

TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI PID DAN FUZZY-PID KONTROLER
SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS ARDUINO UNO**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER
2021**

TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI PID DAN FUZZY-PID KONTROLER SEBAGAI PENGATUR
KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS ARDUINO UNO**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Jember



Disusun Oleh :

**MOH HOIRIN NIAM
1710 621 004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
IMPLEMENTASI PID DAN FUZZY-PID KONTROLER
SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC
BERBASIS ARDUINO UNO

Diajukan Untuk memenuhi Persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Jember

Yang Diajukan Oleh:

Moh Hoirin Niam

1710621004

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Penguji I

M. Aan Auliq ST, M.T.
NIDN. 0715108701

Dosen Penguji II

Sofia Ariyani, S.Si. M.T.
NIDN. 0709126702

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI PID DAN FUZZY-PID KONTROLER SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS ARDUINO UNO

Disusun Oleh:

Moh Hoirin Niam
1710621004

Telah mempertanggung jawabkan laporan skripsinya pada sidang skripsi tanggal 03 Juli 2020 sebagai salah satu syarat kelulusan dan mendapatkan gelar sarjana teknik pada program studi teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Bagus Setya R, S.T,M.Kom
NIDN. 0730018605

Aji Brahma N, S.Si, M.T
NIDN. 0730018605

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nanang Saiful Rizal, ST, M.T.
NIDN. 0705047806

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Aji Brahma N, S.Si, M.T.
NIDN. 0730018605

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Moh Hoirin Niam

Nim 1710621004

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang berjudul "*IMPLEMENTASI PID DAN FUZZY-PID KONTROLER SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS ARDUINO UNO*" adalah benar - benar karya sendiri, kecuali dalam pengutipan teori atau literatur yang disebut sumbernya. Saya bertanggung jawab atas kebenaran lainnya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya siap menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Jember, 19 Mei 2021

Yang membuat pernyataan



Moh Hoirin Niam
1710621004

MOTTO

My brain is only a receiver, in the Universe there is a core from which we obtain knowledge, strength and inspiration. I have not penetrated into the secrets of this core, but I know that it exists.

~Nikola Tesla

“Otak saya hanya suatu penerima, disemesta ini terdapat suatu inti dari mana kita memperoleh pengetahuan, kekuatan, dan inspirasi. Saya belum dapat memecahkan rahasia dari suatu inti ini, akan tetapi saya tahu itu ada.”

~Nikola Tesla

*Let the future tell the truth, and evaluate each one according to his work and accomplishments.
The present is theirs; the future, for which i have really worked, is mine.*

~Nikola Tesla

“Biarkanlah masa depan mengatakan kebenaran dan mengevaluasi berdasarkan pekerjaannya dan pencapaian. Saat ini adalah milik mereka, dan masa depan, untuk apa yang sudah saya kerjakan dengan sungguh-sungguh, adalah milik saya”

~Nikola Tesla

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Implementasi PID dan Fuzzy-PID Kontroler Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Arduino UNO". Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Juruhan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Nanang Saiful Rizal S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UniversitasMuhammadiyah Jember.
2. M. Aan Auliq, ST., MT. Selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UniversitasMuhammadiyah Jember
3. Aji Brahma N, S.Si., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember
4. Dr Bagus Setya R, S.T, M.Kom. selaku dosen pembimbing utama penelitian tugas akhir penulis.
5. Aji Brahma Nugroho, S.Si., MT. selaku dosen pembimbing kedua pada penelitian tugas akhir penulis.
6. Staff Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember.

Penulis beranggapan bahwa skripsi ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis persembahkan. Tetapi penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan didalamnya terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi parapembaca pada umumnya.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Metode Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terkait	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1 Pengertian Motor Listrik	5
2.2.2 Jenis – Jenis Motor Listrik	6
2.2.3 Motor DC	6
2.2.4 Prinsip Kerja Motor DC	8
2.2.5 Bagian – Bagian Motor DC	9
2.2.6 Mode Operasi Motor DC	11
2.2.7 Kontrol Kecepatan Motor DC.....	12
2.2.8 PID Kontroler	13
2.2.9 Logika Fuzzy.....	16
2.2.10 Arduino IDE	24
2.2.11 Arduino Uno	26
2.2.12 Driver Motor L298N	27
2.2.13 Sensor IR Proximity	28
2.2.14 Keypad 4x4 Matriks.....	30

III. PERANCANGAN SISTEM	32
3.1. Blok Kerja Sistem	32
3.2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras	33
3.2.1. Driver Motor L298N	33
3.2.2. Sensor IR Proximity	34
3.2.3. Pembuatan Beban Resistor.....	34
3.2.4. Keypad Matriks 4x4	35
3.2.5. Rangkaian Keseluruhan Sistem.....	36
3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	37
3.3.1 Flowchart Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	37
3.3.2 Perancangan Kontroler PID	39
3.3.3 Perancangan Fuzzy-PID	42
IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	51
4.1. Pengujian Mikrokontroler	51
4.2. Pengujian Power <i>Supply</i>	54
4.3. Pengujian Sensor IR Proximity	54
4.4. Pengujian Motor DC dengan PID Kontroler	58
4.4.1 Pengujian PID Kontroler dengan Beban Resistansi Seri.....	61
4.4.2 Pengujian PID Kontroler dengan Beban Resistansi Paralel ..	71
4.5. Pengujian Motor DC dengan Fuzzy-PID Kontroler	80
4.5.1 Pengujian Fuzzy-PID Kontroler dengan Beban Resistansi Seri ...	80
4.5.2 Pengujian Fuzzy-PID Kontroler dengan Beban Resistansi Paralel	90
4.6 Hasil Pengujian PID dan Fuzzy-PID Kontroler	99
V. KESIMPULAN DAN SARAN	110
5.1 Kesimpulan.....	110
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh Nilai Kp, Ki dan Kd pada Respon Sistem.....	14
Tabel 2.2 Metode 1 Penalaan Zieghler-nichols.....	16
Tabel 2.3 Metode 2 Penalaan Zieghler-nichols.....	17
Tabel 2.4 Fungsi Menu Pada Arduino	25
Tabel 2.5 Spesifikasi Arduino Uno	27
Tabel 2.6 Konfigurasi Pin Driver Motor L298N	27
Tabel 3.1 Aturan Logika Fuzzy	49
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Mikrokontroler.....	53
Tabel 4.2 Pengujian Power Supply	54
Tabel 4.3 Pengujian Sensor IR Proximity.....	57
Tabel 4.4 Data Respon Sistem PID Kontroler pada Kecepatan 14000 RPM (Seri)	64
Tabel 4.5 Data Respon Sistem PID Kontroler pada Kecepatan 9000 RPM (Seri)	67
Tabel 4.6 Data Respon Sistem PID Kontroler pada Kecepatan 4000 RPM (Seri)	71
Table 4.7 Data Respon Sistem PID Kontroler pada Kecepatan 14000 RPM (Paralel).	74
Table 4.8 Data Respon Sistem PID Kontroler pada Kecepatan 9000 RPM (Paralel)...	77
Table 4.9 Data Respon Sistem PID Kontroler pada Kecepatan 4000 RPM (Paralel)...	80
Table 4.10 Data Respon Sistem Fuzzy- PID Kontroler pada Kecepatan 14000 RPM(Seri)	83
Table 4.11 Data Respon SistemFuzzy- PID Kontroler pada Kecepatan 9000 RPM (Seri)	86
Table 4.12 Data Respon SistemFuzzy- PID Kontroler pada Kecepatan 4000 RPM (Seri)	89
Table4.13 Data Respon Sistem Fuzzy-PID Kontroler pada Kecepatan 14000 RPM	

(Paralel) 92

Table 4.14 Data Respon SistemFuzzy- PID Kontroler pada Kecepatan 9000 RPM
(Paralel) 95

Table 4.15 Data Respon SistemFuzzy- PID Kontroler pada Kecepatan 9000 RPM
(Paralel) 98



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik	6
Gambar 2. 2 Motor DC	7
Gambar 2. 3 Stator Comutator	8
Gambar 2. 4 Kaidah Tangan Kiri.....	8
Gambar 2. 5 Medan Magnet diSekitar Kumparan	9
Gambar 2. 6 Bagian – Bagian Motor DC.....	9
Gambar 2. 7 Iustrasi Persentase PWM.....	12
Gambar 2. 8 Diagram Kontrol PID	14
Gambar 2. 9 Penalaan Parameter PID dengan Ziegler Nichols Metode Pertama	15
Gambar 2. 10 Tanggapan Kurva S	15
Gambar 2. 11 Perubahan Nilai Kcr Terhadap Respon Sistem.....	16
Gambar 2. 12 Proses Kendali Logika Fuzzy.....	17
Gambar 2.13. Representasi Kurva Linier Naik	18
Gambar 2.14 Representasi Kurva Linier Turun	19
Gambar 2.15 Representasi Kurva Segitiga	20
Gambar 2.16 Representasi Kurva Trapesium	20
Gambar 2.17 Representasi Kurva S Naik	21
Gambar 2.18 Representasi Kurva S Turun	22
Gambar 2.19 Parameter Kurva S	22
Gambar 2.20 Tampilan <i>Software</i> Arduino IDE	25
Gambar 2.21 Arduino UNO	26
Gambar 2.22 Tampilan Fisik Driver Motor L298N.....	28
Gambar 2.23 Prinsip Kerja IR Proximity	29

Gambar 2.24 IR Proximity Sensor	29
Gambar 2.25 Tampilan Fisik dan Kontruksi Keypad Matriks 4x4	30
Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian Sistem	32
Gambar 3.2 Rangkaian Skematik Keseluruhan Sistem	33
Gambar 3.3 Driver Motor L298N	34
Gambar 3.4 Tampilan IR Proximity Sensor.....	34
Gambar 3.5 Rangkaian Skematik Pembuatan Beban Resistor	35
Gambar 3.6 Keypad Matriks 4x4	35
Gambar 3.7 Prototipe Keseluruhan Sistem.....	35
Gambar 3.8 Komponen Keseluruhan Sistem	36
Gambar 3.9 Flowchart Sistem	37
Gambar 3.10 Grafik Penalaan Zieghler-Nichols Metode ke-1	39
Gambar 3.11 Respon Sistem Metode Zieghler-Nichols Metode ke-1	40
Gambar 3.12 Penalaan Zieghler-nichols Metode ke-2	40
Gambar 3.13 Respon Sistem dengan Metode ke-2 Zieghler-Nichols	41
Gambar 3.14 Membership Function Eror.....	42
Gambar 3.15 Membership Function Kp	44
Gambar 3.16 Membership Function Ki	45
Gambar 3.17 Membership function Kd	46
Gambar 4.1 Skema Rangkaian Pengujian Mikrokontroler	53
Gambar 4.2 Tampilan Pulsa yang Dihasilkan Sensor IR Proximity	56
Gambar 4.3 Perubahan Eror pada Setiap Input PWM	57
Gambar 4.4 Diagram Blok Pengujian PID Kontroler.....	60
Gambar 4.5 Respon Sistem PID Kontroler dengan Beban 1Ω (Seri)	61
Gambar 4.6 Respon Sistem PID Kontroler dengan Beban 2Ω (Seri)	62
Gambar 4.7 Respon Sistem PID Kontroler dengan Beban 3Ω (Seri)	62

Gambar 4.8 Respon Sistem PID Kontroler dengan Beban 4 Ω (Seri)	63
Gambar 4.9 Respon Sistem PID Kontroler dengan Beban 5 Ω (Seri)	63
Gambar 4.10 Hubungan Torsi dengan Kecepatan Motor DC	64
Gambar 4.11 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 1 Ω (Seri)	65
Gambar 4.12 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 2 Ω (Seri)	65
Gambar 4.13 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 3 Ω (Seri)	66
Gambar 4.14 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 4 Ω (Seri)	66
Gambar 4.15 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 5 Ω (Seri)	67
Gambar 4.16 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Rendah Beban 1 Ω (Seri)	68
Gambar 4.17 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Rendah Beban 2 Ω (Seri)	69
Gambar 4.18 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Rendah Beban 3 Ω (Seri)	69
Gambar 4.19 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Rendah Beban 4 Ω (Seri)	70
Gambar 4.20 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Rendah Beban 5 Ω (Seri)	70
Gambar 4.21 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Tinggi Beban 1 Ω (Paralel)	72
Gambar 4.22 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Tinggi Beban 2 Ω (Paralel)	72
Gambar 4.23 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Tinggi Beban 3 Ω (Paralel)	73
Gambar 4.24 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Tinggi Beban 4 Ω (Paralel)	73
Gambar 4.25 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 1 Ω	

(Paralel)	74
Gambar 4.26 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 2Ω	
(Paralel)	75
Gambar 4.27 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 3Ω	
(Paralel)	75
Gambar 4.28 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 4Ω	
(Paralel)	76
Gambar 4.29 Respon Sistem PID Kontroler Setpoint Sedang Beban 5Ω	
(Paralel)	76
Gambar 4.30 Respon Sistem PID Kontroler Kecepatan Rendah Beban 1Ω	
(Paralel)	77
Gambar 4.31 Respon Sistem PID Kontroler Kecepatan Rendah Beban 2Ω	
(Paralel)	78
Gambar 4.32 Respon Sistem PID Kontroler Kecepatan Rendah Beban 3Ω	
(Paralel)	78
Gambar 4.33 Respon Sistem PID Kontroler Kecepatan Rendah Beban 4Ω	
(Paralel)	79
Gambar 4.34 Respon Sistem PID Kontroler Kecepatan Rendah Beban 5Ω	
(Paralel)	79
Gambar 4.35 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 1Ω	
(Seri)	80
Gambar 4.36 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 2Ω	
(Seri)	81
Gambar 4.37 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 3Ω	
(Seri)	82
Gambar 4.38 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 4Ω	
(Seri)	82
Gambar 4.39 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 1Ω	
(Seri)	83
Gambar 4.40 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 2Ω	
(Seri)	84
Gambar 4.41 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 3Ω	

(Seri)	85
Gambar 4.42 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 4Ω	
(Seri)	85
Gambar 4.43 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 5Ω	
(Seri)	86
Gambar 4.44 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 1Ω	
(Seri)	87
Gambar 4.45 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 2Ω	
(Seri)	87
Gambar 4.46 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 3Ω	
(Seri)	88
Gambar 4.47 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 4Ω	
(Seri)	88
Gambar 4.48 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 5Ω	
(Seri)	89
Gambar 4.49 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 1Ω	
(Paralel)	90
Gambar 4.50 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 2Ω	
(Paralel)	91
Gambar 4.51 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 3Ω	
(Paralel)	91
Gambar 4.52 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 4Ω	
(Paralel)	92
Gambar 4.53 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 1Ω	
(Paralel)	93
Gambar 4.54 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 2Ω	
(Paralel)	93
Gambar 4.55 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 3Ω	
(Paralel)	94
Gambar 4.56 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 4Ω	
(Paralel)	94
Gambar 4.57 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Sedang Beban 5Ω	

(Paralel)	94
Gambar 4.58 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 1Ω	
(Paralel)	95
Gambar 4.59 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 2Ω	
(Paralel)	96
Gambar 4.60 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 3Ω	
(Paralel)	96
Gambar 4.61 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 4Ω	
(Paralel)	97
Gambar 4.62 Respon Sistem Fuzzy-PID dengan Setpoint Rendah Beban 5Ω	
(Paralel)	97
Gambar 4.63 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Tinggi Beban 1Ω	
(Paralel)	99
Gambar 4.64 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Rendah Beban 2Ω	
(Paralel)	99
Gambar 4.65 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Rendah Beban 3Ω	
(Paralel)	100
Gambar 4.66 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Rendah Beban 4Ω	
(Paralel)	100
Gambar 4.67 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Rendah Beban 5Ω	
(Paralel)	100
Gambar 4.68 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Sedang Beban 1Ω	
(Paralel)	101
Gambar 4.69 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Sedang Beban 2Ω	
(Paralel)	101
Gambar 4.70 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Sedang Beban 3Ω	
(Paralel)	102
Gambar 4.71 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Sedang Beban 4Ω	
(Paralel)	102
Gambar 4.72 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Sedang Beban 5Ω	
(Paralel)	102
Gambar 4.73 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy</i> -PID dengan Setpoint Tinggi Beban 1Ω	

(Paralel)	103
Gambar 4.74 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Tinggi Beban 2Ω	
(Paralel)	103
Gambar 4.75 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Tinggi Beban 3Ω	
(Paralel)	104
Gambar 4.76 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Tinggi Beban 4Ω	
(Paralel)	104
Gambar 4.77 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Rendah Beban 1Ω	
(Paralel)	105
Gambar 4.78 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Rendah Beban 2Ω	
(Paralel)	105
Gambar 4.79 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Rendah Beban 3Ω	
(Paralel)	106
Gambar 4.80 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Rendah Beban 4Ω	
(Paralel)	106
Gambar 4.81 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Rendah Beban 5Ω	
(Paralel)	106
Gambar 4.82 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Sedang Beban 1Ω	
(Paralel)	107
Gambar 4.83 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Sedang Beban 2Ω	
(Paralel)	107
Gambar 4.84 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Sedang Beban 3Ω	
(Paralel)	107
Gambar 4.85 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Sedang Beban 4Ω	
(Paralel)	108
Gambar 4.86 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Sedang Beban 5Ω	
(Paralel)	108
Gambar 4.87 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Tinggi Beban 1Ω	
(Paralel)	108
Gambar 4.88 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Tinggi Beban 2Ω	
(Paralel)	109
Gambar 4.89 Respon Sistem PID & <i>Fuzzy-PID</i> dengan Setpoint Tinggi Beban 3Ω	

(Paralel)	109
Gambar 4.90 Respon Sistem PID & Fuzzy-PID dengan Setpoint Tinggi Beban 4Ω	
(Paralel)	109

