

**PEMBUATAN ALAT UJI OPERASI MOTOR SERVO *HEATING*
VENTILATING and AIR CONDITIONER (HVAC) MODEL 4L45W
di PT DENSO INDONESIA**



**CATUR ANDIRIYANTO
NIM : 41416320013**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELETRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2018**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PEMBUATAN ALAT UJI OPERASI MOTOR SERVO *HEATING*
VENTILATING and AIR CONDITIONER (HVAC) MODEL 4L45W
di PT DENSO INDONESIA**



Nama : Catur Andiriyanto

NIM : 41416320013

Program studi : Teknik Elektro

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2018

ABSTRAK

Heating ventilating and air conditioning (HVAC) merupakan salah satu komponen kendaraan roda empat yang diproduksi oleh PT Denso Indonesia. Fungsi komponen tersebut adalah mengkondisikan suhu dan kelembaban udara yang ada dalam kabin kendaraan. Pada tahap pengembangan produk HVAC model 4L45W, departemen *quality assurance* PT Denso Indonesia melakukan uji kinerja dan daya tahan dari produk tersebut. Salah satunya adalah pengujian operasi *damper(door)* yang digerakkan oleh motor servo sebanyak 30.000 kali siklus. Hasil pengujian produk oleh Denso Jepang menyatakan bahwa HVAC model 4L45W tersebut ditemukan *No Good (NG)*. Sehingga PT Denso Indonesia diharuskan melakukan perbaikan dan pengujian kembali yang membuat biaya pengujian menjadi tinggi dikarenakan PT Denso Indonesia tidak memiliki alat untuk melakukan pengujian tersebut. Pada Tugas Akhir ini, penulis membuat sebuah alat untuk menguji operasi motor servo yang menggerakkan *damper(door)* pada HVAC model menggunakan arduino mega 256 dan logika fuzzy metode mamdani untuk memperoleh tingkat akurasi dan presisi tinggi. Tingkat akurasi dan presisi tinggi dari posisi poros motor servo yang menggerakkan *damper(door)* menentukan akurasi dan presisi dari arah aliran angin dari HVAC ke kabin kendaraan. Dari hasil pengujian pembacaan tegangan oleh alat didapatkan bahwa, error mutlak (*E*) pembacaan pin analog *mode door* adalah sebesar +0,001 volt. Sedangkan, error mutlak (*E*) pembacaan pin analog *air mix door* adalah sebesar +0,001 volt. Dari hasil pengujian memposisikan poros motor servo *mode door* didapatkan nilai *process capability index (cp)* sebesar 1,44 dan *process capability index cumulative (cpk)* sebesar 1,34. Sedangkan dalam memposisikan motor servo *air mix door* didapatkan nilai *process capability index (cp)* sebesar 1,49 dan *process capability index cumulative (cpk)* sebesar 1,34. Sehingga alat yang dibuat termasuk dalam kategori akurat dan presisi karena melebihi nilai minimal yaitu sebesar 1,33.

Kata kunci : Tingkat akurasi dan kepresisian posisi poros motor servo *mode door* dan *air mix door* HVAC model 4L45W.

MERCU BUANA

ABSTRACT

Heating ventilating and air conditioner (HVAC) is one of the four-wheel vehicle components manufactured by PT Denso Indonesia. Main function of these component is to condition the temperature and humidity of the air in the vehicle cabin. At the developmnet stage of 4L45W HVAC, PT Denso Indonesia Quality Assurance Department is testing the performance and durability of the product. One of them is testing the damper(door) operation which driven by servo motor for 30.000 cycles. The result of product testing by Denso Japan stated that the 4L45W HVAC was found no good (NG). So that PT Denso Indonesia is required to do improvement and re-testing which makes testing cost high because PT Denso Indonesia doesn't have the device to carry out the testing. In this final project, the author makes a device to test servo motor operation that drives the damper(door) of the HVAC using Arduino mega 256 and fuzzy logic mamdani to obtain a high level of accuracy and precision. High level of accuracy and precision of servo motor shaft position that drives damper(door) determines the accuracy and precision of the direction of wind flow from HVAC to the vehicle cabin. The results of voltage reading of the device is found that the absolute error (E) of the mode door analog pin is +0,001 volt. Meanwhile, the absolute error (E) of the air mix door analog pin is +0,001 volt. From the test result of mode door servo motor shaft positioning obtained the process capability index (cp) is 1,44 and the process capability index cumulative (cpk) is 1,34. Meanwhile, the test result of air mix door servo motor shaft positioning obtained the process capability index (cp) is 1,49 and the process capability index cumulative (cpk) is 1,34. So that the devices made are included in the category of accurate and precision because it exceed the minimum value of 1,33.

Keyword : Accuracy and precision of mode door and air mix door servo motor shaft position of HVAC 4L45W.

U N I V E R S I T A S
M E R C U B U A N A

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Catur Andiriyanto

N.I.M : 41416320013

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Uji Operasi Motor Servo *Heating Ventilating and Air Conditioner (HVAC)* Model 4L45W di PT Denso Indonesia

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, Agustus 2018

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Catur Andiriyanto

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBUATAN ALAT UJI OPERASI MOTOR SERVO *HEATING*
VENTILATING and AIR CONDITIONER (HVAC) MODEL 4L45W
di PT DENSO INDONESIA**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun oleh :

Nama : Catur Andiriyanto

NIM : 41416320013

Fakultas : Teknik Elektro

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



(Oki Teguh Karya, S.Pd, MT)

Koordinator Tugas Akhir



(Hendri, ST, MT)

PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Pembuatan Alat Uji Operasi Motor Servo *Heating Ventilating and Air Conditioner (HVAC)* Model 4L45W di PT Denso Indonesia**”. Tugas Akhir ini diajukan guna melengkapi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah berkontribusi dan memberi saran untuk lancarnya penyusunan Tugas Akhir. Atas do’a dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Arisetyanto Nugroho, MM. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Setiyo Budiyo, ST, MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Hendri, S.T, M.T. selaku Sekprodi Teknik Elektro dan Koordinator Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Kampus D.
5. Bapak Oki Teguh Karya, S.Pd, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah mengarahkan, mengoreksi dan memberi dukungan moral sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Dosen pengajar Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana kampus D.
7. Teman-teman dari kelas Karyawan Universitas Mercu Buana Kampus D program studi Teknik Elektro Angkatan 2016/2017 yang selalu kompak dari awal perkuliahan sampai saat ini.
8. Kedua Orangtua, Bapak Supardi dan Ibu Murtinah atas do’a dan restunya selama kuliah di Universitas Mercu Buana.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunannya, oleh karena itu penulis

dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, bagi rekan-rekan mahasiswa Mercu Buana, rekan mahasiswa universitas lainnya, semua pembaca dan bagi penulis khususnya.

Jakarta, Agustus 2018

Catur Andriyanto



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	2
1.4. BATASAN MASALAH	2
1.5. METODE PENELITIAN	2
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. LANDASAN TEORI	4
2.1.1. <i>Air conditioner (AC)</i>	4
2.1.2. <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	22
2.1.3. Mikrokontroller Arduino	26
2.1.4. Motor Servo	27
2.1.5. Sensor Potensiometer	27
2.1.6. <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	28
2.1.7. Logika Fuzzy (<i>Fuzzy Logic</i>)	30
2.1.8. Sistem Pengukuran	33
2.2. PENELITIAN TERDAHULU	36
 BAB III METODOLOGI PELAKSANAAN	
3.1. SISTEMATIKA PELAKSANAAN	42
3.1.1. Studi Literatur	43

3.1.2.	Studi Lapangan	43
3.1.3.	Menentukan Item Evaluasi Kinerja Alat	43
3.1.4.	Percobaan dan Analisa pada Produk HVAC	44
3.1.5.	Perancangan Alat	44
3.1.6.	Pembuatan Alat	44
3.1.7.	Evaluasi Kinerja Alat Uji	44
3.1.8.	Membuat Kesimpulan dan Saran	44
3.2.	HASIL STUDI LAPANGAN	45
3.2.1.	Motor Blower dengan Fan Blower	46
3.2.2.	Motor Servo <i>Mode Door</i>	47
3.2.3.	Motor Servo <i>Air Mix Door</i>	50
3.2.4.	Motor Servo <i>FR Door</i>	52
3.3.	ITEM EVALUASI KINERJA ALAT UJI	54
3.4.	HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA PADA PRODUK HVAC	55
3.4.1.	Percobaan dan Analisa Kerja Motor Blower dengan <i>Fan Blower</i>	56
3.4.2.	Percobaan dan Analisa Operasi Motor Servo <i>Mode Door</i>	59
3.4.3.	Percobaan dan Analisa Operasi Motor Servo <i>Air Mix Door</i>	60
3.4.4.	Percobaan dan Analisa Operasi Motor Servo <i>FR Door</i>	62
3.5.	PERANCANGAN ALAT UJI	64
3.5.1.	Perancangan Perangkat Keras	64
3.5.2.	Perancangan Elektrik	69
3.5.3.	Perancangan Perhitungan Logika Fuzzy	74
3.5.4.	Perancangan Program	74
3.6.	PEMBUATAN ALAT UJI	79
3.6.1.	Proses Perakitan Perangkat Alat Uji	79
3.6.2.	Proses Pembuatan Logika Fuzzy	80
3.6.3.	Proses Pemrograman Alat Uji	85
 BAB IV HASIL YANG DICAPAI		
4.1.	SISTEMATIKA EVALUASI KINERJA	88
4.2.	ALAT yang DIGUNAKAN	88
4.2.1.	Multimeter	88
4.2.2.	Catu Daya	89
4.3.	EVALUASI PEMBACAAN TEGANGAN ALAT UJI	89
4.3.1.	<i>Mode Door</i>	90
4.3.2.	<i>Air Mix Door</i>	93
4.4.	EVALUASI KINERJA ALAT UJI	95
4.4.1.	<i>Mode Door</i>	96
4.4.2.	<i>Air Mix Door</i>	101
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	KESIMPULAN	105
5.2.	SARAN	106

DAFTAR PUSTAKA

107

LAMPIRAN A

109



U N I V E R S I T A S
M E R C U B U A N A

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Sistem kerja <i>air controlling door air conditoner</i> mobil	14
Tabel 2. 2 Tingkat akurasi dan presisi berdasarkan nilai <i>C_p</i> dan <i>C_{pk}</i>	36
Tabel 2. 3 Rangkuman penelitian terdahulu	40
Tabel 2. 4 Lanjutan rangkuman penelitian terdahulu	41
Tabel 3. 1 Spesifikasi elektrik motor <i>blower</i> dengan <i>fan blower</i> model 4L45W LHD	46
Tabel 3. 2 Spesifikasi elektrik motor servo <i>mode door</i> HVAC model 4L45W LHD	47
Tabel 3. 3 Keterangan terminal konektor motor servo <i>mode door</i> HVAC model 4L45W LHD	48
Tabel 3. 4 Hubungan kondisi posisi <i>mode door</i> dengan nilai tegangan keluaran sensor potensiometer motor servo <i>mode door</i>	49
Tabel 3. 5 Spesifikasi elektrik motor servo <i>air mix door</i> HVAC model 4L45W LHD	50
Tabel 3. 6 Keterangan terminal konektor motor servo <i>air mix door</i> HVAC model 4L45W LHD	51
Tabel 3. 7 Hubungan kondisi posisi dengan nilai tegangan keluaran sensor potensiometer motor servo <i>air mix door</i>	51
Tabel 3. 8 Spesifikasi elektrik motor servo <i>FR door</i> HVAC model 4L45W LHD	53
Tabel 3. 9 Keterangan terminal konektor motor servo <i>FR door</i> HVAC model 4L45W LHD	53
Tabel 3. 10 Hubungan kondisi posisi dengan koneksi terminal motor servo <i>air mix door</i> ke sumber tegangan	54
Tabel 3. 11 Item evaluasi kinerja alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W LHD	55
Tabel 3. 12 Spesifikasi LCD <i>touchscreen</i>	66
Tabel 3. 13 Spesifikasi mikrokontroler arduino mega 256	67
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>driver motor</i> untuk ketiga motor servo	68
Tabel 3. 15 Spesifikasi catu daya 1	70
Tabel 3. 16 Spesifikasi catu daya 2	71
Tabel 3. 17 Pengalamatan masukan dan keluaran pada pin arduino	73

Tabel 4. 1	Hasil analisa perbandingan pembacaan nilai tegangan oleh pin analog <i>mode door</i> dengan multimeter acuan	92
Tabel 4. 2	Hasil analisa perbandingan pembacaan nilai tegangan oleh pin analog <i>air mix door</i> dengan multimeter acuan	95
Tabel 4.3	Posisi tujuan motor servo beserta nilai tegangan keluaran sensor potensiometer <i>mode door</i>	96
Tabel 4. 4	Hasil analisa pengujian posisi motor servo <i>mode door</i>	100
Tabel 4. 5	Posisi tujuan motor servo beserta nilai tegangan keluaran sensor potensiometer <i>air mix door</i>	101
Tabel 4. 6	Hasil analisa posisi motor servo <i>air mix door</i>	103



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Prinsip kerja <i>heater</i> dengan air panas	5
Gambar 2. 2 Pengaturan suhu udara keluaran <i>air conditioner</i>	5
Gambar 2. 3 Kurva jenuh <i>refrigerant</i> HFC134a	7
Gambar 2. 4 Kurva jenuh <i>refrigerant</i> HFC134a	7
Gambar 2. 5 Pengkabutan dan penguapan HFC134a cair	8
Gambar 2. 6 Cara mengembunkan HFC134a	8
Gambar 2. 7 Pengembunan gas HFC134a	9
Gambar 2. 8 Sirkulasi <i>refrigerant</i> pada <i>air conditioner</i> mobil	10
Gambar 2. 9 Sistem <i>air conditioner</i> tipe biasa (<i>boost van</i>)	11
Gambar 2. 10 Sistem <i>air conditioner</i> tipe segala cuaca (HVAC)	12
Gambar 2. 11 <i>Control panel air conditioner</i> mobil	12
Gambar 2. 12 Sistem pengontrolan aliran udara <i>air conditioner</i>	13
Gambar 2. 13 <i>Air controlling door</i> pada <i>air conditioner</i> mobil	13
Gambar 2. 14 Pengaturan door menggunakan tuas (<i>lever</i>) dan kabel	14
Gambar 2. 15 Tombol pengendali pada kontrol panel <i>air conditioner</i>	15
Gambar 2. 16 Pengaturan door menggunakan tombol dan motor servo	15
Gambar 2. 17 Bentuk <i>door</i> (<i>damper</i>) pada <i>air conditioner</i> mobil	15
Gambar 2. 18 Diagram kelistrikan motor <i>blower air conditioner</i> mobil	16
Gambar 2. 19 Heating ventilating and <i>air conditioner</i> (HVAC) model 4L45W	16
Gambar 2. 20 <i>Case blower HVAC</i> model 4L45W untuk kendaraan setir kiri (LHD)	17
Gambar 2. 21 <i>Case blower</i> model 4L45W LHD yang dirakit dengan komponen lainnya	17
Gambar 2. 22 <i>Case heater HVAC</i> model 4L45W untuk kendaraan setir kiri (LHD)	18
Gambar 2. 23 <i>Case heater</i> model 4L45W LHD yang dirakit dengan komponen lainnya	18
Gambar 2. 24 <i>Case blower fresh recycle box HVAC</i> model 4L45W untuk kendaraan setir kiri (LHD)	18
Gambar 2. 25 <i>Case blower fresh recycle box</i> model 4L45W LHD dirakit dengan komponen lainnya	18

Gambar 2. 26 Motor <i>blower</i> dengan <i>fan blower</i> HVAC model 4L45W LHD	19
Gambar 2. 27 Inti elemen pemanas (<i>core heater</i>) HVAC model 4L45W LHD	19
Gambar 2. 28 Evaporator HVAC model 4L45W LHD	19
Gambar 2. 29 <i>FR door</i> dipasang pada <i>case blower fresh recycle box</i> HVAC model 4L45W	20
Gambar 2. 30 Damper (<i>door</i>) mode HVAC model 4L45W	20
Gambar 2. 31 Damper (<i>door</i>) air mix model 4L45W LHD	21
Gambar 2. 32 <i>Mode door</i> dan <i>air mix door</i> dipasang pada <i>case heater</i> HVAC model 4L45W LHD	21
Gambar 2. 33 Motor servo <i>FR box</i> dipasang pada <i>case blower fresh recycle box</i> HVAC model 4L45W	21
Gambar 2. 34 Motor servo <i>mode door</i> dan <i>air mix door</i> dipasang pada <i>case heater</i> HVAC model 4L45W LHD	22
Gambar 2.35 <i>Expansion valve</i> HVAC model 4L45W	22
Gambar 2.36 Sistem <i>Analog to Digital Converter</i> (<i>ADC</i>) dan <i>Digital to Analog Converter</i> (<i>DAC</i>)	24
Gambar 2.37 Sistem pengolahan sinyal digital (<i>Digital Signal Processing / DSP</i>)	24
Gambar 2.38 Proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital	24
Gambar 2.39 Proses sampling sinyal pada waktu T	25
Gambar 2.40 Mikrokontroler Arduino jenis arduino mega 256	26
Gambar 2.41 Motor servo dengan sensor potensiometer	27
Gambar 2.42 Sensor potensiometer putar (<i>Rotary potentiometer</i>)	28
Gambar 2.43 Metode <i>pulse width modulation (PWM)</i> pada pengendalian motor DC	28
Gambar 2.44 Pengendalian kecepatan motor DC menggunakan metode PWM	29
Gambar 2.45 Hubungan antara nilai <i>duty cycle</i> dengan arus motor	30
Gambar 2.46 Fungsi keanggotaan logika fuzzy bentuk trapesium	31
Gambar 2.47 Metode defuzzifikasi pada aturan metode mamdani	32
Gambar 2. 48 Akurasi dan presisi	34
Gambar 3. 1 Diagram alir metodologi penelitian	42
Gambar 3. 2 <i>Unit heating ventilating and air conditioner (HVAC)</i> model 4L45W	45
Gambar 3. 3 Motor <i>blower</i> dengan <i>fan blower</i> HVAC model 4L45W LHD	46

Gambar 3. 4	Skema rangkaian motor <i>blower</i> dengan <i>fan blower</i> HVAC model 4L45W LHD	46
Gambar 3. 5	Motor servo <i>mode door</i> HVAC model 4L45W LHD	47
Gambar 3. 6	Skema rangkaian motor servo <i>mode door</i> HVAC model 4L45W LHD	48
Gambar 3. 7	Motor servo air mix door HVAC model 4L45W LHD	50
Gambar 3. 8	Skema rangkaian motor servo <i>air mix door</i> HVAC model 4L45W LHD	51
Gambar 3. 9	Motor Servo FR door HVAC model 4L45W LHD	52
Gambar 3. 10	Skema rangkaian motor servo <i>FR door</i> HVAC model 4L45W LHD	53
Gambar 3. 11	Rancangan perangkat keras alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W	65
Gambar 3. 12	LCD <i>touchscreen</i> merek Nextion	65
Gambar 3. 13	Mikrokontoler arduino mega 256	66
Gambar 3. 14	<i>Driver motor</i> DC untuk ketiga motor servo	68
Gambar 3. 15	Relay motor <i>blower</i> dengan <i>fan blower</i>	68
Gambar 3. 16	catu daya 1	70
Gambar 3. 17	catu daya 2	70
Gambar 3. 18	<i>Fuse</i> 30A	71
Gambar 3. 19	Modul relay <i>FR door</i>	72
Gambar 3. 20	Diagram elektrik alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W	72
Gambar 3. 21	Lanjutan diagram elektrik alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W	73
Gambar 3. 22	Tampilan awal software arduino	75
Gambar 3. 23	Jendela software arduino untuk membuat program	75
Gambar 3. 24	Tampilan awal software nextion editor	76
Gambar 3. 25	jendela software nextion editor untuk membuat tampilan dan program	76
Gambar 3. 26	Diagram alir proses kerja alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W	77
Gambar 3. 27	Hasil perakitan alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W	79
Gambar 3. 28	Terminal pada alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W	80
Gambar 3. 29	Variabel masukan perpindahan pada software Matlab	81

Gambar 3. 30	Variabel masukan kecepatan sebelumnya pada software Matlab	81
Gambar 3. 31	Variabel keluaran kecepatan pada software Matlab	82
Gambar 3. 32	Aturan inferensi fuzzy metode mamdani pada software Matlab	84
Gambar 3. 33	Sistem inferensi fuzzy alat uji operasi motor servo HVAC model 4L45W pada software Matlab	85
Gambar 3. 34	Bentuk surface inferensi fuzzy alat uji pada software Matlab	85
Gambar 3. 35	Flowchart program memposisikan motor servo	87
Gambar 4. 1	Multimeter fluke seri 289	89
Gambar 4. 2	Catu daya KIKUSUI seri PAS20-36	89



DAFTAR GRAFIK

No. Grafik	Halaman
Grafik 3. 1 Hubungan kondisi posisi dengan nilai tegangan keluaran sensor potensiometer motor servo dan posisi sudut <i>mode door</i>	49
Grafik 3. 2 Hubungan kondisi posisi dengan nilai tegangan keluaran sensor potensiometer motor servo dan posisi sudut <i>air mix door</i>	52
Grafik 3. 3 Data konsumsi arus aktual motor <i>blower</i> dengan variasi posisi <i>mode door</i> HVAC	56
Grafik 3. 4 Data konsumsi arus aktual motor <i>blower</i> dengan variasi posisi <i>air mix door</i> HVAC	57
Grafik 3. 5 Data konsumsi arus aktual motor <i>blower</i> dengan variasi posisi <i>FR door</i> HVAC	58
Grafik 3. 6 Data pengukuran konsumsi arus aktual motor servo <i>mode door</i>	59
Grafik 3. 7 Data konsumsi arus maksimal motor servo <i>mode door</i>	60
Grafik 3. 8 Data pengukuran konsumsi arus aktual motor servo <i>air mix door</i>	61
Grafik 3. 9 Data konsumsi arus maksimal motor servo <i>air mix door</i>	62
Grafik 3. 10 Data pengukuran konsumsi arus aktual motor servo <i>FR door</i>	63
Grafik 3. 11 Data konsumsi arus maksimal <i>FR door</i>	63
Grafik 4. 1 Perbandingan di titik pengukuran 1,000 volt (<i>mode door</i>)	90
Grafik 4. 2 Perbandingan di titik pengukuran 2,000 volt (<i>mode door</i>)	91
Grafik 4. 3 Perbandingan di titik pengukuran 3,000 volt (<i>mode door</i>)	91
Grafik 4. 4 Perbandingan di titik pengukuran 4,000 volt (<i>mode door</i>)	91
Grafik 4. 5 Perbandingan di titik pengukuran 4,750 volt (<i>mode door</i>)	92
Grafik 4. 6 Perbandingan di titik pengukuran 1,000 volt (<i>air mix door</i>)	93
Grafik 4. 7 Perbandingan di titik pengukuran 2,000 volt (<i>air mix door</i>)	93
Grafik 4. 8 Perbandingan di titik pengukuran 3,000 volt (<i>air mix door</i>)	94
Grafik 4. 9 Perbandingan di titik pengukuran 4,000 volt (<i>air mix door</i>)	94
Grafik 4. 10 Perbandingan di titik pengukuran 4,750 volt (<i>air mix door</i>)	94
Grafik 4. 11 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>def</i> (tegangan potensiometer $1,00 \pm 0,03$ volt)	97
Grafik 4. 12 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>foot-def</i> (tegangan potensiometer $2,05 \pm 0,03$ volt)	97

Grafik 4. 13 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>foot</i> (tegangan potensiometer 2,83±0,03 volt)	98
Grafik 4. 14 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>bi-level</i> (tegangan potensiometer 3,75±0,03 volt)	98
Grafik 4. 15 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>face</i> (tegangan potensiometer 4,67±0,03 volt)	99
Grafik 4. 16 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>max hot</i> (tegangan potensiometer 1,00±0,03 volt)	102
Grafik 4. 17 Data pengujian dengan tujuan posisi <i>max cool</i> (tegangan potensiometer 3,67±0,03 volt)	102



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
LAMPIRAN A	GAMBAR PRODUK <i>HEATING VENTILATING AND AIR CONDITIONER (HVAC)</i> MODEL 4L45W <i>LEFT HAND DRIVING (LHD)</i>	109



U N I V E R S I T A S
M E R C U B U A N A