



**KONTROL KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS LOGIKA *FUZZY***

SKRIPSI

Oleh

**Terry Intan Nugroho
NIM. 101910201007**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**KONTROL KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS LOGIKA *FUZZY***

SKRIPSI

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

Oleh

Terry Intan Nugroho
NIM. 101910201007

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Terucap kata syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan jalan kemudahan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Dengan rasa bangga dan terimakasih sebesar-besarnya skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. *Kedua orang tuaku, Bapakku Nugroho Kriswanto, SE dan Ibuku Marliyah, S.Pd., terimakasih atas cinta, kasih sayang, doa dan motivasi yang begitu berarti sehingga saya seperti sekarang ini;*
2. *Adikku Yosi Kristiana Nugroho dan Tesalonika Putri Nugroho, yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan studiku;*
3. *Bapak Bambang Sujanarko dan keluarga, terimakasih banyak atas ilmu, bimbingan dan nasehatnya;*
4. *Guru-guruku mulai dari TK, SD, SMP, SMA sampai Perguruan tinggi terima kasih atas ilmu yang berikan;*
5. *Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2010, terimakasih atas dukungan dan semangat yang kalian berikan;*
6. *Almamater yang selalu menjadi kebanggaanku Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;*

MOTTO

“Trust in the Lord with all your heart and lean not on your own understanding; in all your ways acknowledge Him, and He will make your paths straight”

Proverbs 3: 5 -6

“Hormatilah ayahmu dan ibumu, supaya lanjut umurmu di tanah yang diberikan TUHAN, Allahmu, kepadamu”

Keluaran 20:12

“If the plan doesn't work change the plan but never the goal”

Anonim

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

nama : Terry Intan Nugroho

NIM : 101910201007

menyatakan bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika Fuzzy” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 9 Oktober 2014

Yang menyatakan,

Terry Intan Nugroho

NIM 101910201007

SKRIPSI

KONTROL KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS LOGIKA FUZZY

Oleh

Terry Intan Nugroho

NIM 101910201007

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul: “Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika *Fuzzy*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 9 Oktober 2014

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M

NIP. 19631201 199402 1 002

Penguji I

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

Penguji II

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

NIP. 19710402 200312 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP 19610414 198902 1 001

Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika *Fuzzy*

Terry Intan Nugroho

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Dari berbagai jenis motor yang ada, salah satu motor yang digunakan adalah motor DC. Pada penelitian ini akan dibuat pengendali kecepatan motor DC berbasis logika *fuzzy* dengan menggunakan PCI 1710 sebagai alat *interface* antara perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem kendali pada penelitian ini menggunakan PCI 1710HG, rangkaian sensor kecepatan, aki 12 volt, *power supply* 18volt, *driver* motor DC dan motor DC 500 Watt. Sistem kontrol logika *fuzzy* memiliki parameter *input setpoint* dan *delta error* dan *output* tegangan referensi. Pada penelitian ini logika *fuzzy* menggunakan Metode Mamdani MAX-MIN dan memiliki 32 *rule*, serta komposisi aturan dari logika *fuzzy* menggunakan *Center Of Area*.

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain adalah pada pengujian sistem dengan kontrol logika *fuzzy* berbeban statis saat 100rpm memiliki *rise time* adalah pada detik ke 0,688; *maximum overshoot* 9,71 % dan *settling time* tercepat adalah pada detik ke 2,02. Dari data diatas jika dibandingkan dengan pengujian sistem kontrol logika *fuzzy* tak berbeban saat 100rpm yang memiliki *rise time* adalah pada detik ke 2.556, *maximum overshoot* adalah 0,29% dan *settling time* adalah pada detik ke 3,006. Sedangkan pada pengujian dengan kontrol logika *fuzzy* berbeban dinamis pada kecepatan 100rpm memiliki *recovery time* 3,477 detik sedangkan tanpa kontrol 4,902 detik.

Kata kunci: Motor DC, PCI 1710HG, logika *fuzzy*

Speed Control of DC Motor Based Fuzzy Logic

Terry Intan Nugroho

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

From the various types of existing motors, DC motor is used in this research. This research will be made speed control of DC motor using fuzzy logic based on PCI 1710HG as interface between hardware devices and software. Control system in this research using PCI 1710HG, speed sensor circuit, 12 volt battery, 18volt power supply, DC motor driver and 500 Watt DC motor. Fuzzy logic control system has an input parameter setpoint, error and the output parameter is reference voltage. In this research, fuzzy logic uses the MAX-MIN Mamdani method and has 32 rules, as well as the composition of fuzzy logic rules using the Center Of Area.

The conclusion of this study include the testing of control systems with unloaded fuzzy logic have 100rpm when the rise time is at 0.688 s; maximum overshoot 9.71% and settling time at to 2.02 s. When the above datas compared with fuzzy logic control of static load system 100rpm which have a rise time at 2.556 s, maximum overshoot 0.29% and settling time at 3.006 s. While testing with fuzzy logic control of dynamic load at a speed of 100rpm, the system has recovery time 3.477 seconds while without control is 4.902 seconds.

Keywords: *Motor DC, PCI 1710HG, fuzzy logic*

RINGKASAN

Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika Fuzzy; Terry Intan Nugroho, 101910201007; 2014; 82 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sejalan dengan perkembangan teknologi bidang industri, maka dibutuhkan alat – alat yang dapat mendukung cara kerja manusia menjadi lebih mudah. Penggunaan motor DC dalam bidang industri memang jarang digunakan dengan alasan biaya perawatan yang mahal. Namun penggunaan motor DC dalam bidang industri tidak serta merta ditinggalkan karena efisiensi motor DC yang tinggi. Kebutuhan tersebut menginginkan agar suatu motor memiliki *performance* yang baik, dari sisi kecepatan maupun keandalan mempertahankan kecepatan pada *set point*. Oleh karena itu pada penelitian ini akan mencoba membuat sistem prototipe kontrol motor DC menggunakan logika *fuzzy*. Alasan menggunakan logika *fuzzy* diantaranya adalah kemampuan pendekatan yang tidak dapat dipisahkan, derajat toleransi yang tinggi, operasinya yang halus, menurunkan efek *non-linieritas* adaptasi yang cepat, dan kemampuan belajar (*Chakravorty Jaydeep, Sharma Ruchika, 2013*). Rangkaian kontrol kecepatan motor DC menggunakan logika fuzzy diantaranya adalah rangkaian driver motor DC, satu set alat interface pci dan personal computer, rangkaian power supply 15 Volt, aki 12 Volt dan sensor kecepatan.

Pengujian pada penelitian ini antara lain: pengujian PWM, pengujian kecepatan motor, pengujian sensor kecepatan, pengujian kontrol logika *fuzzy* dan pengujian sistem dengan kontrol. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat bahwa hardware bekerja dengan baik. Sinyal umpan balik yang berasal dari sensor kecepatan digunakan sebagai input tegangan sensor yang akan diolah menjadi *error*. Logika *fuzzy* memiliki parameter *set point* dan *error*. Nilai *set point* didapatkan dengan cara memasukkan angka *set point* rpm pada blok Matlab Simulink, sedangkan nilai *error* didapatkan dari selisih antara nilai tegangan dari sensor dan nilai *set point* yang telah dimasukkan. Pada penelitian ini logika *fuzzy* menggunakan Metode Mamdani MAX-

MIN dan memiliki 32 *rule*, serta komposisi aturan dari logika *fuzzy* menggunakan *Center Of Area*.

Pada pengujian kontrol kecepatan motor DC tanpa beban dengan menggunakan tiga parameter, yaitu waktu *rise time*, waktu *settling time* dan nilai *maximum overshoot* terbukti bahwa kontrol logika *fuzzy* menghasilkan respon motor DC yang lebih cepat mencapai *rise time* dengan nilai *maximum overshoot* yang kecil dan mampu mempertahankan nilai *set point* dibandingkan tanpa kontrol. Pada pengujian beban dinamis kontrol kecepatan motor DC terbukti bahwa waktu pemulihan yang diperlukan untuk mencapai *setpoint* pada saat menggunakan logika *fuzzy* lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan logika *fuzzy*.

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain adalah pada pengujian sistem dengan kontrol logika *fuzzy* tak berbeban saat 100rpm memiliki *rise time* adalah pada detik ke 0,688; *maximum overshoot* 9,71 % dan *settling time* tercepat adalah pada detik ke 2,02. Dari data diatas jika dibandingkan dengan pengujian sistem kontrol logika *fuzzy* tak berbeban saat 100rpm yang memiliki *rise time* adalah pada detik ke 2,556, *maximum overshoot* adalah 0,29% dan *settling time* adalah pada detik ke 3,006. Sedangkan pada pengujian dengan kontrol logika *fuzzy* berbeban dinamis pada kecepatan 100rpm memiliki *recovery time* 3,477 detik sedangkan tanpa kontrol 4,902 detik.

PRAKATA

Puji Tuhan atas berkat dan anugerah-Nya sehingga penulisan laporan skripsi dengan judul “Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika *Fuzzy*” dapat diselesaikan. Karya tulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu pada Jurusan Teknik Elektro, Program-program Studi Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan kali ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Sumardi ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, waktu dan kesabaran dalam membimbing saya.
4. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT selaku Pembimbing Pendamping yang bersedia membantu dan membimbing selama saya menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Dr. Bambang Sri Kaloko, 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. Bapakku Nugroho Kriswanto dan Ibuku Marliyah tercinta, yang telah membantu baik moril dan materiil, mendoakan, mendidik dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini.
7. Kedua adikku Yosi Krestiana Nugroho dan Tesalonika putri Nugroho yang telah memberikan dukungan dan semangat.

8. Bapak Bambang Supeno, Bapak Satryo Budi dan Bapak Andi Setiawan yang telah membantu memberikan ilmu, nasehat dan semangat selama saya menyelesaikan tugas akhir.
9. Leonardo Ginting, yang telah mendoakan, mendampingi dan memberiku semangat.
10. Keluarga kecil di Jember Budhe Erma sekeluarga, Budhe Vivin sekeluarga, Mbak Evi, Anis, Wenny, Yanti, Dinda, Ifa, Siska, Linda, Ipung, dan Rosa yang selalu menemaniku, memberi motivasi, memberi warna hidup selama saya kuliah di Jember.
11. Tacul, Jusqi, Angga, Mas Uyab, Galih, Ongki, Ricki, Ryan, Toni, Mas Affandi, Mas Mohtar dan yang lainnya, terimakasih banyak sudah meluangkan waktu untuk membantu mengerjakan alatku.
12. Para Dosen beserta seluruh karyawan program-program Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
13. Keluarga Besar Teknik Elektro dari angkatan 2007, 2008, 2009, 2011 dan 2012, team BB Corps, sahabat – sahabat “*pejuang skripsi*” **patek UJ 2010** yang telah banyak membantu selama saya kuliah, bersama kalian semua merupakan kenangan dan pengalaman yang tak akan pernah terlupakan.
14. Keluarga besar GPIB, GKJW dan GPDI Eklessia Jember yang membuat saya menjadi lebih dekat dengan Tuhan.

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

Jember, 9 Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACK	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Sistematika Pembahasan.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Motor <i>Direct Current</i> (DC).....	4
2.1.1. Definisi Motor DC	4
2.1.2. Prinsip Kerja Motor DC	4

2.1.3. Gaya Gerak Listrik pada Motor DC.....	6
2.1.4. Konstruksi Motor DC.....	7
2.1.5. Motor DC Seri Eksitasi Sendiri.....	8
2.1.6. Pemodelan Motor DC	9
2.2. Kontrol Motor DC Seri	11
2.3. Simulink Matlab.....	13
2.4. Koneksi PCI Card Dengan Perangkat Luar	14
2.5. Logika <i>Fuzzy</i>.....	16
2.5.1. Fuzzy Logic Controller	17
2.5.2. Himpunan Fuzzy	20
2.5.3. Fungsi Keanggotaan.....	21
2.5.4. Operator Dasar Zadeh untuk Operasi Himpunan Fuzzy dan penalaran Monoton.....	23
2.5.5. Fungsi Implikasi.....	24
2.5.6. Komposisi Aturan	25
2.5.7. Fuzzyfikasi	27
2.5.8. Penyusunan Aturan Pengendalian.....	27
2.5.9. Defuzzyfikasi	27
2.6. Pulse Width Modulation	30
2.7. Definisi Spesifikasi Respon Transien	34
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	36
3.2. Alat dan Bahan.....	36
3.3. Diagram Alir Penelitian	37
3.4. Blok Diagram Sistem	39
3.5. Perancangan Simulasi PWM dengan Logika Fuzzy.....	40
3.6. Perancangan Perangkat Keras	43
3.6.1. Baterai.....	43
3.6.2. <i>Power Supply</i>	44

3.6.3. <i>Driver</i> Motor DC	44
3.6.4. Motor DC	45
3.6.5. Perangkat PCI 1710 HG dan PCLD 8710	46
3.6.6. Personal Computer dan Rangkaian Sistem Kontrol Logika Fuzzy pada Matlab Simulink	47
3.6.7. Sensor Kecepatan	48
3.7. Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>)	49
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Tujuan dan Metode Pengujian	51
4.2 Sumber DC	51
4.3 Pengujian dan Analisa Sinyal PWM	52
4.4 Pengujian Sensor Kecepatan	60
4.5 Pengujian dan Analisa Kecepatan Motor	63
4.6 Analisis Kontrol Logika Fuzzy	65
4.6.1 Fungsi Keanggotaan dan Model Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy	67
4.6.2 Rule Logika Fuzzy	70
4.6.3 Rule Viewer	72
4.7 Hasil Pengujian Logika Fuzzy	73
4.8 Pengujian dan Analisa Perbandingan Antara Tanpa Kontrol dan dengan Kontrol Logika Fuzzy	73
4.8.1. Pengujian Motor DC Tanpa Beban	74
4.8.2. Pengujian Motor DC dengan Beban Dinamis	77
4.8.3. Pengujian Motor DC dengan Beban Statis	80
BAB 5. PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	83
5.2. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1 Bentuk Perubahan Sinyal PWM.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Duty Cycle	58
Tabel 4. 3 Tegangan output pada modul PCLD 8710	60
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Tegangan Sensor Kecepatan	62
Tabel 4. 5 Data Pengujian Tanpa Kontrol Tak Berbeban	64
Tabel 4. 6 Pemetaan Aturan Logika Fuzzy	70
Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian Sistem Tanpa Beban.....	77
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian dengan Beban Dinamis	79
Tabel 4. 9 Data Hasil Pengujian Sistem dengan Beban Statis.....	82

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Prinsip Perputaran Motor DC	4
Gambar 2. 2 Kaidah Tangan Kiri Fleming	5
Gambar 2. 3 Konstruksi Motor DC	7
Gambar 2. 4 Motor DC)	7
Gambar 2. 5 Rangkaian Ekuivalen Motor DC	8
Gambar 2. 6 Karakteristik Motor DC Seri	9
Gambar 2. 7 Pemodelan Fungsi Transfer Motor DC pada Matlab Simulink	10
Gambar 2. 8 Responmotor DC yang tidak di kontrol.....	11
Gambar 2. 9 Contoh Tampilan Simulink	13
Gambar 2. 10 PCI 1710HG dan PCLD 8710	15
Gambar 2. 11 Layar Setup Pada Advantech Automation Software	15
Gambar 2. 12 Different Options for DriverSetup.....	16
Gambar 2. 13 Bentuk Fungsi Keanggotaan S	21
Gambar 2. 14 Bentuk Fungsi Keanggotaan X.....	22
Gambar 2. 15 Bentuk Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	22
Gambar 2. 16 Fungsi Implikasi MIN	25
Gambar 2. 17 Fungsi Implikasi DOT	25
Gambar 2.18 Proses Pengambilan Keputusan Metode Mamdani	26
Gambar 2. 19 Proses defuzzifikasi	28
Gambar 2. 20 Metode Defuzzifikasi.....	29
Gambar 2. 21 Sinyal PWM dan Persamaan Voutput PWM.....	31
Gambar 2. 22 Proses Pembangkitan Sinyal.....	31
Gambar 2. 23 Clear Up Dan Clear Down.....	32
Gambar 2. 24 Sinyal PWM dengan Variasi Duty Cycle	33

Gambar 2. 25 Tanggapan Sistem Terhadap Masukan Tangga Satuan T_d , T_p , Dan T_s	35
Gambar 3. 1 Alur penelitian	37
Gambar 3. 2 Diagram Blok Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> Motor DC	39
Gambar 3. 3 Pemodelan Keseluruhan Simulasi Simulink Matlab	41
Gambar 3. 4 Blok Kontrol logika <i>fuzzy</i> pada Matlab Simulink	41
Gambar 3. 5 Blok pembangkit sinyal PWM pada Matlab Simulink	42
Gambar 3. 6 Blok kalibrasi <i>setpoint</i> (rpm)	42
Gambar 3. 7 Blok filter <i>feedback</i> dan kalibrasi tegangan sensor	42
Gambar 3. 8 Blok Diagram Keseluruhan Perangkat Keras	43
Gambar 3. 9 Baterai Aki 12 Volt	44
Gambar 3. 10 Rangkaian Driver Motor DC	45
Gambar 3. 11 Motor DC	46
Gambar 3. 12 PCLD 8710	47
Gambar 3. 13 Personal Computer	47
Gambar 3. 14 Sensor Kecepatan	48
Gambar 3. 15 Flowchart	49
Gambar 4. 1 Sumber Tegangan 15 Volt	51
Gambar 4. 2 Baterai 12 Volt 75 Ah	52
Gambar 4. 3 Blok Diagram Pengujian Sinyal PWM dan Kecepatan Motor DC	52
Gambar 4. 4 Kurva Perbandingan Uji Duty Cycle	59
Gambar 4. 5 Blok Matlab Simulink Pengujian Sensor Kecepatan	61
Gambar 4. 6 Kurva Hubungan Tegangan Sensor Pada Blok Matlab Simulink Dengan Avometer	63
Gambar 4. 7 Kurva Hubungan PWM Terhadap Kecepatan Motor DC dan Tegangan Output	65
Gambar 4. 8 Blok Matlab Simulink Sistem dengan Kontrol Logika Fuzzy	66
Gambar 4. 9 Mamdani Fuzzy Inference System	67

Gambar 4. 10 Triangular Membership Function untuk Input Setpoint	68
Gambar 4. 11 Triangular dan Trapesium Membership Function untuk Input Error	69
Gambar 4. 12 Triangular Membership Function untuk Output Vref	70
Gambar 4. 13 Rule Viewer Dari FIS Editor	72
Gambar 4. 14 Blok Matlab Simulink untuk Pengujian Logika Fuzzy	73
Gambar 4. 15 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol Dan Dengankontrol Logika Fuzzy Tak Berbeban Pada Saat Kecepatan Setpoint 60rpm.....	75
Gambar 4. 16 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol Dan Dengankontrol Logika Fuzzy Tak Berbeban Pada Saat Kecepatan Setpoint 100rpm.....	75
Gambar 4. 17 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol Dan Dengankontrol Logika Fuzzy Tak Berbeban Pada Saat Kecepatan Setpoint 120rpm.....	76
Gambar 4. 18 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol dan dengan Kontrol Logika Fuzzy Kecepatan Setpoint 60rpm.....	78
Gambar 4. 19 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol dan dengan Kontrol Logika Fuzzy Kecepatan Setpoint 100rpm	78
Gambar 4. 20 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol dan dengan Kontrol Logika Fuzzy Kecepatan Setpoint 1200rpm	79
Gambar 4. 21 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol dan dengan Kontrol Logika Fuzzy Berbeban Pada Saat Kecepatan Setpoint 70rpm	80
Gambar 4. 22 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol dan dengan Kontrol Logika Fuzzy Berbeban Pada Saat Kecepatan Setpoint 100rpm	81

Gambar 4. 23 Perbandingan Respon Kecepatan Antara Tanpa Kontrol
dan dengan Kontrol Logika Fuzzy Berbeban Pada Saat Kecepatan
Setpoint 120rpm 81

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A Gambar PCI 1710HG	1
LAMPIRAN B Gambar PCLD 8710.....	1