

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL
PASTEURISASI SUSU OTOMATIS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Oleh:

Nashrullah Afif Zuhma

NIM. 40040320650013

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL
PASTEURISASI SUSU OTOMATIS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)

Diajukan oleh:
Nashrullah Afif Zuhma
NIM. 40040320650013

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

Menyetujui,

Pembimbing 1



Ahmad Ridlo Hanifudin Tabier S.Si., M.Si

NPPU H.7.199504152022041001

Pembimbing 2



Lisa' Yihaa Roodhivah, S.Si., M.Si.

NPPU H.7.199210062022042001

Mengetahui,

Ketua

Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Privo Sasmoko, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

Semarang, 27 Oktober 2025

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL PASTEURISASI SUSU OTOMATIS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)

Diajukan oleh:

Nashrullah Afif Zuhma 40040320650013

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji Pada
Rabu, 5 November 2025

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

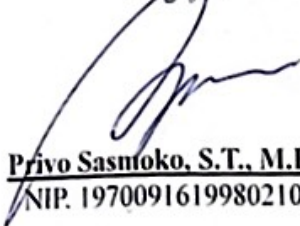


Ahmad Ridlo Hanifudin T. S.Si., M.Si.
NPPU H.7.199504152022041001



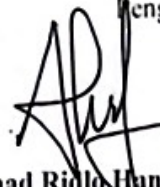
Lisa' Yihaa Roodhivah, S.Si., M.Si.
NPPU H.7.199210062022042001

Penguji 1



Privo Sasmito, S.T., M.Eng.
NIP. 197009161998021001

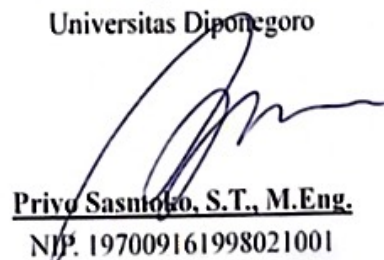
Penguji 2



Ahmad Ridlo Hanifudin T. S.Si., M.Si.
NPPU H.7.199504152022041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S. Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Privo Sasmito, S.T., M.Eng.
NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Nashrullah Afif Zuhma
NIM : 40040320650013
Program Studi : S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi,
UNDIP
Judul Tugas Akhir : **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
DAN KONTROL PASTEURISASI SUSU
OTOMATIS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)**

Dengan ini menyatakan bahwa dalm tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 27 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan,



Nashrullah Afif Zuhma

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk,

1. Ibu Sri Pangesti Utami dan Saudari Belladonna Afnan Zuhmi yang telah mendukung dalam segi moril dan materil serta doa-doa yang selalu memotivasi anaknya.
2. Ibu Lisa' Yihaa Roodhiyah dan Pak Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier selaku dosen pembimbing.
3. Saudari Cantik Jingga Nur Qholisa selaku rekan yang selalu mendukung dan membantu proses penelitian ini.
4. Rekan-rekan Teknologi Rekayasa Otomasi Angkatan 2020 yang memberikan dukungan dan hiburan kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Allah SWT atas petunjuk-Nya, yang memungkinkan penulisan laporan Tugas Akhir **"Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Pasteurisasi Susu Otomatis dengan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis IoT (*Internet of Things*)"** dapat terselesaikan. Laporan Tugas Akhir ini merupakan bagian dari pengajuan kelulusan di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan pembuatan dan penelitian tugas akhir.
2. Sri Pangesti Utami selaku ibu tercinta dan saudari kandung Belladinna Afnan Zuhmi, yang telah memberikan dukungan moral, kasih sayang, dan doa yang tak pernah putus serta semangat yang luar biasa selama proses perkuliahan hingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Tanpa dukungan mereka, penulis tidak akan mampu mencapai tahap ini.
3. Lisa' Yihaa Roodhiyah, S.Si., M.Si., dan Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah penuh dedikasi memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti dalam proses penyusunan laporan dan pengembangan alat Tugas Akhir ini. Bimbingan beliau sangat membantu penulis dalam memahami berbagai aspek teknis maupun akademis yang diperlukan.
4. Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas bagi penulis untuk dapat menyelesaikan studi dan menyusun laporan ini dengan baik.
5. Saudari Cantik Jingga Nur Qholisa, selaku rekan yang selalu menemani dengan memberikan semangat dan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Saudara Asep Gunawan, Mahadika Xavier Nurhadi, Bobby Julio Praditya, Reinhold Samuel B. Pardede, Arya Budi Pratama, dan Muhammad Irham Agil Kurniawan, selaku teman seperjuangan yang telah banyak membantu dalam memberikan masukan, berbagi pengetahuan, serta memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman dan rekan Quatro, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah turut andil dalam memberikan informasi, motivasi, hiburan, serta saran yang membangun selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini berlangsung.
8. Himpunan Teknologi Rekayasa Otomasi sebagai wadah organisasi yang telah memberikan pengalaman, pembelajaran, dan pengembangan diri selama masa perkuliahan.

Dengan demikian, penulis memberikan apresiasi dan mengundang kritik serta saran dari berbagai pihak agar Tugas Akhir ini dapat diperbaiki di masa mendatang. Harapannya, dari hasil Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi semua pembaca.

Semarang, 27 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang.....	12
1.2 Rumusan Masalah.....	14
1.3 Tujuan Tugas Akhir	14
1.4 Manfaat Tugas Akhir	15
1.5 Batasan Masalah	15
1.6 Sistematika Penulisan	15
BAB II DASAR TEORI.....	17
2.1 Tinjauan Pustaka	17
2.2 Proses Pengolahan Susu.....	18
2.3 ESP32.....	19
2.4 Arduino IDE.....	20
2.5 Sensor Suhu DS18B20.....	21
2.6 AC Light <i>Dimmer</i>	22
2.7 Relay	23
2.8 Elemen Pemanas	24
2.9 Sensor Ultrasonik HY-SRF05	26
2.10 Catu Daya.....	27
2.11 Modul Step Down LM2596	28
2.12 Motor DC	30
2.13 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	30

2.14	Tangki	32
2.15	<i>Fuzzy Logic</i>	32
2.16	Delphi.....	35
2.17	Agitator	36
2.18	Buzzer Speaker Active	38
2.19	LCD 20x4 I2C.....	39
2.20	Standar Deviasi dalam Pengukuran Sensor	39
BAB III METODE PENELITIAN		41
3.1	Diagram Blok.....	41
3.2	Gambar 3D Alat.....	44
3.3	Spesifikasi dan Fitur	49
3.4	Teknik Fabrikasi	49
3.4.4	Perancangan <i>Fuzzy Logic</i>	54
BAB IV PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA		65
4.1	Pengukuran	65
4.2	Aturan Pengukuran dan Pengujian	65
4.3	Pengukuran dan Pengujian Komponen.....	66
4.3.1	Pengukuran catu daya (<i>power supply</i>)	66
4.3.2	Pengukuran Tangki Susu.....	67
4.3.4	Pengukuran dan Pengujian Sensor Ultrasonik.....	69
4.3.5	Pengukuran dan Pengujian Sensor DS18B20	69
4.3.6	Pengukuran dan Pengujian AC Light Dimmer	70
4.4	Pengujian Antarmuka Delphi.....	72
4.5	Pengujian dan Pengukuran Alat Pasteurisasi Susu	73
4.5.1	Desain Keanggotaan Fuzzy dan Penyesuaian Keanggotaan (<i>Trial and Error</i>).....	73
4.5.2	Pengujian <i>Fuzzy Logic</i>	78
4.5.3	Perbandingan Output Fuzzy Logic	79
4.5.4	Pengujian Perbandingan Metode <i>Fuzzy logic</i> Dibanding dengan Metode On-Off	85
BAB V PENUTUP		88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA.....		90
LAMPIRAN.....		93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32	19
Gambar 2.2 Tampilan Software Arduino IDE	20
Gambar 2.3 Sensor DS18B20.....	21
Gambar 2.4 Skematik Sensor Suhu DS18B20	22
Gambar 2.5 AC Light Dimmer	23
Gambar 2.6 Skematik rangkaian AC Light Dimmer	23
Gambar 2.7 Relay.....	24
Gambar 2. 8 Skematik rangkaian Relay	24
Gambar 2.9 Elemen Pemanas	25
Gambar 2.10 Sensor HY-SRF05.....	27
Gambar 2.11 Catu Daya.....	27
Gambar 2.12 Skematik Catu Daya	28
Gambar 2.13 Modul LM2596.....	29
Gambar 2.14 Skematik Modul LM2596.....	29
Gambar 2.15 Motor DC.....	30
Gambar 2.16 Duty cycle PWM	31
Gambar 2.17 Tangki	32
Gambar 2.18 Blok Diagram Fuzzy Logic (Mamdani)	34
Gambar 2.19 Borland Delphi.....	35
Gambar 2. 20 Pengaduk Dayung.....	37
Gambar 2. 21 Pengaduk Jangkar	37
Gambar 2. 22 Pengaduk Pita Heliks	38
Gambar 2. 23 Pengaduk dengan Impeller Hidrofoil.....	38
Gambar 2. 24 Buzzer Speaker Active.....	38
Gambar 2. 25 LCD 20x4 I2C	39
Gambar 3. 1 Blok Diagram I/O	41
Gambar 3. 2 Flowchart System	43
Gambar 3. 3 Gambar 3D alat.....	45
Gambar 3. 4 Gambar 3D alat perkomponen.....	46
Gambar 3. 5 Gambar 3D Alat dengan Ukuran	47
Gambar 3. 6 Wiring Diagram Alat.....	48
Gambar 3. 7 Perakitan Komponen Rangka	51
Gambar 3. 8 Wiring dan Komponen Alat	51
Gambar 3. 9 Letak Komponen Alat.....	52
Gambar 3. 10 Design Delphi	53
Gambar 3. 11 Design Fuzzy Logic LTLT	55
Gambar 3. 12 Membership Function Input Suhu LTLT	55
Gambar 3. 13 Membership Function Input Level Susu LTLT.....	56
Gambar 3. 14 Membership Function Output Heater LTLT	57
Gambar 3. 15 Rules Fuzzy Logic LTLT	58

Gambar 3. 16	Design Fuzzy Logic HTST	59
Gambar 3. 17	Membership Function Input Suhu HTST	60
Gambar 3. 18	Membership Function Input Level Susu HTST.....	61
Gambar 3. 19	Membership Function Output Heater HTST	62
Gambar 3. 20	Rules Fuzzy Logic HTST	63
Gambar 4. 1	Grafik Perbandingan Voltase dengan PWM	71
Gambar 4. 2	Grafik Trial and Error Volume 3L	75
Gambar 4. 3	Grafik Trial and Error Volume 5L	76
Gambar 4. 4	Grafik Trial and Error Volume 8L	77
Gambar 4. 5	Grafik Power Dimmer Volume 3L.....	80
Gambar 4. 6	Grafik Power Dimmer Volume 5L.....	82
Gambar 4. 7	Grafik Power Dimmer Volume 8L.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32	20
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20	21
Tabel 2.3 Spesifikasi AC Light Dimmer	22
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HY-SRF05	26
Tabel 2.5 Spesifikasi Catu Daya	27
Tabel 2.6 Spesifikasi Modul LM2596	28
Tabel 3. 1. Daftar Komponen Alat Pasturisasi.....	46
Tabel 3.2 Konfigurasi Pin ESP32	48
Tabel 3. 3 Total Kebutuhan Daya untuk Alat Pasteurisasi Susu	52
Tabel 3. 4 Penjabaran Rules Fuzzy Logic LTLT	58
Tabel 3. 5 Penjabaran Rules Fuzzy Logic HTST	63
Tabel 4.1 Alat ukur yang digunakan.....	65
Tabel 4.2. Besaran nilai pengukuran catu daya.	67
Tabel 4. 3 Pengukuran Tangki	67
Tabel 4. 4 Pengukuran Heater.....	68
Tabel 4.5 Pengukuran dan Pengujian Sensor Ultrasonik.....	69
Tabel 4.6 Pengukuran dan Pengujian Sensor DS18B20.....	70
Tabel 4.7 Pengukuran dan Pengujian AC Light Dimmer	70
Tabel 4.8 Pengujian Antarmuka.....	72
Tabel 4. 9 Tabel Fungsi Keanggotaan Fuzzy Logic	74
Tabel 4.10 Pengujian Perbandingan	78
Tabel 4. 11 Pengujian Perbandingan Volume 3 liter.....	85
Tabel 4. 12 Pengujian Perbandingan Volume 5 liter.....	86
Tabel 4. 13 Pengujian Perbandingan Volume 8 liter.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: Data Hasil Percobaan	92
LAMPIRAN 2: Pembuatan Alat	93
LAMPIRAN 3: Pengujian Komponen	93
LAMPIRAN 4: Datasheet ESP32	96
LAMPIRAN 6 Datasheet DS18B20	97
LAMPIRAN 7: HY-SRF05	98
LAMPIRAN 8: Datasheet AC Light Dimmer Robodyn	99

INTISARI

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL PASTEURISASI SUSU OTOMATIS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)

Nashrullah Afif Zuhma

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Pertumbuhan kebutuhan produk olahan susu yang aman dikonsumsi menuntut proses pasteurisasi dengan pengendalian suhu yang stabil dan presisi. Penelitian ini merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol pasteurisasi susu otomatis berbasis ESP32 menggunakan metode fuzzy logic dan IoT. Sistem menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor ultrasonik HY-SRF05 untuk mendeteksi suhu serta level susu, dengan keluaran berupa sinyal PWM yang mengendalikan daya pemanas melalui AC light dimmer. Metode fuzzy logic diterapkan untuk menghasilkan kontrol yang adaptif terhadap perubahan suhu dan volume susu. Sistem dirancang untuk mempertahankan suhu pasteurisasi metode LTLT pada rentang 63–65°C selama 30 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu secara stabil pada berbagai volume susu, dengan rata-rata suhu sebesar 64,1°C untuk volume 3 liter, 64,0°C untuk volume 5 liter, dan 63,9°C untuk volume 8 liter. Error pembacaan sensor tergolong rendah, yaitu 0,0158 pada sensor suhu dan 0,00412 pada sensor level susu. Dibandingkan metode on–off, fuzzy logic menghasilkan fluktuasi suhu yang lebih kecil dan kontrol daya pemanas yang lebih halus. Dengan demikian, sistem terbukti efektif dan adaptif dalam menjaga suhu pasteurisasi susu secara otomatis.

Kata Kunci: *ESP32, Pasteurisasi Susu, Fuzzy Logic*

ABSTRACT

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL PASTEURISASI SUSU OTOMATIS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)

Nashrullah Afif Zuhma

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

The increasing demand for safe dairy products requires a pasteurization process with stable and precise temperature control. This research presents the design and implementation of an automated milk pasteurization monitoring and control system based on an ESP32 microcontroller using fuzzy logic and IoT. The system employs a DS18B20 temperature sensor and an HY-SRF05 ultrasonic sensor to measure temperature and milk level, while PWM signals control heating power through an AC light dimmer. Fuzzy logic is applied to provide adaptive control based on temperature and milk volume variations. The system is designed to maintain the LTLT pasteurization temperature within 63–65°C for 30 minutes. Experimental results show stable temperature control for different milk volumes, with average temperatures of 64.1°C for 3 liters, 64.0°C for 5 liters, and 63.9°C for 8 liters. Sensor measurement errors are low, reaching 0.0158 for temperature and 0.00412 for milk level. Compared to on–off control, fuzzy logic produces smaller temperature fluctuations and smoother heating power control. These results confirm that the proposed system is effective and adaptive for automated milk pasteurization.

Keywords: ESP32, Milk pasteurization, Fuzzy Logic