

**ANALISIS MOTOR INDUKSI SATU PHASA
KAPASITOR START DENGAN TEORI MEDAN
PUTAR GANDA**

**(Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi
Listrik Growth Centre)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana**

Oleh :

LAMHOT

07 812 0036

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2011**

**ANALISIS MOTOR INDUKSI SATU PHASA
KAPASITOR START DENGAN TEORI MEDAN
PUTAR GANDA**

**(Aplikasi Pada Laboratorium Teknik Elektro
Growth Centre)**

TUGAS AKHIR

Oleh :

LAMHOT

07 812 0036

Disetujui Pembimbing :

Pembimbing I,

Pemimbing II,

(Agus Junaidi ST, MT)

(Ir. Yance Syarif)

Mengetahui :

Dekan,

Ka. Program Studi,

(Hj. Haniza ST, MT)

(Ir. Yance Syarif)

Tanggal lulus :

ABSTRAK

Kekurangan utama dari sebuah motor induksi satu fasa adalah ketidakmampuannya untuk menghasilkan medan putar. Sumber energi yang dihubungkan ke belitan statornya hanya mampu untuk membangkitkan medan magnet yang berpulsa (bolak-balik) sepanjang suatu sumbu ruang saja. Karena tidak ada medan putar maka motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya. Akan tetapi sekali rotor diputar di dalam medan magnet berpulsa, motor akan segera meneruskan putarannya dan membangkitkan torsi. Teori medan putar ganda dapat digunakan untuk menjelaskan bagaimana torsi dibangkitkan di dalam motor induksi satu fasa sekali rotor itu diputar.

Konsep medan putar ganda pada motor induksi satu fasa menjelaskan bahwa fluks berpulsa yang dihasilkan, ekuivalen dengan dua buah fluks yang mempunyai besar yang sama dan berputar dalam arah yang berlawanan pada kecepatan sinkron.

Masing-masing dari kedua komponen fluks tersebut memotong konduktor rotor sehingga menginduksikan ggl dan pada akhirnya menghasilkan torsi sendiri. Pada keadaan diam, kedua komponen torsi tersebut sama besarnya sehingga torsi resultan asut adalah nol. Pada saat motor berputar, besar kedua komponen torsi tersebut tidak sama sehingga torsi resultan membuat rotor tetap berputar pada putarannya.

Teori medan putar ganda ini juga dapat digunakan untuk menghasilkan rangkaian ekuivalen, torsi, rugi-rugi dan efisiensi motor induksi satu fasa.

ABSTRACT

The main deficiency of a single phase induction motor is the lack of ability to produce a rotating field. Energy source that is connected to its stator windings are only able to generate magnetic field pulses were (frequently) along an axis of space only. Since there is no rotating field Then one phase induction motor can not be own and requires a series of help to run it. However, once the rotor was rotated in a magnetic field pulse, the motor will immediately forward rotation and raised in foster greater torque in single phase induction motor rotated.

Concept field double play on a single phase induction motor to explain that the flux of air generated pulses, equivalent to two flux that has the same magnitude and rotates in the opposite direction at synchronous speed.

Each of the two components of the flux cutting the rotor conductors, so that induces an emf and torque eventually produce its own. At rest, the two components of torque are the same size, so that the resultant torque is zero. In the motor rotates, the second major component of torque is not as great so that the resultant torque make the rotor fixed to rotate in the rotation.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul:

:

ANALISIS MOTOR INDUKSI SATU PHASA KAPASITOR START DENGAN TEORI MEDAN PUTAR GANDA.

Tugas Akhir ini merupakan bagian dari kurikulum yang harus diselesaikan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama penulis menjalani pendidikan di kampus hingga diselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. H. A. Ya'kub Matondang, MA** selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu **Ir. Hj. Hanija, MT**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak **Ir. Yance Syarif**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak **Agus Junaidi ST, MT**, Selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak **Ir. Yance Syarif**, Selaku Dosen Pembimbing II
6. Bapak dan Ibu Dosen Staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selama ini telah banyak memberikan

pelajaran dan pengarahannya, sehingga saya dapat menjadi orang yang berguna bagi nusa dan bangsa.

Atas bantuan dan petunjuk dari mereka semua diatas secara langsung maupun tidak langsung, penulis hanya berdo'a semoga Tuhan Yang Maha Esa dapat membalasnya, Amin

Dalam tugas akhir ini penulis menyadari banyak terdapat kekurangan dan kesalahan penyajian maupun penulisan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan motivasi yang bersifat membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Medan, Maret 2011

Penulis

LAMHOT

(NIM : 07.812.0036)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK-----	i
ABSTRACT-----	ii
KATA PENGANTAR-----	iii
DAFTAR ISI-----	v
DAFTAR GAMBAR-----	viii

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang-----	1
I.2 Rumusan Masalah-----	2
I.3 Tujuan Penulisan-----	2
I.4 Batasan Masalah-----	3
I.5 Metode Penulisan-----	3
I.6 Sistematika Penulisan-----	4

BAB II MOTOR INDUKSI SATU PHASA

II.1 Umum-----	6
II.2 Belitan Satu Fasa-----	7
II.3 Konstruksi Umum Motor Induksi Satu Fasa-----	9
II.4 Prinsip Dasar Motor Induksi Satu Fasa-----	10
II.5 Jenis-jenis Motor Induksi Satu Fasa-----	12
II.5.1 Motor Fasa Terpisah-----	13
II.5.2 Motor Kapasitor Start-----	15
II.5.3 Motor Kapasitor Run-----	16

II.5.4	Motor Kapasitor Start – Kapasitor Run -----	17
II.5.5	Motor Kutub Terarsir -----	18
II.6	Jenis – Jenis Motor Induksi Satu Phasa Kapasitor Start -----	19
II.6.1	Satu Tegangan, Tipe Pembalik-----	19
II.6.2	Satu Tegangan, Bukan Tipe Pembalik -----	19
II.6.3	Satu Tegangan, Pembalik dan Dengan Thermostat -----	19
II.6.4	Satu Tegangan, bukan Tipe Pembalik dengan Saklar Magnetik -----	20
II.6.5	Dua Tegangan, Bukan Tipe Pembalik -----	20
II.6.6	Dua Tegangan, Tipe Pembalik -----	21
II.6.7	Satu Tegangan, Tipe Pembalik Tiga terminal-----	22
II.7	Saklar Sentrifugal-----	23

BAB III TEORI MEDAN PUTAR GANDA PADA MOTOR

INDUKSI SATU PHASA

III.1	Teori Medan Putar Ganda -----	25
III.2	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Phasa-----	28
III.3	Torsi, Rugi – rugi, Efisiensidan Diagram Aliran Daya Motor Induksi Satu Phasa-----	33

BAB IV ANALISIS PERFORMANSI MOTOR INDUKSI SATU PHASA

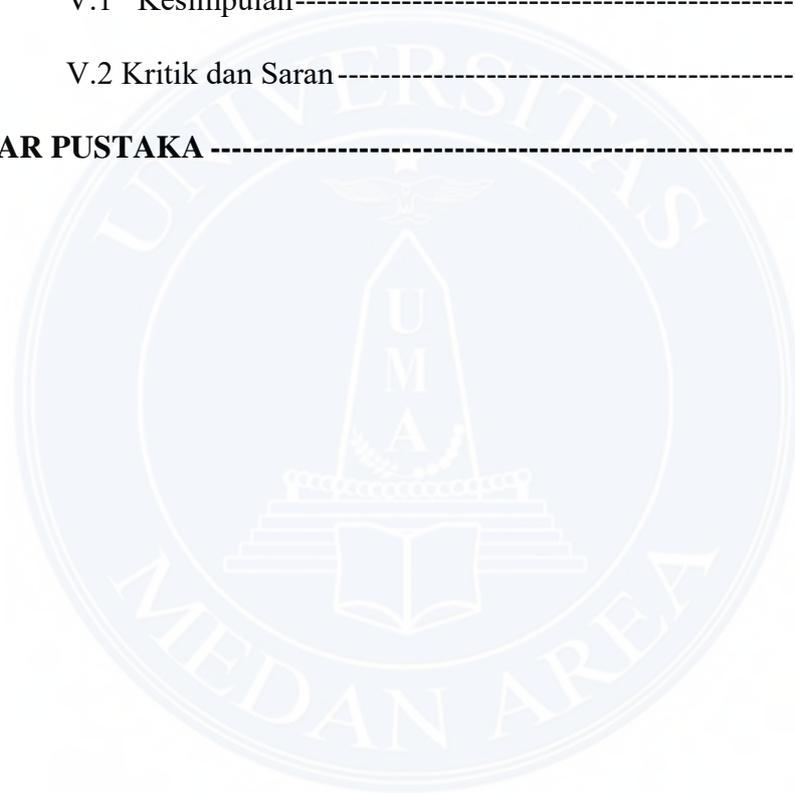
IV.1	Penentuan Parameter - Parameter Motor Induksi Satu Phasa -	36
IV.1.1	Pengujian Rotor Tertahan -----	36
IV.1.2	Pengujian Beban Nol -----	38

IV.2 Peralatan yang Digunakan	40
IV.3 Pengujian yang Dilakukan	41
IV.3.1. Pengujian Rotor Tertahan	41
IV.3.2. Pengujian Beban Nol.....	43
IV.1 Perhitungan Performansi Motor Induksi Satu Phasa	45

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan.....	48
V.2 Kritik dan Saran.....	48

DAFTAR PUSTAKA	49
-----------------------------	-----------



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode dan Zone Pengisian Belitan -----	7
Gambar 2.2	Komponen Dasar Motor Induksi Satu Phasa -----	8
Gambar 2.3	Medan Magnet Stator Berpulsa Sepanjang Garis AC -----	9
Gambar 2.4	Medan Magnet Rotor Segaris Medan Magnet Stator -----	11
Gambar 2.5	Motor Fasa Terpisah -----	14
Gambar 2.6	Motor Kapasitor Start -----	15
Gambar 2.7	Motor Kapasitor Permanen -----	16
Gambar 2.8	Motor Kapasitor Start – Kapasitor Run -----	17
Gambar 2.9	Motor Kutub Terarsir -----	17
Gambar 2.10	Motor Induksi Kapasitor Start dengan Thermostat -----	19
Gambar 2.11	Motor Induksi Kapasitor Start dengan Saklar Magnetik -----	19
Gambar 2.12	Motor Induksi Kapasitor Start Dua Tegangan Bukan Tipe Pembalik -----	20
Gambar 2.13	Saklar Sentrifugal -----	23
Gambar 3.1	Konsep Medan Putar Ganda -----	25
Gambar 3.2	Kurva Fluks Resultan Terhadap θ -----	26
Gambar 3.3	Karakteristik Torsi – Kecepatan Motor Induksi Satu Phasa -----	27
Gambar 3.4	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Phasa -----	28
Gambar 3.5	Motor Induksi Satu Phasa Dalam keadaan Diam -----	29
Gambar 3.6	Motor Induksi Satu Phasa Dalam keadaan Beroperasi -----	30
Gambar 3.7	Diagram Aliran Daya Motor Induksi Satu Phasa -----	34
Gambar 4.1	Gambar Pendekatan Rangkaian Ekuivalen dengan Rotor	

Tertahan -----	36
Gambar 4.2 Gambar Pendekatan Rangkaian Ekuivalen pada Beban Nol-----	38
Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan-----	40
Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian Beban Nol-----	42



BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Motor induksi satu phasa merupakan motor listrik yang berfungsi mengubah energi listrik arus bolak-balik menjadi energi gerak atau mekanik, dimana energi gerak itu berupa putaran dari rotor.

Diantara berbagai jenis motor listrik satu phasa, motor induksi satu phasa adalah motor yang paling banyak dipergunakan. Bila dibandingkan dengan motor listrik satu phasa dari jenis yang lain (motor universal dan motor sinkron), umumnya motor ini memiliki rating daya yang lebih besar. Disamping itu motor induksi satu phasa ini juga memiliki karakteristik kecepatan yang hampir konstan dan konstruksinya lebih kuat dan sederhana, seperti halnya motor induksi tiga phasa.

Kekurangan utama motor induksi satu phasa dengan bentuknya yang simpel adalah ketidakmampuannya untuk menghasilkan medan putar. Sumber energi yang dihubungkan ke belitan statornya hanya mampu untuk membangkitkan medan magnet yang berpulsa (bolak - balik) sepanjang suatu sumbu ruang saja. Karena tidak ada medan putar maka motor induksi satu phasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya. Akan tetapi sekali rotor diputar di dalam medan magnet berpulsa, motor akan segera meneruskan putarannya dan membangkitkan torsi.

Teori medan putar ganda dapat digunakan untuk menjelaskan bagaimana torsi dibangkitkan di dalam motor induksi satu fasa sekali rotor itu diputar. Teori medan putar ganda ini juga dapat digunakan untuk menghasilkan rangkaian ekivalen, torsi, rugi-rugi dan efisiensi motor induksi satu fasa.

Dalam tugas akhir ini akan dijelaskan tentang analisis motor induksi satu fasa, perhitungan torsi, rugi-rugi dan efisiensi dengan teori medan putar ganda yang diaplikasikan pada laboratorium Dasar Konversi Energi Listrik Teknik Elektro Growth centre.

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan pada pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana memahami prinsip kerja Motor induksi 1 fasa kapasitor start dengan teori medan putar ganda.
2. Bagaimana penerapan motor induksi 1 fasa kapasitor start pada masa sekarang ini.

I.3. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan ini Tugas akhir ini :

1. Memberikan uraian tentang analisis motor induksi satu fasa kapasitor start dengan teori medan putar ganda.
2. Dapat menjelaskan prinsip kerja motor induksi satu fasa dan karakteristik kerjanya.

I.4. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang meluas maka penulis akan membatasi pembahasan tugas akhir ini dengan hal-hal sebagai berikut:

1. Tidak membahas gangguan yang terjadi pada motor induksi.
2. Tidak membahas pengaturan kecepatan motor induksi satu phasa.
3. Tidak membahas jenis – jenis kapasitor yang digunakan pada motor induksi satu phasa.
4. Tidak membahas secara rinci analisa perhitungan berdasarkan peralatan yang tersedia di Laboratorium Konversi Energi Listrik

I.5. Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Studi Literatur, berupa studi kepustakaan dan kajian dari buku-buku teks pendukung.
2. Studi Diskusi, berupa tanya jawab dengan Dosen Pembimbing mengenai masalah-masalah yang timbul selama penulisan tugas akhir.
3. Studi Laboratorium, melakukan percobaan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan.

I.6. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman terhadap Tugas Akhir ini maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penulisan, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II : MOTOR INDUKSI SATU PHASA

Bab ini membahas motor induksi satu phasa, konstruksi motor, belitan satu phasa, prinsip dasar motor induksi satu phasa, jenis-jenis motor induksi satu phasa dan saklar sentrifugal.

BAB III : TEORI MEDAN PUTAR GANDA PADA MOTOR INDUKSI SATU PHASA

Bab ini membahas mengenai teori medan putar ganda pada motor induksi satu phasa, rangkaian ekivalen, dan performansi motor induksi satu phasa dengan teori medan putar ganda.

BAB IV : ANALISIS PERFORMANSI MOTOR INDUKSI SATU PHASA

Bab ini membahas mengenai penentuan parameter-parameter motor induksi satu phasa dan perhitungan performansi motor induksi satu phasa.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis data-data yang telah diperoleh.



BAB II

MOTOR INDUKSI SATU PHASA

II.1. Umum

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (ac) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Pada umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai satu fasa.

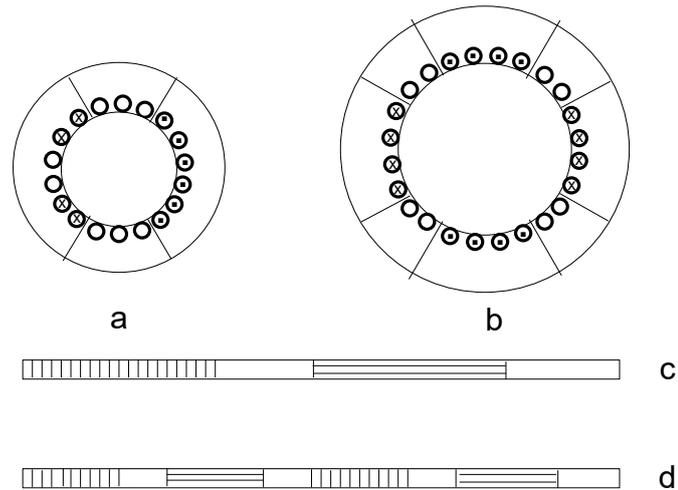
Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fasa yang banyak terdapat pada peralatan domestik. Walaupun demikian motor ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu pembebanan yang relatif rendah, tidak dapat melakukan pengasutan sendiri tanpa pertolongan alat bantu dan efisiensi yang rendah.

II.2. Belitan satu phasa

Belitan mesin tiga phasa yang lazim adalah suatu belitan dua lapis, sedangkan untuk belitan satu phasa yang sesungguhnya adalah belitan satu lapis. Pada belitan dua lapis, dua sisi belitan ditempatkan pada satu slot, salah satu sisi belitan ditempatkan pada dasar slot dan sisi belitan yang lain ditempatkan di atas yang lainnya. Pada belitan satu lapis setiap alur (*slot*) hanya diisi dengan satu sisi belitan.

Belitan mesin-mesin yang kecil umumnya dibuat dari kawat tembaga sedangkan untuk mesin-mesin yang besar dibuat dari batangan tembaga yang penampangnya lebih besar dari kawat. Kawat atau batangan tembaga tersebut ditempatkan didalam alur-alur. Pada setiap alur ditempatkan satu sisi belitan. Walaupun di sekeliling permukaan stator bagian dalamnya dilengkapi dengan alur secara merata, tetapi hanya kira-kira $\frac{2}{3}$ -nya saja yang diisi dengan belitan. Belitan ini dinamakan sebagai belitan utama. Alur yang tersisa dibiarkan kosong atau diisi dengan belitan yang dipergunakan hanya pada saat motor start. Belitan ini dilepas dari sumber tegangan setelah kecepatan motor mencapai kira-kira 75% kecepatan sinkronnya, dan disebut sebagai belitan bantu. Pengosongan alur-alur atau pelepasan belitan berguna untuk mendapatkan bentuk medan yang lebih baik.

Gambar 2.1.a memperlihatkan salah satu cara pengisian alur sedangkan gambar 2.1.b adalah cara yang lain. Gambar 2.1.c memperlihatkan gambar zone dari gambar 2.1.a dan gambar 2.1.d adalah zone dari gambar 2.1.b



Gambar 2.1. Metode dan Zone Pengisian Belitan

Berdasarkan metode penggulungannya, belitan yang umum dipergunakan untuk mesin-mesin kecil meliputi :

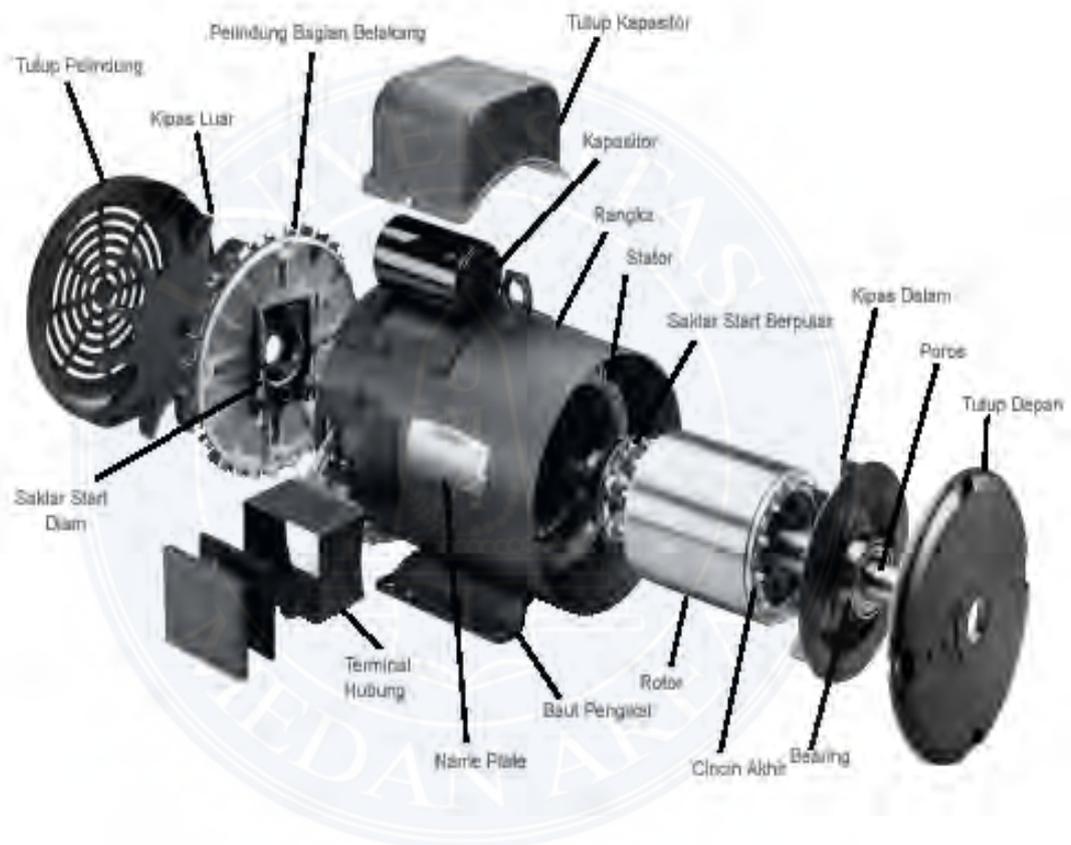
- Belitan yang menggunakan tangan (winding hand) atau belitan yang menggunakan cetakan (winding mould),
- Belitan yang menggunakan benang penghantar (winding skein),

Pada masing-masing jenis belitan, kumparan-kumparan tunggal dihubungkan seperti pada belitan fasa banyak. Jumlah kutub mesin adalah sama dengan jumlah kelompok kumparan yang ada.

Untuk motor induksi satu fasa belitan utamanya menggunakan salah satu dari ketiga jenis belitan yang telah diuraikan sebelumnya, sedangkan bila motor tersebut memakai belitan bantu maka belitan bantu tersebut lebih disukai belitan yang menggunakan benang penghantar. Dalam hal ini sumbu dari kedua jenis belitan terpisah sejauh 90^0 listrik.

II.3. Konstruksi Umum Motor Induksi Satu Fasa

Konstruksi motor induksi satu fasa hampir sama dengan motor induksi fasa banyak, yaitu terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. Di antara rotor dan stator ini terdapat celah udara yang sempit.



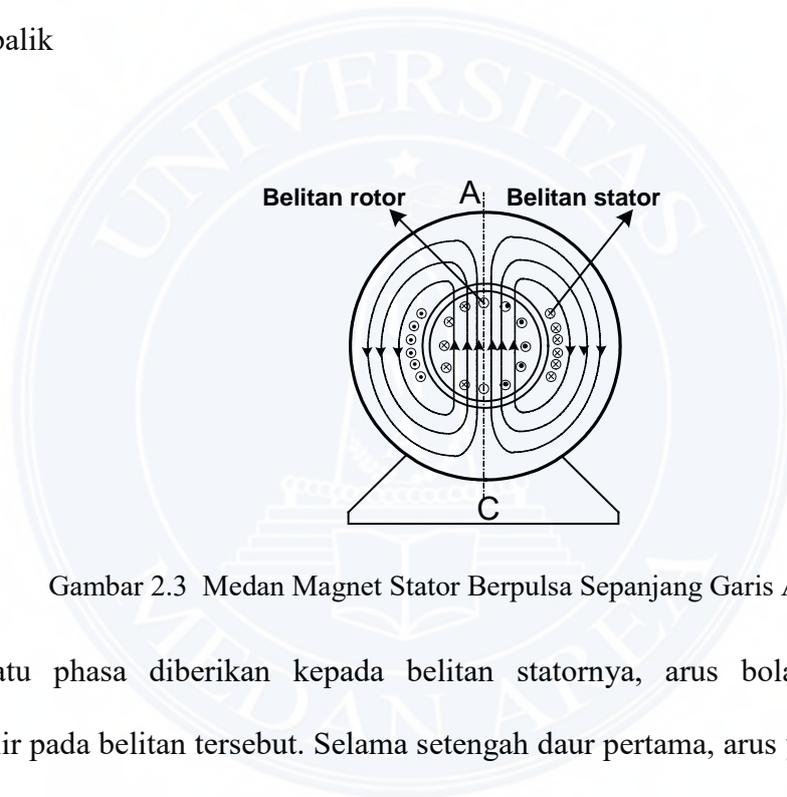
Gambar 2.2. Komponen Dasar dari Motor Induksi Satu Fasa

Stator merupakan bagian yang diam sebagai rangka tempat kumparan stator terpasang. Bagian ini terdiri atas : inti stator, kumparan stator dan alur stator. Motor induksi satu fasa dilengkapi dengan dua kumparan stator yang dipasang terpisah, yaitu kumparan utama atau sering disebut dengan kumparan berputar dan kumparan bantu yang sering disebut dengan kumparan start.

Rotor merupakan bagian yang berputar. Bagian ini terdiri atas inti rotor, belitan rotor dan alur rotor. Terdapat dua jenis rotor yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar (*squirrel cage rotor*).

II.4. Prinsip Dasar Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa konvensional dengan belitan stator yang terdistribusi dan rotor sangkar bajing ditunjukkan pada gambar 2.3. Bila tegangan bolak-balik



Gambar 2.3 Medan Magnet Stator Berpulsa Sepanjang Garis AC.

satu fasa diberikan kepada belitan statornya, arus bolak-balik akan mengalir pada belitan tersebut. Selama setengah daur pertama, arus yang mengalir akan menghasilkan medan magnet seperti yang ditunjukkan. Arah medan yang demikian menyebabkan terbentuknya kutub selatan pada permukaan stator di A dan kutub utara di C. Untuk setengah daur berikutnya, arus yang mengalir akan berubah arahnya. Perubahan ini menyebabkan medan yang dihasilkan pun berubah polaritasnya. Kekuatan medan magnet yang dihasilkan pun berubah-ubah secara sinusoidal terhadap waktu, sesuai dengan tegangan yang diberikan kepada terminal stator. Akan tetapi walaupun kekuatan medan berubah-ubah secara

sinusoidal yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol dan polaritasnya terbalik secara periodik, aksinya tetap sepanjang garis AC, yaitu sepanjang sumbu belitan stator. Medan magnet tersebut untuk setiap daur tegangan bergerak dari nol menuju maksimum ke arah atas, kembali melalui nol menuju maksimum ke arah bawah dan kemudian kembali lagi ke nol. Dengan demikian medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpulsa pada posisi tetap (stationery).

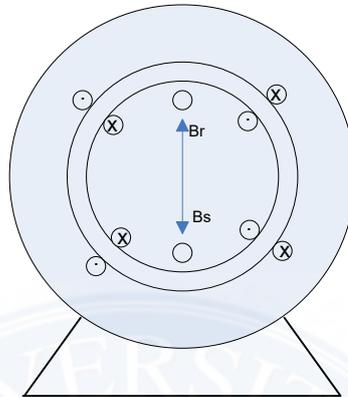
Karena medan magnet yang dihasilkan oleh arus stator hanya berpulsa maka antara penghantar rotor dan medan stator tidak ada gerak relatif. Pada penghantar rotor tidak akan ada tegangan yang terinduksi akibat gerak relatif. Tegangan yang terinduksi pada penghantar rotor hanyalah tegangan akibat aksi transformator. Karena rotor dari motor induksi satu fasa pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitan terhubung singkat, maka arus akan mengalir. Sesuai dengan hukum lenz, arah tegangan terinduksi tersebut adalah sedemikian rupa sehingga arus induksi yang dihasilkannya akan melawan pengaruh magnetisasi arus stator.

Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub-kutub pada permukaan rotor, seperti diperlihatkan pada gambar 2.4. Karena kutub-kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub-kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah, rotor tidak mengalami adanya torsi atau dengan kata lain rotor tetap diam.

$$T_{ind} = k.B_R \times B_S$$

$$= k \cdot B_R B_S \sin Y$$

$$= k \cdot B_R B_S \sin 180 = 0$$



Gambar 2.4. Medan magnet rotor segaris dengan medan magnet stator

Oleh karena itu, tegangan satu fasa yang dicatu ke belitan stator motor induksi satu fasa tidak akan mampu membuat rotornya berputar. Dengan demikian, motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya.

II.5. Jenis-jenis Motor Induksi Satu Fasa

Cara yang paling mudah untuk menjalankan motor induksi satu fasa adalah dengan menambahkan sebuah belitan bantu pada belitan utama di stator sehingga motor dapat dijalankan. Jika dua belitan terpisah sebesar 90° listrik pada stator motor dan dieksitasi dengan dua ggl bolak-balik yang berbeda waktu fasa sebesar 90° listrik, dihasilkan medan magnetik putar. Jika dua belitan yang terpisah demikian dihubungkan paralel ke suatu sumber satu fasa, medan yang dihasilkan akan bolak-balik, tetapi tidak berputar karena kedua belitannya ekuivalen dengan satu belitan satu fasa. Akan tetapi, jika suatu impedansi

dihubungkan seri dengan salah satu belitan ini, arusnya akan berbeda fasa. Dengan pemilihan impedansi yang cocok, arus dapat dibuat agar berbeda fasa sampai 90° listrik, sehingga menghasilkan medan putar sama seperti medan dari motor dua fasa. Inilah prinsip dari pemisahan fasa (*phase splitting*).

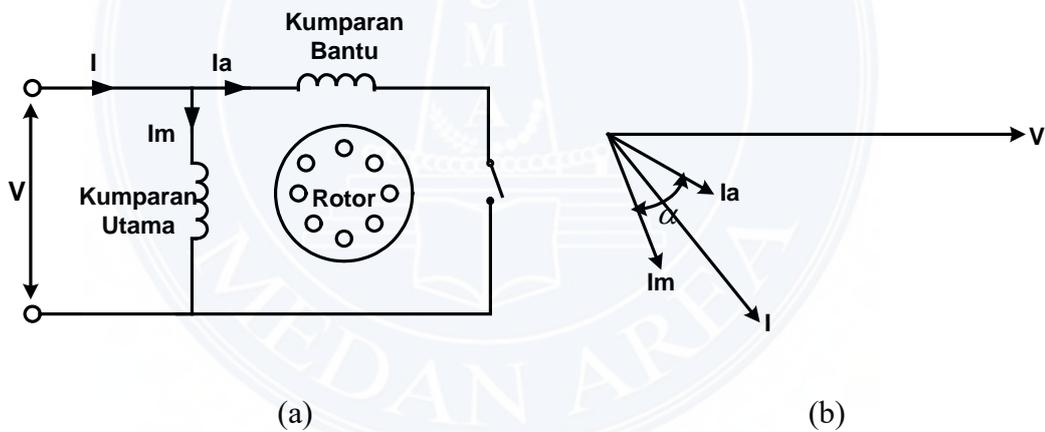
Pada keadaan berputar, motor induksi satu fasa dapat menghasilkan momen putar dengan hanya satu belitan. Sehingga dengan bertambahnya kecepatan motor belitan bantu dapat dilepas dari rangkaian. Pada kebanyakan motor, hal ini dilakukan dengan menghubungkan sebuah saklar sentrifugal pada rangkaian bantu. Pada sekitar 70 sampai 80 persen kecepatan sinkron, saklar sentrifugal bekerja dan melepaskan hubungan belitan bantu dari sistem.

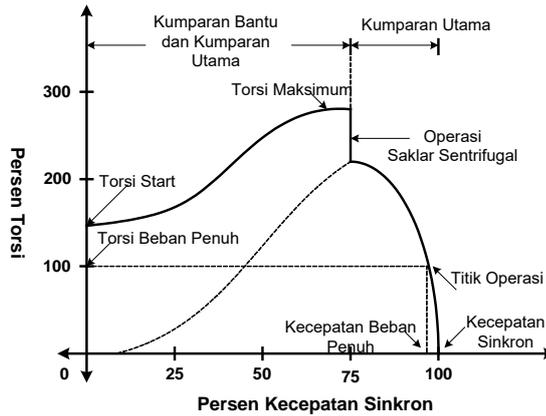
Motor induksi satu fasa dikenal dengan beberapa nama. Penamaannya menjelaskan cara-cara yang dipakai untuk menghasilkan perbedaan fasa antara arus yang mengalir pada belitan utama dan arus yang mengalir pada belitan bantu.

II.5.1. Motor Fasa Terpisah

Diagram rangkaian dari motor induksi fasa terpisah ditunjukkan pada gambar 2.5.a. Belitan bantu memiliki perbandingan tahanan terhadap reaktansi yang lebih tinggi daripada belitan utama, sehingga kedua arus akan berbeda fasa seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.b. Perbandingan tahanan terhadap reaktansi yang tinggi didapat dengan menggunakan kawat yang lebih murni pada belitan bantu. Hal ini diijinkan karena belitan bantu hanya dipakai pada saat start. Saklar sentrifugal akan memisahkannya dari rangkaian segera setelah dicapai kecepatan sinkron sebesar sekitar 70 sampai 80 persen kecepatan sinkron.

Karakteristik momen putar vs kecepatan dari motor ini ditunjukkan pada gambar 2.5.c. Gambar ini memperlihatkan nilai torsi masing-masing kecepatan motor, mulai dari posisi diam sampai kecepatan nominal, dan seterusnya sampai kecepatan sinkron. Torsi start adalah torsi yang tersedia bila motor mulai berputar dari posisi diam. Torsi beban penuh adalah torsi yang dihasilkan bila motor berputar pada keluaran nominal, dan kecepatan motor pada keluaran itu disebut dengan kecepatan nominal. Bila beban terus berangsur-angsur diperbesar dari keadaan dimana motor berputar pada keluaran nominal untuk melayani beban dan torsi maksimum dari poros motor yang dapat digunakan dilampaui, maka motor menjadi tidak mampu melayani beban dan berhenti. Nilai maksimum dari torsi dalam hal ini disebut torsi maksimum T_{maks} .



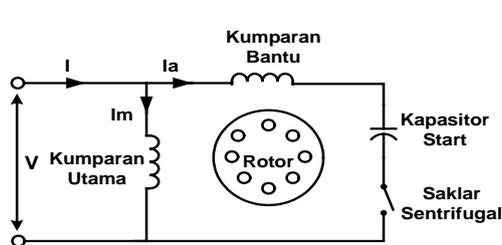


(c)

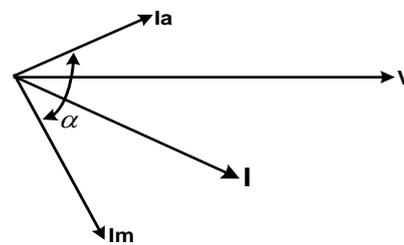
Gambar 2.5. Motor Fasa Terpisah

II.5.2. Motor Kapasitor Start

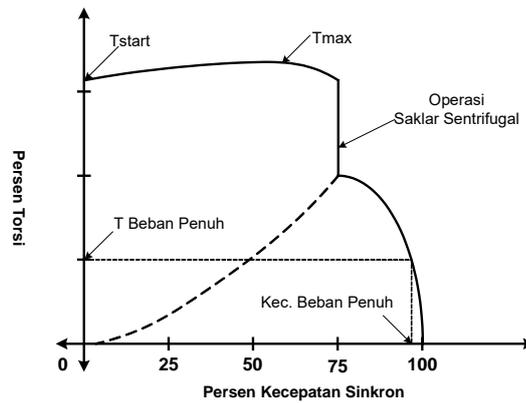
Momen putar start yang lebih tinggi dapat diperoleh dengan menghubungkan sebuah kapasitor yang dipasang secara seri dengan belitan bantu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.a. Hal ini akan menaikkan sudut fasa antar arus belitan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.b. Karakteristik momen putar – kecepatan dari motor ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.c. Karena kapasitor dipakai hanya pada saat start, jenis kapasitor yang dipakai adalah kapasitor elektrolit. Motor ini menghasilkan momen putar start yang lebih tinggi.



(a)



(b)

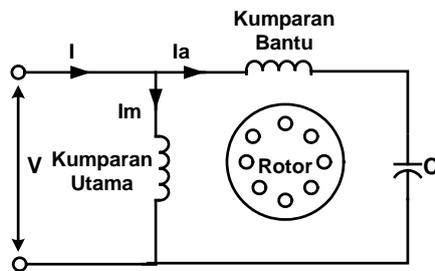


(c)

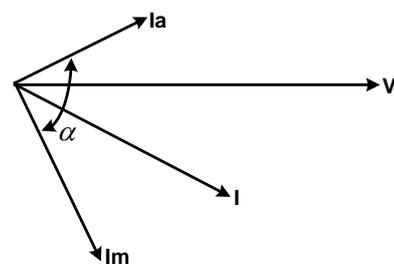
Gambar 2.6. Motor Kapasitor Start

II.5.3. Motor Kapasitor Run

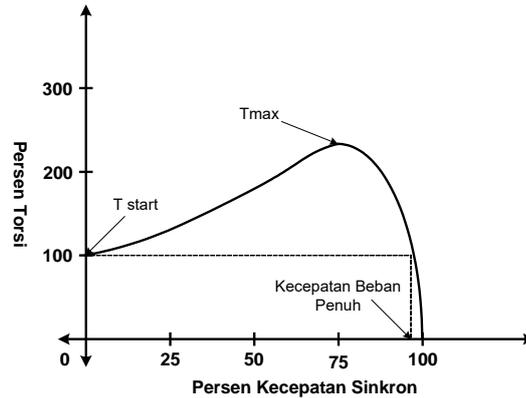
Pada motor ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.a. kapasitor dihubungkan seri dengan belitan bantu dan tidak dilepas setelah pengasutan dilakukan dan tetap tinggal pada rangkaian. Hal ini menyederhanakan konstruksi dan mengurangi biaya serta memperbaiki ketahanan motor karena saklar sentrifugal tidak digunakan. Faktor kerja, denyutan momen putar, dan efisiensi akan lebih baik karena motor berputar seperti motor dua fasa. Sudut fasa antar belitan ditunjukkan pada gambar 2.7.b. Jenis kapasitor yang digunakan adalah kapasitor kertas. Karakteristik momen putar – kecepatan dari motor ini ditunjukkan pada gambar 2.7.c.



(a)



(b)

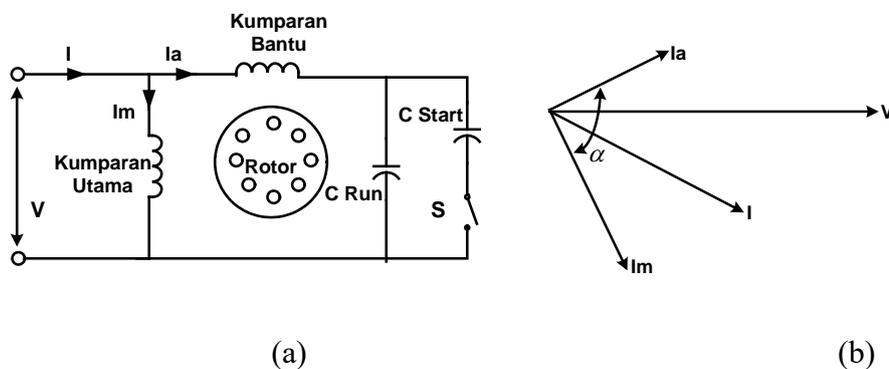


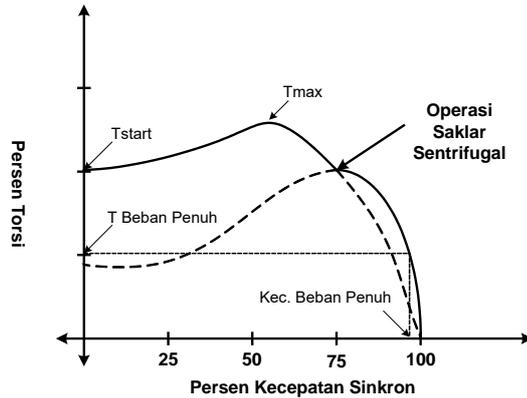
(c)

Gambar 2.7. Motor Kapasitor Permanen

II.5.4. Motor Kapasitor Start – Kapasitor Run

Motor ini mempunyai dua buah kapasitor, satu digunakan pada saat start dan satu lagi digunakan pada saat berputar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.a. Secara praktis keadaan start dan berputar yang optimal dapat diperoleh dengan menggunakan dua buah kapasitor elektrolit. Kapasitor run secara permanen dihubungkan seri dengan belitan bantu dengan nilai yang lebih kecil dan dipakai kapasitor kertas. Sudut fasa antar belitan sama seperti pada motor kapasitor permanen seperti pada gambar 2.8.b. Karakteristik momen putar – kecepatan dari motor ini ditunjukkan pada gambar 2.8.c.



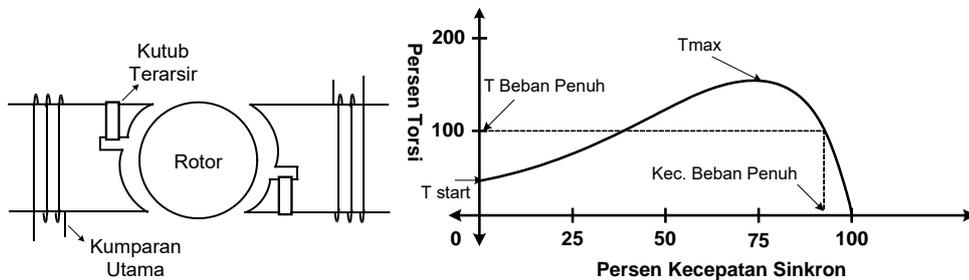


(b)

Gambar 2.8. Motor Kapasitor Start – Kapasitor Run

II.5.5. Motor Kutub Terarsir (*Shaded Pole*)

Motor ini mempunyai kutub tonjol dan sebagian dari masing – masing kutub dikelilingi oleh lilitan rangkaian terhubung singkat yang terbuat dari tembaga yang disebut kumparan terarsir seperti pada gambar 2.9.a. Arus imbas yang terdapat pada kumparan yang terarsir menyebabkan fluksi. Hasilnya seperti medan putar yang bergerak dalam arah dari daerah kutub yang tidak terarsir ke bagian kutub yang terarsir dan menimbulkan momen putar saat dihidupkan yang kecil. Karakteristik momen putar – kecepatan motor kutub terarsir ditunjukkan pada gambar 2.9.b.



(a)

(b)

Gambar 2.9. Motor Kutub Terarsir

II.6. Jenis – jenis Motor Induksi Satu Phasa Kapasitor Start

II.6.1. Satu Tegangan, Tipe Pembalik Eksternal

Pada motor ini, empat terminal terletak pada bagian luar motor; dua dari kumparan utama dan dua dari kumparan bantu (kumparan starting). Keempat terminal tersebut diperlukan untuk pembalikan secara eksternal. Pada motor kumparan starting dihubungkan seri dengan kapasitor elektrolit dan saklar sentrifugal. Arah putaran motor dapat dengan mudah dibalik secara eksternal dengan membalik terminal kumparan starting dengan terminal kumparan utama.

II.6.2. Satu Tegangan, Bukan Tipe Pembalik

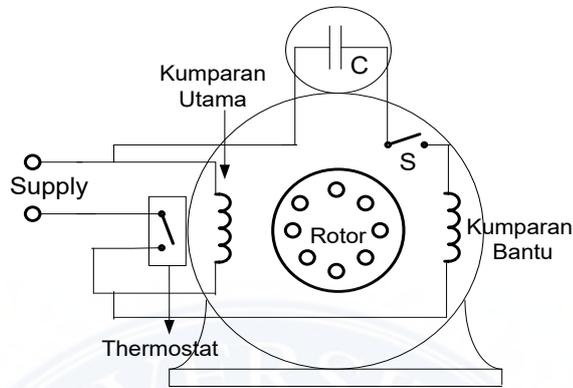
Terminal kumparan starting dihubungkan di dalam motor dengan terminal kumparan utama. Jadi, hanya ada dua terminal eksternal pada motor ini. Arah putaran motor tidak dapat dibalik kecuali kalau motor dibongkar dan terminal kumparan bantu dibalik.

II.6.3. Satu Tegangan, Pembalik dan dengan Thermostat

Banyak motor yang dilengkapi dengan sebuah alat yang disebut thermostat yang merupakan proteksi terhadap beban lebih, panas lebih, hubung singkat, dll. Thermostat terdiri dari elemen dwilogam yang dihubungkan seri dengan motor.

Wiring diagram dari motor kapasitor start yang dilengkapi dengan alat proteksi ini ditunjukkan pada gambar 2.10. Karena sesuatu hal, arus lebih mengalir melalui motor, mengakibatkan panas yang berlebih pada lempeng dwilogam yang pada akhirnya lempengan logam tersebut membengkok dan

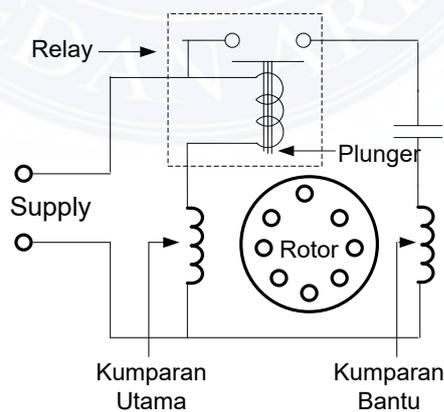
membuka kontak sehingga memutuskan motor dengan supply. Ketika elemen thermostat mendingin, kontak akan menutup secara otomatis.



Gambar 2.10. Motor Induksi Kapasitor Start dengan Thermostat

II.6.4. Satu Tegangan, Bukan Tipe Pembalik dengan saklar magnetic

Motor seperti ini secara umum digunakan pada refrigerator dimana tidak memungkinkan untuk menggunakan saklar sentrifugal. Diagram rangkaian seperti gambar 2.11. Karena penggunaannya hanya untuk satu arah putaran, motor ini tidak dilengkapi dengan pembalik.

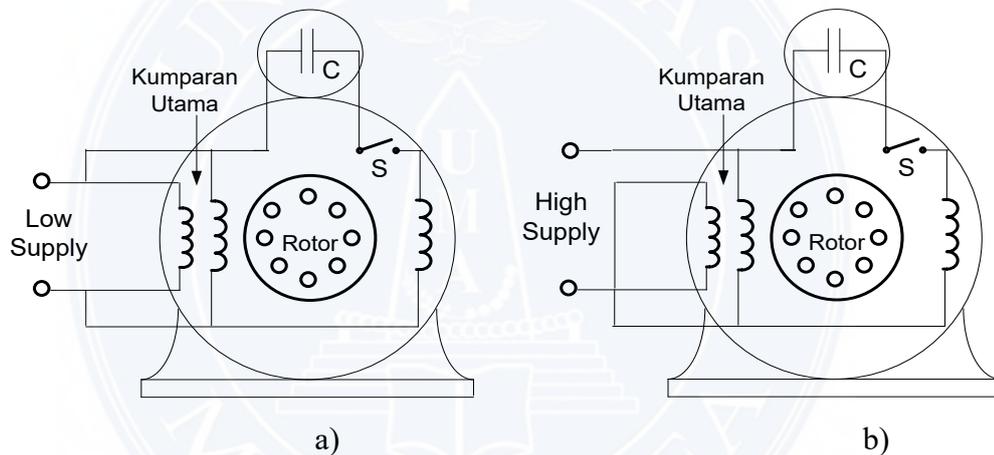


Gambar 2.11 Motor Induksi Kapasitor Start dengan Saklar Magnetik

II.6.5. Dua tegangan, Bukan Tipe Pembalik

Motor ini dapat dioperasikan dari dua tegangan misalnya 110 V dan 220 V atau 220 V dan 440 V. Motor ini mempunyai dua kumparan utama dan satu kumparan starting.

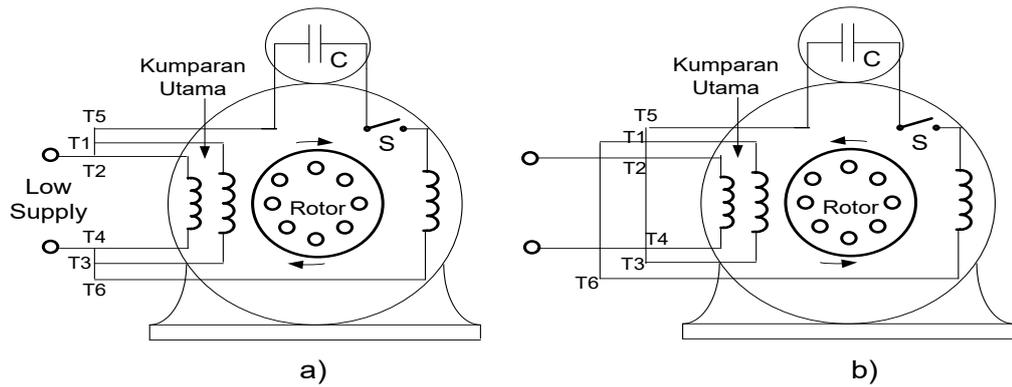
Ketika motor beroperasi pada tegangan rendah, kedua kumparan utama dihubungkan paralel (gambar 2.12.a) dan untuk tegangan yang lebih tinggi kumparan utama dihubungkan seri (Gambar 2.12.b). Seperti terlihat pada gambar di bawah ini kumparan bantu selalu terhubung paralel dengan salah satu kumparan utama.



Gambar 2.12 Motor Induksi Kapasitor Start Dua Tegangan Bukan Tipe Pembalik

II.6.6. Dua Tegangan, Tipe Pembalik

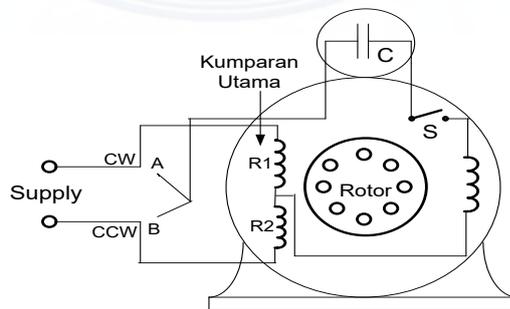
Pembalikan secara eksternal dilakukan dengan dua terminal tambahan yang diambil dari kumparan Bantu. Gambar 2.13.a dan gambar 2.13.b menunjukkan hubungan untuk putaran searah jarum jam dan putaran berlawanan arah jarum jam ketika motor beroperasi pada tegangan rendah.



Gambar 2.13. Motor Induksi Kapasitor Start Dua Tegangan Tipe Pembalik

II.6.7. Satu Tegangan, Tipe Pembalik Tiga Terminal

Pada motor ini, digunakan dua buah kumparan utama. Kedua kumparan utama R1 dan R2 dihubungkan seri di dalam motor dan satu terminal kumparan bantu dihubungkan ke titik tengah R1 dan R2. Terminal kedua kumparan bantu dan dua terminal kumparan utama terletak pada bagian luar motor seperti ditunjukkan pada gambar 2.14. Ketika terminal luar dari kumparan bantu dihubungkan ke titik A, kumparan bantu terhubung dengan R1 dan motor berputar searah jarum jam. Ketika terminal kumparan starting dihubungkan ke titik B, kumparan terhubung dengan R2. Karena aliran arus melalui kumparan bantu dibalik, motor berputar berlawanan arah jarum jam.



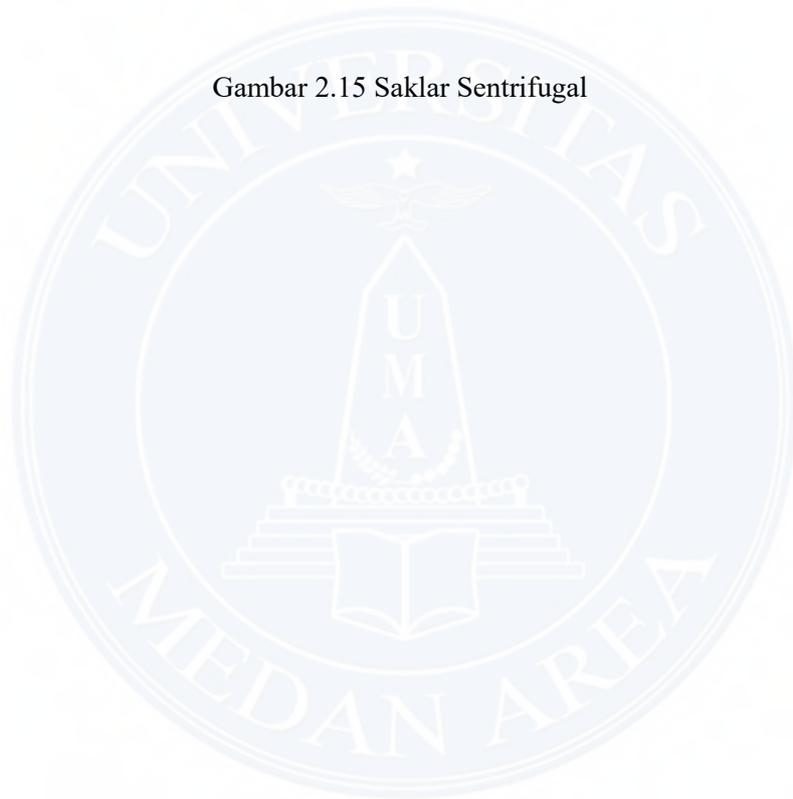
Gambar 2.14 Motor Induksi Kapasitor Start Tipe Pembalik dengan Tiga Terminal

II.7. Saklar Sentrifugal

Saklar sentrifugal adalah sebuah saklar listrik yang beroperasi menggunakan kekuatan sentrifugal yang diperoleh dari sebuah batang poros yang berputar, yang umum digunakan dari suatu motor listrik. Saklar dirancang untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sebagai fungsi yang menyangkut kecepatan pemutaran pada batang poros tersebut.

Penggunaan yang paling umum dari sebuah saklar sentrifugal adalah di dalam phasa tunggal, motor induksi phasa belah (split-phase induction motor) dan motor kapasitor start. Di sini saklar digunakan Untuk memutuskan rangkaian belitan Bantu (starting) dari motor ketika motor mendekati putaran nominalnya. Dalam hal ini saklar sentrifugal terdiri dari anak timbangan yang menjulang kepada batang poros dari motor dan memegang dekat batang dengan kekeuatan lompatan (spring force). Pada posisi diam, pengungkit berkait dengan anak timbangan sehingga membuat suatu geseran rendah, lapisan non-konduktif melawan terhadap suatu set kontak elektrik yang menjulang kepada badan motor, menutup kontak dan menghubungkan belitan bantu (starting) ke sumber. Ketika motor mencapai suatu kecepatan mendekati kecepatan operasi yang normalnya sekitar 75% dari kecepatan sinkron, gaya sentrifugal memaksa gaya spring dan anak timbangan mengayun ke luar, mengangkat plat lapisan menjauh dari kontak listrik, sehingga menggerakkan kontak untuk membuka dan memutuskan belitan bantu dari sumber. Gambar dari saklar sentrifugal ditunjukkan pada gambar 2.15. di bawah ini.

Gambar 2.15 Saklar Sentrifugal



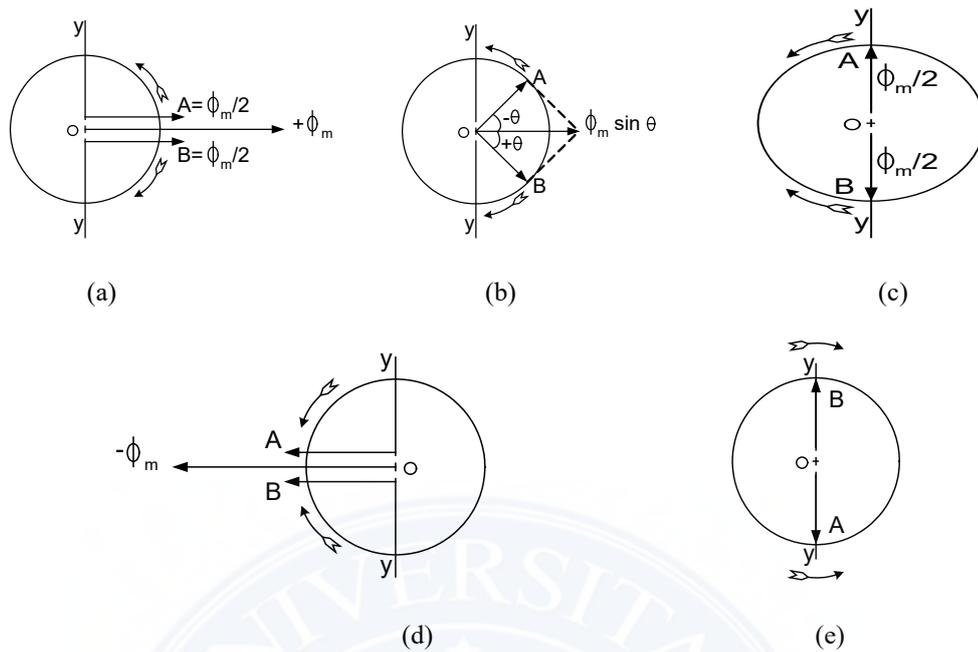
BAB III
TEORI MEDAN PUTAR GANDA PADA
MOTOR INDUKSI SATU PHASA

III.1. Teori Medan Putar Ganda

Tegangan satu phasa yang dicatu ke belitan stator motor induksi satu phasa tidak akan mampu membuat rotornya berputar. Dengan demikian, motor induksi satu phasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian Bantu untuk menjalankannya. Akan tetapi sekali rotor diputar di dalam medan magnet berpulsa, motor akan segera meneruskan putarannya dan membangkitkan torsi. Hal ini dapat dijelaskan dengan teori medan putar ganda.

Menurut teori ini, medan magnet yang berpulsa dalam waktu tetapi diam dalam ruangan dapat dibagi menjadi dua medan magnet, dimana besar kedua medan magnet itu sama dan berputar dengan berlawanan arah. Dengan kata lain, suatu fluks sinusoidal bolak-balik dapat diwakili oleh dua fluks yang berputar, yang masing-masing besarnya sama dengan setengah dari nilai fluks bolak-balik tersebut dan masing-masing berputar secara sinkron dengan arah berlawanan.

Pada gambar 3.1.a. menunjukkan suatu fluks bolak-balik yang mempunyai nilai maksimum ϕ_m . Komponen-komponen fluksnya A dan B mempunyai nilai yang sama yaitu $\phi_m/2$, berputar dengan arah yang berlawanan dan searah perputaran jarum jam, seperti ditunjukkan anak panah.



Gambar 3.1. Konsep Medan Putar Ganda

Pada beberapa saat ketika A dan B telah berputar dengan sudut $+\theta$ dan $-\theta$ seperti pada gambar 3.1.b, maka besar fluks resultannya adalah :

$$\phi_r^2 = \frac{\phi_m^2 + \phi_m^2}{4} - \frac{2 \phi_m \phi_m}{2 \cdot 2} \cos 2\theta \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\phi_r = \phi_m \sin \theta \dots\dots\dots(3.2)$$

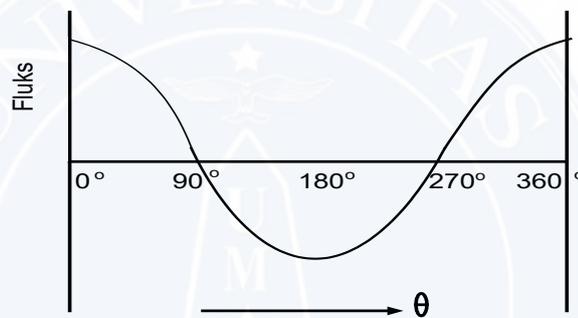
dimana :

ϕ_r = fluks resultan

ϕ_m = fluks maksimum

θ = sudut ruang

Setelah seperempat periode putaran, fluks A dan B akan berlawanan arah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.c, sehingga resultan fluksnya sama dengan nol. Setelah setengah periode putaran, fluks A dan B akan mempunyai resultan sebesar $-2 \times \phi_m/2 = -\phi_m$, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.1.d. Setelah tiga perempat putaran, resultannya akan kembali nol seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.e dan demikianlah seterusnya. Jika nilai-nilai dari fluks resultan digambarkan terhadap θ diantara $\theta = 0^\circ$ sampai $\theta = 360^\circ$, maka akan didapat suatu kurva seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Kurva Fluks Resultan Terhadap θ

Pada saat rotor berputar sesuai dengan arah momen putar medan maju dengan kecepatan tertentu, maka besar slip terhadap momen putar medan maju (S_f) yang terjadi adalah :

$$S_f = \frac{n_s - n_r}{n_s} = s \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana : n_s = kecepatan sinkron

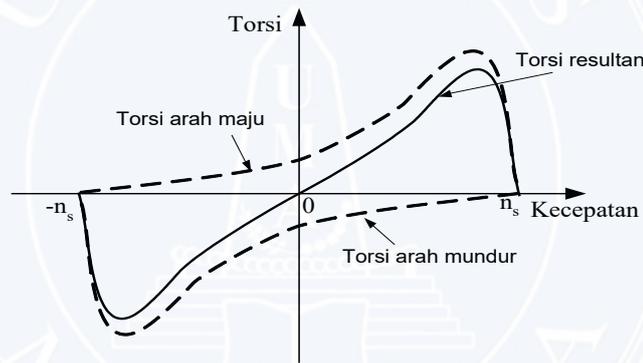
n_r = kecepatan putaran rotor

Sedangkan slip terhadap momen putar medan mundur (S_b) dengan rotor menentang arah momen putar mundur adalah :

$$S_b = \frac{n_s - (-n_r)}{n_s} = \frac{2n_s - (n_s - n_r)}{n_s}$$

$$S_b = 2 - s \dots\dots\dots(3.4)$$

Masing-masing dari kedua komponen fluks tersebut memotong konduktor rotor sehingga menginduksikan ggl dan pada akhirnya menghasilkan torsi tersendiri. Kedua torsi mempunyai arah yang saling berlawanan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Pada keadaan diam kedua komponen torsi tersebut sama besarnya, sehingga torsi resultan asut adalah nol. Pada saat motor berputar, besar kedua komponen torsi tersebut tidaklah sama sehingga torsi resultan membuat motor tetap berputar pada putarannya.



Gambar 3.3. Karakteristik Torsi - Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa

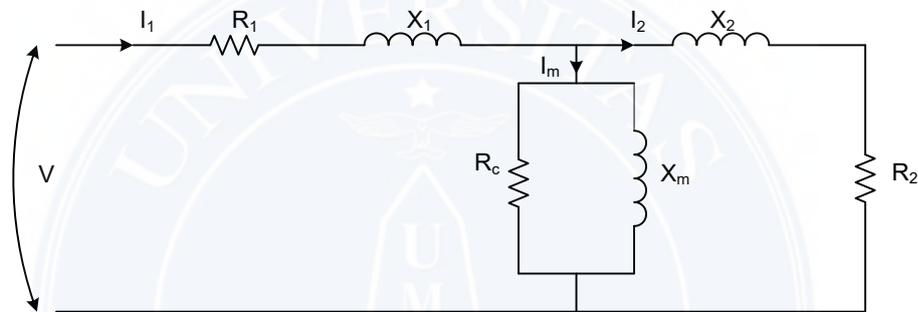
III.2. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa

Konsep medan putar ganda pada motor induksi satu fasa menjelaskan bahwa fluks yang dihasilkan ekuivalen dengan dua buah fluks yang mempunyai besar yang sama dan berputar dalam arah yang berlawanan pada kecepatan sinkron. Masing-masing fluks ini akan mengimbaskan komponen arus rotor dan menghasilkan gerak motor induksi seperti pada motor induksi fasa banyak. Hal

yang sederhana dan penting bahwa motor induksi ini hanya beroperasi pada kumparan utama.

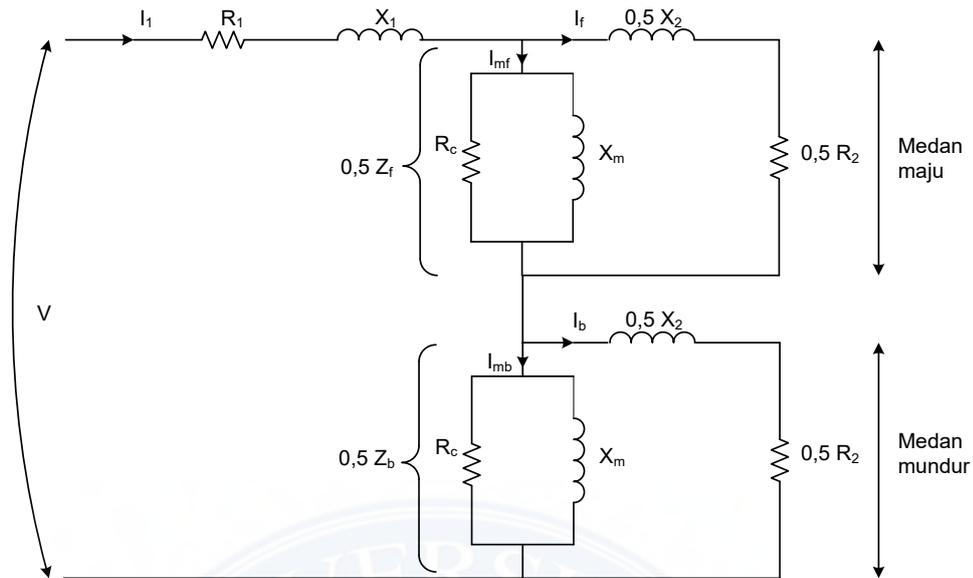
1. Pada Keadaan Diam

Pada saat keadaan diam, jika rangkaian stator dihubungkan dengan tegangan satu fasa, maka motor induksi dapat dinyatakan sebagai transformator dengan kumparan sekunder terhubung singkat. Rangkaian motor induksi satu fasa tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa

Dengan menggunakan konsep medan putar fluks yang dihasilkan, kumparan stator dapat dipecah menjadi dua bagian yaitu : medan putar maju dan medan putar mundur. Kedua medan putar ini akan mengimbaskan ggl pada kumparan rotor sehingga tahanan dan reaktansi pada kumparan rotor diekivalenkan masing-masing adalah setengah dari nilai tahanan dan reaktansi kumparan rotor sesungguhnya, yaitu $R_2/2$ dan $X_2/2$ seperti yang terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Motor Induksi Satu Fasa Dalam Keadaan Diam

2. Pada Saat Beroperasi

Pada saat kecepatan motor induksi mulai bertambah dan bekerja hanya pada kumparan utama. Pada arah medan maju menggunakan slip s , arus rotor yang diimbaskan medan maju mempunyai frekuensi $s.f$, dimana f adalah frekuensi stator. Arus rotor ini akan menghasilkan fluks yang bergerak maju pada kecepatan slip. Fluks ini akan membangkitkan ggl dengan arah maju pada kumparan utama stator. Pangaruh pada rotor jika dilihat dari sisi stator dapat dinyatakan sebagai suatu impedansi sebesar $0,5 R_2/s + j 0,5 X_2$ paralel dengan X_m dan R_c . Seperti yang terlihat pada Gambar 3.6 dengan menggunakan simbol f .

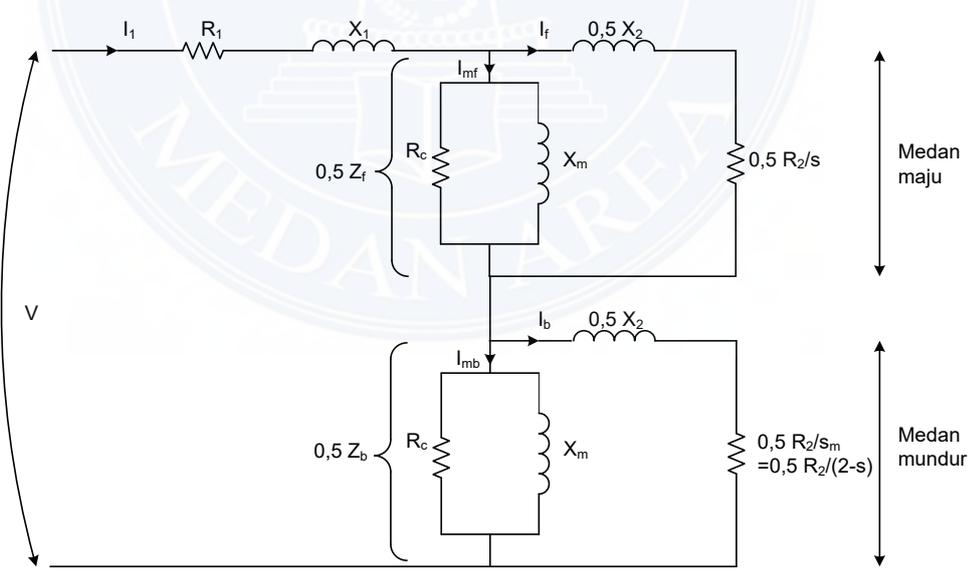
Pada arah medan putar mundur, rotor tetap bergerak dengan slip s berpatokan pada medan maju dan besarnya kecepatan medan putar maju adalah

$$n = 1 - s \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Kecepatan relatif dari rotor berpatokan pada medan mundur adalah $1 + n$, atau besarnya slip terhadap medan mundur adalah

$$1 + n = 2 - s \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

Selanjutnya medan mundur mengimbaskan arus rotor dengan frekuensi $(2 - s)f$. Arus rotor ini akan menghasilkan fluks yang bergerak mundur. Fluks ini akan mengimbaskan ggl pada medan mundur kumparan stator. Pengaruh pada rotor jika dilihat dari sisi stator dapat dinyatakan sebagai suatu impedansi sebesar $0,5 R_2/(2-s) + j 0,5 X_2$ paralel dengan X_m dan R_c . Seperti yang terlihat pada gambar 3.6 dengan simbol b .



Gambar 3.6 Motor Induksi Satu Fasa Dalam Keadaan Beroperasi

Dengan menggunakan rangkaian ekivalen di atas, kita dapat menghitung arus stator, arus rotor, daya masukan, dan faktor daya untuk sembarang harga slip apabila tegangan yang diberikan dan impedansi motor diketahui.

Dari rangkaian di atas, didapat :

$$Z_m = \frac{R_c \cdot jX_m}{R_c + jX_m} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$Z_f = R_f + jX_f = \frac{(R_2 / s + jX_2) 0,5 Z_m}{(R_2 / s + jX_2) + 0,5 Z_m} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$Z_b = R_b + jX_b = \frac{(R_2 / (2 - s) + jX_2) 0,5 Z_m}{(R_2 / (2 - s) + jX_2) + 0,5 Z_m} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dan

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1 + jX_1 + 0,5Z_f + 0,5Z_b} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana :

R_1 = Resistansi kumparan stator

R_2 = Resistansi kumparan rotor

X_1 = Reaktansi leakage kumparan stator

X_2 = Reaktansi leakage kumparan rotor

X_m = Reaktansi permagnetan

R_c = Tahanan inti tembaga

Z_m = Impedansi permagnetan

I_1 = Arus pada kumparan stator

III.3. Torsi, Rugi-rugi, Efisiensi dan Diagram Aliran Daya Motor Induksi

Satu Phasa

Performansi motor induksi satu phasa dengan menggunakan teori medan putar ganda dapat diperoleh dengan menganalisa rangkaian ekivalen motor induksi satu phasa (gambar 3).

Rugi-rugi celah udara pada medan maju dan medan mundur adalah

$$P_{gf} = \frac{1}{2} I_1^2 R_f \dots\dots\dots(3.11)$$

$$P_{gb} = \frac{1}{2} I_1^2 R_b \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

P_{gf} = Rugi-rugi celah udara medan maju

P_{gb} = Rugi-rugi celah udara medan mundur

R_f = Tahanan medan maju (bagian real dari bilangan kompleks Z_f)

R_b = Tahanan medan mundur (bagian real dari bilangan kompleks Z_b)

Torsi yang dihasilkan dari kedua medan adalah :

$$T_f = \frac{1}{\omega_s} P_{gf}$$

.....(3.13)

$$T_b = \frac{1}{\omega_s} P_{gb} \quad \text{.....(3.14)}$$

Dimana :

ω_s = kecepatan sinkron (rad/s)

Selama kedua medan putar ini berlawanan arah, torsi yang dibangkitkan keduanya adalah :

$$T = T_f - T_b \quad \text{.....(3.15)}$$

Atau

$$T = \frac{1}{\omega_s} (P_{gf} - P_{gb}) = \frac{I_1}{2\omega_s} (R_f - R_b)$$

.....(3.16)

Rugi-rugi tembaga rotor umumnya pada tiap slip adalah sama.

Rugi-rugi rotor bergantung pada medan maju = $s P_{gf}$

Rugi-rugi rotor bergantung pada medan mundur = $(2 - s) P_{gb}$

Rugi – rugi R_c dari rotor tidak ditunjukkan dan akan digabungkan dengan rugi –rugi perputaran motor.

Sehingga :

$$\text{Total rugi-rugi tembaga rotor} = sP_{gf} + (2 - s) P_{gb} \quad \text{.....(3.17)}$$

Daya listrik yang diubah ke dalam bentuk mekanis, dalam watt adalah :

$$P_{in} = (1-s) P_{gf} + s P_{gb} \quad (3.18)$$

$$P_{in} = (1-s) P_{gf} + (2-s) P_{gb} \quad (3.19)$$

Persamaan dapat juga ditulis sebagai berikut :

$$P_{in} = (1-s) P_{gf} + (2-s) P_{gb} \quad (3.20)$$

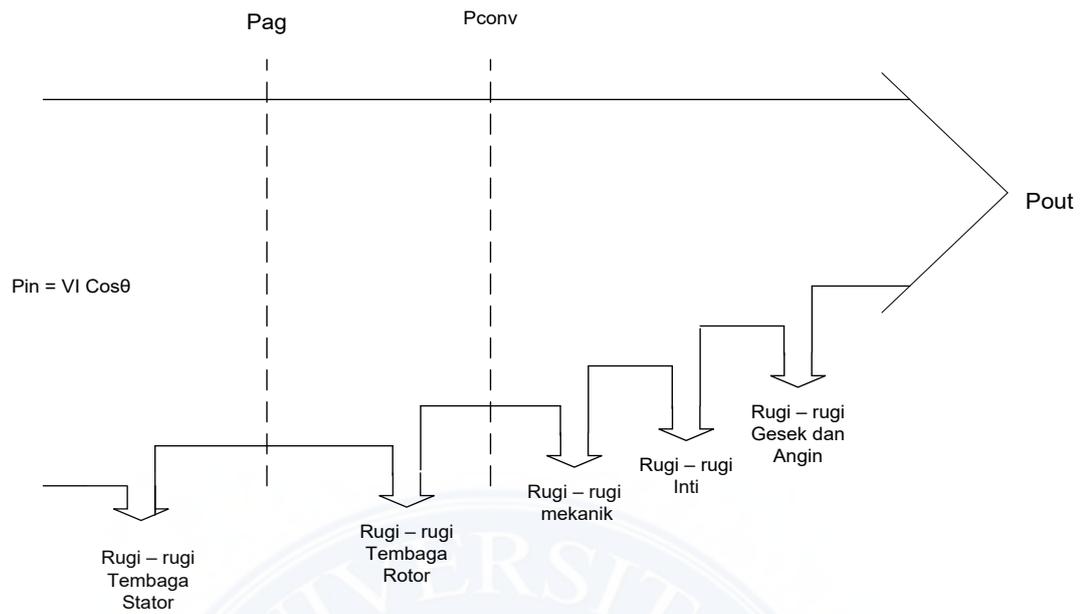
$$P_{out} = P_{in} - P_{rot} \quad (3.21)$$

$$P_{rot} = P_{nl} - I_{nl}^2 (R_1 + 0,25R_2) \quad (3.22)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3.23)$$

$$\cos\phi = \frac{P_{input}}{V I_1} \quad (3.24)$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram aliran daya di bawah ini.



Gambar 3.7 Diagram Aliran Daya Motor Induksi Satu Phasa

BAB IV

ANALISIS PERFORMANSI MOTOR INDUKSI SATU PHASA

IV. 1. Penentuan Parameter-parameter Motor Induksi Satu Phasa

Wijaya Mochtar, "Dasar-dasar Mesin Listrik", Penerbit Djambatan, Jakarta , 2001.

Sumanto, "Motor Arus Bolak-Balik", Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 1988.

Deshpande, M.V, *Electric Motors*, Vinayok Cottage, Shivajinagar, Poona, 1984.

Lister, Eugene C. & Golding, Michael R., "*Electric Circuits and Machines*", First Canadian Edition, Canada, McGraw-Hill Ryerson Limited, 1987.

Petruzella, Frank D., "*Industrial Electronics*", Singapore, McGraw-Hill Book Co., 1996.

Theraja, B.L. & Theraja, A.K., "*A Text Book of Electrical Technology*", New Delhi, S.Chand and Company Ltd., 2001.

Chapman Stephen J, "*Electric Machinery Fundamentals*", Third Edition McGraw Hill Companies, New York, 1999.