

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU DAN
KELEMBAPAN PADA INKUBATOR BAYI BERBASIS
LOGIKA *FUZZY***



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh:

RIVALDY FAZRI

NIM: 1527422022

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

TAHUN 2026

HALAMAN JUDUL
RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU DAN
KELEMBAPAN PADA INKUBATOR BAYI BERBASIS
LOGIKA *FUZZY*



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh:

RIVALDY FAZRI

NIM: 1527422022

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
TAHUN 2026

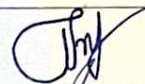
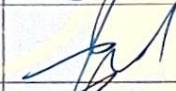
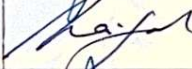
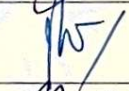
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Rivaldy Fazri
NIM : 1527422022
Program Studi/Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi/Fakultas Teknik
Judul Penelitian : Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada Inkubator Bayi Berbasis Logika Fuzzy

Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan ~~Lulus/Tidak~~ *Lulus**. Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 17 Juli 2026

Tim Penguji,

Ketua Penguji	Taryudi, Ph.D. NIDN. 0006088005	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Syufrijal, S.T., M.T. NIDN. 0027037604	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T. NIDN. 0011068204	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Rafiuddin Syam, Ph.D. NIDN. 0030037203	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Churnia Sari, S.T., M.T. NIDN. 0708129004	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si, Apt.,
M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomasi



Syufrijal, S.T., M.T.
NIDN. 0027037604

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

BENTUK: SKRIPSI

Nama : Rivaldy Fazri
NIM : 1527422022
Program Studi/Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi/Fakultas Teknik
Judul : Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada Inkubator Bayi Berbasis Logika Fuzzy

Ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, 28 Juli 2026

Pembimbing I,



Rafiuddin Syam, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIDN. 0030037203

Pembimbing II,



Churnia Sari, S.T, M.T.
NIDN.0708129004

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama : Rivaldy Fazri
NIM : 1527422022
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Fakultas : Fakultas Teknik
Judul : Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan
pada Inkubator Bayi Berbasis Logika *Fuzzy*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 28 Juli 2026
Yang menyatakan,



Rivaldy Fazri
NIM. 1527422022



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Rivaldy Fazri
NIM : 1527422022
Fakultas/Prodi : Teknik/Teknologi Rekayasa Otomasi
Alamat email : rivaldyfazri0@gmail.com

Untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU DAN
KELEMBAPAN PADA INKUBATOR BAYI BERBASIS LOGIKA
FUZZY**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 28 Juli 2026

Rivaldy Fazri
1527422022

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada Inkubator Bayi Berbasis Logika Fuzzy” ini. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Universitas Negeri Jakarta.

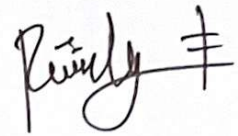
Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Syufrijal, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam penyelenggaraan program studi sehingga proses akademik dapat berjalan dengan lancar.
2. Bapak Rafiuddin Syam, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I, atas kesediaan waktu, bimbingan intensif, saran konstruktif, dan masukan berharga yang mendorong penulis untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan dalam setiap tahap penelitian hingga penulisan hingga tercapainya kualitas skripsi yang lebih baik.
3. Ibu Churnia Sari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan akademik, arahan, dan dukungan moral yang telah memperkaya perspektif penulis, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan komprehensif dan sistematis.
4. Orang tua tercinta Ayah dan Mama, atas kasih sayang, doa, dan motivasi tiada henti. Tanpa dukungan finansial, semangat, dan kepercayaan sepenuhnya yang diberikan, penulis tidak akan mampu menuntaskan studi ini.
5. Rekan-rekan seangkatan di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, yang telah bersama-sama berjuang, berdiskusi, dan berbagi ilmu sehingga suasana belajar menjadi lebih menyenangkan dan produktif.

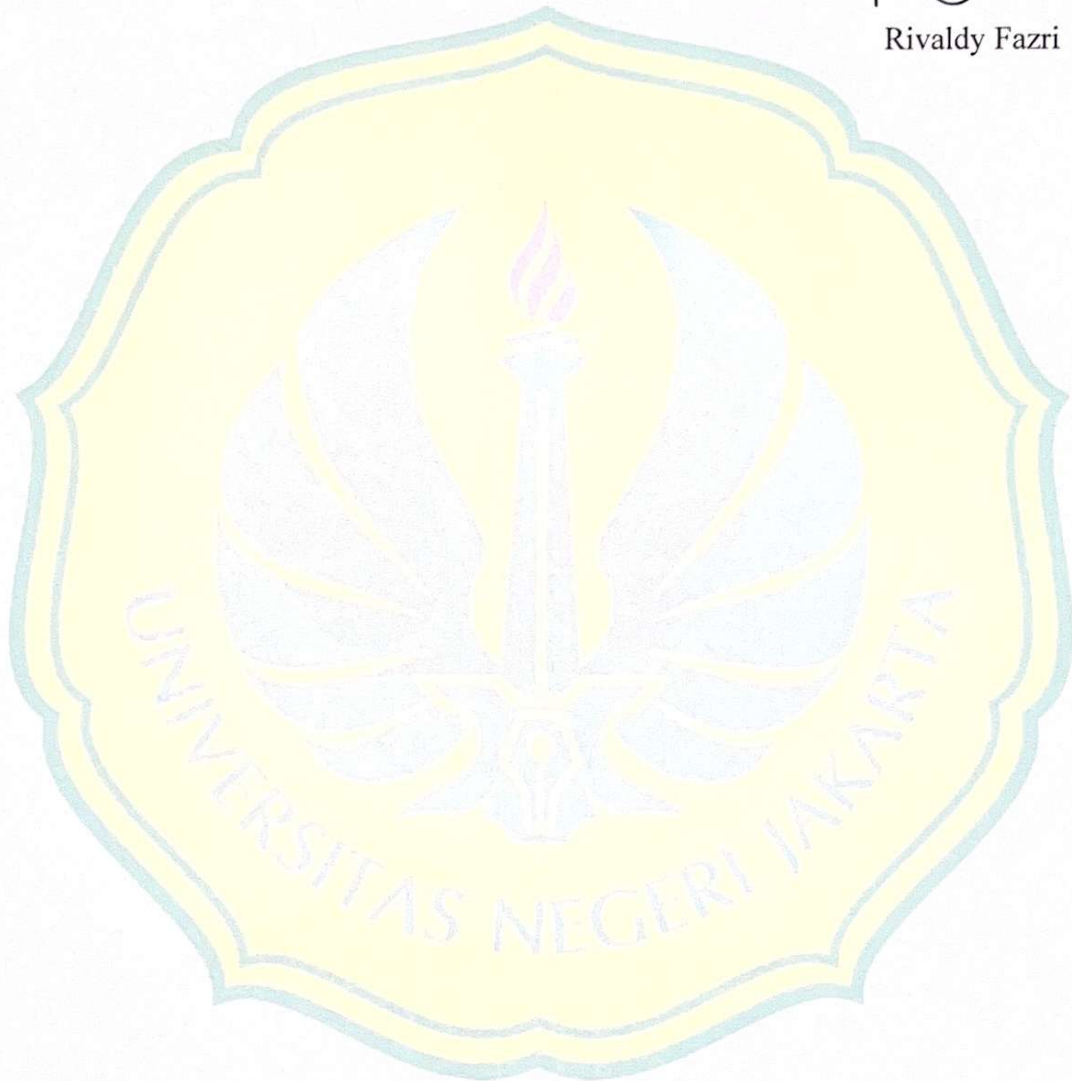
Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi

pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknologi rehabilitasi medis, serta menjadi salah satu referensi bagi penelitian selanjutnya.

Jakarta, 28 Juli 2026



Rivaldy Fazri



ABSTRAK

Bayi prematur memerlukan lingkungan dengan suhu 33–35°C dan kelembapan 60–80% RH yang stabil, namun inkubator manual umumnya memiliki akurasi rendah (± 2 –5°C) dan kurang adaptif terhadap perubahan lingkungan. Penelitian ini merancang sistem kendali suhu dan kelembapan inkubator bayi berbasis Logika Fuzzy yang terintegrasi IoT, menggunakan ESP32, sensor DHT22, serta aktuator PTC heater, modul Peltier, dan ultrasonic humidifier. Dua model ANFIS Sugeno orde-1 dirancang untuk kendali pemanasan dan pendinginan, masing-masing dengan 2 input, 3 fungsi keanggotaan Gaussian, dan 9 aturan fuzzy hasil pelatihan hybrid learning. Sistem dilengkapi mode manual serta dashboard web berbasis Firebase untuk monitoring real-time. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor DHT22 dengan *error* rata-rata 2,39%, serta model termal inkubator berorde satu dengan dead time 80 detik dan konstanta waktu 473,4 detik. Pada pengujian setpoint 33–35°C, mode ANFIS lebih responsif mencapai target suhu dibanding mode manual yang cenderung stabil di bawah setpoint, meskipun menghasilkan osilasi suhu dan kelembapan yang lebih besar. Sistem juga mampu memulihkan suhu setelah diberikan gangguan eksternal. Hasil ini menunjukkan ANFIS meningkatkan responsivitas kendali dibanding kontrol manual, namun masih memerlukan penyempurnaan data latih dan strategi aktuasi untuk menekan osilasi.

Kata Kunci: ANFIS, inkubator bayi, ESP32, DHT22, logika *fuzzy*, IoT

ABSTRACT

Premature infants require a stable environment of 33–35°C and 60–80% RH, yet manual incubators typically offer low accuracy (± 2 –5°C) and poor adaptability. This study designs a Fuzzy Logic-based, IoT-integrated temperature and humidity control system for baby incubators using an ESP32, DHT22 sensor, and PTC heater, Peltier module, and ultrasonic humidifier actuators. Two first-order Sugeno ANFIS models were built for heating and cooling control, each with 2 inputs, 3 Gaussian membership functions, and 9 fuzzy rules trained via hybrid learning. The system includes a manual mode and a Firebase-based web dashboard for real-time monitoring. Testing showed a DHT22 average reading error of 2.39% and a first-order thermal model with an 80-second dead time and a 473.4-second time constant. At setpoints of 33–35°C, ANFIS mode reached target temperatures more responsively than manual mode, which stabilized below setpoint, though with larger temperature and humidity oscillations. The system also recovered temperature after external disturbances. These results indicate ANFIS improves control responsiveness over manual control, though further refinement of training data and actuation strategy is needed to reduce oscillation.

Keywords: ANFIS, baby incubator, ESP32, DHT22, fuzzy logic, IoT

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Kerangka Teoritik.....	6
2.1.1 Rancang Bangun	6
2.1.2 Suhu dan Kelembapan.....	6
2.1.3 Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan	7
2.1.4 Variabel Keadaan	7
2.1.5 Dinamika Termal.....	8
2.1.6 Dinamika Kelembapan.....	8
2.1.7 Model Ruang Keadaan Lengkap	9
2.1.8 Sistem Monitoring.....	10
2.1.9 Inkubator Bayi.....	10
2.1.10 Bayi Prematur.....	10

3.3 Rancangan Sistem Penelitian	41
3.3.1 Diagram Alir Sistem.....	42
3.3.2 Diagram Blok Penelitian	45
3.3.3 Diagram Blok Fuzzy	46
3.4 Gambar Pelaksanaan Project.....	47
3.4.1 Gambar Electrical Wiring	47
3.4.2 Rancangan Desain PCB	47
3.4.3 Rancangan Desain Alat	48
3.5 Teknik Pengumpulan Data	49
3.5.1 Representasi Data Logika Fuzzy	49
3.5.2 Fuzzifikasi	49
3.5.3 Fuzzifikasi Input.....	50
3.5.4 Fuzzifikasi Output.....	54
3.5.5 Pembentukan Aturan Fuzzy	57
3.6 Teknik Analisis Data Penelitian	58
3.6.1 Analisis Respon Sistem (Transient Response)	58
3.6.2 Analisis Steady State <i>Error</i>	58
3.6.3 Analisis Akurasi Logika Fuzzy	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Pengujian Hardware Inkubator	60
4.1.1 Perbandingan Sensor DHT22 dengan Alat Ukur (Higrometer)	60
4.1.2 Pengujian LCD I2C 20x4.....	62
4.1.3 Pengujian <i>Relay</i> 8 Channel	62
4.2 Pengujian Software Inkubator.....	63
4.2.1 Hasil Pengujian Aplikasi Arduino IDE	63
4.2.2 Hasil Pengujian <i>Firestore</i>	65
4.2.3 Hasil Pengujian <i>Monitoring Website</i>	66
4.3 Karakterisasi Sistem Termal (Hasil Training ANFIS).....	69
4.3.1 Himpunan Fuzzy	70
4.3.2 Rule Base Fuzzy.....	76
4.4 Simulasi Matlab	77
4.5 Hasil Implementasi ANFIS	81

4.5.1 Perbandingan Sistem Manual dan ANFIS.....	81
4.5.1.1 Uji Coba Setpoint 33°C	86
4.5.1.2 Uji Coba Setpoint 35°C	90
4.5.2 Uji Coba dengan Gangguan	93
4.6 Analisa Matematis.....	96
4.6.1 Fuzzifikasi	96
4.6.2 Implikasi Fuzzy	97
4.6.3 Defuzzifikasi	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....	102
LAMPIRAN.....	106



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Inkubator Suhu Bayi.....	12
Tabel 2. 2 Struktur basis aturan Sugeno orde-1 pada FIS heater dan FIS cooler..	17
Tabel 2. 3 Contoh parameter konsekuen acak untuk sembilan aturan	20
Tabel 2. 4 Penelitian Relevan.....	33
Tabel 3. 1 Tabel jadwal kegiatan	38
Tabel 3. 2 Perangkat Keras (Hardware) yang digunakan.....	39
Tabel 3. 3 Semesta pembicara himpunan fuzzy	50
Tabel 3. 4 Fuzzifikasi Heater (Input <i>Error</i>)	50
Tabel 3. 5 Fuzzifikasi Heater (Input Δe)	51
Tabel 3. 6 Fuzzifikasi Cooler (Input <i>Error</i>)	52
Tabel 3. 7 Fuzzifikasi Cooler (Input Δe).....	53
Tabel 3. 8 Fuzzifikasi Output Heater	55
Tabel 3. 9 Fuzzifikasi Output Cooler	56
Tabel 3. 10 Fuzzy Rule Heater	57
Tabel 3. 11 Fuzzy Rule Cooler	57
Tabel 4. 1 Hasil perbandingan sensor DHT 22 dengan Higrometer	60
Tabel 4. 2 Hasil pengujian relay 8 <i>channel</i>	62
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Aplikasi Arduino IDE	64
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Firebase	65
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Dashboard Website	68
Tabel 4. 6 Himpunan Gaussian Input <i>Error</i> Heater	70
Tabel 4. 7 Himpunan Gaussian Input Δe Mode 1 Heater.....	71
Tabel 4. 8 Himpunan Gaussian Input <i>error</i> Mode 2 Cooler	72
Tabel 4. 9 Himpunan Gaussian Input Δe Cooler.....	73
Tabel 4. 10 Koefisien Linear Output Heater	73
Tabel 4. 11 Koefisien Linear Output Cooler	75
Tabel 4. 12 Rule Base Heater	76
Tabel 4. 13 Rule Base Cooler.....	76
Tabel 4. 14 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Pengujian Real.....	79
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Sistem ANFIS (SP 34°C)	81
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Sistem Manual (SP 34°C)	82
Tabel 4. 17 Data Perbandingan Uji Coba Suhu Setpoint 33°C	86

Tabel 4. 18 Data Perbandingan Uji Coba Kelembapan Setpoint 50-60%RH	88
Tabel 4. 19 Data Perbandingan Uji Coba Suhu Setpoint 35°C	90
Tabel 4. 20 Data Perbandingan Uji Coba Kelembapan Setpoint 50-55%RH	91
Tabel 4. 21 Data Uji Coba dengan Gangguan	94



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengaturan suhu tubuh, kelembaban inkubator, dan praktik perawatan kulit pada bayi lahir dengan badan sangat rendah.....	11
Gambar 2. 2 Kurva Gaussian	15
Gambar 2. 3 Representasi sistem inferensi fuzzy Sugeno pada penelitian ini.....	17
Gambar 2. 4 Sensor DHT22.....	24
Gambar 2. 5 Modul PTC.....	25
Gambar 2. 6 Modul Peltier.....	26
Gambar 2. 7 Ultrasonic Atomizer Humidifier.....	27
Gambar 2. 8 Liquid Crystal I2C.....	27
Gambar 2. 9 Relay 12V.....	28
Gambar 2. 10 Power Supply 12V	28
Gambar 2. 11 Arduino IDE	29
Gambar 2. 12 EasyEDA.....	30
Gambar 2. 13 MATLAB	30
Gambar 2. 14 Autodesk Fusion.....	31
Gambar 2. 15 Firebase	32
Gambar 2. 16 Visual Studio Code.....	32
Gambar 2. 17 Kerangka Berfikir.....	37
Gambar 3. 1 Diagram alir sistem ANFIS.....	42
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sistem Manual.....	43
Gambar 3. 3 Diagram Alis Sistem Monitoring	44
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem	45
Gambar 3. 5 Diagram Blok Fuzzy	46
Gambar 3. 6 Electrical Wiring	47
Gambar 3. 7 Rancangan Desain PCB	48
Gambar 3. 8 Rancangan Desain Alat	49
Gambar 3. 9 Grafik Fuzzifikasi Heater (Input <i>error</i>).....	51
Gambar 3. 10 Grafik Fuzzifikasi Heater (Input Δe).....	52
Gambar 3. 11 Grafik Fuzzifikasi Cooler (Input <i>error</i>).....	53
Gambar 3. 12 Grafik Fuzzifikasi Cooler (Input Δe)	54
Gambar 3. 13 Grafik Fuzzifikasi Output Heater.....	55
Gambar 3. 14 Grafik Fuzzifikasi Output Cooler.....	56

Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Sensor DHT22 dengan Alat Ukur (HTC-2)...	61
Gambar 4. 2 Tampilan LCD I2C 20x4	62
Gambar 4. 3 Tampilan Halaman Login Website	67
Gambar 4. 4 Tampilan Halaman Dashboard Website	67
Gambar 4. 5 Kurva Gaussian Input <i>error</i> Heater.....	71
Gambar 4. 6 Kurva Gaussian Input Δe Heater	72
Gambar 4. 7 Kurva Gaussian Input <i>error</i> Cooler.....	72
Gambar 4. 8 Kurva Gaussian Input Δe Cooler.....	73
Gambar 4. 9 Koefisien Output Heater.....	74
Gambar 4. 10 Koefisien Output Cooler	75
Gambar 4. 11 Grafik Simulasi Heater ANFIS Simulink.....	78
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Simulasi dengan Pengujian Real.....	79
Gambar 4. 13 Hasil Pengujian Sistem ANFIS SP 34°C.....	82
Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengujian Sistem Manual SP 34°C	84
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Suhu ANFIS dengan Manual SP 34°C.....	85
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Kelembapan ANFIS dengan Manual SP 34°C	85
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Suhu ANFIS dengan Manual Setpoint 33°C	87
Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Kelembapan ANFIS dengan Manual Setpoint 33°C	89
Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Suhu ANFIS dengan Manual Setpoint 35°C	91
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Kelembapan ANFIS dengan Manual Setpoint 50-57.5.....	93
Gambar 4. 21 Grafik Uji Coba ANFIS dengan Gangguan.....	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengerjaan Alat	106
Lampiran 2 Dokumentasi Pengujian	107
Lampiran 3 Data Pengambilan Suhu dan Kelembapan.....	109

