

ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFFISIENSI MOTOR INDUKSI 3PHASA

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan
Memenuhi Syarat-Syarat Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*



Disusun Oleh :

AGUNG SEPTA UTOMO

00.12.126

**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
Mei 2009**

ANALISA PERENCANAAN, PELAKSANAAN DAN KONTROL
TEKNIK TERHADAP KUALITAS MOTOR INDIKSI SPILAS

DAFTAR ISI

Daftar Isi
Kata Pengantar

DAFTAR ISI
KATA PENGANTAR
00.00.00

DAFTAR ISI
KATA PENGANTAR
00.00.00

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN
KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFISIENSI
MOTOR INDUKSI 3 FASA**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat-Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

AGUNG SEPTA U

00.12.126

Diperiksa dan disetujui

**Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing I**

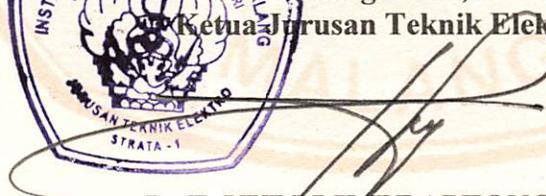
**Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing II**


Ir. TEGUH HERBASUKI, MT
NIP. Y. 103 890 0209


Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 102 840 0082



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**


Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP. P.103 950 0274

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAK SEIMBANGAN TERHADAP EFFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA

Agung Septa Utomo
Ir. Teguh Herbasuki, MT
Bambang Prio H., ST. MT
e-mail: a_gungsepta@yahoo.com
Teknik Elektro Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2
Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang
Website : www.itn.ac.id e-mail: itn@itn.ac.id

ABSTRAK

Analisa pengaruh fluktuasi dan ketidak seimbangan terhadap efisiensi motor induksi 3 fasa pada Matlab 7.0.1. Dalam analisis ini dilakukan dengan bantuan simulasi menggunakan simulink. Analisa pengaruh fluktuasi dan ketidak seimbangan terhadap efisiensi motor induksi 3 fasa, merupakan metode analisa untuk mengetahui berapa besar pengaruh gangguan fluktuasi tegangan dan ketidakseimbangan tegangan pada motor induksi 3 fasa.

Analisa dilakukan menggunakan Matlab Simulink 7.0.1 Dari simulasi yang dijalankan, maka diketahui hasil simulasi dari rangkaian tersebut adalah arus stator, kecepatan, dan torsi.

Pada saat kondisi tanpa gangguan efisiensi yang didapat adalah 86,012, kemudian ketika salah satu fasa mengalami gangguan maka efisiensi menjadi turun. Semakin besar ketidakseimbangan fasa maka efisiensi akan semakin turun. Efisiensi paling rendah adalah saat ketidakseimbangan sebesar 25%, efisiensi yang didapat adalah 85,956. Pada saat tegangan normal yaitu 220 efisiensi yang didapatkan sebesar 86,2, kemudian saat tegangan mengalami kenaikan sebesar 5%, maka effisiensinya naik menjadi 86,5, sedangkan saat terjadi penurunan tegangan sebesar 5%, maka effisiensinya akan turun, semakin tegangan turun maka efisiensi akan semakin turun. Dari analisa simulasi diperoleh kesimpulan yaitu semakin kecil nilai tegangan masukan maka akan berpengaruh terhadap kinerja motor yaitu juga berkurangnya arus, kecepatan, daya keluaran dari motor, dan juga efisiensi motor. Pada saat tegangan seimbang efisiensi yang didapat sebesar

Kata Kunci: *Analisa, Motor Induks, efisiensi.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, "**ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TEGANGAN TERHADAP EFFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 PHASA**". Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang guna mengakhiri pendidikan pada jenjang strata satu jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusunnya skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

7. **Prof.Dr.Ir.Abraham Lomi, MSEE** selaku rektor ITN Malang.
8. **Ir. Sidik Noertjahjono, MT**, selaku Dekan FTI ITN Malang
9. **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
10. **Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT**. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
11. **Ir. Teguh Herbasuki, MT**, selaku bapak dan dosen pembimbing I.
12. **Bpk.Bambang Prio H, ST, MT**, selaku bapak dan dosen pembimbing II.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, Februari 2009
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman:
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Pembahasan.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TEORI DASAR MOTOR INDUKSI	
2.1. Teori Dasar Motor Induksi	6
2.2. Konstruksi Motor Induksi.....	6
2.2.1 Stator.....	7
2.2.1 Rotor.....	8
2.3. Medan Putar.....	8

2.4.	Prinsip kerja Motor Induksi	9
2.5.	Slip dan frekwensi	11
2.6.	Rangkaian ekivalen motor induksi.....	12
2.6.1	Rangkaian ekivalen rotor.....	13
2.6.2	Rangkaian ekivalen stator.....	18
2.6.3	Daya Motor Induksi.....	20
2.7	Menentukan Parameter-Parameter motor.....	20
2.7.1	DC Test.....	21
2.7.2	Pengujian Tanpa beban.....	20
2.7.3	Pengujian rotor tertahan.....	23
2.8	Operasi Motor Induksi.....	26
2.8.1	Performa Stedy State.....	26
2.8.1	Performa transient.....	26
2.9	Karakteristik T-S.....	27
2.10	Effisiensi Motor Induksi.....	28
2.11	Gangguan pada motor.....	30
2.11.1	Fluktuasi tegangan.....	30
2.11.2	Ketidakseimbangan tegangan.....	32

BAB III PEMODELAN MOTOR INDUKSI 3FASA

3.1.	Mathlab Simulink	37
3.2.	Pemodelan motor induksi 3 fasa.....	39
3.3.	pengujian parameter motor induksi 3 fasa.....	47
3.3.1	Alat-alat yang digunakan.....	47
3.3.2	Pengujian Arus searah.....	47

3.3.3 Pengujian tanpa beban.....	48
3.3.4 Pengujian rotor tertahan.....	49
3.5. Analisa parameter Motor induksi	50

BAB IV HASIL ANALISA

4.1. Hasil simulasi motor induksi	54
4.2. Simulasi fluktuasi dan ketidakseimbangan tegangan.....	56
4.2.1 Hasil simulasi fluktuasi tegangan.....	57
4.2.3 Hasil simulasi ketidakseimbangan tegangan	64

BAB V KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan.....	70
5.2. Saran.....	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman
2.1 Konstruksi motor induksi.....	6
2.2. Stator motor induksi 3 fasa.....	6
2.3. Rotor Belitan dan Rotor sangkar	7
2.4. Medan Putar pada motor induksi.....	8
2.5. Karakteristik slip dan kecepatan motor induksi.....	11
2.6. Rangkaian ekivalen motor induksi per fasa, dengan asumsi rasio $a =$ 1.....	12

2.7. Rangkaian ekivalen rotor motor induksi	14
2.8. Rangkaian ekivalen lain dari rotor motor induks.....	15
2.9. Rangkaian ekivalen rotor motor yang dibebani	16
2.10. Rangkaian ekivalen motor induksi	16
2.11 Rangkaian ekivalen motor induksi per fasa dengan sisi primer sebagai referensi	17
2.12. Rangkaian ekivalen lain motor induksi per fasa dengan sisi primer sebagai referensi	17
2.13. Rangkaian pengujian tahanan stator.....	21
2.14. Rangkaian ekivalen pengujian beban nol	23
2.15 Rangkaian ekivalen pengujian rotor tertahan	23
2.16. Kurva Karakteristik T ~ S	..28
2.17 Proses kehilangan energi.....	20
3.1. Simulink Library Pada MATLAB	37
3.2. Contoh Penggunaan Simulink	38
3.3. Contoh Blok Motor Induksi 3 Fasa	57
3.4. Tampilan Model Fisik Yang Ada Di Dalam Blok Motor Induksi 3 Fasa	39
3.5. Blok Sumber Tegangan 3 fasa	
3.6. Tampilan Model Fisik Yang Ada Di Dalam Blok Motor Induksi 3 Fasa	42
3.7. Rangkaian Di Dalam Blok Rotor	42
3.8. Rangkaian Di Dalam Blok stator	42
3.9. Tampilan pada Mutual Fluxe	43

3.10. Rangkaian abc to dq conversion	43
3.11. Rangkaian dq to abc conversion	44
3.12. Rangkaian pengujian Arus searah (DC Test).....	48
3.13. Rangkaian ekivalen pengujian Tanpa Beban.....	49
3.14. Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan.....	49
4.1 . Parameter Sumber Tegangan 3 Fasa.....	54
4.2 . Parameter Motor Induksi 3 Fasa 1,1 Kw	54
4.3 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa seimbang.....	56
4.4 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat fasa tidak seimbang 5%.....	56
4.5 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat fasa tidak seimbang 10%.....	57
4.6 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat fasa tidak seimbang 15%.....	57
4.7 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat fasa tidak seimbang 20%.....	58
4.8 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat fasa tidak seimbang 25%.....	58
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 231 volt.....	60
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 220 volt.....	60
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 209 volt.....	61
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 198 volt.....	61
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 187 volt.....	62
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 176 volt.....	62
4.9 . Hasil Simulasi tegangan motor pada saat V = 165 volt.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
2-1 Tabel Standar besarnya reaktansi berbagai jenis desain rotor	24
2-2 Tabel jenis Kehilangan pada Motor Induksi	28
3-1 Tabel jenis Block Tranfer Function	37
3-2 Data Hasil Pengujian Arus Searah	47
3-3 Data Hasil Pengujian Data Hasil Pengujian Beban Nol	48
3-4 Data Hasil Pengujian Data Hasil Pengujian Motor Rotor tertahan	49
3-5 Data Hasil Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga fasa	52
4-1 Tabel hasil simulasi motor induksi kondisi tegangan tidak seimbang	58
4-2 Tabel hasil simulasi motor induksi saat fluktuasi tegangan	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar belakang

Motor induksi adalah salah satu jenis peralatan listrik yang digunakan dalam industri, terinterkoneksinya motor induksi pada system tenaga listrik sangat berpengaruh pada sisi produsen ataupun pada sisi konsumen. Karena pengaruhnya sangat besar pada sistem ini, maka dibutuhkan motor listrik yang mempunyai efisiensi yang sangat baik. ⁽¹⁾

Tingkat kualitas energi listrik sangat berpengaruh pada efisiensi motor induksi serta penggunaan energi listrik yang tersedia. Daya listrik yang dikonsumsi melalui motor listrik merupakan daya output yang dihasilkan dan rugi-rugi daya dari motor induksi tersebut. Perubahan power quality berefek pada perubahan rugi-rugi daya yang akhirnya menyebabkan perubahan pada efisiensi motor induksi itu sendiri. ⁽³⁾

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Tetapi jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak pada factor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan factor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor. ⁽²⁾

Dalam permasalahan ini, akan dianalisa pengaruh fluktuasi dan ketidakseimbangan Tegangan pada efisiensi motor induksi. Dengan harapan Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan

untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor. Juga hasilnya dapat digunakan untuk analisis penghematan energi listrik dan akhirnya dapat menentukan efisiensi motor induksi tersebut.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana pengaruh gangguan fluktuasi tegangan terhadap efisiensi motor induksi 3 fasa ?
2. Bagaimana pengaruh gangguan ketidakseimbangan tegangan terhadap efisiensi motor induksi 3 phasa ?

1.3 Tujuan

Menganalisa pengaruh efisiensi motor induksi 3 fasa dengan tingkat gangguan naik turun tegangan dan ketidakstabilan tegangan.

1.4 Batasan masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan skripsi ini dibatasi sebagai berikut :

1. Analisa menggunakan Matlab simulink 7.0.1
2. Percobaan yang dilakukan adalah menganalisa unjuk kerja motor induksi 3 phasa saat terjadi gangguan – gangguan.
3. Gangguan meliputi naik turun tegangan dan ketidak seimbangan tegangan.
4. Analisa dilakukan pada Motor Induksi Tiga Phasa Rotor Sangkar DE LORENZO/DL1021, 1,1 kW, 220/380 (Δ/Y) Volt, 4,3/2,5 (Δ/Y) Ampere, $\cos \phi$ 0,83, 50 Hz, 2820 rpm, 2 kutup di Laboratorium Konversi Energi ITN Malang.

5. Tidak membahas sistem proteksi motor
6. tidak membahas harmonisa
7. Tidak membahas kompensasi

1.5 Metodologi Pembahasan

1. Kajian pustaka, yaitu bahan untuk memahami prinsip kerja dari motor induksi 3 phasa dan metode yang digunakan dalam analisa.
2. Pengumpulan data
3. Pengumpulan data melalui percobaan motor induksi 3 phasa dengan pengujian arus searah (DC Test), pengujian rotor tertahan (Block Rotor Test), dan pengujian tanpa beban (No Load Test).
4. Membuat blok Matlab Simulink 7.0.1 untuk mendapatkan grafik nilai efisiensi motor induksi 3 phasa.
5. Menjalankan simulasi Matlab Simulink 7.0.1 serta melakukan analisa efisiensi motor induksi.
6. Menarik kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembahasan di dalam skripsi ini akan diuraikan dalam lima bab, yang penjabarannya adalah sebagai berikut :

Bab I PENDAHULUAN

Membahas penjelasan latar belakang masalah, menjelaskan permasalahan permasalahan yang dihadapi dan penyelesaian yang di ambil, maksud dan tujuan, batasan masalah yang menjelaskan tentang rancangan sistem yang akan di analisa, serta menjelaskan sistematika pembahasan.

Bab II TEORI DASAR

Membahas tentang berbagai macam teori dasar yang mendukung dalam motor induksi 3 phasa sebagai objek yang akan disimulasikan

Bab III Menganalisa Pengaruh Fluktuasi dan ketidakseimbangan tegangan terhadap efisiensi motor induksi 3phasa.

Membahas tentang fluktuasi dan ketidakseimbangan tegangan pada motor induksi 3 phasa

Bab IV Analisa dan hasil simulasi

Membahas tentang pengujian parameter motor induksi dan memasukkan parameter motor pada program **MATLAB SIMULINK**. Menganalisa serta menarik kesimpulan hasil efisiensi motor induksi pada saat terjadi gangguan fluktuasi dan ketidakseimbangan tegangan.

Bab V PENUTUP

Merupakan bagian akhir dari laporan skripsi ini yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Teori Dasar Motor Induksi.

Motor arus bolak-balik (Motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak.⁽³⁾

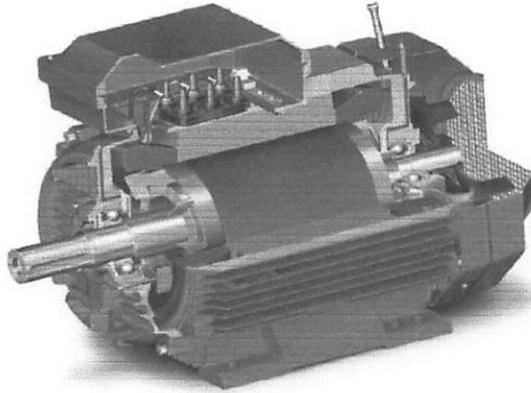
Dinamakan motor tak serempak (asynchrone) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.

Motor induksi polyphase banyak dipakai dikalangan industri. Ini berkaitan dengan beberapa keuntungannya, yaitu⁽³⁾

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 :

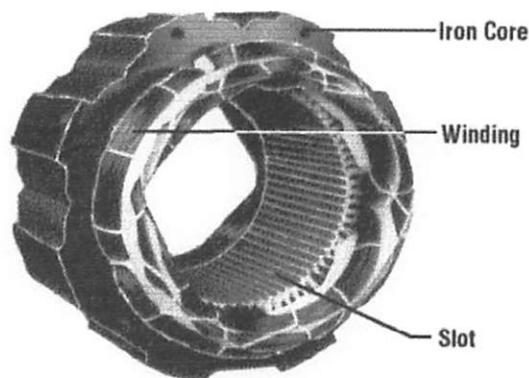


Gambar 2.1 ⁽³⁾
Konstruksi Motor Induksi

2.2.1. Stator

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

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



Gambar 2.2 ⁽³⁾
Stator Tiga-Phasa Motor Induksi



Figure 1
Detailed description of the diagram.

Page 1 of 1

This diagram illustrates the structure of a cell, showing the nucleus and surrounding cytoplasm.

The nucleus is located in the center of the cell and contains genetic material.

The cytoplasm is the fluid-filled space between the nucleus and the cell membrane.

The cell membrane is the outer boundary of the cell.

The diagram shows the relative positions of these structures within the cell.

The labels indicate the different parts of the cell.

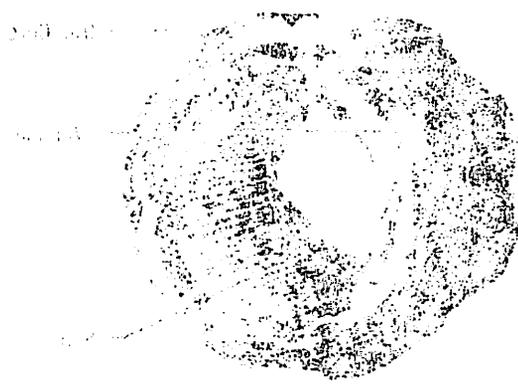


Figure 2
Detailed description of the diagram.

2.2.2. Rotor

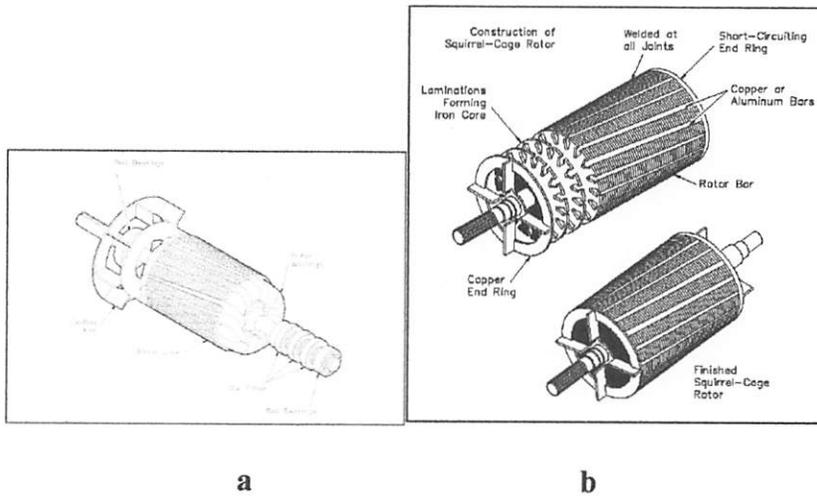
Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

- a. 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.

- b. Rotor sangkar (squirrel cage rotor).

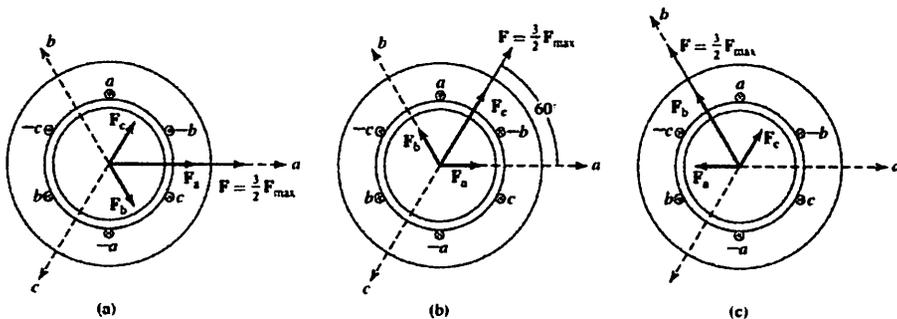
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai.



Gambar 2-3 : (3)
a) Rotor belitan
b) Rotor sangkar

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 fasa banyak, umumnya tiga fasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.



Gambar 2.4⁽⁴⁾
Medan Putar Pada Motor Induksi

Medan putar terjadi apabila kumparan A-a, B-b, C-c dihubungkan tiga fasa dengan beda fasa masing-masing 120° (hubungan bintang, Y) dan dialiri arus sinusoida. 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 resultan yang dihasilkan pada t_1 . Dari gambar 2-4 b tersebut terlihat bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali^[4].

2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi^[4]

Adapun prinsip kerja motor induksi 3 fasa mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Jika sumber tegangan 3 phasa disuplai ke kumparan medan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan :

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

2. Medan putar tersebut akan memotong batang-batang penghantar pada rotor (setelah memotong celah udara).
3. Akibatnya pada rotor akan timbul tegangan induksi (ggl) sebesar :

$$E_r = 4,44 f_2 N_2 , \text{ dengan}$$

E_r = tegangan induksi pada saat rotor berputar

Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka tegangan ggl induksi (E) akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.

4. Bila kopel (torque) mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
5. 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)
6. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (S) dinyatakan dengan:

$$S (\%) = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

7. Bila $n_r = n_s$, maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel.

Kopel motor akan timbul apabila n_r lebih kecil dari n_s .

8. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

2.5. Slip dan frekuensi

Perubahan kecepatan putaran motor induksi (n_r) mengakibatkan berubahnya harga slip dari 100% saat start sampai 0% pada saat motor diam ($n_r = n_s$).

Hubungan frekuensi dengan slip dapat didefinisikan sebagai berikut :

Bila f_1 = frekuensi jala-jala,

$$n_s = \frac{120f_1}{P} \quad \text{atau} \quad f_1 = \frac{pn_s}{120}$$

Pada rotor berlaku hubungan :

$$f_2 = \frac{p(n_s - n_r)}{120} \quad \text{atau} \quad f_2 = \frac{pn_s}{120} \times \frac{n_s - n_r}{n_s}; \quad f_2 = \text{frekuensi arus rotor}$$

karena

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad \text{dan} \quad f_1 = \frac{pn_s}{120}, \quad \text{maka} \quad f_2 = f_1 \times S$$

Pada saat start $S = 100\%$, maka $f_2 = f_1$

Dengan demikian terlihat bahwa pada saat start dan rotor belum berputar frekuensi pada stator dan rotor sama. Dalam keadaan rotor berputar, frekuensi arus rotor dipengaruhi oleh slip ($f_2 = f_1$).

Karena tegangan induksi dan reaktansi kumparan rotor merupakan fungsi frekuensi, maka harganya turut pula dipengaruhi oleh slip.

Kenyataan ini dapat didefinisikan oleh persamaan-persamaan :

$$E_r = 4,44 f_2 N_2 \Phi_m$$

$$E_r = 4,44 S f_1 N_2 \Phi_m \quad \text{atau} \quad E_r = E_2$$

Dan $X_r = 2\pi f_2 L_r$

$$X_r = 2\pi S f_1 L_r \quad \text{atau} \quad X_r = S X_2$$

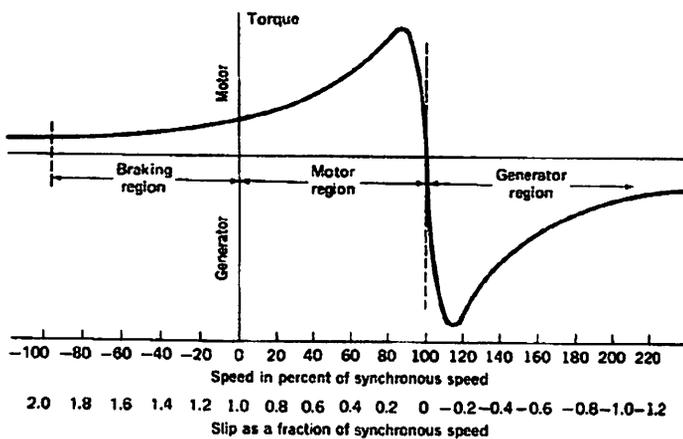
Dengan

E_2 = tegangan induksi pada saat start (diam).

E_r = tegangan induksi pada saat rotor berputar.

X_r = reaktansi pada saat rotor berputar.

X_2 = reaktansi pada saat start (diam).

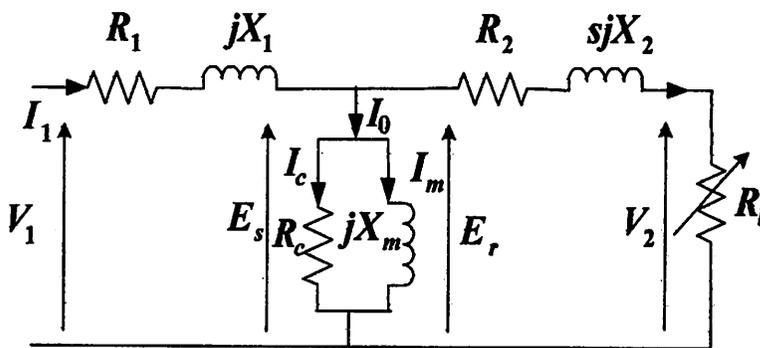


Gambar 2.5

Karakteristik slip dan kecepatan dari motor induksi tiga fasa^[3]

2.6. Rangkaian ekivalen motor induksi

Pada prinsipnya proses "induksi" yang terjadi pada motor induksi hampir sama seperti pada transformator yang berbeban resistif, sehingga penggambaran rangkaian ekivalen motor induksi berdasarkan rangkaian ekivalen transformator, dimana stator identik dengan sisi primer transformator. Perbedaan yang mendasar antara keduanya adalah transformator merupakan mesin listrik statis, sedangkan motor induksi adalah mesin listrik dinamis. Rangkaian ekivalen motor induksi per fasa diperlihatkan pada gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.6

Rangkaian ekivalen motor induksi per fasa, dengan asumsi rasio $a = 1$ ^[4]

Keterangan gambar :

V_1 = Tegangan suplai ke kumparan stator (Volt) per fase

I_1 = Arus beban yang mengalir pada kumparan stator (Ampere) per fase

R_1 = Resistansi kumparan stator (Ω) per fase

X_1 = Reaktansi kumparan stator (Ω) per fase

I_0 = Arus penguatan (Ampere) per fase

I_c = Arus rugi inti (Ampere) per fase

I_m = Arus pemagnetan (Ampere) per fase

R_c = Resistansi rugi inti (Ω) per fase

X_m = Reaktansi pemagnetan (Ω) per fase

E_s = Tegangan yang diindusikan ke kumparan stator (Volt) per fase

E_r = Tegangan yang diindusikan ke kumparan rotor (Volt) per fase

R_2 = Resistansi kumparan rotor (Ω) per fase

X_2 = Reaktansi kumparan rotor (Ω) per fase

I_2 = Arus pada sisi rotor (Ampere) per fase

V_2 = Tegangan pada sisi beban (volt) per fase

R_b = Resistansi beban (Ω) per fase

S = Slip

Dari gambar 2.5 di atas (dengan menganggap $R_b=0$), dapat dituliskan persamaan:

$$V_1 = E_s + I_1 (R_1 + jX_1) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$E_r = I_2 Z_2 = I_2 (R_2 + jSX_2) \dots\dots\dots(2.4)$$

2.6.1 Rangkaian ekivalen rotor

Ketika motor dibebani, maka akan mengalir arus I_2 sebesar :

$$I_2 = \frac{E_r}{\sqrt{(R_2)^2 + (sX_2)^2}} \dots\dots\dots(2.5)$$

di mana : s = slip

Persamaan di atas dapat juga ditulis sebagai :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{(R_2)^2 + (sX_2)^2}} \dots\dots\dots(2.6)$$

di mana :

R_2 adalah komponen tetap (fixed) dan sX_2 adalah komponen yang bervariasi (Variabel).

$$E_2 = E_1' = E_2/a \quad \text{dan} \quad a = N_1/N_2$$

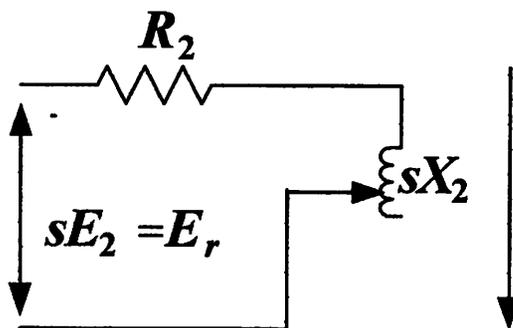
dimana :

a = Perbandingan transformasi

N_1 = Banyaknya lilitan kumparan stator

N_2 = Banyaknya lilitan kumparan rotor

Rangkaian ekivalen rotor motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.7 berikut ini:



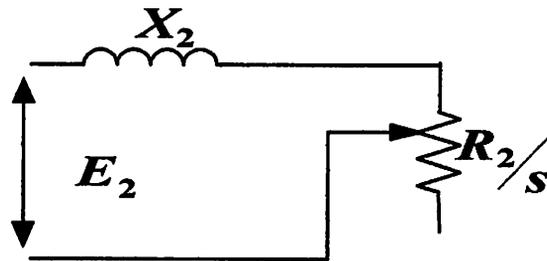
Gambar 2.7
Rangkaian ekivalen rotor motor induksi^[4]

- Tegangan/ggl induksi ($E_2 + 4,44 N_2 f \Phi_{maks}$) di sisi rotor dipengaruhi oleh perbedaan frekuensi dari sisi stator, karenanya dikalikan slip.

Atau :

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{(R_2/s)^2 + (X_2)^2}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Rangkaian ekivalen lain rotor motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.8
Rangkaian ekivalen lain dari rotor motor induksi^[4]

X_2 adalah komponen tetap (fixed) dan R_2/s adalah komponen yang bervariasi

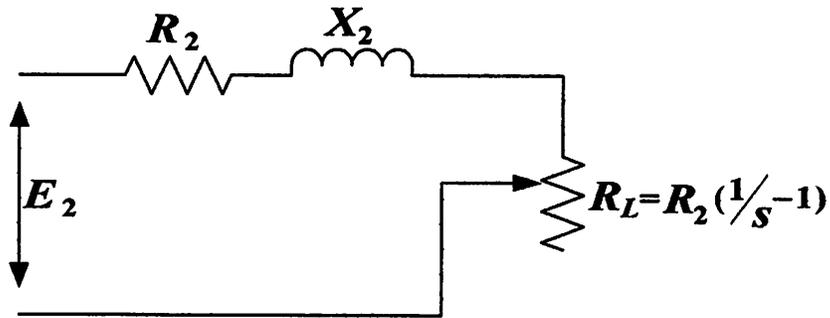
(variabel), karena $R_2/s = R_2 + R_2(1/s - 1)$, di mana :

R_2 = resistansi rotor

$R_2(1/s - 1) =$ resistansi beban (R_b) dengan asumsi beban motor bersifat non-

induktif (resistif), sehingga rangkaian ekivalen rotor dapat digambarkan sebagai :

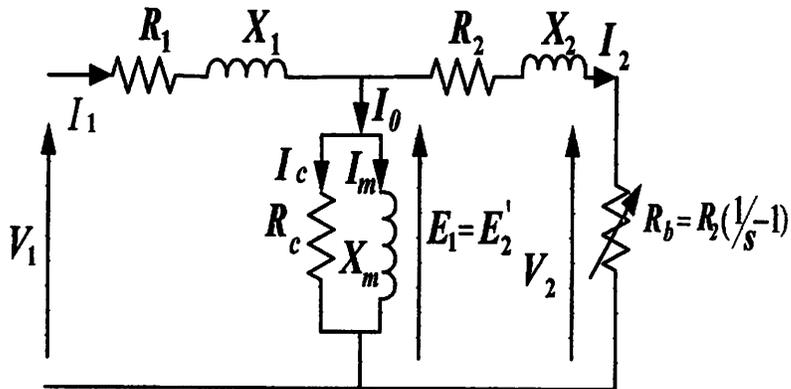
Rangkaian ekivalen rotor motor yang dibebani diperlihatkan pada gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.9

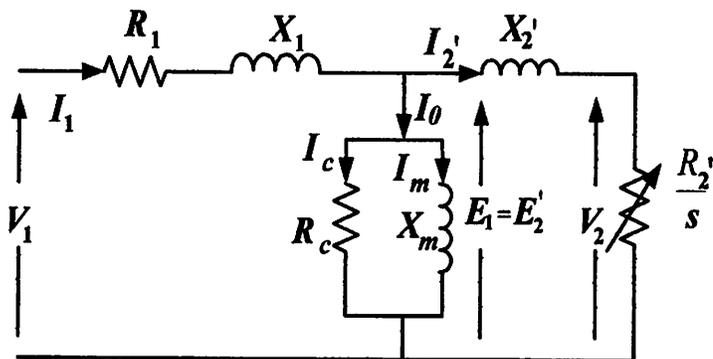
Rangkaian ekivalen rotor motor yang dibebani^[4]

Dari gambar 2.9 di atas, rangkaian ekivalen per fasa dari motor induksi 3 fasa dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.10

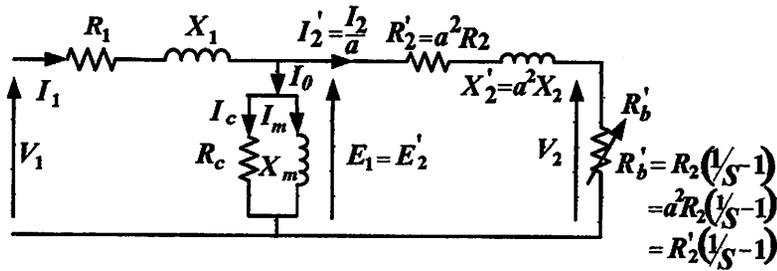
Rangkaian ekivalen motor induksi^[4]



Gambar 2.11

Rangkaian ekivalen motor induksi per fasa dengan sisi primer sebagai referensi^[4]

Atau :



Gambar 2.12

Rangkaian ekivalen lain motor induksi per fasa dengan sisi primer sebagai referensi^[4]

2.5.2 Analisa Rangkaian Ekivalen Sebenarnya Dari Rangkaian Ekivalen Pada Gambar 2.12

Dari rangkaian ekivalen gambar 2.12 maka didapat :

1. Impedansi rangkaian stator (Z_1):

$$Z_1 = (R_1 + jX_1) = \sqrt{(R_1^2 + X_1^2)} \angle \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1} \text{ per fasa dalam ohm (2.8)}$$

2. Impedansi Rangkaian Penguat (Z_0):

$$Z_0 = \frac{1}{Y_0} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_0}\right) + j\left(\frac{1}{X_0}\right)} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_0}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_0}\right)^2}} \angle \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1} \text{ (2.9)}$$

3. Impedansi Rotor yang dipindahkan ke stator :

$$Z_2' = \frac{R_2'}{s} + jX_2' = \sqrt{\left(\frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_2')^2} \angle \tan^{-1} \left[\frac{X_2'}{\left(\frac{R_2'}{s}\right)} \right] \text{ (2.10)}$$

4. Impedansi total pada rangkaian yang diberikan ke sumber tegangan V_1 :

$$Z_{total} = Z_1 + \frac{Z_0 \cdot Z_2'}{Z_0 + Z_2'} = |Z_{total}| \angle \phi \text{ per fasa dalam ohm (2.11)}$$

5. Arus stator :

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_{total}} = |I| \angle \phi \quad \text{per fasa dalam ampere} \dots\dots\dots (2.12)$$

6. Daya input stator :

$$P_1 = 3V_1 I_1 \cos \phi \quad \text{per fasa dalam watt} \dots\dots\dots (2.13)$$

7. Faktor daya input :

$$(\text{pf})_{input} = \cos \phi = \frac{P_1}{3V_1 I_1} \quad \text{per fasa} \dots\dots\dots (2.14)$$

8. Arus yang mengalir pada rotor :

$$I_2' = I_1 \frac{Z_0}{Z_0 + Z_2} \quad \text{per fasa dalam ampere} \dots\dots\dots (2.15)$$

9. Arus beban nol :

$$I_0 = I_1 \frac{Z_2'}{Z_0 + Z_2'} \quad \text{per fasa dalam ampere} \dots\dots\dots (2.16)$$

10. Rugi tembaga stator :

$$P_{cur} = I_1^2 R_1 \quad \text{per fasa dalam watt} \dots\dots\dots (2.17)$$

11. Rugi inti :

$$P_c = I_0^2 R_0 \quad \text{per fasa dalam watt} \dots\dots\dots (2.18)$$

12. Daya input rotor :

$$P_2 = (I_2')^2 \frac{R_2'}{s} = I_1^2 \cdot R_{AB} \quad \text{per fasa dalam watt} \dots\dots\dots (2.19)$$

13. Rugi tembaga rotor :

$$P_{cur} = (I_2')^2 R_2' = s P_2 \quad \text{per fasa dalam watt} \dots\dots\dots (2.20)$$

14. Daya output kotor (gross output) :

$$P_m = (I_2')^2 R_2' \left[\frac{(1-S)}{S} \right] = (1-S) P_2 \text{ per fasa dalam watt} \dots\dots\dots (2.21)$$

15. Torsi motor: $T = \frac{P_o}{2\pi \cdot n_r / 60} \dots\dots\dots (2.22)$

16. Effisiensi :

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.23)$$

2.5.3 Daya Motor Induksi

Dengan memperhatikan model rangkaian pada gambar 2.12, maka :

Daya masuk stator :

$$P_1 = 3V_1 I_1 \cos \varphi \dots\dots\dots (2.24)$$

Daya masuk rotor (terdapat pada celah udara) :

$$P_2 = 3E_1 I_2' \cos \varphi \quad \text{atau}$$

$$P_2 = 3(I_2')^2 a^2 \left[R_2 + R_2 \left(\frac{1-S}{S} \right) \right]$$

$$P_2 = 3(I_2')^2 a^2 \left(\frac{R_2}{S} \right) \dots\dots\dots (2.25)$$

Daya keluaran rotor (daya mekanik pada rotor termasuk rugi geser dan angin)

$$P_m = 3(I_2')^2 a^2 R_2 \left(\frac{1-S}{S} \right) \dots\dots\dots (2.26)$$

Rugi tembaga rotor :

$$P_{cu} = 3(I_2')^2 R_2 \dots\dots\dots (2.27)$$

Jadi,

$$P_2 : P_m : P_{cu} = 1 : (1-S) : S \dots\dots\dots (2.28)$$

Dengan demikian diperoleh cara menghitung yang lebih cepat.

Daya keluaran rotor dapat juga diperoleh dari daya masuk rotor dikurangi rugi

tembaga rotor : $(P_m = P_2 - P_{cu})$

2.7. Menentukan Parameter-Parameter Motor Induksi

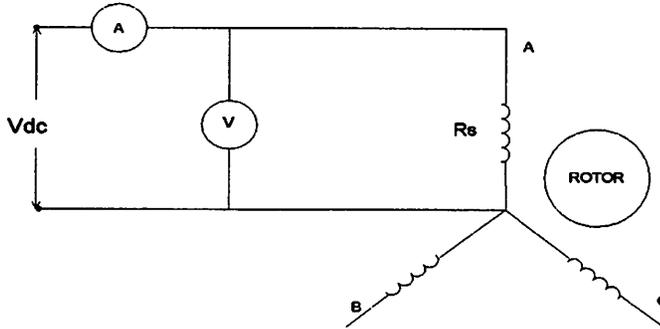
Parameter-parameter yang terdapat dalam untaian ekivalen seperti $R_0, X_0, R_1, X_1, R_2, X_2$ dapat ditentukan dengan hasil-hasil pengujian tanpa beban motor induksi, pengujian blok rotor dan pengujian tahanan stator motor induksi.

2.7.1 Menentukan Tahanan Stator Motor Induksi (DC Test)

Pengujian tahanan stator ini dilakukan pada motor induksi yang akan dijadikan obyek penelitian. Sumber tegangan DC diberikan pada dua buah terminal input motor. Arus DC kemudian akan mengalir ke rangkaian belitan stator motor induksi. Dalam hal ini yang mengalir adalah arus DC, maka tidak ada arus yang diinduksikan ke rotor sehingga pada rangkaian rotor pun tidak akan mengalir arus. Dari kondisi ini dapat disimpulkan bahwa yang hanya membatasi aliran arus pada rangkaian stator adalah tahanan belitan stator itu sendiri, sehingga nilainya dapat ditentukan.

Dalam hal ini, rangkaian stator motor terhubung bintang, sehingga sumber DC dihubungkan ke dua dari tiga terminal motor induksi. Arus DC kemudian secara otomatis hanya akan mengalir pada 2 dari 3 belitan stator motor induksi, sehingga nilai resistansi yang terukur adalah 2 kali nilai tahanan belitan ($2R_1$).

Rangkaian pengujian tahanan stator ini menggunakan model rangkaian seperti pada gambar 2.12 berikut ini :



Gambar 2.13

Rangkaian pengujian tahanan stator^[3]

Dari bentuk rangkaian pengujian di atas terlihat bahwa bentuk hubungan kedua belitan tersebut adalah hubungan seri, sehingga :

$$R_s = R_{DC} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} \dots\dots\dots (2.29)$$

Nilai R_s yang didapat hanya merupakan nilai pendekatan, karena pada kondisi operasi normal, motor induksi diberikan pasokan tegangan arus bolak-balik yang dapat menimbulkan efek kulit (skin effect) yang mempengaruhi

2.7.2. Pengujian Tanpa Beban Motor Induksi (No Load Test)^[3]

Pengujian tanpa beban motor induksi, seperti halnya pengujian hubung buka pada transformator, akan memberikan informasi mengenai arus eksitasi dan rugi-rugi rotasional. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan suatu nilai tegangan seimbang ke belitan stator pada nilai frekuensi rated. Dalam kondisi ini, rotor motor induksi harus tidak terkopel dengan suatu beban mekanis. Nilai-nilai rugi-rugi pada saat beban nol dapat diasumsikan sama dengan nilai rugi-rugi motor pada saat berbeban ringan, dengan besar tegangan dan frekuensi rated.

Pengujian ini untuk mengukur rugi-rugi putaran dan arus magnetisasi. Pada keadaan tanpa beban (beban nol), beban yang dipikul hanyalah rugi-rugi angin dan gesekan. Dari data instrument ukur dapat ditentukan parameter-parameter (per fasa) :

Untuk arus tanpa beban (I_{TB}) diperoleh persamaan :

$$I_{TB} = \frac{I_{TB1} + I_{TB2} + I_{TB3}}{3} \dots\dots\dots (2.30)$$

sedangkan impedansi tanpa beban persamaannya adalah :

$$Z_{tb} = \frac{V_{tb}}{\sqrt{3} \cdot I_{tb}} \dots\dots\dots (2.31)$$

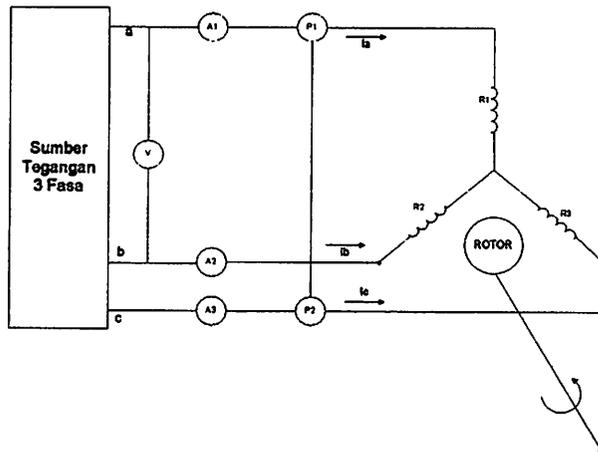
Untuk persamaan resistansi dalam keadaan tanpa beban diperoleh :

$$R_{TB} = \frac{P_{3\phi}}{3 \cdot I_{TB}^2} \dots\dots\dots (2.32)$$

sedangkan reaktansi dalam keadaan tanpa beban diperoleh :

$$X_{TB} = \sqrt{Z_{TB}^2 - R_{TB}^2} \dots\dots\dots (2.33)$$

Rangkaian ekivalen pengujian beban nol ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut:

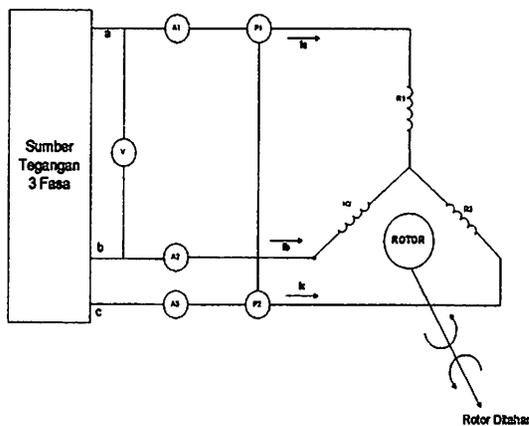


Gambar 2.14
Rangkaian ekivalen pengujian beban nol^[5]

2.7.3 Pengujian Rotor Tertahan Motor Induksi (Blocked Rotor Test) ^[3]

Pengujian blok rotor dimaksudkan untuk mendapatkan beberapa parameter dalam rangkaian ekuivalen motor induksi, antara lain arus, daya serta faktor daya. Waktu hubung singkat juga karakteristik dari daya dan arus hubung singkat sebagai fungsi tegangan yang disuplai ke rotor.

Rangkaian ekuivalen pengujian rotor tertahan dapat diamati pada gambar 2.14 berikut ini :



Gambar 2.15
Rangkaian ekuivalen pengujian rotor tertahan ^[4]

Untuk mendapatkan arus rotor tertahan (I_{RT}) dari pengujian didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$I_{RT} = \frac{I_{KI1} + I_{KI2} + I_{KI3}}{3} \dots\dots\dots (2.34)$$

untuk impedansi rotor tertahan (Z_{RT}) dapat ditentukan dengan:

$$Z_{RT} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot I_{RT}} \dots\dots\dots (2.35)$$

Resistansi rotor tertahan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$R_{RT} = \frac{P_{3\phi}}{3 \cdot I_{RT}^2} \dots\dots\dots (2.36)$$

Tahanan rotor dapat ditentukan :

$$R_{br} = \frac{P_{in}}{3I_1^2} \dots\dots\dots (2.37)$$

Besarnya reaktansi rotor tertahan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$X_{RT} = \sqrt{Z_{RT}^2 - R_{RT}^2} \dots\dots\dots (2.38)$$

Karena motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal kelas A, maka secara umum $X_s = X_r = \frac{1}{2} X_{RT}$.

Selanjutnya, hubungan antara X_s dan X_r sebagai fungsi dari X_{RT} berdasarkan desain rotor dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini :

Desain Rotor	X_1	X_2
Rotor belitan	$0,5X_{RT}$	$0,5X_{RT}$
Kelas A	$0,5X_{RT}$	$0,5X_{RT}$
Kelas B	$0,4X_{RT}$	$0,6X_{RT}$
Kelas C	$0,3X_{RT}$	$0,7X_{RT}$
Kelas D	$0,5X_{RT}$	$0,5X_{RT}$

Tabel 2.1

Standar besarnya reaktansi berbagai jenis desain rotor

Besarnya reaktansi yang diukur pada terminal stator pada keadaan tanpa beban (X_{TB}) mendekati sama dengan $X_s + X_m$ yang merupakan reaktansi dari stator sehingga :

$$X_{TB} = X_s + X_m \dots\dots\dots (2.39)$$

$$X_m = X_{TB} - X_s \dots\dots\dots (2.40)$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga DC-nya maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R = R_{RT} - R_s \dots\dots\dots(2.41)$$

$$X_{rr} = X'_r + X_m \dots\dots\dots(2.42)$$

$$R'_r = R \left(\frac{X_{rr}}{X_m} \right)^2 \dots\dots\dots(2.43)$$

Untuk menghitung besarnya nilai induktansi stator (L_s), nilai induktansi rotor (L_r), dan nilai induktansi bersama (L_m) adalah :

$$X_s = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_s \dots\dots\dots(2.44)$$

Maka

$$L_s = \frac{X_s}{2\pi f} \dots\dots\dots(2.45)$$

Karena $X_s = X_r$ maka $L_s = L_r$

Untuk besarnya nilai induktansi bersama (L_m)

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f} \dots\dots\dots(2.46)$$

2.8. Operasi Motor Induksi

2.8.1 Performa Steady State

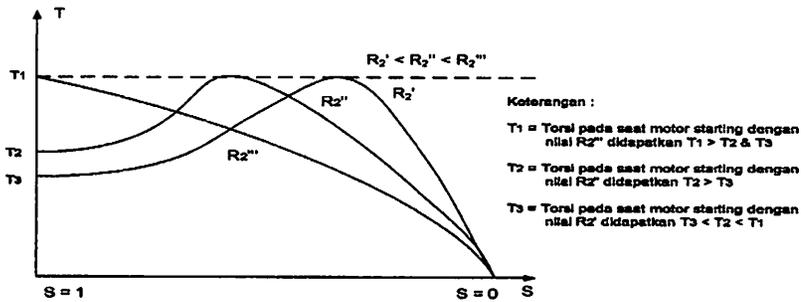
Kondisi motor dalam keadaan steady state adalah kondisi dimana motor dalam keadaan mantap yang hampir tidak ada perubahan arus, torsi, maupun tegangan serta kecepatan sehingga motor dikatakan telah bekerja sesuai dengan nameplate. Keadaan steady state ini merupakan gambaran secara keseluruhan dari motor tersebut yang dapat dijadikan acuan oleh penggunanya.

2.8.2 Performa Transient

Keadaan transient atau peralihan merupakan kondisi sesaat motor dimana keadaan berubah-ubah dan dapat menentukan beberapa faktor penting dalam

pengendalian motor. Misalnya dalam keadaan start motor induksi dengan kapasitas besar akan menghasilkan arus starting yang besar dimana besarnya 3 sampai 8 kali arus nominal yang tertera pada nameplate motor.

2.9. Karakteristik T – S



Gambar 2.16
Kurva Karakteristik T ~ S^[5]

$$T = \frac{3}{\omega} V_1^2 \frac{S_a^2 R_2}{(a^2 R^2)^2 + S^2 (a^2 X_2)^2} \dots\dots\dots (2.47)$$

Berapa harga S agar harga T maksimum? Harga S untuk mendapatkan T maksimum adalah bila dT/dS = 0. Dari diferensi dT/dS = 0 diperoleh harga T maksimum pada saat

$$S = \pm R_2 / X_2 \dots\dots\dots (2.48)$$

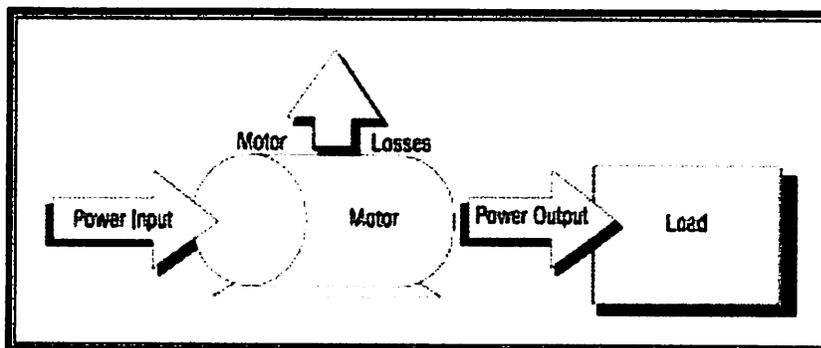
$$T_{maks} = \pm 3V_1^2 / 2\omega a^2 X_2 \dots\dots\dots (2.48)$$

Dari ketiga persamaan tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan. Dari persamaan (2.9) diketahui bahwa untuk harga S kecil di mana S²(a² X²)² dapat diabaikan. Maka kopel sebanding dengan S (T ~ S). Dari persamaan (2.10) diketahui bahwa untuk memperoleh kopel maksimum pada saat start (S = 1) ialah dengan membuat R₂ = X₂. harga kopel maksimum dapat diubah dengan mengatur harga X₂ atau tegangan sumber V₁ (lihat persamaan (2.11). dari persamaan (2.9) diketahui bahwa kopel akan menjadi nol ketika S = ± ∞. Persamaan (2.9) dan

(2.10) menunjukkan bahwa R_2 tidak mengubah harga kopel maksimum, melainkan hanya mengubah harga S pada saat kopel maksimum terjadi. Perubahan R_2 dalam hubungannya dengan kopel (T) dan slip (S) dapat dilihat dari kurva berikut pada gambar 2.16.

2.10. EFISIENSI MOTOR INDUKSI

Efisiensi motor listrik, motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Pada proses ini kehilangan energi ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



Gambar 2.17⁽³⁾
Proses kehilangan energi

Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen. Table 1 memperlihatkan jenis kehilangan untuk motor induksi

Jenis kehilangan	Percentase kehilangan total (100 %)
Kehilangan tetap atau kehilangan inti	25
Kehilangan variable:kehilangan stator IR	34
Kehilangan variable:kehilangan rotor IR	21
Kehilangan gesekan & penggulangan ulang	15
Kehilangan beban yang menyimpang	5

Tabel 2.2
Tabel jenis Kehilangan pada Motor Induksi ⁽³⁾

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya”⁽³⁾

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

- Usia. Motor baru lebih efisien
- Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya
- Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien
- Jenis. Sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin geser
- Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor screen protected drip-proof (SPDP)
- Penggulangan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi
- Beban, seperti yang dijelaskan dibawah.

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Tetapi jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak pada factor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan factor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor. ⁽³⁾

2.11. GANGGUAN PADA MOTOR

2.11.1 Fluktuasi Tegangan

Turun dan naik tegangan sering terjadi pada kondisi jam - jam tertentu karena pembebanan yang tidak rata. Bila terjadi pembebanan besar (semua beban bekerja) maka tegangan dapat turun dan pada kondisi beban sedikit atau terlepas kembali ke normal bahkan mungkin bias menjadi lebih tinggi

Drop tegangan atau kenaikan tegangan disebabkan oleh arus (I ampere) yang melalui impedansi (Z ohm). Perubahan tegangan sebesar (ΔV volt) diakibatkan adanya tahanan dan reaktansi dalam suatu rangkaian. Bila hubungan antara tegangan dan arus sbb: $V = I \cdot Z$ maka dengan perubahan tegangan dengan Z tetap akan terjadi perubahan besar arus dan hal ini akan mempengaruhi rugi-rugi daya pada motor induksi. ⁽⁴⁾

Pada pengoperasian motor induksi 3 phasa pada keadaan normal, terdapat kerugian yaitu meliputi rugi tembaga pada stator dan rotor, rugi inti besi, rugi gesek, dan angin serta rugi stray.

Besar dari torsi induksi dinyatakan sebagai berikut :

$$T = \frac{3}{\omega_s} E^2 \frac{\frac{T_s}{S}}{\left[T_s + \frac{T_s}{S} \right] + (X_1 + X_{2s})^2} \dots\dots\dots (2.50)$$

Bila terjadi perubahan tegangan E menjadi E*. maka terjadi perubahan pada slip menjadi S* dan perubahan arus menjadi I*.

Daya output motor (Pout) akibat perubahan tegangan menjadi :

$$P_{ag}^* = (I_2^*)^2 R_2 / S \dots\dots\dots (2.51)$$

$$P_{CONV}^* = P_{ag}^* (1 - S^*) \text{ atau } \dots\dots\dots (2.52)$$

$$P_{CONV}^* = 2\pi (1 - S^*) \eta T_{ind} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$P_{out} = P_{CONV}^* - (P_{gesek} + P_{stray}) \dots\dots\dots (2.54)$$

Rugi daya yang lain:

$$P_{cu \text{ rotor}} = S^* P_{ag}^* \dots\dots\dots (2.55)$$

$$P_{cu \text{ stator}} = 3(I_1^*)^2 R_1 \dots\dots\dots (2.56)$$

$$P_{fe} = \frac{3}{R_C} (E^*)^2 \dots\dots\dots (2.57)$$

$$P_{total} = P_{cu \text{ rotor}} + P_{cu \text{ stator}} + P_{fe} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$P_{output} = P_{total} + P_{out} \dots\dots\dots (2.59)$$

Keterangan

- P_{ag} = Daya Celah udara
- P_{CONV} = Daya mekanis pada motor
- R_2 = Resistansi ekivalen rangkaian motor

- T_{ind} = Torsi induksi
- η_s = Kecepatan Sinkron
- P_{fe} = Rugi Besi
- R_c = Resistansi magnetisasi

Maka Efisiensi dari motor induksi bisa didapat dengan rumus :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.60)$$

2.11.2 Ketidakseimbangan Tegangan

Ketidak seimbangan tegangan disebabkan oleh ketidak seimbangan beban dimana salah satu fasa mempunyai beban yang besar pada saluran system 3 phasa,jika tegangan yang diberikan pada motor 3 phasa tidak tepat,Tegangan urutan negative ini memiliki rotasi yang berlawanan dengan tegangan seimbang. Ketidakseimbangan tegangan menimbulkan fluks yang menyebabkan ketidakseimbangan arus jauh lebih besar dibandingkan saat kondisi tegangan simbang.ketidakseimbangan tegangan ini akan sangat dirasakan oleh beban-beban yang terhubung pada titik sambung bersama. ⁽³⁾

Sesuai dengan standard yang ditetapkan untuk pengoperasian motor pada harga yang normal adalah:

1. Perubahan tegangan tidak melampaui 10% di atas atau di bawah normal.
2. Perubahan frekuensi tidak melampaui 5% di atas atau di bawah normal
3. Jumlah perubahan tegangan dan frekuensi tidak boleh melampaui 10% (perubahan)

Frekuensi yang diberikan tidak melampaui 5% di atas atau di bawah normal.

Yang terjadi saat motor bekerja dalam keadaan operasi tidak normal karena penambahan tegangan. (dianggap daya output konstan) adalah:

1. Arus motor dan komponen arus stator tergantung pada turunnya beban berbanding terbalik dengan tegangan
2. Arus magnetisasi, kerapatan flux dan rugi-rugi dan bertambah (temperatur bertambah karena kenaikan rugi-rugi besi, arus magnetisasi motor dengan cepat bertambah).
3. Arus strating bertambah
4. Arus starting bertambah
5. Pada output yang sama, faktor daya berkurang, karena penambahan arus magnetisasi dan arus aktif yang kecil.
6. Kenaikan temperatur pada belitan rotor biasanya sebaiknya stator diperkecil. Pengaruh pemanasan keseluruhan pada motor tergantung pada pengaruh kenaikan temperatur atau pada besi atau tembaga
7. Frekuensi akan berubah sedikit, naik atau turun sesuai perubahan rugi-rugi tembaga atau rugi-rugi besi
8. Dengan rugi-rugi rotor yang rendah, kecepatan akan bertambah tajam

Karena berkurangnya tegangan pada motor mengakibatkan :

1. Arus motor dan arus rotor bertambah
2. Arus magnetisasi, kerapatan flux, rugi-rugi besi berkurang dan karena itu temperatur pada besi berkurang
3. Arus starting berkurang
4. Torsi starting dan torsi pull out berkurang
5. Faktor daya meningkat

6. Rugi-rugi rotor dan rugi-rugi stator keseluruhan
7. Pemanasan bertambah
8. Efisiensi hardly affected.
9. Putaran akan turun sedikit.

Dalam kasus yang sama baik bertambah atau berkurangnya tegangan akan menyebabkan kenaikan temperatur pada batas perubahan tegangan tersebut. Perubahan tegangan yang besar akan menyebabkan pemanasan pada besi dan belitan. Batas perubahan tegangan yang harus dijaga $\pm 5\%$.⁽¹³⁾ Ketidak stabilan tegangan bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidakstabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fase lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pembrosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga bisa menyebabkan pertama kerusakan isolator peralatan yang dipakai. Ke dua memperpendek daya isolasi pada lilitan. Sementara itu dengan ketidakseimbangan sebesar 3% saja dapat memperbesar suhu motor yang sedang beroperasi sebesar 18% dari keadaan semula. Hal ini tentunya akan menimbulkan suara bising pada motor dengan kecepatan tinggi. Analisa dari motor induksi 3 fasa pada kondisi tegangan tidak seimbang dilakukan dengan menyatakan tegangan yang tiodak seimbang menjadi urutan positif yaitu seperti berikut

$$EP = \frac{(E_a - E_b - E_c)}{3} \dots\dots\dots(2.61)$$

$$E_n = \frac{\left[\left(E_a - \frac{E_b}{2} - \frac{E_c}{2} \right) + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} E_b - \frac{\sqrt{3}}{2} E_c \right) \right]^{1/2}}{3} \dots\dots\dots (2.62)$$

Masing-masing komponen diterapkan pada rangkaian ekivalen yang bersangkutan sehingga diperoleh arus urutan positif dan urutan negative. slip rotor didefinisikan sebagai berikut

$$S = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} \dots\dots\dots(2.63)$$

Komponen urutan negative membangkitkan medan berputar dengan arah berlawanan sehingga slip akibat urutan negative diperoleh sbb:

$$S^* = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} = 1 + \frac{\omega_r}{\omega_s} = 2 - \frac{\omega_r - \omega_s}{\omega_s} \dots\dots\dots (2.64)$$

$$= 2 - S$$

Dimana Slip akibat urutan positif ,

Torsi urutan positif sebagai berikut :

$$T_{ep} = \frac{3}{\omega} EP^2 \frac{\frac{r_2}{S}}{\left(r_1 + \frac{r_2}{S} \right) + (X_1 + X_{2s})^2} \dots\dots\dots(2.65)$$

Torsi urutan negatif sebagai berikut

$$T_{en} = \frac{3}{\omega} En^2 \frac{\frac{r_2}{(2-s)}}{\left[r_1 + \frac{r_2}{(2-s)} \right]^2 + (X_1 + X_{2a})^2} \dots\dots\dots(2.66)$$

Torsi total adalah :

$$T_{total} = T_{ep} + T_{en} \dots\dots\dots (2.67)$$

Daya celah udara urutan positif:

$$P_{agp} = \omega_S T_{ep} \dots\dots\dots(2.68)$$

Daya celah udara urutan negatif

$$P_{agn} = \omega_S T_n \dots\dots\dots(2.69)$$

Total Daya celah urutan negatif dan urutan positif adalah :

$$P_{ag} = P_{agn} + P_{agp} \dots\dots\dots(2.70)$$

Kerugian daya rotor

$$P_{rp} = sP_{agp} \dots\dots\dots (2.71)$$

$$P_m = (2-s)P_{agn} \dots\dots\dots (2.72)$$

$$P_{agp} = I_2^2 \frac{r_2}{S} \dots\dots\dots(2.73)$$

$$P_{agn} = I_2^2 \frac{r_2}{2-s} \dots\dots\dots(2.74)$$

Besarnya rugi-rugi daya stator :

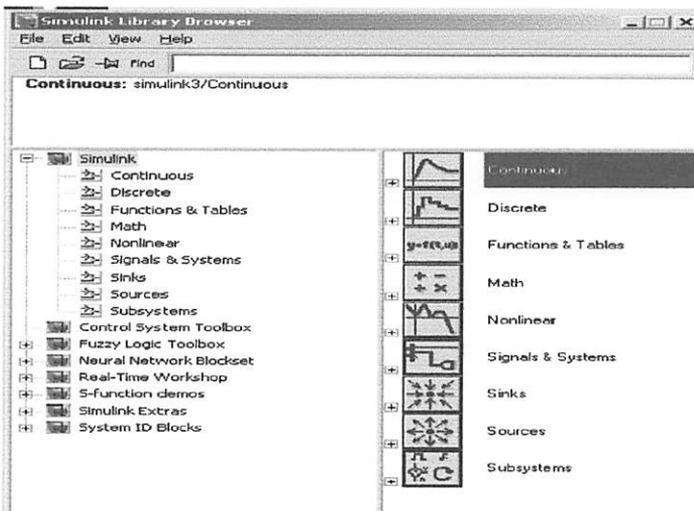
$$P_{custator} = I R_2 \dots\dots\dots(2.75)$$

BAB III

PEMODELAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN

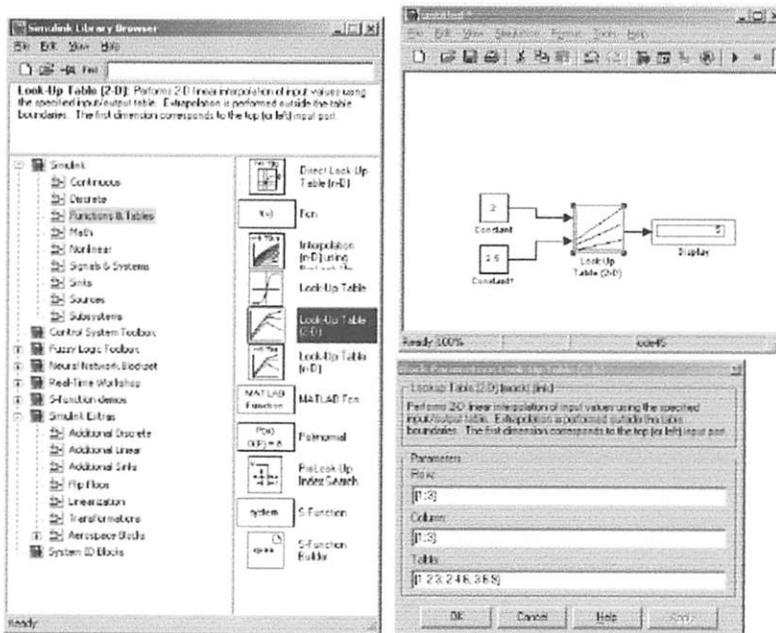
3.1 MATLAB SIMULINK

MATLAB merupakan suatu software yang sangat baik untuk digunakan untuk menganalisa berbagai kebutuhan dalam bidang teknik. Didalam matlab terdapat dua bagian penting yaitu M-files yang berfungsi untuk menuliskan listing programnya dan Simulink yang digunakan untuk melakukan simulasi. Dengan menggunakan Simulink yang merupakan kesatuan dalam program tersebut kita dapat melakukan suatu pemodelan sistem kontrol atau suatu plant yang akan diatur. Hal itu dapat didesain dengan menggunakan blok-blok yang telah tersedia serta setting parameter-parameter akan menjadi lebih mudah. Blok-blok simulink dapat juga dibentuk dari persamaan matematika dengan menggunakan blok transfer function sehingga kita dapat menuliskan persamaan dalam blok tersebut sesuai dengan parameter yang akan kita cari.



Gambar 3.1
Simulink Library Pada MATLAB⁽⁶⁾

Dalam simulink tersebut terdapat beberapa blok yang dapat digunakan untuk pemodelan control atau analisa dalam dunia electric. Sebagai contoh penggunaan Blok Fuction dan Tables. Misalnya kita mempunyai soal $2 * 2.5 = 5$ maka kita dapat menggunakan blok look up table (2-D) seperti dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3-2
Contoh Penggunaan Simulink⁽⁶⁾

No	Blok	Keterangan
1		Model fisik Port connector untuk suatu sistem
2		Model fisik komponen
3		Penerima sinyal
4		Pengirim sinyal
5		Menyediakan suatu keluaran dari subsistem atau model

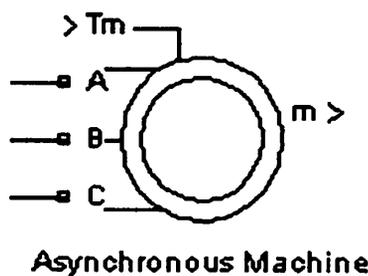
Tabel 3-1
Block Tranfer Function⁽⁶⁾

3.2. Pemodelan Motor Induksi 3 fasa

Di dalam library matlab sudah tersedia blok motor induksi 3 fasa (asyncon motors), kita tinggal menginputkan parameter-parameter yang di butuhkan oleh blok tersebut.

Untuk mensimulasikan motor induksi 3 fasa dengan satu fasa lepas tanpa beban maka motor induksi harus dimodelkan dalam bentuk persamaan dynamics.

Untuk memodelkan motor induksi 3 fasa tersebut harus di ubah dalam bentuk Dq [8]



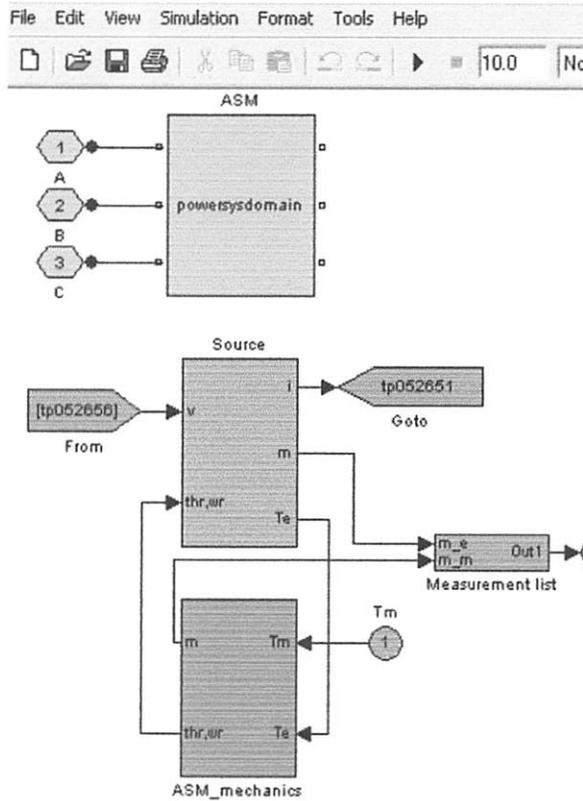
Gambar 3-3
Contoh Blok Motor Induksi 3 Fasa⁽⁶⁾

Blok motor induksi ini dapat beropreasi sebagai motor ataupun generator, T_m pada gambar diatas adalah sebagai inputan untuk beban berupa nilai torsi mekanik. A,B,C, adalah inputan sumber tegangan 3 fasa, sedangkan untuk m di gunakan sebagai penghubung terhadap alat ukur untuk mengukur putaran, torsi motor.

Blok motor induksi yang dibentuk berdasarkan rangkaian DQ terdiri dari beberapa bagian penting yaitu:

- Blok untuk Sumbu Q
- Blok untuk Sumbu D

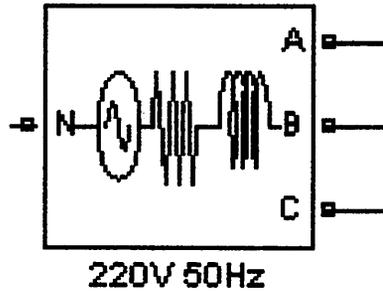
- Blok Rotor
- Blok Zero Sequence



Gambar 3-4
Tampilan Model Fisik Yang Ada Di Dalam Blok Motor Induksi 3 Fasa⁽⁶⁾

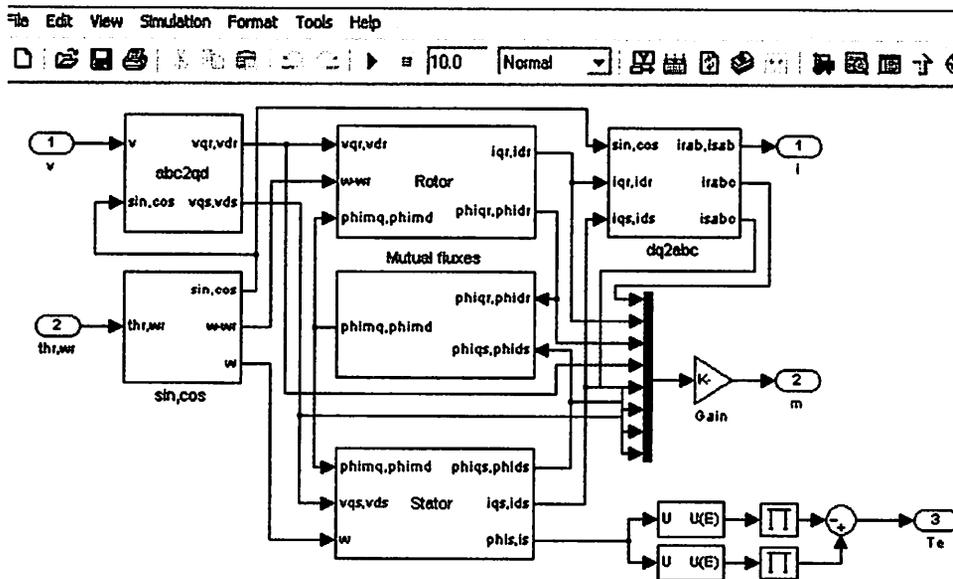
Gambar di atas adalah merupakan tampilan blok motor induksi 3 fasa yang telah di masukan ke dalam fisik model komponen. dimana A,B,C mewakili sumber tegangan 3 fasa yaitu R,S,T pada terminal blok motor induksi 3 fasa. Sedangkan ASM adalah blok penempatan seluruh rangkaian pemodelan motor induksi 3 fasa yang telah di bentuk dari rumus persamaan-persamaan pemodelan motor induksi 3 fasa. From adalah blok inputan yang di ambil dari nilai parameter yang telah di inputkan kedalam blok goto, goto adalah blok nilai parameter yang akan di kirim ke dalam blok from. Measurement list adalah blok

yang di gunakan untuk pengukuran besaran-besaran listrik termasuk putaran, torsi, arus, tegangan , dan lain sebagainya.



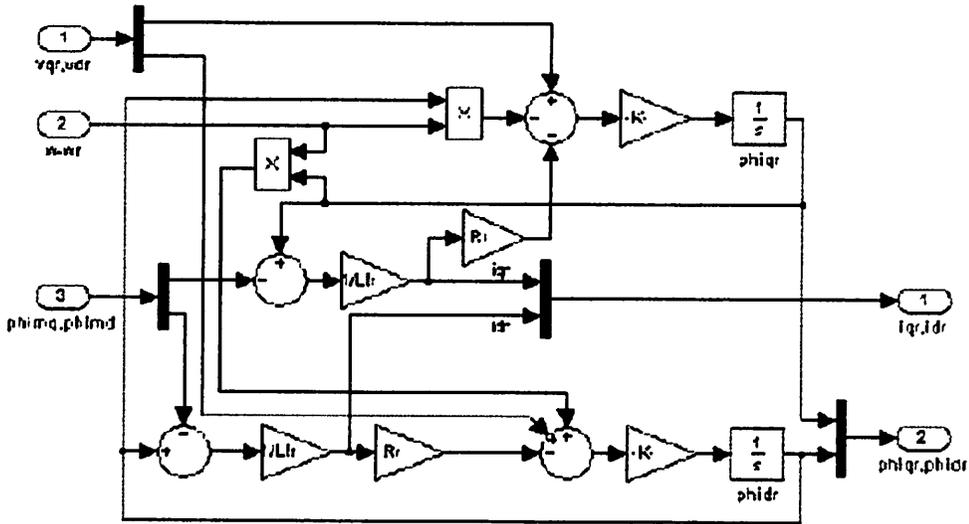
Gambar 3-5
Blok Sumber Tegangan 3 fasa⁽⁶⁾

Blok diatas adalah blok sumber tegangan tiga fasa yang di lengkapi dengan sambungan kawat netral .



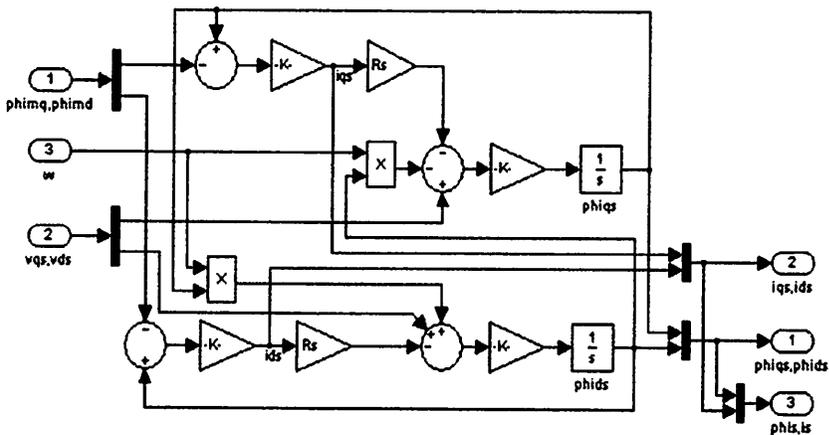
Gambar 3-6
Tampilan Model Fisik Rotor dan Stator Dalam Model Fisik Blok Motor Induksi 3 Fasa⁽⁶⁾

Gambar di atas adalah merupakan bagian yang ada di dalam tampilan blok motor induksi 3 fasa yang telah di masukan ke dalam blok fisik pemodelan komponen yang terdiri dari model rangkaian rotor, stator, abc to dq dan dq to abc.



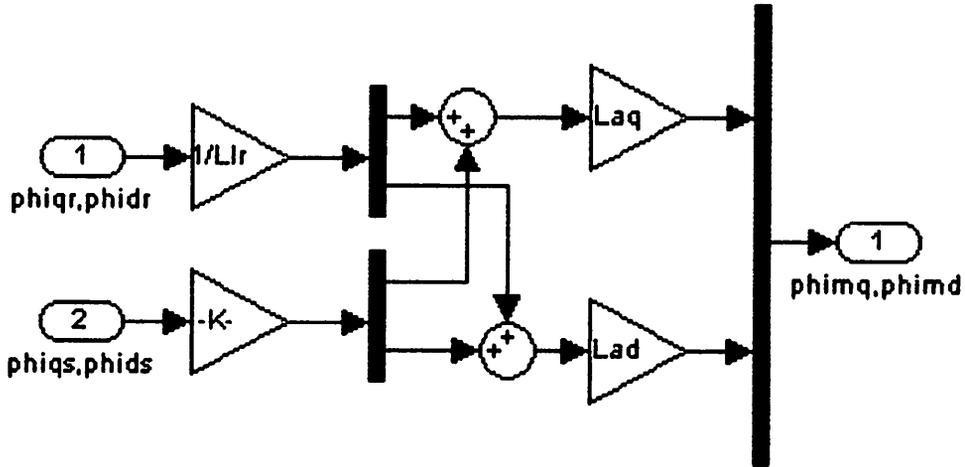
Gambar 3-7
Rangkaian Di Dalam Blok Rotor⁽⁶⁾

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok rotor. Di dalam blok rotor ini terdapat V_q axis rotor, V_d axis rotor, yang di gunakan sebagai inputan untuk menghitung I_q axis rotor, I_d axis rotor dan fluks idr, fluks iqr.



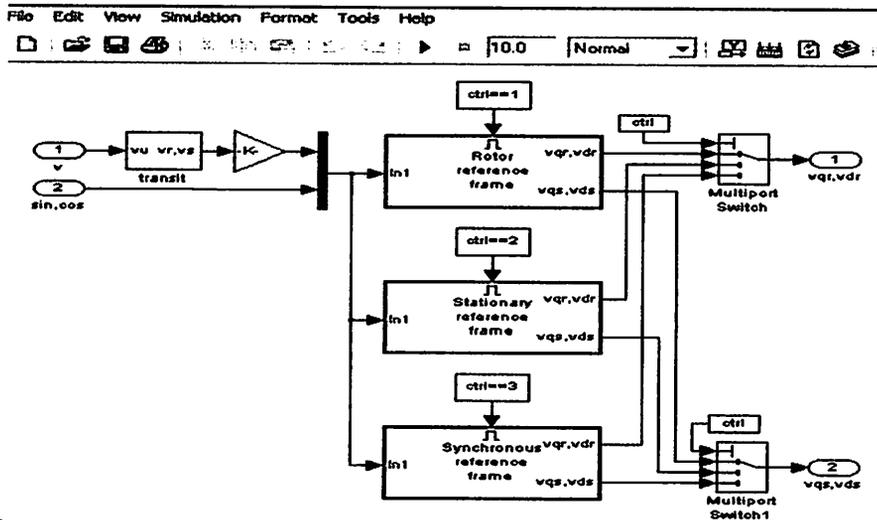
Gambar 3-8
Rangkaian Di Dalam Blok Stator⁽⁶⁾

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok stator. Di dalam blok stator ini terdapat Vq axis stator, Vd axis stator, yang di gunakan sebagai inputan untuk menghitung Iq stator, Id axis stator dan fluks ids, fluks iqs.



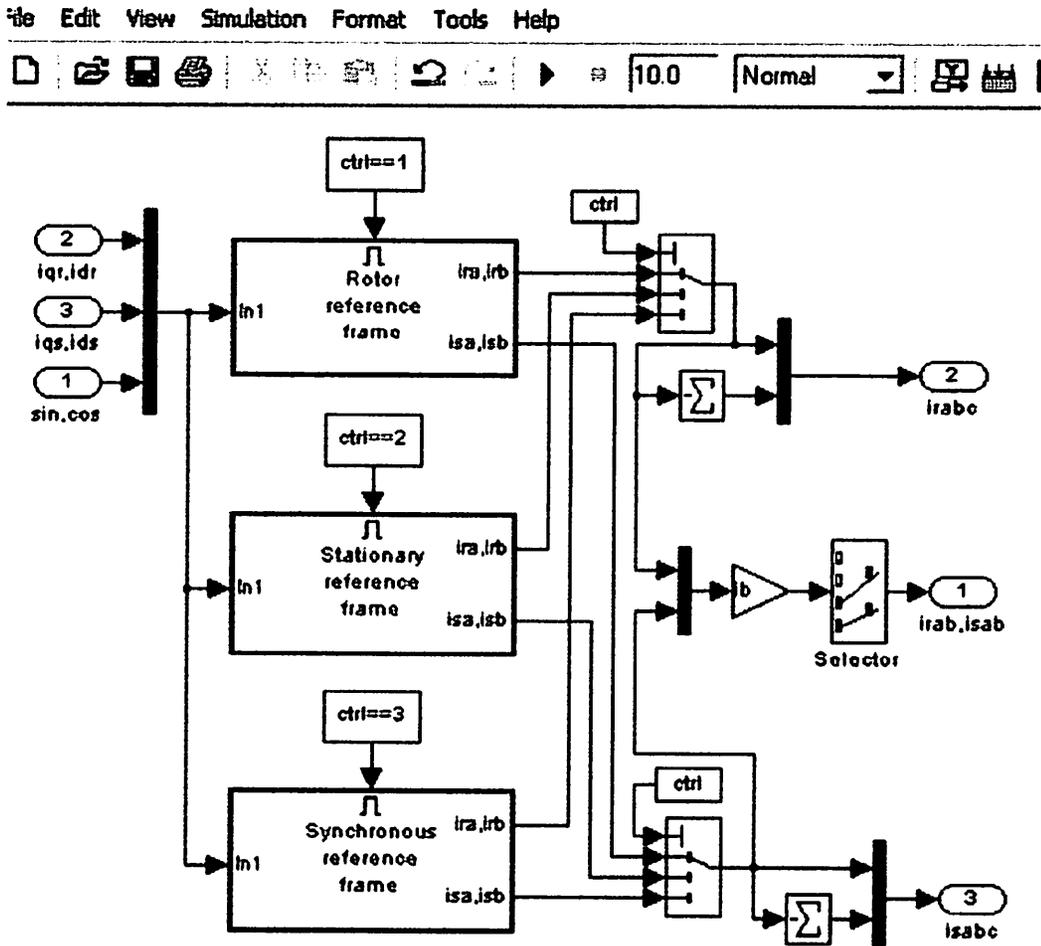
Gambar 3-9
Tampilan pada Mutual Fluxes⁽⁶⁾

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok Mutual Fluxes. Di dalam blok Mutual Fluxes ini terdapat Fluxes iqr, idr dan Fluxes iqs, ids yang di gunakan sebagai inputan untuk menghitung Mutual Fluxes iq dan Mutual Fluxes



Gambar 3-10
Rangkaian abc to dq conversion⁽⁶⁾

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok abc to dq conversion. Di dalam blok abc to dq conversion ini terdapat sumber tegangan V yang masuk ke motor kemudian di konversikan ke bentuk dq sehingga menghasilkan tegangan v_{qr} , v_{dr} dan v_{qs} , v_{ds} .



Gambar 3-11 Rangkaian dq to abc conversion⁽⁶⁾

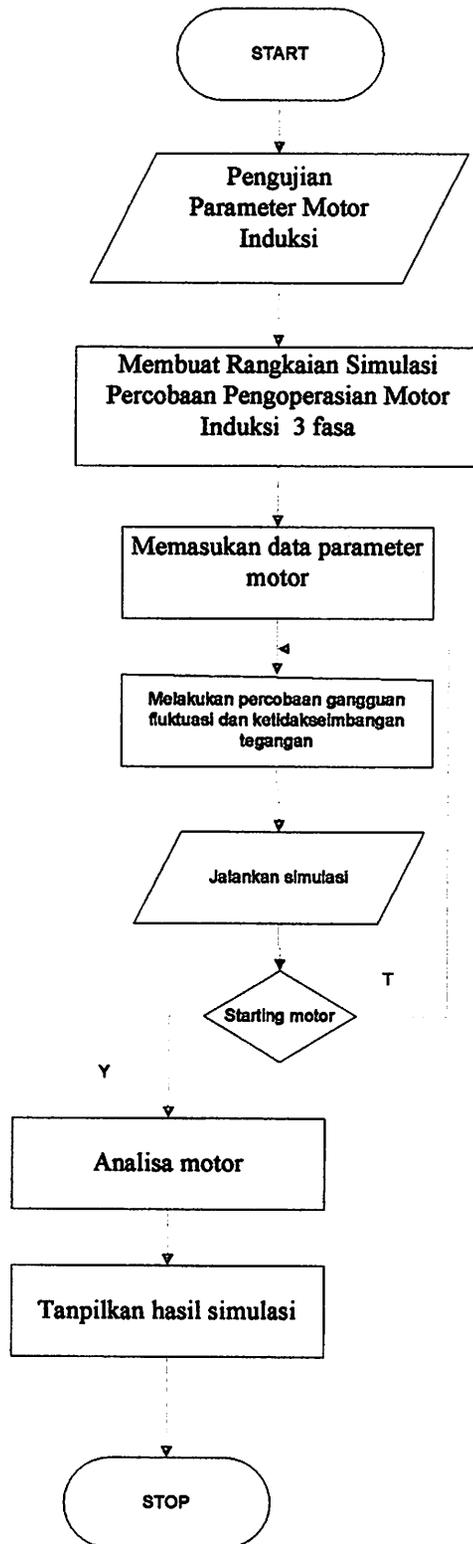
Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok dq to abc conversion. Di dalam blok dq to abc conversion ini terdapat i_{qr} , i_{dr} dan i_{qs} , i_{ds} bolak balik sebagai inputan kemudian di konversikan ke bentuk a,b,c sehingga menghasilkan i_{rabc} , i_{rab} , i_{sab} , i_{sabc} .

3.2 FLOWCHART

3.2.1 Flowchart pemecahan masalah

- **Start**
- **Pengujian parameter motor**
- **Membuat rangkaian simulasi percobaan pengoperasian motor induksi**
- **Masukkan data parameter motor**
- **Melakukan percobaan saat kondisi ketidakseimbangan dan fluktuasi tegangan**
- **Jalankan simulasi**

3.2.2 Flowchart



3.3 Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Fasa

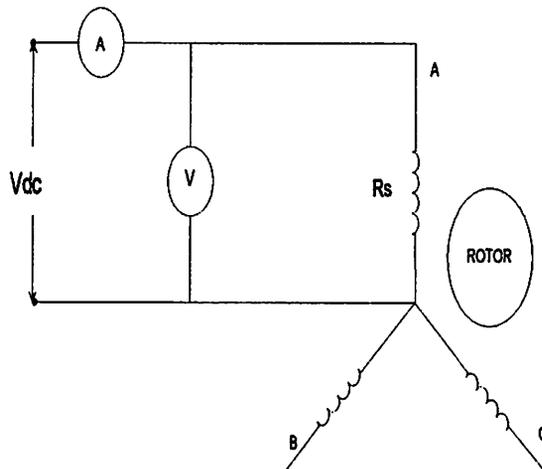
3.3.1. Alat-alat Yang Digunakan

Data papan nama motor induksi DL 1021 (nameplate):

TEGANGAN	:	220/380 (Δ /Y) VOLT
ARUS	:	4.3/2.5 (Δ /Y) AMPERE
COS φ	:	0.83
FREKUENSI	:	50 HZ
DAYA	:	1.1 KW
PUTARAN	:	2820 RPM
KUTUB	:	2 KUTUB
KELAS ISOLASI:		F

- a. Motor induksi 3 fasa DE LORENZO/DL 1021
- b. Voltmeter DE LORENZO 1031
- c. Amperemeter DE LORENZO DL 1031
- d. Wattmeter 3 fasa DE LORENZO DL 1031
- e. Tachometer DE LORENZO 2026
- f. AC Voltage Regulator dan DC Supply DE LORENZO 1013 M2
- g. Current Break DE LOENZO

3.3.2. Pengujian Arus Searah (DC Test)

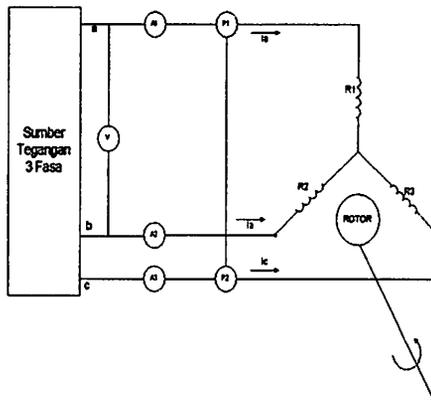


Gambar 3.12
Rangkaian pengujian Arus searah (DC Test)

NO.	V_{DC} (VOLT)	I (AMPERE)
1	4	0.75
2	6	1.12
3	8	1.44
4	10	1.78
5	12	2.14

Tabel 3.2
Data Hasil Pengujian Arus Searah

3.3.3. Pengujian Tanpa Beban (No Load Test)

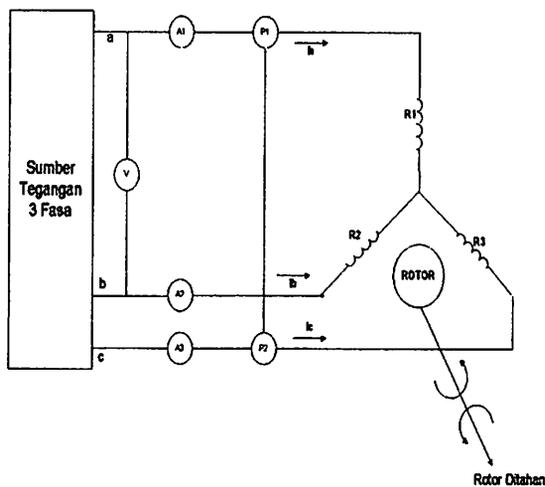


Gambar 3.13
Rangkaian ekivalen pengujian Tanpa Beban (No Load Test)

I_{MOTOR} (AMPERE)			$P_{3 FASA}$ (WATT)	V_{L-L} (VOLT)	FREKUENSI (HZ)
R	S	T			
0.59	0.68	0.59	90	220	50

Tabel 3.3
Data Hasil Pengujian Beban Nol

3.3.4. Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test).



Gambar 3.14
Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test)

I _{MOTOR} (AMPERE)			P _{3 FASA} (WATT)	V _{L-L} (VOLT)
R	S	T		
2.01	2.03	1.95	140	65

Tabel. 3.4
Data Hasil Pengujian Motor Rotor Tertahan

3.2 Analisa Parameter Motor Induksi

Dari Pengujian Arus Searah (DC Test).

Besarnya resistansi stator adalah :

Dengan menggunakan persamaan (2.29) maka resistansi stator diperoleh:

$$R_s = R_{DC} = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \dots \Omega$$

Maka
$$R_{DC1} = \frac{V_{DC1}}{I_{DC1}} = \frac{4}{0.75} = 5.33\Omega$$

$$R_{DC2} = \frac{V_{DC2}}{I_{DC2}} = \frac{6}{1.12} = 5.36\Omega$$

$$R_{DC3} = \frac{V_{DC3}}{I_{DC3}} = \frac{8}{1.44} = 5.56\Omega$$

$$R_{DC4} = \frac{V_{DC4}}{I_{DC4}} = \frac{10}{1.78} = 5.62\Omega$$

$$R_{DC5} = \frac{V_{DC5}}{I_{DC5}} = \frac{12}{2.14} = 5.61\Omega$$

$$R_s = \frac{R_{DC1} + R_{DC2} + R_{DC3} + R_{DC4} + R_{DC5}}{5}$$

$$= \frac{5.33 + 5.36 + 5.56 + 5.62 + 5.61}{5}$$

$$= \frac{27.48}{5} = 5.496\Omega$$

- Dari Pengujian Tanpa Beban (No Load Test).

Dengan menggunakan persamaan (2.30) arus tanpa beban adalah :

$$I_{TB} = \frac{I_{TB1} + I_{TB2} + I_{TB3}}{3}$$

$$I_{TB} = \frac{0.59 + 0.68 + 0.59}{3} = \frac{1.86}{3} = 0.62A$$

Dengan menggunakan persamaan (2.31) maka impedansi tanpa beban

diperoleh : $Z_{TB} = \frac{V}{\sqrt{3}I_{TB}} = \frac{220}{\sqrt{3} \times 0.62} = 204.87\Omega$

sedangkan dengan menggunakan persamaan (2.32) dan (2.33) berturut-turut untuk mencari resistansi tanpa beban dan reaktansi tanpa beban adalah :

$$R_{TB} = \frac{P_{3\phi}}{3.I_{TB}^2} = \frac{90}{3 \times (0.62)^2} = 78.04\Omega$$

$$X_{TB} = \sqrt{Z_{TB}^2 - R_{TB}^2} = \sqrt{(204.87)^2 - (78.04)^2}$$

$$X_{TB} = 189.42\Omega$$

- Dari Pengujian Rotor Tertahan (Blocked Rotor Test)

Dengan menggunakan persamaan (2.34) arus rotor tertahan adalah :

$$I_{RT} = \frac{I_{RT1} + I_{RT2} + I_{RT3}}{3}$$

$$I_{RT} = \frac{2.01 + 2.03 + 1.97}{3} = \frac{6.01}{3} = 2.003A$$

Dengan menggunakan persamaan (2.35) maka impedansi rotor tertahan diperoleh :

$$Z_{RT} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot I_{RT}} = \frac{65}{\sqrt{3} \times 2.003} = 18.74 \Omega$$

sedangkan dengan menggunakan persamaan (2.36) dan (2.37) berturut-turut untuk mencari resistansi tanpa beban dan reaktansi tanpa beban adalah :

$$R_{RT} = \frac{P_{3\phi}}{3 \cdot I_{RT}^2} = \frac{140}{3 \times (2.003)^2} = 11.63 \Omega$$

$$X_{RT} = \sqrt{Z_{RT}^2 - R_{RT}^2} = \sqrt{(18.74)^2 - (11.63)^2}$$

$$X_{RT} = 14.69 \Omega$$

Karena motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal kelas A, maka secara umum $X_s = X'_r = \frac{1}{2} X_{RT} = \frac{1}{2} \cdot 14.69 = 7.345 \Omega$

Besarnya reaktansi yang diukur pada terminal stator pada keadaan tanpa beban (X_{TB}) mendekati sama dengan $X_s + X_m$ yang merupakan reaktansi dari stator sehingga :

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

$$X_m = X_{TB} - X_s$$

$$= 189.42 - 7.345 = 182.075 \Omega$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga DC-nya maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R = R_{RT} - R_s$$

$$= 11.63 - 5.496 = 6.134 \Omega$$

$$X_{rr} = X'_r + X_m$$

$$= 7.345 + 182.075 = 189.42 \Omega$$

$$R'_r = R \left(\frac{X_{rr}}{X_m} \right)^2$$

$$= 6.134 \left(\frac{189.42}{182.075} \right)^2 = 6.64 \Omega$$

Untuk menghitung besarnya nilai induktansi stator (L_s), nilai induktansi rotor (L_r), dan nilai induktansi bersama (L_m) adalah :

$$X_s = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_s$$

Maka

$$L_s = \frac{X_s}{2\pi f} = \frac{7.345}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.0234 H$$

Karena $X_s = X_r$ maka $L_s = L_r$

Untuk besarnya nilai induktansi bersama (L_m)

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f} = \frac{182.075}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.58 H$$

R_s (Ω)	L_s (H)	R_r (Ω)	L_r (H)	X_s (Ω)	X_r (Ω)	X_m (Ω)	L_m (H)
5.496	0.0234	6.64	0.0234	7.345	7.345	182.075	0.58

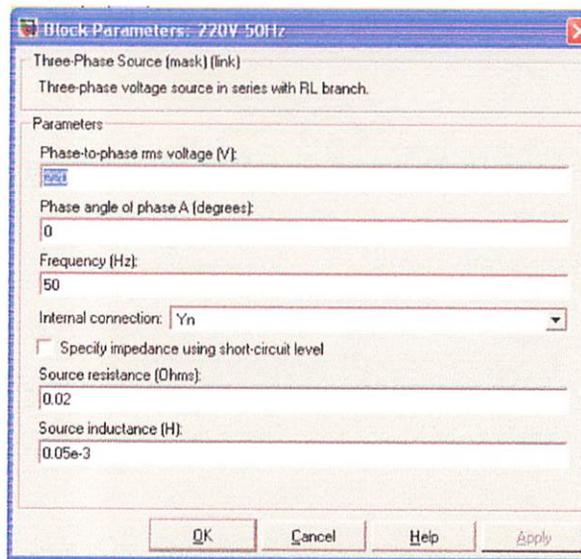
Tabel 3.5
Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga fasa

BAB IV

HASIL ANALISA

4.1 Hasil Simulasi Motor Induksi

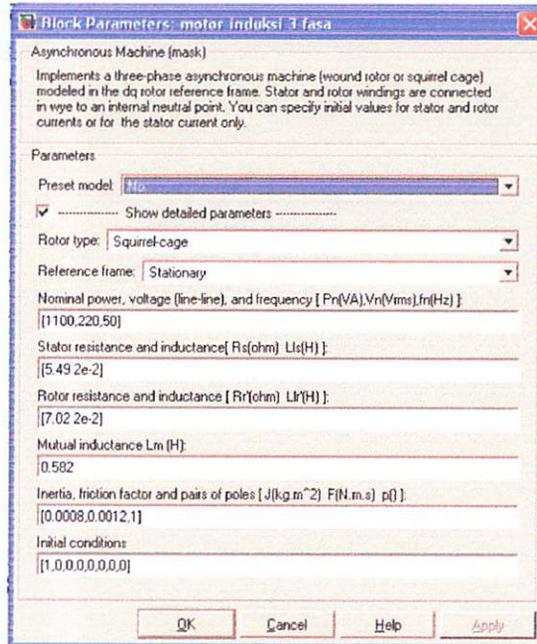
Dari pemodelan system rangkain yang telah di buat, dapat kita ketahui beberapa hasil simulasi serta parameter-parameter setiap bagian komponen yang akan digunakan untuk membentuk rangkaian simulasi motor induksi 3 fasa baik pada saat kondisi normal maupun pada saat kondisi salah satu fasanya terlepas.



Gambar 4-1
Parameter Sumber Tegangan 3 Fasa

Pada gambar 4-1 di atas adalah parameter sumber tegangan AC 3 fasa yang digunakan sebagai sumber tegangan input motor. Dimana besar nilai tegangan dapat di atur sesuai ddengan keinginan, pada gambar di atas nilai tegangan di setting sebesar 220 Volt Line to Line. Dengan besar sudut fasa A di

setting di 0° dan frekuensi di sesuaikan dengan standart frekuensi yang ada di Indonesia sebesar 50 Hz.

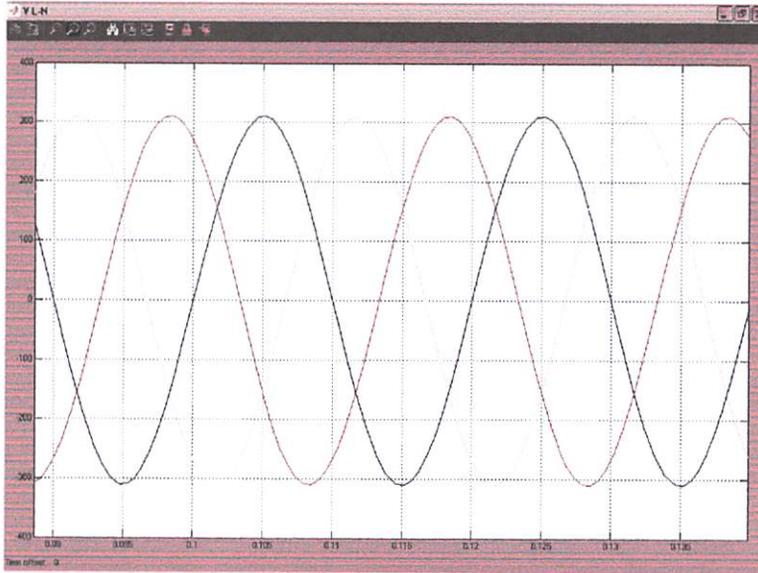


Gambar 4-2
Parameter Motor Induksi 3 Fasa 1,1 Kw

Pada gambar di atas adalah parameter motor induksi 3 fasa dengan kapasitas daya 1,1 Kw sesuai dengan motor yang digunakan di laboratorium konversi energy elektrik ITN Malang. Pada blok parameter di atas tipe rotor yang di gunakan adalah jenis rotor sangkar (squirrel cage).

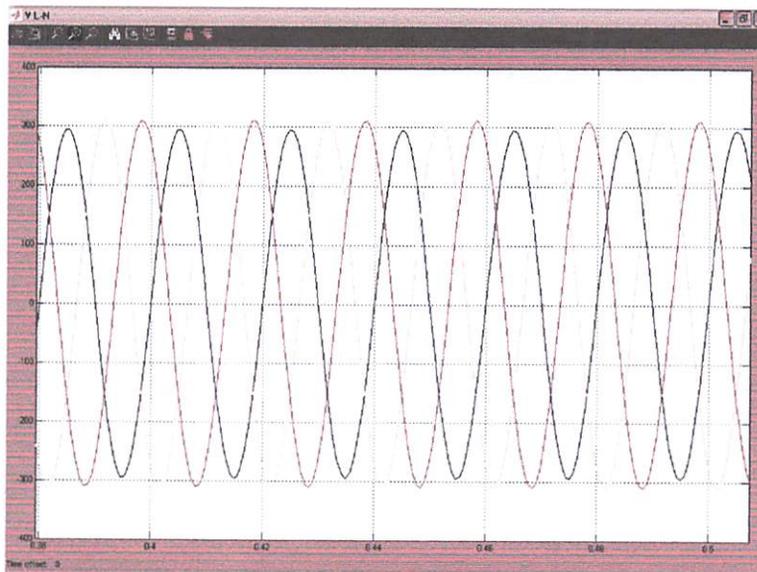
4.2 Hasil simulasi motor induksi

4.2.1 Hasil simulasi motor induksi kondisi tegangan tidak seimbang



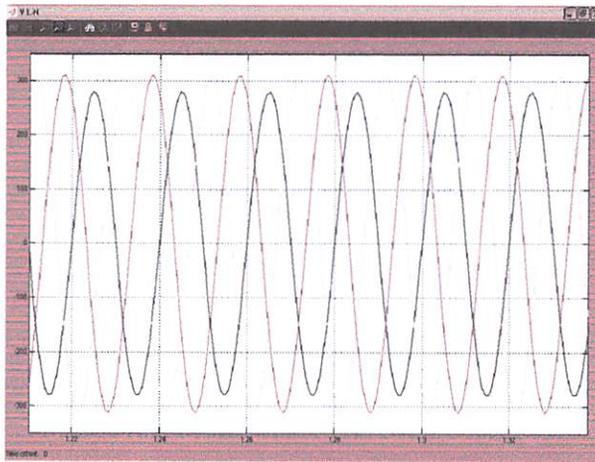
Gambar 4-3
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa seimbang

Gambar diatas adalah bentuk gelombang sumber tegangan pada saat tegangan seimbang, dimana bentuk gelombang ketiga fasa terlihat sama tinggi. Tegangan sumber disetting 220 volt.



Gambar 4-4
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa tidak seimbang 5%

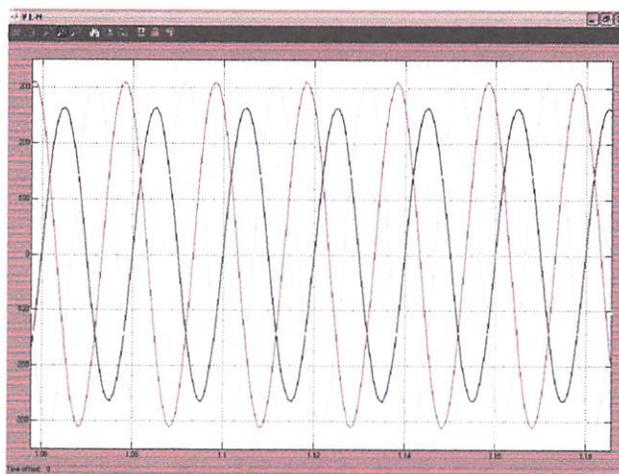
Gambar diatas adalah bentuk gelombang sumber tegangan pada saat tegangan tidak seimbang ,dimana bentuk gelombang ketiga fasa terlihat tidak sama,bentuk gelombang fasa B lebih pendek daripada fasa A dan B.Fasa A= 198 volt,fasa B= 209 volt,fasa C=220 volt,



Gambar 4-5

Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa tidak seimbang 10%

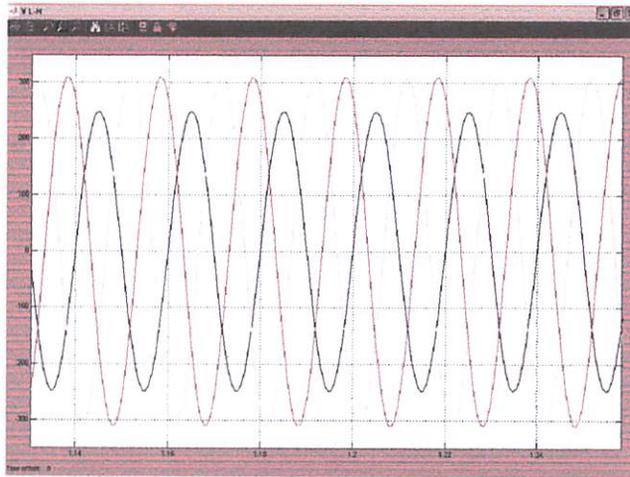
Gambar diatas adalah bentuk gelombang sumber tegangan pada saat tegangan tidak seimbang ,dimana bentuk gelombang ketiga fasa terlihat tidak sama,bentuk gelombang fasa B lebih pendek daripada fasa A dan B.Fasa A= 198 volt,fasa B= 220 volt,fasa C=220 volt,



Gambar 4-6

Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa tidak seimbang 15%

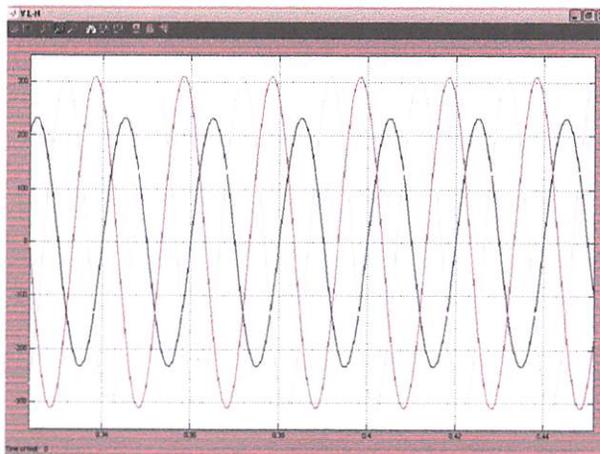
Gambar diatas adalah bentuk gelombang sumber tegangan pada saat tegangan tidak seimbang ,dimana bentuk gelombang ketiga fasa terlihat tidak sama,bentuk gelombang fasa B lebih pendek daripada fasa A dan B.Fasa A= 187volt,phasa B= 220 volt,phasa C=220 volt,



Gambar 4-7

Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa tidak seimbang 20%

Gambar diatas adalah bentuk gelombang sumber tegangan pada saat tegangan tidak seimbang ,dimana bentuk gelombang ketiga fasa terlihat tidak sama,bentuk gelombang fasa B lebih pendek daripada fasa A dan B.Fasa A= 176volt,phasa B= 220 volt,phasa C=220 volt,



Gambar 4-8

Hasil Simulasi tegangan motor pada saat kondisi fasa tidak seimbang 25%

Gambar diatas adalah bentuk gelombang sumber tegangan pada saat tegangan tidak seimbang ,dimana bentuk gelombang ketiga phasa terlihat tidak sama,bentuk gelombang phasa B lebih pendek daripada phasa A dan B.Phasa A= 165volt,phasa B= 220 volt,phasa C=220 volt,

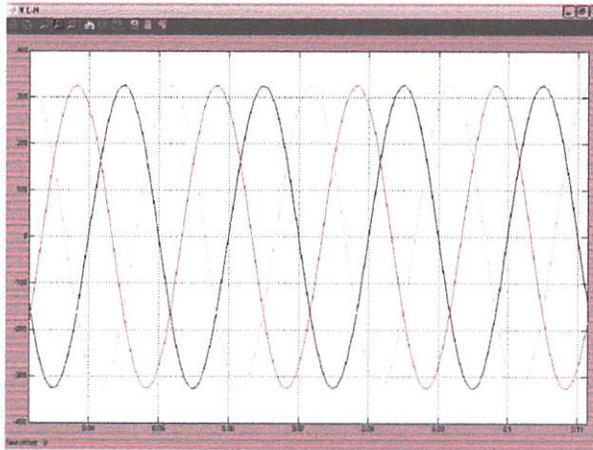
4.2.2 Tabel hasil simulasi motor induksi kondisi tegangan tidak seimbang

% Tegangan	P input	R total	P outout	Efisiensi
0	12471,71	1744,49	10727,24	86,012
5%	12471,97	1744,80	10727,16	86,010
10%	12472,66	1745,75	10726,91	86,003
15%	12473,82	1747,32	10726,49	85,992
20%	12475,43	1749,52	10725,91	85,976
25%	12477,52	1752,36	10725,16	85,956

**Tabel 4-1
Hasil simulasi ketidakseimbangan tegangan**

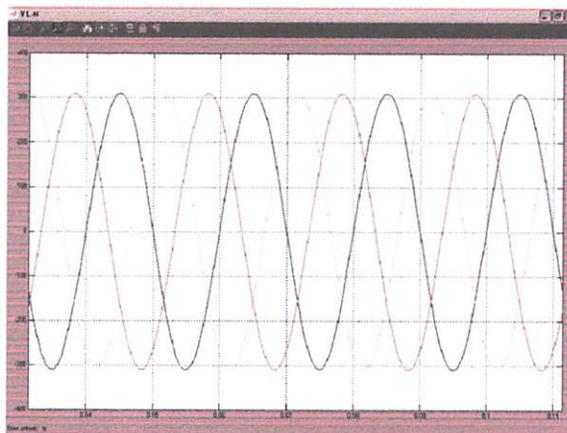
Dari tabel diatas dapat dilihat pada saat kondisi tanpa gangguan efisiensi yang didapat adalah 86,012,kemudian ketika salah satu phasa mangalami gangguan maka efisiensi menjadi turun.semakin besar ketidakseimbangan phasa maka efisiensi akan semakin turun.Efisiensi paling rendah adalah saat ketidakseimbangan sebesar 25%,.efisiensi yang didapat adalah 85,956.

4.2.3. Hasil simulasi motor induksi kondisi fluktuasi tegangan



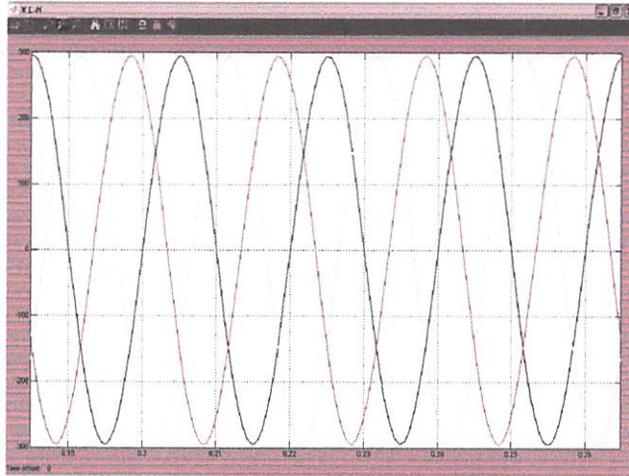
Gambar 4-9
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat $V = 231$ volt

Gambar diatas adalah bentuk gelombang tegangan pada saat kondisi tegangan naik sebesar 5% tegangan masing-masing fasa 231 volt. warna merah fasa A, warna biru adalah fasa B, sedangkan warna hijau adalah fasa C.



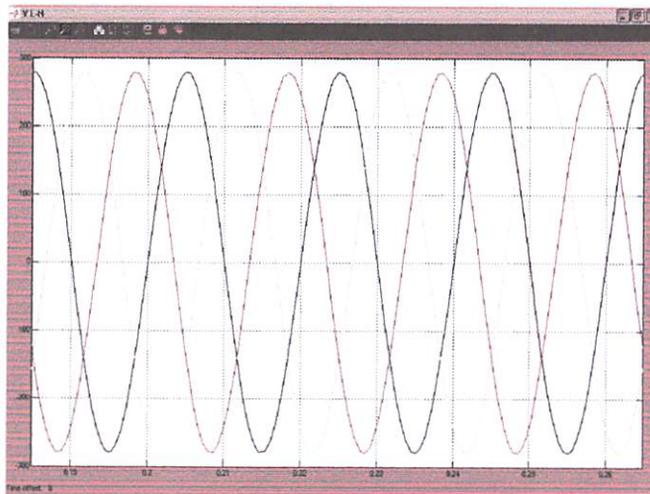
Gambar 4-10
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat $V = 220$ volt

Gambar diatas adalah bentuk gelombang tegangan pada saat kondisi tegangan stabil, tegangan masing-masing fasa 220 volt. warna merah fasa A, warna biru adalah fasa B, sedangkan warna hijau adalah fasa C.



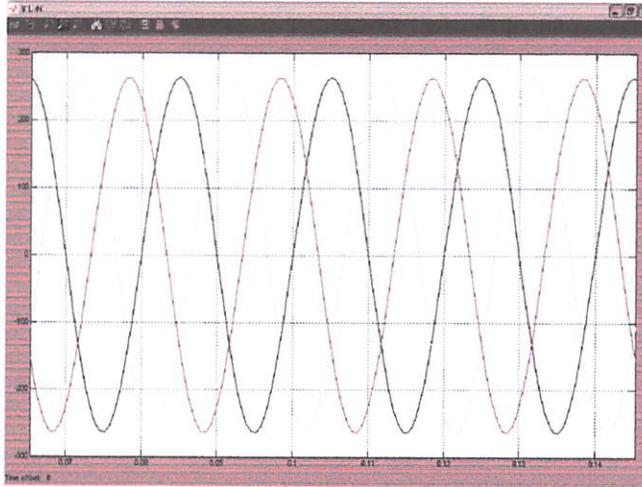
Gambar 4-11
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat $V = 209$ volt

Gambar diatas adalah bentuk gelombang tegangan pada saat kondisi tegangan turun 5%,Tegangan masing-masing fasa 209 volt.warna merah fasa A,warna biru adalah fasa B,seandainya warna hijau adalah fasa C.



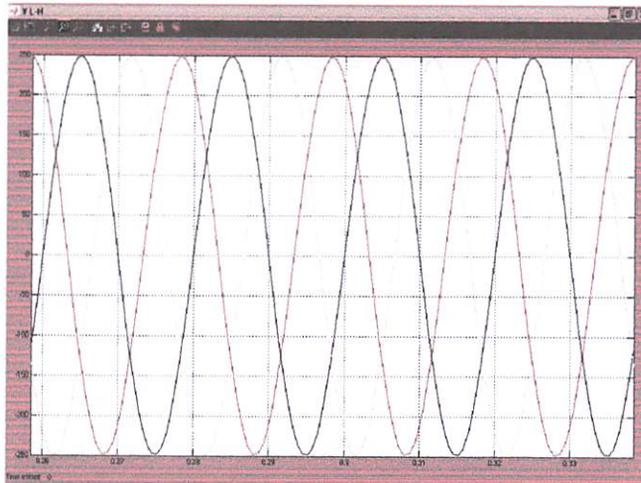
Gambar 4-12
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat $V = 198$ volt

Gambar diatas adalah bentuk gelombang tegangan pada saat kondisi tegangan turun 10%,Tegangan masing-masing fasa 198 volt.warna merah fasa A,warna biru adalah fasa B,seandainya warna hijau adalah fasa C.



Gambar 4-13
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat $V = 187$ volt

Gambar diatas adalah bentuk gelombang tegangan pada saat kondisi tegangan turun 15%.Tegangan masing-masing fasa 187 volt.warna merah fasa A,warna biru adalah fasa B,seandainya warna hijau adalah fasa C.



Gambar 4-14
Hasil Simulasi tegangan motor pada saat $V = 176$ volt

Gambar diatas adalah bentuk gelombang tegangan pada saat kondisi tegangan turun 20%.Tegangan masing-masing fasa 176 volt.warna merah fasa A,warna biru adalah fasa B,seandainya warna hijau adalah fasa C.

4.2.4. Tabel hasil simulasi motor induksi kondisi fluktuasi tegangan

V %	Slip %	P Input	Rugi Tembaga		Rugi Besi	P Out	Efisiensi
			Stator	Rotor			
105	3,7	12459	340	414	593	10773	86,5
100	4,1	12447	379	462	538	10729	86,2
95	4,6	12434	425	518	485	10666	85,8
90	5,2	12444	481	587	436	10600	85,2
85	6,0	12464	551	672	389	10511	84,3
80	7,0	12504	640	781	344	10399	83,2

Tabel 4-2
Hasil simulasi fluktuasi tegangan

Tabel diatas menunjukkan nilai efisiensi yang didapat saat terjadi fluktuasi tegangan. Pada saat tegangan normal yaitu 220 efisiensi yang didapatkan sebesar 86,2, kemudian saat tegangan mengalami kenaikan sebesar 5%, maka effisiensinya naik menjadi 86,5, sedangkan saat terjadi penurunan tegangan sebesar 5%, maka effisiensinya akan turun, semakin tegangan turun maka efisiensi akan semakin turun

BAB V

KESIMPULAN

Setelah melakukan dan menjalankan simulasi maka didapat hasil :

1. Dalam keadaan seimbang efisiensi motor yang didapat sebesar 86,012%
2. Dalam keadaan tidak seimbang 5% efisiensi motor yang didapat sebesar 86,010.
3. efisiensi paling rendah adalah 85,956 pada saat ketidakseimbangan sebesar 25%^
4. Pada saat tegangan normal yaitu 220 efisiensi yang didapatkan sebesar 86,2, kemudian saat tegangan mengalami kenaikan sebesar 5%, maka effisiensinya naik menjadi 86,5, sedangkan saat terjadi penurunan tegangan sebesar 5%, maka effisiensinya akan turun, semakin tegangan turun maka efisiensi akan semakin turun
5. Pada saat tegangan naik maka rugi-rugi akan turun, sedangkan saat terjadi penurunan tegangan rugi-rugi akan naik
6. Dari hasil analisa hasil perhitungan jika terjadi ketidakseimbangan tegangan dan fluktuasi tegangan maka akan mempengaruhi, efisiensi, rugi-rugi, Pin dan Pout

Saran

1. Untuk mendapatkan efisiensi yang baik sebaiknya motor harus dijalankan sesuai dengan syarat-syarat yang ditentukan
2. Sebelum menjalankan simulasi hendaknya disimulasikan terlebih dahulu

Daftar pustaka

1. Gita Ari Nurjaya “ *Analisa efek tegangan tidak seimbang terhadap efisiensi motor induksi 3 phasa saat operasi tdak normal* “
2. Antonius Ibi Weking “ *Analisa Pengaruh perubahan power quality terhadap efisiensi motor induksi* “
3. www.energyefficiencyasia.org “*Pedoman Fffisiensi Energi untuk Industri di asia* “
4. Zuhail.” *Dasar Teknik Tenaga Listrik*” Penerbit ITB Bandung
5. Purnomo, Herry, 2005. ”Diktat Kuliah mesin elektrik II”
6. Chee-Mun Ong " *Dynamic Simulation of Electric Machinery using Matlab/simulink*
7. Bureau of Energy Efficiency (BEE), Ministry of Power, India. *Components of an Electric Motor*. 2005.
8. Arthur E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., and Stephen D. Umans,
Electric
- 9.



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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : AGUNG SEPTA UTOMO
2. NIM : 00.12.126
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFFISIENSI MOTOR INDUKSI 3PHASA

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 14 Maret 2009
Dengan Nilai : 76,96(B+) *By*

Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Penguji

Ir. Sidik Noertjahjono, MT.
NIP. Y. 102 87 00163

Sekretaris Majelis Penguji

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103 95 00274

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir.M.Abdul Hamid,MT
NIP.Y.1018800188

Penguji Kedua

Ir. H. Taufik Hidayat, MT.
NIP: Y 1018700151



REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE
NATIONAL EXAMINATION CENTER

1. Answer Sheet	1.000
2. Answer Key	1.000
3. Answer Sheet	1.000
4. Answer Sheet	1.000
5. Answer Sheet	1.000

Information regarding the examination is available on the website of the National Examination Center.

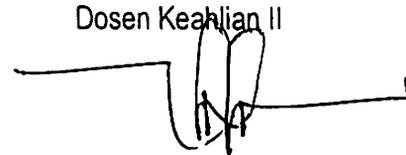
1. Answer Sheet : 1.000
2. Answer Key : 1.000
3. Answer Sheet : 1.000

Information regarding the examination



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>AGUNG SERTA U.</u>	Nim: <u>00.12.126</u>		
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	<u>26 Juli 2008</u>		Ruang:
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)				
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a) Sistem Tenaga Elektrik		e. Elektronika & Komponen	
	b. Energi & Konversi Energi		f. Elektronik Digital & Komputer	
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran		g. Elektronika Komunikasi	
	d. Sistem Kendali Industri		h. lainnya	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>ANALISA PEMBAWA FLUKTUASI PADA TITIK SEPARANG TEGANGAN TERHADAP EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA</u>		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	Catatan:			
7.	Persetujuan Judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I 	Disetujui, Dosen Keahlian II 		
	Mengetahui, Ketua Jurusan 	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
	<u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274	Pembimbing I 	Pembimbing II 	

Perhatian:

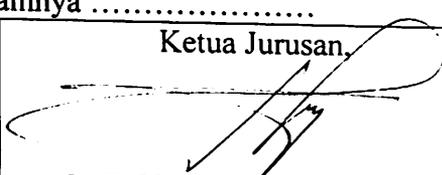
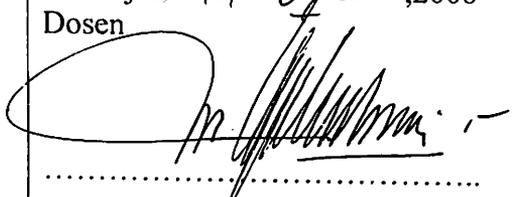
1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c,atau g sesuai bidang keahlian



**LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi: Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika *)

1.	Nama Mahasiswa : Agung Septa Utomo	Nim : 00 12 126		
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal	Bulan	Tahun
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)				
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. Lainnya		
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *	Ketua Jurusan,  Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip.Y. 1039500274		
5.	Judul yang diajukan mahasiswa	ANALISA PENGARUH FLUKTUASI & KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA		
6.	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu		
Cacatan:				
7.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen sesuai materi bidang ilmu	Disetujui, 14-07-2008 Dosen 		

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. *) coret yang tidak perlu
 **) dilingkari a, b, c,..... atau g. sesuai bidang keahlian

Form.S-2



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 14 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : AGUNG SEPTA UTOMO
2. NIM : 00.12.126
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFFISIENSI MOTOR INDUKSI 3PHASA

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Tebel 4-1 perbedaan Pin dan Pout besar sekali	Ah
2.	Hitung rugi-ruginya	Ah
2.	Kesimpulan direvisi, kesimpulan menjawab tujuan dan besarnya angka	Al

Anggota Penguji

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP: Y 1018700/151

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y.1038900209

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono, ST, MT.
NIP.Y. 102 84 00082

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak **Ir.Teguh Herbasuki,MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agung Septa Utomo
Nim : 00 12.126
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

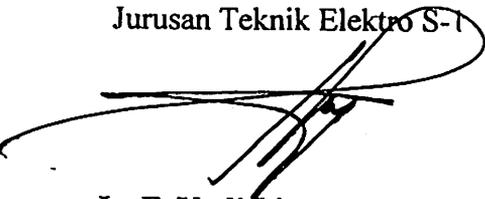
Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / ~~Pendamping~~ *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN
KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP
EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA**

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.
Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih

Malang, 22 Juli 2008

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.P.1039500274

Hormat Kami,


Agung Septa U
NIM. 00 12.126

*) Coret yang tidak perlu

Form S-3a

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak **Bambang Prio Hartono,ST,MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agung Septa Utomo
Nim : 00 12.126
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

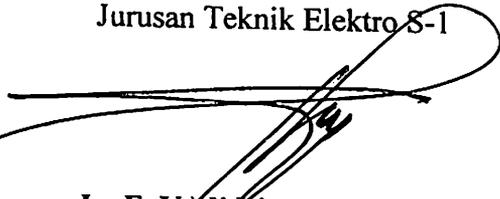
Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN
KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP
EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA**

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.
Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih

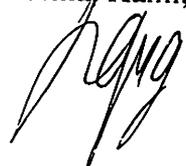
Malang, 22 Juli 2008

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.P.1039500274

*) Coret yang tidak perlu

Hormat Kami,


Agung Septa U
NIM. 00 12.126

Form S-3a

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Agung Septa Utomo
Nim : 00 12 126
Semester : XVI (Enambelas)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan bersedia / tidak bersedia *) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN
KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP
EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA**

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, 22 Juli 2008

Kami yang Membuat pernyataan,



Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 102 840 0082

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.

*) Coret yang tidak perlu

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Agung Septa Utomo
Nim : 00 12 126
Semester : XVI (Enambelas)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

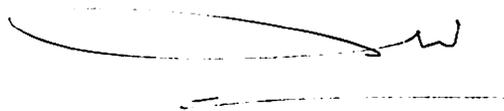
Dengan ini Menyatakan bersedia / ~~tidak bersedia~~ *) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN
KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP
EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA**

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, 22 Juli 2008

Kami yang Membuat pernyataan,



Bambang Prio Utomo
NIP.Y. 102 840 0082

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.

*) Coret yang tidak perlu



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : AGUNG SEPTA U
Nim : 00.12.126
Masa Bimbingan : 26 Juli 2008 s/d 26 Januari 2009
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 PHASA

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	19/8-08	Betulkan kata belakang. (BAB I) rumus - rumus diperhatikan (BAB II).	
2	29/8-08	BAB I diperbaiki, BAB II tambahkan rumus fluktuasi	
3	10/1-09	Konsultasi Bab I, II, III, IV, & V, Revisi Bab IV & V	
4	12/12-09	Konsultasi Bab IV & V, Acc Bab IV & V	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang, 2008
Dosen Pembimbing

Bambang Prio.H,ST,MT
NIP.Y. 102 840 0082



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : AGUNG SEPTA U
Nim : 00.12.126
Masa Bimbingan : 26 Juli 2008 s/d 26 Januari 2009
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH FLUKTUASI DAN KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN TERHADAP EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 PHASA

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	29/08 08	Konsultasi bab I & II, Rev. tujuan	
2	1/09 08	Revisi Latar Belakang	
3	9/09 08	Revisi Bab II	
4	19/09 08	ACC Bab I & II	
5	22/09 08	Konsultasi Bab III, Revisi	
6	24/09 08	Konsultasi Bab III, IV, V, ACC Bab III	
7	27/09 08	ACC Bab IV & V	
8			
9			
10			

Malang, 2008
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 102 840 0082



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA

Agung Alpha Utomo

NIM

0012126

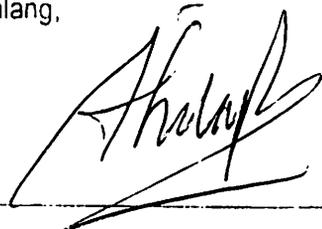
Perbaikan meliputi

1 Tabel 4-1

perbedaan Pin dan Port besar kecil
tanya nya ?

2 Kesimpulan direvisi, kesimpulan
menjawab tujuan dan besaran
nya ?

Malang,

()

Thank' To

Good tidings to you all.

Wow !!! akhirnya selesai juga kuliahku, pertama-tama aku ucapkan terima kasih pada **Jesus Christ**

my saviour, karena berkatNya aku bias selesaikan kuliahku ini (walupun molor

heheheheheheheh.). Trus my family, Ibu, bapak, maaf klo aku telat dalam menyelesaikan

kuliahku, adikku Kris selamat km juga udah selesai, trus Eko selamat udah dapat kerja yang lebih baik, Kemudian my Special Girl Irene Mayvera Tuhan yang selalu memberi dukungan dan semangat.

Trus teman-teman "pendahulukku" 1st Suntoro makasih atas semua dorongan semangatnya, oiya aku tunggu undangannya ya? 2nd Ahmad Sumaji makasih atas bantuannya dalam pengerjaan

Skripsiku, aku blom bisa balas apa-apa, dan jga klo merid aku tunggu undangannya

liooooo00000000000. 3rd Imung makasih udah betulin programku (meski aku masih punya tanggungan heheheheheheheh.)

Untuk Bpk Ir, M. Abdul Hamid, MT, selaku kepala Lab. Konversi EnerElektrik saya ucapkan terima kasih banyak atas bimbingannya selama ini, saya mionta maaf klo selama di Lab say ada salah yang saya sengaja maupun tidak, saya sengaja

Dan juga untuk anak-anak Lab. Konversi Energi Elektrik masih uanyak, untuk Inul, Riko, Partha cepet-cepat menyusul ok?

Teman-teman seperjuangan Aan, Adam, Nanda, Dwi, Awan, Dito, Iwan, Eric, Igoeng, Deny, Antok, akhirnya selessai juga perjuangan kita friend. Untuk orang-orang yang udah memberi pelajaran tentang apa arti mencintai dan dicintai Ratna, Ehen, dan beberapa orang yang tidak bisa aku sebutkan terima kasih semuanya, baik itu rasa sakit maupun senang karena hal itu kita bias berkembang jadi lebih dewasa, dan juga untuk Ayoë terima kasih dari km aku bisabelajar banyak tentang persahabatan yang tulus yang tanpa mengharapkan balasan apapun.

Untuk Underground Gank, Fery, Peno, Onky, Septi, Afan, Pandu, Fery "Bule", thank's atasdoanya. the last untuk Cahyo cepet-cepet selesikan skripsinya, ok.

THANK'S U ALL

GET MORE AT 1000GOALS!