

SKRIPSI

ANALISA EFISIENSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGUNAKAN PENGENDALI VEKTOR BERBASIS ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DENGAN MATLAB SIMULINK



**Disusun Oleh :
RISWAN HIDAYAT
NIM : 02.12.053**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**

LEMBAR PERSETUJUAN

**Analisa Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Pengendali Vektor
Berbasis Artificial Neural Network Dengan Matlab Simulink**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Strata Satu (S-1) Konsentrasi teknik Energi Listrik*

Disusun oleh :

RISWAN HIDAYAT

NIM : 02.12.053

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Ir Widodo Pudji M. MT.
NIP.Y 1028700171

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio H. ST., MT.
NIP.Y 1028400082

Mengetahui



Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir T. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1039500274

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**

Skripsi ini saya persembahkan untuk

- 1) Ayah Bunda tercinta,
- 2) Nenek dan Adikku,
- 3) Keluarga dari Ayah dan Ibu,
dan;
- 4) "My Eks Girlfriend"

ABSTRAKSI

ANALISA EFISIENSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN PENGENDALI VEKTOR BERBASIS *ARTIFICIAL NEURAL SETWORK* DENGAN *MATLAB SIMULINK*

Riswan Hidayat, 02.12.053, Teknik Energi Listrik S-1
Dosen Pembimbing I : Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT
Dosen Pembimbing II: Bambang Prio Hartono, ST., MT.
E-mail: riswanhmimalang@yahoo.com

Kata Kunci : Motor Induksi, Pengendali Vektor, *Artificial Neural Network*, Efisiensi.

Motor induksi secara luas digunakan untuk berbagai kepentingan khususnya di bidang industri. Diperlukan pengujian-pengujian untuk mengetahui nilai efisiensi suatu motor induksi yang telah terhubung pada peralatan beban. Metode penentuan efisiensi sangat bervariasi dipandang dari segi kerumitan, performa keseluruhan dan kecocokan pada kondisi pabrik. Beberapa diantaranya membutuhkan pengujian-pengujian (*No-Load Test*, *Blocked Rotor Test*) Di lain pihak, evaluasi efisiensi motor berdasarkan papan-nama (*name plate*) atau buku arahan (*manual book*) tidak menjamin penilaian efisiensi yang tepat dari motor induksi yang dipakai

Makalah ini menyajikan sebuah pendekatan baru dalam menentukan efisiensi maksimum motor induksi tiga fasa dengan menggunakan pengendali vector berbasis ANN. Pengendali vektor adalah pengendali motor induksi tiga fasa yang digunakan untuk memperbaiki unjuk kerja motor. Metoda kontrol vector dioperasikan dengan cara mengestimasi fluks rotor dan posisi rotor, untuk mengendalikan fluks rotor dan kecepatan rotor digunakan pengendali PI. *Artificial Neural Network (ANN)* digunakan untuk memprediksi nilai tegangan dan frekwensi yang digunakan untuk menentukan fluksi optimal yang digunakan motor dalam kondisi maksimum. yang selanjutnya disimulasikan dengan menggunakan *MATLAB 7.3*.

Simulasi dilakukan dengan variasi torsi beban, mulai dari tanpa beban sampai dengan torsi beban maksimum. Hasilnya menunjukkan bahwa menggunakan pengendali vector berbasis ANN dapat menganalisa efisiensi motor tersebut dengan baik. Pada $TL = 0$ efisiensi motor 0,157 dan pada $TL = 3$ efisiensi motor adalah 0,822.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, "ANALISA EFISIENSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN PENGENDALI VEKTOR BERBASIS *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DENGAN MATLAB *SIMULINK*".

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 :

1. **Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE**, selaku Rektor ITN Malang.
2. **Ir. Mochtar Asroni, MSME**, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
4. **Ir. Widodo Pudji M MT**, selaku Dosen Wali dan Pembimbing I.
5. **Bambang Prio Hartono, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing II
6. Kedua orang tuaku yang telah membesarkan, mendidik dan selalu mendoakanku sampai terwujud cita-citaku.
7. Nenek dan Adikku atas doanya.
8. Buat orang yang selalu ada untukku dan selalu menerima aku apa adanya,
YAYUK SULSTRI, SH.

9. Saudara, Sahabat, Guru dan Motivator pribadiku, **TAUFIQ**
10. Saudara-saudaraku di "*Rumah Besar*" **HMI Komisariat Al-kind** ITN Malang, Semuanya begitu berharga dan sungguh sebuah anugrah yang luar biasa besar dapat berkesempatan belajar dan berproses dengan orang-orang yang luar biasa seperti kalian semua.
11. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pengerjaan skripsi ini.
12. Sahabat dan teman-temanku dimanapun yang selalu memberikan motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini.

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

Malang, Oktober 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAKSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Relevansi	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II KONSEP DASAR MOTOR INDUKSI TIGA PHASA

2.1. Teori Dasar Motor Induksi.....	5
2.2. Rangkaian ekivalen motor induksi	6
2.2.1. Rangkaian ekivalen	6

2.2.2. Rangkaian ekivalen Stator.....	6
2.2.3. Rangkaian ekivalen Rotor.....	7
2.2.4. Rangkaian ekivalen motor induksi.....	10
2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi.....	12
2.3.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor.....	14
2.4. Performa Motor Induksi.....	15
2.4.1. Performa <i>Steady State</i>	15
2.4.2. Performa <i>Transient</i>	16
2.5. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa.....	18
2.5.1. Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>).....	18
2.5.2. Pengujian Tanpa Beban (<i>No-Load Test</i>).....	19
2.5.3. Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotor Test</i>).....	21
2.5.4. Pengujian Berbeban (<i>Load Test</i>).....	22
2.6. Efisiensi motor induksi.....	23
2.7. Model rangkaian DQ.....	26
2.8. Artificial neural network.....	29
2.8.1. Otak manusia.....	29
2.8.2. Komponen Artificial neural network.....	30
2.8.3. Arsitektur jaringan.....	31
2.9. MATLAB <i>Simulink</i>	32

BAB III APLIKASI METODE PENGENDALI VEKTOR BERBASIS ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

3.1. Permodelan Motor Induksi 3 fasa.....	37
---	----

3.2. Permodelan pengendali vektor	41
3.3. Blok Simulink <i>Artificial Neural Network</i>	43
3.4. Algoritma Pemrograman	48
3.4.1. Algoritma <i>Artificial Neural Network</i>	48
3.4.2. Algoritma Pemrograman pemecahan masalah secara umum..	50
3.5. Flowchart Program	51
3.5.1. Flowchart Back Propagation pada ANN	51
3.5.2. Flow Chart Pemecahan Masalah Secara Umum	52

BAB IV MENGHITUNG PARAMETER MOTOR DAN ANALIS HASIL SIMULASAI

4.1. Menentukan Parameter Motor Induksi	52
4.1.1. Alat-alat yang digunakan	52
4.1.2. Pengujian Arus Searah	53
4.1.3. Pengujian Tanpa Beban.....	53
4.1.4. Pengujian Rotor Tertahan.....	53
4.2. Analisa Parameter Motor Induksi	54
4.3. Simulasi dan Analisa Hasil Simulasi	57
4.3.1. Tampilan Parameter	57
4.3.2. Analisa hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 0 Nm	58
4.3.3. Analisa hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 0,5 Nm	60
4.3.4. Analisa hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 1 Nm	62
4.3.5. Analisa hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 2 Nm	64
4.3.6 Analisa hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 3 Nm	66

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan..... 68

5.2. Saran..... 69

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Konstruksi Motor Induksi	6
Gambar 2-2	Stator Tiga Phasa Motor Induksi.....	6
Gambar 2-3	Motor Induksi Rotor Belitan Dan Rotor Sangkar Bajing.....	7
Gambar 2-4	Medan Putar Pada Motor Induksi.....	8
Gambar 2-5	Rangkaian Ekuivalen Stator	12
Gambar 2-6	Rangkaian Ekuivalen rotor	14
Gambar 2-7	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi.....	15
Gambar 2-8	Penyederhanaan Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi	16
Gambar 2-9	Rangkaian Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	17
Gambar 2-10	Diagram Rangkaian Pengujian Tanpa Beban.....	18
Gambar 2-11	Rangkaian Ekuivalen Pengujian Rotor Tertahan dan Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan.....	20
Gambar 2-12	Diagram Pengujian Berbeban.....	22
Gambar 3-1	Himpunan Fuzzy Dan Istilahnya.....	29
Gambar 3-2	Himpunan Fuzzy Dan Penyokongnya.....	30
Gambar 3-3	Bentuk-bentuk Fungsi Keanggotaan	32
Gambar 3-4	Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	32
Gambar 3-5	Himpunan Fuzzy Untuk Kecepatan	35
Gambar 3-6	Bagian Pokok Fuzzy Logic Controller.....	37
Gambar 3-7	Diagram Blok Sistem Pengaturan Dengan Fuzzy Logic.....	38
Gambar 3-8	Himpunan Fuzzy Yang Terkuantisasi	42

Gambar 3-9	Blok Diagram Mekanisme Inferensi	47
Gambar 3-10	Mekanisme Inferensi MISO Dengan Operasi Max-Min	48
Gambar 3-11	Metode-metode Defuzzifikasi	49
Gambar 3-12	Kurva Output Terhadap Input Unit Step	54
Gambar 3-13	Kontroller Fuzzy Logic Type Ke-3	55
Gambar 3-14	Bentuk Umum Dari Anggota Penyokong	56
Gambar 3-15	Langkah Kerja Fuzzy Logic Controller.....	63
Gambar 4-1	Teraan Parameter Motor.....	66
Gambar 4-2	Parameter Inverter	67
Gambar 4-3	Model Simulink Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi .	68
Gambar 4-4	Blok Diagram Kontrol PID	69
Gambar 4-5	Proses Fuzzifikasi FIS Editor	70
Gambar 4-6	Membership Function Input 1	71
Gambar 4-7	Membership Function Input 2	72
Gambar 4-8	Tampilan Output Fuzzy.....	73
Gambar 4-9	Rule Base.....	73
Gambar 4-10	Blok Diagram Vektor Kontrol Fuzzy.....	74
Gambar 4-11	Hasil Simulasi Kecepatan Dengan PID Controller	75
Gambar 4-12	Hasil Simulasi Kecepatan Dengan Fuzzy Logic Controller.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Data Kuantisasi Himpunan Fuzzy	41
Tabel 3-2	Aturan Kontrol Fuzzy Mac Vicar-Whelan	44
Tabel 3-3	Verbalisasi Basis Aturan Pada Kontroller Fuzzy	53
Tabel 4-1	Aturan Kontrol Fuzzy	74
Tabel 4-2	Perbandingan Nilai <i>Overshoot</i> , <i>Settling Time</i> dan <i>Error Steady State</i> Hasil Simulasi Dengan Fuzzy Logic Controller dan PID Contyroller	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor induksi secara luas digunakan untuk berbagai kepentingan khususnya di bidang industri. Sekitar delapan puluh persen untuk motor listrik dan sekitar tiga puluh lima persen total konsumsi listrik dari motor induksi. Diperlukan pengujian-pengujian untuk mengetahui nilai efisiensi suatu motor induksi yang telah terhubung pada peralatan beban^[4].

Metode penentuan efisiensi sangat bervariasi dipandang dari segi kcrumitan, performa keseluruhan dan kecocokan pada kondisi pabrik. Beberapa diantaranya membutuhkan pengujian-pengujian (*No-Load Test*, *Blocked Rotor Test*) yang sangat sulit diterapkan pada industri-industri besar. Di lain pihak, evaluasi efisiensi motor berdasarkan papan-nama (*name plate*) atau buku arahan (*manual book*) tidak menjamin penilaian efisiensi yang tepat dari motor induksi yang dipakai^[1].

Dari beberapa persoalan diatas timbul permintaan dari industri-industri yang sebagian besar mesinnya menggunakan aplikasi motor induksi untuk mengembangkan dan meningkatkan metode penentuan efisiensi motor induksi dengan tingkat ketelitian yang mendekati nilai sebenarnya. Akhirnya kami mencoba untuk menentukan efisiensi motor induksi 3 fasa dengan tingkat ketelitian yang sebenarnya, yaitu dengan menggunakan pengendali vektor berbasis ANN^[4].

Penelitian ini menyajikan sebuah pendekatan baru dalam menentukan efisiensi maksimum motor induksi tiga fasa dengan menggunakan pengendali vector berbasis ANN. *Artificial Neural Network* memprediksi nilai tegangan dan frekwensi yang digunakan untuk menentukan fluksi optimal yang digunakan motor dalam kondisi maksimum^[4].

1.2. Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang di atas maka permasalahan yang timbul untuk mendapatkan metode estimasi efisiensi yang efektif adalah

- a) Bagaimana penerapan aplikasi metode *Aritificial Neural Network* motor induksi tiga fasa berdasarkan pada pengendali vektor langsung dari motor induksi tiga fasa berdasarkan data pengukuran di lapangan?
- b) Sejeuh mana metode ini dapat menentukan efisiensi maksimum motor induksi tiga fasa?

1.3. Tujuan Pembahasan

Menganalisis aplikasi metode pengendali vektor berbasis *Aritificial Neural Network* pada penentuan efisiensi motor induksi tiga fasa berdasarkan data pengukuran di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi akan lebih terarah sesuai dengan tujuan dan judul yang ada maka permasalahan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan pada Motor Induksi Tiga-Phasa jenis 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
2. Pembahasan ditekankan pada analisis aplikasi metode pengendali vektor langsung berbasis *Artificial Neural Network* pada motor induksi tiga phasa untuk estimasi efisiensi motor induksi tiga phasa.
3. Besaran-besaran rotor diasumsikan berpatokan pada besaran stator pada rangkaian ekivalen motor induksi.
4. Motor beroperasi pada keadaan steady state.
5. Tidak membahas pengasutan motor induksi.
6. Tidak membahas sistem proteksi motor induksi.
7. Tidak membahas Perbaikan factor daya & pemakaian kapasitor .

1.5. Metode Pemecahan Masalah

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini metodologi sebagai berikut:

a. Studi literatur

Pengumpulan bahan yang berkaitan dengan motor induksi serta penurunan rumus– rumus yang digunakan dalam skripsi ini.

b. Pengumpulan Data

Melakukan percobaan dan pengambilan data dari motor induksi yang akan dianalisa.

- c. Melakukan simulasi dari data yang ada ke dalam Blok Simulink Dengan Bantuan MATLAB 7.3.
- d. Menganalisa hasil Simulasi
- e. Pembahasan
- f. Kesimpulan

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi dan sistematik penulisan serta relevansinya.

BAB II : TEORI DASAR

Membahas tentang teori dasar mengenai motor induksi, konstruksi, prinsip kerja motor induksi, rangkaian ekivalen, performa motor dan pengujian motor induksi tiga fasa. Selain itu juga menerangkan mengenai MATLAB *Simulink*

BAB III : PERMODELAN MOTOR INDUKSI DAN PENGENDALI VEKTOR DENGAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

Berisikan tentang teori dan permodelan pengendali vektor, *Artificial neural network*, algoritma programan, flowchart program dan penerapannya pada motor induksi tiga fasa.

BAB IV : MENGHITUNG PARAMETER MOTOR DAN ANALISA HASIL SIMULASI

Membahas tentang analisa data pengujian yang digunakan motor induksi tiga phasa, hasil simulasi dan analisa hasil simulasi penerapan pengendali vektor berbasis *artificial neural network* dalam menentukan efisiensi motor induksi tiga fasa.

BAB V : PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran sesuai dengan analisa yang dilakukan.

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 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.^[6]

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).
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. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

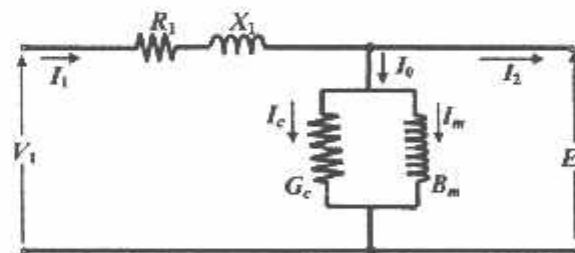
2.2.1. Rangkaian Ekuivalen

Suatu rangkaian ekuivalen motor induksi tiga fasa diperlukan untuk membantu analisis operasi dan untuk memudahkan penghitungan kinerja. Rangkaian ekuivalen tersebut mengasumsikan suatu bentuk yang identik rangkaian ekuivalen transformator. Proses penurunannya serupa dengan model dengan modifikasi-modifikasi baru seperlunya untuk menghitung kumparan sekunder (rotor) dalam hal ini berputar dan menghasilkan daya mekanik.

2.2.2. Rangkaian Ekuivalen Stator

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

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



Gambar 2-1 : Rangkaian Ekuivalen Stator^[1]

Dimana :

V_1 = tegangan terminal per-fasa

R_1 = resistansi kumparan stator per-fasa

X_1 = reaktansi bocor kumparan stator per-fasa

E_1 = tegangan induksi (ggl) per-fasa di dalam kumparan stator

G_c = konduktansi rugi-rugi inti stator per-fasa

B_m = suseptansi magnetisasi stator per-fasa

2.2.3. Rangkaian Ekuivalen Rotor

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 ($f_r = f_s$) dan slip sama dengan satu ($s=1$). Dengan mengetahui bahwa frekuensi arus / tegangan rotor adalah frekuensi slip, maka reaktansi bocor rotor (*leakage reactance*) per fasa adalah :

$$X_2' = sX_2 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$X_2 = 2\pi f_s L_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

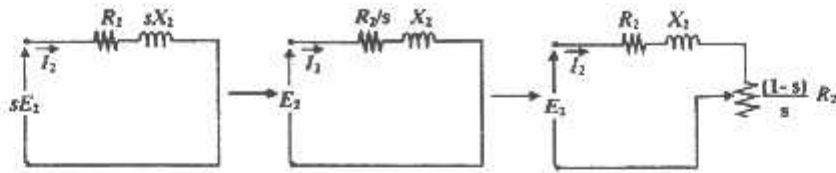
$$E_2 = 4,44f_2 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots (2.3)$$

Pada slip, s , frekuensi rotor menjadi $s f_s$, maka tegangan induksi pada rotor (E_2') pada slip, s , adalah :

$$E_2' = 4,44s f_1 N_2 \Phi_m \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.3) ke (2.4) maka didapat persamaan :

$$E_2' = s E_2 \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar 2-2 Rangkaian Ekuivalen Rotor ^[1]

Dimana :

S = Slip

E_2 = tegangan induksi per-fasa di dalam rotor pada keadaan diam

R_2 = resistansi kumparan rotor per-fasa berpatokan pada stator

X_2 = reaktansi bocor rotor per-fasa berpatokan pada stator

Berdasarkan persamaan (2.1) dan (2.5) maka diperoleh rangkaian ekuivalen rotor seperti pada gambar 2-2.

Besar arus rotor (I_2) saat berputar adalah :

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

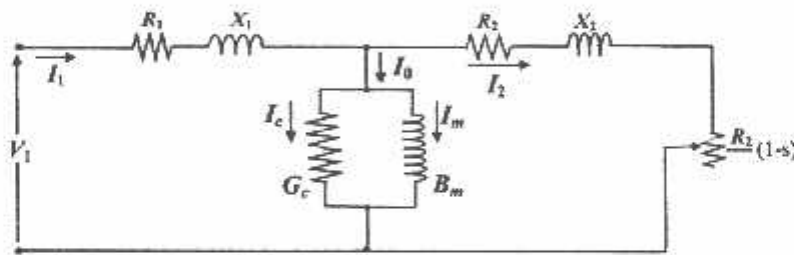
Atau

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

2.2.4. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi 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 (*air gap*).



Gambar 2-3 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi ^[4]

Rangkaian tersebut memperlihatkan bahwa daya keseluruhan yang dialihkan pada celah udara dari stator (masukan daya ke rotor) adalah :

$$P_2 = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan rugi tembaga rotor :

$$P_{cu2} = 3I_2^2 R_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Maka daya mekanis yang dibangkitkan oleh motor induksi adalah :

$$P_m = P_2 - P_{cu2} = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} - 3I_2^2 R_2 = 3I_2^2 R_2 \frac{(1-s)}{s} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$P_m = T \cdot \omega_r = T \cdot \omega_s(1-s) \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana :

T = Torsi motor dalam N-m

ω_r = kecepatan rotor dalam rad/det

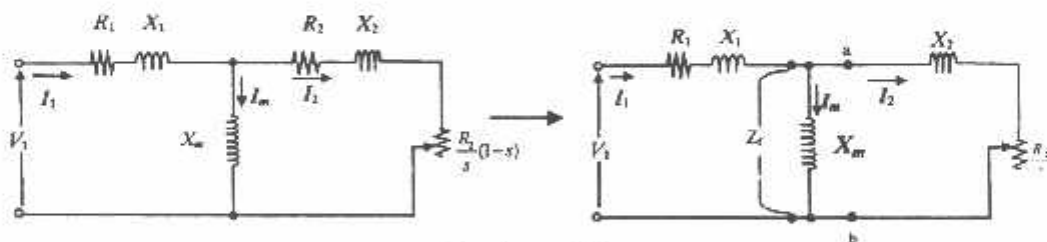
ω_s = kecepatan sinkron stator dalam rad/det

sehingga diperoleh :

$$T = \frac{3}{\omega_s} I_2^2 \frac{R_2}{s} \text{ Nm} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dalam analisis rangkaian ekivalen, sering disederhanakan dengan menghilangkan konduktansi (R_c), sehingga rangkaian ekivalen pada gambar (2-3) berubah menjadi :



Gambar 2-4
Penyederhanaan Rangkaian Ekivalen Motor Induksi ^[4]

Untuk dapat melakukan menganalisis respons transient pada motor induksi dengan perubahan torsi mekanik yang bervariasi maka rangkaian ekivalen harus dirubah dalam bentuk rangkaian DQ Pada umumnya pada sebuah motor induksi

telah terdapat informasi pada name plate dimana data informasi itu merupakan dasar dalam pengoperasian motor tersebut. Data tersebut berupa:

- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal V_{L-L} (Volt)
- Arus Nominal (Amp)
- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi tiga fasa dapat dibandingkan dengan transformator karena merupakan piranti yang melibatkan perubahan kebocoran fluks pada kumparan stator. Dalam hubungan ini diasumsikan bahwa rotor terdiri atas tipe lilitan dan hubungan bintang. Dengan lilitan rotor dalam keadaan rangkaian terbuka tidak ada torsi yang dibangkitkan. Dengan demikian pemberian tegangan tiga fasa pada kumparan stator tiga fasa menimbulkan medan magnet putar dan memotong kumparan rotor pada frekuensi f_1 . Nilai rata-rata ggl induksi per fasa dari kumparan rotor dinyatakan dengan persamaan (2.4)

Perlu diketahui bahwa frekuensi stator f_1 digunakan disini karena rotor tersebut dalam keadaan diam / berhenti. Dengan demikian E_2 merupakan ggl frekuensi saluran. Fluks (Φ_m) tentu merupakan tiap elektroda (pole) dari kumparan stator dan rotor.

Rumus yang serupa menyatakan nilai rata-rata ggl induksi tiap fasa yang terjadi dari kumparan stator, yaitu :

$$E_1 = 4,44 f_1 N_1 k_{w1} \Phi_m \dots\dots\dots (2.15)$$

Berdasarkan persamaan (2.15) dan (2.4) dapat dirumuskan rasio :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 K_{w1}}{N_2 K_{w2}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Pada dasarnya, motor induksi pada keadaan diam menyerupai karakteristik transformator dengan kumparan stator sebagai sisi primer dan kumparan rotor sebagai sisi sekundernya.

Untuk menghasilkan torsi mula (dan torsi penggerak berturut-turut) perlu arus yang mengalir dalam kumparan rotor. Mula-mula ggl induksi E_2 mengakibatkan arus rotor I_2 mengalir melalui rangkaian hubung-singkat, menghasilkan distribusi *ampere-conductor* yang berkerja dengan medan fluks untuk menghasilkan torsi mula. Pengaruh torsi ini selalu mengakibatkan rotor berputar dalam arah yang sama sebagaimana medan putar. Anggaplah bahwa medan fluks putar searah jarum jam pada kecepatan tertentu yang bergantung pada frukuensi stator dan banyaknya kutub dari kumparan stator. Kecepatan ini disebut “kecepatan sinkron” dan dinyatakan :

$$n_s = \frac{120f}{p} \text{ rpm} \dots\dots\dots (2.17)$$

karena rotor meningkat kecepatannya, laju yang mengijinkan medan stator memotong kumparan rotor menurun. Hal ini mengurangi ggl induksi resultan per fasa, pada gilirannya menurun magnitude distribusi *amper-conductor* dan menghasilkan torsi yang lebih kecil. Pada kenyataan proses ini berlanjut hingga

kecepatan rotor mampu untuk menghasilkan ggl yang cukup agar arus yang diperlukan untuk membangkitkan torsi yang setara dengan torsi lawan.

2.3.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor

Slip diidentifikasi sebagai bagian Dari kecepatan sinkron n_s dan kecepatan aktual rotor n_r . Slip dirumuskan sebagai berikut :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots (2.18)$$

Pada keadaan diam medan magnet putar yang dihasilkan oleh stator mempunyai kecepatan relatif yang sama dengan kumparan rotor. Pada saat ini frekuensi dari arus rotor sama dengan frekuensi stator ($f_r = f_s$). Frekuensi rotor f_r adalah nol ketika motor berputar pada kecepatan sinkron. Pada saat tersebut tidak terdapat gerakan (putaran) relatif antara medan putar dan rotor. Pada kecepatan yang lain, frekuensi rotor proporsional dengan slip (s). Hubungan antara slip dan frekuensi dapat dilihat dari persamaan berikut ini^[2] :

$$n_s = \frac{120f_s}{p} \text{ atau } f_s = \frac{pn_s}{120} \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana : p = jumlah kutub

f_s = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

$$f_r = \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots\dots\dots (2.20)$$

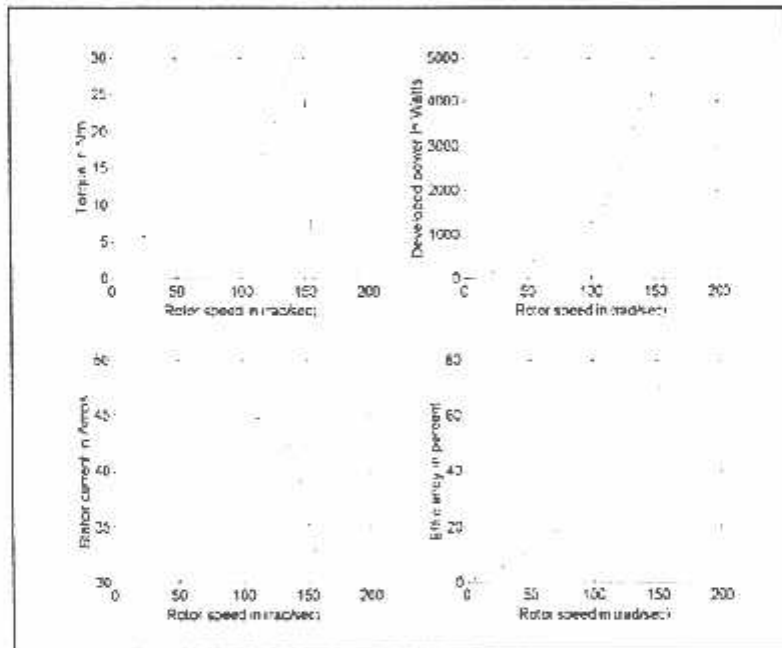
Maka :

$$f_r = s \cdot f_s \dots\dots\dots (2.21)$$

2.4. Performa Motor

2.4.1 Performa *Steady State*

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

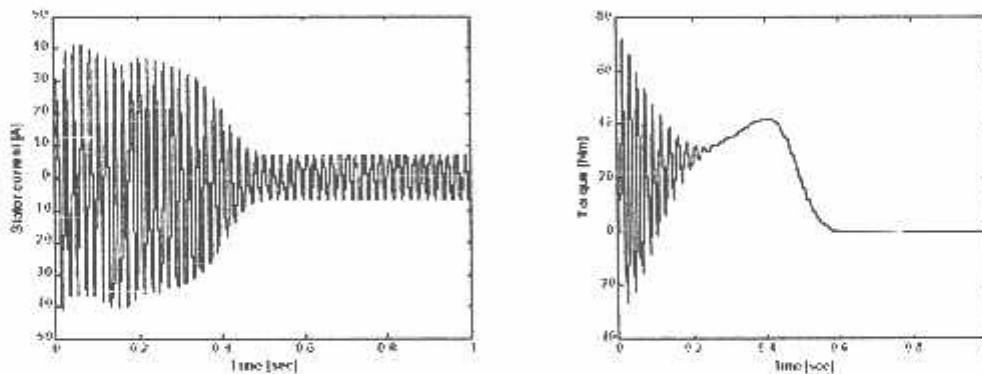


Gambar 2-5
Keadaan *Steady State* Motor Induksi [9]

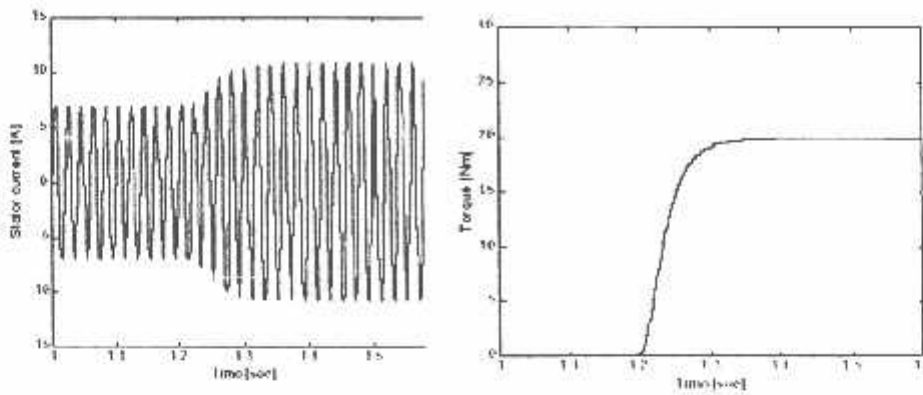
2.4.2 PerformaTransient

Keadaan transient atau peralihan merupakan kondisi motor sesaat dimana keadaan berubah-ubah dan dapat menentukan beberapa faktor penting dalam pengendalian motor, sedangkan keadaan *steady state* merupakan kondisi motor dimana motor telah berjalan dengan stabil.

Kondisi pada awal atau start, pengereman, perubahan kecepatan akan mengalami keadaan transient pada motor induksi. Misalnya pada keadaan start motor induksi dengan kapasitas besar akan menghasilkan arus starting yang besar dimana besarnya 3 sampai 8 kali arus nominal yang tertera pada name plate motor.



Gambar 2-6
Transient Respons Pada Starting Moror Induksi 3 HP [4]



Gambar 2-7
Kondisi Karakteristik Motor Torsi Beban Berubah ^[4]

Beban motor induksi merupakan factor yang penting dalam stabilitas power system karena adanya beberapa alasan yaitu:

- Perubahan yang cepat dari penambahan beban
- Untuk beban dengan power faktor rendah akan meminta daya reaktif yang tinggi
- Akan menyebabkan tegangan turun ketika beban pada motor ditambah

Perubahan arus torsi dan tegangan yang terjadi misalnya pada keadaan penambahan torsi beban yang berubah-ubah merupakan informasi yang diperlukan oleh teknisi di bidang kontrol sehingga dapat menentukan jenis pengaman yang akan digunakan dan peralatan kontrol yang mana akan digunakan. Keadaan transien berlangsung dalam waktu yang cukup singkat tetapi jika diperhatikan secara baik akan menyebabkan bahaya pada motor tersebut. Jadi adanya transient respons ini sangat berhubungan dengan waktu..

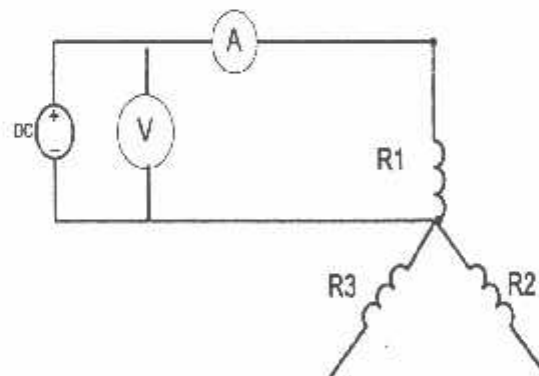
Perubahan torsi beban pada motor akan mempengaruhi, arus stator, tegangan dan fluks rotor. Tidak semua motor dijalankan pada torsi yang konstan misalnya suatu motor dijalankan pada 0,5 dari torsi rata-rata pada awal dan torsi penuh

setelah motor berjalan beberapa detik. Faktor-faktor dalam ini merupakan suatu gejala peralihan ketika motor dioperasikan dengan beban ataupun torsi yang berubah-ubah. Perubahan ini juga akan mengakibatkan pada arus, dan flux rotor. Ketika motor pertama kali dijalankan atau pada kondisi startup dapat diketahui akan mengalami transient respons adanya gejala naik turun arus, tegangan, kecepatan dan flux sebelum motor tersebut beroperasi dalam kondisi steady state. Dalam menganalisa gejala transient ada motor induksi, maka motor induksi digunakan dalam dua fasa yaitu motor dalam D (direct) dan Q (quadrature) sumbu. Konsep ini dianggap mudah karena terdiri dari dua pengaturan medan yaitu pada stator dan pada rotor.

2.5. Pengujian Motor Induksi

2.5.1. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Tujuan dari pengujian arus searah (*DC Test*) adalah untuk menentukan nilai resistansi stator. Diagram pengukuran ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2-8 Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Kumparan stator terhubung bintang (Y) dan bila sumber DC disuplai melalui kumparan kumparan 1 , dengan kumparan ke tiga (kumparan c) dalam keadaan terbuka (*open circuit*), maka nilai dari resistansi ekivalen (R_{dc}) :

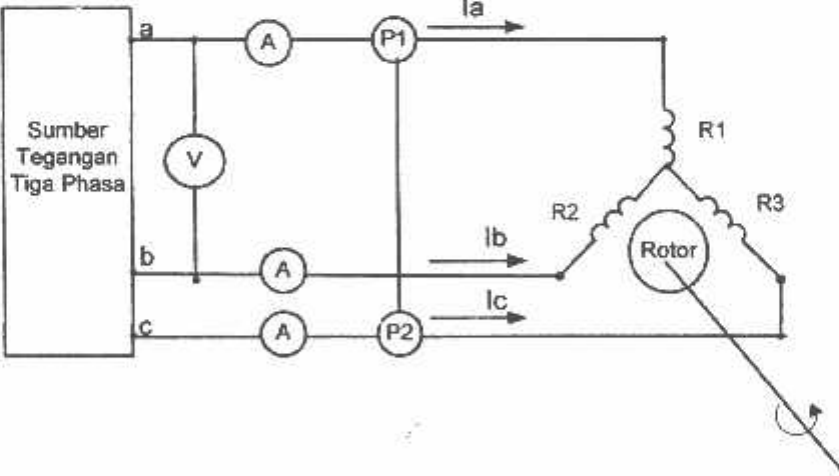
untuk nilai resistansi kumparan a dan b :

$$R_{ab} = R_1 = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \Omega \dots\dots\dots (2.22)$$

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

2.5.2 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 sangat kecil (mendekati 0,0001 atau lebih kecil)



Gambar 2-9
Rangkaian Pengujian Tanpa Beban (*No Load Test*)

$P_{3-\phi}$, daya total yang terukur dari P1 dan P2 :

$$P_{3-\phi} = P_1 + P_2 \text{ Watt}$$

$$P_{nl} \text{ daya per fasa } P_{nl} = \frac{P_{3-\phi}}{3} \text{ Watt/ per fasa}$$

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

$$V_{nl} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} \text{ Volt/fasa} \dots\dots\dots (2.23)$$

Untuk arus pada no load

$$I_{nl} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{I_{nl}} \text{ ohm} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$R_{nl} = \frac{P_{3\phi}}{3I_0} \text{ ohm} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$X_{nl} = \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} \text{ ohm} \dots\dots\dots (2.27)$$

R_c , resistansi rugi-rugi inti :

$$P_c = P_{nl} - P_{rs} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$R_c = \frac{E_s^2}{P_c} \text{ ohm/fasa} \dots\dots\dots (2.29)$$

Rugi Rugi Stator

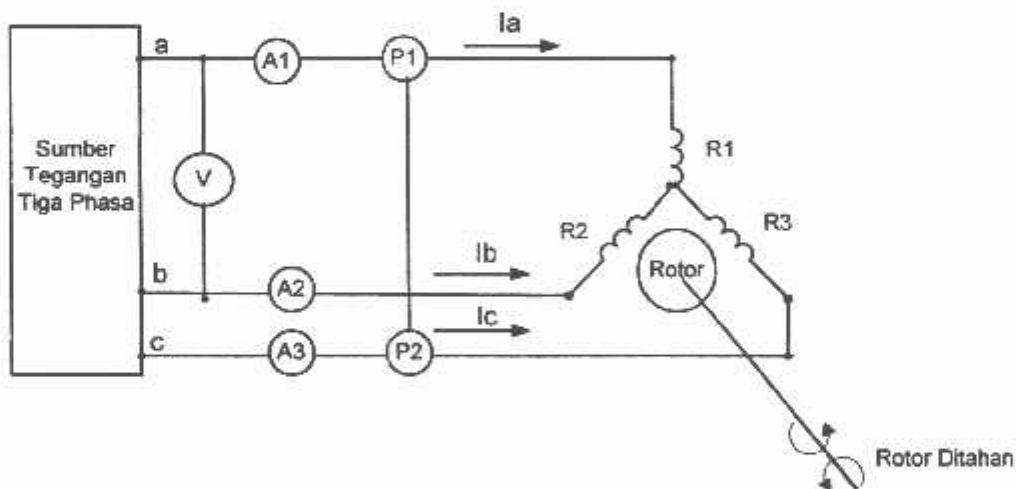
$$P_{rs} = 3I_{nl}^2 \cdot R_s \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.30)$$

Rugi Gesek, angin, rugi besi :

$$P_{\text{fwc}} = P_{nl} - P_{rx} \text{ (Watt) } \dots\dots\dots (2.31)$$

2.5.3 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 siip(s) sama dengan satu. Suplai tegangan tiga fasa 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 2-10
Rangkaian Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor*)

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

$$P_{3-\phi} = P_a + P_b \text{ watt } \dots\dots\dots (2.32)$$

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

P_{br} , rugi-rugi daya per fasa :

$$P_{br} = \frac{P_{3\phi}}{3} \text{ watt/fasa} \dots\dots\dots (2.33)$$

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

$$V_{br} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3}} \text{ Volt/fasa} \dots\dots\dots (2.34)$$

I_{br} , arus fasa stator :

$$I_{br} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3} \text{ Ampere} \dots\dots\dots (2.35)$$

R_{ek} , resistansi ekivalen :

$$R_{ek} = \frac{P_{br}}{I_{br}^2} \text{ ohm/fasa} \dots\dots\dots (2.36)$$

Untuk R_r' , resistansi rotor berpatokan pada stator :

$$R_r' = R_{ek} - R_s \text{ ohm/fasa} \dots\dots\dots (2.37)$$

Z_{br} , Impedansi rotor tertahan :

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{I_{br}} \text{ ohm/fasa} \dots\dots\dots (2.38)$$

X_{ek} , reaktansi ekivalen :

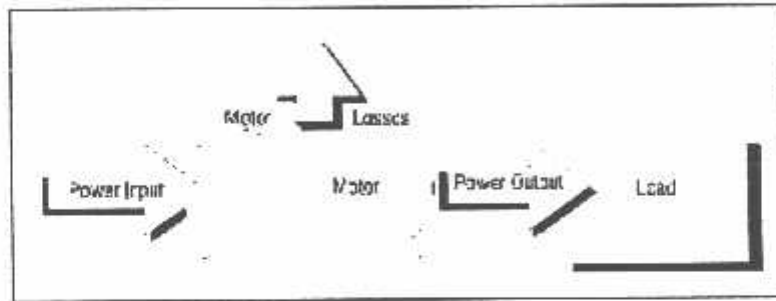
$$X_{ek} = \sqrt{(Z_{br}^2 - R_{ek}^2)} \text{ ohm/fasa} \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal. Secara umum X_s dan X_r' diasumsikan sama, sehingga ;

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

2.6. Efisiensi Motor Induksi

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Pada proses ini, kehilangan energi ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 2-6
Kehilangan Motor (US DOE)^[8]

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.

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan keluaran daya motor yang dipergunakan terhadap keluaran daya totalnya.”

1. Rugi Tembaga (P_{cu})

Rugi yang disebabkan arus beban mengalir pada kawat tembaga

$$P_{cu} = I^2 R \dots \dots \dots (2.41)$$

Karena arus beban berubah-ubah, rugi tembaga juga tidak tetap tergantung pada beban.

2. Rugi Besi (P_i)

Rugi besi terdiri dari :

➤ Rugi histeris :

Yaitu rugi yang disebabkan fluks bolak-balik pada inti besi.

$$P_h = K_h f B_{maks} \dots\dots\dots \text{Watt}$$

Dimana :

K_h = Konstanta

B_{maks} = Fluks maksimum.....Webber

➤ Rugi 'Arus Eddy' :

Yaitu rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi.

$$P_e = K_e^2 f^2 B_{maks} \dots\dots\dots (2.42)$$

Jadi, rugi besi (rugi inti)

$$P_i = P_h + P_e \dots\dots\dots (2.43)$$

➤ Efisiensi

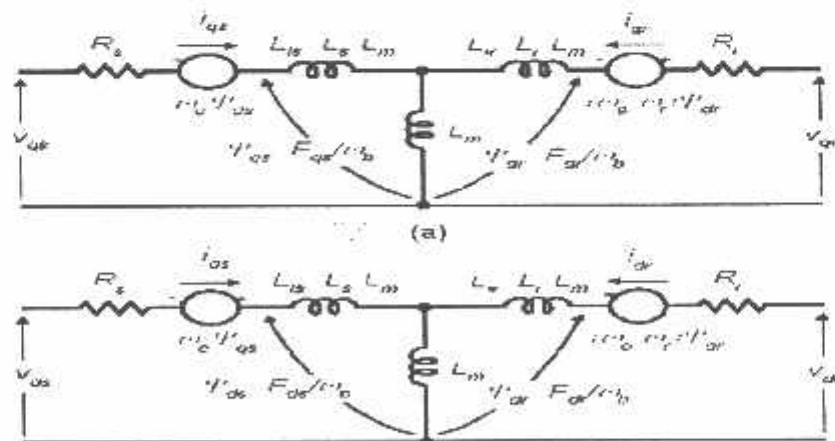
$$\eta = \frac{\text{dayakeluar}}{\text{dayamasuk}} = \frac{\text{dayakeluar}}{\text{dayakeluar} + \Sigma \text{rugi}} = 1 - \frac{\Sigma \text{rugi}}{\text{dayamasuk}} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

$$\Sigma \text{rugi} = P_{cu} + P_i \dots\dots\dots (2.45)$$

2.7. Model Rangkaian DQ

Untuk dapat melakukan menganalisis respons transient pada motor induksi dengan perubahan torsi mekanik yang bervariasi maka rangkaian ekivalen harus dirubah dalam bentuk rangkaian DQ



Gambar 2-11

Rangkaian Ekuivalen DQ Motor Induksi ¹⁶¹

$$\frac{dF_{qs}}{dt} = \omega_b \left[v_{qs} - \frac{\omega_c}{\omega_b} \cdot F_{ds} + \frac{Rs}{x_{ls}} (F_{mq} + F_{qs}) \right] \dots\dots\dots (2.62)$$

$$\frac{dF_{ds}}{dt} = \omega_b \left[v_{ds} + \frac{\omega_c}{\omega_b} \cdot F_{qs} + \frac{Rs}{x_{ls}} (F_{md} + F_{ds}) \right] \dots\dots\dots (2.63)$$

$$\frac{dF_{qr}}{dt} = \omega_b \left[v_{qr} - \frac{(\omega_c - \omega_r)}{\omega_b} \cdot F_{dr} + \frac{Rs}{x_{lr}} (F_{mq} - F_{qr}) \right] \dots\dots\dots (2.64)$$

$$\frac{dF_{dr}}{dt} = \omega_b \left[v_{dr} + \frac{(\omega_c - \omega_r)}{\omega_b} \cdot F_{qr} + \frac{Rs}{x_{lr}} (F_{mq} - F_{dr}) \right] \dots\dots\dots (2.65)$$

$$F_{mq} = X_{ml} \left[\frac{F_{qs}}{X_{ls}} + \frac{F_{qr}}{X_{lr}} \right] \dots\dots\dots (2.66)$$

$$F_{md} = X_{ml} \cdot \left[\frac{F_{ds}}{X_{ls}} + \frac{F_{dr}}{X_{lr}} \right] \dots\dots\dots (2.67)$$

$$X_{ml} = \frac{1}{\left(\frac{1}{X_m} + \frac{1}{X_{ls}} + \frac{1}{X_{lr}} \right)} \dots\dots\dots (2.68)$$

$$i_{qs} = \frac{1}{x_{ls}} \cdot (F_{qs} - F_{mq}) \dots\dots\dots (2.69)$$

$$i_{ds} = \frac{1}{X_{ls}} \cdot (F_{ds} - F_{md}) \dots\dots\dots (2.70)$$

$$i_{qr} = \frac{1}{X_{lr}} \cdot (F_{qr} - F_{mq}) \dots\dots\dots (2.71)$$

$$i_{dr} = \frac{1}{X_{lr}} \cdot (F_{dr} - F_{md}) \dots\dots\dots (2.72)$$

$$T_c = \frac{3}{2} \left(\frac{p}{2} \right) \frac{1}{\omega_b} (F_{ds} \cdot I_{dr} - F_{qs} \cdot I_{ds}) \dots\dots\dots (2.73)$$

$$T_e - T_L = J \cdot \left(\frac{2}{p} \right) \frac{d\omega_r}{dt} \dots \dots \dots (2.74)$$

Dimana

- d : sumbu *direct*
- q : sumbu *quadrature*
- r : rotor variabel
- F_{ij} : fluks
- V_{qs}, V_{ds} : Tegangan stator sumbu q dan d
- F_{mq}, F_{md} : Fluks Magnetic sumbu q dan d
- R_r : Rotor Resistance
- R_s : Stator Resistance
- X_{ls} : Reaktansi Stator
- X_{lr} : Reaktansi Rotor
- I_{qs}, I_{ds} : Arus stator sumbu q dan d
- I_{qr}, I_{dr} : Arus Rotor sumbu q dan d
- P : Jumlah dari Kutub
- T_e : Torsi Output Elektrik
- T_L : Torsi Beban
- J : Moment Inertia
- ω_e : Frekuensi elektrik sudut stator
- ω_b : Frekuensi dasar elektrik sudut motor

Pada umumnya pada sebuah motor induksi telah terdapat informasi pada name plate dimana data informasi itu merupakan dasar dalam pengopersian motor tersebut. Data tersebut berupa:

- Daya Output (Hp/KW)
- Tegangan Nominal V_{L-l} (Volt)
- Arus Nominal (Amp)

- Power Faktor
- Kecepatan (rpm)
- Jumlah Kutub

2.7. Teori Dasar Pengendali Vektor

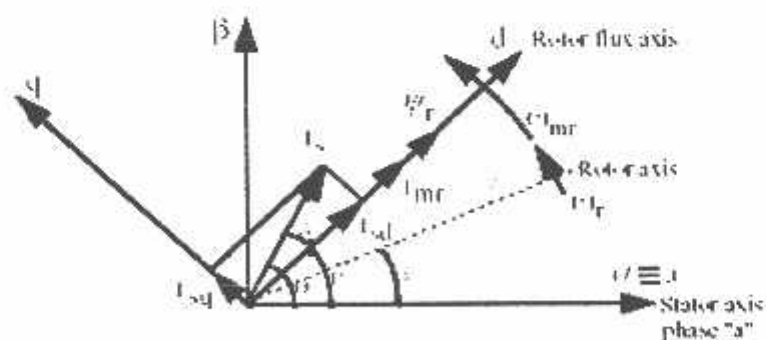
Pengendali vektor adalah pengendali motor induksi tiga fasa yang digunakan untuk memperbaiki unjuk kerja motor. Unjuk kerja yang buruk menyebabkan penggunaan motor menjadi terbatas. Seperti diketahui motor induksi relatif murah, kokoh dan mudah perawatannya namun mempunyai masalah dalam pengaturan kecepatannya. Metoda kontrol vector dilakukan dengan cara mengestimasi fluks rotor dan posisi rotor, untuk mengendalikan fluks rotor dan kecepatan rotor digunakan pengendali PI. Pengendalian motor induksi tiga fasa dengan kontrol vektor adalah suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki unjuk kerja motor.

Pengendalian motor induksi dengan kontrol vector mulai diperkenalkan pada periode tahun 1960an hal ini merupakan suatu revolusi dalam pengendalian putaran motor induksi, sehingga menjadikannya suatu pilihan yang ekonomis dalam menggantikan penggunaan motor arus searah. Motor arus searah mempunyai karakteristik yang dapat didekati oleh motor induksi. Tanggapan transien yang serupa dengan motor arus searah, dapat diperoleh pada motor induksi dengan melakukan pemisahan komponen arus penghasil torsi dengan komponen arus penghasil fluks. Konsep pemisahan ini merupakan prinsip pengendalian dengan kontrol vektor. Terdapat dua metoda kontrol vektor, yaitu *direct vector controller* dan *indirect vector controller*. Pada *direct vector*

controller, vektor fluks rotor diukur dengan menggunakan sensor, seperti sensor Hall, sedangkan pada indirect vector controller digunakan sensor posisi rotor seperti encoder, untuk memperkirakan posisi fluks rotor. Pengendali PI digunakan pada pengendalian fluks dan kecepatan motor, dan simulasi dilakukan dengan bantuan MATLAB –Simulink 7.3

Kontrol vektor dikenal sebagai kontrol berorientasi medan, yang diterapkan pada motor induksi sehingga menghasilkan unjuk kerja yang mendekati unjuk kerja motor arus searah. Pada motor arus searah pemisahan hubungan antara torsi dengan fluks dapat dilakukan dengan menyusun model rangkaian penguat motor, sedangkan pada motor induksi, torsi dan fluks hanya dapat dipisahkan dengan membuat rangkaian tambahan diluar sistem, yaitu melalui kontrol vektor [3]. $i_s = \lambda$. Konsep dasar kontrol vektor, bertujuan memisahkan *komponen arus penghasil fluks* dengan *komponen arus penghasil torsi*.

Untuk mengendalikan arus stator, digunakan sensor kecepatan dan sensor arus fasa, kemudian arus stator yang terukur ditransformasikan dalam sumbu d-q menjadi i_d dan i_q , yang digunakan untuk mengatur arus fluks rotor dan arus torsi.



Gambar 3.8. Hubungan Sumbu 3 fasa, sumbu $\alpha\text{-}\beta$ dan d-q^[5]

Torsi electric pada motor induksi terjadi karena adanya interaksi antara arus pada rotor dan flux pada stator

Vektor fluks rotor hanya tergantung dari fluks rotor disumbu d, konstan yaitu dengan $e \text{ dr } \lambda$ membuat fluks disumbu q, menjadi nol. Vektor fluks rotor dapat dikendalikan dengan $e \text{ qr } \lambda$ mengatur melalui pengendali PI . Arus keluaran yang diinginkan dibatasi sesuai dengan arus nominal motor. I Pengendalian kecepatan motor dilakukan dengan mengatur torsi yaitu dengan mengatur arus $i \text{ e sd}$ melalui pengendali PI.. Transformasi kerangka acuan stator $\alpha\beta$ kedalam kerangka acuan eksitasi d-q , ditunjukkan pada gambar di diatas , sumbu eksitasi d-q berputar berlawanan jarum jam dengan kecepatan $\omega \text{ rf}$.

2.8. Artificial Neural Network

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan proses komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran.

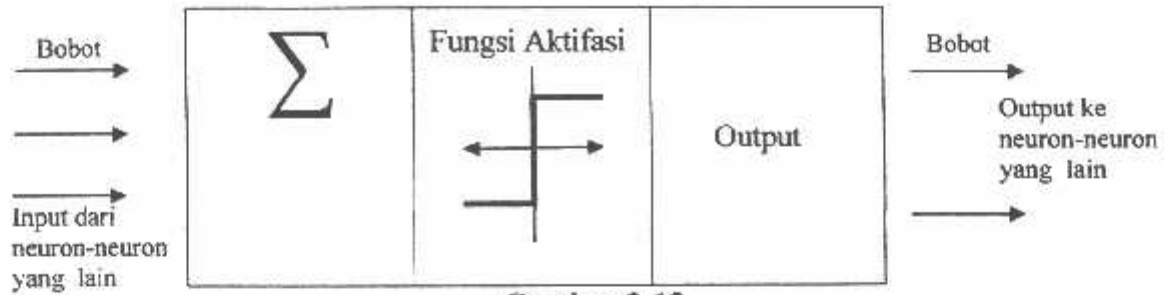
2.8.1. Otak Manusia.

Otak manusia berisi berjuta-juta sel syaraf yang bertugas untuk memproses setisp informasi. Tiap-tiap sel bekerja seperti sebuah prosedur sederhana. Masing-masing sel tersebut saling berinteraksi sehingga mendukung kemampuan kerja otak manusia.

Setiap sel syaraf (neuron) akan memiliki satu sel inti, inti sel ini yang nanti akan memproses setiap informasi. Informasi yang datang akan diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi dendrit juga menyertai axon sebagai keluaran dari proses informasi. Informasi keluaran ini akan menjadi masukan bagi neuron lain yang mana antar dendrit kedua sel tersebut dipertemukan dengan *synopsis*, informasi yang diterima oleh dendrit akan dijumlahkan dan dikirim melalui axon ke dendrit lain yang bersentuhan dengan dendrit dari neuron yang lain. Informasi ini akan diterima oleh neuron yang lain dengan batasan tertentu, yang sering dikenal dengan nama nilai ambang (*Threshold*). Pada kasus ini, neuron tersebut akan dikatakan teraktivasi. Hubungan antar neuron terjadi secara adaptif, artinya struktur hubungan tersebut terjadi secara dinamis. Otak manusia selalu memiliki kemampuan untuk belajar melalui adaptasi.

2.8.2 komponen jaringan syaraf tiruan.

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga memiliki neuron dan ada juga hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterimanya melalui sambungan keluarnya menuju neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Gambar 3.2. menunjukkan struktur neuron pada jaringan syaraf.



Gambar 2-12
Struktur Neuron Jaringan syaraf Tiruan

Jika dilihat neuron-neuron buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis, informasi (disebut dengan: Input) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatanyang akan menjumlahkan semua nilai-nilai bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*Threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron.

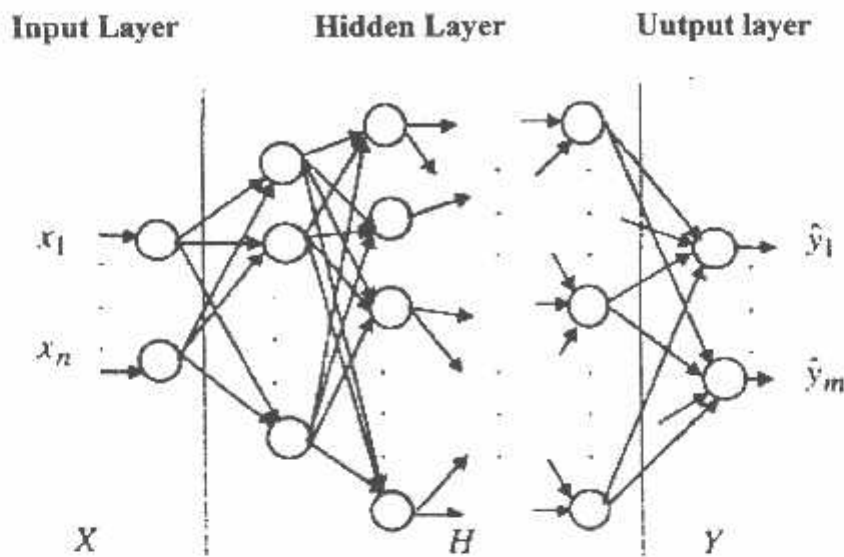
Pada jaringan syaraf, *neuron-neuron* kan dikumpulkan dalam sebuah lapisan (layer) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layer*). Biasanya *neuron-neuron* pada lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan ouput). Informasi yang diterima jaringan syaraf akan dirambatkan dari lapisan ke lapisan, dari lapisan input ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya yang sering kita kenal dengan nama lapisan tersembunyi (hidden layer). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan mundur pada jaringannya.

2.8.3. Arsitektur Jaringan.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa *neuron-neuron* dikelompokkan pada lapisan0lapisan. Umumnya *neuron-neuron* yang terletak pada jaringan yang sama akan memiliki keadaan yang sama. Faktor terpenting dalam menentukan

kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya. Pada setiap lapisan yang sama, *neuron-neuron* memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila *neuron-neuron* pada suatu lapisan (misalkan lapisan tersembunyi) akan dihubungkan pada *neuron-neuron* yang lain (misalkan lapisan *output*), maka setiap *neuron* pada lapisan tersebut (misalkan lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan ke setiap jaringan yang lainnya (misalnya lapisan *output*). Pada metode ANN jaringan yang banyak digunakan adalah jaringan dengan banyak lapisan (*multy layer*).

Jaringan dengan lapisan memiliki satu atau lebih lapisan terletak diantara lapisan input dan output (memilik satu atau lebih lapisan tersembunyi). Misalnya terlihat pada gambar 3.3. jumlah hidden layer tergantung pada kebutuhan. Sampai sekarang masih belum ada aturan maupun ketetapan mengenai hidden unit. Terdapat dua buah layer dengan bobot v dan w . Umumnya ada lapisan bobot-bobot yang terletak diantara dua buah lapisan (*layer*) yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini akan dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit. Namun demikian pada banyak kasus, pembelajaran dengan banyak lapisan lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.

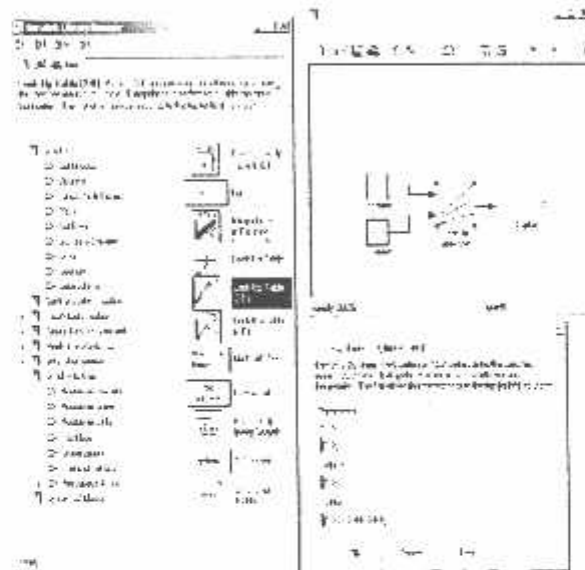


Gambar 2-13
Jaringan syaraf dengan banyak lapisan.

2.9. 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.

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 2-14
Contoh Penggunaan Simulink

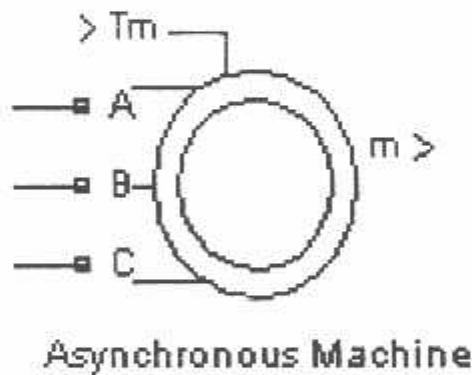
Selain Simulink dalam MATLAB juga terdapat M-Files yaitu bagian untuk menuliskan listing program yang dengan hasil program setelah dijalankan akan disimulasikan dengan Blok Simulink yang telah dibuat.

BAB III
PEMODELAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DAN
PENGENDALI VEKTOR DENGAN ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK

3.1. Pemodelan Motor Induksi 3 fasa

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

Untuk mengontrol motor induksi 3 fasa dengan pengendali thyristor anti paralel maka motor induksi harus dimodelkan dalam bentuk persamaan dynamics motor induksi 3 fasa. Untuk memodelkan motor induksi 3 fasa tersebut harus di ubah dalam bentuk Dq ^[10].



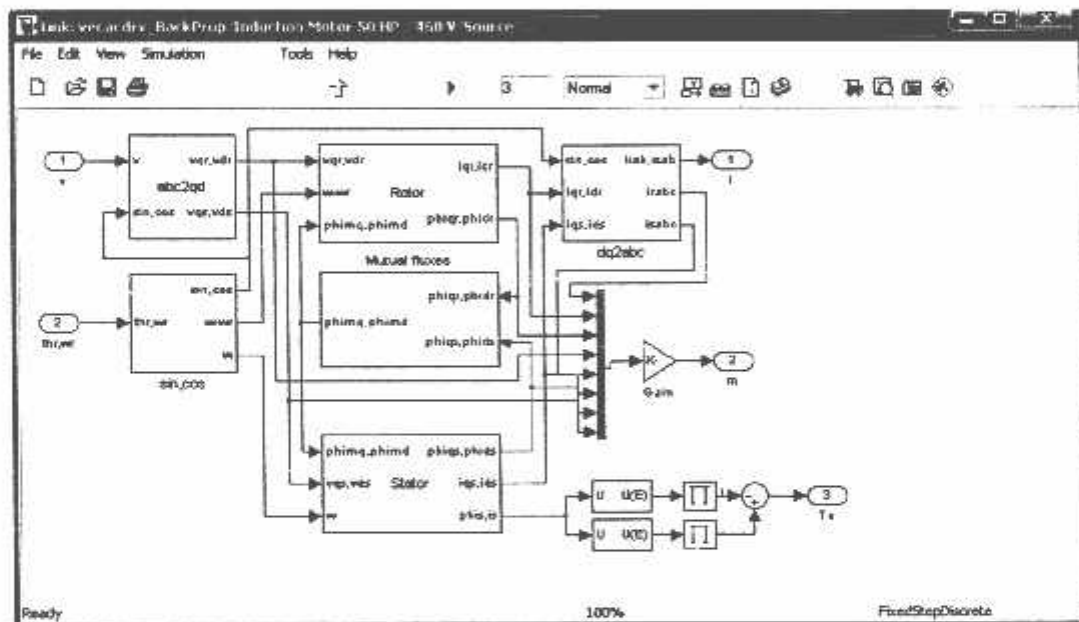
Gambar 3-1
Contoh Motor Induksi 3 Fasa

Blok motor induksi ini dapat beroperasi 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.

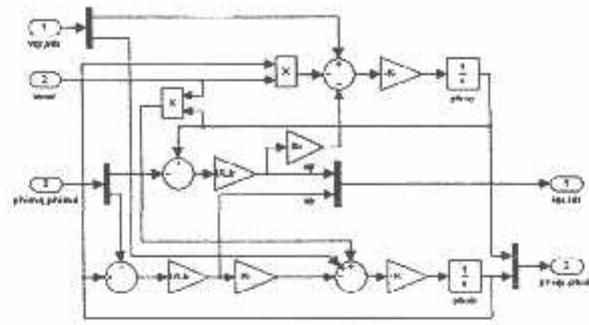
Blok motor induksi yang dibentuk berdasarkan rangkaian DQ terdiri dari beberapa bagian penting yaitu:

- Blok untuk Sumbu Q
- Blok untuk Sumbu D
- Blok Rotor
- Blok Zero Sequence



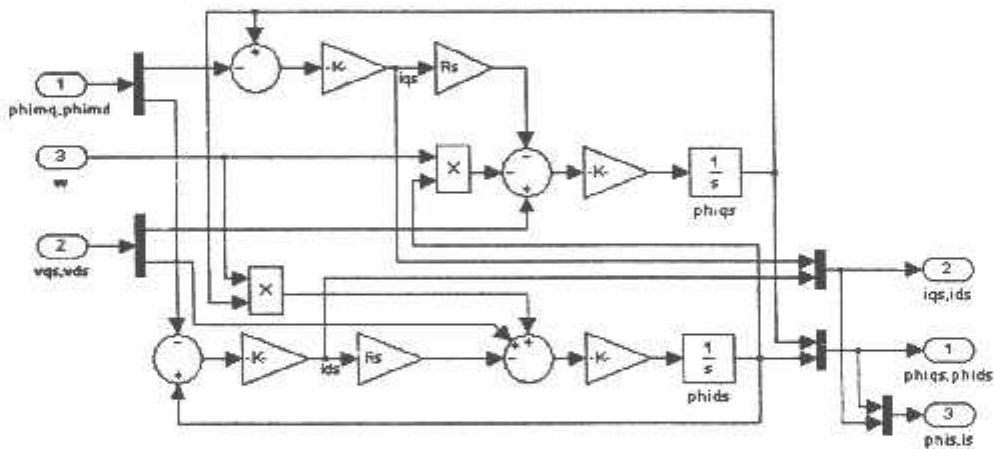
Gambar 3-2
Tampilan Model Fisik Rotor dan Stator Dalam Model Fisik Blok Motor Induksi 3 Fasa

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



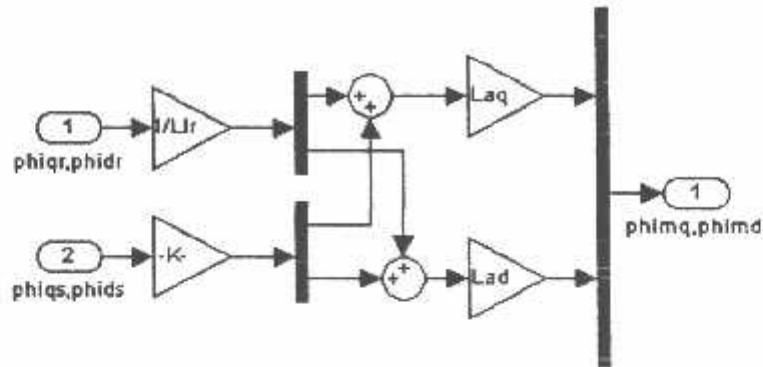
Gambar 3-3
Rangkaian Di Dalam Blok Rotor

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



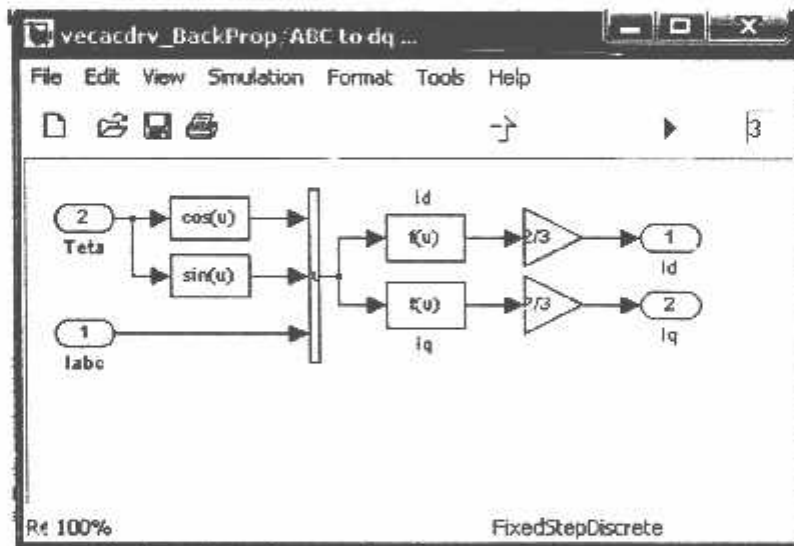
Gambar 3-4
Rangkaian Di Dalam Blok Stator

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 3-5
Tampilan pada Mutual Fluxes

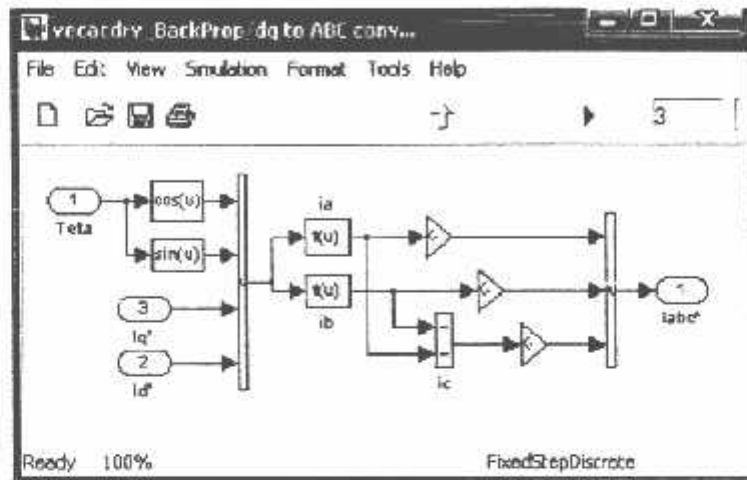
Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok *Mutual Fluxes*. Di dalam blok *Mutual Fluxes* ini terdapat *Fluxes* i_{qr} , i_{dr} dan *Fluxes* i_{qs} , i_{ds} yang digunakan sebagai inputan untuk menghitung *Mutual Fluxes* i_q dan *Mutual Fluxes* i_d .



Gambar 3-6
Rangkaian abc to dq conversion

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 3-7
Rangkaian *dq to abc conversion*

Rangkaian di atas adalah tampilan yang ada di dalam blok *dq to abc conversion*. Di dalam blok *dq to abc conversion* ini terdapat *iq_r*, *id_r* dan *iq_s*, *id_s* bolak balik sebagai inputan kemudian di konversikan ke bentuk a,b,c sehingga menghasilkan *irabc*, *irab*, *isab*, *isabc*.

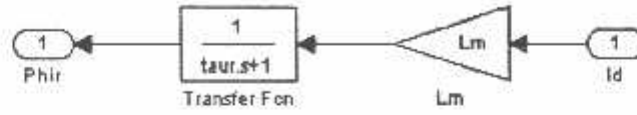
3.2. Pemodelan Pengendali Vektor.

Berdasarkan teori dasar pengendali vektor maka blok simulinknya untuk perhitungan arus dan fluksi sebagai blok kontrolnya adalah

- Untuk perhitungan Fluksi

$$\phi = \frac{L_m \times i_d}{1 + \tau \cdot s}$$

$$\tau = \frac{L_r}{R_r}$$



Gambar 3.9

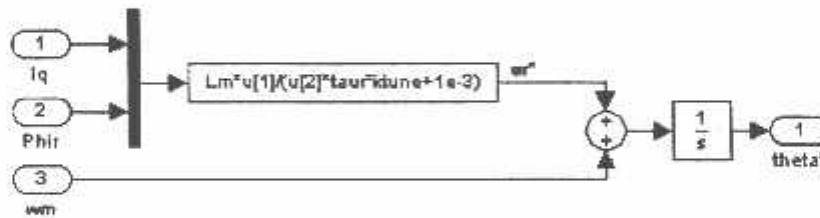
Blok Simulink Perhitungan Fluksi

- Untuk perhitungan posisi rotor

$$\omega_r = \frac{L_m \times I_q}{(\tau \times \phi)}$$

$$\theta = \int (\omega_r + \omega_m)$$

maka blok simulink dibentuk

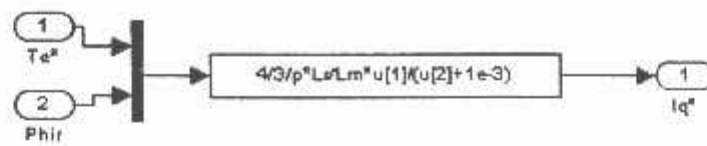


Gambar 3.10

Blok Simulink Perhitungan Torsi

- Untuk arus pada sumbu D (I_d) dan arus Q (I_q)

$$I_q = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(\frac{2}{p}\right) \times \left(\frac{L_r}{L_m}\right) \times \left(\frac{T_e}{\text{phir}}\right)$$



Gambar 3.11
Blok Simulink Arus Pada Sumbu Q

$$I_d = \frac{\phi_r}{L_m}$$

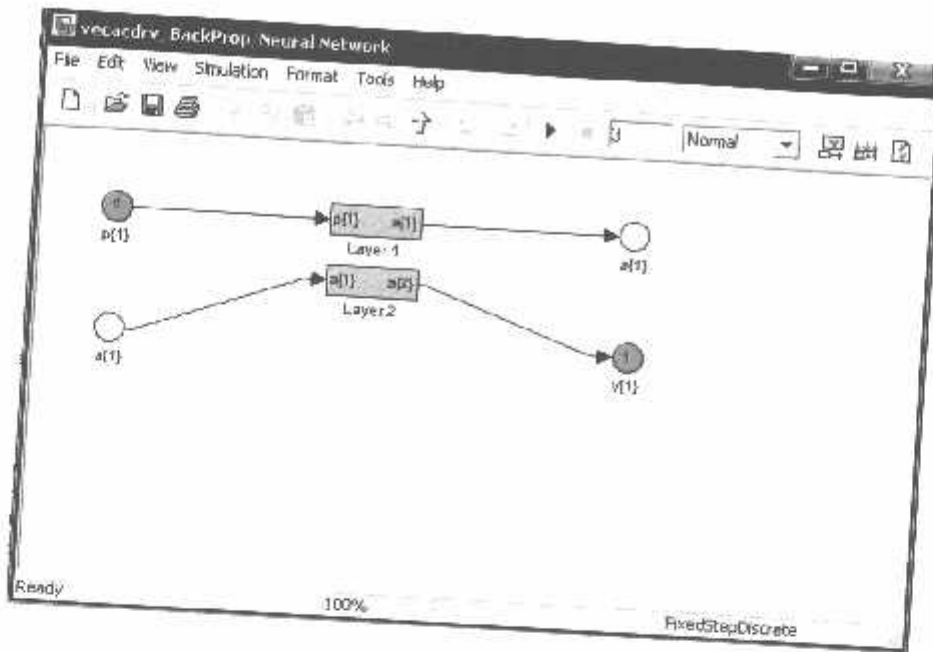


Gambar 3.12
Blok Simulink Arus Pada Sumbu D

3.3. Block *Simulink Artificial Neural Network*.

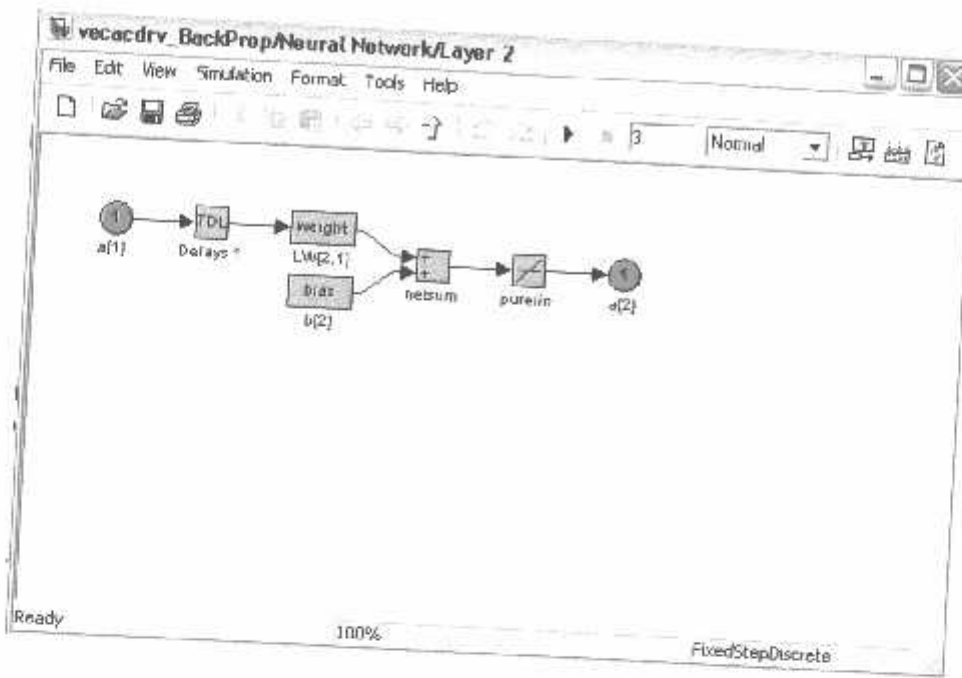
Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan proses komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran.

Pada matlab simulink model *Artificial neural network* telah disediakan,

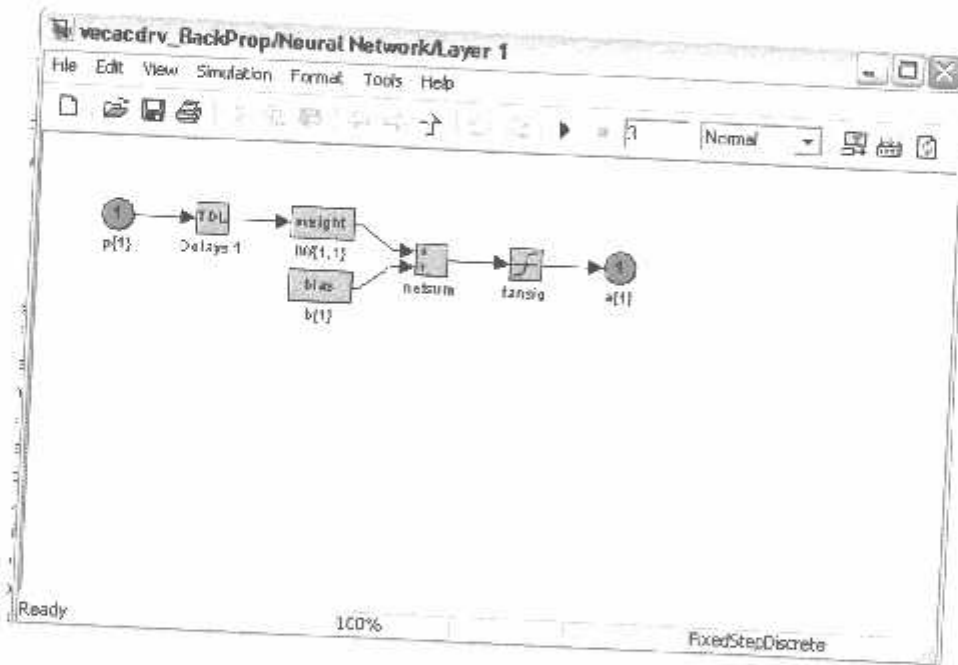


Gambar 3-14
Rangkaian Blok simulink *Neural Network Back Propagation*

Pada jaringan syaraf, *neuron-neuron* kan dikumpulkan dalam sebuah lapisan (layer) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layer*). Biasanya *neuron-neuron* pada lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan output). Informasi yang diterima jaringan syaraf akan dirambatkan dari lapisan ke lapisan, dari lapisan input ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya yang sering kita kenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan mundur pada jaringannya. Berikut ini adalah blok simulink dari layer-layer yang ada dalam block *artificial Neural Network*

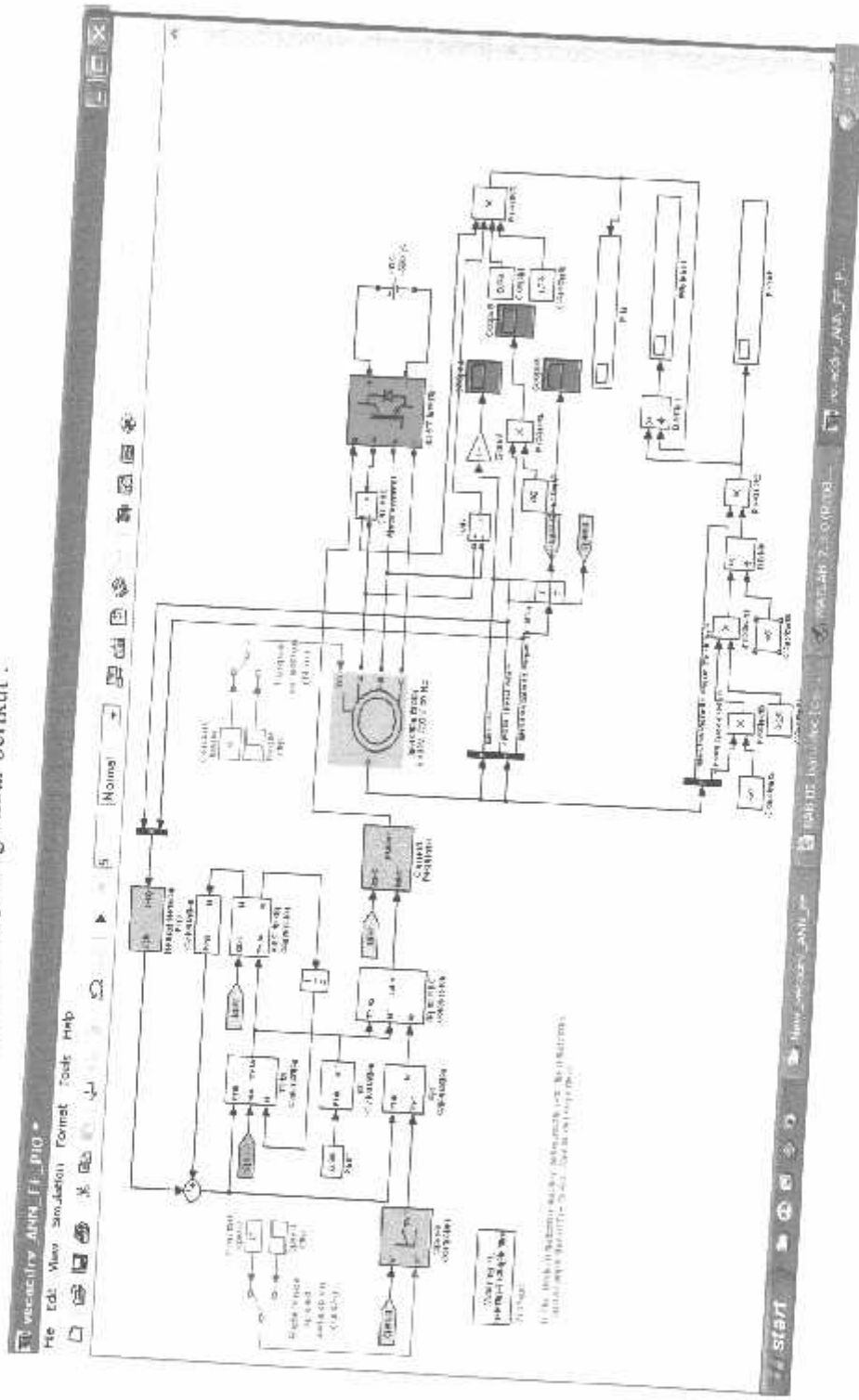


Gambar 3-15
Blok Simulink Layer 1



Gambar 3-16
Blok Simulink Layer 2

Secara lengkap blok simulink dapat di lihat pada gambar berikut :

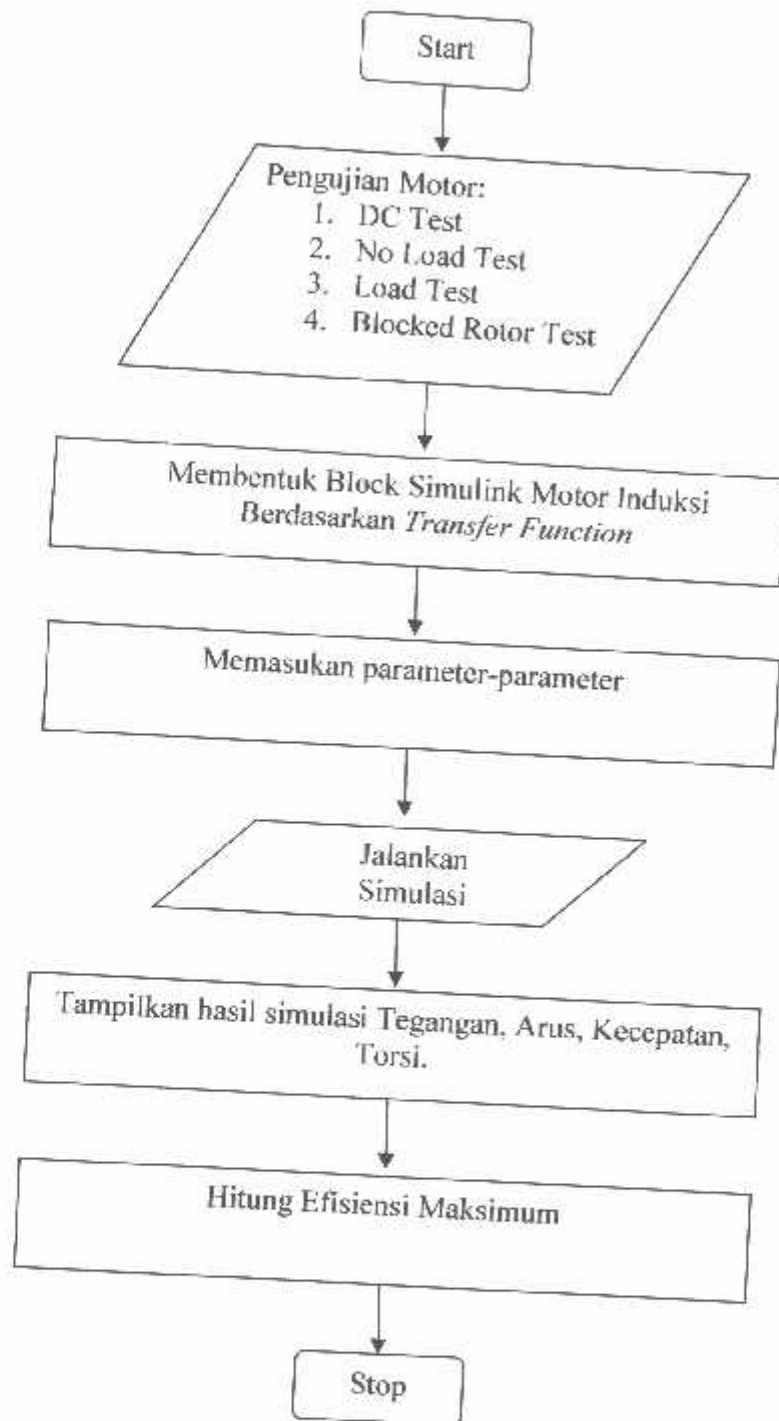


Gambar 3-15
Blok Simulink pengendali vektor berbasis ANN

3.4. Algoritma Pemograman

1. Pengujian Parameter Motor Induksi
 - a. DC test
 - b. Tanpa Beban (*No Load Test*)
 - c. Pengujian Berbeban (*Load Test*)
 - c. Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)
 2. Membentuk Block Simulink Motor Induksi Berdasarkan *Transfer Function* 48
 3. Memasukan parameter-parameter.
 4. Menjalankan simulasi motor induksi dengan parameter motor dan sudut penyulutan yang telah dimasukkan
 5. Menampilkan hasil simulasi Tegangan, Arus, Kecepatan, Torsi.
 6. Menghitung Efisiensi Maksimum.
-

3.5. Flowchart Program.



BAB IV

MENGHITUNG PARAMETER MOTOR DAN ANALISA HASIL SIMULASI

Untuk menentukan parameter dari motor induksi yang akan dianalisa maka dapat dilakukan dengan mengambil parameter dengan melakukan pengujian.

4.1. Menentukan Parameter Motor Induksi

Pengujian untuk mencari parameter motor induksi 3 phasa dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang.

4.1.1. Alat-alat yang digunakan

- a. Motor induksi Tiga Phasa DE LORENZO / DL 1021

Data papan (*Name-Plate*)

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
JUMLAH KUTUP	: 2 KUTUP
KELAS ISOLASI	: F

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| b. Voltmeter | DE LORENZO DL 1031 |
| c. Amperemeter | DE LORENZO DL 1031 |
| d. Wattmeter 3 phasa | DE LORENZO DL 1031 |
| e. Tachometer | DE LORENZO 2026 |
| f. AC voltage Regulator dan DC Supply | DE LORENZO 1013 M2 |
| g. Current Break | DE LORENZO |

4.2 Analisa Parameter Motor Induksi

- Dari pengujian arus searah besarnya resistansi stator adalah:

Dengan menggunakan persamaan 2.52

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

$$\text{Maka: } R_{dc(1)} = \frac{4}{0.75} = 5.33 \Omega$$

$$R_{dc(2)} = \frac{6}{1.12} = 5.35 \Omega$$

$$R_{dc(3)} = \frac{8}{1.44} = 5.55 \Omega$$

$$R_{dc(4)} = \frac{10}{1.78} = 5.61 \Omega$$

$$R_{dc(5)} = \frac{12}{2.14} = 5.61 \Omega$$

$$R_s = \frac{5.33 + 5.35 + 5.55 + 5.61 + 5.61}{5} = 5.49 \Omega / \text{phasa}$$

B. Dari pengujian Tanpa Beban (No-load Test)

$$I_{th} = \frac{I_{ca} + I_{cb} + I_{cc}}{3}$$

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

$$Z_{th} = \frac{V}{\sqrt{3} I_{th}} = \frac{220}{\sqrt{3} \times 0.62} = 205 \Omega$$

$$R_{th} = \frac{P_{(3\phi)}}{3 I_{th}^2} = \frac{90}{3 \cdot (0.62^2)} = 78 \Omega$$

$$X_{th} = \sqrt{Z_{th}^2 - R_{th}^2}$$

$$= \sqrt{205^2 - 78^2} = 189.58 \Omega$$

C. Dari Rotor tertahan (Blocked Rotor Test)

$$I_{br} = \frac{I_{hra} + I_{hrb} + I_{hrc}}{3}$$

$$I_{br} = \frac{2.5 + 2.5 + 2.5}{3} = 2.5 A$$

$$Z_{br} = \frac{V}{\sqrt{3}I_{br}} = \frac{78}{\sqrt{3} \times 2.5} = 18.01 \Omega$$

$$R_r = \frac{P_{(3\phi)}}{3I_{br}^2} = \frac{230}{3 \cdot (2.5^2)} = 12.267 \Omega$$

$$X_{br} = \sqrt{Z_{br}^2 - R_r^2}$$

$$= \sqrt{18.01^2 - 12.267^2} = 13.08 \Omega$$

$$X_r = X_s + X_r'$$

Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal kelas A, maka secara umum X_s dan X_r' diasumsikan sama, sehingga :

$$X_s = X_r' = \frac{1}{2} X_r = \frac{1}{2} \cdot 13.08 = 6.54 \Omega$$

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

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

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

$$= 189.58 - 6.54$$

$$= 183.04 \Omega$$

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

$$R = R_m - R_s$$

$$= 12.267 - 5.49$$

$$= 6.78$$

$$X_r = X'_r + X_m$$

$$X_r = 6.54 + 183.04 = 189.58\Omega$$

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

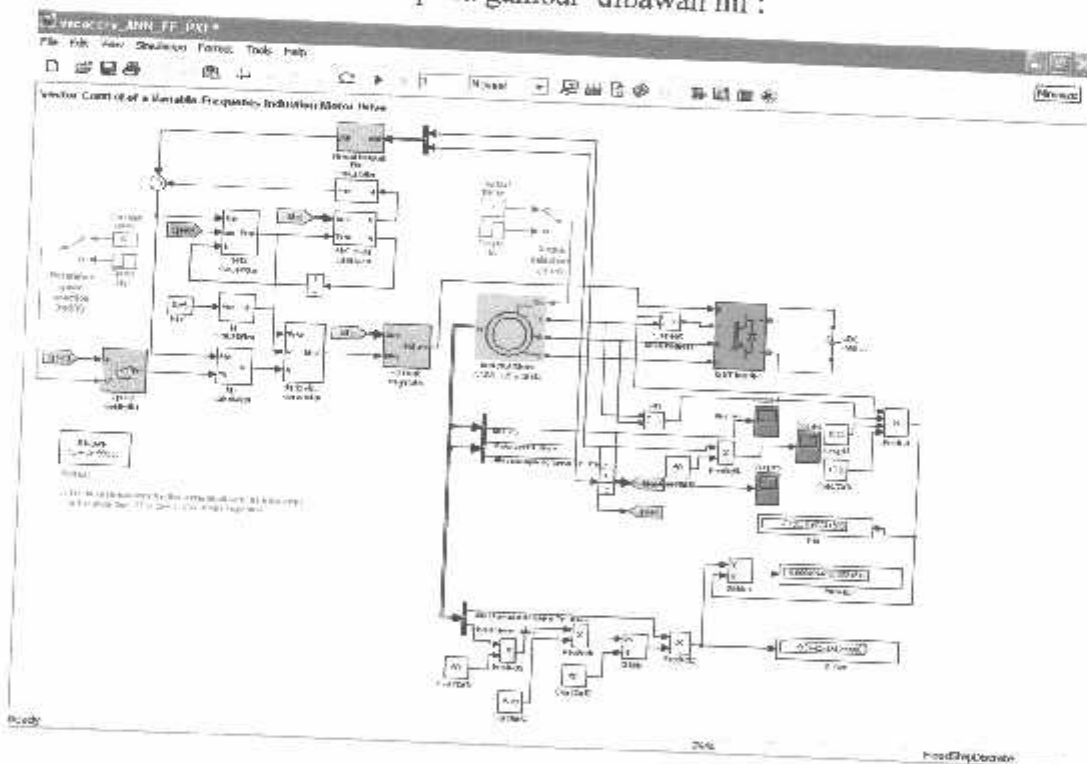
$$= 6.78 \cdot \left(\frac{189.58}{183.04} \right)^2 = 7.02\Omega$$

Tabel 4-4

Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phase

rs	rr	xls	xlr	xm
5.49	7.02	6.54	6.54	183.04

Dengan menggunakan bantuan Matlab-Simulink maka blok analisis efisiensi motor dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

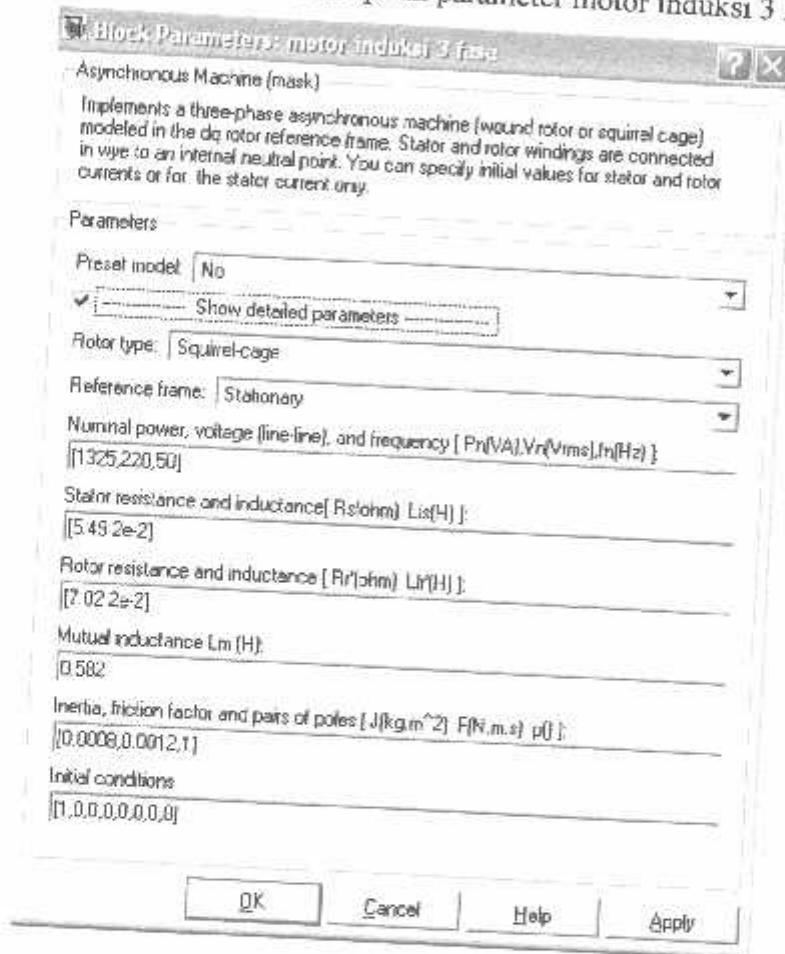


Gambar 4-1
Blok Simulink Efisiensi Motor Induksi Dengan Metode
Vektor Kontrol berbasis ANN

4.3. Analisa Hasil Simulasi

4.3.1 Tampilan Parameter

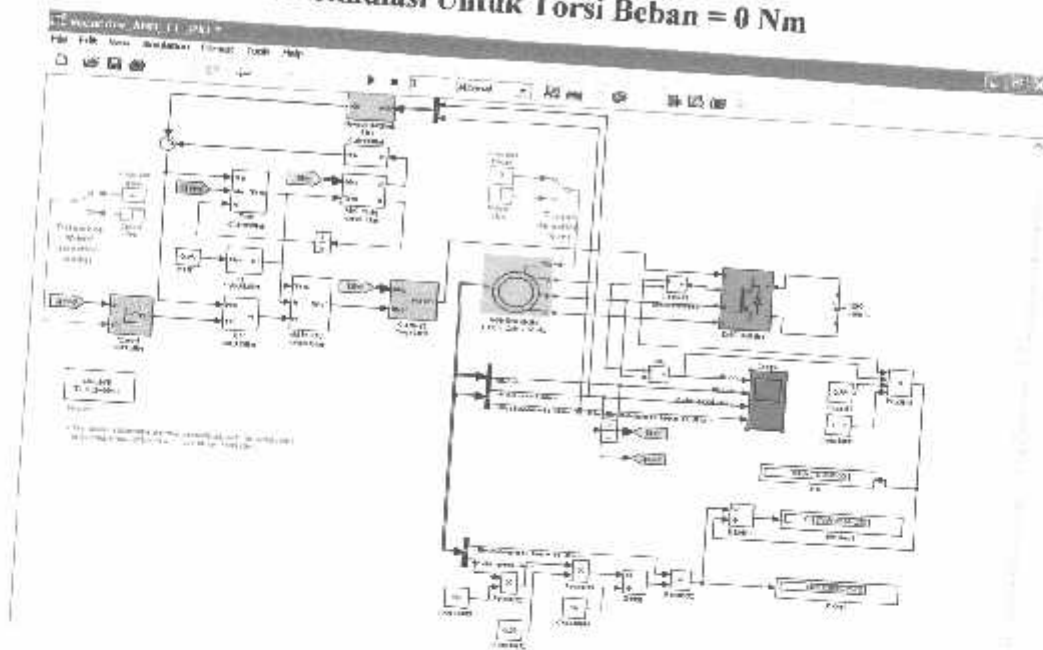
Dengan menggunakan parameter yang telah dihitung melalui pengujian dan *name plate* motor maka kita dapat melakukan analisa untuk mendapatkan Beberapa data dari simulasi motor induksi yang menggunakan pengendali thyristor anti paralel. Matlab yang di gunakan pada skripsi ini adalah matlab fersi 7.0. Berikut adalah bentuk hasil tampilan parameter motor induksi 3 fasa.



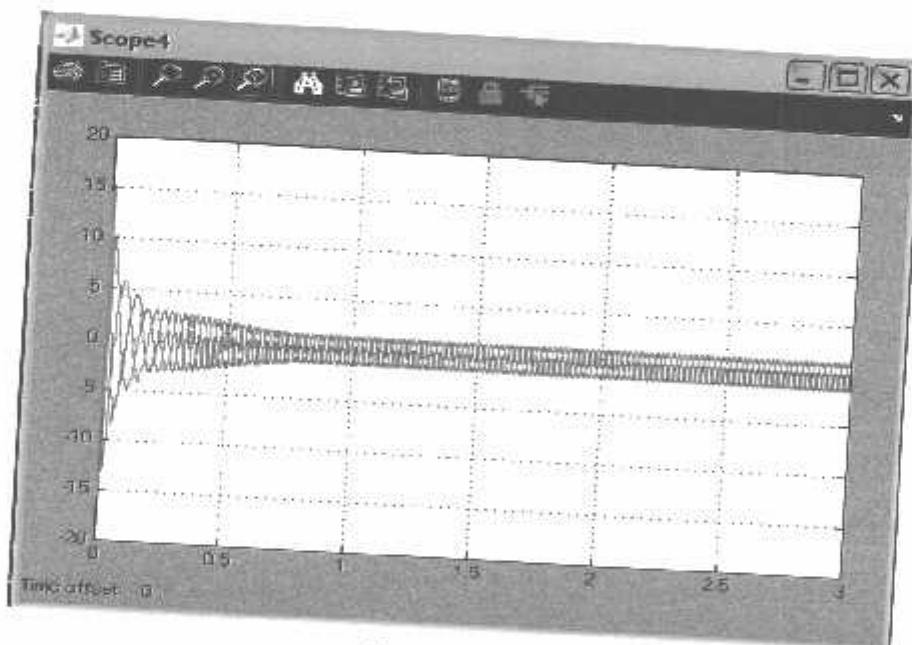
Gambar 4-2
Parameter Motor Induksi 3 fasa

Dari gambar di atas rugi-rugi gesekan diabaikan sehingga bisa memungkinkan terjadi suatu inputan data yang kurang sempurna, namun tidak berpengaruh besar terhadap hasil simulasi.

4.3.2. Analisa Hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 0 Nm

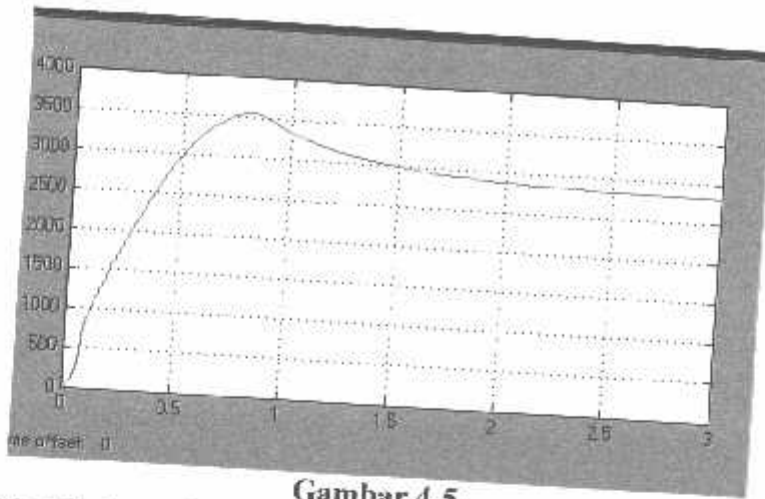


Gambar 4-3
Blok Simulink Efisiensi Motor Induksi Dengan Metode
Vektor Kontrol berbasis ANN dengan $T_L = 0$ V



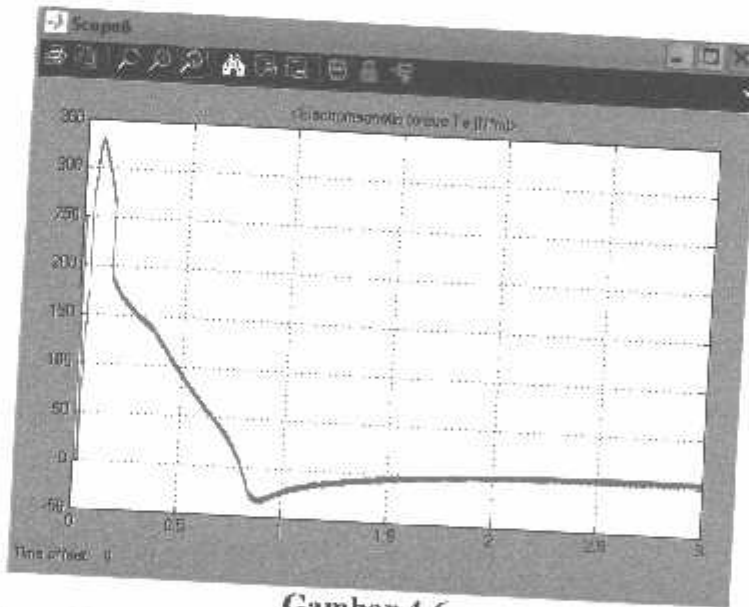
Gambar 4-4
Gelombang Arus, kecepatan rotor dan torsi Motor Terhadap waktu Pada
Kondisi $T_L = 0$ Nm

Pada gambar 4-4 arus starting pada waktu 0.0071 detik sebesar 15 ampere, dan pada waktu 1.5 detik arus menjadi stabil yaitu sebesar 1.4 ampere.



Gambar 4-5
Gelombang Putaran Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 0 \text{ Nm}$

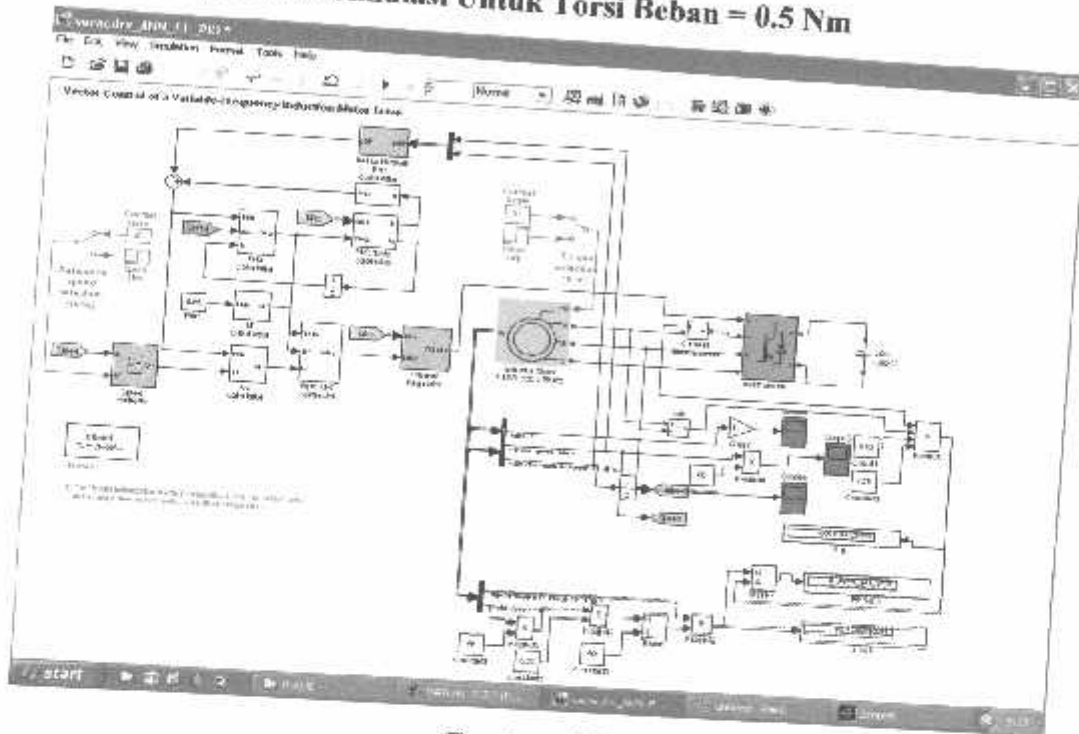
Pada gambar 4-5 menunjukkan kecepatan putaran rotor mengalami transient dari waktu 0.8 detik sebesar 3650 rpm sampai dengan 2.25 detik dan pada waktu 2.25 detik kecepatan putar rotor dalam kondisi stabil sebesar 2875 rpm.



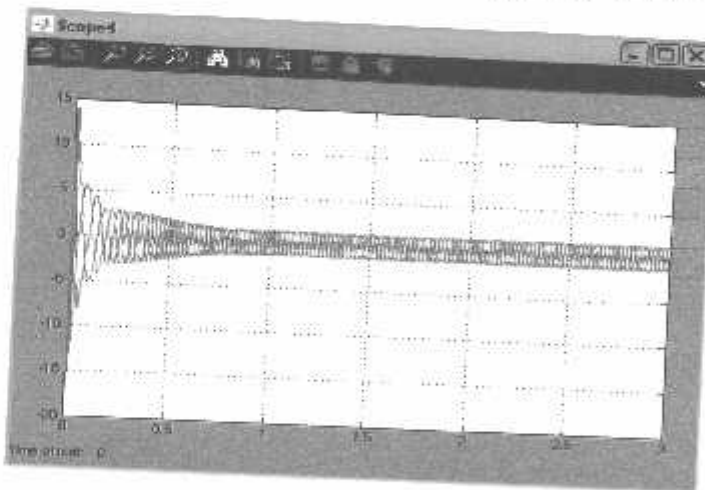
Gambar 4-6
Gelombang Torsi Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 0 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-6 menunjukkan torsi stabil pada waktu 2 detik sebesar 20 Nm.

4.3.3. Analisa Hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 0.5 Nm

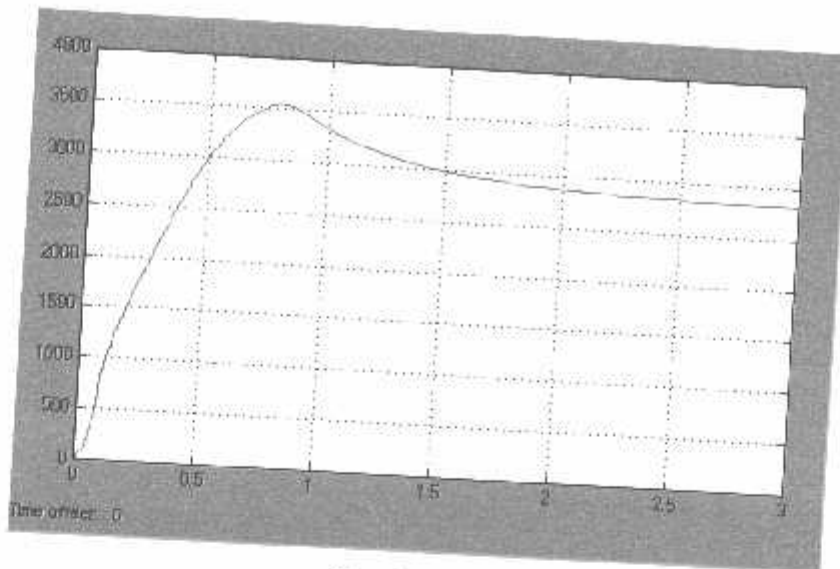


Gambar 4-7
Blok Simulink Efisiensi Motor Induksi Dengan Metode
Vektor Kontrol berbasis ANN dengan $T_L = 0.5 \text{ Nm}$



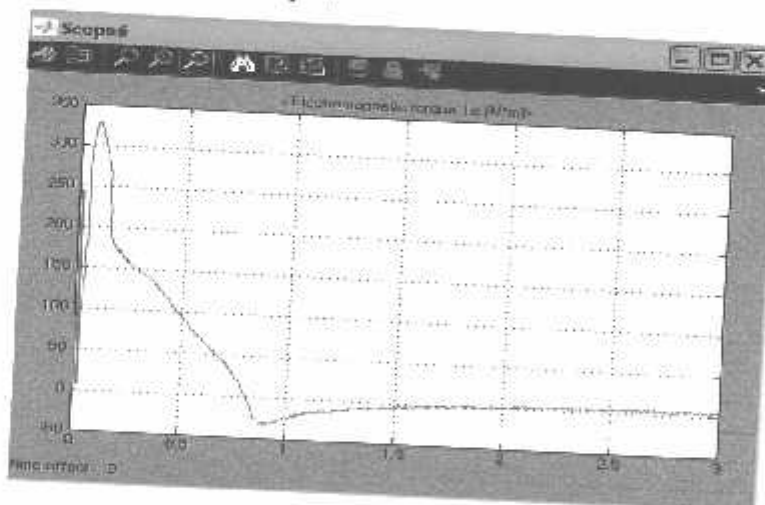
Gambar 4-8
Gelombang Arus Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 0.5 \text{ Nm}$

Pada gambar 4.8 arus starting pada waktu 0.0071 detik sebesar 14.5 ampere, dan pada waktu 1.5 detik arus menjadi stabil yaitu sebesar 1.5 ampere.



Gambar 4-9
Gelombang Putaran Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 0.5 \text{ Nm}$

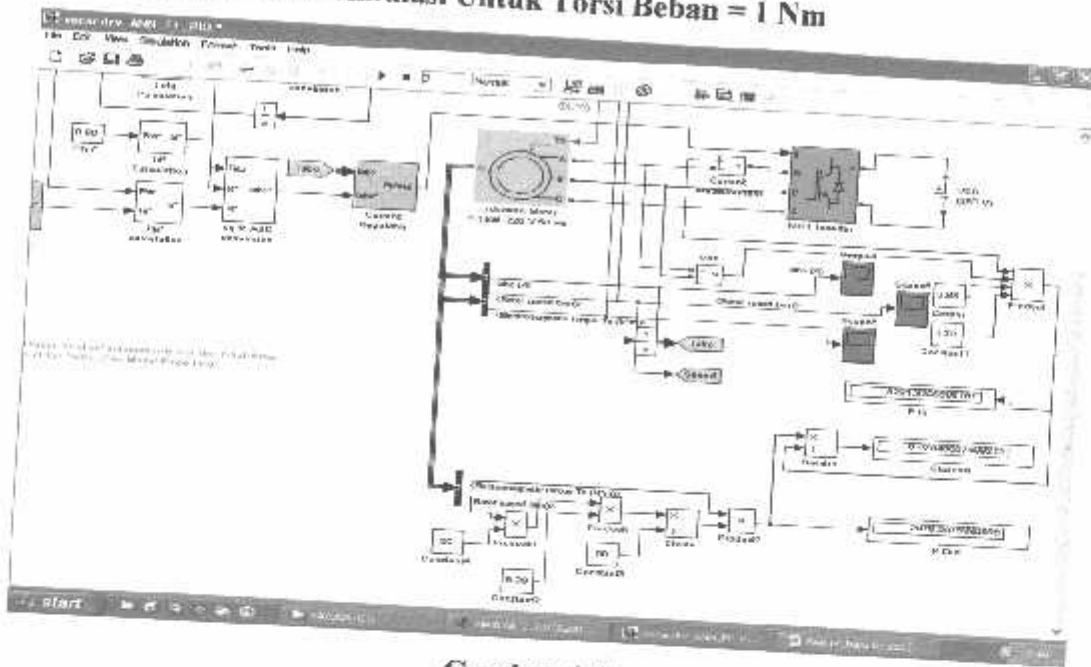
Pada gambar 4-9 menunjukkan kecepatan putaran rotor mengalami transient dari waktu 0.031 detik sebesar 3600 rpm sampai dengan 2.3 detik sebesar 2829.15 rpm, dan pada waktu 2.3 detik kecepatan putar rotor dalam kondisi stabil sebesar 2889.15 rpm.



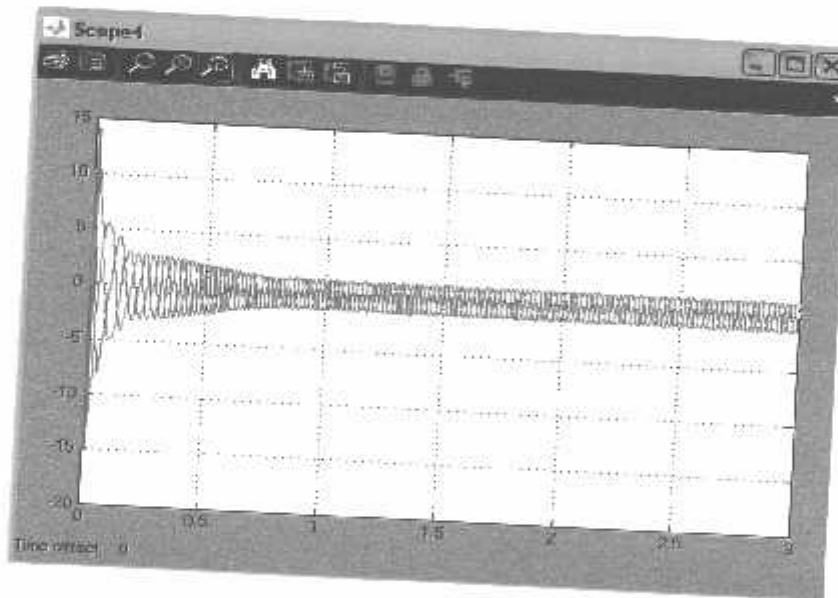
Gambar 4-10
Gelombang Torsi Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 0.5 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-10 menunjukkan torsi sstabil pada waktu 1.5 detik sebesar 7 Nm.

4.3.4. Analisa Hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 1 Nm



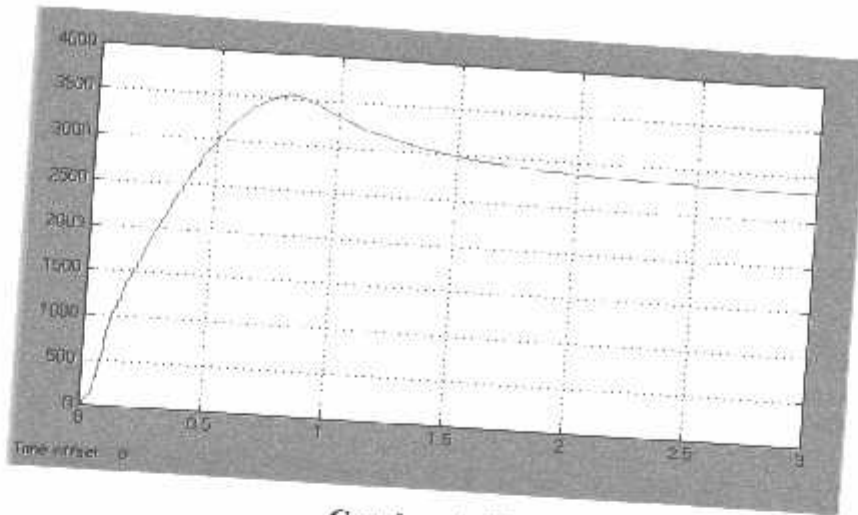
Gambar 4-11
Blok Simulink Efisiensi Motor Induksi Dengan Metode Vektor Kontrol berbasis ANN dengan $T_l = 1 \text{ Nm}$



Gambar 4-12

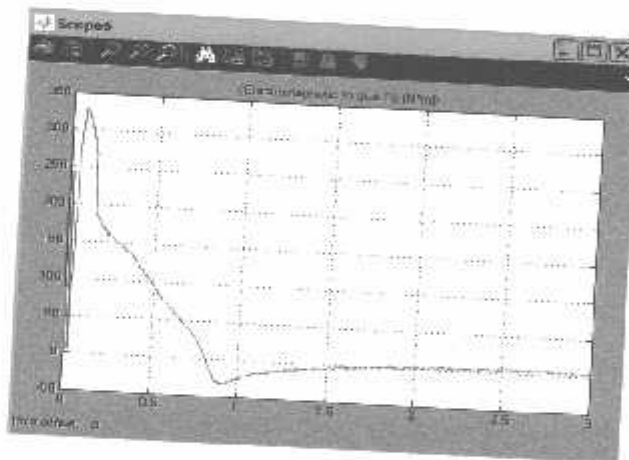
Gelombang Arus Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_l = 1 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-12 arus starting pada waktu 0.0075detik yang di hasilkan sebesar 14 ampere, dan pada waktu 1.3 detik arus menjadi stabil yaitu sebesar 1.6 ampere.



Gambar 4-13
Gelombang Putaran Pada Kondisi $T_L = 1 \text{ Nm}$

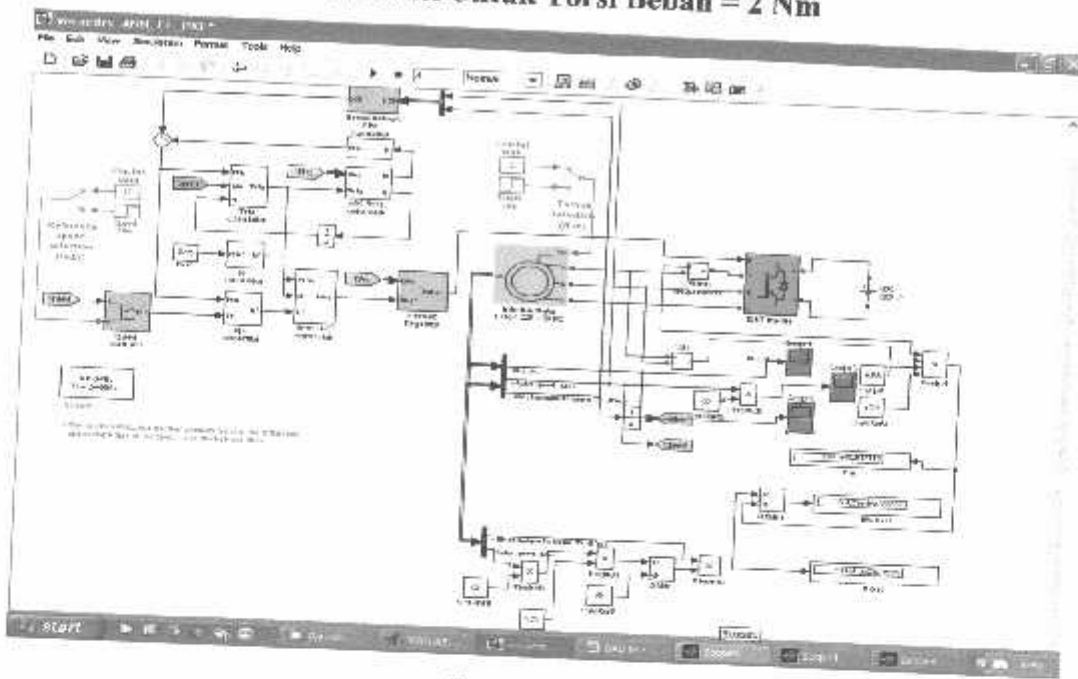
Pada gambar 4-13 menunjukkan kecepatan putaran rotor mengalami transient dari waktu 0.031 detik sebesar 3600 rpm sampai dengan 2.25 detik, dan pada waktu 2.25 detik kecepatan putar rotor dalam kondisi stabil sebesar 2881 rpm.



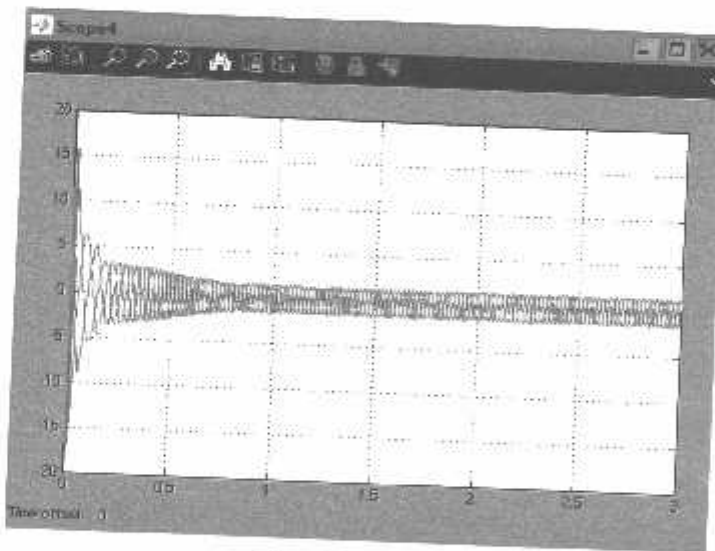
Gambar 4-14
Gelombang Torsi Pada Kondisi $T_L = 1 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-14 menunjukkan torsi sstabil pada waktu 1.2 detik sebesar 8 Nm.

4.3.5. Analisa Hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 2 Nm

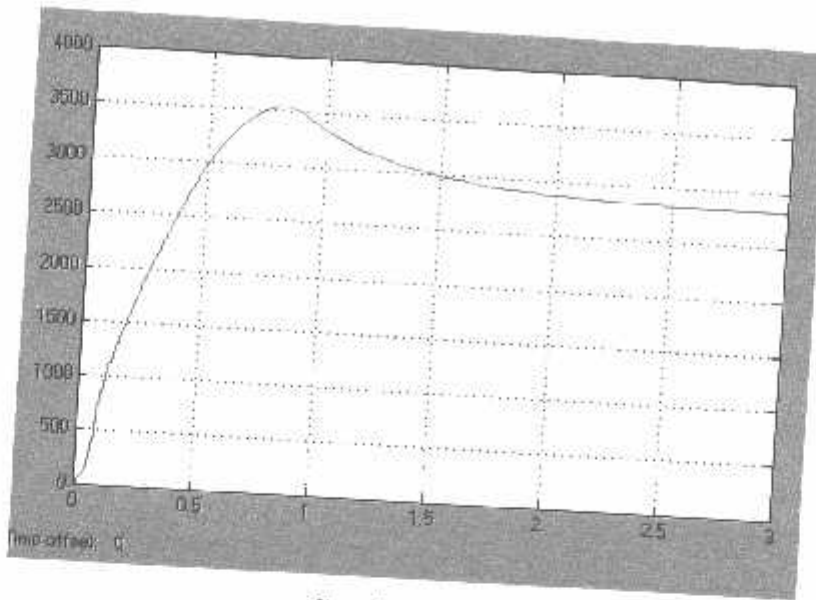


Gambar 4-15
Blok Simulink Effisiensi Motor Induksi Dengan Metode Vektor Kontrol berbasis ANN dengan $T_L = 2 \text{ Nm}$



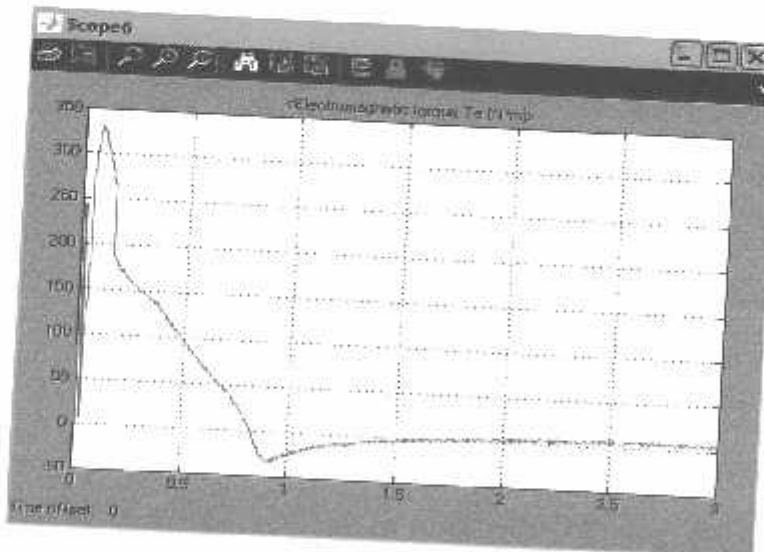
Gambar 4-16
Gelombang Arus Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 2 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-15 arus starting pada waktu 0.0075detik yang di hasilkan sebesar 15.5 ampere, dan pada waktu 1 detik arus menjadi stabil yaitu sebesar 2 ampere.



Gambar 4-17
Gelombang Putaran Rotor Pada Kondisi $T_L = 2 \text{ Nm}$

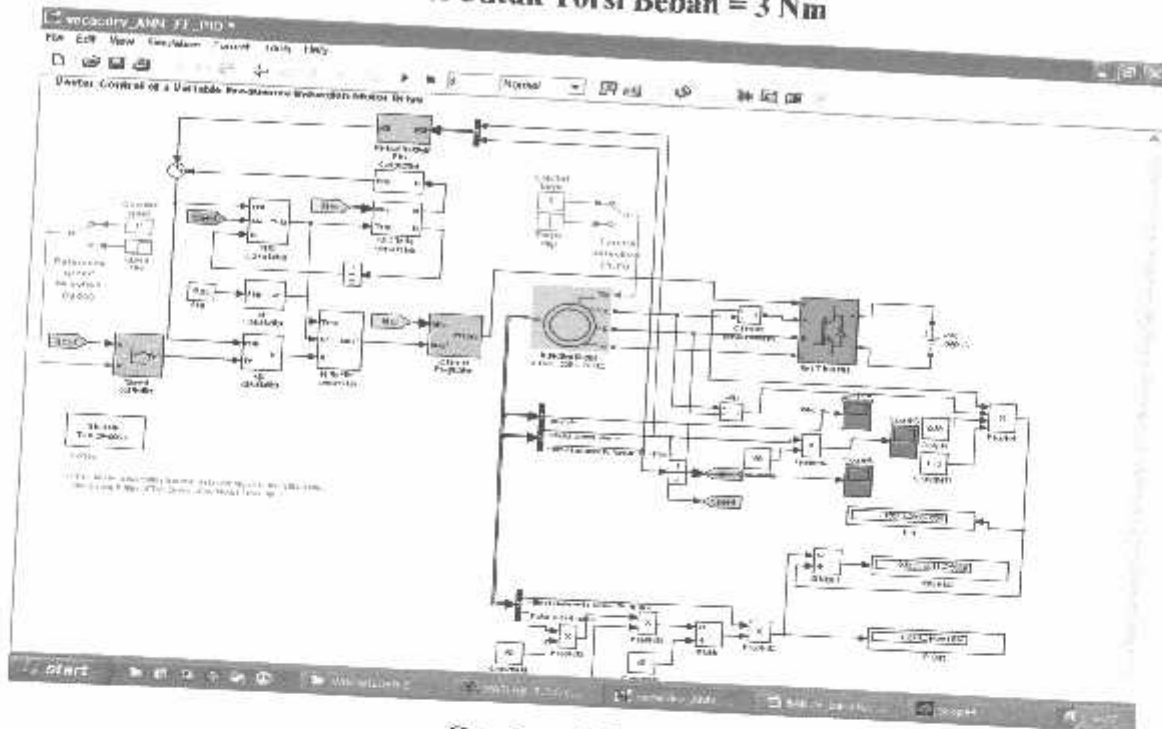
Pada gambar 4-17 menunjukkan kecepatan putaran rotor mengalami transient dari waktu 0.8 detik sebesar 3575 rpm sampai dengan 2.4 detik sebesar 2875 rpm, dan pada waktu 2.4 detik kecepatan putar rotor dalam kondisi stabil sebesar 2875rpm.



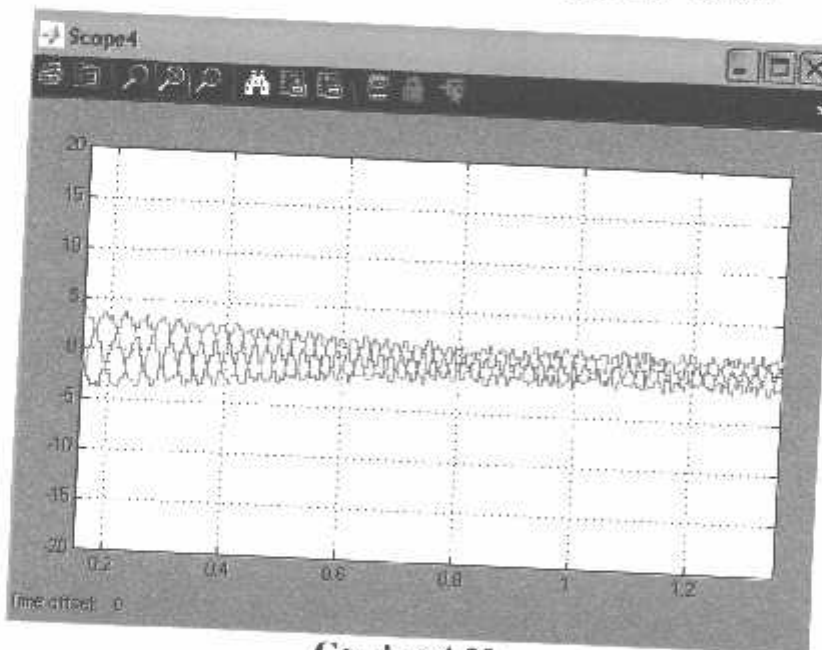
Gambar 4-18
Gelombang Torsi Pada Kondisi $T_L = 2 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-18 menunjukkan torsi starting pada waktu 1.2 detik sebesar 11 nm

4.3.6. Analisa Hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 3 Nm

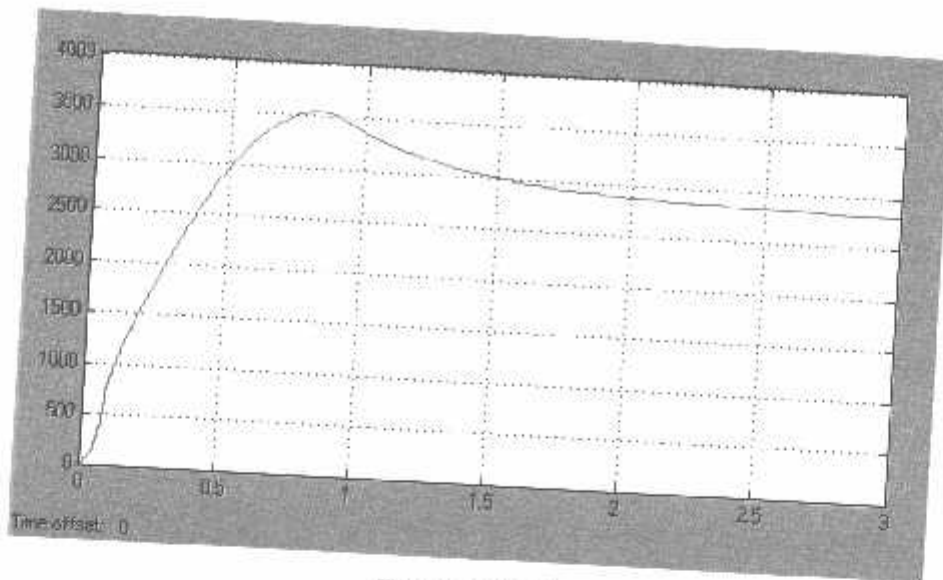


Gambar 4-19
Blok Simulink Effisiensi Motor Induksi Dengan Metode
Vektor Kontrol berbasis ANN dengan $T_L = 3 \text{ Nm}$



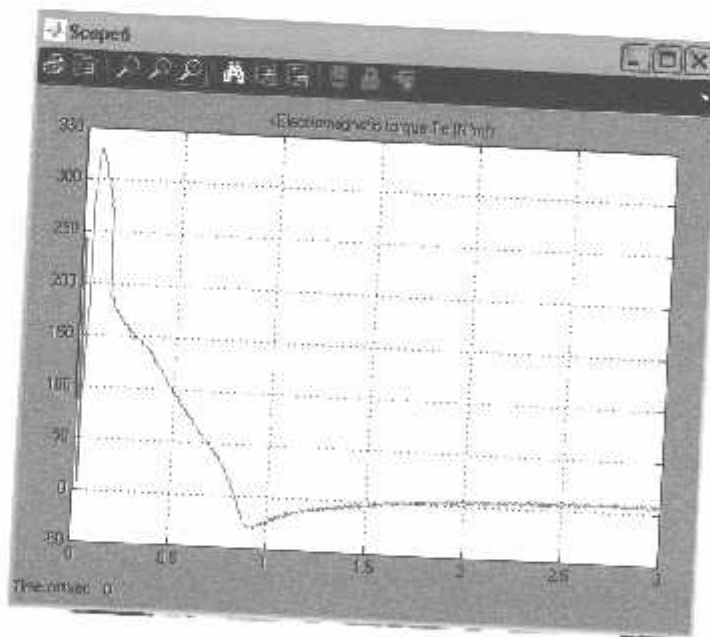
Gambar 4-20
Gelombang Arus Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 3 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-20 arus starting pada waktu 0.0075detik yang di hasilkan sebesar 15 ampere, dan pada waktu 1 detik arus menjadi stabil yaitu sebesar 2.4 ampere.



Gambar 4-21
Gelombang Putaran Rotor Pada Kondisi $T_1 = 3 \text{ Nm}$

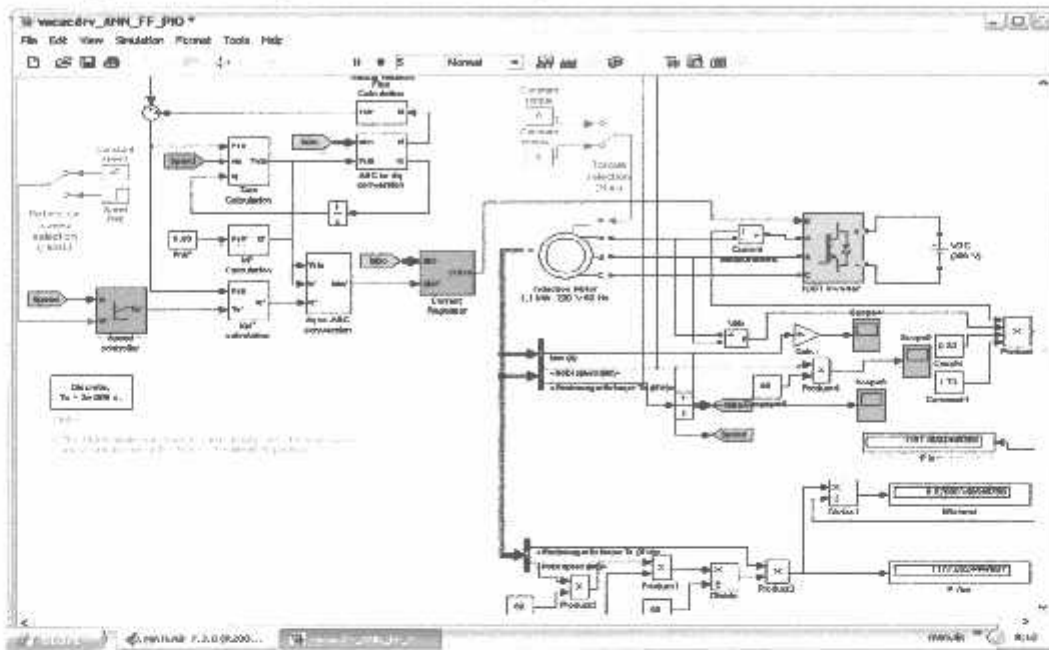
Pada gambar 4-21 menunjukkan kecepatan putaran rotor mengalami transient dari waktu 0.85 detik sebesar 3600 rpm sampai dengan 2.35 detik sebesar 2915 rpm, dan pada waktu 2.35 detik kecepatan putar rotor dalam kondisi stabil sebesar 2825 rpm.



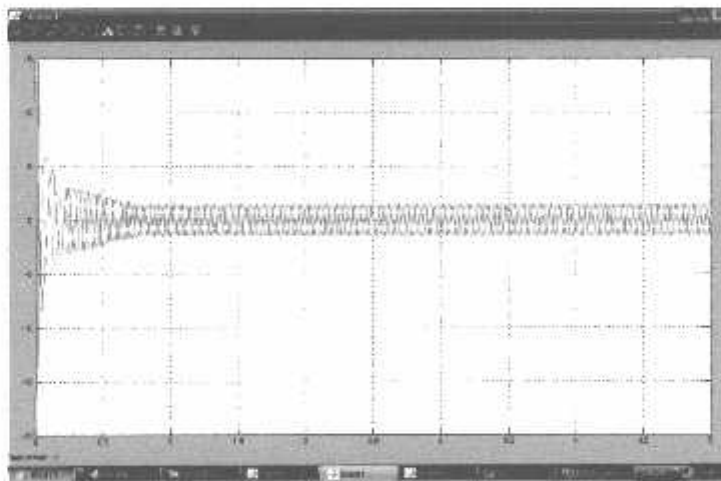
Gambar 4-22
Gelombang Torsi Pada Kondisi $T_1 = 3 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-22 menunjukkan torsi pada waktu 1.2 detik sebesar 15 Nm

4.3.7. Analisa Hasil Simulasi Untuk Torsi Beban = 3 Nm dengan pembebanan pada kondisi steady stade

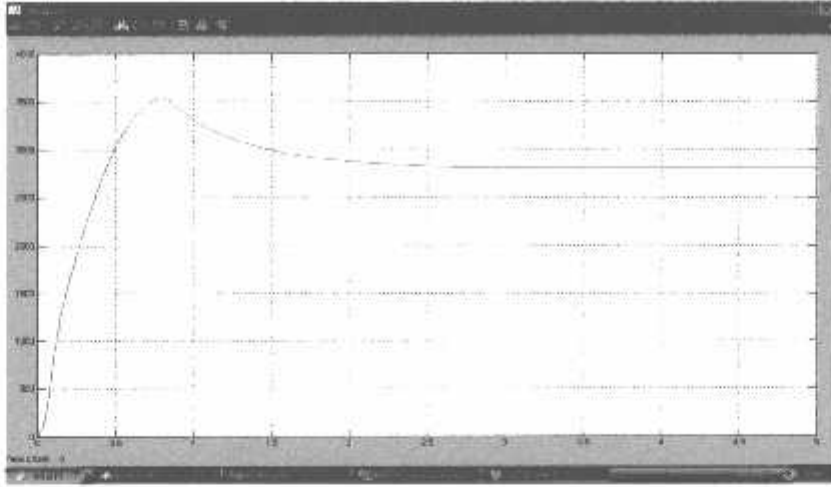


Gambar 4-23
Blok Simulink Effisiensi Motor Induksi Dengan Metode Vektor Kontrol berbasis ANN dengan $T_L = 3$ Nm dengan pembebanan pada kondisi steady stade



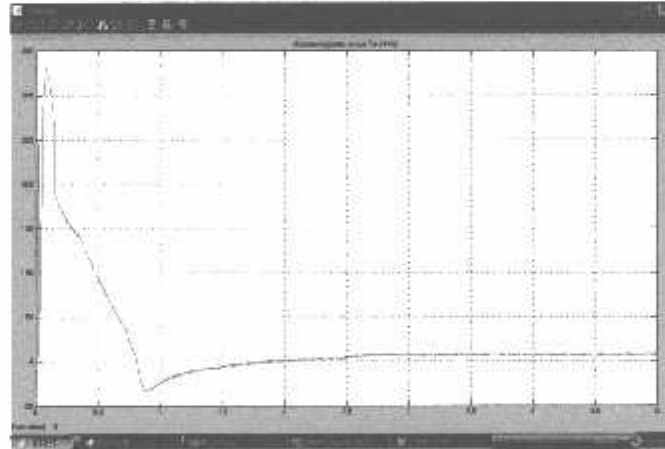
Gambar 4-24
Gelombang Arus Motor Terhadap waktu Pada Kondisi $T_L = 3$ Nm

Pada gambar 4-24 arus starting pada waktu 0.0075 detik yang di hasilkan sebesar 15 ampere, dan pada waktu 1 detik arus menjadi stabil yaitu sebesar 2.4 ampere.



Gambar 4-25
Gelombang Putaran Rotor Pada Kondisi $T_L = 3 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-25 menunjukkan kecepatan putaran rotor mengalami transient dari waktu 0.85 detik sebesar 3600 rpm sampai dengan 2.35 detik sebesar 2915 rpm, dan pada waktu 2.35 detik kecepatan putar rotor dalam kondisi stabil sebesar 2825 rpm.



Gambar 4-22
Gelombang Torsi Pada Kondisi $T_L = 3 \text{ Nm}$

Pada gambar 4-22 menunjukkan torsi pada waktu 1.2 detik sebesar 15 Nm

4.4. Pembahasan.

Dari data-data hasil simulasi diatas maka didapat hasil-hasil pengujian seperti berikut,

Tabel 4-1
Hasil simulasi estimasi efisiensi motor induksi tiga fasa
menggunakan pengendali vektor berbasis ANN

TL (N.m)	I (A)	Nr (rpm)	ET (N.m)	η
0	1.4	2875	2	0.157
0.5	1.5	2889.15	7	0.194
1	1.6	2881	8	0.473
2	2	2875	11	0.527
3	2.4	2825	15	0.822

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang dihubungkan dengan motor maka nilai efisiensi semakin besar, ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar beban yang dihubungkan dengan motor (tidak melebihi torsi maksimum motor) maka motor akan bekerja lebih baik.

Arus dalam kondisi stabil cenderung mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan beban, kemudian arus starting motor mencapai 15 Ampere. Motor mengalami kestabilan atau kondisi *steady stade* setelah mencapai 2 detik.

Kecepatan rotor cenderung mendekati kecepatan referensi (set point) seiring dengan kenaikan torsi beban.

Tabel 4-2
Hasil simulasi estimasi efisiensi motor induksi tiga fasa
menggunakan pengendali vektor berbasis ANN dengan
pembebanan pada kondisi steady stade

TL (N.m)	I (A)	Nr (rpm)	ET (N.m)	η
3	2.4	2825	15	0.87

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa untuk torsi beban 3 N.m dengan pembebanan pada kondisi steady state cenderung tidak ada perubahan yang berarti dibandingkan dengan beban dipasan dari start awal motor dijalankan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada saat menjalankan simulasi untuk mencari nilai efisiensi dari motor induksi, nilai $\cos \phi$, arus, tegangan nilainya konstan berdasarkan dari name plate. Dari hasil simulasi yang telah di jalankan dengan pemberian beban yang berubah-ubah, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

Sebelum memberikan beban pada motor induksi, maka kita harus tahu nilai dari torsi maksimum motor induksi tersebut. Karena nilai dari torsi beban tidak boleh lebih besar dari nilai torsi maksimumnya motor.

Berikut ini adalah hasil simulasi analisa efisiensi motor induksi tiga fasa menggunakan pengendali vektor berbasis ANN dengan beban dihubungkan ke motor pada saat sebelum motor dijalankan.

- Pada saat di beri beban, $T_L = 0 \text{ Nm}$ nilai efisiensiya sebesar 0.157
 - Pada saat di beri beban, $T_L = 0.5 \text{ Nm}$ nilai efisiensiya sebesar 0.194
 - Pada saat di beri beban, $T_L = 1 \text{ Nm}$ nilai efisiensiya sebesar 0.471
 - Pada saat di beri beban, $T_L = 2 \text{ Nm}$ nilai efisiensiya sebesar 0.527
 - Pada saat di beri beban, $T_L = 3 \text{ Nm}$ nilai efisiensiya sebesar 0.822
-

Sedangkan simulasi analisa efisiensi motor induksi tiga fasa menggunakan pengendali vektor berbasis ANN dengan beban dihubungkan ke motor pada saat motor sudah pada kondisi stabil hasilnya tidak jauh berbeda dengan motor yang dihubungkan dengan beban dari awal motor dijalankan. Efisiensi motor pada saat beban dengan besar 3 N.m yang dihubungkan dengan motor pada saat motor mencapai kondisi stabil adalah 0.87

5.2. Saran

Agar skripsi yang telah dibuat ini lebih dapat di pahami dan dapat berkembang, ada beberapa saran, antara lain :

- Sebelum memberi beban pada motor sebaiknya kita lebih dulu melakukan pengujian untuk mencari nilai parameter motor untuk mencari nilai efisiensi dengan metode rangkaian ekuivalen.
 - Agar validasi data lebih akurat, penginputan parameter dalam pembuatan program simulasi hendaknya lebih teliti.
 - Nilai efisiensi motor semakin tinggi, maka motor tersebut semakin layak untuk di gunakan.
-

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., Stephen D. Umans, " *Electric Machinery*", McGraw-Hill International, fourth edition.
 - [2] Burak Ozpineci Leon M. Tóbert, " *Simulink Implementation of Induction Machine Model – A modular Approach*", IEEE Transacton on Power Electronics 2003,728-734 .
 - [3] G K Dubay. *Fundamental of Electrical Drive*.
 - [4] A. K. Sharma, R. A. Gupta, Laxmi Srivastava, " *Performance of ANN Based Indirect Vector Control Induction Motor Drive*" Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2007.
 - [5] Stephen J. Chapman. *Electrical Machinery Fundamentals, McGraw-Hill International Editons*,1985.
 - [6] Thomas W. Dwi Hartanto dan Y.W. Agung Prasetyo .2003. *Analisis Dan Desain Sistem Kontrol Dengan MATLAB*. Penerbit ANDI.Yogyakarta.
 - [7] R. Krishan.1998.*Electric Motor Drives Modeling, Analysis and Control*. Pretince hall International Inc.
 - [8] www.microchip.com *AC Induction Motor Fundamentals* .
 - [9] Zuhail." *Dasar Teknik Tenaga Listrik*" Penerbit ITB Bandung.
 - [10] Burak Ozpineci Leon M. Tóbert, " *Simulink implementation of induction machine Model-A modular Approach*", IEEE Transacton on Power Electronics 2003,728-734.
-

LAMPIRAN



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 : RISWAN HIDAYAT
2. NIM : 02.12.053
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA EFISIENSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN PENGENDALI VEKTOR BERBASIS ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DENGAN MATLAB SIMULINK

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

Hari : Kamis
Tanggal : 25 September 2008
Dengan Nilai : B+ (76,5) *fy*



Ketua Majelis Penguji
(Ir. Moethar Asroni, MSME.)
NIP. Y. 1018100036

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris Majelis Penguji

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.)
NIP. Y. 1039500274

Anggota Penguji

Penguji I

(Irrine Budi S, ST., MT)
NIP. 132314400

Penguji II

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



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangic. Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 07 Agt, 2008

Nomor : ITN-206/ITA/2/08
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sd. **IR. WIDODO PUDJI M, MI**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : RISWAN HIDAYAT
Nim : 0212053
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

26 Juli 2008 s/d 26 Januari 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

Malang, 07 Agt, 2008

Nomor : ITN-207/ITA/2/08
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sja. **BAMBANG PRIO HARTONO, ST, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : RISWAN HIDAYAT
Nim : 0212053
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

26 Juli 2008 s/d 26 Januari 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Kamis
Tanggal : 25 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Riswan Hidayat
2. NIM : 02.12.053
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Efisiensi Motor Induksi 3 fasa menggunakan Pengendali vector berbasis ANN dengan Matlab Simulink

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Kesimpulan	
2.	Satuan Efisiensi	

Penguji Kedua

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

Dosen Pembimbing I

Ir Widodo Pudji M. MT.
NIP.Y 1028700171

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio H. ST., MT.
NIP.Y 1028400082



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Kamis
Tanggal : 25 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Riswan Hidayat
2. NIM : 02.12.053
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Efisiensi Motor Induksi 3 fasa menggunakan Pengendali vector berbasis ANN dengan Matlab Simulink

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Untuk kondisi TL = 3 disimulasikan ketika motor sudah dalam kondisi Steady State baru dibebani, lihat perbedaan efisiensinya.	

Penguji Pertama

Irrine Budi S, ST., MT.
NIP. 132314400

Dosen Pembimbing I

Ir Widodo Pudji M. MT.
NIP.Y 1028700171

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio H. ST., MT.
NIP.Y 1028400082



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : RISWAN HIDAYAT
Nim : 02.12.053
Masa Bimbingan : 26 Juli 2008 s/d 26 Januari 2009
Judul Skripsi : ANALISA EFISIENSI MESIN INDUKSI TIGA FASA
MENGUNAKAN PENGENDALI VEKTOR BERBASIS
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DENGAN MATLAB
SIMULINK

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
	14/8 08	Revisi Bab I, Bab II	
	17/8 08	BAB I, II ACC	
	26/8 08	Revisi Bab III	
	30/08 08	Revisi Bab IV, ACC Bab III	
	12/09 08	Bab IV ACC	
	15/09 09	bab V ACC	
	15/09 09	ACC Maju.	

Malang,
Dosen Pembimbing,

Ir. Widodo Pudji M. MT.
Nip. Y 102 870 0171

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : RISWAN HIDAYAT
Nim : 02.12.053
Masa Bimbingan : 26 Juli 2008 s/d 26 Januari 2009
Judul Skripsi : ANALISA EFISIENSI MESIN INDUKSI TIGA FASA
MENGUNAKAN PENGENDALI VEKTOR BERBASIS
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DENGAN MATLAB
SIMULINK

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
	14/8/08	Latihan belah ketupat dibetulkan + Daftar pustaka	
	20/8/08	BAB II v/ Daftar gambar 1 spasi, huruf 6-10 dihitungkan	
	24/8/08	BAB II diperbaiki dan tambahkan rangkai Simulink yg jernih	
	5/9/08	BAB III Acc	
	9/9/08	BAB IV Acc	
	15/9/08	BAB V Acc	
	15/9/08	Acc major	

Malang,
Dosen Pembimbing,

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

Form.S-4b




Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Rizwan H
NIM : 02-12-083
Perbaikan meliputi :

- sudah kondisi T. : Amankamban kutub motor sudah SS baru kelebihan aparat. Efisiensi semua agar ketika motor berputar suhu juga lebih rendah.

Malang, 25/11/2015

(Rizwan H) S.T, P.T



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Riwan H
NIM : 02.12.053
Perbaikan meliputi :

Kesimpulan ditambahkan

Satuan efisiensi



Malang, 25 Sept 2008

(Dr. M. Abdul Hamid) MT



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika/Teknik Komputer & Informatika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>Riswan Hidayat</u>	Nim. <u>02 12 053</u>
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal: <u>27</u> Bulan: <u>Juli</u> Tahun: <u>2008</u>
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)	
	a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> 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*) <u>Ir. Widodo Pudi M, MT</u>	Ketua Jurusan  <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	<u>Meningkatkan efisiensi motor induksi tiga fasa menggunakan pengubah Vektor Berbasis AASD dengan Matlab simulasi</u>
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu
7.	Catatan: <u>Wk. material blok diagram sistem</u> <u>ditambahkan</u>	Disetujui Dosen 200 
	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	

Perhatian:

1. Formulir pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
 **) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>Riswan Hidayat</u>	Nim: <u>0212053</u>
2.	Keterangan	Tanggal
	Pelaksanaan	<u>26 Juli 2008</u>
Waktu		
Tempat		
Ruang:		
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	<input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>...Membuat...Ekskursi...Mekanis...Induksi...3 fasa...menggunakan...pengendali...Vektor...berbasis...Artificial neural network...berbasis...Matlab...simulasi...</u>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
6.	Catatan:
	Catatan:

LAMPIRAN PERHITUNGAN

➤ Ketentuan Perhitungan Untuk Mencari Besaran Kecepatan

Referensi :

➤ Kecepatan 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.

$$\begin{aligned}n_s &= \frac{120f}{P} \\ &= \frac{120 \times 50}{2} \\ &= 3000 \text{ rpm}\end{aligned}$$

$$f = \frac{n_s \times P}{120}$$

$$f = \frac{n_s \times 2}{120}$$

$$f = \frac{n_s}{60}$$

$$\omega_s = 2\pi f$$

$$\omega_s = 2\pi \left(\frac{n_s}{60} \right)$$

$$\omega_s = \frac{\pi}{30} \times 2820 \text{rpm}$$

$$\omega_s = \frac{3,14}{30} \times 2820 \text{rpm}$$

$$\omega_s = 295,16 \text{rpm}$$

➤ Kecepatan Referensi Yang Dipakai :

❖ 120 rad/s :

$$n_s = \frac{30}{\pi} \omega_s$$

$$n_s = \frac{30}{3,14} \times 120 \text{rad/s}$$

$$n_s = 1146,5 \text{rpm}$$

❖ 180 rad/s :

$$n_s = \frac{30}{\pi} \omega_s$$

$$n_s = \frac{30}{3,14} \times 180 \text{rad/s}$$

$$n_s = 1719,74 \text{rpm}$$

❖ 60 rad/s :

$$n_s = \frac{30}{\pi} \omega_s$$

$$n_s = \frac{30}{3,14} \times 60 \text{ rad/s}$$

$$n_s = 573,25 \text{ rpm}$$

- Perhitungan Torsi Maksimum 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.

$$\tau_{load} = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$

$$\tau_{load} = \frac{1100 \text{ w}}{295,16 \text{ rad/s}}$$

$$\tau_{load} = 3,73 \text{ Nm}$$