



**DESAIN KONTROL MOTOR INDUKSI 3 FASA 50HP BERBASIS  
FUZZY LOGIC CONTROL**

**SKRIPSI**

Oleh

**RIZAL RAHMANSYAH  
NIM 101910201054**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**DESAIN KONTROL MOTOR INDUKSI 3 FASA 50 HP BERBASIS  
FUZZY LOGIC CONTROL**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**RIZAL RAHMANSYAH  
NIM 101910201054**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## **PERSEMBAHAN**

Hamdan wa Syukron ya Allah, segala puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada :

1. Allah SWT atas semua rahmat dan hidayah-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan hidupku.
3. Ayahanda Drs. Supadil, M.Si. dan Ibunda Siti Rumiani Ningsih, S.Sos. tercinta, yang selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang serta pengorbanan selama ini. Dan Seluruh keluarga besarku yang selalu mendoakan untuk kelancaran tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. dan Bapak Ir, Widyawan Hadi, M.T terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan serta bersedia menjadi pendamping dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
5. Bapak Dr. Bambang Sujanarko, S.T., M.M. dan Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. Terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan serta bersedia menjadi penguji dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
6. Dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember, yang telah memberikansaya ilmu selama ini.
7. Guru-guruku sejak Taman Kanak - Kanak hingga semua dosen selama di Perguruan Tinggi yang terhormat, terima kasih telah mendidik saya dan memberikan banyak ilmu dengan penuh kesabaran.
8. Dulur-dulurku Teknik Elektro 2010, yang telah banyak membantu selama ini.
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah membuka jalan untuk saya menuju masa depan.

## MOTTO

*“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri”*

**(Q.S. Ar-Ra’d:11)**

*Ilmu itu lebih baik dari harta, ilmu itu menjaga kamu dan kamu menjaga harta. Ilmu itu menghukum (hakim) dan harta terhukum. Harta itu berkurang apabila dibelanjakan tapi ilmu bertambah saat dibelanjakan*

**(Ali bin Abi Tholib)**

*Dibalik orang – orang besar senantiasa ada ibadah yang mempesona*

**( dr. Gamal Albinsaid )**

*Siapa yang menyempurnakan niatnya maka Allah akan menyempurnakan pertolongannya*

**(Rizal Rahmansyah)**

*Ketika kesukaan bertemu dengan ketangguhan lalu dibungkus dengan ketulusan, maka lihatlah bagaimana Allah membesarkanmu*

**(Rizal Rahmansyah)**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizal Rahmansyah

NIM : 101910201054

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul ‘*Desain Kontrol Motor Induksi 3 fasa 50 HP berbasis Fuzzy Logic Control*’ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Februari 2015

Yang menyatakan,

(Rizal Rahmansyah)

NIM : 101910201054

## **SKRIPSI**

### **DESAIN KONTROL MOTOR INDUKSI 3 FASA 50 HP BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROL**

Oleh :  
Rizal Rahmansyah  
NIM 101910201054

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T.
Dosen Pembimbing Anggota	: Ir. Widyono Hadi, M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “DESAIN KONTROL MOTOR INDUKSI 3 FASA 50 HP BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROL” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 10 Februari 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T.  
NIP. 19710402 200312 1 001

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 196110414 198902 1 001

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
NIP. 19631201 199402 1 002

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP. 19700826 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

**DESAIN KONTROL MOTOR INDUKSI 3 FASA 50 HP BERBASIS *FUZZY*  
*LOGIC CONTROL***

**Rizal Rahmansyah**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

**ABSTRAK**

Motor induksi merupakan motor penggerak yang paling banyak digunakan dalam bidang industri. Keunggulan motor induksi diantaranya adalah konstruksinya yang sederhana, harganya yang lebih murah, serta perawatannya yang mudah. Sedangkan kekurangan dari motor induksi adalah teknik pengaturan kecepatannya yang relatif sulit. Salah satu metode yang dikembangkan dalam pengaturan kecepatan motor induksi adalah Field Oriented Control (FOC). Metode ini bertujuan mengatur secara langsung fluks dan torsi motor yang pada umumnya menggunakan kontrol PI, namun kontrol ini memiliki kelemahan dalam penentuan konstantanya. Oleh karena itu pada penelitian ini dicoba untuk melakukan perancangan dan implementasi pengontrolan motor untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa dengan menggunakan *Fuzzy Logic Control* yang artinya kontrol fuzzy disini sebagai pengendali kecepatan motor sehingga sesuai dengan keinginan. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem kontrol motor induksi tiga fasa menggunakan *Fuzzy Logic Control*, dimana kontrol dapat mengatur kecepatan motor induksi tetap konstan pada kecepatan referensi yang ditentukan meskipun pada kondisi beban fluktuatif.

**Kata Kunci :** Field Oriented Control (FOC), Indirect Field Oriented Control (IFOC) *Fuzzy LogicControl* , motor induksi tiga fasa



## ***Control Design 3 Phase Induction Motor 50HP With Fuzzy Logic Control***

**Rizal Rahmansyah**

*Electrical Engineering Department, Engineering Departement, Jember University*

### **ABSTRACT**

*Induction motor is motor that mostly used in industrial department. The advantages of this induction motor are such a simple construction, it is more cheaper, and also easy maintenance. Meanwhile the disadvantage from induction motor is having difficulty on motor speed regulation. One of methods that developed in induction motor speed control is Field Oriented Control (FOC). This method purpose to directly regulate flux and torque of motors that generate using PI control, however this control has a weakness in determination of constants. Therefore, this research attemped to design and implementations of Field Oriented Control (FOC) to control the speed of three phase induction motor using fuzzy Logic Control. The result of this system is a system of three-phase induction motor control using fuzzy self-tuning PI, which can adjust the speed control of induction motor easily same asa we need despite in the fluctuating load conditions .*

***Keywords :*** *Field Oriented Control (FOC), Indirect Field Oriented Control (IFOC), Fuzzy Logic Control, Three Phase Induction Motor*

## RINGKASAN

### **DESAIN KONTROL MOTOR INDUKSI 3 FASA 50 HP BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROL***; Rizal Rahmansyah; 101910201054; 2015; 77

Halaman ; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Motor induksi merupakan motor penggerak yang paling banyak digunakan dalam bidang industri. Keunggulan motor induksi diantaranya adalah konstruksinya yang sederhana, harganya yang lebih murah dibandingkan motor jenis lain, serta perawatannya yang mudah. Kekurangan dari motor induksi adalah teknik pengaturan kecepatannya yang relatif sulit dan membutuhkan arus starting yang tinggi sekitar enam kali arus nominal motor. Pengaturan kecepatan motor induksi dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti kontrol tegangan/frekuensi (V/f) atau dikenal dengan kontrol skalar, serta kontrol vector yang mengatur secara langsung arus stator motor. Metode kontrol vektor yang sekarang ini terus dikembangkan adalah metode *Indirect Field Oriented Control (IFOC)*. Yaitu suatu teknik kontrol yang mengarah pada pengaturan dengan nilai torsi dan fluks yang terpisah sehingga bisa didapatkan keadaan sesuai kebutuhan kecepatan. Keunggulan dari penggunaan metode IFOC adalah performansi motor yang baik, dan bisa dilakukan tanpa menggunakan sensor kecepatan. Pada penelitian ini metode *Field Oriented Control (IFOC)* diimplementasikan secara nyata pada motor induksi 3 fasa. Selain itu ditambahkan juga *Fuzzy Logic Control* untuk mengatur kecepatan motor induksi agar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, karena pada penelitian sebelumnya penggunaan kontrol PI saja dirasa belum optimal. Kontrol PI konvensional hanya tepat pada plant yang linier dan tidak terjadi perubahan beban, sedangkan untuk beban berubah perlu merubah parameter  $K_p$  dan  $K_i$  sehingga diperlukan kontrol tambahan sebagai penala untuk parameter PI yaitu dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy*. Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada kedua jenis kontrol yaitu kontrol *fuzzy Logic* dan

kontrol PI berdasarkan pemberian variasi scenario pembebanan yang telah direncanakan, yaitu kondisi beban nol, beban tetap dan beban fluktuatif. Respon kecepatan kontrol *fuzzy Logic* lebih handal dibandingkan kontrol PI dalam mengurangi *overshoot* dan lebih responsif untuk mencapai kecepatan referensinya terutama saat terjadi fluktuasi beban.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan, kesempatan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain Kontrol Motor Induksi 3 phasa 50 Hp berbasis *Fuzzy Logic Control*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan dan bimbingan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan dan bimbingan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. dan Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Tim Penguji Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan pengarahan dan koreksi demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
6. Para Dosen beserta seluruh karyawan program-program Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
7. Bunda tercinta Siti Rumiani Ningsih. S.Sos. yang tidak henti-hentinya memanjatkan doa untukku, tanpamu aku tidak akan menjadi seperti ini.

Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, kesabaran, doa dan tetesan air mata yang selalu engkau lakukan untuk anakmu.

8. Ayahanda tercinta Drs. Supadil. M.Si. yang selalu memberiku cinta dan kasih sayang yang begitu berarti hingga akhirnya saya dapat memperoleh gelar sarjana teknik (ST).
9. Adikku Arifuddin Rahmansyah, kuucapkan terima kasih karena telah menghiburku disaat penat dan selalu memberiku semangat.
10. Sahabat ku, Aulia Rahmawati S.Pd, Eko Agus Prasetyo, M. Hilmi Muchtar Aditya, S.T., ku ucapkan terima kasih atas kesabaran, doa, ketulusan dan selalu memberikan motivasi yang positif untuk kelancaran tugas akhir ini.
11. Dulurku Teknik Elektro Universitas Jember (PATEK UJ 2010), “Sing Penting Wani Disek”, terima kasih atas dukungan, semangat serta motivasinya.
12. Sahabat-sahabat penghuni Laboratorium Konversi Energi dan Laboratorium Jaringan Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Jember yang memberikan waktu, ilmu serta kesempatannya untuk menunjang penyelesaian skripsi ini.
13. Teman-teman yang membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, Terry Intan, Riki Setian, Yusqi Ghiyasil M. M. Fahmi Hasyim dan rekan-rekan seperjuangan terima kasih telah membantu, meluangkan waktu, dan memberikan tenaganya.
14. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Demi kesempurnaan penulisan laporan proyek akhir ini, selalu diharapkan segala kritik dan saran dari semua pihak. Akhirnya, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, Februari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK .....	vii
RINGKASAN .....	ix
PRAKATA .....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Motor Induksi 3 Fasa.....	5
2.2 klasifikasi Motor Induksi .....	10
2.2.1 Hubungan antara beban, kecepatan dan torque.....	10
2.2.2 Rangkaian Pengganti Motor Induksi.....	11
2.3 Logika Fuzzy .....	17
2.3.1 Alasan Digunakannya Logika Fuzy .....	18
2.3.2 Himpunan Fuzzy .....	19

2.3.3 Fungsi Keanggotaan .....	20
2.3.4 Operator Dasar Untuk Operasi Himpunan Fuzzy .....	24
2.3.5 Basis Aturan Fuzzy .....	25
2.3.6 Pendekatan .....	26
2.3.7 Strategi Rule Based System.....	26
2.3.8 Fuzzifikasi .....	28
2.3.9 Defuzzifikasi .....	28
2.3.10 Sistem Fuzzy Mamdani.....	30
2.4 Modulasi Lebar Pulsa (PWM) .....	31
2.4.1 Kontrol Kec. Motor Dengan PWM inverter.....	37
2.5 IGBT inverter .....	37
2.6 Perangkat Lunak Pendukung .....	38
2.6.1 MATLAB 7.8.0 (R2009a).....	38
2.6.2 <i>Fuzzy Logic Toolbox</i> .....	39
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>45</b>
3.1 Tahap Penelitian .....	46
3.2 Desain Sistem .....	47
3.2.1 Sumber DC .....	47
3.2.2 Perancangan Inverter dan Motor Induksi 3 Fasa .....	47
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>60</b>
4.1 Perancangan Sistem pada Matlab .....	50
4.2 Pembebanan Motor Induksi Tiga Fasa .....	52
4.3 Perancangan Kontrol <i>Fuzzy Logic</i> .....	52
4.4 Fuzzy Set dan Formasi Aturan .....	57
4.5 Skenario pengujian pembebanan Motor Indukasi .....	58
4.6 Hasil Simulasi dan Pengujian Respon .....	59
4.7 Hasil Simulasi dan uji respon .....	63
4.7.1 Simulasi dan uji respon dengan torsi beban 0 N.m .....	63
4.7.2 Simulasi dan uji respon dengan torsi beban 20 N.m .....	64

4.7.3 Simulasi dan uji respon dengan torsi beban fluktuatif .....	66
4.7.4 Simulasi dan uji respon dengan torsi tetap kecepatan fluktuatif .....	71
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>76</b>
5.1 Kesimpulan .....	76
5.2 Saran .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>77</b>



## DAFTAR GAMBAR

2.1 Penampang Stator dan Rotor pada Motor Induksi 3 Fasa.....	7
2.2 medan magnet stator pada Motor Induksi 3 Fasa.....	8
2.3 Karakteristik Torsi Terhadap Kecepatan Motor .....	11
2.4 Rangkaian ekuivalen stator .....	12
2.5 Rangkaian ekuivalen rotor .....	15
2.6 Rangkaian ekuivalen motor induksi.....	15
2.7 Rangkaian ekuivalen motor induksi dilihat dari sisi stator .....	16
2.8 Bentuk lain rangkaian ekuivalen motor induksi dilihat dari sisi stator .....	16
2.9 Rangkaian ekuivalen motor induksi dengan mengabaikan tahanan $R_c$ .....	17
2.10 Representasi fungsi keanggotaan linier .....	20
2.11 Representasi fungsi keanggotaan segitiga.....	21
2.12 Representasi fungsi keanggotaan trapesium .....	21
2.13 Representasi fungsi keanggotaan Gauss .....	22
2.14 Representasi fungsi keanggotaan bentuk lonceng.....	22
2.15 Representasi fungsi keanggotaan sigmoid .....	23
2.16 mekanisme inferensi Fuzzy Mandani .....	30
2.17 Sinyal PWM dan rumus perhitungannya .....	32
2.18 Pulsa PWM .....	33
2.19 Pengontrolan tegangan Pulsa PWM.....	34
2.20 Signal PWM.....	37
2.21 Sistem pengaturan kecepatan motor menggunakan PWM .....	37
2.22 Prinsip kerja IGBT .....	38
2.23 Tampilan Awal MATLAB.....	39
2.24 Tampilan FIS <i>editor</i> .....	40
2.25 Tampilan <i>membership function editor</i> .....	41
2.26 Tampilan <i>rule editor</i> .....	42

2.27 Tampilan <i>rule viewer</i> .....	43
2.28 Tampilan <i>surface viewer</i> .....	44
3.1 Alur Tahapan Penelitian.....	46
3.2 Blok diagram pemodelan system .....	47
3.3 Sumber DC.....	47
3.4 parameter inverter 3 fasa .....	48
3.5 Pemodelan Motor Induksi 3 Fasa.....	48
4.1 Pemodelan Sistem dengan Matlab .....	50
4.2 Model Pengendali Fuzzy.....	51
4.3 Blok Torsi dan <i>Signal Builder</i> .....	52
4.4 variable input Error .....	54
4.5 Variable Delta Error .....	55
4.6 Variable Output.....	56
4.7 skenario torka fluktuatif .....	61
4.8 skenario kecepatan fluktuatif .....	61
4.9 Grafik respon kecepatan tanpa kontrol, kontrol PI dan <i>Fuzzy Logic</i> <i>Control</i> untuk beban 0 N.m.....	63
4.10 Grafik respon Torsi <i>Fuzzy Logic Control</i> untuk beban 0 Nm .....	63
4.11 Grafik respon kecepatan tanpa kontrol, kontrol PI dan <i>Fuzzy Logic</i> <i>Control</i> untuk beban 20 N.m.....	64
4.12 Grafik respon Torsi <i>Fuzzy Logic Control</i> untuk beban 20 Nm .....	65
4.13 Grafik respon kecepatan tanpa kontrol, kontrol PI dan <i>Fuzzy</i> <i>Logic Control</i> untuk beban fluktuatif.....	66
4.14 Grafik respon Torsi <i>Fuzzy Logic Control</i> untuk beban fluktuatif .....	66
4.15 Grafik respon torsi tetap kecepatan fluktuatif tanpa kontrol, kontrol PI dan <i>Fuzzy Logic Control</i> untuk beban konstan .....	71
4.16 Grafik respon torsi tetap kecepatan fluktuatif tanpa kontrol, kontrol PI dan <i>Fuzzy Logic Control</i> untuk beban konstan .....	71

## DAFTAR TABEL

3.1 Parameter Motor Induksi 50 HP .....	49
4.1 Input Error .....	54
4.2 Input Delta Error .....	55
4.3 Output.....	56
4.4 Aturan dasar pengkoreksian berbasis Fuzzy .....	57
4.5 Beban 0 N.m dengan kecepatan konstan 50 rad/s.....	63
4.6 Beban Konstan 20 N.m dengan kecepatan konstan 50rad/s . .....	65
4.7 Beban Fluktuatif dengan kecepatan konstan 50 rad/s .....	67
4.8 Beban Konstan 20 N.m dengan kecepatan fluktuatif .....	63