

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL
MOTORIZED VALVE AIR HANDLING UNIT
DENGAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER***

TUGAS AKHIR



**Disusun Oleh :
NYOTO
1052510565**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BUDI LUHUR
2015**

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *MOTORIZED VALVE AIR HANDLING UNIT* DENGAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

TUGAS AKHIR

**Tugas akhir ini diajukan sebagai
syarat untuk memperoleh
gelar sarjana teknik**



**Disusun Oleh :
Nyoto
1052510565**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BUDI LUHUR
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama : NYOTO
NIM : 1052510565
Judul : Rancang Bangun Sistem Kontrol *Motorized valve Air Handling Unit* Dengan *Fuzzy Logic Controller*.

Disetujui untuk dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir

Jakarta, Januari 2015

Dosen Penguji I

(DR.Ir. Nazori AZ, MT)

Dosen Penguji II

(Indra Riyanto, MT)

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : NYOTO
NIM : 1052510565
Judul : Rancang Bangun Sistem Kontrol *Motorized valve Air Handling Unit* Dengan *Fuzzy Logic Controller*.

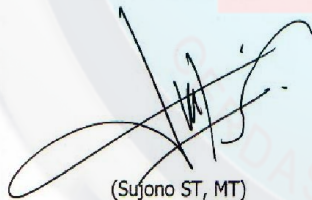
Jakarta, Januari 2015
Dosen Pembimbing



(Akhmad Musafa ST, MT)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur



(Sujono ST, MT)

Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik - Universitas Budi Luhur



(Akhmad Musafa ST, MT)

ABSTRAK

AHU (Air Handling Unit) adalah alat yang digunakan sebagai pendingin udara ruangan. Dalam proses kerja AHU dalam menghasilkan suhu udara yang diinginkan didukung bagian evaporator dan static blower. Evaporator dialiri air dingin dan berfungsi sebagai bagian penukar kalor, sehingga suhu disekitar evaporator akan lebih rendah dibanding udara sekitar dengan sirkulasi air dingin yang mengalirinya. Udara yang memiliki suhu lebih rendah ini kemudian dialirkan ke ruangan-ruangan dengan static blower. Dalam tugas akhir ini, Untuk mengatur sirkulasi air dingin ke AHU digunakan motorized valve TAC-EM42 yang merupakan aktuator untuk mengatur buka-tutup valve secara elektronik. Dalam tugas akhir ini akan dibahas Pengontrolan Motorized valve AHU berbasis mikrokontroler dengan dua Fuzzy logic controler. Fuzzy logic pertama untuk menghasilkan sinyal perintah bukaan valve dengan range 0-255 dan fuzzy logic kedua untuk mengoreksi bukaan valve. Cara kerja sistem ini adalah: mikrokontroler akan membaca dan membandingkan suhu ruangan dengan setpoint suhu, hasil perbandingan tersebut akan menghasilkan (error) dan delta error yang kemudian diproses oleh fuzzy logic pertama sehingga didapat out put sinyal perintah bukaan valve. Sinyal perintah bukaan valve ini kemudian akan dibandingkan dengan bukaan valve aktual yang dibaca melalui pembacaan tekanan air oleh sensor tekanan air. Dari perbandingan kedua ini akan didapat nilai error dan delta error sebagai masukan fuzzy logic kedua untuk mengoreksi bukaan valve. Dengan pengaturan motorized valve ini, maka sistem yang dibuat dalam tugas akhir ini dapat digunakan untuk mengatur suhu keluaran AHU.

Kata kunci : sistem kontrol AHU, mikrokontroler, fuzzy logic, motorized valve, tekanan air

ABSTRACT

AHU (Air Handling Unit) is a tool that is used as a room air conditioner. In AHU work processes to produce the desired temperature and static supported evaporator blower. Evaporator flowing cold water and serves as a heat exchanger section, so that the temperature around the evaporator will be lower than the surrounding air with cold water circulation flowing. Air that has particularly lower temperature is then channeled into the rooms with static blower. In this thesis, to regulate the circulation of cold water used to AHU-EM42 TAC motorized valve actuator which is to regulate the opening and closing valve electronically. In this thesis will be discussed AHU Control valve Motorized based microcontroller with two Fuzzy logic controller. The first fuzzy logic to generate command signals the valve with a range of 0-255 and fuzzy logic to correct the valve. The workings of this system are: the microcontroller will read and compare the temperature of the room to the setpoint temperature, the results of this comparison will result (error) and delta error which is then processed by the first fuzzy logic in order to get out put the valve command signal. The valve command signal is then compared with the actual valve opening pressure readings were read through the water by the water pressure sensor. From the comparison of these two will get the value of the error and delta error as a second input of fuzzy logic to correct valve. By setting the motorized valve, then the system created in this thesis can be used to adjust the output temperature AHU

Keywords: AHU control systems, microcontroller, fuzzy logic, motorized valve, water pressure.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan YME yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Rancang Bangun Sistem Kontrol Motorized valve Air Handling Unit Dengan Fuzzy Logic Controller”**. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis mendapatkan ide dan menerapkan logika *fuzzy* baik itu metode maupun proses pembuatan program logika *fuzzy* dari beberapa referensi yang dicantumkan penulis dalam daftar referensi. Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur Jakarta. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih banyak atas segala dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak selama proses studi dan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan YME, atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, ayahanda Suroso dan ibunda Euis Uswati Ningsih serta adik-adikku Viranti Irida Iryani dan Martina Tri Anggraeni yang telah memberikan motivasi, dukungan dan Do'a selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Sujono, ST, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur Jakarta.
4. Bapak Akhmad Musafa, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar dan gigih dalam membimbing dan memberi arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Elektro yang telah membimbing dengan tulus.
6. Seluruh staff sekretariat Fakultas Teknik Elektro yang selalu membantu proses administrasi.
7. Seluruh rekan kerja di PT Mulia Inti Pelangi yang telah banyak memberi masukan dan semangat kepada penulis selama penyusunan maupun penulisan skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat Program Studi Teknik Elektro, di Universitas Budi Luhur.
9. Sahabat-sahabat Night Warriors, di Jakarta.
10. Rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Penulis dengan senang hati akan menerima saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak guna hasil yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga penulisan laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan sebagai tambahan pengetahuan bagi semua pihak.

Jakarta, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang Masalah	1
1.2.Tujuan	1
1.3.Batasan Masalah.....	1
1.4.Metode Penelitian	1
1.5.Sistematika Penulisan.....	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	3
2.1.Sistem Kendali.....	3
2.1.1.Sistem Kendali <i>Loop</i> Terbuka	3
2.1.2.Sistem Kendali <i>Loop</i> Tertutup	3
2.2. <i>Fuzzy logic controller</i> (FLC).....	6
2.2.1.Latar Belakang Teori Logika <i>Fuzzy</i>	6
2.2.2.Himpunan <i>Fuzzy</i>	6
2.2.3 Fungsi Keanggotaan	7
2.2.4 Operator dasar Zadeh Untuk operasi himpunan <i>fuzzy</i>	10
2.2.5.Penalaran Monoton.....	10
2.2.6.Sistem <i>Inferensi Fuzzy</i>	10
2.2.7.Sistem Kendali Dengan <i>Fuzzy logic controller</i>	15
2.3.Sensor Suhu.....	15
2.3.1.Integrated Circuit Temperature Sensor	16
2.3.2.Karakteristik IC LM35.....	16
2.3.3.Prinsip Kerja dan Karakteristik IC LM35	16
2.4.Mikrocontroller Atmega32	17
2.4.1.Fitur ATMEGA32	18
2.4.2.Konfigurasi <i>Pin</i> ATMEGA32	20
2.4.3.Fungsi Alternatif <i>Port-Port</i> ATMEGA32.....	21
2.4.4.ADC pada Atmega32.....	22
2.4.5. <i>Timer/Counter</i>	25
2.5.Catu Daya	26
2.5.1. <i>Rectifier</i>	27
2.5.2.Rangkaian Penghalus dan <i>Reservoir</i>	31
2.5.3.Pengatur Tegangan	32
2.5.4.Resistansi <i>output</i> dan Pengaturan Tegangan	33
2.6.Transistor	33
2.6.1.Simbol Transistor	34
2.6.2.Transistor NPN	34
2.6.3.Transistor PNP	34
2.6.4.Karakteristik Operasi Transistor.....	35
2.6.5.Transistor Sebagai Saklar	36

2.7. <i>Regulator</i> Tegangan LM78xx.....	37
2.8. IC LM358.....	38
2.8.1. Penguat <i>Inverting</i>	38
2.8.2. Penguat <i>Non inverting</i>	39
2.9. Dioda ..	39
2.10. Kapasitor	41
2.11. <i>Display</i> LCD.....	41
2.11.1 Konfigurasi LCD 4x20.....	41
2.11.2 DDRAM	43
2.11.3 CGRAM.....	43
2.11.4 CGROM	43
2.12. <i>Air handling unit</i> (AHU)	44
2.13. <i>Analog To Digital</i> Converter (ADC)	47
2.14. <i>Digital To Analog</i> Converter (DAC)	49
2.15. <i>Motorized valve</i>	52
2.15.1 <i>Valve</i> Kupu-Kupu.....	52
2.15.2 <i>Valve</i> Gerbang.....	53
2.15.3 <i>Valve</i> Bola	53
2.15.4 <i>Valve Globe</i>	53
2.15.5 Hal-hal Penting Dalam Pemilihan <i>Valve</i>	53
2.15.6 Pompa Air.....	53
2.16. Sensor Tekanan Air (<i>Water Pressure Transmitter</i>).....	54
BAB III PERANCANGAN SISTEM	56
3.1. Diagram Blok Sistem	56
3.2. Prinsip Kerja Sistem	58
3.3. Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	59
3.3.1. Perancangan Mekanik	59
3.3.2. Perancangan Rangkaian Elektronika	61
3.3.2.1. Rangkaian Catu Daya 5V dan 12V.....	61
3.3.2.2. Rangkaian Sensor Suhu.....	62
3.3.2.3. <i>Keypad</i>	64
3.3.2.4. Rangkaian LCD 4x20 Karakter	66
3.3.2.5. Rangkaian <i>Digital To Analog</i> Converter (DAC)	67
3.3.2.6. Rangkaian Mikrokontroler AVR-ATmega32	68
3.3.2.7. <i>Motorized valve</i> TAC-EM42	70
3.3.2.8. Sensor Tekanan Air.....	71
3.4. Perancangan Perangkat Lunak (Software)	75
3.4.1. Algoritma Program	75
3.4.2. Diagram Alir (<i>flowchart</i>) Kerja Sistem	76
3.5. Pengendali Logika <i>Fuzzy</i> (<i>Fuzzy logic controller</i>)	77
3.5.1. <i>Fuzzyfikasi</i> dan Fungsi Keanggotaan FLC-1	77
3.5.2. <i>Fuzzyfikasi</i> dan Fungsi Keanggotaan FLC-2	81
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM	85
4.1. Pengujian catu Daya 12V dan 5V.....	85
4.2. Pengujian <i>Liquid crystal display</i> (LCD).....	87
4.3. Pengujian <i>Keypad</i>	89
4.4. Pengujian Rangkaian <i>Digital To Analog</i> Converter (DAC) R/2R	93
4.5. Pengujian Rangkaian Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	96
4.6. Pengujian Sensor Tekanan Air (<i>Water Pressure Transmitter</i>)	101
4.7. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	103

4.7.1. Pengujian Sistem Tanpa Gangguan (Disturbance)	105
4.7.2. Pengujian Sistem Dengan Gangguan (Disturbance)	108
BAB V KESIMPULAN	113
DAFTAR PUSTAKA	114
DAFTAR REFERENSI	115
LAMPIRAN	116



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Masukan-Keluaran.....	3
Gambar 2.2 Sistem kendali <i>loop</i> terbuka (<i>open loop</i>)	3
Gambar 2.3 Sistem kendali <i>loop</i> tertutup (<i>closed loop</i>)	3
Gambar 2.4 Diagram Blok Sistem Kendali <i>Digital</i>	4
Gambar 2.5 Respon Transien Sistem	5
Gambar 2.6 Contoh Pemetaan <i>Input-Output</i>	6
Gambar 2.7 Representasi Linear Naik.....	7
Gambar 2.8 Representasi Linear Turun	8
Gambar 2.9 Kurva Segitiga	8
Gambar 2.10 Kurva Trapesium.....	9
Gambar 2.11 Daerah Bahu.....	9
Gambar 2.12 <i>Fuzzyfikasi</i>	10
Gambar 2.13 Pemetaan Masukan <i>Crisp</i> ke dalam Fungsi dan Derajat Keanggotaan	11
Gambar 2.14 Fungsi Implikasi MIN	12
Gambar 2.15 Fungsi Implikasi Dot	12
Gambar 2.16 Komposisi Aturan <i>Fuzzy</i> metode MAX	13
Gambar 2.17 Tahapan Logika <i>Fuzzy</i>	13
Gambar 2.18 Proses <i>Defuzzyfikasi</i>	14
Gambar 2.19 Contoh <i>Output Fuzzy</i>	14
Gambar 2.20 Diagram Blok Sistem Kendali Dengan Logika <i>Fuzzy</i>	15
Gambar 2.21 Bentuk Fisik IC LM35	16
Gambar 2.22 Blok Diagram Fungsional Atmega32.....	19
Gambar 2.23 Konfigurasi <i>Pin</i> Atmega32	20
Gambar 2.24 Register ADMUX.....	22
Gambar 2.25 Register ADCSRA.....	23
Gambar 2.26 Register ADCH:ADCL	24
Gambar 2.27 Register SFIOR	25
Gambar 2.28 Register TCCR1A.....	25
Gambar 2.29 Register TCCR1B.....	26
Gambar 2.30 Diagram blok dari sebuah catu daya d.c	26
Gambar 2.31 Diagram blok dari sebuah catu daya d.c	27
Gambar 2.32 Rectifier setengah gelombang sederhana	28
Gambar 2.33 Rectifier setengah gelombang sederhana	28
Gambar 2.34 Rectifier dua-fase	30
Gambar 2.35 Dioda Rectifier	30
Gambar 2.36 Rectifier jembatan gelombang penuh.....	31
Gambar 2.37 Rectifier setengah gelombang dengan kapasitor <i>reservoir</i>	31
Gambar 2.38 Pengatur Tegangan Shunt Dioda Zener.....	32
Gambar 2.39 Susunan diode PN dan NP pada transistor.....	33
Gambar 2.40 Simbol transistor	34
Gambar 2.41 Rangkaian Transistor untuk Kurva Tegangan-Arus	35
Gambar 2.42 Transistor dalam kondisi jenuh	36
Gambar 2.43 Transistor dalam kondisi cut-off	37
Gambar 2.44 Rangkaian Dasar <i>Regulator</i> Tegangan LM78XX	37
Gambar 2.45 Rangkaian Dasar Penguat <i>Inverting</i>	38
Gambar 2.46 Rangkaian Dasar Penguat <i>Non inverting</i>	39
Gambar 2.47 Konfigurasi <i>Pin</i> ICLM358	39
Gambar 2.48 Susunan Dioda Sambungan P-N.....	40
Gambar 2.49 Simbol-Simbol Kapasitor.....	41

Gambar 2.50	Struktur <i>Pin</i> LCD Matriks 4x20	42
Gambar 2.51	Bagian-Bagian AC Sentral.....	45
Gambar 2.52	Bagian-Bagian AHU	45
Gambar 2.53	<i>Evaporator</i>	46
Gambar 2.54	Kipas Penyalur Udara.....	46
Gambar 2.55	Blok Diagram <i>Analog to Digital</i> Converter	47
Gambar 2.56	Pencuplikan Data <i>Analog</i>	47
Gambar 2.57	Pengkuantisasian data	48
Gambar 2.58	Pengkodean data	48
Gambar 2.59	Diagram Blok ADC	49
Gambar 2.60	Gambar diagram umum DAC	50
Gambar 2.61	Rangkaian Dasar DAC R/2R <i>Ladder</i>	51
Gambar 2.62	Rangkaian Ekuivalen R/2R <i>Ladder</i>	51
Gambar 2.63	Jenis-jenis <i>Valve</i> yang dapat dimodifikasi menjadi <i>Motorized valve</i>	52
Gambar 2.64	Prinsip Kerja Pompa Air Submersible	54
Gambar 2.65	Prinsip Kerja Sensor Tekanan Air.....	54
Gambar 2.66	Konstruksi <i>Variable Differential Transformer</i> (LVDT)	55
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem Kontrol <i>Motorized valve Air handling unit</i> dengan <i>Fuzzy logic controller</i>	56
Gambar 3.2	Sistem Kontrol <i>Motorized valve Air handling unit</i> dengan <i>Fuzzy Logic Controller</i>	57
Gambar 3.3	Rancangan Kotak Rangkaian Kendali	60
Gambar 3.4	Rancangan Miniatur <i>Air handling unit</i> (AHU).....	60
Gambar 3.5	Rangkaian Catu Daya 5V dan 12V	61
Gambar 3.6	Catu Daya 5V dan 12V.....	62
Gambar 3.7	Rangkaian Sensor Suhu Dengan Penguat Operasional LM358.....	63
Gambar 3.8	Rangkaian Sensor Suhu Dengan Penguat Operasional LM358.....	64
Gambar 3.9	Tampilan <i>Keypad</i> 3x4	64
Gambar 3.10	Skematik Rangkaian <i>Keypad</i>	65
Gambar 3.11	Rangkaian LCD 4x20 Karakter.....	66
Gambar 3.10	Rangkaian Driver Relay Kipas	51
Gambar 3.13	Tampilan Rangkaian DAC R/2R	67
Gambar 3.14	Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler AVR-ATmega32 dan Pemanfaatan <i>Port</i> ..	69
Gambar 3.15	Minimum Sistem AVR-Atmega32	70
Gambar 3.16	Konfigurasi Koneksi <i>Port Motorized valve</i> TAC-EM42	70
Gambar 3.17	<i>Motorized valve</i> TAC-EM42	71
Gambar 3.18	Karakteristik Tegangan <i>Analog Output</i> Terhadap Pembacaan Tekanan ..	71
Gambar 3.19	Nilai Persentase Buka <i>Motorized valve</i> Terhadap Tekanan	71
Gambar 3.20	Diagram Sensor Tekanan Air PSAN-LV01C(P)V NPN <i>Open collector</i>	72
Gambar 3.21	Sensor Tekanan Air PSAN-LV01C(P)V	73
Gambar 3.22	Satuan Pembacaan Tekanan Sensor PSAN-LV01C(P)V	73
Gambar 3.23	Fitur Response Time Sensor PSAN-LV01C(P)V	74
Gambar 3.24	Karakteristik <i>Analog Output</i> terhadap Pembacaan Tekanan Maksimum..	74
Gambar 3.25	Karakteristik <i>Analog Output</i> terhadap Pembacaan Tekanan Maksimum..	75
Gambar 3.26	(a) Diagram Alir Keseluruhan Sistem ..	76
Gambar 3.26	(b) Diagram Alir Sub Program <i>Fuzzy logic controller</i> ..	77
Gambar 3.27	Representasi <i>Fuzzyfikasi Error</i> ..	78
Gambar 3.28	Representasi <i>Fuzzyfikasi Delta error</i> ..	79
Gambar 3.29	Representasi <i>Output</i> ..	79
Gambar 3.30	Percobaan Nilai Kebenaran FLC ..	81

Gambar 3.31 Representasi <i>Fuzzyfikasi Error FLC-2</i> ..	82
Gambar 3.32 Representasi <i>Fuzzyfikasi Delta error FLC-2</i> ..	82
Gambar 3.33 Representasi <i>Output FLC-2</i> ..	83
Gambar 4.1 Rangkaian pengujian catu daya 5 V.....	85
Gambar 4.2 Pengujian <i>Output</i> 5V Rangkaian Catu Daya	86
Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian <i>Output</i> Catu Daya 12 V	86
Gambar 4.4 Pengujian <i>Output</i> 12V Catu Daya	87
Gambar 4.5 Menampilkan Teks Pada Pengujian LCD	89
Gambar 4.6 Pengujian <i>Keypad</i>	92
Gambar 4.7 Rangkaian Pengujian <i>Digital To Analog Converter R/2R</i>	93
Gambar 4.8 Pengujian <i>Digital To Analog Converter R/2R</i>	94
Gambar 4.9 Grafik <i>Output DAC R/2R</i>	96
Gambar 4.10 Pengkondisian Sensor Suhu LM35 dan Sensor Suhu Alat Ukur	96
Gambar 4.11 Rangkaian Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35	97
Gambar 4.12 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35	97
Gambar 4.13 Kalibrasi DC Voltmeter	98
Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35	100
Gambar 4.15 Pengujian Sensor Tekanan Air PSAN-LV01C(P)V	101
Gambar 4.16 Karakteristik <i>Analog Output</i> Sensor Tekanan PSAN-LV01C(P)V	102
Gambar 4.17 Nilai Persentase Buka <i>Motorized valve</i> Terhadap Tekanan terbaca ...	103
Gambar 4.18 Diagram Blok Sistem Kontrol <i>Motorized valve</i> AHU dengan <i>Fuzzy logic controller</i>	104
Gambar 4.19 Tampilan Pertama pada LCD Saat Sistem Diaktifkan	104
Gambar 4.20 Memasukkan Nilai <i>Setpoint</i>	105
Gambar 4.21 Proses Pengendalian Sedang Berlangsung	105
Gambar 4.22 Grafik Respon Sistem tanpa Gangguan dengan <i>Setpoint</i> 16°C	106
Gambar 4.23 Grafik Respon Sistem tanpa Gangguan dengan <i>Setpoint</i> 22°C	108
Gambar 4.24 Grafik Respon Hasil Pengujian Dengan Gangguan Untuk <i>Setpoint</i> 22°C	109
Gambar 4.25 Grafik Respon Buka <i>Motorized valve</i> Saat Sistem diberi Gangguan ...	110
Gambar 4.26 Tampilan <i>Output FLC</i> dan Kondisi Aktual Buka <i>Motorized valve</i>	111
Gambar 4.27 Grafik Hasil Pengujian Dengan Gangguan Pada <i>Motorized valve</i>	112
Gambar 4.28 Grafik Buka <i>Motorized valve</i> Dengan Adanya Gangguan	112

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konfigurasi dan Fungsi <i>Pin-Pin</i> Atmega32.....	20
Tabel 2.2 Konfigurasi dan Fungsi <i>Pin-Pin</i> Atmega32 (Lanjutan).....	21
Tabel 2.3 Fungsi Alternatif <i>Port A</i>	21
Tabel 2.4 Fungsi Alternatif <i>Port B</i>	21
Tabel 2.5 Fungsi Alternatif <i>Port C</i>	22
Tabel 2.6 Fungsi Alternatif <i>Port D</i>	22
Tabel 2.7 Pemilihan Mode Tegangan Referensi ADC	23
Tabel 2.8 Pilihan Saluran Masukan.....	23
Tabel 2.9 Pilihan Nilai Prescaler	24
Tabel 2.10 Pilihan Sumber <i>Trigger</i>	25
Tabel 2.12 Karakteristik <i>Regulator</i> Tegangan 78XX.....	38
Tabel 2.13 <i>Pin</i> LCD dan Fungsinya.....	42
Tabel 2.14 Pola Karakter CGROM.....	44
Tabel 2.15 Konversi <i>Digital</i> Ke <i>Analog</i> Rangkaian R/2R <i>Ladder</i>	52
Tabel 3.1 Konfigurasi <i>Keypad 3x4</i>	65
Tabel 3.2 Data <i>Keypad</i>	66
Tabel 3.4 Pemanfaatan <i>Port</i>	69
Tabel 3.5 Pemetaan <i>Fuzzyfikasi Error</i>	78
Tabel 3.6 Pemetaan <i>Fuzzyfikasi Delta error</i>	78
Tabel 3.7 Pemetaan <i>Fuzzyfikasi Output</i>	79
Tabel 3.8 <i>Fuzzy associative memory</i>	80
Tabel 3.9 Pemetaan <i>Fuzzyfikasi Error</i> FLC-2.....	81
Tabel 3.10 Pemetaan <i>Fuzzyfikasi Delta error</i> FLC-2.....	82
Tabel 3.11 <i>Fuzzyfikasi Output</i> FLC-2	83
Tabel 3.12 <i>Fuzzy associative memory</i> FLC-2	83
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya	87
Tabel 4.2 Hasil Scanning <i>Keypad 3x4</i>	92
Tabel 4.3 Hasil Scanning <i>Keypad 3x4</i> (Lanjutan)	93
Tabel 4.4 Data Pengujian <i>Digital To Analog</i> Converter R/2R.....	94
Tabel 4.5 Data Pengujian <i>Digital To Analog</i> Converter R/2R (Lanjutan).....	95
Tabel 4.6 Data Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35 Dengan Op-amp	99
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Sensor Tekanan Air PSAN-LV01C(P)V	101
Tabel 4.8 Penerapan Pembacaan Tekanan Aktual Sebagai Buka-tutup <i>Valve</i> Aktual.....	102
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sistem Tanpa Gangguan Dengan <i>Setpoint</i> 16°C.....	106
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Pada <i>Setpoint</i> 22°C.....	107
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Dengan Gangguan Untuk <i>Setpoint</i> 22°C	108
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Dengan Gangguan Untuk <i>Setpoint</i> 22°C (Lanjutan)	109
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Dengan Gangguan Pada <i>Motorized valve</i>	111

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bishop, Owen, *Dasar-dasar Elektronika*, alih bahasa Irzam Harmein, Erlangga, Jakarta, 2004.
- [2] Syahrul, *Mikrokontroler AVR Atmega8535*, Informatika, Bandung, 2012.
- [3] Ogata, Katsuhiko, *Discrete-Time Control System*, Prentice-Hall, New Jersey, 1995.
- [4] Tooley, Michael, *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*, alih bahasa Irzam Harmein, Erlangga, Jakarta, 2003.
- [5] Kusumadewi S, Purnomo H. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
- [6] Veeraraghavan, Sriranga. *A Fuzzy Logic Water Temperature and Flow Controller*. Diakses tanggal 25 November 2014, Dalam <http://csua.berkeley.edu/~ranga/school/cs294/index.html>.
- [7] E. Seem, John Ph.D. Park, Cheol Ph.D. John M. House Ph.D. *A New Sequencing Control Strategy For Air-Handling Unit*. Diakses tanggal 25 Oktober 2014, Dalam <http://qisceu.net/PDF/U758.pdf>.