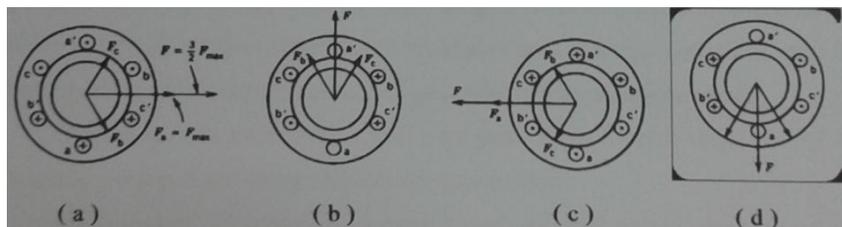


stator yang disederhanakan dari motor hubungan bintang dua kutub. Jika lilitan diberi energi catu tiga fasa, arus fasa berubah dalam waktu fasanya, dan fluksi yang berdenyut menunjukkan fasanya .

Untuk melihat bagaimana medan putar dihasilkan, maka dapat diambil contoh sebuah motor induksi tiga fasa yang kemudian menghasilkan medan putar, seperti terlihat pada gambar 2.6 dan 2.7



Gambar 2.6 Medan Putar



Gambar 2.7 (a) kondisi  $t_0$  dan  $t_4$ , (b) kondisi  $t_1$ , (c) kondisi  $t_2$ , (d) kondisi  $t_3$ .

Kecepatan putaran medan putar stator dinamakan kecepatan sinkron, medan putar stator kemudian memotong konduktor pada batang rotor ikut berputar setelah melalui beberapa proses. Arah putaran rotor motor induksi searah dengan arah putaran medan putar, namun kecepatan putaran rotor lebih rendah dari kecepatan sinkronnya. Perbedaan kecepatan putaran ini dinamakan *slip* motor induksi.

## 2.8 Slip

Kecepatan Putaran rotor motor induksi harus lebih lambat dari kecepatan sinkronnya supaya konduktor pada rotor selalu dipotong oleh medan putar, sehingga pada rotor timbul tegangan induksi yang akan menghasilkan arus induksi



pada rotor. Arus induksi ini kemudian berinteraksi dengan fluks yang dihasilkan stator sehingga menghasilkan torsi. Selisih antara kecepatan putaran rotor dengan kecepatan sinkronnya disebut *slip* (*s*). Pada umumnya *slip* dinyatakan dalam persen dari kecepatan sinkron.

$$A = \frac{ns - nr}{ns} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)^7$$

Dimana :

$N_s$  = Kecepatan putar medan stator (rpm).

$N_r$  = Kecepatan berputar rotor (rpm).

$S$  = Slip (%)

## 2.9 Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa

Efisiensi dari suatu motor induksi didefinisikan sebagai ukuran keefektifan motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan/ rasio daya *output* (keluaran) dengan daya *input* (masukan), atau dapat juga dirumuskan dengan :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{out}$  = Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja (W)

$P_{in}$  = Total daya yang diterima motor (W)

Dari persamaan di atas, perlu dipelajari faktor - faktor yang menyebabkan efisiensi selalu dibawah 100%. Untuk itu perlu diketahui kerugian daya apasaja 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, dimana rugi - rugi rotasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

<sup>7</sup> Sumanto, M.A. Drs. 1993. *Motor Listrik Arus Bolak Balik* (Edisi Pertama). Hal : 43



- a. Rugi - rugi mekanis akibat putaran.
- b. Rugi-rugi inti besi akibat kecepatan putaran dan fluks medan.

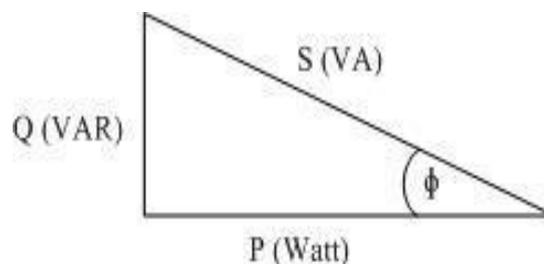
## 2.10 Pengertian Daya Listrik Secara Umum

Daya listrik adalah laju perpindahan energi persatuan waktu, yang dilambangkan dengan  $P$ . Satuan internasional adalah Watt, yang diambil dari nama *James Watt* (1736 - 1819). Dalam satuan yang umumnya dipakai adalah *Horse Power* (HP), dimana :  $1 \text{ HP} = 746 \text{ watt}$ .

Secara teoritis daya terdiri dari tiga yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu yang pengertiannya adalah sebagai berikut :

1. Daya Aktif adalah daya yang dapat diubah menjadi daya thermis mekanis langsung dapat dirasakan oleh konsumen. Satuannya adalah watt (W), kilo watt (KW), dan Mega watt (MW).
2. Daya reaktif adalah daya yang diperlukan oleh rangkaian magnetisasi peralatan listrik. jadi tidak langsung dipakai, hanya untuk tujuan magnetisasi. Satuannya Volt Ampere Reaktif (VAR), Kilo Volt Ampere Reaktif (KVAR), dan Mega Volt Ampere Reaktif (MVAR).
3. Daya semu adalah jumlah secara vektoris daya aktif dan daya reaktifnya. Satuannya adalah Volt Ampere (VA), Kilo Volt Ampere (KVA), dan Mega Volt Ampere (MVA).

Jadi hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat digambarkan pada segitiga daya berikut ini :



Gambar 2.8 Segitiga Daya

Dari gambar diatas terdapat tiga jenis persamaan daya untuk tegangan 1 fasa dan 3 fasa yaitu :



Tegangan 1 fasa.

$$P = V \cdot I \cos \phi \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Q = V \cdot I \sin \theta \dots\dots\dots(2.6)$$

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots(2.7)$$

Tegangan 3 fasa.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos \phi \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \sin \theta \dots\dots\dots(2.9)$$

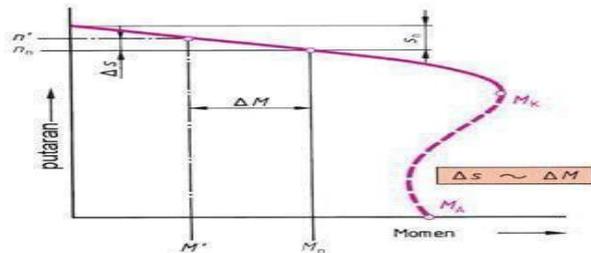
$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- P = Daya Aktif (W)
- Q = Daya Reaktif (VAR)
- S = Daya Semu (VA)
- I = Arus (A)
- V = Tegangan (V)

**2.11 Karakteristik Torsi terhadap Putaran Motor Induksi**

Karakteristik ini ditampilkan dalam bentuk putaran = fungsi torsi, seperti terlihat pada gambar berikut :



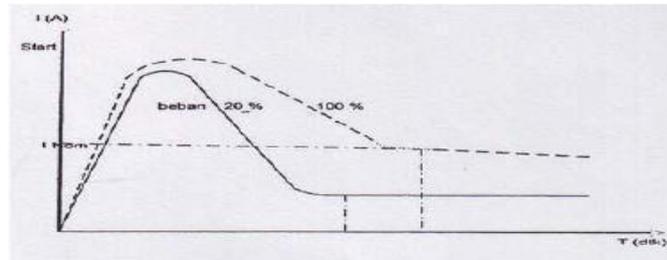
Gambar 2.9 Karakteristik putaran fungsi torsi

Garis vertikal menunjukkan parameter putaran, garis horizontal menunjukkan parameter torsi. Ketika motor berputar pada garis  $n'$  didapatkan torsi dititik  $M'$ . Ketika putaran berada di  $n_n$  didapatkan torsi motor pada  $M_n$ . Daerah kerja putaran motor induksi berada pada area  $n'$  dan  $n_n$  sehingga torsi kerja motor induksi juga berada pada area  $M'$  dan  $M_n$ . Berdasarkan grafik  $n =$  fungsi (torsi) dapat juga disimpulkan ketika putaran rotor turun dari  $n''$  ke  $n_n$  pada torsi justru terjadi peningkatan dari  $M''$  ke  $M_n$ .



## 2.12 Karakteristik *Start* Motor Induksi

Karakteristik *start* ini dipakai untuk menggambarkan hubungan antara waktu dan arus.



Gambar 2.10 Karakteristik *Start* Motor Induksi

Dari gambar 2.10 dapat diketahui bahwa :

1. Jika waktu *start* dari motor induksi makin lama, maka pemanasan pada belitan stator akan semakin besar. Dan pemanasan pada belitan akan lebih besar pula pada elemen pengaman, hal ini akan berpengaruh terhadap *lifetime* dari motor tersebut.
2. Arus akhir ke motor lebih tinggi.
3. Putaran akhir motor akan lebih rendah.

## 2.13 Program *MATLAB*

*Matlab* adalah singkatan dari *matrix laboratory*, dimana *Matlab* merupakan sebuah *software* untuk komputasi teknis dan saintifik. *Matlab* merupakan integrasi komputasi, visualisasi dan pemrograman yang mudah digunakan.

*Matlab* merupakan suatu sistem interaktif yang memiliki elemen data dalam suatu *array* sehingga pengguna tidak lagi dipusingkan dengan masalah dimensi. Hal ini memungkinkan kita untuk bisa memecahkan banyak masalah teknis yang terkait dengan komputasi, khususnya yang berhubungan dengan formula vektor, yang mana masalah tersebut akan cukup susah jika harus diselesaikan dengan menggunakan bahasa seperti *Pascal*, dan *Basic*. Sehingga *Matlab* dapat digunakan sebagai :

1. Kalkulator

Ketika bertindak sebagai kalkulator, *Matlab* memberikan hasil seketika setelah perintah operasinya diberikan.



## 2 Bahasa pemrograman

Perintah - perintah operasi dengan urutan dan logika tertentu, serta digunakan berulang - ulang dapat dibuat sebagai suatu program yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

Sebagai kalkulator, *Matlab* mempunyai berbagai fungsi umum yang penting untuk matematika, teknik dan ilmu pengetahuan. Sebagai tambahan atas fungsi - fungsi tersebut, *Matlab* menyediakan ratusan fungsi lainnya yang berguna untuk menyelesaikan masalah tertentu. Beberapa fungsi matematis yang tersedia antara lain fungsi trigonometri, fungsi eksponensial dan fungsi pembulatan.

Data-data dan variabel yang dibuat dalam *command windows* tersimpan dalam *workspace Matlab*. Suatu runtun data yang banyak, sulit untuk diperiksa hanya dengan mengamati angka - angka yang ditampilkan oleh karena itu penampilan data dalam bentuk grafik dapat memudahkan analisis.

### 2.13.1 Bagian pada Sistem *MATLAB*

Sebagai sebuah aplikasi, *Matlab* tersusun dari 5 bagian utama:

1. *Development Environment*. Merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang membantu anda untuk menggunakan fungsi-fungsi dan file-file *Matlab*. Beberapa perangkat ini merupakan sebuah *graphical user interfaces* (GUI). Termasuk didalamnya adalah *Matlab desktop* dan *Command Window*, *command history*, sebuah *editor* dan *debugger*, dan *browsers* untuk melihat *help*, *workspace*, *files*, dan *search path*.
2. *Matlab Mathematical Function Library*. Merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi-fungsi dasar seperti: *sum*, *sin*, *cos*, dan *complex arithmetic*, sampai dengan fungsi-fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse*, *matrix eigenvalues*, *Bessel functions*, dan *fast Fourier transforms*.
3. *Matlab Language*. Merupakan suatu *high-level matrix/array language* dengan *control flow statements*, *functions*, *data structures*, *input/output*, dan fitur-fitur *object-oriented programming*. Ini

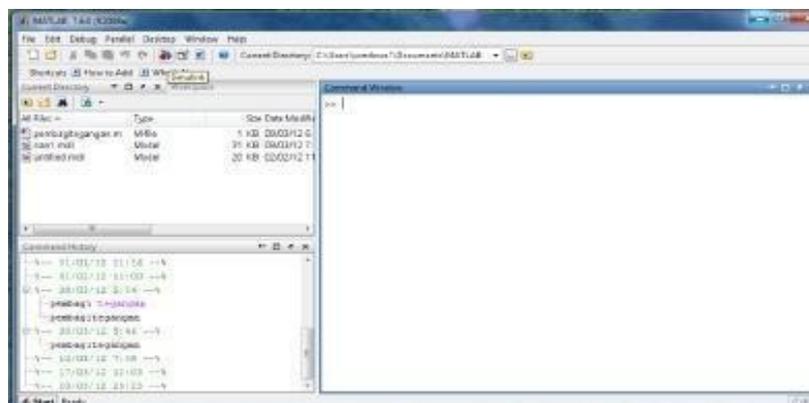


memungkinkan bagi kita untuk melakukan kedua hal baik "pemrograman dalam lingkup sederhana " untuk mendapatkan hasil yang cepat, dan "pemrograman dalam lingkup yang lebih besar" untuk memperoleh hasil-hasil dan aplikasi yang kompleks.

4. *Graphics. Matlab* memiliki fasilitas untuk menampilkan bilangan *vector* dan bilangan *matriks* sebagai suatu grafik. Didalamnya melibatkan *high-level functions* (fungsi-fungsi level tinggi) untuk *visualisasi* data dua dimensi dan data tiga dimensi, *image processing*, *animation*, dan *presentation graphics*. Ini juga melibatkan fungsi *level* rendah yang memungkinkan bagi anda untuk membiasakan diri untuk memunculkan grafik mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan tingkatan *graphical user interfaces* pada aplikasi *Matlab* anda.
5. *Matlab Application Program Interface (API)*. Merupakan suatu *library* yang memungkinkan program yang telah anda tulis dalam bahasa *C* dan *Fortran* mampu berinteraksi dengan *Matlab*. Ini melibatkan fasilitas untuk pemanggilan routines dari *Matlab (dynamic linking)*, pemanggilan *Matlab* sebagai sebuah *computational engine*, dan untuk membaca dan menuliskan *MAT-files*.

### 2.13.2 Menu Pada *MATLAB*

Pada antar muka awal *Matlab* tersebut terdapat 3 (tiga) jendela utama yaitu jendela *Current Directory*, *Command Window* dan *Command History*.

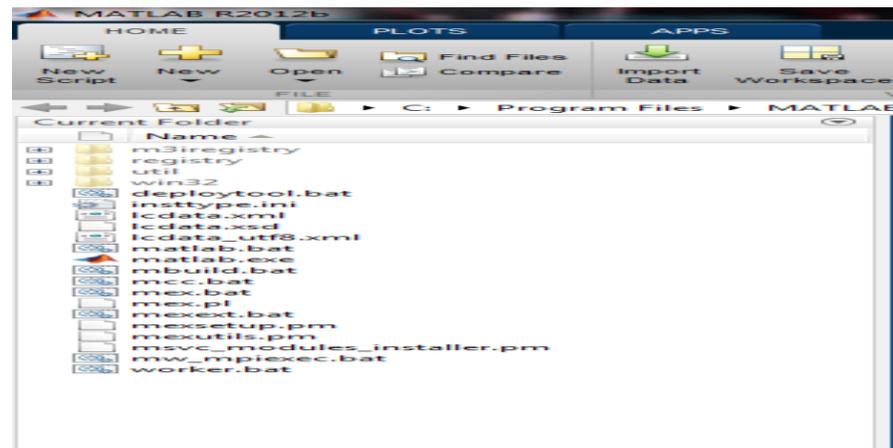


Gambar 2.11 Tampilan Awal Program *MATLAB*



### 1. *Current Folder*

*Window* ini menampilkan isi dari direktori kerja saat menggunakan *Matlab*. Kita dapat mengganti *direktori* ini sesuai dengan tempat *direktori* kerja yang diinginkan. *Default* dari alamat direktori berada dalam *folder works* tempat program *files Matlab* berada.



Gambar 2.12 Tampilan *Current Folder*

### 2. *Command Window*

*Window* ini adalah *window* utama dari *Matlab*, digunakan untuk memasukkan perintah program (*command*) yang akan dieksekusi. *Command Window* merupakan jendela yang berfungsi untuk menuliskan serangkaian intruksi. Tanda `>>` pada *Command Window* merupakan penanda baris intruksi.

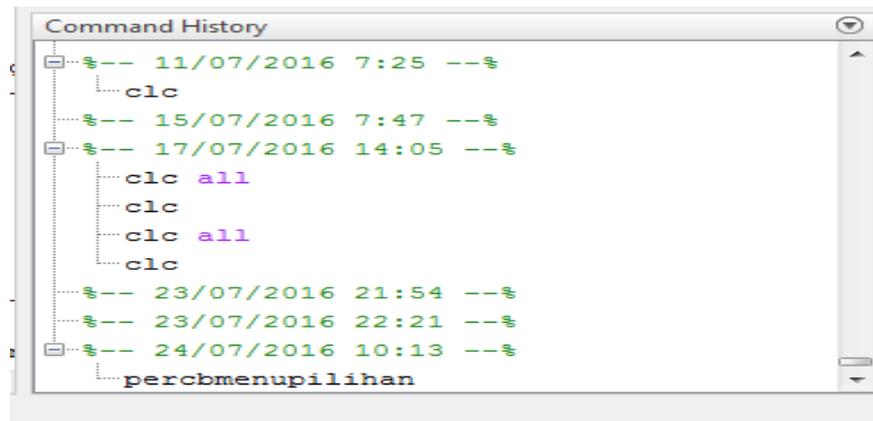


Gambar 2.13 Tampilan *Command Window*



### 3. *Command History*

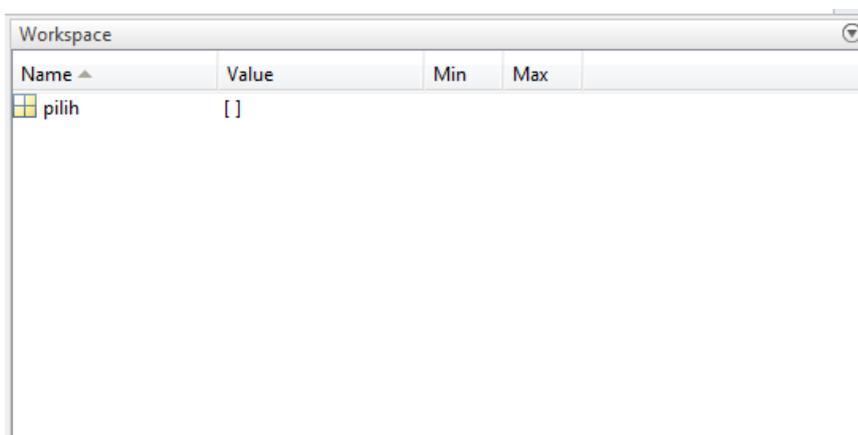
*Command History* digunakan untuk melihat perintah program (*command*) yang berfungsi untuk merekam intruksi-intruksi yang pernah dituliskan di *Command Window*.



Gambar 2.14 Tampilan *Command History*

### 4. *Workspace*

Berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel-variabel yang sedang aktif pada saat pemakaian *Matlab*. Apabila variabel berupa data *matriks* berukuran besar maka *user* dapat melihat isi dari seluruh data dengan melakukan *double klik* pada variabel tersebut. *Matlab* secara otomatis akan menampilkan *window* “*array editor*” yang berisikan data pada setiap variabel yang dipilih *user*.



Gambar 2.15 Tampilan *Workspace*



### 5. *Getting Help*

*Matlab* menyediakan fungsi *help* yang tidak berisikan tutorial lengkap mengenai *Matlab* dan segala keunggulannya. *User* dapat menjalankan fungsi ini dengan menekan tombol pada *toolbar* atau menulis perintah „*helpwin*” pada *command window*. *Matlab* juga menyediakan fungsi *demos* yang berisikan video tutorial *Matlab* serta contoh-contoh program yang bisa dibuat dengan *Matlab*.

### 6. *Interupting dan Terminating dalam Matlab*

Untuk menghentikan proses yang sedang berjalan pada *Matlab* dapat dilakukan dengan menekan tombol *Ctrl-C*. Sedangkan untuk keluar dari *Matlab* dapat dilakukan dengan menuliskan perintah *exit* atau *quit* pada *comamnd window* atau dengan menekan menu *exit* pada bagian menu *file* dari menu *bar*.

### 7. *Function*

*Function* adalah kata kunci yang digunakan untuk mendefinisikan prosedur pada *Matlab*. Fungsi dapat menerima input berupa berbagai parameter dan mengeluarkan *output* berupa *matriks*, *string*, *graf* atau *figure*. Beberapa contoh fungsi yang terdapat pada *Matlab* seperti *sin*, *imread*, *imclose* dan lain-lain.