

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi merupakan jenis motor arus bolak-balik (Alternating Current) yang banyak digunakan di dalam dunia industri karena beberapa keuntungan yang dimilikinya. Karena banyak digunakan dalam dunia industri maka kinerja dari suatu motor induksi merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam pengoperasiannya.

Salah satu cara mudah untuk menganalisa dan menentukan kinerja suatu motor adalah dapat dilakukan dengan menggunakan diagram lingkaran yang diperoleh dengan melakukan suatu pengujian sederhana. Dengan menggunakan diagram lingkaran, kinerja motor dapat diketahui dengan hasil dari uji perhitungan dan penggambaran diagram lingkaran tersebut yang berguna untuk mengetahui kinerja motor itu sendiri.

Diagram lingkaran motor induksi digunakan untuk memperoleh parameter-parameter daya dan rugi-rugi daya. Parameter-parameter tersebut berguna untuk mengetahui kinerja motor induksi. Parameter-parameter yang dapat diketahui dari penggambaran diagram lingkaran adalah daya input, daya output, rugi-rugi besi, rugi-rugi tembaga stator, rugi-rugi tembaga rotor dan efisiensi.

Pada tugas akhir ini akan dianalisa dan ditentukan kinerja motor induksi tiga fasa melalui pembuatan diagram lingkaran.

1.2 Rumusan Masalah

Diagram lingkaran dari suatu motor induksi digunakan untuk mengetahui parameter-parameter daya dari suatu motor induksi. Dari uraian pada latar belakang tersebut, maka untuk menentukan kinerja motor induksi tiga fasa 380 volt, 4 hp, 50 hz, 1420 rpm melalui diagram lingkaran dapat dilakukan dengan pengujian sebagai berikut :

1. Pengujian beban nol.
2. Pengujian rotor ditahan (block rotor).
3. Menggambar diagram lingkaran dari data yang diperoleh dari pengujian beban nol dan pengujian rotor ditahan (block rotor).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui dan memahami penentuan kinerja suatu motor induksi tiga fasa 380 volt, 4 hp, 50 hz, 1420 rpm melalui diagram lingkaran.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah-masalah yang ada, maka penulis membatasi ruang lingkup masalah sebagai berikut :

1. Metode yang dilakukan adalah pengujian beban nol dan pengujian rotor ditahan (block rotor).
2. Parameter yang digunakan sesuai dengan data motor yang terdapat pada Laboratorium Teknik Tenaga Listrik FT UHN Medan.
3. Pembuatan diagram lingkaran.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada tugas akhir ini adalah mengetahui diagram lingkaran dari pengujian beban nol dan pengujian rotor ditahan (block rotor).

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pembahasan dan pemahaman dalam laporan. Dalam penulisan tugas akhir ini, disusun berdasarkan bab-bab dan terdiri atas lima bab dan selanjutnya diperjelas dalam beberapa sub bab. Secara keseluruhan laporan tugas akhir ini disusun dalam sistematika berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tentang dasar teori mengenai judul yang dibahas.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, skema penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang implementasi dari hasil penelitian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang meliputi kesimpulan dan saran dari bab-bab sebelumnya dan juga sebagai penutup dari tugas akhir yang berjudul “Menentukan Kinerja Suatu Motor Induksi Tiga Fasa 380 Volt, 4 Hp, 50 Hz, 1420 Rpm Melalui Diagram Lingkaran”.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik yang mempunyai slip antara medan stator dan rotor dengan sumber tegangan tiga fasa. Arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tetapi

merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar. Gambar 2.1 memperlihatkan fisik motor induksi tiga fasa.



Gambar 2.1. Fisik motor induksi tiga fasa

Motor induksi tiga fasa ini merupakan motor arus bolak-balik (Alternating Current) yang paling banyak digunakan untuk keperluan dalam kelangsungan proses suatu industri. Konstruksinya yang sederhana dan kuat mendasari alasan keluasan pemakaiannya. Dengan menggunakan motor induksi tiga fasa, banyak hal bisa dilakukan. Salah satunya adalah dengan membalik arah putarannya sesuai dengan yang diinginkan. Cara yang dilakukan dalam pembalikan arah putaran adalah dengan menukar salah satu fasa dengan fasa yang lainnya yang terhubung pada lilitan stator motor.

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat dan hampir tidak pernah mengalami kerusakan yang berarti.
2. Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi-rugi daya yang diakibatkannya dari gesekan dapat dikurangi.
4. Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan starting tambahan khusus dan tidak harus sinkron.

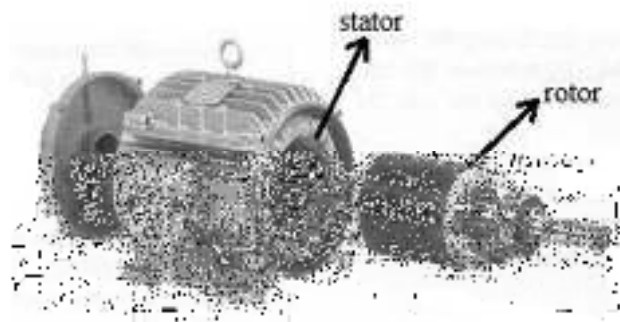
Namun disamping hal tersebut diatas, terdapat pula faktor-faktor kerugian yang tidak menguntungkan dari motor induksi yaitu sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiensinya.

2. Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt.
3. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

2.2 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Sebuah motor induksi tiga fasa memiliki konstruksi yang hampir sama dengan motor listrik jenis lainnya. Motor ini memiliki dua bagian utama, yaitu stator yang merupakan bagian yang diam, dan rotor sebagai bagian yang berputar. Diantara stator dengan rotor ada celah udara yang jaraknya sangat kecil. Konstruksi motor induksi dapat diperlihatkan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2. Konstruksi motor induksi tiga fasa

2.2.1. Stator

Stator terdiri atas tumpukan laminasi yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris. Alur pada tumpukan laminasi ini diisolasi dengan kertas (Gambar 2.3b). Tiap elemen laminasi inti dibentuk dari lempengan besi (Gambar 2.3a). Tiap lempengan besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120° . Kawat kumparan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapis dengan isolasi tipis. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris (Gambar 2.3c). Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.



(a) (b) (c)

Gambar 2.3. 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.

2.2.2. Rotor

Berdasarkan jenis rotornya, motor induksi tiga fasa dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*).

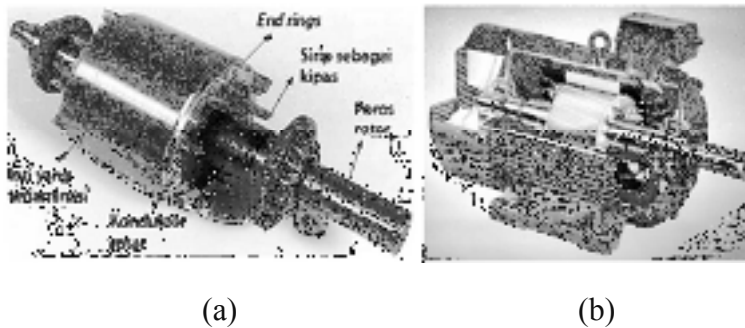
2.2.2.1. Rotor Belitan

Jenis rotor belitan terdiri dari satu set lengkap belitan tiga fasa yang merupakan bayangan dari belitan pada statornya. Belitan tiga fasa pada rotor belitan biasanya terhubung Y, dan masing-masing ujung dari tiga kawat belitan fasa rotor tersebut dihubungkan pada slip ring yang terdapat pada poros rotor. Belitan-belitan rotor ini kemudian dihubungkan singkatkan melalui sikat (*brush*) yang menempel pada slip ring, dengan menggunakan sebuah perpanjangan kawat untuk tahanan luar.

2.2.2.2. Rotor Sangkar

Rotor sangkar mempunyai kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa hingga meyerupai sangkar tupai. Rotor terdiri dari tumpukan lempengan besi tipis yang dilaminasi dan batang konduktor yang mengitarinya (perhatikan Gambar 2.4a). Tumpukan besi yang dilaminasi disatukan untuk membentuk inti rotor. Aluminium (sebagai batang konduktor) dimasukkan ke dalam slot dari inti rotor untuk membentuk serangkaian konduktor yang mengelilingi inti rotor. Rotor yang terdiri dari sederetan batang-batang konduktor yang terletak pada alur-alur sekitar permukaan rotor, ujung-ujungnya

dihubung singkat dengan menggunakan cincin hubung singkat (*shorting ring*) atau disebut juga dengan *end ring*.



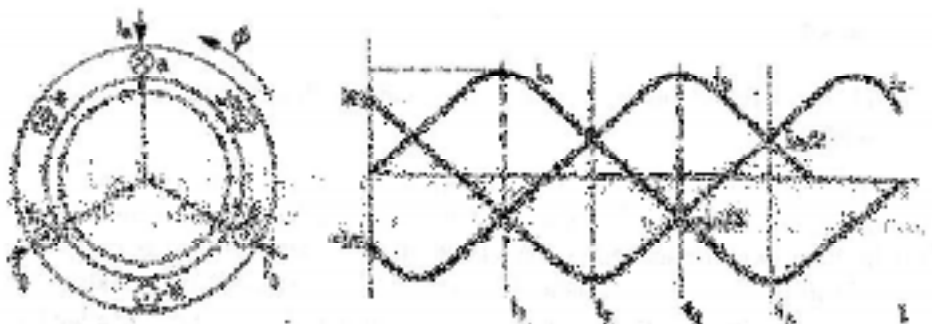
Gambar 2.4. (a) Rotor sangkar tupai dan bagian-bagiannya
 (b) Motor induksi tiga fasa rotor sangkar tupai

2.3 Medan Putar

Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan medan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya fasa tiga. Hubungan dapat berupa hubungan delta (Δ) atau bintang (Y).

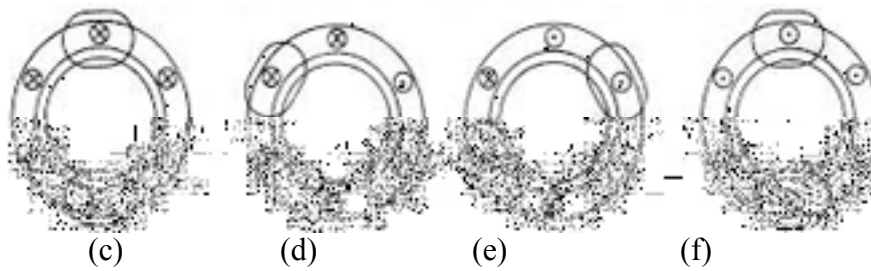
Misalkan kumparan a-a; b-b; c-c; dihubungkan tiga fasa, dengan beda fasa masing-masing 120° (gambar 2.5a) dan dialiri arus sinusoid. Distribusi arus i_a, i_b, i_c sebagai fungsi waktu adalah seperti Gambar 2.5b. Pada keadaan t_1, t_2, t_3 dan t_4 , fluks resultan yang ditimbulkan oleh kumparan tersebut masing-masing adalah seperti Gambar 2.6.

Pada t_1 fluks resultan mempunyai arah sama dengan arah fluks yang dihasilkan oleh kumparan a-a; sedangkan pada t_2 , fluks resultannya mempunyai arah sama dengan arah fluks yang dihasilkan oleh kumparan c-c; dan untuk t_3 , fluks resultan mempunyai arah sama dengan fluks yang dihasilkan oleh kumparan b-b. Untuk t_4 , fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultan yang dihasilkan pada saat t_1 keterangan ini lebih jelas pada analisa vektor.



(a) (b)

Gambar 2.5. (a) Diagram fasor fluksi tiga fasa
(b) Arus tiga fasa setimbang



Gambar 2.6. Medan putar pada motor induksi tiga fasa

Dari gambar *c*, *d*, *e*, dan *f* tersebut terlihat fluks resultan ini akan berputar satu kali. Oleh karena itu untuk mesin dengan jumlah kutub lebih dari dua, kecepatan sinkron dapat diturunkan sebagai berikut :

$$n_s = \frac{120.f}{p} \quad (2.1)$$

dimana :

n_s : kecepatan sinkron (rpm)

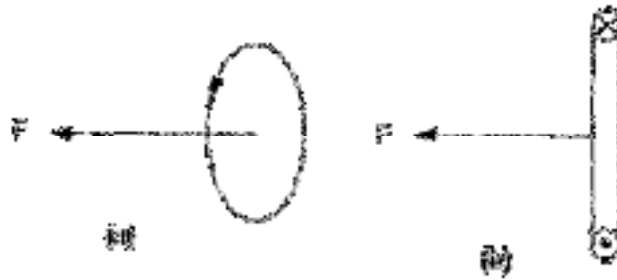
f : frekuensi (Hz)

p : jumlah kutub

2.3.1. Analisis Secara Vektor

Analisis secara vektor didapatkan atas dasar :

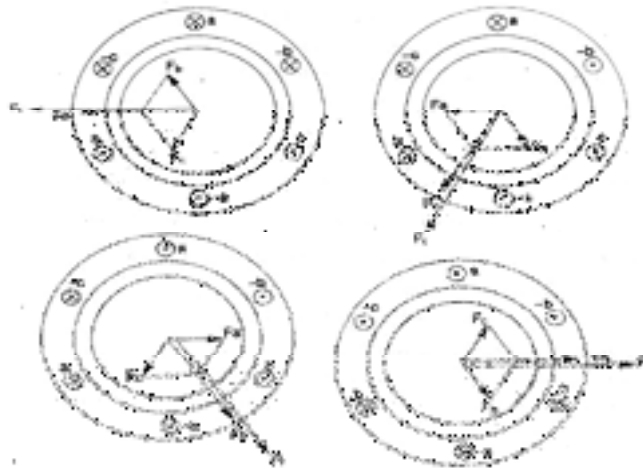
1. Arah fluks yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir dalam suatu lingkaran sesuai dengan perputaran sekrup seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Arah fluks yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir

2. Kebesaran fluks yang ditimbulkan ini sebanding dengan arus yang mengalir.

Notasi yang dipakai untuk menyatakan positif atau negatifnya arus yang mengalir pada kumparan $a-a$, $b-b$ dan $c-c$ yaitu harga positif, apabila tanda silang (X) terletak pada pangkal konduktor tersebut (titik a,b,c), sedangkan negatif apabila tanda titik (.) terletak pada pangkal konduktor tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 2.7. Maka diagram vektor untuk fluks total pada keadaan t_1, t_2, t_3, t_4 , dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Diagram vektor untuk fluks total pada keadaan t_1, t_2, t_3, t_4

Dari semua diagram vektor diatas dapat pula dilihat bahwa fluks resultan berjalan (berputar).

2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Adapun beberapa prinsip kerja motor induksi tiga fasa adalah sebagai berikut :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbullah medan putar dengan kecepatan :

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (2.2)$$

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

3. Akibatnya pada kumparan timbullah dengan induksi (*ggl*) sebesar :

$$E_{2s} = 4,44 f_2 N_2 \quad (\text{untuk satu fasa}) \quad (2.3)$$

$$E_{2s} \text{ adalah tegangan induksi pada saat rotor berputar} \quad (2.4)$$

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, *ggl* (*E*) akan menghasilkan arus (*I*).
5. Adanya arus (*I*) di dalam medan magnet akan 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 pada (3), tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).
8. Perbedaan kecepatan antara n_s dan n_r disebut slip (*S*) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} 100\% \quad (2.5)$$
9. Bila $n_r = n_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel.
10. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

2.5 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga Fasa

Untuk menentukan rangkaian ekuivalen dari motor induksi tiga fasa, pertama-tama perhatikan keadaan pada stator. Gelombang fluks pada celah udara yang berputar serempak membangkitkan *ggl* lawan tiga fasa yang seimbang di dalam fasa-fasa stator. Besarnya tegangan terminal stator berbeda dengan *ggl* lawan sebesar jatuhnya tegangan pada impedansi bocor stator, sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V_1 = E_1 + I_1(R_1 + jX_1) \quad (\text{volt}) \quad (2.6)$$

dimana :

V_1 : tegangan terminal stator (volt).

E_1 : ggl lawan yang dihasilkan oleh fluks celah udara resultan (volt).

I_1 : arus stator (ampere).

R_1 : resistansi sfektif stator (ohm).

X_1 : reaktansi bocor stator (ohm).

Seperti halnya pada transformator, arus stator dapat dipecah menjadi dua komponen, komponen beban dan komponen peneralan. Komponen beban pada I_2 menghasilkan suatu fluks yang diakibatkan arus rotor. Komponen peneralan $I\phi$, merupakan arus stator tambahan yang diperlukan untuk menghasilkan fluks celah udara resultan. Arus peneralan dapat dipecah menjadi komponen rugi-rugi inti I_c yang sefasa dengan E_1 sebesar 90° .

Misalkan pada rotor belitan, jika belitan yang dililit sama banyaknya dengan jumlah kutub dan fasa stator. Jumlah lilitan efektif tiap fasa pada lilitan stator banyaknya a kali jumlah lilitan rotor. Bandingkan efek magnetis rotor ini dengan yang terdapat pada rotor ekivalen magnetik yang mempunyai jumlah lilitan yang sama seperti stator. Untuk kecepatan dan fluks yang sama, hubungan antara tegangan E_{rotor} yang diimbaskan pada rotor yang sebenarnya dengan tegangan E_{2s} yang diimbaskan pada rotor ekivalen adalah

$$E_{2s} = a E_{rotor} (\text{volt}) \quad (2.7)$$

Bila rotor-rotor akan diganti secara magnetis, lilitan-ampere masing-masing harus sama, dan hubungan antara arus rotor sebenarnya I_{rotor} dan arus I_{2s} pada rotor ekivalen haruslah

$$I_{2s} = \frac{I_{rotor}}{a} \quad (2.8)$$

Akibatnya hubungan antara impedansi bocor frekuensi slip Z_{2s} dari rotor ekivalen dan impedansi bocor frekuensi slip Z_{rotor} dari rotor yang sebenarnya haruslah sebagai berikut.

$$Z_{2s} = \frac{E_{2s}}{I_{2s}} = \frac{a^2 E_{rotor}}{I_{rotor}} = a^2 Z_{rotor} \quad (2.9)$$

Karena rotor terhubung singkat, hubungan antara ggl frekuensi slip E_{2s} yang dibangkitkan pada fasa patokan dari rotor patokan dan arus I_{2s} pada fasa tersebut adalah

$$\frac{E_{2s}}{I_{2s}} = Z_{2s} = R_2 + j_s X_2 \quad (2.10)$$

dimana :

Z_{2s} : impedansi bocor rotor frekuensi slip tiap fasa berpatokan pada stator(ohm)

R_2 : tahanan efektif patokan (ohm)

sX_2 : reaktansi bocor patokan pada frekuensi slip (ohm)

Reaktansi yang didapat pada persamaan (2.10) dinyatakan dengan cara demikian karena sebanding dengan frekuensi rotor dan slip. Jadi X_2 didefinisikan sebagai harga yang akan dimiliki oleh reaktansi bocor pada rotor dengan patokan pada frekuensi stator. Pada stator ada gelombang fluks yang berputar pada kecepatan sinkron. Gelombang fluks ini akan mengimbaskan tegangan pada rotor dengan frekuensi slip sebesar E_{2s} dan ggl lawan stator E_1 . Bila bukan karena efek kecepatan, tegangan rotor akan sama dengan tegangan stator, karena lilitan rotor identik dengan lilitan stator. Karena kecepatan relatif gelombang fluks terhadap rotor adalah S kali kecepatan terhadap stator, hubungan antara ggl efektif pada stator dan rotor adalah

$$E_{2s} = SE_1 \quad (\text{volt}) \quad (2.11)$$

Gelombang fluks magnetik pada rotor dilawan oleh fluks magnetik yang dihasilkan komponen beban I_2 dari arus stator, dan karenanya, untuk harga efektif

$$I_{2s} = I_2 \text{ (ampere)} \quad (2.12)$$

Dengan membagi persamaan (2.11) dengan persamaan (2.12) didapatkan

$$\frac{E_{2s}}{I_{2s}} = \frac{SE_1}{I_2}$$

Didapat hubungan

$$\frac{E_{2s}}{I_{2s}} = \frac{SE_1}{I_2} = R_2 + jSX_2 \text{ (ohm)} \quad (2.13)$$

Dengan membagi persamaan (2.13) dengan S , maka didapat :

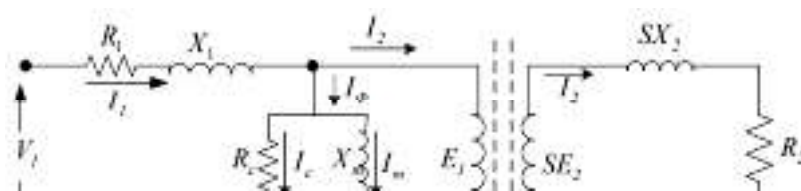
$$\frac{E_1}{I_2} = \frac{R_2}{S} + jX_2 \text{ (ohm)} \quad (2.14)$$

Dengan membagi persamaan (2.12), (2.13) dan (2.14) maka didapatkan

$$\frac{R_2}{S} = \frac{R_2}{S} + R_2 - R_2$$

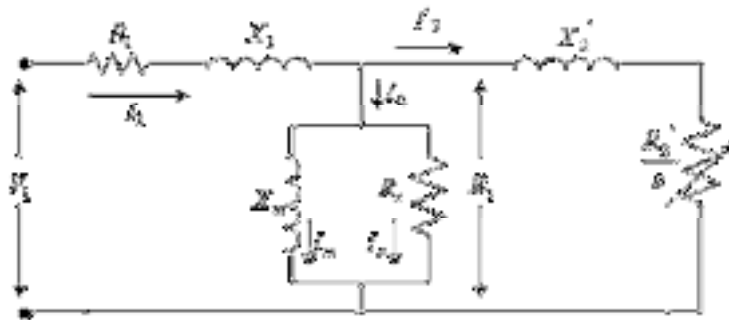
$$\frac{R_2}{S} = R_2 + R_2 \left(\frac{1}{S} - 1 \right) \text{ (ohm)} \quad (2.15)$$

Dari penjelasan di atas, maka dapat dibuat rangkaian ekuivalen motor induksi tiga fasa pada masing-masing fasanya. Perhatikan Gambar 2.9

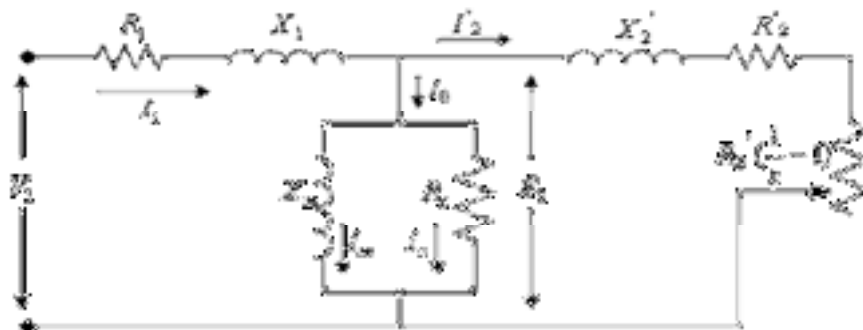


Gambar 2.9. Rangkaian ekivalen motor induksi

Untuk mempermudah perhitungan maka rangkaian ekivalen pada gambar 2.9 tersebut dapat dilihat dari sisi stator, rangkaian ekivalen motor induksi tiga fasa akan dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.10. Rangkaian ekivalen motor induksi dilihat dari sisi stator



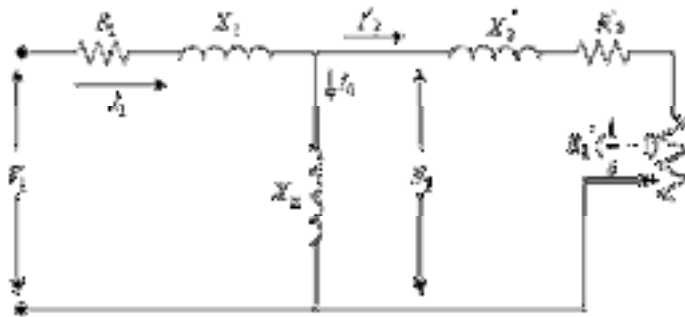
Gambar 2.11. Bentuk lain rangkaian ekivalen motor induksi dilihat dari stator

dimana :

$$X_2' : a^2 X_2$$

$$R_2' : a^2 R_2$$

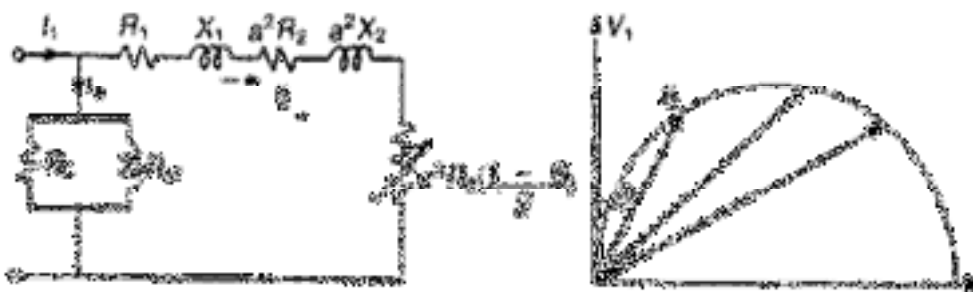
Dalam teori transformator statika, analisis rangkaian ekivalen sering disederhanakan dengan mengabaikan seluruh cabang penalaran atau melakukan pendekatan dengan memindahkan langsung ke terminal primer. Pendekatan demikian tidak dibenarkan dalam motor induksi yang bekerja dalam keadaan normal, karena adanya celah udara yang menjadikan perlunya suatu arus peneralan yang sangat besar (30% - 40% dari arus beban penuh) dan karena reaktansi bocor juga perlu lebih tinggi. Untuk itu dalam rangkaian ekivalen R_c dapat dihilangkan (diabaikan). Rangkaian ekivalen menjadi seperti pada Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12. Rangkaian ekivalen motor induksi mengabaikan R_c

2.6 Diagram Lingkaran

Diagram lingkaran dipergunakan untuk memperoleh parameter-parameter daya dan rugi-rugi daya. Parameter-parameter tersebut adalah daya input, daya output, rugi-rugi besi, rugi-rugi tembaga stator, rugi-rugi tembaga rotor dan efisiensi. Diagram lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah analisis dan perhitungan motor induksi disamping model rangkaian yang sudah ada. Cara ini muncul karena cara sebelumnya kurang praktis, yaitu setiap perubahan beban memerlukan perubahan perhitungan berdasarkan pada model rangkaian yang baru pula.



(a)

(b)

Gambar 2.13. (a) rangkaian diagram lingkaran
(b) contoh diagram lingkaran

$$I_2 = \frac{V_1}{\sqrt{(R_1 + a^2 R_2 / S)^2 + (X_1 + a^2 X_2)^2}} \quad (2.16)$$

$$\sin \phi = \frac{X_1 + a^2 X_2}{\sqrt{(R_1 + a^2 R_2 / S)^2 + (X_1 + a^2 X_2)^2}} \quad (2.17)$$

Dari kedua persamaan di atas dapat ditulis :

$$I_2 = \frac{V_1}{X_1 + a^2 X_2} \sin \phi \quad (2.18)$$

Jika reaktansi dianggap konstan, demikian pula putaran dan tegangan (V_1), persamaan di atas merupakan persamaan polar dengan garis tengah sebesar

$$\frac{V_1}{X_1 + a^2 X_2} \quad (2.19)$$

Dengan berubahnya beban ($a^2 R_2 \frac{1-S}{S}$), harga $\sin \phi$ akan berubah. Pada Gambar 2.13b, terlihat tempat kedudukan vektor diagram arus I_2 .

Untuk menggambarkan diagram lingkaran suatu motor induksi, cukup jika diketahui dua titik pada diagram lingkaran tersebut. Salah satu titik diperoleh dari pengujian beban nol ($S = 0$), sedangkan satu titik yang lain dapat diperoleh dari pengujian pada saat motor dibebani suatu beban tertentu ($S = S_1$) atau pada keadaan rotor ditahan ($S = 1$).

Diagram lingkaran dapat dikonstruksi dengan data yang diperoleh dari percobaan sebagai berikut :

- a. Pengujian beban nol.
- b. Pengujian rotor ditahan (block rotor).

2.6.1. Pengujian Beban Nol

Dari pengujian beban nol akan diperoleh harga arus I_0 dan faktor kerja ϕ_0 . Dari kedua hasil itu dapat ditentukan kedudukan titik $S = 0$ (ujung vektor arus I_0).

2.6.2. Pengujian Rotor di Tahan (Block Rotor).

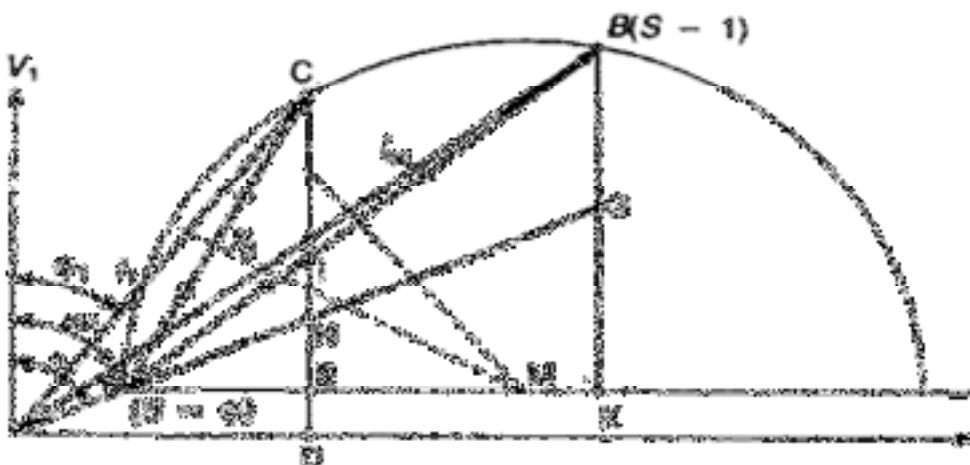
Dari pengujian rotor ditahan akan diperoleh harga arus I_{hs} dan faktor kerja ϕ_{hs} dan dengan demikian dapat ditentukan tempat kedudukan titik $S = 1$. Jika kedua titik telah diketahui kedudukannya, maka diagram lingkaran dapat dibuat dan kinerja motor induksi dapat dilihat.

2.7 Langkah-Langkah Penggambaran Diagram Lingkaran

Adapun langkah-langkah untuk penggambaran diagram lingkaran adalah sebagai berikut.

1. Melakukan skala arus.
2. Membuat koordinat dua garis tegak lurus.
3. Gambarkan vektor diagram arus dengan skala arus yang telah ditetapkan.
4. Buatlah garis sejajar dengan sumbu mendatar pada ujung vektor arus I_0 .
5. Hubungkan kedua ujung vektor arus tersebut, dan buatlah garis sumbu pada garis hubung ini.
6. Dengan demikian diagram lingkaran dapat dilukiskan.

Misalkan jika hendak menganalisis suatu motor dengan kondisi suatu beban tertentu, yaitu misalkan pada diagram lingkaran didapatkan titik C (lihat pada gambar 2.14). Maka garis CD dapat dinyatakan sebagai daya masuk, karena $CD = I_{hs} \cos\phi_{hs}$.



Gambar 2.14. Diagram lingkaran kondisi beban nol dan rotor ditahan

Sedangkan daya masuk adalah $V_1 I_{hs} \cos \phi_{hs}$ (V_1 konstan). Jadi dengan membaca langsung diagram lingkaran dan dengan mengalikannya terhadap konstanta (skala arus dan V_1), akan didapatkan harga daya masuk, yaitu $P_{in} = CD \times \text{skala arus} \times V_1$. Garis ED kemudian, dapat dinyatakan sebagai rugi besi (rugi konstan) $ED = I_0 \cos \phi_0$. Rugi besi = $ED \times \text{skala arus} \times V_1$. Demikian pula HE dan HI masing-masing dapat dinyatakan sebagai rugi tembaga stator dan rotor, dapat diperhatikan saat rotor ditahan ($S = 1$). Pada keadaan ini daya terukur merupakan Σ rugi tembaga stator dan rotor, dan daya ini dapat dinyatakan oleh garis BK; sedangkan Σ rugi tembaga ini sebanding dengan kuadrat arus. Karena itu setiap titik pada garis AB ke garis mendatar pada diagram lingkaran proyeksi dapat dinyatakan sebagai rugi tembaga rotor dan stator. Untuk mendapatkan titik G pada diagram lingkaran, harus dihitung dahulu rugi tembaga rotor dan rugi tembaga stator.

$$\Sigma \text{ rugi tembaga stator} = I_{hs}^2 R_1.$$

$$\Sigma \text{ rugi tembaga rotor} = I_{hs}^2 a^2 R_2.$$

$$\text{Maka akan didapat perbandingan : } \frac{BG}{GK} = \frac{\Sigma \text{rugi tembaga rotor}}{\Sigma \text{rugi tembaga stator}}$$

Akhirnya daya keluar rotor = daya mekanik dapat ditentukan dari

$$P_m = P_{in} - \Sigma \text{rugi}$$

$$= (CD - ED - HE - HI) \times \text{skala arus} \times V_1$$

$$= CI \times \text{skala arus} \times V_1.$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

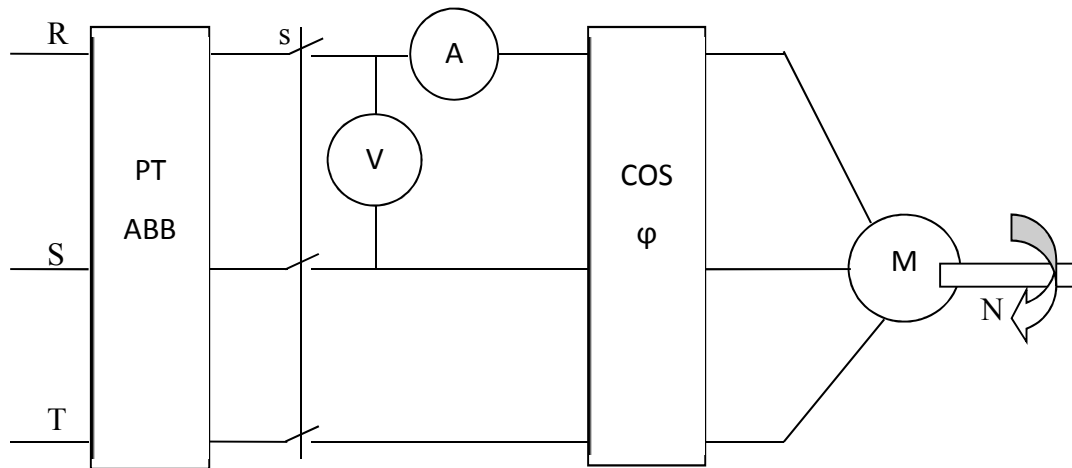
Penelitian tugas akhir “Menentukan Kinerja Suatu Motor Induksi Tiga Fasa 380 Volt, 4 Hp, 50 Hz, 1420 Rpm Melalui Diagram Lingkaran” dilaksanakan pada tanggal 28 Juli 2020 sampai 14 Agustus 2020 di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.2 Alat-Alat Yang Dibutuhkan

Untuk mendukung penelitian ini dibutuhkan alat-alat. Alat-alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

1. Motor asinkron tiga fasa.
2. Amperemeter AC.
3. Voltmeter AC.
4. Cos ϕ meter tiga fasa.

3.3 Rangkaian Percobaan



Gambar 3.1. Rangkaian percobaan

1. PT ABB

PT ABB adalah suatu alat yang digunakan pada motor induksi tiga fasa untuk mengetahui kinerja motor. Fungsinya adalah untuk mengatur tegangan sesuai dengan yang diinginkan dalam melakukan suatu percobaan pada motor tersebut.



Gambar 3.2. PT ABB

2. Cos ϕ meter

Cos ϕ meter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui besarnya faktor kerja (power factor) yang merupakan beda fase antara tegangan dan arus. Dalam pengertian sehari-hari disebut pengukur cosinus phi (ϕ). Tujuan pengukuran Cos ϕ atau pengukur nilai cosinus sudut phasa adalah memberikan penunjukan secara langsung dari selisih phasa yang timbul antara arus dan tegangan.

3. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi adalah motor arus bolak-balik (Alternating Current) yang banyak digunakan di dalam dunia industri karena beberapa keuntungan yang dimilikinya. Fungsi motor induksi adalah merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada Gambar 3.3 diperlihatkan gambar motor induksi yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.3. Motor induksi tiga fasa untuk percobaan

Untuk mengetahui data yang ada pada motor induksi yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa tegangan pada motor, daya kuda pada motor, frekuensi pada motor dan putaran pada motor dapat dilihat pada tabel 3.1.

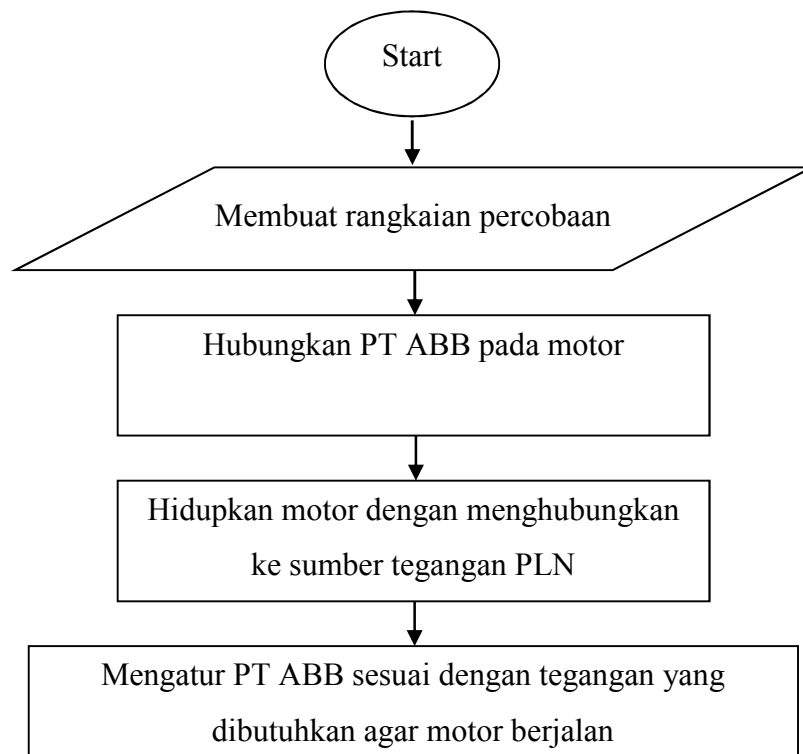
Tabel 3.1. Data motor induksi tiga fasa

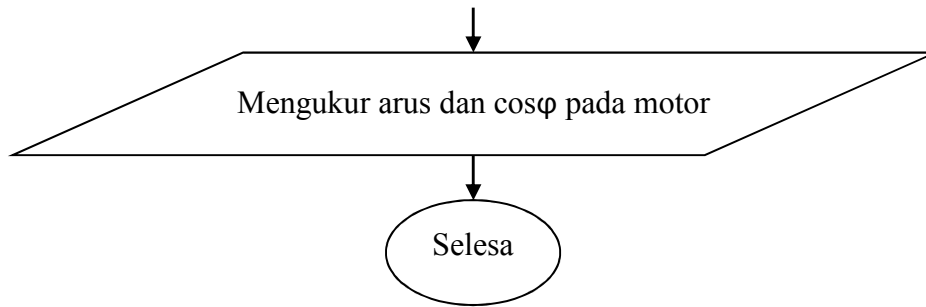
Tegangan pada motor	380 V
Daya kuda pada motor	4 Hp
Frekuensi pada motor	50 Hz
Putaran pada motor	1420 rpm

3.4 Diagram Alir Prosedur Percobaan

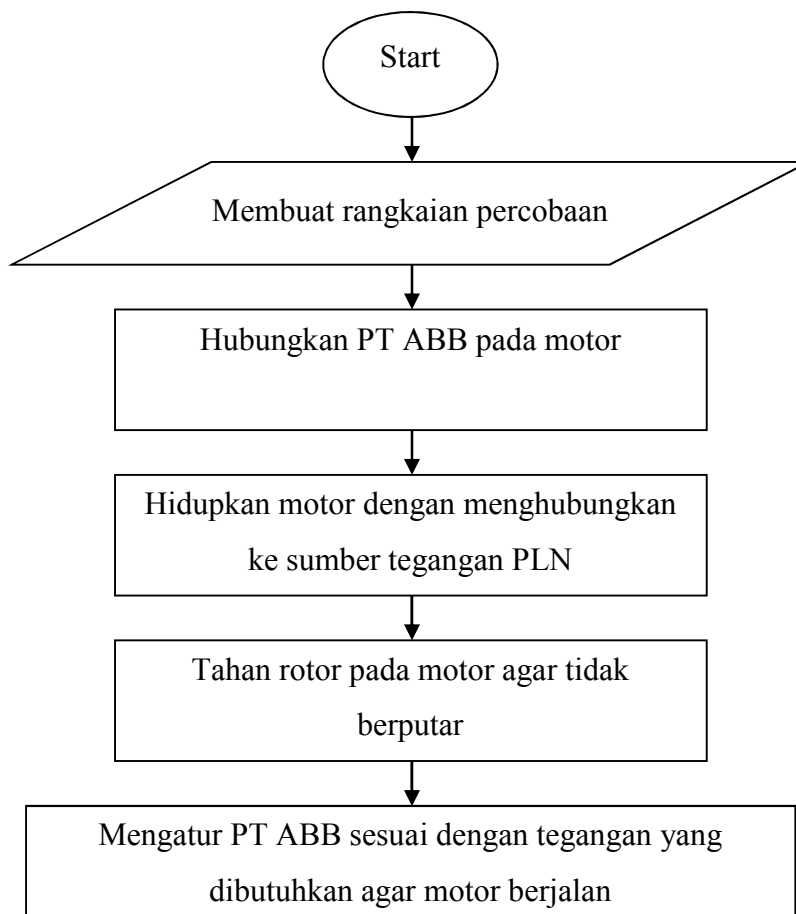
Gambaran umum dari langkah-langkah kerja dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut.

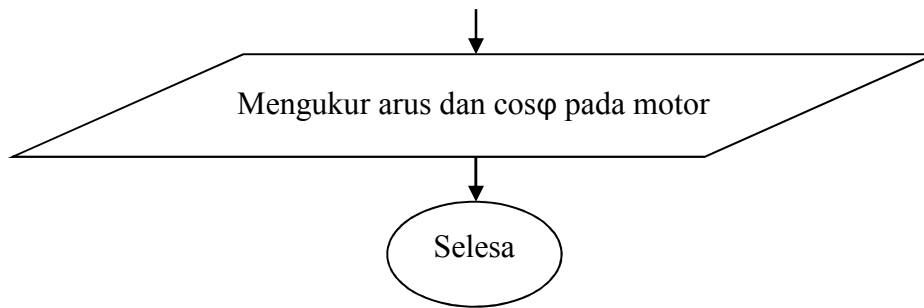
1. Beban Nol.





2. Rotor ditahan (Block Rotor).





3.5 Prosedur Percobaan

A. Percobaan Beban Nol.

1. Buatlah rangkaian seperti pada Gambar 3.1.
2. Masukkan sumber tegangan tiga fasa ke pengatur tegangan PT ABB, saklar s terbuka.
3. Lihat apakah sudah ada output pengatur tegangan melalui voltmeter dan bila sudah ada atur ke posisi nol.
4. Jalankan motor dengan menaikkan tegangan melalui PT ABB sampai motor mencapai putaran nominalnya.
5. Catat arus line, tegangan antar fasa dan faktor daya.

B. Percobaan Rotor ditahan (Block Rotor).

1. Buatlah rangkaian seperti pada Gambar 3.1.
2. Masukkan sumber tegangan tiga fasa ke pengatur tegangan PT ABB, saklar s terbuka.
3. Lihat apakah sudah ada output pengatur tegangan melalui voltmeter dan bila sudah ada atur ke posisi nol.
4. Jalankan motor dengan menaikkan tegangan melalui PT ABB hanya sampai 80 volt atau lebih kecil, karena pada saat rotor ditahan arusnya sangat besar, dan perhatikan arus pada saat rotor ditahan tidak melampaui nominalnya.

5. Catat arus line, tegangan antar fasa dan faktor daya.