



SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU
CANTING ELEKTRIK MENGGUNAKAN
METODE FUZZY LOGIC**

ABDULLAH RASYIID HARIYONO

NIM. 20221330017

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. INDAH KURNIAWATI, S.T., M.T.

RIDHO AKBAR, S.S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH

SURABAYA

2026



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI CANTING ELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

ABDULLAH RASYIID HARIYONO

NIM. 20221330017

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. INDAH KURNIAWATI, S.T., M.T.

RIDHO AKBAR, S.S.T., M.T

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

2026

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU CANTING ELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:
Abdullah Rasyiid Hariyono
NIM. 20221330017

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
2. Ridho Akbar, S.S.T., M.T.



Two handwritten signatures in blue ink. The top signature is for Dr. Indah Kurniawati, and the bottom signature is for Ridho Akbar. Each signature is written over a dotted line.

LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU CANTING ELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Abdullah Rasyiid Hariyono

NIM. 20221330017

Disetujui Oleh:

Dosen Penguji :

1. Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.

(.....)

2. Ridho Akbar, S.S.T., M.T.

(.....)

3. Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T.

(.....)

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU CANTING ELEKTRIK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Abdullah Rasyiid Hariyono

NIM. 20221330017

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vippy Dharmawan., M. Ars.
NIDN. 07.2509.6402

Disetujui Oleh,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Abdullah rasyiid Hariyono

NIM : 20221330017

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan. Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, Februari 2026

Yang membuat pernyataan



(Abdullah Kasyiid Hariyono)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kata pertama yang dapat peneliti ucapkan atas ungkapan rasa syukur peneliti kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat, karunia, taufik serta hidayah-Nya sehingga pada kesempatan ini peneliti dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Rancang bangun sistem kendali suhu pada cangting elektrik menggunakan metode fuzzy logic”

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan akademis program Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Surabaya. Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat di perlukan agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Peneliti ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang mendukung terselesaikannya laporan skripsi ini baik secara moril serta materi. Karena tanpa adanya dukungan tersebut, peneliti tidak akan sampai menyelesaikan laporan skripsi ini.

Untuk itu peneliti menyampaikan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. FISQua., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M. Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan juga dosen pembimbing utama yang telah menyetujui dan memberikan bimbingan dalam melakukan penelitian maupun penulisan laporan skripsi sehingga dapat selesai tepat waktu. Saya ucapkan terimakasih atas dedikasi beliau yang selalu sabar, terkenal cerdas, memberikan penjelasan secara bertahap sehingga mudah untuk dipahami dan ketulusan beliau dalam membimbing peneliti. Semoga adik – adik angkatan selanjutnya dapat memanfaatkan ilmu luar biasa yang diperoleh dari beliau dengan baik.

4. Ridho Akbar, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran dan masukan pada penelitian maupun dalam penulisan laporan skripsi sehingga dapat selesai tepat waktu. Spesial peneliti juga ucapkan terimakasih atas dedikasi beliau yang terkenal banyak pengalaman dan cerdas, semoga adik – adik angkatan selanjutnya dapat memanfaatkan ilmu luar biasa yang diperoleh dari beliau dengan baik.
5. Bapak dan ibu Dosen Pengajar serta Staff di lingkungan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya yang senantiasa memberikan pesan – pesan dan arahan yang menumbuhkan motivasi dalam penyusunan skripsi.
6. Kedua orang tua peneliti yang telah memberikan bantuan moril dan materi, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan penuh kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan tepat waktu.
7. Rekan – rekan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya, mahasiswa reguler angkatan 2019 – 2023, mahasiswa P2K angkatan 2022 di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan, organisasi maupun membantu menemani dalam proses simulasi penelitian.
8. Semua pihak yang membantu menyelesaikan skripsi yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi peneliti dan rekan – rekan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, Februari 2026



Abdullah Rasyiid Hariyono



ABSTRAK

Canting elektrik merupakan inovasi dalam proses pembatikan yang bertujuan menjaga kestabilan suhu malam agar kualitas dan ketajaman motif batik tetap optimal. Meskipun telah menggunakan elemen pemanas listrik sebagai solusi modern, pengendalian suhu secara manual masih menimbulkan fluktuasi suhu yang besar serta kurang adaptif terhadap gangguan termal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang, merealisasikan, dan membandingkan kinerja sistem pengendalian suhu canting elektrik berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan logika fuzzy metode Sugeno orde nol dengan kendali manual. Sistem dirancang untuk membaca suhu aktual, menghitung nilai error dan delta error terhadap set point, serta mengendalikan daya heater dan fan secara otomatis melalui mekanisme umpan balik. Pengujian dilakukan pada set point 60 °C dan 80 °C dengan durasi pengamatan selama 600 detik, baik pada kondisi normal maupun saat diberikan gangguan pendingin dan pemanas. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi overshoot, error suhu maksimum, waktu menuju set point, dan kestabilan steady-state. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendali fuzzy mampu mencapai suhu target dengan overshoot rendah ($\leq 2\%$) dan error suhu maksimum $\leq \pm 1,25$ °C pada kondisi normal. Pada kondisi gangguan pendingin, sistem tetap adaptif dengan overshoot $\leq 6\%$ dan error maksimum $\leq \pm 3,75$ °C, serta mampu mengembalikan suhu menuju set point setelah gangguan pemanas meskipun dengan waktu pemulihan yang lebih lama. Sebaliknya, kendali manual menunjukkan fluktuasi suhu yang besar dan kestabilan yang rendah. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa kendali logika fuzzy lebih efektif, responsif, dan adaptif dalam pengendalian suhu canting elektrik.

Kata kunci: canting elektrik; kendali suhu; logika fuzzy Sugeno; Arduino Uno; sistem pemanas.

ABSTRACT

Electric canting is an innovation in the batik-making process aimed at maintaining the stability of wax temperature to ensure optimal quality and sharpness of batik patterns. Although electric canting utilizes an electric heating element as a modern solution, manual temperature control still causes significant temperature fluctuations and lacks adaptability to thermal disturbances. Therefore, this study aims to design, implement, and compare the performance of an electric canting temperature control system based on an Arduino Uno microcontroller using a zero-order Sugeno fuzzy logic controller with a manual control method. The system is designed to measure the actual temperature, calculate the error and delta error with respect to the set point, and automatically regulate the heater and fan power through a feedback mechanism. Experiments were conducted at set points of 60 °C and 80 °C with an observation duration of 600 seconds under normal conditions as well as under cooling and heating disturbances. Performance parameters evaluated include overshoot, maximum temperature error, time to reach the set point, and steady-state stability. The experimental results show that the fuzzy controller achieves the target temperature with low overshoot ($\leq 2\%$) and a maximum temperature error of $\leq \pm 1.25$ °C under normal conditions. Under cooling disturbances, the system remains adaptive with overshoot $\leq 6\%$ and a maximum error of $\leq \pm 3.75$ °C, and it is able to restore the temperature to the set point after heating disturbances, although with a longer recovery time. In contrast, the manual control method exhibits large temperature fluctuations and poor stability. These results demonstrate that the fuzzy logic controller is more effective, responsive, and adaptive for electric canting temperature control.

Keywords: electric canting; temperature control; Sugeno fuzzy logic; Arduino Uno; heating system.

DAFTAR ISI

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGUJI SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
DASAR TEORI	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Suhu kerja pada produksi batik.....	8
2.3 Canting.....	9
2.4 Elemen Pemanas (Heater).....	10
2.5 Aktuator Kipas (Fan)	11
2.6 SSR.....	12

2.7	Sensor Suhu Thermocouple Tipe K/J dengan module MAX6675 13	
2.8	Mikrokontroler Arduino uno	14
2.9	Sistem kendali yang digunakan	15
2.10	Logika Fuzzy	16
2.10.1	Pengertian Logika Fuzzy	16
2.10.2	Struktur Sistem Logika Fuzzy.....	16
2.10.3	Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Kendali Suhu ..	17
2.11	Konsep Dasar Metode Fuzzy Sugeno.....	18
2.11.1	Pengertian Fuzzy Sugeno Orde Nol.....	18
2.11.2	Perbedaan Logika Fuzzy Mamdani dan Sugeno.....	18
2.11.3	Alasan Pemilihan Metode Sugeno	19
2.11.4	Struktur Aturan IF–THEN pada Metode Sugeno	19
2.11.5	Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	20
2.12	Standar & Regulasi sistem	20
2.13	Penjelasan Parameter Penilaian Metode (Baik/Buruk)	21
2.14	Perhitungan Sistem Kendali Suhu	23
2.14.1	Perhitungan Error	23
2.14.2	Perhitungan Perubahan Delta Error	24
2.14.3	Hubungan Error terhadap Aksi Kendali	24
2.14.4	Perhitungan Keluaran Sistem Kendali Fuzzy Sugeno	24
2.14.5	Pembatasan Nilai Keluaran (Clamping)	25
BAB III.....		26
METODOLOGI		26
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2	Jadwal penelitian.....	26
3.3	Metode Penelitian	27
3.4	Perancangan Sistem	30

3.5	Alat dan bahan	32
3.6	Variabel Penelitian dan Parameter Pengukuran	35
3.7	Variabel Input & Ouput	36
3.7.1	Variabel Input.....	36
3.7.2	Variabel Output	37
3.7.3	Hubungan Variabel Input dan Output	37
3.8	Perancangan Sistem kendali Fuzzy	38
3.8.1	Fuzzyfikasi	38
3.8.2	Membership Function Error.....	39
3.8.3	Membership Function Delta Error (Δe)	40
3.8.4	Membership Fuction Heater.....	41
3.8.5	Membership Fuction Fan	42
3.9	Rule Base heater & Fan	43
3.10	Defuzzifikasi Sistem Kendali Fuzzy	44
3.10.1	Metode Defuzzifikasi yang Digunakan	44
3.10.2	Integrasi Heater dan Fan	44
3.11	Proses Clamping Nilai PWM Output	45
3.11.1	Prinsip Clamping PWM	45
3.11.2	Konversi Nilai Defuzzifikasi ke PWM	45
3.11.3	Analisis Dampak Clamping terhadap Sistem	46
3.12	Flowchart algoritma fuzzy	46
3.13	Kalibrasi Sensor Suhu.....	49
3.13.1	Metode Kalibrasi Sensor	49
3.13.2	Perhitungan Error Kalibrasi	49
3.14	Skenario Pengujian sistem	50
3.15	Pengujian dengan Metode Kontrol Manual	51
3.16	Pengujian dengan Metode Fuzzy Logic	51

3.17	Pengujian dengan Metode Fuzzy Logic dengan Gangguan Pemanas	51
3.18	Pengujian dengan Metode Fuzzy Logic dengan Gangguan Pendingin.....	51
BAB IV		52
HASIL PERCOBAAN DAN PENGUKURAN		52
4.1	Gambaran Umum Pengujian Sistem.....	52
4.2	Kondisi Lingkungan dan Parameter pengujian	52
4.3	Kalibrasi Sensor Thermocouple Tipe K/J	53
4.4	Proses Fuzzyfikasi dan Defuzzyfikasi Sistem Kendali Suhu ...	56
4.4.1	Fuzzyfikasi Error dan Delta Error.....	56
4.4.2	Proses Inferensi Rule Base Heater (IF–THEN).....	59
4.4.3	Defuzzyfikasi Sistem Kendali Suhu	61
4.4.4	Hubungan Output Fuzzy terhadap PWM Heater dan Kipas	62
4.4.5	Analisis Pengaruh Defuzzyfikasi Fuzzy terhadap Respon Sistem	63
4.5	Pengujian Metode Kontrol Manual	63
4.5.1	Analisis Stabilitas Suhu Sistem Kendali Manual	65
4.5.2	Kesesuaian Respon Sistem dengan Teori Kendali	66
4.6	Pengujian Metode Kontrol Fuzzy	66
4.6.1	Analisis Stabilitas Suhu Sistem Kendali Fuzzy	67
4.6.2	Kesesuaian Respon Sistem dengan Teori Kendali	69
4.7	Pengujian Metode Kontrol Fuzzy logic dengan gangguan pemanas	69
4.7.1	Analisis Respon Sistem terhadap Gangguan Pemanas ...	70
4.7.2	Analisis Stabilitas dan Ketahanan Sistem Kendali Fuzzy	73
4.7.3	Kesesuaian Respon Sistem dengan Teori Kendali	73

4.8	Pengujian Metode Kontrol Fuzzy logic dengan gangguan pendingin	74
4.8.1	Analisis Respon Sistem terhadap Gangguan Pendingin .	75
4.8.2	Analisis Stabilitas dan Ketahanan Sistem Kendali Fuzzy	77
4.8.3	Kesesuaian Respon Sistem dengan Teori Kendali	77
4.9	Perbandingan Hasil Pengujian Keempat Metode Pengendalian Suhu	78
4.10	Kesimpulan Hasil Pengujian Keempat Metode Pengendalian Suhu	82
4.11	Uji Membatik canting elektrik dengan Kontrol manual dan Kontrol Fuzzy	84
4.11.1	Hasil Uji Pencantingan dengan Kontrol Manual	84
4.11.2	Hasil Uji Pencantingan dengan Kontrol Fuzzy	85
4.11.3	Perbandingan Hasil Pencantingan	86
BAB V		88
KESIMPULAN DAN SARAN		88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA		90
LAMPIRAN		94
Lampiran 1. Kartu Kendali Bimbingan Skripsi		94
Lampiran 2. Hasil Evaluasi Ujian Skripsi		95
Lampiran 3. Endorsement Letter		81
Lampiran 4. Surat Keterangan Bebas Pinjam		82
Lampiran 5. Surat Keterangan Bebas Plagiasi		83
Lampiran 6. Dokumentasi Sidang Skripsi		98
Lampiran 7. Riwayat Hidup Penulis		99
Lampiran 8. Data Pengukuran Sistem		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Canting Elektrik.....	10
Gambar 2. 2 Element Pemanas (Heater)	10
Gambar 2. 3 Blower Fan 12Vdc.....	11
Gambar 2. 4 Solid State Relay 40 DA.....	12
Gambar 2. 5 Thermocouple Tipe K & Modul Max6675	13
Gambar 2. 6 Mikrokontroler Arduino Uno [27]	14
Gambar 2. 7 Fuzzy logic Architecture	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sistem	30
Gambar 3. 3 Rancang Bangun Hardware	32
Gambar 3. 4 Pemograman Mikrokontroler Arduino	33
Gambar 3. 5 Pengambilan Pengujian data dan Grafik	34
Gambar 3. 6 Flowchart algoritma fuzzy	47
Gambar 4. 1 Grafik Kalibrasi Sensor Suhu dan alat ukur	54
Gambar 4. 2 Kalibrasi Sensor dengan alat Ukur	55
Gambar 4. 3 Grafik Membership Function Error.....	57
Gambar 4. 4 Membership Function Delta Error (Δe)	58
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan suhu kontrol manual	65
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian suhu kontrol Fuzzy	68
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan suhu Kontrol Fuzzy dengan gangguan pemanas	72
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan suhu Kontrol Fuzzy dengan gangguan pendingin	76
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan suhu Kontrol manual dan Kontrol Fuzzy	79
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Kontrol Fuzzy dengan gangguan pemanas dan pendingin	81
Gambar 4. 11 Uji Membatikan canting elektrik dengan Kontrol manual dan Kontrol Fuzzy.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya	5
Tabel 2. 2 Perbedaan Logika Fuzzy Mamdani dan Sugeno	19
Tabel 2. 3 Standar & Regulasi sistem	20
Tabel 2. 4 Parameter Penilaian Metode (baik / butuk)	22
Tabel 3. 1 Tabel Penelitian	26
Tabel 3. 2 Variabel dan parameter Penelitian	35
Tabel 3. 3 Membership Function Error (e)	39
Tabel 3. 4 Membership Function Delta Error (e).....	40
Tabel 3. 5 Rule base Heater.....	41
Tabel 3. 6 Parameter segitiga Rule base Heater.....	41
Tabel 3. 7 Rule base Fan	42
Tabel 3. 8 Parameter segitiga Rule base Heater.....	42
Tabel 4. 1 Data Hasil Kalibrasi Sensor Suhu dan alat ukur	54
Tabel 4. 2 Tabel Parameter Membership Error.....	57
Tabel 4. 3 Tabel Parameter Membership Delta Error	58
Tabel 4. 4 Defuzzyfikasi ouput heater	61
Tabel 4. 5 Defuzzyfikasi ouput fan	62
Tabel 4. 6 Data Pengujian Sistem Kontrol Manual.....	64
Tabel 4. 7 Data Pengujian Sistem Kontrol Fuzzy	67
Tabel 4. 8 Data Pengujian Kontrol Fuzzy dengan gangguan pemanas.....	70
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kontrol Fuzzy dengan gangguan pendingin.....	74
Tabel 4. 10 perbandingan hasil Data Pengujian Sistem	82