



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Listrik

Motor listrik adalah sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak (mekanik). Energi mekanik ini digunakan untuk kebutuhan beban seperti, memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan lain – lain. Motor listrik merupakan motor yang paling banyak dijumpai dalam industri. Motor listrik sering disebut sebagai “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan motor listrik ini digunakan hingga 70% beban listrik total di industri.

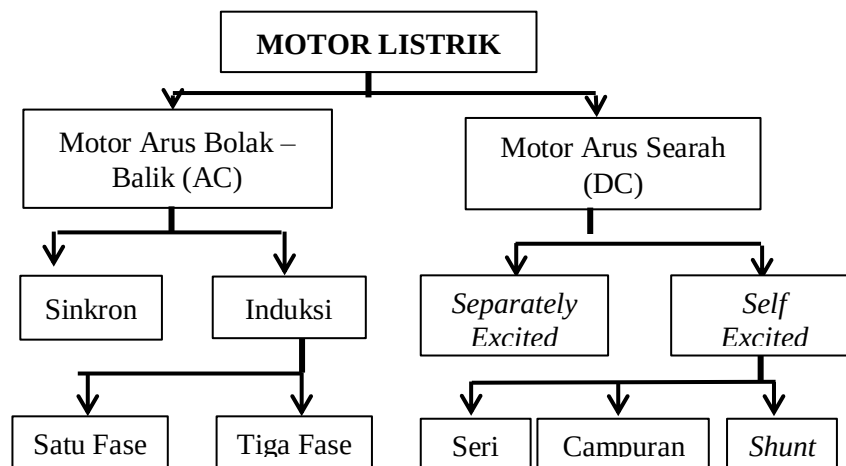
Pada motor listrik yang tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana yang telah kita ketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senamaakan tolak menolak dan kutub yang tidak senama akan tarik menarik. Dengan terjadinya proses ini maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama, arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran (*loop*) maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya tersebut menghasilkan tenaga putar (*torque*) untuk memutar kumparan. Motor listrik mempunyai beberapa jenis yang secara garis besar dibagi menjadi motor listrik arus searah (DC) dan motor listrik arus bolak balik (AC).

2.2 Jenis-Jenis Motor Listrik

Dibawah ini adalah bagan mengenai macam-macam motor listrik berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi yang terangkum dalam klasifikasi motor listrik. Secara umum motor listrik ada 2 yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC. Motor listrik AC dan motor listrik DC juga terbagi lagi menjadi beberapa bagian-bagian lagi, jika digambarkan maka akan

terlihat seperti pada gambar di bawah ini.^[3]



Gambar 2.1 Jenis – Jenis Motor Listrik.^[3]

2.3 Motor Listrik DC

Motor arus searah atau biasa disebut motor DC adalah sebuah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah (*Direct Current*) pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak (mekanik). Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).

Motor DC memiliki prinsip kerja yang berbeda dengan Motor AC. Pada motor DC jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut.



Gambar 2.2 Motor DC^[3]

^[3] I Nyoman Bagia dan I Made Parsa, *Motor-Motor Listrik*, (Bandung: Rasibook, 2018), hlm. 5

2.4 Motor Listrik AC

Motor arus bolak balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik yaitu "stator" dan "rotor". Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar asmotor. Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekwensi variable untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi sekitar dua kali motor DC.^[3]

Jika pada belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada belitan stator akan mengalir arus tiga fasa, arus ini menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s). medan magnet ini akan memotong belitan rotor, sehingga pada belitan rotor akan diinduksikan tegangan seperti halnya tegangan yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi yang dihasilkan arus pada belitan primer. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar. Tegangan induksi pada rotor akan menghasilkan arus yang mengalir pada belitan rotor. Arus yang mengalir pada belitan rotor berada dalam medan magnet yang dihasilkan stator, sehingga pada belitan rotor akan dihasilkan gaya (F). gaya ini akan menghasilkan torsi (τ) dan jika torsi yang dihasilkan lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan n_r yang searah dengan medan putar stator.

2.4.1 Motor Listrik Sinkron

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Disebut motor sinkron karena putaran motor sama dengan putaran fluks magnet stator. Motor ini memerlukan arus searah (DC)

^[3] I Nyoman Bagia dan I Made Parsa, *Motor-Motor Listrik*, (Bandung: Rasibook, 2018), hlm. 5

untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik. Motor sinkron terdiri dari :^[6]

1. Stator

Stator (bagian yang diam) terdiri dari belitan-belitan stator. Pada belitan stator tersebut diberi aliran listrik, untuk menghasilkan fluks magnet stator (medan putar).

2. Rotor

Rotor (bagian yang berputar) terdiri dari belitan-belitan penguat, inti magnet dan slip ring/sikat. Slip ring/sikat ini berfungsi untuk memasukkan listrik DC pada belitan penguat sehingga timbul kutub magnet pada rotor. Tipe rotor pada mesin sinkron ada 2 macam, yaitu :

- Rotor Penuh : Tipe ini rotornya diberi alur-alur sebagaimana rotor motor slip ring.
- Rotor Kutub : Rotor tipe ini terdiri dari inti-inti kutub dengan belitan-belitan penguat. Biasanya kutub banyak, untuk putaran rendah.

2.4.2 Motor Induksi

Motor Induksi merupakan motor arus bolak bali (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibatnya adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.^[7]

2.4.3 Kontruksi Motor Induksi 3 Fasa

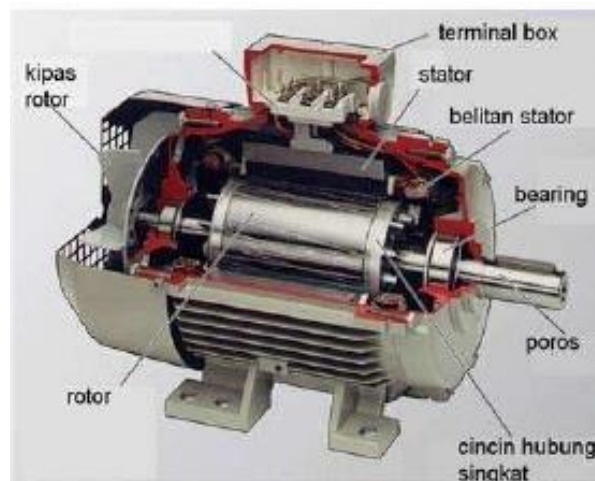
Konstruksi motor induksi secara detail terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor gambar 2.3. Stator adalah bagian motor yang diam terdiri

^[6] Drs. Sumanto M.A, *Motor Listrik Arus Bolak Balik*, (Yogyakarta: Andi Offset , 1995), hlm. 7-8.

^[7] Zuhul. 1995.. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.hlm. 101

dari badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Bagian rotor adalah bagian motor yang berputar, terdiri atas rotor sangkar, poros rotor.

Konstruksi motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator, karena dalam motor induksi tidak komutator dan sikat arang. Konstruksi motor induksi lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan tidak ada sikat arang gambar 2.3. Sehingga pemeliharaan motor induksi hanya bagian mekanik saja, dan konstruksinya yang sederhana motor induksi sangat handal dan jarang sekali rusak secara elektrik. Bagian motor induksi yang perlu dipelihara rutin adalah pelumasan bearing, dan pemeriksaan kekencangan baut-baut kabel pada terminal box karena kendur atau bahkan lepas akibat pengaruh getaran secara terus menerus.^[5]



Gambar 2.3 Fisik Motor Induksi^[4]

Rumus menghitung daya input motor induksi :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

P_{in} = Daya input (Watt)

V = Tegangan (Volt)

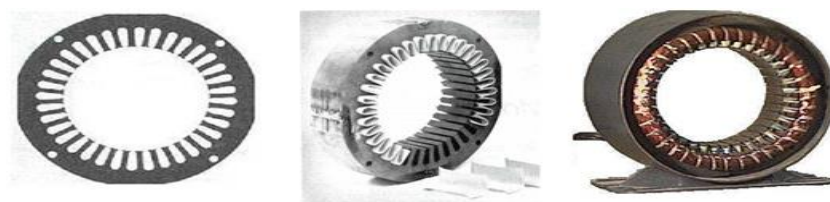
I = Arus

$\cos \phi$ = Faktor Kerja

^[5] Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional bab5 hlm 7

1. Stator^[4]

Komponen stator adalah bagian terluar dari motor yang merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fasa. Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris. Stator adalah bagian motor yang diam yang terdiri dari badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor adalah bagian motor yang berputar, terdiri atas rotor sangkar dan poros rotor. Konstruksi motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan stator, karena dalam motor induksi tidak ada komutator dan sikat arang, selain itu juga konstruksi motor induksi lebih sederhana di bandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan sikat arang sehingga pemeliharaan motor induksi sangat mudah yaitu di bagian mekanik nya saja, dan konstruksi nya juga begitu sederhana serta motor induksi sangat handal dan jarang sekali rusak secara elektrik. Bagian motor induksi yang perlu di pelihara rutin adalah pelumas bearing, dan pemeriksaan kekencangan baut-baut kabel pada terminal box apabila terjadi kondor atau lepas akibat pengaruh getaran secara terus menerus.



a.) Lempengan Inti b.) Tumpukan Inti Kertas isolasi c.) Kumparan

Gambar 2.4 Komponen Stator^[4]

Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa :

(a) Lempengan Inti

^[4] Asep Rachmat, S.T., M.T dan Ade Ruhama, S.T., *Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Motor Listrik Induksi AC 3 Fasa Menggunakan Dinamometer Tali (Rope Brake Dynamometer)*, Universitas Majalengka, 2014, hlm. 8

- (b) Tumpukan Inti dengan Kertas Isolasi pada Beberapa Alurnya
- (c) Tumpukan Inti dan Kumputan dalam Cangkang Stator

2. Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Rotor terdiri dari inti rotor dan kumparan rotor. Adapun jenis rotor dalam motor induksi tiga fasa yaitu rotor belitan dan rotor sangkar.

2.4.4 Klasifikasi Motor Induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu :

1. Motor Induksi Satu Fasa

Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.

2. Motor Induksi Tiga Fasa

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, belt conveyor, jaringan listrik, dan grinder.

2.4.5 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah peralatan pengubah energi listrik ke bentuk energi mekanik. Listrik yang diubah merupakan listrik tiga fasa. Dalam motor induksi, tidak ada hubungan listrik ke rotor, arus rotor merupakan arus induksi. Tetapi ada kondisi yang sama seperti motor dc, dimana pada rotor mengalir arus. Arus ini berada dalam medan magnetik sehingga akan terjadi gaya (F) pada rotor yang

akan menggerakkan rotor dalam arah tegak lurus medan.

Jika pada belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada belitan stator akan mengalir arus tiga fasa, arus ini menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s). Medan magnet ini akan memotong belitan rotor, sehingga pada belitan rotor akan diinduksikan tegangan seperti halnya tegangan yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi yang dihasilkan arus pada belitan primer. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar. Tegangan induksi pada rotor akan menghasilkan arus yang mengalir pada belitan rotor. Arus yang mengalir pada belitan rotor berada dalam medan magnet yang dihasilkan stator, sehingga pada belitan rotor akan dihasilkan gaya (F). Gaya ini akan menghasilkan torsi (τ) dan jika torsi yang dihasilkan lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan n_r yang searah dengan medan putar stator. Untuk memperjelas prinsip kerja motor induksi tiga fasa, maka prinsip kerja motor induksi dapat dijabarkan dalam langkah – langkah berikut: ^[6]

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan

$$n_s = \frac{120 f}{P} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi.
4. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I)
5. Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan timbul 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 telah dijelaskan, GGL induksi timbul karena terpotongnya batang

^[6] Drs. Sumanto M.A, *Motor Listrik Arus Bolak Balik*, (Yogyakarta: Andi Offset , 1995), hlm. 7-8.

konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).

8. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (s), dinyatakan dengan:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

9. Bila $n_r = n_s$, GGL induksi tidak akan timbul dan arus tidak mengalir pada batang konduktor (rotor) dengan demikian tidak dihasilkan kopel.
10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

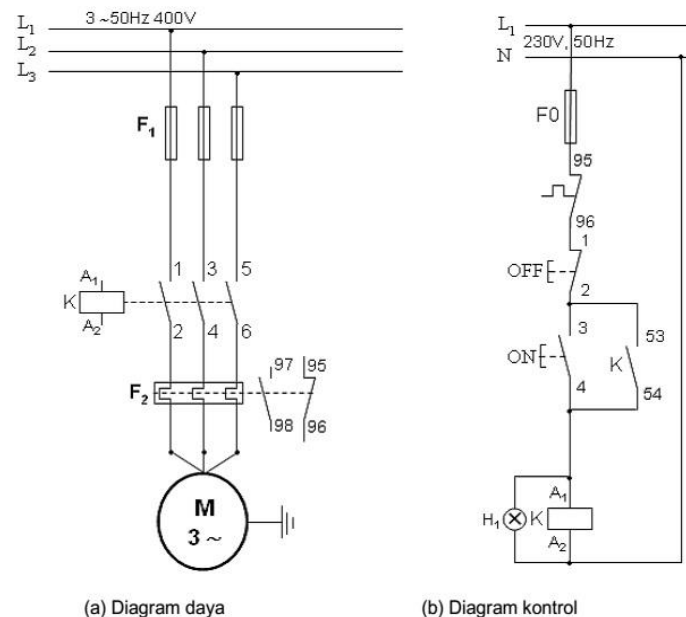
2.4.6 Pengasutan Motor dengan Hubung Langsung *Direct On Line* (DOL)

Secara umum, pengasutan motor induksi dapat dilakukan baik dengan cara menghubungkan rotor secara langsung ke rangkaian pencatu atau dengan menggunakan tegangan yang telah dikurangi ke motor selama periode pangasutan. Pengendalian yang digunakan untuk pengasutan motor pada kedua metode tersebut dapat dioperasikan secara manual atau secara magnetik.

Pengasutan ini digunakan untuk motor-motor berdaya kecil. Pada cara ini motor dapat diasut pada tegangan saluran penuh dengan menggunakan penstart saluran yang dilengkapi dengan relai termis beban lebih. Cara ini dapat menghasilkan kopel start yang lebih besar mengingat kopel motor induksi berbanding lurus dengan kuadrat tegangan yang dikenakan. Kelemahan pengasutan cara ini adalah dapat menghasilkan arus start yang besar, karena itulah hanya digunakan untuk motor-motor yang berdaya kecil.

Penghasutan secara langsung DOL (*Direct On Line*) akan menarik arus sangat besar dari jaringan (kurang lebih 6 – 7 kali arus nominal), dan torsi penghasutan 0,5 – 1,5 x arus nominal.^[6] Rangkaian kontrol penghasutan motor secara DOL dapat dilihat seperti pada gambar 2.3.^[1]

^[1] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, *Instalasi Motor Listrik*, 2013, hlm. 11



Gambar 2.5 Pengasutan Motor Induksi dengan Rangkaian DOL^[1]

2.4.7 Bagian-Bagian Motor Listrik Beserta Fungsi

1. Stator

Stator termasuk komponen utama motor listrik. Karena komponen ini akan bersinggungan langsung dengan kinerja motor. Stator merupakan lilitan tembaga statis yang terletak mengelilingi poros utama. Fungsi stator adalah untuk membangkitkan medan magnet pada di sekitar rotor.

Komponen ini terdiri dari lempengan besi yang dililit oleh tembaga. Tembaga ini dihubungkan dengan sumber arus. Sehingga ketika lilitan tersebut dialiri arus listrik, akan menyebabkan kemagnetan pada stator. Pada sebuah motor umumnya memiliki tiga buah stator coil. Hal ini tergantung kapasitas motor itu sendiri tentunya. Semakin banyak jumlah kumparan, maka semakin besar kemagnetan yang dihasilkan. Hal ini tentunya akan mempengaruhi kecepatan motor. Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari 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

^[1] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, *Instalasi Motor Listrik*, 2013, hlm. 11

dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur-alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Lalu akan timbul flux medan putar, karena adanya flux 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 :

a) Bodi Motor (*Frame*)

Fungsi utama dari rangka adalah sebagai tempat mengalirnya fluks magnet, karena itu rangka mesin di buat dari bahan ferromagnetik. Selain itu rangka berfungsi untuk meletakkan alat-alat tertentu dan melindungi bagian-bagian mesin lainnya. Mesin – mesin yang kecil di buat dari besi tuang, sedangkan mesin-mesin yang besar rangkanya di buat dari plat campuran baja yang berbentuk silinder.

b) Inti kutub magnet dan lilitan penguat magnet

Fluks magnet yang terdapat pada mesin motor listrik dihasilkan oleh kutub kutub magnet. Kutub magnet diberi lilitan penguat magnet yang berfungsi untuk tempat aliran arus listrik supaya terjadi proses elektromagnetisme. Pada dasar nya kutub magnet terdiri dari magnet dan sepatu kutub magnet. Karena kutub magnet berfungsi menghasilkan fluks magnet, maka kutub magnet di buat dari bahan ferromagnetik, misalnya campuran baja-silikon. Di samping itu kutub magnet di buat dari bahan berlapis-lapis tipis untuk mengurangi panas karena adanya arus pusar yang terbentuk pada kutub magnet tersebut.

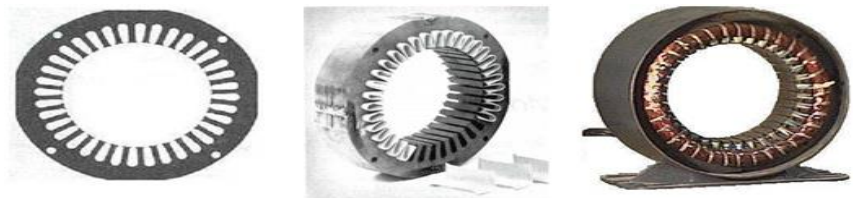
c) Sikat komutator

Fungsi dari sikat adalah sebagai sebagai penghubung untuk aliran arus dari lilitan jangkar ke terminal luar (generator) ke lilitan jangkar (Motor). Karena itu sikat sikat di buat dari bahan konduktor. Di samping itu sikat juga berfungsi untuk terjadinya komutasi bersamasama dengan komutator, bahan sikat harus lebih lunak dari komutator. Supaya hubungan/kontak antara sikat sikat yang diam dengan komutator yang berputar dapat sebaik mungkin, maka

sikat memerlukan alat pemegang dan penekan berupa per/pegas yang dapat diatur. Komutator seperti diketahui komutator berfungsi sebagai alat penyearah mekanik, yang ber-sama-sama dengan sikat membentuk suatu kerjasama yang disebut komutasi. Supaya menghasilkan penyearah yang lebih baik, maka komutator yang digunakan jumlahnya banyak. Karena itu tiap belahan/segmen komutator tidak lagi merupakan bentuk sebagian selinder, tetapi sudah berbentuk lempeng-lempeng. Diantara setiap lempeng/segmen komutator terdapat bahan isolator. Isolator yang digunakan menentukan kelas dari mesin berdasarkan kemampuan suhu yang timbul dalam mesin tersebut.

d) Jangkar

Jangkar yang umum digunakan dalam mesin arus searah adalah yang berbentuk silinder, yang diberi alur pada bagian permukaannya untuk melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya GGL imbas. Jangkar dibuat dari bahan yang kuat yang mempunyai sifat ferromagnetik dengan permeabilitas yang cukup besar, dengan maksud agar kumparan lilitan jangkar terletak dalam daerah yang imbas magnetnya besar sehingga ggl yang terbentuk dapat bertambah besar.



a.) Lempengan Inti b.) Tumpukan Inti Kertas isolasi c.) Kumparan

Gambar 2.5 Komponen Stator

Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa :

- (a) Lempengan Inti
- (b) Tumpukan Inti dengan Kertas Isolasi pada Beberapa Alurnya
- (c) Tumpukan Inti dan Kumparan dalam Cangkang Stator

2. Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Rotor terdiri dari inti rotor dan kumparan rotor. Adapun jenis rotor dalam motor induksi tiga fasa yaitu rotor belitan dan rotor sangkar. Semakin banyak jumlah lilitan pada rotor maka semakin besar pula putaran yang dihasilkan. Umumnya digunakan tembaga dengan diameter yang kecil. Hal ini bertujuan agar jumlah lilitan lebih banyak walau memerlukan panjang kawat yang besar.

Berdasarkan hukum Faraday tentang imbas magnet, maka medan putar yang secara relative 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 relative 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.

Motor induksi bila ditinjau dari rotornya terdiri atas dua tipe yaitu motor rotor sangkar dan motor rotor lilit.

a) Motor Rotor Sangkar

Motor induksi jenis rotor sangkar lebih banyak digunakan dari pada jenis rotor lilit, sebab rotor sangkar mempunyai bentuk yang sederhana. Belitan rotor terdiri atas batang- batang penghantar yang ditempatkan di dalam alur rotor. Batang penghantar ini terbuat dari tembaga, alloy atau aluminium. Ujung- ujung batang penghantar dihubungkan singkat oleh cincin penghubung singkat, sehingga berbentuk sangkar burung. Motor induksi yang menggunakan rotor ini disebut dengan Motor Induksi Rotor Sangkar. Karena batang penghantar rotor yang telah dihubungkan singkat, maka tidak dibutuhkan tahanan

luar yang dihubungkan seri dengan rangkaian rotor pada saat awal berputar. Alur-alur rotor biasanya tidak dihubungkan sejajar dengan sumbu (poros) tetapi sedikit miring.

b) Motor Rotor Lilit.

Rotor lilit terdiri atas belitan fasa banyak, belitan ini dimasukkan kedalam alur-alur inti rotor. Belitan ini sama dengan belitan stator, tetapi belitan selalu dihubungkan secara bintang. Tiga buah ujung-ujung belitan dihubungkan ke terminal-terminal sikat/cincin seret yang terletak pada poros rotor.

Pada jenis rotor lilit kita dapat mengatur kecepatan motor dengan cara mengatur tahanan belitan rotor tersebut. Pada keadaan kerja normal sikat karbon yang berhubungan dengan cincin seret tadi dihubungkan singkat.



Gambar 2.6 Rotor

3. Main Shaft

Poros utama adalah komponen logam yang memanjang sebagai tempat menempelnya beberapa komponen. Selain rotor coil, komponen yang menempel pada poros ini adalah drive pulley. Umumnya poros utama terbuat dari bahan aluminium yang anti karat. Selain itu komponen ini juga harus stabil pada putaran dan suhu tinggi.



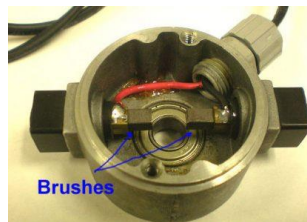
Gambar 2.7 Main Shaft

4. Brush

Brush adalah sikat tembaga yang akan menghubungkan sumber arus listrik dengan rotor coil. Sikat ini menempel pada rotor kecil yang terletak diujung rotor utama. Gesekan yang terjadi akan mengalirkan arus dengan arah yang sama walaupun rotor berputar. Sehingga putaran dapat sinkron dan kontinyu.

Gesekan ini akan didukung oleh pegas yang terletak dibelakang sikat tembaga. Pegas ini akan selalu menekan brush sehingga sikat ini akan selalu menempel pada rotor walau berputar pada RPM tinggi.

Dalam sebuah motor harus dilengkapi dua buah brush. Brush ini akan menyuplai arus dan masa untuk rotor coil. Selain itu komponen ini menjadi penyebab populer yang mengakibatkan motor listrik mati. Kerak yang menempel pada permukaan brush akan menyebabkan aliran arus terhambat. Selain itu kondisi brush yang aus karena terus tergesek juga bisa menghambat aliran arus terhambat.



Gambar 2.8 Brush

5. Bearing

Karena alat ini menghasilkan putaran, maka diperlukan komponen khusus yang akan dijadikan bantalan agar putaran berlangsung dengan mulus. Inilah fungsi dari bearing, sebagai bantalan antara permukaan poros dengan motor housing. Bearing umumnya berbahan aluminium yang memiliki gaya gesek ringan. Sehingga tidak menghambat putaran motor.



Gambar 2.9 Bearing

6. Drive Pulley

Komponen ini terletak diujung bagian luar poros utama. Fungsinya untuk mentransfer putaran motor menuju komponen lain. Komponen ini umumnya berbentuk gear atau pulley, yang siap dihubungkan dengan komponen yang perlu digerakan dengan motor ini.



Gambar 2.10 Drive Pulley

7. Motor Housting

Dibagian terluar motor listrik kita akan menemui sebuah plat besi yang digunakan untuk melindungi semua komponen electric motor. Selain itu, motor housing juga berfungsi untuk melindungi kita selaku pemakai dari putaran rotor yang sangat tinggi.



Gambar 2.11 Motor Housting

2.5 Bale Press

Bale press adalah sebuah mesin yang di gunakan untuk menekan atau mempressure pulp yang sebelumnya memiliki tekanan 0 bar sehingga di hasilkan pulp ± 200 bar, Bale press sendiri di gerakkan oleh motor induksi 3 fase yang berjumlah 2 buah yang berkapasitas 380v untuk menggerakkan hidrolik yang menaik turunkan pressure.

2.6 Rugi – Rugi Pada Motor Induksi

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 efesiensi 100%. Tetapi pada keadaan yang sebenarnya, tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efesiensi 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 :

$$P_{in} = P_{out} + P_{rugi-rugi} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : P_{in} : Total daya yang diterima motor

P_{out} : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{rugi-rugi}$: Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

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.

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.

Rugi – rugi rotasi ini terbagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Rugi – rugi mekanis akibat putaran.
2. Rugi – rugi inti besi akibat kecepatan putaran dan fluks medan.

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.

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%. Dengan rumus dibawah ini dapat menghitung rugi-rugi tersebut:

$$P_{\text{rugi-rugi}} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana

P_{in} : Total daya yang diterima motor

P_{out} : Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{\text{rugi-rugi}}$: Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

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. 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 arena putaran motor, yang dinamakan rugi

- rugi rotasi. Rugi - rugi rotasi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu :
 - a. Rugi - rugi mekanis akibat putaran.
 - b. Rugi - rugi inti besi akibat kecepatan putaran dan *fluks* medan.

Tabel 2.1 Jenis Rugi - rugi Motor Induksi 3 Fasa

Jenis Rugi – rugi	Persentase rugi - rugi total (%)
Rugi-rugi Inti Besi	25
Rugi-rugi Mekanik	15
Rugi-rugi Belitan	55
Rugi-rugi beban menyimpang (<i>stray load</i>)	5

2.6.1 Rugi – Rugi Inti

Rugi – rugi inti diperoleh pada besi magnetis didalam stator dan rotor akibat timbulnya efek histeris dan arus pusar (*eddy current*). Timbulnya rugi – rugi inti, ketika besi jangkar atau struktur rotor mengalami perubahan fluks terhadap waktu. Rugi – Rugi ini tidak tergantung pada beban, tetapi merupakan fungsi dari pada fluks dan kecepatan motor. Pada umumnya rugi – rugi inti berkisar antara 20 – 25% dari total kerugian daya motor pada keadaan nominal.

Rugi – rugi arus eddy tergantung pada kuadrat dari kerapatan fluks, frekuensi dan ketebalan dari lapisan. Pada keadaan mesin normal besarnya dapat didekati dengan :

$$P_c = K_c(B_{maks} \cdot f \cdot T)^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- T = Tebal lapisan
- B_{maks} = Kerapatan fluks maksimum
- f = Frekuensi
- K_c = Ketetapan pembanding

Harga Kc tergantung pada satuan yang digunakan, volume besi dan resistensi vitas besi. Ragam dari rugi – rugi histerisis dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan secara empiris saja.

Pada mesin DC, stator tidak mempunyai rugi – rugi inti kecuali pada permukaan kutub akibat adanya perubahan fluks terhadap ruang pada saat rotor berputar karena adanya alur – alur. Pada mesin sinkron, jika belitan medan terletak di rotor Rugi – rugi inti rotor adalah nol kecuali dipermukaan kutub, sedangkan Rugi-rugi inti selalu ada di stator. Pada mesin induksi, Rugi – rugi intinya terdapat di stator dan rotor hampir boleh diabaikan karena frekuensi di rotor relatif kecil.

Rugi - rugi inti rangkaian terbuka terdiri atas rugi-rugi histeris dan arus-edy yang timbul dari perubahan kerapatan fluks pada besi mesin dengan hanya lilitan peneral utama yang diberi tenaga. Pada mesin DC dan mesin serempak, rugi-rugi ini terutama dialami oleh besi armatur, meskipun pembentukan pulsa fluks yang berasal dari mulut celah akan menyebabkan rugi-rugi pada besi medan juga, terutama pada sepatu kutub atau permukaan besi medan. Pada mesin induksi rugi-rugi terdapat terutama pada besi strator. Rugi-rugi inti rangkaian terbuka dapat diperoleh dengan mengukur masukkan pada mesin pada saat bekerja tanpa beban pada kecepatan ukuran atau frekuensi ukuran dan dengan fluks atau tegangan yang semestinya dan kemudian mengurangi rugi-rugi perlilitan dan gesekan dan jika mesin tersebut bekerja sendiri selama dites, rugi-rugi I^2R armature tanpa beban (rugi-rugi I^2R stator tanpa beban pada motor induksi). Timbulnya rugi - rugi inti, ketika besi jangkar atau struktur rotor mengalami perubahan *fluks* terhadap waktu. Rugi - rugi ini tidak tergantung pada beban, tetapi merupakan fungsi daripada *fluks* dan kecepatan motor. Pada umumnya rugi - rugi inti berkisar antara 20 - 25% dari total kerugian daya motor pada keadaan nominal.

2.6.2 Rugi – Rugi Mekanik

Rugi – rugi gesekan dan angin adalah energi mekanik yang dipakai dalam motor listrik untuk menanggulangi gesekan batalan poros, gesekan sikat melawan komutator atau slip ring, gesekan dari bagain yang berputar terhadap angin,

terutama pada daun kipas pendingin. Kerugian energi ini selalu berubah menjadi panas berubah menjadi panas seperti pada semua rugi – rugi lainnya.

Rugi – rugi mekanik dianggap konstan dari beban nol hingga beban penuh dan ini adalah masuk akal tetapi tidak sepenuhnya tepat seperti halnya pada rugi – rugi inti. Macam – macam ketidak tepatan ini dapat dihitung dalam rugi – rugi stray load. Rugi – rugi mekanik biasanya berkisar antara 5 – 8% dari total rugi – rugi daya motor pada keadaan beban nominal.

2.6.3 Rugi – Rugi Belitan

Rugi – rugi belitan sering disebut rugi – rugi tembaga tetapi pada saat sekarang sudah tidak begitu. Banyak motor listrik, terutama motor ukuran sangat kecil diatas 750 W, mempunyai belitan stator dari kawat aluminium yang lebih tepat disebut rugi – rugi I^2R yang menunjukkan besarnya daya yang berubah menjadi panas oleh tahanan dari konduktor tembaga atau aluminium. Total kerugian I^2R adalah jumlah dari rugi – rugi I^2R primer (stator) dan rugi – rugi I^2R sekunder (rotor), termasuk rugi –rugi kontak sikat pada motor AC belitan dan motor DC.

Rugi – rugi I^2R dalam belitan sebenarnya tidak hanya tergantung pada arus, tetapi juga pada di bawah kondisi operasi. Sedang tahanan efektif dari belitan selalu berubah dengan perubahan temperatur, skin effect dan sebagainya. Sangat sulit untuk menentukan nilai yang sebenarnya dari tahanan belitan dibawah kondisi operasi. Kesalahan pengukuran kerugian belitan dapat dimasukkan ke dalam kerugian stray load. Pada umumnya rugi – rugi belitan ini berkisar antara 55 - 60% dari total kerugian motor pada keadaan beban nominal. Sebelum menghitung rugi – rugi I^2R cari terlebih dahulu nilai dari I_L (Arus Total) dari hasil yang telah di dapatkan biar bisa mengetahui nilai rugi – rugi pada motor tersebut dengan menggunakan rumus.

$$I = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P_{\text{rugi-rugi}} = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (2.7)$$

2.6.4 Rugi – Rugi Stray Load

Kita telah melihat bahwa beberapa macam kerugian selalu dianggap konstan dari keadaan beban nol hingga beban penuh walaupun kita tahu bahwa rugi – rugi tersebut sebenarnya berubah, secara kecil terhadap beban. Sebagai tambahan, kita tidak dapat menghitung berapa besar kerugian ini seperti yang diakibatkan oleh perubahan fluks terhadap beban, skin effect, geometri konduktor sehingga arus terbagi sedikit tidak merata dalam konduktor bertambah, mengakibatkan pertambahan tahanan konduktor dan karena itu rugi – rugi konduktor harus bertambah. Dari semua kerugian yang relatif kecil ini, baik dari sumber yang di ketahui maupun yang tidak diketahui, disatukan menjadi rugi – rugi stray load yang cenderung bertambah besar apabila beban meningkat (berbanding kuadrat dengan arus beban). Pada mesin DC, rugi – rugi ini masih dapat disebabkan oleh faktor reaksi jangkar, dan arus hubung singkat dalam kumparan pada saat terjadi peristiwa komutasi, kerugian stray load ini sangat sulit ditentukan. Pada umumnya kerugian ini berkisar 11 – 14% dari total kerugian daya motor pada keadaan beban nominal.

2.6.5 Cara menentukan Rugi – Rugi Daya

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.

2.7 Efisiensi^[2]

Di dalam setiap mesin daya keluaran yang tersedia adalah lebih rendah dari pada daya masukannya karena terjadinya rugi - rugi didalam mesin bersangkutan. Rugi - rugi ini dapat terjadi karena adanya gesekan pada bantalan, tahanan udara dari bagian - bagian mesinyang bergerak, panas ataupun getaran.

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.

Perbandingan dari besarnya daya keluaran terhadap daya yang dikenal sebagai efisiensi mesin yang disimbolkan dengan huruf latin ‘eta’ atau jadi:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Karena efisiensi biasanya dinyatakan dalam persen, maka rumusan umum yang digunakan ialah:

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

^[2] Linsley, Trevor 2004. Instalasi Listrik Tingkat Lanjut. Jakarta Hal: 124.

2.8 Pengertian Daya

Daya dalam tegangan AC pada setiap saat sama dengan perkalian dari harga arus dan tegangan pada saat itu. Jika arus dan tegangan bolak – balik satu fasa, maka daya dalam satu periode sama dengan perkalian dari arus dan tegangan efektif. Tetapi jika ada reaktansi dalam rangkaian arus dan tegangan tidak satu fasa sehingga selama siklusnya biasa terjadi arus negatif dan tegangan positif. Secara teoritis daya terdiri dari tiga yaitu daya efektif, daya reaktif dan daya semu yang pengertiannya adalah sebagai berikut :

- Daya reaktif (P) adalah daya yang diubah menjadi energi, persatuan waktu atau dengan kata lain daya aktif adalah daya yang benar – benar terpakai yang dihasilkan oleh komponen resistif, satuannya adalah watt (W).
- Daya reaktif (Q) adalah daya yang ditimbulkan oleh komponen reaktansi, daya reaktif ditentukan dari reaktansi yang menimbulkannya, dapat berupa reaktansi induktif (X_L) atau reaktansi kapasitif (X_C), satuannya adalah volt ampere reaktif (VAR)
- Daya semu (S) adalah jumlah secara vektoris daya aktif dan daya reaktif yang memiliki satuan volt ampere (VA).

Daya memiliki hubungan dengan usaha yaitu daya merupakan usaha yang dilakukan dalam satuan waktu, atau dengan kata lain daya berbanding terbalik dengan waktu sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

P = Daya (W)

W = Usaha (Joule)

t = Waktu (s)

2.9 Perbedaan Motor Sinkron dan Asinkron

A. Motor Sinkron

Motor sinkron merupakan motor yg memiliki output kecepatan putaran

motornya yg sinkron/sebanding dengan frekuensi listrik yg masuk ke statornya. karakteristik dari motor ini adalah putarannya konstan meskipun beban motor berubah-ubah dimana kecepatan motornya sesuai dengan persamaan $N_s = (120 \cdot f) / p$ konstruksi seperti halnya motor listrik pada umumnya terdiri dari rotor dan stator pada stator terdiri dari 3 kumparan yg ditempatkan dalam inti stator yg terpisah 120°, sedangkan rotor motor sinkron ada dua type yaitu salient pole, dan non salient pole, rotor di input dengan sumber DC sehingga dibutuhkan karbon brush pehubung antara belitan rotor dan terminal box. aplikasi dari motor sinkron u/ memutar conveyor atau mesin yg membutuhkan putaran konstan meskipun beban motor tidak konstan (berfariasi) jg sebelum ada kapasitor bank motor sinkron biasa digunakan sebagai cos ϕ regulator karena motor sinkron bisa menyuply cos ϕ lagging atau leading tergantung dari besar arus excitation yg di inputkan ke rotor.

B. Motor Asinkron

Motor asinkron lebih populer disebut dengan motor induksi karena arus di rotor yang menghasilkan torsi merupakan hasil ggl induksi dari stator ke rotor. Karakteristiknya kecepatan motor tergantung dari beban motor tersebut, motor induksi paling banyak digunakan karena konstruksinya yang sederhana stator sama halnya dengan motor sinkron dan rotornya tidak memerlukan sumber dari luar sehingga tidak perlu ada karbon brush, rotor motor induksi ada dua type yaitu rotor sangkar dan rotor belitan aplikasi karena konstruksinya yang sederhana dan maintenance yang murah. Motor asinkron 3 fasa dilengkapi dengan starter berbeda seperti star- delta, AC motor asinkron adalah motor listrik arus bolak balik (AC) dan motor induksi asinkron adalah salah satu jenis motor listrik yang paling umum digunakan berjalan pada kecepatan kurang dari kecepatan sinkronnya. Lebih dari 90% motor asinkron yang digunakan di dunia industri dan mereka memilih aplikasi besar di sekitarnya, dalam berbagai domain. Beberapa dari mereka adalah :

1. Kipas sentrifugal, blower dan pompa makanan dan minuman.
2. Motor kompresor dalam industri minyak dan gas.
3. Conveyor, lift, serta derektugas berat sistem multi carrier.



4. Mesin bubut, pabrik minyak, tekstil, kertas dan lain-lain.

2.10 Faktor Daya

Faktor daya (*power factor*) atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu/daya total, atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total. Umumnya faktor daya listrik ini disebut juga cosinus phi. ($\cos \phi$). Berikut persamaan faktor daya :

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

$\cos \phi$ = Faktor Daya

P = Daya Aktif (Watt)

S = Daya Semu (VA)

Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5 maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA).

Faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Perbaikan faktor daya ini menggunakan kapasitor.

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*) yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada sistem.

2.11 Sifat – Sifat Beban Listrik

Dalam sistem arus bolak-balik arus dapat berbeda dengan tegangan yang disebabkan oleh jenis bebannya. Harga arus yang mengalir dalam rangkaian untuk suatu tegangan tertentu yang diberikan seluruhnya ditentukan oleh tahanan rangkaian. Harga arus bolak-balik yang mengalir dalam rangkaian tidak hanya bergantung pada rangkaian tetapi juga bergantung pada induktansi dan kapasitansi rangkaian. Tahanan memberikan jenis perlawanan yang sama terhadap aliran arus bolak-balik terhadap arus searah.

Pada motor induksi terjadi perubahan energy listrik menjadi energy mekanik dalam bentuk putaran rotor. Pada motor induksi daya mekanik yang dihasilkan digunakan untuk berbagai keperluan sesuai dengan yang diinginkan.

Daya pada motor listrik dapat dihitung menggunakan perhitungan perfasa maupun perhitungan tiga fasa dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{1\phi} = V_P \cdot I_P \cdot \cos\phi \dots\dots\dots(2.17)$$

Atau,

$$P_{3\phi} = 3 \cdot P_1 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$P_{3\phi} = 3 \cdot V_P \cdot I_P \cdot \cos\phi \dots\dots\dots(2.19)$$

Harga tegangan phasa (V_P) adalah:

Dimana;

$$V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\phi \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

$P_{1\phi}$ = daya pada 1 fasa(watt)

$P_{3\phi}$ = daya pada 3 fasa(watt)

V_P = tegangan per fasa(volt)

V_L = tegangan line to line(volt)

I = arus line (ampere)

$\cos$ = faktor daya



2.12 Pengaman Motor Induksi

Seperti halnya dengan mesin listrik yang lain, motor induksi tidak lepas dari gangguan-gangguan yang dapat merusaknya. Gangguan-gangguan itu dapat datang dari luar motor ataupun dari kondisi buruk motor itu sendiri. Pengaman pada motor induksi bertugas mencegah kerusakan motor bila terjadi gangguan yang sering terjadi pada motor induksi yaitu:

- a. Gangguan arus lebih yang terdiri dari arus lebih hubung singkat dan arus beban lebih. Gangguan ini disebabkan oleh overload atau beban lebih.
- b. Gangguan tegangan kurang atau salah satu fasa hilang, gangguan ini sangat berbahaya sekali karena arus akan naik dengan cepat yang pada.
- c. akhirnya belitan motor akan terbakar bila tidak segera diatasi.

Gangguan dari komponen mekanis motor. Gangguan ini lebih bersifat pada gangguan bearingnya, fan pendingin dan lain-lain, jika dibiarkan dalam waktu yang lama akan sangat berbahaya bagi motor tersebut.