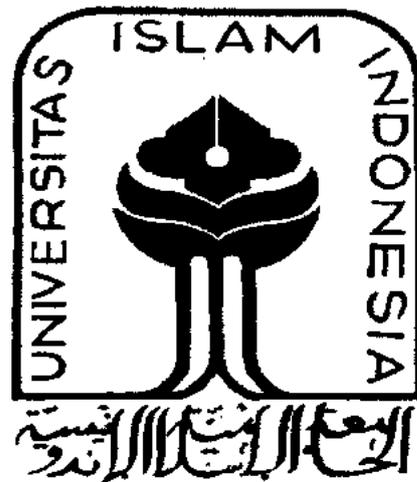


**SIMULASI PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN  
SISTEM AUTOMATISASI *FUZZY* DENGAN METODE GRADIEN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Konsentrasi Kendali Teknik Elektro



Oleh:

Nama : Risca Hermawan Wibowo

No. Mahasiswa : 05 524 030

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2010**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

### SIMULASI PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN SISTEM AUTOMATISASI *FUZZY* DENGAN METODE GRADIEN



**Pembimbing I**

  
( Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng. )

**Pembimbing II**

  
( Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng. )

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### SIMULASI PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN SISTEM AUTOMATISASI *FUZZY* DENGAN METODE GRADIEN

#### TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Risca Hermawan Wibowo  
No. Mahasiswa : 05 524 030

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, April 2010

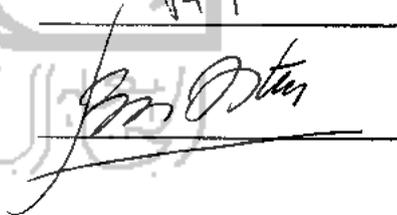
Tim Penguji  
Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng.  
Ketua



Tito Yuwono, S.T., M.Sc  
Anggota I



Ir. H. Budi Astuti, M.T.  
Anggota II



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Islam Indonesia



(Tito Yuwono, S.T., M.Sc)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini dipersembahkan kepada :

kedua orangtuaku :

( Ayahanda H. Wakidi, S.H., M.Si & Ibunda Hj. Endang R, S.H. )

yang tersayang. Selalu memberikan yang terbaik kepada anak – anaknya dalam doa, restu, dukungan, materi, waktu, kasih sayang dan segalanya. Setiap langkah anakmu ini akan selalu memberikan yang terbaik untukmu.

Kepada kedua adikku tercinta :

( Rizky Permana Putra dan Akira Dody Setyawan ). Selalu memberikan semangat, doa, hiburan, kebersamaan dan segalanya. Kita berikan yang terbaik ( bagi orang tua, agama, masyarakat, bangsa dan negara ) dengan apa yang kita punya dan yang kita bisa. Kembangkan ilmu agama dan ilmu dunia untuk kehidupan masa depan yang lebih baik dan yang terbaik bagi kita semua.

Semoga kita sekeluarga, pasangan hidup dan keturunannya nanti, beserta saudara sedarah dan seiman dapat berkumpul kembali di yaumul akhir ( Surga ).

AMIN.

## MOTTO

- ⑥ “Allah tidak membebani seseorang melebihi kemampuan yang diberikan-Nya, dan sesudah kesukaran Allah pasti akan memberikan kelapangan.”  
( Qs. Ath Thalaq : 7 )
- ⑥ “Apabila Ia memutuskan sesuatu Ia hanya berfirman, “*Jadilah*”, maka ia pun jadi.” ( Qs. Maryam : 35 )
- ⑥ “Perubahan keadaan sesuatu kaum, bangsa & begitu juga setiap orang, akan terjadi manakala ia mengubahnya sendiri. Kaum yang mundur akan maju, manakala ia berusaha dengan giat dan jujur. Kaum yang maju akan hancur, manakala telah rusak moralnya, sudah hilang sifat solidaritas & persatuannya.” ( Ar’Rad : 5-15 )
- ⑥ Sebaik-baik manusia diantaramu adalah yang paling banyak manfaatnya bagi orang lain. ( HR. Bukhari )
- ⑥ *Becik ketitik olo ketoro.* ( Peribahasa Jawa )
- ⑥ *Ojo kagetan, ojo gumunan lan ojo dumeh.* ( Peribahasa Jawa )
- ⑥ **Hidup adalah perjuangan.** ( NN )
- ⑥ Hutang uang / barang dapat diganti dengan uang / barang yang sama dengan nilai nominalnya, namun hutang budi tidak dapat diukur dengan nilai nominal tertentu. ( Penulis )

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Simulasi Pengendalian Kecepatan Motor DC dengan menggunakan Sistem Automatisasi Fuzzy Metode Gradien”**. Shalawat dan salam selalu terhaturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang menjadi *uswatun hasanah* bagi kita semua hingga akhir zaman.

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis berpegang pada teori yang pernah penulis pelajari, buku-buku penunjang, dan bimbingan dari dosen pembimbing.

Tugas Akhir ini merupakan pengembangan dari tugas akhir sebelumnya. Aplikasi utama dari sistem ini banyak dimanfaatkan dalam dunia industri, meskipun pengerjaan Tugas Akhir ini hanya sebatas simulasi. Penulis mencoba menganalisis sebuah perangkat yang dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa isi dari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, namun dengan niat yang tulus dan ikhlas, penulis menerima segala

macam kritik dan saran yang membangun demi kelangsungan dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Tito Yuwono, S.T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Dwi Ana Ratnawati, ST, M.Eng, selaku dosen pembimbing I, yang sangat banyak memberikan ilmu, inspirasi serta motivasi.
4. Medilla Kusriyanto, ST, M.Eng, selaku dosen pembimbing II, yang sangat banyak memberikan ilmu, bimbingan dan motivasi.
5. Seluruh dosen Teknik Elektro FTI UII, terimakasih atas ilmu, bimbingan, dan bimbingannya selama masa perkuliahan.
6. Mbak Umi, terima kasih atas informasinya dan telah sabar untuk memberikan kesempatan untuk bertemu dengan dosen.
7. Ayahanda H. Wakidi, S.II, M.Si. serta Ibunda Hj. Endang R. S.H. yang tersayang, yang selalu memberikan materi, dukungan, doa dan restunya dalam perjalanan hidup ini.
8. Adikku tercinta Rizky Permana Putra dan Akira Dody Setyawan terima kasih atas doa, dukungan dan semangatnya. Bahagiakan orang tua dengan kebaikan.

9. Pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Periode 2008 / 2009 yang telah membantu penulis dalam menjalankan program kerja untuk kemajuan bersama.
10. Tim Basket Elektro Liga Antar Jurusan 2009 terimakasih atas kerja keras, kerjasamanya dalam berlatih sehingga membuat jiwa raga menjadi sehat dan menjadi yang terbaik di FTI UIL.
11. Teman – teman latihan bulutangkis. Teknik Elektro ( Adit, Pale, Fika, Roni, Diki, Aan. Pandu, Arman, Ovan ), Teknik Informatika ( Diki, Johan, Santoso, Yusuf, Yoga, Yayat, Haryo, Azhar ), Teknik Mesin ( Fahmi ). Terimakasih atas kebersamaannya dan dapat menghilangkan kepenatan dan menjadi hiburan selama mengerjakan Tugas Akhir.
12. Teman – teman dari Banjarnegara ( bayu aji, woro, kukuh, latif, fajar, ito, aan, beni, amri, anti, nita, dika ). Terimakasih atas kebersamaan, kritik dan sarannya. Dan tidak lupa untuk mempromosikan nama Banjarnegara di masyarakat Indonesia.
13. Teman kos *Let Blues*, Kontrakan Pamungkas A. 40 dan kos Perum. Besi Baru ( ikbal, fata, romi, rifki, wildan ). Terimakasih atas bantuan dan kebersamaannya.
14. Mas Agung sebagai Laboran Laboratorium Instalasi dan Mesin Listrik ( IMEL ) terimakasih atas semuanya. Serta rekan Asisten Praktikum Mesin Listrik ( Azrai 04, Riski 06, Robi 06 ), terimakasih atas kerjasamanya.
15. Seluruh teman – teman teknik elektro 05. Terima kasih atas dukungan

dan kerjasamanya. Semoga tali silaturahmi terus terjalin.

16. Seluruh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Jurusan lain ( Rina TL, Angga TM, Azwan Tl, Tomy TK, Jesica TK, Tio TI ) serta yang pernah penulis kenal selama kuliah di UII. Semoga bisa membuktikan bahwa almamater UII dapat bersaing dengan Universitas lain di Indonesia serta bermanfaat bagi masyarakat, bangsa dan negara.
17. Semua pihak yang telah bersedia membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis sampaikan pula harapan semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, Maret 2010

Penulis

## ABSTRAKSI

Motor DC banyak digunakan dalam kehidupan sehari – hari. Motor DC memiliki pengaturan putaran yang luas. Salah satu cara untuk mengatur kecepatan motor DC menggunakan sistem otomatisasi *fuzzy* dengan metode gradien. Metode ini mampu memprediksi keluaran berdasarkan data pelatihan yang diperbaiki, mampu memperbarui parameter masukan dan keluaran, serta mampu mengatur parameter aturan. Pada tugas akhir ini keseluruhan proses pembuatan simulasi pengaturan kecepatan motor DC menggunakan *software* Matlab R2007a. Motor DC dimodelkan dengan *transfer function* yang diperoleh dari perhitungan matematis dan analisa. Pada FLC terdapat 2 masukan ( *error* dan *derivative error* ) dan satu keluaran ( perubahan tegangan ). Parameter masukan menggunakan fungsi keanggotaan Gaussian sedangkan parameter keluaran menggunakan fungsi keanggotaan Segitiga. Aturan yang digunakan sebanyak 3, 4 dan 5 aturan yang diperoleh secara *trial and error*. Penggunaan 3 aturan, rata – rata selisih kecepatan sebesar 31.58 rad / s. Penggunaan 4 aturan, rata – rata selisih kecepatan sebesar 3.15 rad / s. Penggunaan 5 aturan, rata – rata selisih kecepatan sebesar 7.53 rad / s. Respon sistem setelah pelatihan dengan 3 aturan menghasilkan *rise time* 6.7192 s , *peak time* 99.8007 s, *maksimum overshoot* 0.0104 s , *settling time* 12.4683 s. Penggunaan 4 aturan menghasilkan *rise time* 6.5987s , *peak time* 99.9484 s, *maksimum overshoot* 0.0104 s , *settling time* 12.3139 s. Penggunaan 5 aturan menghasilkan *rise time* 6.5633 s , *peak time* 99.4044 s, *maksimum overshoot* 0.0104 s , *settling time* 12.2748 s.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAKSI .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II STUDI PUSTAKA .....	6
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.1.1. Analisis Tinjauan Pustaka .....	7
2.2. Sistem Kendali .....	7
2.3. Logika <i>Fuzzy</i> .....	9
2.4. Sistem Kendali Logika <i>Fuzzy</i> .....	11



2.4.1. Ruang Masukan dan Keluaran.....	12
2.4.2. <i>Fuzzifier</i> .....	13
2.4.3. <i>Fuzzy Rule Base</i> .....	14
2.4.4. <i>Inference Engine</i> .....	15
2.4.5. <i>Defuzzifier</i> .....	16
2.5. Sistem Automatisasi <i>Fuzzy</i> .....	17
2.6. Metode Gradien.....	21
2.7. Motor DC.....	27
2.7.1. Konstruksi Motor DC .....	27
2.7.2. Prinsip Motor DC .....	29
2.7.3. Karakteristik Motor DC.....	29
2.7.4. Pengaturan Kecepatan Motor DC.....	32
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>34</b>
3.1. Pemodelan Matematis Motor DC .....	36
3.2. Simulasi Sistem dengan Matlab .....	39
3.2.1. Perancangan Simulasi Sistem dengan Matlab Simulink .....	39
3.2.2. Perancangan <i>Fuzzy Logic Controller</i> ( <i>FLC</i> ).....	46
3.3. Prosedur Pelatihan.....	51
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN SISTEM</b> .....	<b>54</b>
4.1. Pelatihan <i>Fuzzy</i> dengan Metode Gradien .....	54
4.2. Simulasi Motor DC dengan Kendali <i>Fuzzy</i> .....	56
4.2.1. Simulasi Motor DC Sebelum Pelatihan.....	56
4.2.2. Simulasi Motor DC Setelah Pelatihan.....	63
4.3. Pengujian Sistem .....	73

BAB V PENUTUP .....	84
5.1. Kesimpulan.....	84
5.2. Saran .....	85
Daftar Pustaka	
Lampiran	



Tabel 4.19 Pengujian kecepatan <i>set point</i> dengan kecepatan motor setelah pelatihan ( 4 aturan ).....	82
Tabel 4.20 Pengujian kecepatan <i>set point</i> dengan kecepatan motor setelah pelatihan ( 5 aturan ).....	83



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok diagram Sistem Kendali.....	7
Gambar 2.2 Respon Sistem Kendali.....	8
Gambar 2.3 Fungsi karakteristik himpunan klasik A dan himpunan <i>fuzzy</i> $\tilde{A}$ .....	11
Gambar 2.4 Struktur sistem kendali logika <i>fuzzy</i> .....	12
Gambar 2.5 Proses fuzzifikasi.....	13
Gambar 2.6 Contoh dari 2 masukan, 1 keluaran untuk 3 titik.....	18
Gambar 2.7 Fungsi keanggotaan Gaussian.....	18
Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan Segitiga.....	18
Gambar 2.9 Fungsi keanggotaan Delta.....	19
Gambar 2.10 Fungsi keanggotaan masukan untuk $x_1$ .....	23
Gambar 2.11 Fungsi keanggotaan Masukan untuk $x_2$ .....	24
Gambar 2.12 Fungsi keanggotaan keluaran untuk $y$ .....	24
Gambar 2.13 Kontruksi Mesin DC.....	27
Gambar 2.14 Rangkaian ekuivalen motor DC.....	30
Gambar 2.15 Karakteristik kecepatan-kopel motor <i>shunt</i> dan seri.....	31
Gambar 3.1 Blok diagram sistem pengendali kecepatan motor DC.....	34
Gambar 3.2 Model <i>inverse</i> pelatihan.....	35
Gambar 3.3 Diagram skematik Motor DC.....	37
Gambar 3.4 Fungsi alih dari motor DC.....	46
Gambar 3.5 Variabel masukan dan keluaran.....	47
Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan <i>error</i> .....	48

Gambar 3.7 Fungsi keanggotaan $d\_error$ .....	48
Gambar 3.8 Fungsi keanggotaan keluaran kendali <i>fuzzy</i> .....	49
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Pelatihan.....	53
Gambar 4.1. Simulink Pengambilan Data Pelatihan Open Loop.....	55
Gambar 4.2 Pengambilan jangkauan variabel masukan dan keluaran.....	57
Gambar 4.3 Dua variabel masukan dan satu variabel keluaran.....	57
Gambar 4.4 Fungsi keanggotaan untuk <i>error</i> .....	58
Gambar 4.5 Fungsi keanggotaan untuk $d\_error$ .....	58
Gambar 4.6 Fungsi keanggotaan untuk perubahan tegangan.....	59
Gambar 4.7 Rangkaian simulasi motor DC sebelum pelatihan.....	62
Gambar 4.8 Keluaran sistem <i>fuzzy</i> sebelum pelatihan.....	63
Gambar 4.9 Fungsi keanggotaan masukan <i>error fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	64
Gambar 4.10 Fungsi keanggotaan masukan <i>derivative error fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	64
Gambar 4.11 Fungsi keanggotaan keluaran <i>fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	65
Gambar 4.12 Fungsi keanggotaan masukan <i>error fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	67
Gambar 4.13 Fungsi keanggotaan masukan <i>derivative error fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	67
Gambar 4.14 Fungsi keanggotaan keluaran <i>fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	68
Gambar 4.15 Fungsi keanggotaan masukan <i>error fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	70
Gambar 4.16 Fungsi keanggotaan masukan <i>derivative error fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	70

Gambar 4.17 Fungsi keanggotaan keluaran <i>fuzzy</i> setelah Pelatihan.....	71
Gambar 4.18 Rangkaian simulasi motor DC setelah pelatihan.....	73
Gambar 4.19 Hasil keluaran setelah pelatihan .....	73
Gambar 4.20 <i>Step Respon</i> Pengambilan data 1400 rad / s.....	75
Gambar 4.21 <i>Step Respon</i> Pengambilan data 1000 rad / s.....	76
Gambar 4.22 <i>Step Respon</i> Pengambilan data 800 rad / s.....	77
Gambar 4.23 <i>Step Respon</i> Pengambilan data 300 rad / s.....	78
Gambar 4.25 Rangkaian simulasi pengujian terakhir.....	79
Gambar 4.26 Hasil keluaran pengujian 3 aturan.....	79
Gambar 4.27 Hasil keluaran pengujian 4 aturan.....	80
Gambar 4.28 Hasil keluaran pengujian 5 aturan.....	80

