

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK (S-1)**



**SIMULASI MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN  
MATLAB/ SIMULINK**

**SKRIPSI**

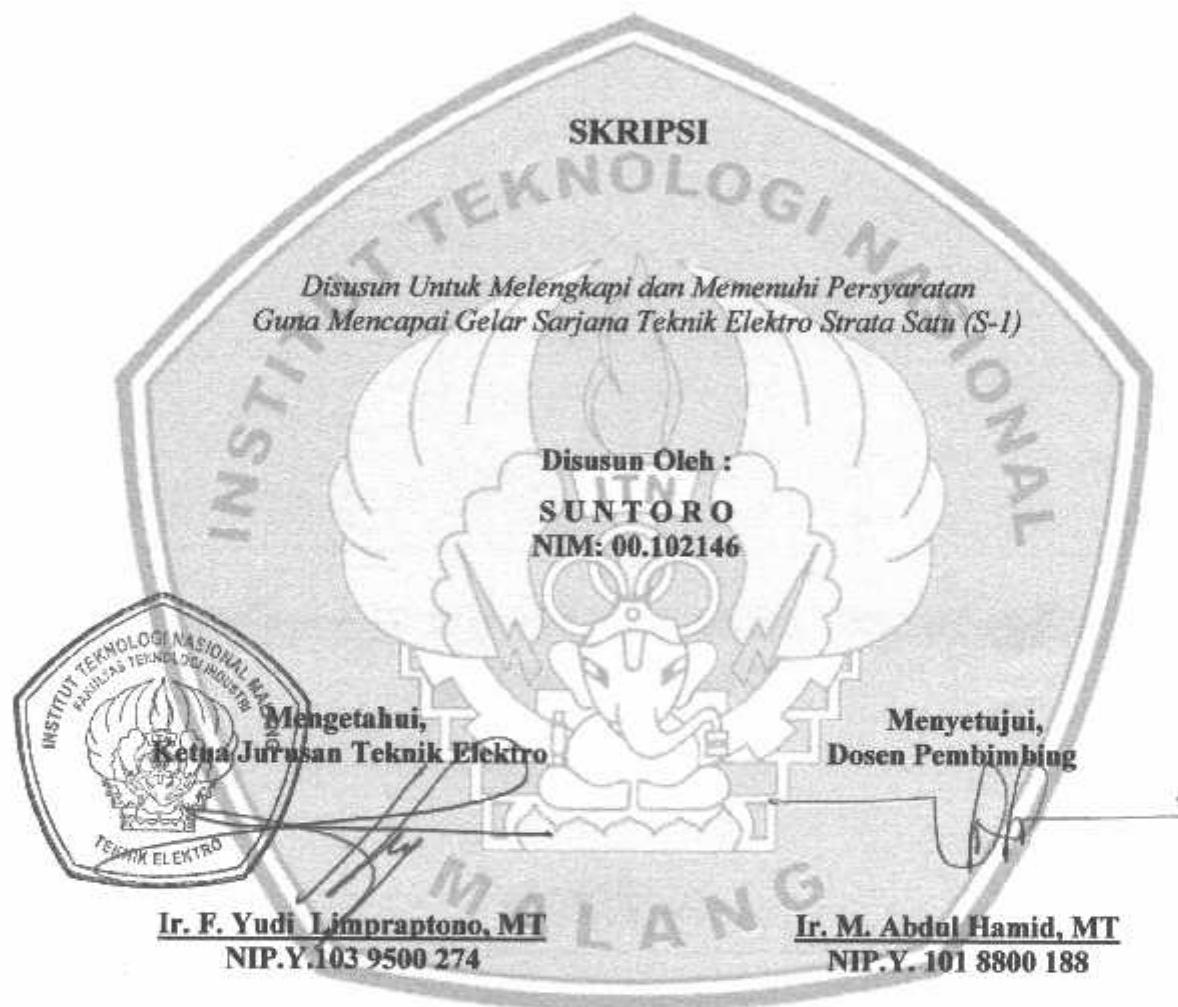
**Disusun Oleh :  
S U N T O R O  
NIM: 00.12146**



**SEPTEMBER 2006**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN MATLAB/ SIMULINK



KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**SIMULATION TEST OF THREE PHASE INDUCTION MOTOR USING  
MATLAB / SIMULINK**  
**SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN  
MATLAB/ SIMULINK**

S U N T O R O (00.12146)  
Ir. M. Abdul Hamid, MT.

**ABSTRACT**  
**ABSTRAKSI**

Induction motor represent ac motor. Induction motor used so many kind like at home doorstep, office, factory, workshop, industry and also companys. Induction motor used as a tool in importance of industry. Induction motor performance influenced by parameters which have given by the factory. The parameters obtained from examination of direct current test, examination of no-load test and examination of blocked rotor test.

To determine parameter of induction motors used three examination way that is DC Test of Induction Motor, No-Load Test of Induction Motor and Blocked Rotor Test.

Tension characteristic, current, energy , electromagnetic torsi, rotation can be seen simulation three examination type after put into his parameter.

*Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas dalam penggunaanya. Motor induksi banyak digunakan di rumah tangga, kantor, pabrik, bengkel, perusahaan-perusahaan maupun industri. Motor induksi digunakan sebagai alat penggerak dalam kepentingan industri. Kinerja motor induksi dipengaruhi oleh parameter-parameter yang telah diberikan oleh pabrik pembuatnya. Besaran parameter tersebut diperoleh dari pengujian arus searah, pengujian beban nol dan pengujian rotor tertahan.*

*Untuk menentukan parameter motor induksi digunakan tiga cara pengujian yaitu pengujian DC, pengujian tanpa beban, pengujian rotor tertahan.*

*Karakteristik tegangan, arus, daya ,torsi elektromagnetik, putaran dapat dilihat pada simulasi tiga jenis pengujian setelah memasukkan parameterinya.*

Keyword : MATLAB / Simulink, Motor Induction, Laboratory Software.  
Kata Kunci : MATLAB/Simulink, *induction Motor, software laboratory.*

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjalatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan hidayah-Nya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, yang diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Kosentrasi Energi Listrik, Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSMF, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT , selaku ketua jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT, selaku dosen pembimbing atas kesediaanya memberikan bimbingan , saran dan masukan dalam skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu ku yang selalu berjuang tanpa kenal letih baik siang ataupun malam untuk membiayai kuliahku.
6. Semua pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini kemungkinan masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran dan kritik yang membangun penulis harapkan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun pembaca pada umumnya.

Malang, September 2006

Penulis

## LEMBAR PERSEMPAHAN

Sembah sujud syukur haturkan kepada Paduka ALLAH swt, Sang Maha Pencipta, Yang Maha Besar , Maha Pengasih Maha Pemurah Dan Maha Penyayang. Atas rrido Padukalah sehingga hamba dapat menyelesaikan skripsi ini.

Terima Kasih ku kepada mu Ya Nabiyullah Muhammad saw. Yang membimbing ku menuju jalan yang benar. Karena dirimulah Utusan Allah yang memberi penerangan pada Umat Manusia di dunia.

Sembah bekti nanda haturkan pada panjenengan bapak ibuku tersayang berkat perjuangan panjenengan yang tak kenal letih tak kenal waktu lah yang menuntun anandamu ini menjadi sarjana. Hanya inilah yang dapat nanda bakti dan buktikan saat ini dari jerih payah serta do'a dan restu panjenengan.

Mas Riswan Dan Mbak Siska terima kasih walau kalian berumah tangga tapi masih membantuku baek materi maupun spiritnya kalau gak ada bantuan dari Mas Riswan mungkin saat ini aku juga gak jadi sarjana.

Just for you my dear, my darling my live, my love, Apriliaku yang selalu memberiku semangat saat aku terjatuh, yang menemaniku dalam suka dan duka, pengertianmu atas siriku wl aku suka ngambek dan sebagainya kamu masih menjadi THE WONDER MOTIVATOR ku. Penantianmu kini telah usai sayang. Saat nya kita berjuang menghadapi kehidupan yang sebenarnya.

Prend prenku yang buaek Hermanto makacih ya ilmunya tentang motor dan pengujianya, Cosmas kamu tetep The Best Simulator Tapi Inget! Pesaing terberatmu mu sekarang dah jadi ST lo.....Rudy Thank's atas teory suportnya a. Amalia Riski kita jadi sarjana coy.....kl married awas tak tunggu undanganya lo yo.....GUNG ojo Pacaran ae.... susul kita2 dong ( KITA SATU TEAM SATU SEPERJUANGAN BAPAK PEMBIMBING KITA JUGA SATU IR. Abdul Hamid, MT.).....

MALANG, September 2006

## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                      | i       |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                 | ii      |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                           | iii     |
| <b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>                      | iv      |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                               | v       |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                           | vii     |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                             | viii    |
| <b>DAFTAR GRAFIK.....</b>                            | ix      |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                    | <br>1   |
| 1.1. Latar Belakang .....                            | 1       |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                           | 2       |
| 1.3. Tujuan .....                                    | 2       |
| 1.4. Batasan Masalah .....                           | 2       |
| 1.5. Metode Pemecahan Masalah .....                  | 3       |
| 1.6. Sistematika Penulisan.....                      | 4       |
| <br><b>BAB II MOTOR INDUKSI.....</b>                 | <br>5   |
| 2.1. Teori Dasar .....                               | 5       |
| 2.2. Konstruksi Motor Induksi.....                   | 6       |
| 2.2.1. Stator .....                                  | 6       |
| 2.2.2. Rotor.....                                    | 8       |
| 1. Rotor Belitan ( <i>Wound Rotor</i> ) .....        | 8       |
| 2. Rotor Sangkar ( <i>Squirrel Cage Rotor</i> )..... | 9       |
| 2.2.3. Medan Magnet Putar.....                       | 10      |
| 2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi .....               | 11      |
| 2.4. Slip dan Frekuensi Arus Rotor.....              | 12      |
| 2.5. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi .....          | 13      |

|   |    |
|---|----|
| 2.5.1. Rangkaian Ekivalen.....                                    | 13 |
| 2.5.2. Rangkaian Ekivalen Stator.....                             | 14 |
| 2.5.3. Rangkaian Ekivalen Rotor .....                             | 15 |
| 2.5.4. Rangkaian Motor Induksi .....                              | 16 |
| 2.6. Parameter Dasar Motor Induksi.....                           | 20 |
| 2.7. Masalah Dalam Rangkaian Ekivalen Konvensional .....          | 20 |
| 2.8. Pengujian Arus Searah (DC Test).....                         | 21 |
| 2.9. Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test).....                    | 22 |
| 2.10. Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test) .....                  | 23 |
| <br><b>BAB III Simulasi Test Motor Induksi Tiga Phasa</b>         |    |
| <b>Mengguakan MATLAB .....</b>                                    | 27 |
| 2.7.Simulasi Dan Proses Perhitungan MATLAB.....                   | 27 |
| 2.8.Pengujian Arus Searah (DC Test).....                          | 28 |
| 2.9.Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test).....                     | 29 |
| 2.10. Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test) .....         | 30 |
| 2.11. Alur Skripsi.....   | 31 |
| <br><b>BAB IV ANALISA DAN SIMULASI.....</b>                       | 33 |
| 4.1. Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa.....            | 33 |
| 4.1.1. Alat-alat Yang Digunakan .....                             | 33 |
| 4.1.2. Analisa Data Pengujian Arus Searah.....                    | 34 |
| 4.1.3. Analisa Data Pengujian Tanpa Beban (NO-Load Test) .....    | 37 |
| 4.1.4. Analisa Data Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test) | 42 |
| 4.2. Proses Perhitungan Menggunakan MATLAB.....                   | 47 |
| <br><b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                       | 45 |
| 5.1. Kesimpulan.....  | 45 |
| 5.2. Saran.....   | 47 |
| <br><b>DAFTAR PUSTAKA</b>   |    |
| <br><b>LAMPIRAN</b>   |    |

## DAFTAR GAMBAR

| <b>Gambar</b> |  | <b>Halaman</b> |
|---------------|--|----------------|
| 2-1.          | Konstruksi Motor Induksi .....   | 6              |
| 2-2 .         | Stator Tiga Phasa Motor Induksi .....                                  | 7              |
| 2-3.          | Rotor Belitan ( <i>Wound Rotor</i> ).....                              | 8              |
| 2-4.          | Rotor Sangkar ( <i>Squirrel Cage Rotor</i> ).....                      | 9              |
| 2-5.          | Medan Putar Pada Motor Induksi .....                                   | 10             |
| 2-6.          | Rangkaian Ekivalen Stator .....  | 14             |
| 2-7.          | Rangkaian Ekivalen Rotor .....   | 15             |
| 2-8a.         | Rangkaian Ekivalen Motor Induksi .....                                 | 17             |
| 2-8b.         | Rangkaian Ekivalen Motor Induksi.....                                  | 17             |
| 2-8c .        | Rangkaian Ekivalen Motor Induksi .....                                 | 18             |
| 2-8d .        | Rangkaian Ekivalen Motor Induksi .....                                 | 18             |
| 2-8e.         | Rangkaian Ekivalen Motor Induksi Model T .....                         | 19             |
| 2-9.          | Rangkaian Ekivalen Thevenin Motor Induksi.....                         | 19             |
| 2-10.         | Rangkaian Pengujian Arus Searah ( <i>DC Test</i> ) .....               | 21             |
| 2-11.         | Rangkaian Pengujian Tanpa Beban ( <i>No-Load Test</i> ).....           | 22             |
| 2-12.         | Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan ( <i>Blocked Rotor Test</i> ) ..... | 24             |
| 3-1.          | Proses perhitungan DC Test.....  | 28             |
| 3-2.          | Proses perhitungan No-Load Test .....                                  | 29             |
| 3-3           | Proses perhitungan Blocked rotor Test .....                            | 30             |
| 3-4.          | Proses penentuan parameter motor induksi.....                          | 31             |
| 3-5.          | Alur skripsi .....   | 32             |
| 4-1.          | Simulasi Pengujian Arus Searah ( <i>DC Test</i> ) .....                | 36             |
| 4-2.          | Simulasi Pengujian Tanpa Beban ( <i>No-Load Test</i> ) .....           | 39             |
| 4-3           | Simulasi Pengujian Rotor Tertahan ( <i>Blocked Rotor Test</i> ) .....  | 43             |

## DAFTAR TABEL

| <b>Tabel</b> |   | <b>Halaman</b> |
|--------------|---|----------------|
| 4-1.         | Data Hasil Pengujian Arus searah (DC Test).....                                       | 34             |
| 4-2.         | Hasil Perhitungan DC TEST .....   | 35             |
| 4-3.         | Data Hasil Pengujian Tanpa Beban ( <i>No-Load Test</i> ).....                         | 37             |
| 4-4-         | Hasil Perhitungan No-Load Test.....   | 38             |
| 4-5-         | Data Hasil Pengujian Rotor Tertahan ( <i>Blocked Rotor Test</i> ).....                | 42             |
| 4-6-         | Hasil Perhitungan Blocked Rotor Test.....   | 43             |
| 4-7-         | Hasil Perhitungan tiga test motor induksi tiga phasa menggunakan bahasa program ..... | 48             |

## DAFTAR GRAFIK

| <b>Grafik</b> |  | <b>Halaman</b> |
|---------------|--|----------------|
| 4-1.          | Karakteristik Tegangan dan Arus Pengujian Arus Searah .....      | 36             |
| 4-2.          | Karakteristik Tegangan sumber pada No-Load Test .....            | 39             |
| 4-3.          | Karakteristik Arus Sumber pada No-Load test .....                | 40             |
| 4-4.          | Karakteristik Daya pada No-LOAD Test.....                        | 40             |
| 4-5.          | Karakteristik Torsi elektromagnetik pada No-Load Test .....      | 41             |
| 4-6.          | Karakteristik Putaran Rotor pada No-Load Test .....              | 41             |
| 4-7.          | Karakteristik Tegangan Sumber pada Blocked Rotor Test.....       | 44             |
| 4-8 .         | Karakteristik Arus Sumber pada Blocked Rotor Test .....          | 44             |
| 4-9.          | Karakteristik Daya pada Blocked Rotor Test.....                  | 45             |
| 4-10.         | Karakteristik Torsi elektromagnetik pada Blocked Rotor Test..... | 45             |
| 4-11.         | Karakteristik Putaran Rotor pada Blocked Rotor Test .....        | 46             |

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Salah satu cara untuk dapat mengetahui karakteristik dari suatu plant sebelum di pasang on line adalah dengan memasukan plant tersebut dengan menggunakan computer. Dimana plant tersebut di modelkan terlebih dahulu untuk mendapatkan variable-variabel dari parameter yang ada pada plant tersebut, sehingga nantinya dapat disimulasikan dengan mengubah-ubah variable-variabel tersebut sesuai kebutuhan.

Simulasi motor induksi merupakan pemodelan dari motor induksi yang akhir-akhir ini banyak dikembangkan. Simulasi saat ini banyak digunakan pada proses belajar dan mengajar di kalangan universitas dan institute dimana terdiri dari persamaan-persamaan non linier yang sudah tersedia didalam simulasi. Melalui model pendekatan inilah dapat di identifikasi kecepatan rotor dan torsi ataupun parameter lain dari suatu motor induksi secara lebih mudah.

## 1.2. Permasalahan

Dalam mencari parameter motor induksi ada beberapa cara, dalam makalah ini di bahas tiga macam pengujian motor induksi tiga phasa diantaranya adalah pengujian DC ( The DC Test for Induction Motor), pengujian tanpa beban ( The No Load Test for Induction Motor), Pengujian rotor tertahan (The Blocked Rotor Tes of induction Motor) yang hasil karakteristiknya dapat di lihat melalui hasil simulasi Sehingga skripsi ini mengambil judul:

***"SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN  
MATLAB/SIMULINK"***

## 1.3. Tujuan

- Mengetahui karakteristik pengujian DC (DC Test).
- Mengetahui karakteristik pengujian tanpa beban (No-Load Test).
- Mengetahui karakteristik pengujian rotor tertahan (Blocked Rotor TEST).

## 1.4. Batasan masalah

Agar pembahasan dalam skripsi ini lebih terarah sesuai dengan tujuan, maka permasalahan dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Simulasi pada motor induksi rotor sangkar (Squirrel-cage) 3 phasa dengan, DE LORENZO/DL 1021, 1,1 kW, 220/380( $\Delta$  /Y) Volt, 4,3/2,5( $\Delta$  /Y) Ampere,  $\text{Cos } \varphi$  0,83, 50 Hz, 2830 rpm, 2 kutup.
2. Tidak membahas pengasutan motor induksi.
3. Tidak membahas sistem proteksi motor induksi.

4. Tidak membahas rugi rugi.
5. Simulasi dilakukan pada tiga jenis pengujian:
  - ❖ Pengujian Dc (DC Test).
  - ❖ Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test).
  - ❖ Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test).
6. Perhitungan parameter menggunakan MATLAB 7.
7. Simulasi pengujian menggunakan MATLAB 7.
8. Simulasi yang di maksud adalah untuk melihat Tegangan (V), Daya(P dan Q), torsi elektromagnetik, terhadap waktu

### **1.5. Metodologi Pembahasan**

Dalam Skripsi ini digunakan metode penelitian sbg berikut:

1. **Studi literatur**, yaitu bahan untuk memahami prinsip kerja dari simulasi pada motor induksi.
2. **Pengambilan Data**, yaitu memperoleh data sebagai bahan acuan dalam mensimulasikan motor induksi.
3. **Simulasi**, yaitu Mensimulasikan motor induksi tiga phasa menggunakan MATLAB/Simulink.
4. Kesimpulan

## 1.6. Sistematika Penulisan

- **BAB I** : Menjelaskan tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika dari penelitian yang dilakukan.
  - **BAB II** : Menjelaskan mengenai motor induksi, prinsip kerja motor induksi.
  - **BAB III:** Berisi tentang teori yang akan digunakan dalam analisis,
  - **BAB IV:** Menjelaskan tentang pengujian dan hasil analisis perhitungan dari penelitian.
  - **BAB V** : Menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari penulisan skripsi ini.
-

## BAB II

### MOTOR INDUKSI

#### 2.1. Teori Dasar.

Motor arus bolak-balik ( Motor AC ) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus bolak-balik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak.

Disebut motor tak serempak karena putaran motor tidak sama dengan putaran fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.<sup>[2]</sup>

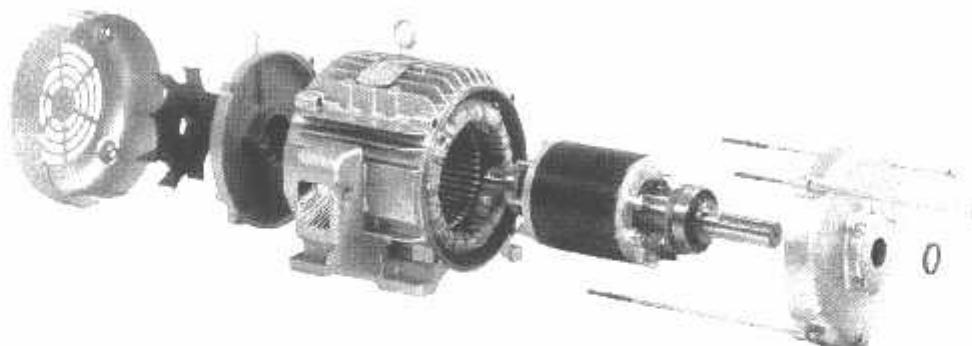
Motor induksi *polyphase* banyak dipakai dikalangan industri. Ini berkaitan dengan beberapa keuntungannya.

Keuntungan :

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat ( konstruksi hampir tak pernah mengalami kerusakan, khususnya tipe rotor sangkar bajing ).
2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang ditimbulkan dapat dikurangi (khususnya motor induksi rotor belitan).

## 2.2. Konstruksi Motor Induksi

Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2-1 di bawah ini :



Gambar 2-1 : Konstruksi Motor Induksi <sup>[5]</sup>

### 2.2.1. Stator

Pada dasarnya konstruksi stator pada motor induksi mempunyai bentuk fisik yang sama dengan mesin sinkron, yang terdiri dari :

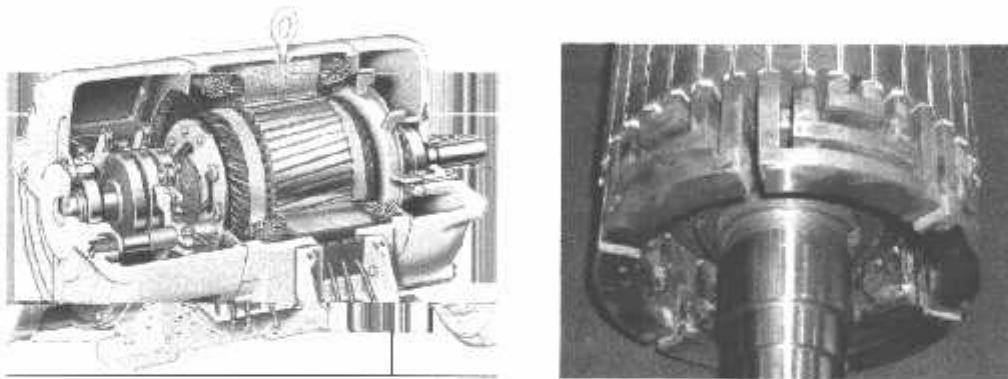
- Rumah stator terbuat dari besi tuang.
- Inti stator dari besi atau baja silikon.
- Alur dan gigi materialnya sama dengan inti, alur tempat meletakan belitan.
- Belitan stator dari tembaga.

### 2.2.2. Rotor

Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

1. Rotor Belitan (*wound rotor* / rotor slip ring).

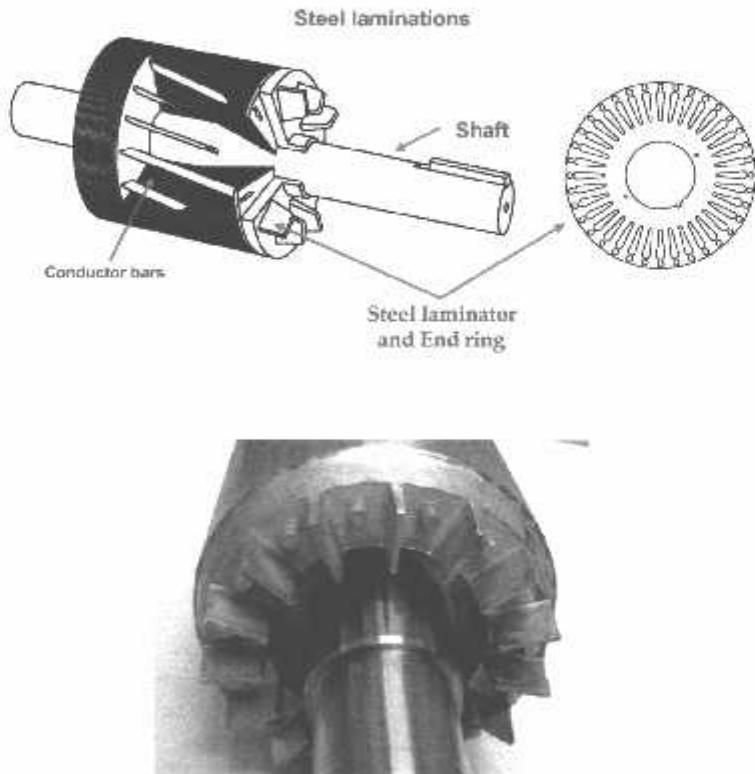
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga-fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.



Gambar 2.3: Rotor Belitan (*wound rotor*)<sup>[5]</sup>

2. Rotor sangkar (*squirrel cage rotor*).

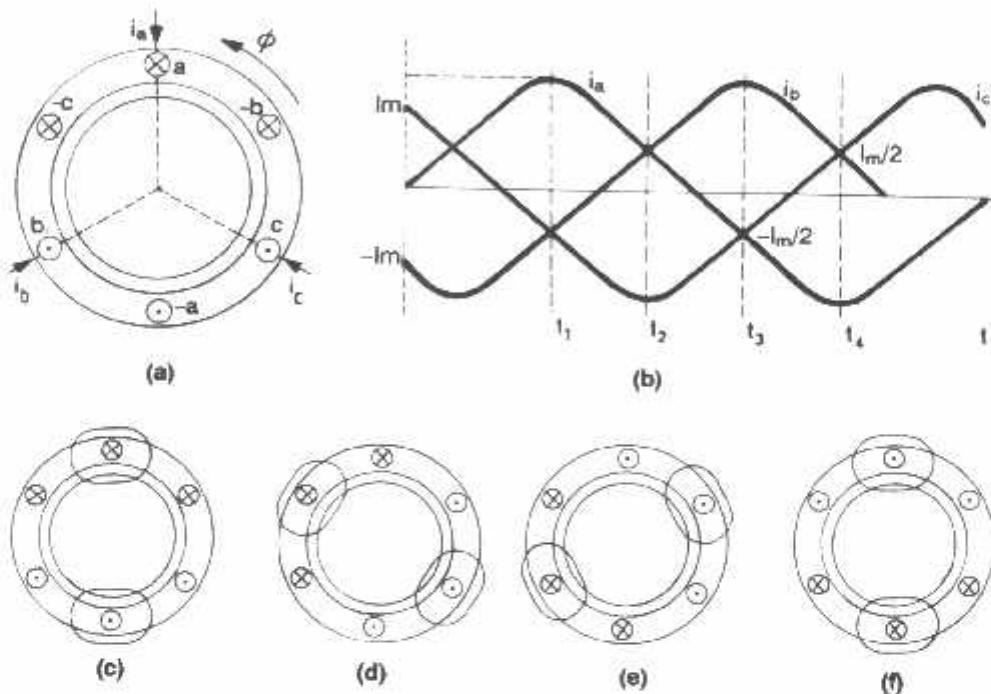
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai.



Gambar 2.4: Rotor Sangkar (*squirrel cage rotor*)<sup>[5]</sup>

### 2.2.3. Medan Magnet 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 stator dihubungkan dalam phasa banyak, umumnya tiga phasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.



Gambar 2-5 : Medan Putar Pada Motor Induksi<sup>[5]</sup>

Medan putar terjadi apabila kumparan A-a, B-b, C-c dihubungkan tiga phasa dengan beda phasa masing-masing  $120^\circ$  (hubungan bintang,Y) dan dialiri arus sinusida. Distribusi  $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$  sebagai fungsi waktu adalah seperti gambar 2-4b. Pada keadaan  $t_1$  fluks resultan mempunyai arah yang sama dengan arah yang dihasilkan oleh kumparan A-a, sedangkan pada  $t_3$ , fluks resultannya dihasilkan oleh kumparan

B-b. Untuk  $t_4$ , fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultant yang dihasilkan pada  $t_1$ . Dari gambar 2-4b tersebut terlihat bahwa fluks resultant ini akan berputar satu kali.

### 2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi

1. Apabila sumber tegangan tiga phasa dipasang pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan :

$$n_s = \frac{120f}{P} \text{ rpm} \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor sehingga pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (ggl induksi).
  3. Akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi ( GGL ).
  4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup , ggl ( E ) akan menghasilkan arus ( I ) .
  5. Adanya arus I di dalam medan magnet menimbulkan gaya F pada rotor .
  6. Bila kopel mula yang di hasilkan oleh gaya F pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban , rotor akan berputar searah dengan medan putar stator .
  7. Seperti telah di jelaskan pada (3) , tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor / rotor oleh medan putar stator . Artinya

$$n_s = \frac{120f_s}{p} \quad \text{atau} \quad f_s = \frac{pn_s}{120} \quad \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

dimana : p = jumlah kutub

$f_s$  = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \\ s &= \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad \text{dan} \quad f_s = \frac{pn_s}{120} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

Maka :

$$f_r = s \cdot f_s \quad \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

## 2.5. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

### 2.5.1. Rangkaian Ekivalen

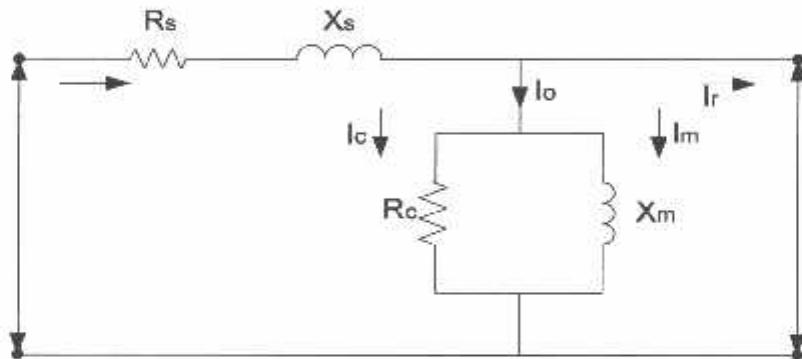
Suatu rangkaian ekivalen motor induksi tiga phasa diperlukan untuk membantu analisis operasi dan untuk memudahkan penghitungan kinerja. Rangkaian ekivalen tersebut mengasumsikan suatu bentuk yang identik rangkaian ekivalen transformator. Oleh karena itu motor induksi dapat dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu :

1. Stator sebagai sisi primer.
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang penghantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar.

### 2.5.2. Rangkaian Ekivalen Stator

Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala-jala sebesar  $V_1$ , maka akan mengalir arus putar tiga phasa pada kumparan stator yang membangkitkan medan magnet tiga phasa. Arus stator ( $I_1$ ) bercabang menjadi dua komponen arus yaitu :

1. Komponen arus beban ( $I_2$ )
2. Komponen arus eksitasi ( $I_0$ )



Gambar 2-6 : Rangkaian Ekivalen Stator [2][5]

Dimana :

$V_1$  = tegangan terminal

$R_s$  = resistansi kumparan

$X_s$  = reaktansi bocor kumparan

$E_1$  = tegangan induksi (ggl)

$R_c$  = resistansi tembaga

$X_m$  = reaktansi magnetisasi

### 2.5.3. Rangkaian Ekivalen Rotor<sup>[5]</sup>

Pada saat rotor diam, medan putar stator akan memotong batang konduktor rotor dengan kecepatan putar sinkron ( $n_s$ ), sehingga frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus stator ( $f_s = f_r$ ) dan slip sama dengan satu ( $s=1$ ). Dengan mengetahui bahwa frekuensi arus / tegangan rotor adalah frekuensi slip, maka reaktansi bocor rotor (*leakage reactance*) adalah :

$$X_2 = 2\pi f_s L_2 \dots \quad (2.7)$$

dimana  $X_2$  merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

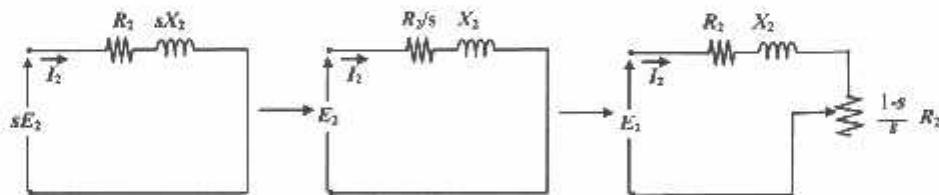
$$E_2 = 4,44 f_2 N_2 \Phi_m \dots \quad (2.8)$$

$$f_2 = sf_1$$

$$sL_2 = 4,44 sf_1 N_2 \Phi_m \dots \quad (2.9)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.8) ke (2.9) maka didapat persamaan :

$$E_2 = sE_2 \dots \quad (2.10)$$



Gambar 2-7 : Rangkaian Ekivalen Rotor<sup>[2]</sup>

Dimana :

$S$  = Slip

$E_2$  = tegangan induksi pada saat rotor dalam keadaan diam

$R_2$  = resistansi kumparan rotor

$X_2$  = reaktansi bocor rotor

Berdasarkan persamaan (2.6) dan (2.10) maka diperoleh rangkaian ekivalen rotor seperti pada gambar 2-7.

Besar arus rotor ( $I_2$ ) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.11)$$

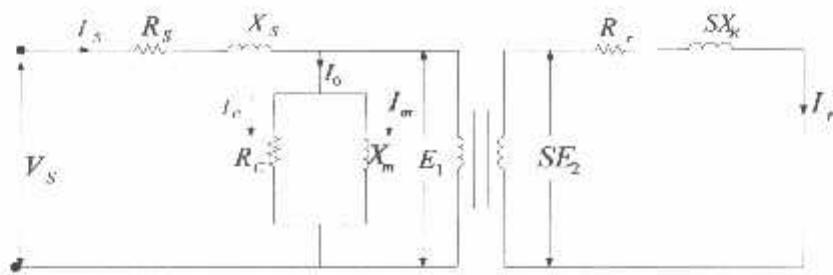
Atau

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.12)$$

#### 2.5.4. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi<sup>111</sup>

Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dapat dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu :

1. Stator sebagai sisi primer.
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang penghantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar.
3. Kopling antara sisi primer dan sisi sekunder dipisahkan oleh celah udara.



Gambar 2 – 8 a<sup>[2]</sup>

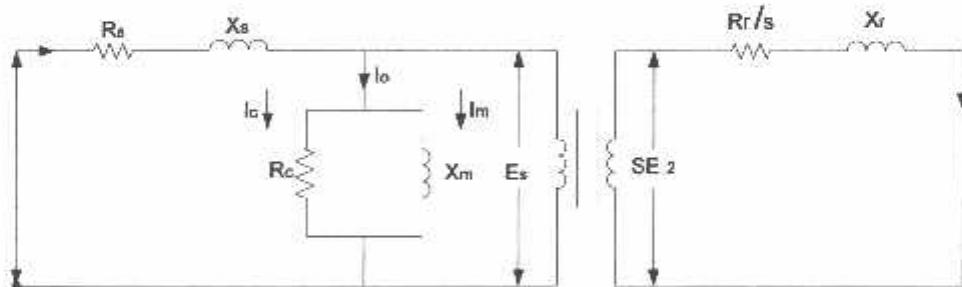
## Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Persamaan tegangan pada rangkaian rotor adalah

$$F_{2S} = I_r Z_r$$

$$SE_2 = I_r(R_r + jS X_R)$$

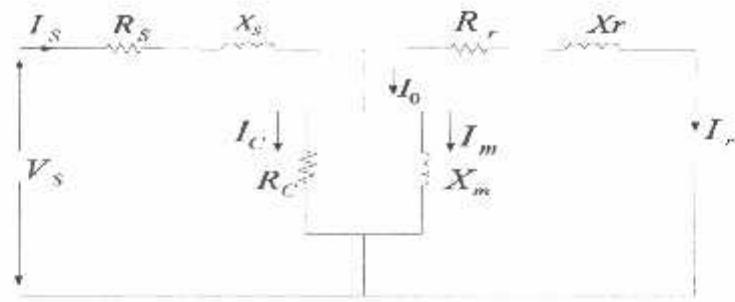
Sehingga rangkaian pengganti pada gambar diatas menjadi gambar dibawah.



**Gambar 2 – 8b<sup>[2]</sup>**

## Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

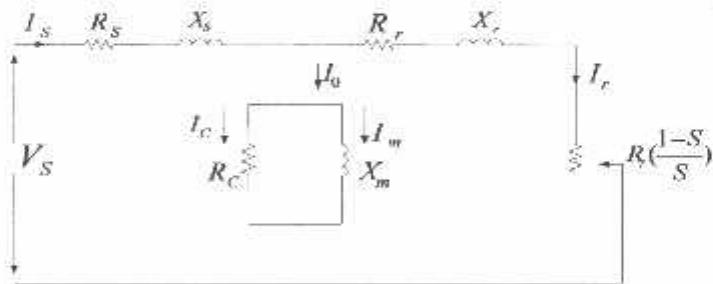
Apabila sisi primer sebagai referensi, maka rangkaian pengganti menjadi seperti pada gambar



**Gambar 2 – 8c<sup>{2}</sup>**

## Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dari rangkaian pengganti gambar diatas dapat dihitung :

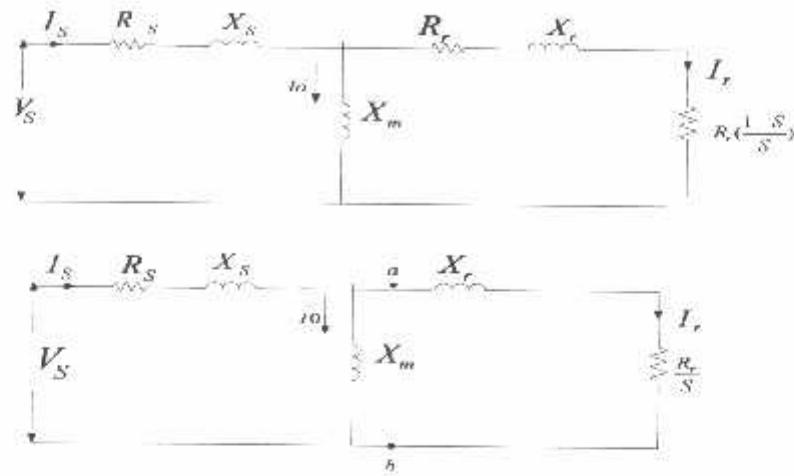


**Gambar 2 – 8d<sup>[2]</sup>**

## Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Dalam analisis rangkaian ekivalen sering disederhanakan dengan menghilangkan resistansi ( $R_C$ ), sehingga rangkaian ekivalen pada gambar dapat

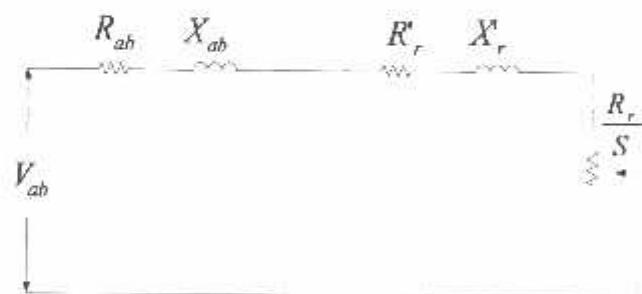
berubah seperti dibawah ini, rangkaian ekivalen motor induksi yang disederhanakan menjadi rangkaian ekivalen model T.



Gambar 2 – 8e<sup>[2]</sup>

#### Rangkaian Ekivalen Motor Induksi Model T

Untuk mempermudah perhitungan, maka rangkaian diatas dapat disederhanakan dengan menggunakan rangkaian ekivalen thevenin menjadi sebagai berikut

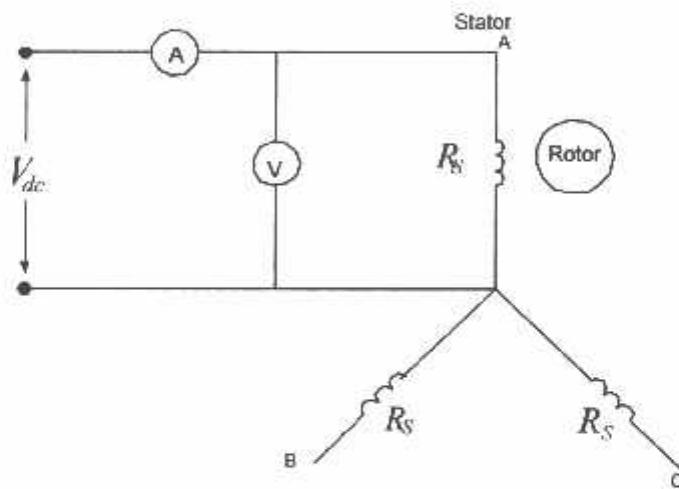


Gambar 2 - 9<sup>[2]</sup>  
Rangkaian Ekivalen Thevenin Motor Induksi

Hz, sedangkan pada waktu motor induksi dibebani harga slip jauh dibawah satu sesuai dengan besarnya beban. Selain itu pengaruh kenaikan temperatur akibat pembebangan akan mempengaruhi besaran tahan rotor.

### 2.8. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Tujuan dari pengujian arus searah (*DC Test*) adalah untuk menentukan nilai rcsistansi stator. Diagram pengukuran ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 2-10 : Rangkaian Pengujian Arus Searah (*DC Test*) [1]

Kumparan stator terhubung bintang (Y) dan bila sumber DC disuplai melalui satu kumparan (kumparan A), dengan kumparan ke dua dan ke tiga (kumparan B dan C) dalam keadaan terbuka (*open circuit*), maka nilai dari resistansi ekivalen ( $R_{ek}$ ) :

$$R_{ek} = R_s \Omega \quad \dots \dots \dots \quad (2.15)$$

untuk nilai resistansi kumparan a dan b :

$$R_{ab} = R_{ek} = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \Omega \dots \quad (2.16)$$

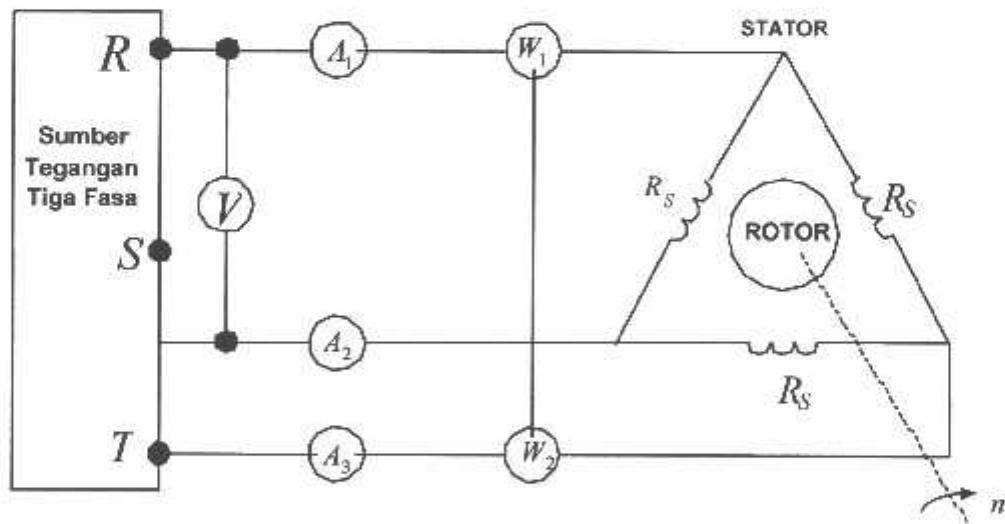
Dan nilai resistansi stator per phasa,  $R_s$  :

$$R_s = R_{br} - R_{ek} \left[ \frac{X_r + X_m}{X_m} \right]^2 \Omega/\text{phasas} \quad (2.17)$$

Dalam pengujian arus searah dijaga agar arus DC ( $I_{DC}$ ) tidak melampaui nilai dari arus nominal motor induksi.

### 2.9. Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*)

Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*) bertujuan untuk menentukan nilai resistansi rugi-rugi inti ( $R_c$ ) dan reaktansi pemagnetan ( $X_m$ ). Pada pengujian ini motor induksi disuplai pada tegangan dan frekuensi nominalnya, serta rotor berputar tanpa terhubung dengan peralatan beban dimana harga slip mendekati nol ( $s \approx 0$ ).



Gambar 2-11: Rangkaian Pengujian Tanpa Beban [1]

P<sub>3-0</sub>, daya total yang terukur dari W<sub>a</sub> dan W<sub>b</sub>:

$$P_{3-D} = W_a + W_b \quad \text{watt} \dots \quad (2.18)$$

Dengan asumsi bahwa tegangan antar phasa stator seimbang, maka tegangan phasa stator :

$I_{nl}$ , arus phasa stator :

$$I_{nl} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots \quad (2.21)$$

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{\sqrt{3} J_{nl}} \quad \dots \quad (2.22)$$

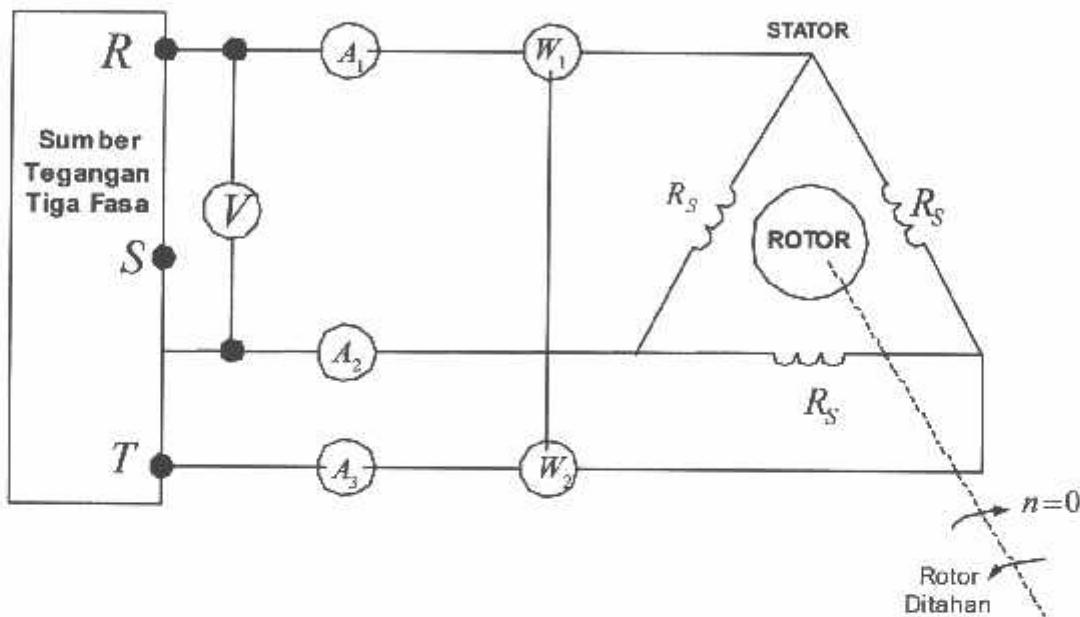
$$R_{nl} = \frac{P}{3J_w^2} \quad \dots \dots \dots \quad (2.23)$$

$$X_{nl} = \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \quad \dots \dots \dots \quad (2.24)$$

#### 2.10. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

Tujuan pengujian rotor tertahan adalah untuk menentukan resistansi rotor pada motor induksi. Pada saat pengujian ini perputaran rotor motor induksi dikunci / diblok sehingga slip(s) sama dengan satu. Suplai tegangan tiga phasa motor induksi

adalah tegangan yang nilainya di bawah tegangan nominalnya, yakni tegangan yang dapat menghasilkan arus nominalnya. Sebagai pendekatan, diasumsikan bahwa arus pemagnetan ( $I_m$ ) cukup kecil akibat penurunan suplai tegangan serta motor dalam keadaan tidak berputar ( $s=1$ ) sehingga rugi-rugi inti dapat diabaikan.



Gambar 2-12 : Simulasi Pengujian Rotor Tertahan [1]

$P_{3\phi}$ , daya total yang terukur dari  $W_a$  dan  $W_b$  :

$$P_{3\phi} = W_a + W_b \text{ watt} \dots \dots \dots (2.25)$$

Daya total tiga-phasa merupakan rugi-rugi tembaga stator dan rotor, karena motor tidak berputar maka rugi-rugi inti diabaikan.

$P_{br}$ , rugi-rugi daya per phasa :

$$P_{br} = \frac{P_{3\phi}}{3} \text{ watt/phasa} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dengan asumsi bahwa tegangan antar phasa stator seimbang, maka tegangan phasa stator :

$I_{br}$ , arus phasa stator :

$$I_{br} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots \quad (2.28)$$

$R_{ek}$ , resistansi ekivalen :

Untuk  $R_f$ , resistansi rotor berpatokan pada stator :

$Z_{br}$ , Impedansi rotor tertahan :

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{\sqrt{3}I_{br}} \text{ ohm/phasa} \dots \quad (2.31)$$

$X_{br}$ , reaktansi ekivalen :

$$X_{br} = \sqrt{(Z_{br})^2 + R_{ok}^2} \text{ ohm/phasa...} \quad (2.32)$$

Dimana :

Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal. Secara umum  $X_s$  dan  $X_r$  diasumsikan sama<sup>[5]</sup>, sehingga :

$$X_s = X_r = 0.5 X_{ek} \text{ ohm/phasa}$$

$$X_{br} = X_s + X'_r$$

### BAB III

#### SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN MATLAB / Simulink 7

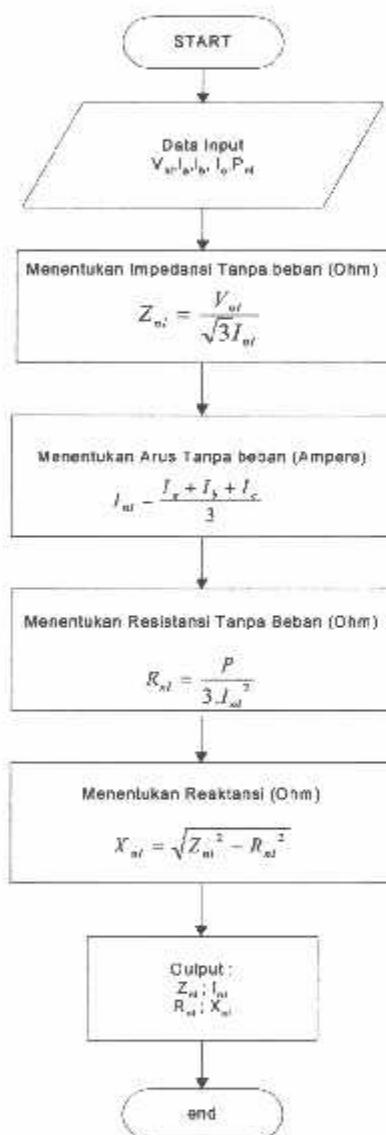
##### 3.1. Simulasi dan Proses Perhitungan MATLAB

Pada skripsi ini MATLAB di fungsikan pada perhitungan dari tiga jenis pengujian motor induksi tiga phasa yaitu pengujian DC, pengujian tanpa beban dan pengujian rotor tertahan. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan parameter motor induksi seperti tahanan stator ( $R_s$ ), tahanan rotor ( $R_r$ ), induktansi stator ( $L_s$ ), induktansi rotor ( $L_r$ ), induktansi bersama ( $L_m$ ), reaktansi stator ( $X_s$ ), reaktansi rotor ( $X_r$ ), reaktansi bersama ( $X_m$ ), yang nantinya parameter parameter tersebut digunakan sebagai nilai pada proses simulasi tiga pengujian itu sendiri untuk melihat karakteristik tegangan sumber ( $V$ ) pada tiga jenis pengujian tersebut, arus sumber ( $I$ ) pada pengujian tanpa beban dan pengujian rotor tertahan, karakteristik torsi ( $T_e$ ) pada pengujian tanpa beban dan rotor tertahan, karakteristik daya ( $P$  dan  $Q$ ) pada pengujian tanpa beban dan rotor tertahan serta melihat karakteristik putaran ( $N$ ) motor induksi pada saat pengujian tanpa beban dan rotor tertahan. Proses perhitungan dan simulasi pada skripsi ini menggunakan MATLAB 7.

### 3.3.Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test)

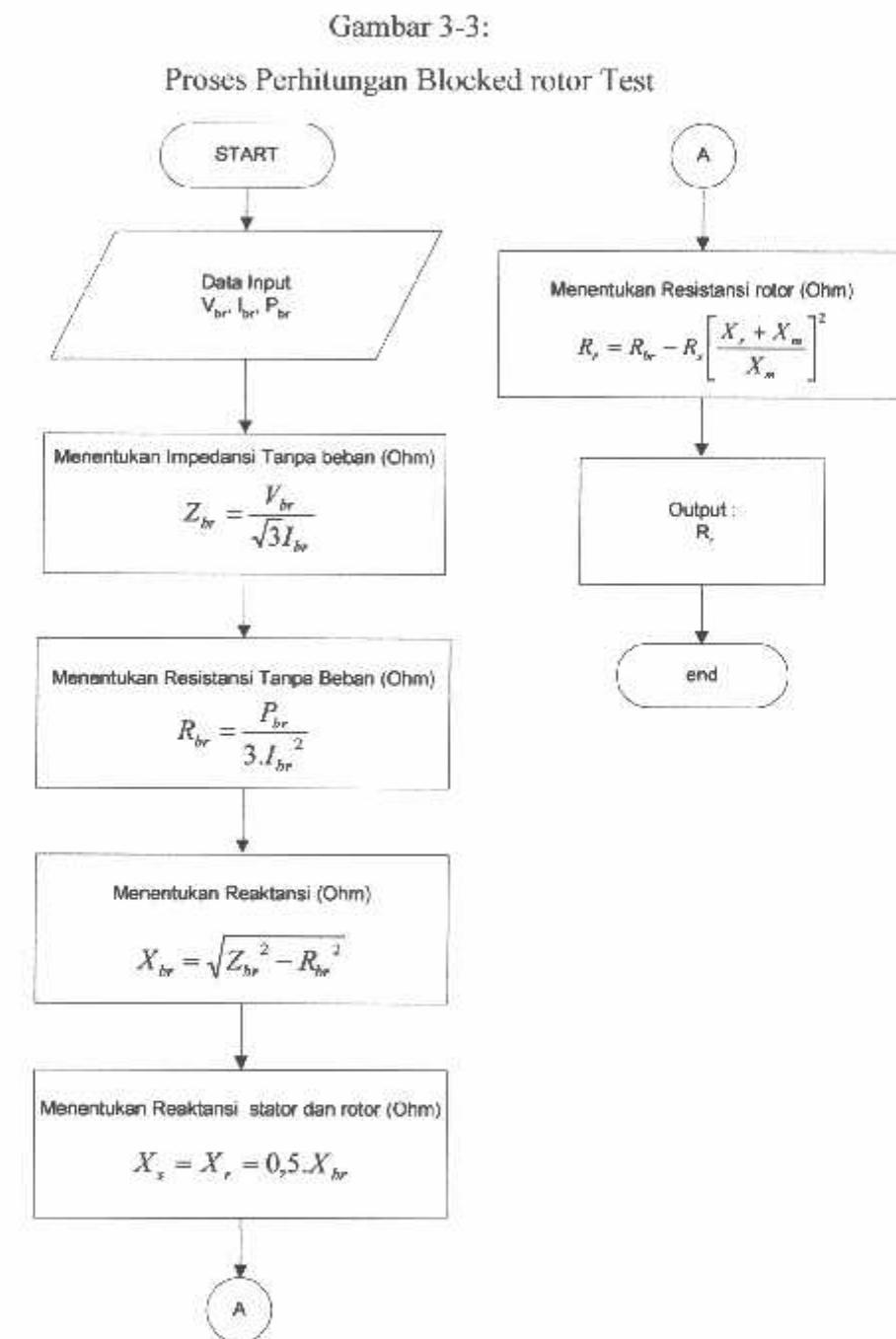
Pada pengujian tanpa beban ini (No-Load Test) adalah untuk menentukan nilai Impedansi tanpa beban ( $Z_{nl}$ ), Arus tanpa beban ( $I_{nl}$ ), resistansi tanpa beban ( $R_{nl}$ ), Reaktansi tanpa beban ( $X_{nl}$ ). Dan alur perhitungannya sesia pada flowchart berikut:

Gambar 3-2:  
Proses Perhitungan NO-Load Test



### 3.3.Pengujian Tanpa Beban (No-Load Test)

Sedangkan pada pengujian rotor tertahan yang berfungsi untuk menentukan resistansi rotor ( $R_r$ ) adalah sesuai dengan flowchart berikut:

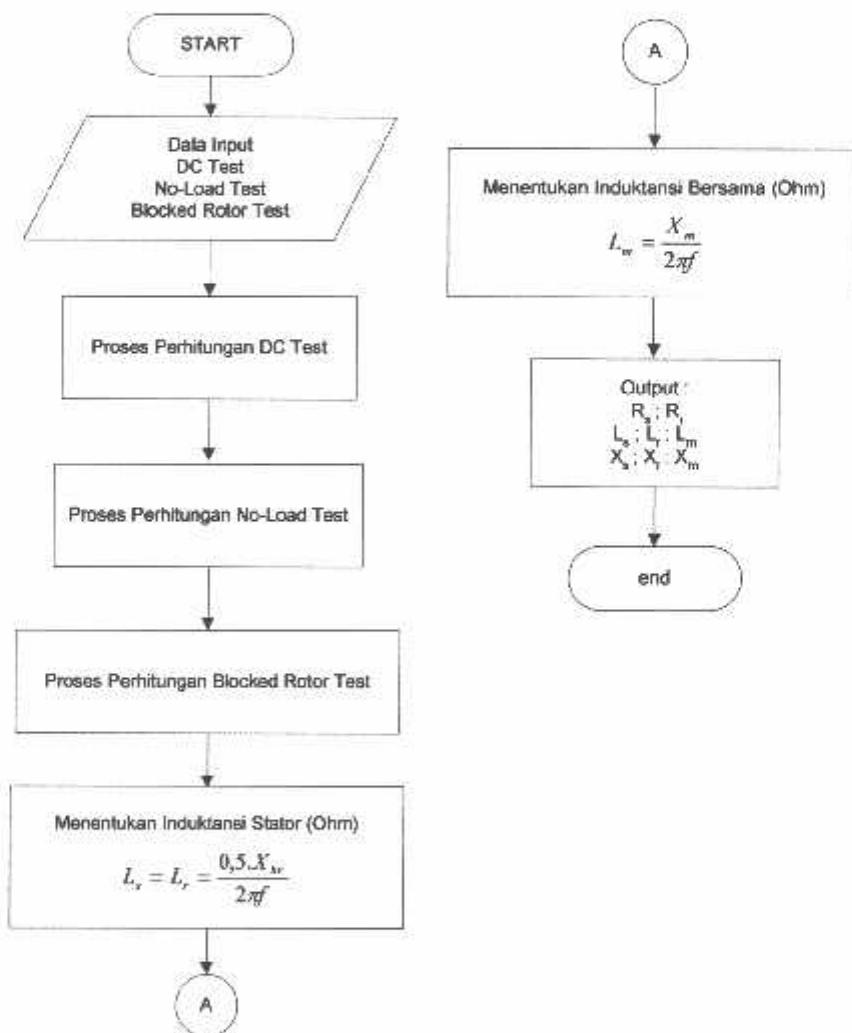


### 3.3. Proses Penentuan Parameter Secara Umum

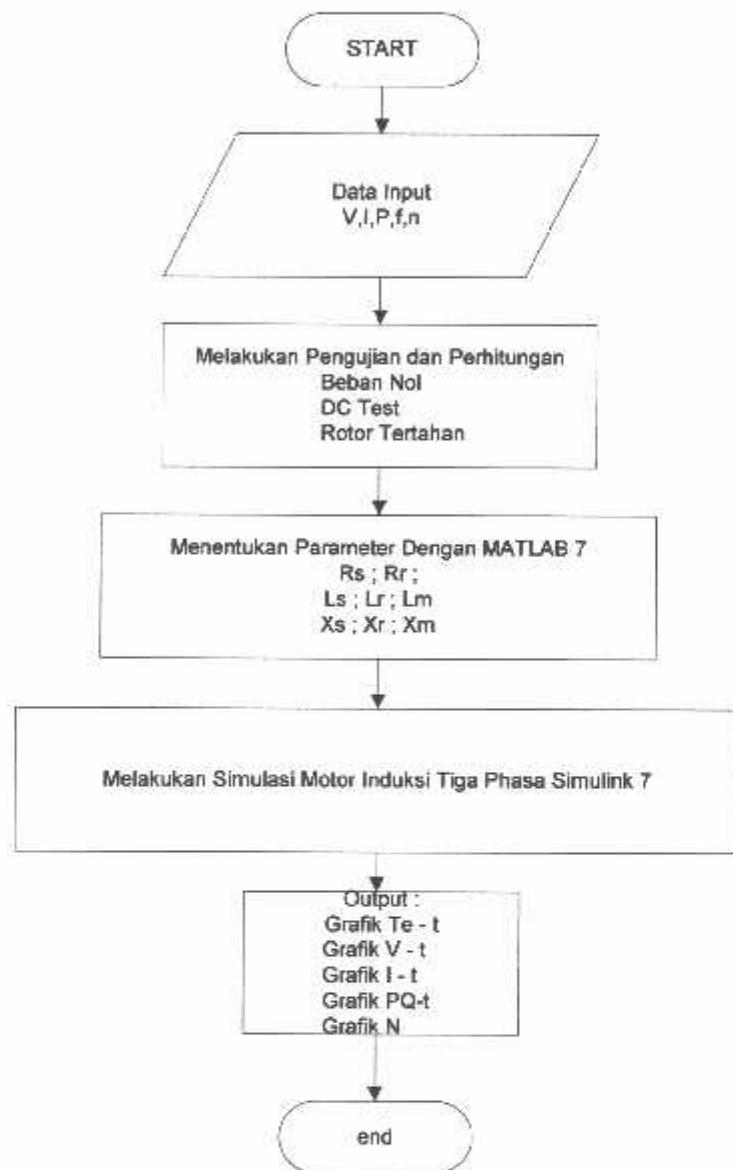
Setelah melihat tiga proses perhitungan DC Test, No-Load Test dan Blocked Rotor. Maka untuk menentukan motor induksi yaitu Resistansi Stator ( $R_s$ ), Resistansi Rotor ( $R_r$ ), Reaktansi Stator ( $X_s$ ), Reaktansi Rotor ( $X_r$ ), Reaktansi Bersama ( $X_m$ ), Induktansi stator ( $L_s$ ), Induktansi Rotor ( $L_r$ ), Induktansi Bersama ( $L_m$ ) dapat di gambarkan seperti diagram berikut:

Gambar 3-4:

Proses Penentuan Parameter Motor Induksi



### 3.5. Alur Skripsi



## BAB IV

### ANALISA DAN SIMULASI

#### 4.1. Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa.

##### 4.1.1. Alat-alat Yang Digunakan

1. Motor Induksi Tiga-Phasa DE LORENZO / DL 1021

Data papan-nama (*nameplate*) :

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| TEGANGAN   | : 220/380 ( $\Delta$ / Y ) VOLT   |
| ARUS       | : 4.3/2.5 ( $\Delta$ / Y ) AMPERE |
| COS $\phi$ | : 0,83                            |
| FREKUENSI  | : 50 HERTZ                        |
| DAYA       | : 1.1 kW                          |
| PUTARAN    | : 2830 rpm                        |
| KUTUP      | : 2 KUTUP                         |

2. Alat Ukur 1 Paket ( 3 Watt Meter + 3 Amper Meter + 3 Volt Meter)  
DELORENZO DL 1013
3. VAR Meter 1 buah
4. Tachometer
5. Edy Current Brake DELORENZO DL 1019 M
6. Power Suply DL 1013

#### 4.1.2. Analisa Data Pengujian Arus Scarah (DC Test).

**Tabel 4-1**  
**Data Hasil Pengujian DC( DC TEST )**

| Vdc (Volt) | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   |
|------------|------|------|------|------|------|
| Idc A)     | 0,85 | 1,27 | 1,56 | 1,95 | 2,23 |

Vdc didapatkan dari 5 kali pengukuran seperti pada BAB II, Vdc di ambil mulai dari 4 volt tegangan yang terkecil sampai 12 volt, sehingga mencapai Idc yang harganya mendekati I nominal dari motor induksi.

$$R_s = R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$R_{dc(1)} = \frac{12}{2,23} = 5,381165919 \Omega$$

$$R_{dc(2)} = \frac{10}{1,95} = 5,128205128 \Omega$$

$$R_{dc(3)} = \frac{8}{1,56} = 5,128205128 \Omega$$

$$R_{dc(4)} = \frac{6}{1,27} = 4,724409449 \Omega$$

$$R_{dc(5)} = \frac{4}{0,85} = 4,705882353 \Omega$$

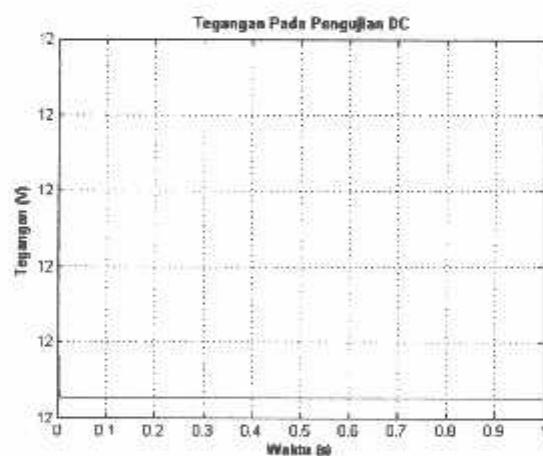
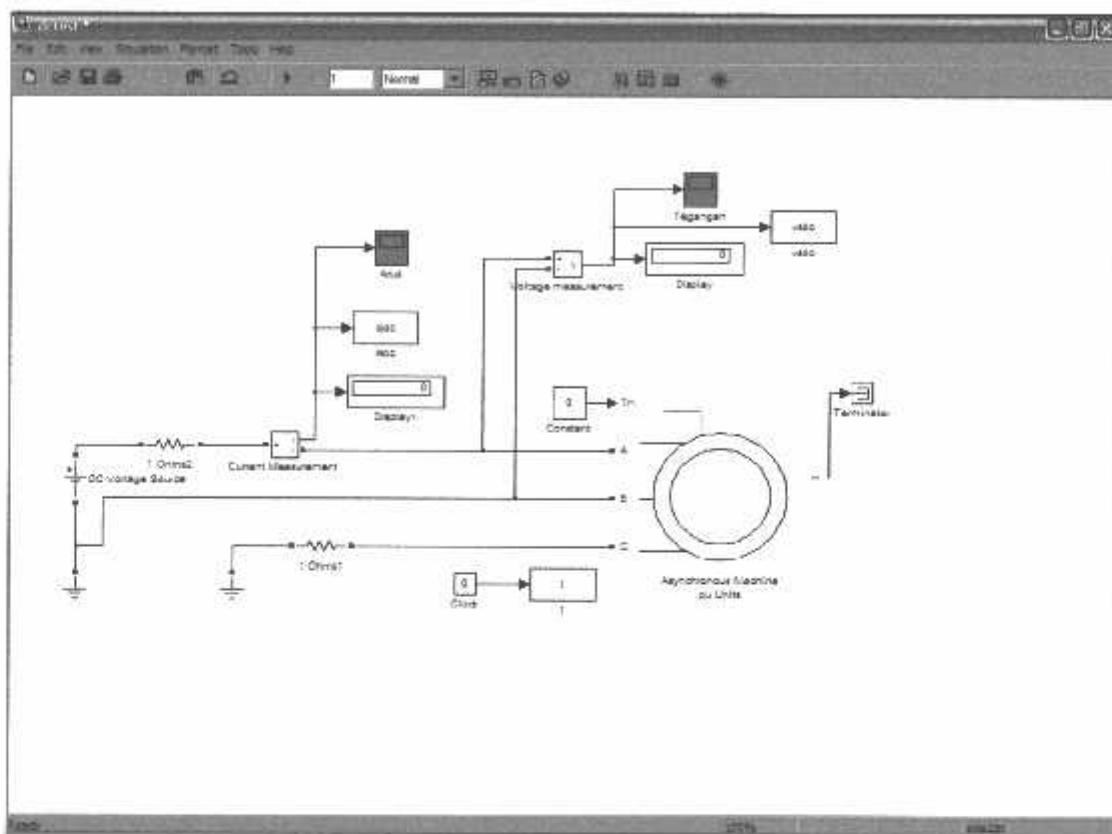
$$R_{dc\ rata-rata} = \frac{5,381 + 5,128 + 5,128 + 4,724 + 4,706}{5} = 5,0135 \ \Omega$$

$$R_s = R_{dc} = 5,0135 \ \Omega$$

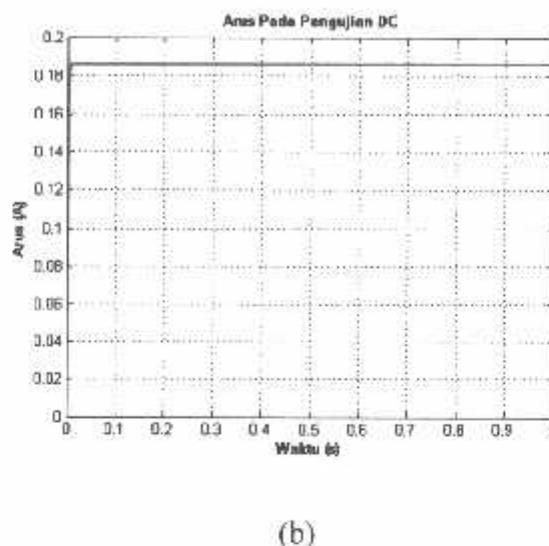
Dari proses perhitungan di atas di dapatkan parameter resistansi stator dari hasil penjumlahan Tegangan pengujian DC ( $V_{dc}$ ) dibagi dengan penjumlahan tahanan Pengujian DC ( $R_{dc}$ ) seperti pada table 4-2:

**Tabel 4-2:**  
**Hasil Perhitungan DC Test**

| $R_{dc1}$<br>( $\Omega$ ) | $R_{dc2}$<br>( $\Omega$ ) | $R_{dc3}$<br>( $\Omega$ ) | $R_{dc4}$<br>( $\Omega$ ) | $R_{dc5}$<br>( $\Omega$ ) | $R_s$<br>( $\Omega$ ) |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 5,381                     | 5,128                     | 5,128                     | 4,724                     | 4,705                     | 5,0135                |



Pada pengujian DC, tegangan sumber untuk pengukuran adalah 12 volt dalam bentuk volt dc.



(b)

**Gambar 4-1 :**  
**Simulasi Pengujian Arus Searah (DC Test)**

Pada pengujian DC arus yang di tampilkan dari simulasi adalah arus DC.

#### 4.1.3. Analisa Data Pengujian Tanpa Beban Nol (*No – Load Test*)

**Tabel 4-3:**  
**Data Hasil Pengujian Tanpa Beban (*No-Load Test*)**

| V <sub>nl</sub> (Volt) | I <sub>a</sub> (A) | I <sub>b</sub> (A) | I <sub>c</sub> (A) | P <sub>3Φ</sub> |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 220                    | 0,51               | 0,50               | 0,49               | 80              |

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{\sqrt{3}I_{nl}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 0,50} = 254,0341184 \Omega$$

$$I_{nl} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} = \frac{0,51 + 0,50 + 0,49}{3} = 0,50 \Omega$$

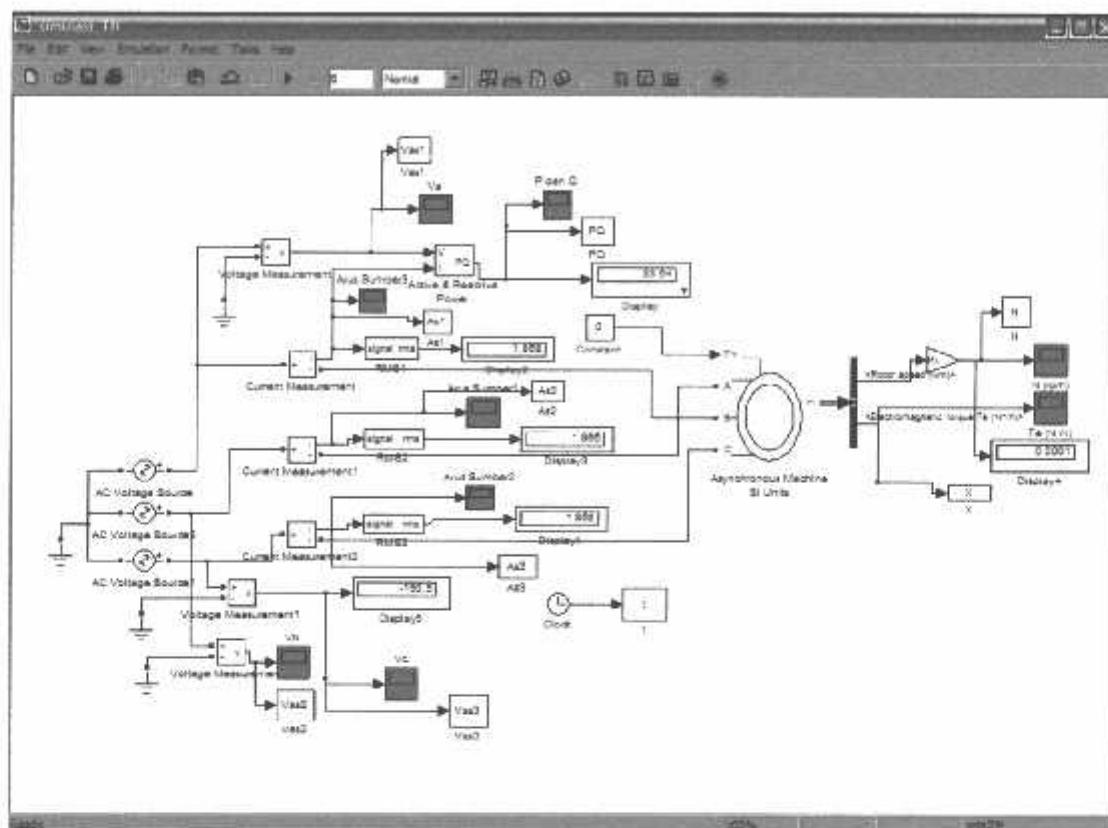
$$R_{nl} = \frac{P}{3I_{nl}^2} = \frac{80}{3(0,50)^2} = 106,666667\Omega$$

$$\begin{aligned} X_{nl} &= \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \\ &= \sqrt{254,0341184^2 - 106,666667^2} \\ &= 230,5548861\Omega \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan di atas di dapatkan variabel variabel dari Impedansi tanpa beban ( $Z_{nl}$ ), Arus tanpa beban ( $I_{nl}$ ), Resistansi tanpa beban ( $R_{nl}$ ) dan reaktansi tanpa beban seperti pada table table 4-4:

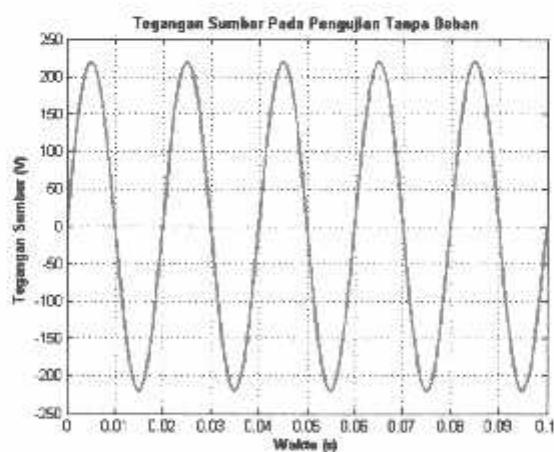
**Tabel 4-4:**  
**Hasil Perhitungan No-Load Test**

| $Z_{nl}$ ( $\Omega$ ) | $I_{nl}$ (A) | $R_{nl}$ ( $\Omega$ ) | $X_{nl}$ ( $\Omega$ ) |
|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| 220                   | 0.51         | 0.50                  | 0.49                  |



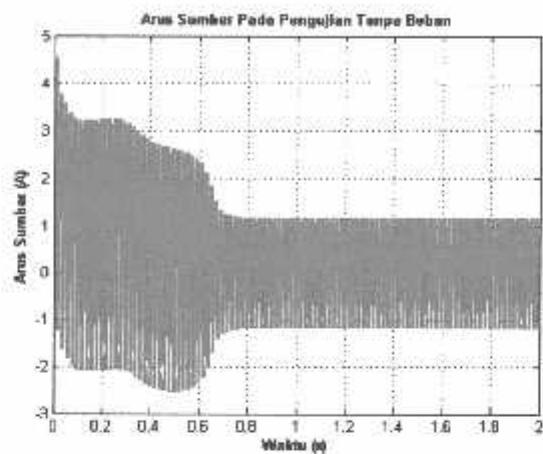
**Gambar 4-2 :**  
**Simulasi Pengujian Tanpa Beban**

Pada simulasi tanpa beban konstanta di isikan angka nol '0', ini menunjukkan bahwa saat kondisi awal dan saat berputar motor dalam kondisi tanpa beban.



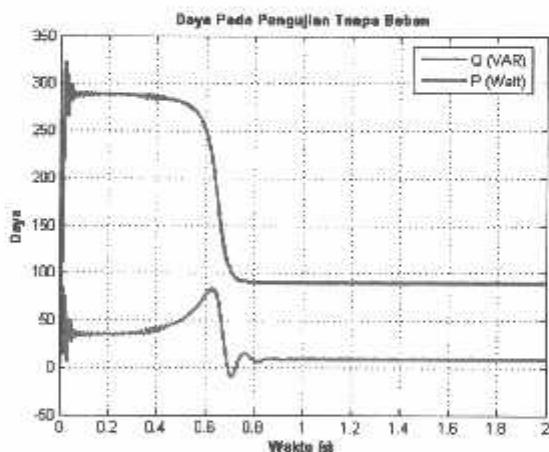
**Grafik 4-2:**  
**Karakteristik Tegangan Sumber Terhadap Waktu**

Tegangan yang tampak pada karakteristik tegangan adalah dalam bentuk sinusoida murni sebesar 220 volt sesuai sumber tegangan.



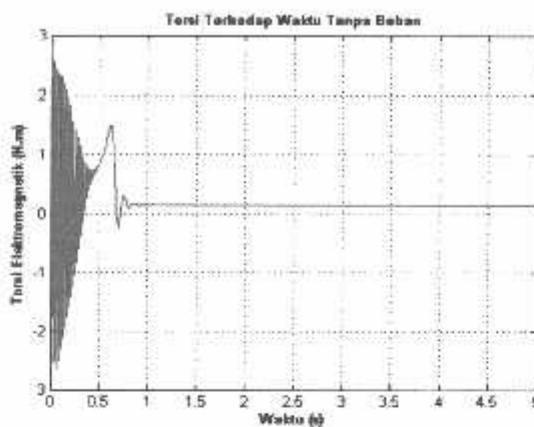
**Grafik 4-3:**  
**Karakteristik Arus Sumber Terhadap Waktu No-Load test**

Pada awal start tampak arus sangat besar ini di karenakan motor saat awal start membutuhkan arus yang besar dan arus konstan saat 0,8 detik.

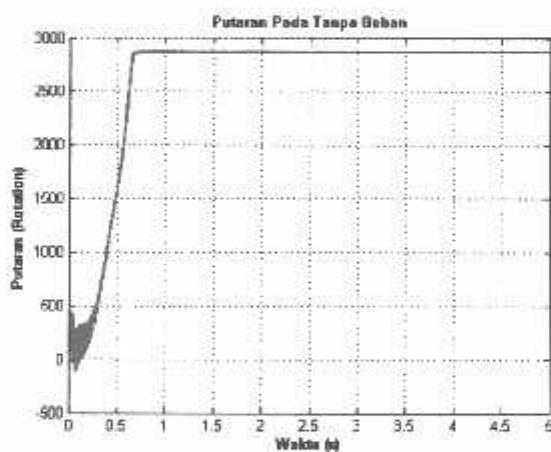


**Grafik 4-4:**  
**Karakteristik Daya Terhadap Waktu No-Load Test**

Daya aktif dan daya reaktif stabil pada 0.8 detik disebabkan karena pada saat start arus besar, sedangkan arus berpengaruh terhadap daya.

**Grafik 4-5:****Karakteristik Torsi Elektro Magnetik Terhadap Waktu No-Load Test**

Torsi elektro magnetik konstan pada 0,8 detik di sebabkan karena daya juga mengalami perubahan atau konstan pada 0,8 detik dan daya senderi terpengaruh dengan perubahan arus.

**Grafik 4-6:****Karakteristik Putaran Rotor Terhadap Waktu No-Load Test**

Pada simulasi tanpa beban awal start sampai motor berjalan dalam kondisi normal.

#### 4.1.4. Analisa Data Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked-Rotor Test*)

**Tabel 4-5:**  
**Data Hasil Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked rotor Test*)**

| V <sub>br</sub> (Volt) | I (A) | P <sub>3Φ</sub> |
|------------------------|-------|-----------------|
| 60                     | 2,26  | 190             |

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{\sqrt{3}I_{br}} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 2,26} = 15,32788325 \Omega$$

$$R_{br} = \frac{P_{br}}{3 \cdot (I_{br})^2} = \frac{190}{3 \cdot (2,26)^2} = 12,39982249 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{br} &= \sqrt{Z_{br}^2 - R_{br}^2} \\ &= \sqrt{15,32788325^2 - 12,39982249^2} \\ &= 9,01 \Omega \end{aligned}$$

$$X_{hr} = X_s + X'_r$$

$$X_s = X'_r = 0,5 \cdot X_{br} = 0,5 \cdot (9,01) = 4,505 \Omega$$

$$X_{nl} = X_s + X_m$$

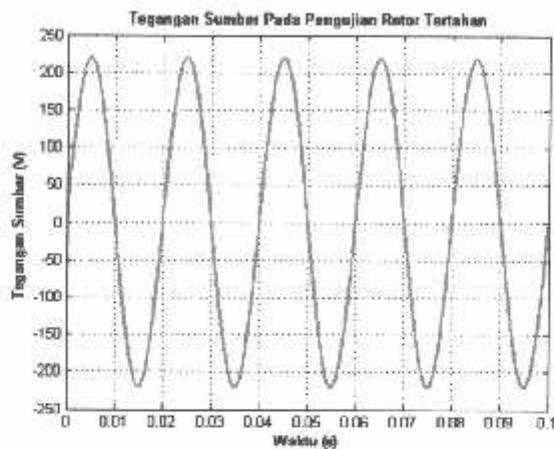
$$X_m = X_{nl} - X_s = 230,5548861 - 4,505 = 226,0572 \Omega$$

$$R_s = R_{hr} - R_s$$

$$= 12,399 - 5,0136 = 7,3854 \Omega$$

$$R'_{hr} = R \left[ \frac{X'_r + X_m}{X_m} \right]^2 = 7,3854 \left[ \frac{4,505 + 226,0572}{226,0572} \right]^2 = 7,682434 \Omega$$

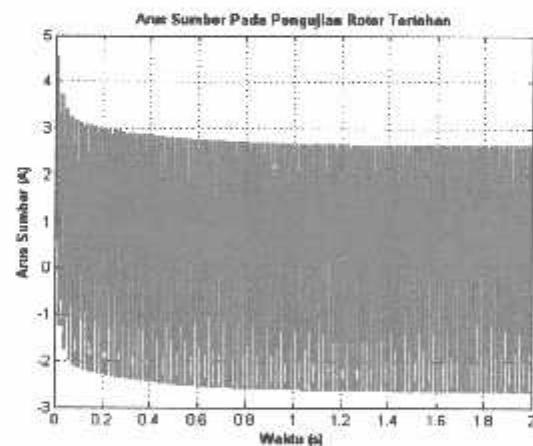
Pada simulasi rotor tertahan ini adalah dengan memasukkan angka angka pada konstanta mulai dari 0,1 dan seterusnya sampai menunjukkan motor dalam kondisi beban penuh.



**Grafik 4-7:**

#### Karakteristik Tegangan Sumber Terhadap Waktu Blocked Rotor Test

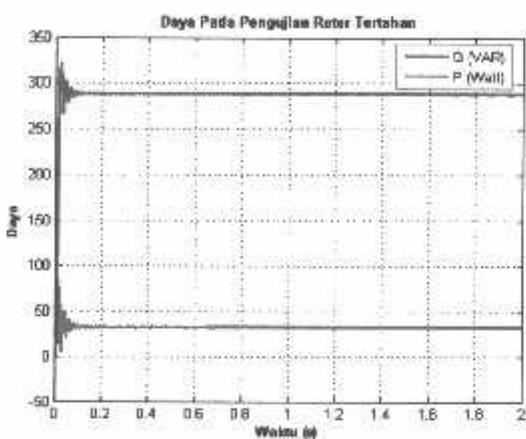
Pada simulasi rotor tertahan tegangan sumber tidak terpengaruh pada motor yang berbeban.



**Grafik 4-8:**

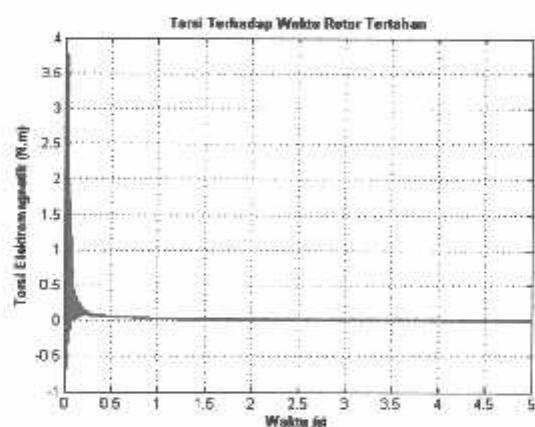
#### Karakteristik Arus Sumber Terhadap Waktu Blocked Rotor Test

Arus pada simulasi rotor tertahan mulai dari awal start sampai kondisi berputar sangat besar.



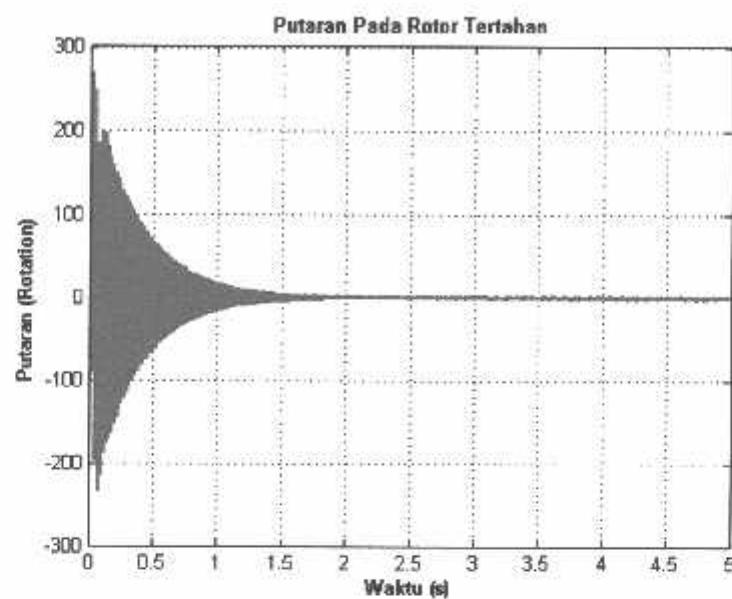
**Grafik 4-9:**  
**Karakteristik Daya Terhadap Waktu Blocked Rotor Test**

Daya aktif dan daya reaktif konstan seperti mendatar disebabkan motor yang di tahan sampai motor induksi tak berputar yang menyebakan arus yang tinggi sehingga berpengaruh pada daya yang besarnya terpengaruh oleh besarnya arus.



**Grafik 4-10:**  
**Karakteristik Torsi Elektro Magnetik N.m Terhadap Waktu**

Pada simulasi tertahan torsi elektromagnetik 0 N.m sebab motor dalam kondisi beban penuh yang menyebabkan rotor tidak berputar sehingga tidak ada torsi elektromagnetik.

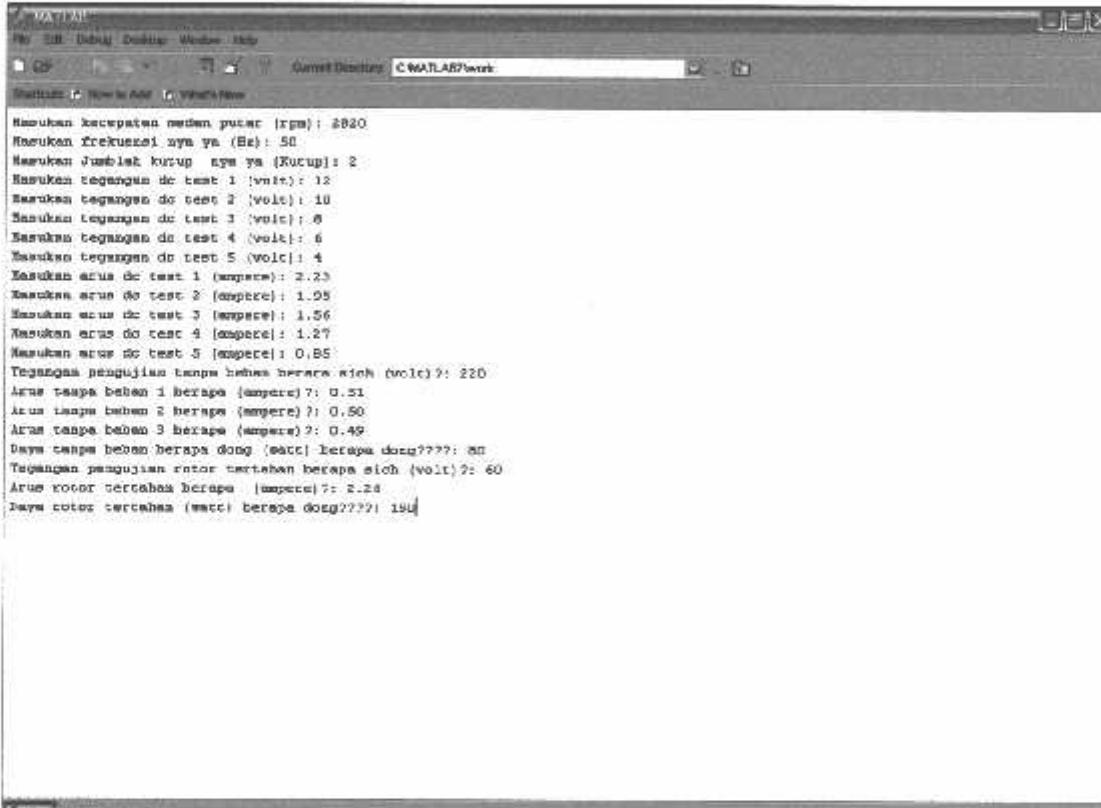


**Grafik 4-11:**  
**Karakteristik Putaran Rotor Terhadap waktu Blocked Rotor Test**

Pada karakteristik simulasi rotor tertahan bahwasanya rotor tidak berputar ini disebabkan motor berbebani penuh sehingga rotor tidak dapat berputar.

## 4.2. Proses Perhitungan Menggunakan MATLAB

Sebelum proses simulasi pengujian DC (DC Test) pada gambar 4-1, pengujian tanpa beban (No-Load Test) pada gambar 4-2, pengujian rotor tertahan (Blocked rotor test) pada gambar 4-3, proses perhitungan penentuan parameter menggunakan bahasa program dengan memasukkan data hasil pengujian dari tabel 4-1, tabel 4-3, tabel 4-5 seperti pada gambar 4-4 dan setelah run akan muncul seperti gambar 4-5 dan tabel



```

MATLAB
File Edit Debug Window Help
Current Directory C:\MATLAB\work
Matriks 1 Now in All View & New
Hasukan kecepatan medan putar (rpm): 8820
Hasukan frekuensi nya ya (Hz): 50
Hasukan jumlah kurup nya ya (Kutup): 2
Hasukan tegangan dc test 1 (volt): 12
Hasukan tegangan dc test 2 (volt): 10
Hasukan tegangan dc test 3 (volt): 8
Hasukan tegangan dc test 4 (volt): 6
Hasukan tegangan dc test 5 (volt): 4
Hasukan arus dc test 1 (ampere): 2.23
Hasukan arus dc test 2 (ampere): 1.95
Hasukan arus dc test 3 (ampere): 1.56
Hasukan arus dc test 4 (ampere): 1.27
Hasukan arus dc test 5 (ampere): 0.85
Tegangan pengujian tanpa beban berapa sih (volt)? 220
Arus tanpa beban 1 berapa (ampere)? 0.51
Arus tanpa beban 2 berapa (ampere)? 0.50
Arus tanpa beban 3 berapa (ampere)? 0.49
Daya tanpa beban berapa dong (watt) berapa dong????: 80
Tegangan pengujian rotor tertahan berapa sih (volt)? 60
Arus rotor tertahan berapa (ampere)? 2.24
Daya cotor tertahan (watt) berapa dong????: 180

```

**Gambar 4-4:**  
Proses Perhitungan Penentuan Parameter

```

Tegangan pengujian tanpa beban berapa milik (volt)?: 220
Arus tanpa beban 1 berapa [ampere]? : 0.51
Arus tanpa beban 2 berapa [ampere]? : 0.50
Arus tanpa beban 3 berapa [ampere]? : 0.49
Daya tanpa beban berapa dong [watt] berapa dong????: 60
Tegangan pengujian rotor tertahan berapa milik [volt]? : 60
Arus rotor tertahan berapa [ampere]? : 2.26
Daya rotor tertahan [watt] berapa dong????: 100
Hambatan stator Rs (ohm):
5.0136

Hambatan stator Rs (ohm):
5.0136

Hambatan rotor Rr(ohm):
7.6836

Induktansi rotor Lr(mH):
0.0143

Induktansi stator Ls(mH):
0.0143

Induktansi magnetik beraksara (mH) :
0.7196

Reaktansi Rotor Xr
4.5056

Reaktansi Stator Xs
4.5056

Reaktansi Beraksara Xm
226.0575

2nd

```

**Gambar 4-5**  
**Hasil Proses Perhitungan Penentuan Parameter**

**Tabel 4-4**  
**Tabel Hasil Perhitungan Tiga Test Motor Induksi Dengan Bahas Program**

| R <sub>s</sub><br>(Ω) | R <sub>r</sub><br>(Ω) | L <sub>s</sub><br>(H) | L <sub>r</sub><br>(H) | L <sub>m</sub><br>(H) | X <sub>s</sub><br>(Ω / Phasa) | X <sub>r</sub><br>(Ω / Phasa) | X <sub>m</sub><br>(Ω / Phasa) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 5,0136                | 7,6836                | 0,143                 | 0,143                 | 0,7196                | 4,5056                        | 4,5056                        | 226,0575                      |

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

- 1) Pada simulasi pengujian DC (DC TEST) tegangan yang di tampilkan pada karakteristik adalah sebesar 12 volt dan arus yang di hasilkan adalah 0,19 ampere.
- 2) Pada simulasi pengujian tanpa beban (NO-LOAD TEST) karakteristik besar tegangan sumber adalah 220 volt, karakteristik arus yang di hasilkan pada saat strat awal mencapai 3 ampere dan konstan pada 0,8 detik sebesar 0,87 ampere. Karakteristik daya aktif konstan pada waktu 0,8 detik dengan daya sebesar 90 Watt, Dan karakteristik daya Reaktif konstan pada waktu 1,1 detik dengan daya sebesar 10 VAR. Karakteristik Torsi elektro magnetic konstan pada 0,8 detik sebesar 0,2 N.m. Putaran rotor konstan pada 0,6 detik sebesar 2877 rpm.
- 3) Pada simulasi pengujian rotor tertahan (BLOCKED ROTOR TEST) Karakteristik tegangan sumber yang di hasilkan sebesar 220 volt, Karakterisrik arus sumber pada awal start naik sampai 3 Ampere dan konstan pada waktu 0,8 detik dengan arus sebesar 1,88 Ampere. Karakteristik daya Aktif konstan pada waktu 0,8 detik dengan daya sebesar 280 Watt, Dan daya Reaktif konstan pada waktu 0,8 detik dengan daya sebesar 35 VAR.

Karakteristik torsi elektromagnetik konstan pada 0,8 detik sebesar 0 N.m.

Karena beban yang diberikan pada motor sehingga motor tidak berputar.

## 5.2. Saran

- ✓ Semoga simulasi ini dapat digunakan sebagai bahan dasar baik untuk penulis ataupun pembaca untuk meningkatkan simulasimulasi di materi yang lain, atau peningkatanya.
- ✓ Harapan penulis hanyalah kritikan dan saran bagi pembaca karena penulis menyadari bahwasanya penulis hanyalah manusia biasa yang tak luput dari segala kekurangan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Saffet Ayasun "*Induction Motor Testt Using Matlab/Simulink and Their Integration Into Undergraduate Elektric Machinery Course*".IEEE Transactions on education, Vol. 48, No.1,February 2005.
  2. ZUHAL "*Dasar Tenaga Listrik*" Penerbit ITB Bandung.
  3. Muhammad Arhami, S.Si., M.Kom. dan Anita Desiani, S.Si.,M.Kom. "*Pemrograman MATLAB*".Penerbit Andi.
  4. Stephen J.Chapman "*Elektric Machinery and Power System Fundamental*" International Edition Mc Graw Hill.
  5. Theodore Wildi "*Electrical Machines, Drives, and Power System Fifth Edition*" International Edition, Prentice Hall
-



# *Lampiran*



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

### LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : **S U N T O R O**  
N.I.M. : **00.12.146**  
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**  
Judul Skripsi :

**SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA  
MENGGUNAKAN MATLAB / SIMULINK**

Tanggal Mengajukan Skripsi : **16 Juni 2006**

Tanggal Menyelesaikan Skripsi : **22 September 2006**

Dosen Pembimbing : **Ir.M. Abdul Hamid, MT**

Telah Di Evaluasi Dengan Nilai : **85 (Delapan Puluh Lima)**

Malang, 29 September 2006

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP. Y. 103 9500 274

Diperiksa Dan Disetujui,  
Dosen Pembimbing

Ir. M. Abdul Hamid, MT  
NIP.Y.101 8800 188



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : S U N T O R O  
N.I.M. : 00.12.146  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : SIMULASI TEST MOTOR INSUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN MATLAB / Simulink

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Hari : Jum'at  
Tanggal : 22 September 2006  
Dengan Nilai : 79 (B+)



Panitia Ujian Skripsi

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)  
Ketua Majelis Penguji

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)  
Sekretaris Majelis Penguji

Anggota Penguji

(Ir. Taufik Hidayat, MT)  
Penguji Pertama

(Irrine Budi S, ST, MT)  
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Jum'at  
Tanggal : 22 September 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : S U N T O R O
2. NIM : 00.12146
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN MATLAB / Simulink

Perbaikan meliputi :

| No | Materi Perbaikan   | Ket |
|----|--|-----|
| 1. | Abstraksi, Penulisan tabel, Penulisan Grafik, penulisan Bahasa Program |     |
| 2. | Jelaskan grafik 4-2 dan 4-5  |     |
| 3. | Kesimpulan   |     |
| 4. | Simulasi rotor tertahan ketika motor sdh berjalan misal t =7s          |     |

Disetujui / diperiksa

(Ir. H. Taufik Hidavat, MT)  
Pengaji I

(Irrine Budi S, ST, MT)  
Pengaji II

Mengetahui / menyetujui  
Dosen Pembimbing

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : S U N T O R O  
Nim : 00.12.146  
Masa Bimbingan : 16 Juni s/d 16 Desember 2006  
Judul Skripsi : SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN MATLAB/SIMULINK

| No. | Tanggal   | Uraian                 | Parap Pembimbing |
|-----|-----------|------------------------|------------------|
| 1.  | 24/7 2006 | Revisi Tujuan          | ✓                |
| 2.  | 7/8 2006  | Perbaikan flow chart   | ✓                |
| 3.  | 14/8 2006 | Keterangan grafik      | ✓                |
| 4.  | 28/8 2006 | Revisi bantuan masalah | ✓                |
| 5.  | 29/8 2006 | Perbaikan analisa      | ✓                |
| 6.  | 1/9 2006  | Revisi kesimpulan      | ✓                |
| 7.  |           |                        |                  |
| 8.  |           |                        |                  |
| 9.  |           |                        |                  |
| 10. |           |                        |                  |

Malang,  
Dosen Pembimbing,

Ir. M. ABDUL HAMID, MT  
NIP. P. 1018800188

Form.S-4b



## BERITA ACARA SEMINAR SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika\*)

|   |   |   |                                 |
|---|---|---|---------------------------------|
| 1.  | Nama Mahasiswa: <b>SUNTORO</b>   NIM: <b>0012146</b>  |   |                                 |
| 2.  | Keterangan  | Tanggal   | Waktu                           |
|   | Pelaksanaan   |   | Ruang:                          |
| Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)   |   |   |                                 |
| 3.  | a. Sistem Tenaga Elektrik<br>b. Energi & Konversi Energi<br>c. Tegangan Tinggi & Pengukuran<br>d. Sistem Kendali Industri   | e. Elektronika & Komponen<br>f. Elektronika Digital & Komputer<br>g. Elektronika Komunikasi<br>h. lainnya .....   |                                 |
| 4.  | Judul Proposal<br>yang diseminarkan<br>Mahasiswa  | <b>SIMULASI TEST MOTOR MOLESI 30 MENGGUNAKAN<br/>ANALOGI SIMULASI</b>   |                                 |
| 5.  | Perubahan Judul yang<br>diusulkan oleh Kelompok<br>Dosen Keahlian/Pengamat  |   |                                 |
| 6.  | Keputusan:<br>Dari hasil penilaian sejumlah ..... orang dosen keahlian dan ..... orang dosen pengamat sesuai format penilaian terlampir, peserta seminar tersebut diatas (1) dengan judul skripsi (4) dinyatakan LULUS/TIDAK LULUS *) dengan nilai<br><br>Komulatif: .....(angka) atau .....(huruf) |   |                                 |
| 7.  | Persetujuan Judul Skripsi   |   |                                 |
|   | Disetujui,<br>Dosen Keahlian I  |   | Disetujui,<br>Dosen Keahlian II |
|   | Disetujui,<br>Dosen Pengamat I<br>   |   | Disetujui,<br>Dosen Pengamat II |
| Mengetahui,<br>Ketua Jurusan.<br><br><b>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</b><br>NIP. P. 1039500274 |   | Disetujui,<br>Dosen Pembimbing<br><br><b>(Ir. M. Abd. Hamid, M.I)</b> |                                 |

Perhatian:

1. Keterangan: \*) Coret yang tidak perlu  
\*\*) dilingkari a, b, c, ..... atau g sesuai bidang keahlian



## FORMULIR PENDAFTARAN UJIAN SKRIPSI

|                      |  |
|----------------------|--|
| na                   | SUNTORO  |
| n                    | 00.12146   |
| ultas                | Teknologi Industri   |
| usan/Konsentrasi     | Teknik Elektro / <u>Energi Listrik</u> / T. Elektronika        |
| jang Program         | Strata Satu ( S-1 )  |
| mat di Malang        |  |
| sa penulisan Skripsi |  |
| sen pembimbing       | Ir. M. Abdul Hamid, MT   |
| ul Skripsi           | SIMULASI TEST MOTOR INDUKSI 3φ<br>MENERIMAKAN MATLAB /Simulink |

syarat yang harus dipenuhi \*\*)

| Persyaratan  | Paraf*) |
|--|---------|
| Telah mengumpulkan 140 sks dengan IPK $\geq 2$                                 |         |
| Tidak ada nilai E  |         |
| Telah menyelesaikan/mengumpulkan Laporan Praktek Kerja                         |         |
| Telah menempuh semua praktikum yang di syaratkan Jurusan                       |         |
| Mengumpulkan Buku Skripsi yang telah ditandatangani Dosen pembimbing rangkap 3 |         |
| Menyerahkan Surat Puas Bimbingan Skripsi dari pembimbing Ybs.                  |         |
| Menyerahkan kartu seminar yg di tanda tangani Jurusan                          |         |
| Telah melunasi persyaratan administrasi (kwitansi warna kuning Rp. 100.000)    |         |

Malang, Sept 2006

Mengetahui  
Kajur/Sekjur

Mahasiswa ybs,

F. YUDI LIMPRAPTONO, MT)  
NIP. Y 1039500274

( SUNTORO )

tatan :

- \* ) Diparaf Sekretaris Jurusan
- \*\*) Lampirkan bukti persyaratan yang diperlukan

```

% =====
% Simulasi Test Motor Induksi Tiga Phasa Dengan MATLAB/Simulink
% Created by SUNTORO on August 15, 2006
% Environment : Matlab Version 7.0
%
% Parameters needed:
% ns - kecepatan median putar
% Vdc1 - tegangan dc test 1
% Vdc2 - tegangan dc test 2
% Vdc3 - tegangan dc test 3
% vdc4 - tegangan dc test 4
% vdc5 - tegangan dc test 5
% ldc1 - arus dc test 1
% ldc2 - arus dc test 2
% ldc3 - arus dc test 3
% ldc4 - arus dc test 4
% ldc5 - arus dc test
% Vtb - tegangan tanpa beban test
% Wtb - daya tanpa beban test
% Itb - arus tanpa beban test
% Vrt - tegangan rotor tertahan test
% Ir - arus rotor tertahan
% Wr - daya rotor tertahan
% f - frekuensi
% Parameter calculated:
% Ls, Lm, Lr, Rr, Rs
%
% =====

echo off;
format short;
clear;
clc;

% Parameter input process
nr = input('Masukan kecepatan median putar (rpm): ');
f = input('Masukan frekuensi nya ya (Hz): ');
p = input('Masukan Jumlah kutup nya ya (Kutup): ');
Vdc1 = input('Masukan tegangan dc test 1 (volt): ');
Vdc2 = input('Masukan tegangan dc test 2 (volt): ');
Vdc3 = input('Masukan tegangan dc test 3 (volt): ');
Vdc4 = input('Masukan tegangan dc test 4 (volt): ');
Vdc5 = input('Masukan tegangan dc test 5 (volt): ');
ldc1 = input('Masukan arus dc test 1 (ampere): ');
ldc2 = input('Masukan arus dc test 2 (ampere): ');
ldc3 = input('Masukan arus dc test 3 (ampere): ');
ldc4 = input('Masukan arus dc test 4 (ampere): ');
ldc5 = input('Masukan arus dc test 5 (ampere): ');
Vtb = input('Tegangan pengujian tanpa beban (volt)?: ');
Itb1 = input('Arus tanpa beban 1 berapa (ampere)?: ');
Itb2 = input('Arus tanpa beban 2 berapa (ampere)?: ');
Itb3 = input('Arus tanpa beban 3 berapa (ampere)?: ');
Wtb = input('Daya tanpa beban berapa dong (watt) ?????: ');
Vrt = input('Tegangan pengujian rotor tertahan berapa (volt)?: ');
Ir = input('Arus rotor tertahan berapa (ampere)?: ');
Wr = input('Daya rotor tertahan berapa dong (watt) ?????: ');

```

```
% perhitungan Slip S
ns = (120*f)/p;
S = (ns-nr)/ns;
Rdca = Vdc1/ldc1;
Rdcb = Vdc2/ldc2;
Rdcc = Vdc3/ldc3;
Rdce = Vdc4/ldc4;
Rdcf = Vdc5/ldc5;
Rdc = (Rdca+Rdcb+Rdcc+Rdce+Rdcf)/5;
```

```
Ptb = Wtb;
Itb = (Itb1 + Itb2 + Itb3) /3;
Ztb = Vtb/(1.732*Itb);
Rtb = Ptb/(3*(Itb^2));
Xtb = ((Ztb^2)-(Rtb^2))^(1/2);
```

```
Prt = Wrt;
Zrt = Vrt/(1.732*Irt);
Rrt = Prt/(3*(Irt^2));
Xrt = ((Zrt^2)-(Rrt^2))^(1/2);
Xr = 0.5*Xrt;
Xs = Xr;
Xm = Xtb-Xs;
Rs = Rdc;
R = (Rrt-Rs);
Rr = R*((Xtb/Xm)^2);

Lr = Xr/(2*pi*f);
Ls = Xr/(2*pi*f);
Lm = Xm/(2*pi*f);
```

```
disp('Hambatan stator Rdc (ohm):'); disp(Rdc);
disp('Hambatan stator Rs (ohm):'); disp(Rs);
disp('Hambatan rotor Rr(ohm):'); disp(Rr);
disp('Induktansi rotor Lr(mH):'); disp(Ls);
disp('Induktansi stator Ls(mH):'); disp(Lr);
disp('Induktansi magnetik bersama (mH) :'); disp(Lm);
disp('Reaktansi Rotor Xs'); disp(Xr);
disp('Reaktansi Stator Xs'); disp(Xs);
disp('Reaktansi Bersama Xm'); disp(Xm);
```

---