



**SISTEM PENGENDALIAN SUHU MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC* PADA TUNGKU MESIN
PENYANGRAI KOPI**

SKRIPSI

Oleh :

Rizqi Kurniawan

NIM: 091910201033

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**SISTEM PENGENDALIAN SUHU MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC* PADA TUNGKU MESIN
PENYANGRAI KOPI**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Rizqi Kurniawan

NIM: 091910201033

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat dan salam selalu tucurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan, mengarahkan, memberi pengertian serta mendukung baik secara moral dan materi.
2. Adik penulis Haris Yoga Pangestu dan Ahmad Naufal Azzam Qais yang selalu menjadi motivasi, penulis mendoakan agar selalu diberi kemudahan untuk menggapai cita-cita.
3. Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku DPU dan Satryo Budi Utomo, S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta perhatiannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Latif selaku tokoh berpengaruh dalam kelompok petani kopi desa Sumber Waringin yang memberi pengarahan dan kesempatan kepada penulis untuk menerapkan ilmu elektronika dalam proses penyangraian kopi.
5. Keluarga besar Fakultas Teknik dan Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mendidik dan memberi pengalaman intelektual yang mengasikkan.
6. Teman-teman Teknik Elektro 2009. Budaya kalian membicarakan segalanya di warung kopi sangat penginspirasi dalam penulisan skripsi ini. Dimanapun kalian berada, semoga sukses selalu. “Sak Lawase Tetep Dulur !”.
7. Teman-teman UKM Robotika dan teman-teman mobil listrik. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang kalian berikan. Tetap semangat berkarya.
8. Mas Wancil sebagai *partner* dalam pengerjaan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih atas ketulusannya berbagi pengalaman dalam penulisan bahasa pemrograman dan merancang rangkaian elektronika.

9. Arip dan Iwe, sebagai teman diskusi pengerjaan skripsi ini. Terima kasih untuk ide-ide kreatifnya. Semoga kita menjadi bagian penting dari kemajuan bangsa Indonesia.
10. Pihak-pihak yang membaca serta menjadikan skripsi ini sebagai referensi penelitiannya.
11. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

MOTTO

“Apabila di dalam diri seseorang masih ada rasa malu untuk berbuat kebaikan,
maka jaminan bagi orang tersebut adalah tidak akan bertemunya ia dengan
kemajuan selangkah pun.”

(Bung Karno)

“Kamu tidak boleh curang, walaupun itu hanya permainan.”

(Doraemon)

“Sabar, welas asih, lan nrimo.”

(Ucil)

“Tabah sampai akhir”

(SISMADAPALA)

“Pandai-pandailah minta maaf pada kedua orang tua, terutama ibumu.
Karena mereka adalah salah satu dari jutaan manusia yang hatinya paling tidak
boleh kau sakiti.

(Rizqi Kurniawan)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizqi Kurniawan

NIM : 091910201033

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Sistem Pengendalian Suhu Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tungku Mesin Penyangrai Kopi*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2014

Yang menyatakan,

Rizqi Kurniawan

NIM 091910201033

SKRIPSI

**SISTEM PENGENDALIAN SUHU MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC* PADA TUNGKU MESIN
PENYANGRAI KOPI**

Oleh

Rizqi Kurniawan
NIM 091910201033

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Sumardi, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Sistem Pengendalian Suhu Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tungku Mesin Penyangrai Kopi*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 12 Februari 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Sumardi, S.T., M.T.

NIP. 19670113 199802 1 001

Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.

NIP. 19850126 200801 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Bambang Supeno, S.T., M.T.

NIP. 19690630 199512 1 001

M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T.

NIP. 19871217 201212 1 003

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

SISTEM PENGENDALIAN SUHU MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* PADA TUNGKU MESIN PENYANGRAI KOPI

Rizqi Kurniawan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Indonesia termasuk salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia. Salah satu proses dari pengolahan pasca panen yang paling penting adalah penyangraian. Aroma dan rasa dari kopi ditentukan melalui proses penyangraian. Untuk menghasilkan biji kopi dengan hasil sangraian yang diinginkan, dibutuhkan SDM yang berpengalaman dalam proses penyangraian. Dengan menerapkan sistem kendali *fuzzy*, pengalaman penyangrai kopi diharapkan dapat diterjemahkan dalam *rule base* pada algoritma *fuzzy*. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah metode *Sugeno* dengan masukan *error* suhu dan Δ *error* suhu. Sensor suhu yang digunakan memiliki *error* sebesar 1,95 % terhadap termometer suhu milik penyangrai kopi. Aksi kendali yang dihasilkan berupa pergerakan aktuator untuk mengatur katup gas elpiji yang merupakan bahan bakar dari tungku penyangrai. Total waktu penyangraian pada percobaan ke-1 adalah 30,216 menit, pada percobaan ke-2 adalah 32,75 menit, dan pada percobaan ke-3 adalah 36,9 menit. Waktu penyangraian dipengaruhi oleh kadar air kopi.

Kata kunci : *Fuzzy, kopi, penyangraian, sensor suhu.*

TEMPERATURE CONTROL SYSTEM USING FUZZY LOGIC IN THE FURNACE OF COFFEE MACHINE ROASTERS

Rizqi Kurniawan

Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

Indonesia is one of the biggest coffee producer in the world. One of the processes which is most important in post-harvest processing is roasting. The aroma and taste of coffee determined through the process of roasting. To produce coffee beans that have specific roasting quality, a good and experienced human resources needed in the roasting process. By applying fuzzy control system in the process, the experience of coffee roasters can be translated into rule base in fuzzy algorithm. The fuzzy method that used is a fuzzy Sugeno method using temperature error and temperature Δ error as input. The temperature sensor that used has an error of 1.95% towards temperature thermometer used in coffee roasters. The results of the output of the control system is the actuator movement that control LPG (Liquified Petroleum Gas) gas valve, which is the fuel of the furnace roasters. The total of roasting time on the first trial is 30.216 minutes, the second trial is 32.75 minutes, and the third trial is 36.9 minutes. The time needed in roasting coffee is influenced by moisture inside the coffee beans .

Keyword : Coffee, fuzzy, roasting, temperature sensor.

RINGKASAN

Sistem Pengendalian Suhu Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Pada Tungku Mesin Penyangrai Kopi; Rizqi Kurniawan; 091910201033; 2014; 49 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Indonesia termasuk salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia. Salah satu proses dalam pengolahan pasca panen yang paling penting adalah penyangraian. Aroma dan rasa dari kopi ditentukan melalui proses penyangraian. Untuk menghasilkan biji kopi dengan hasil sangraian yang diinginkan, dibutuhkan SDM yang berpengalaman dalam proses penyangraian. Dengan menerapkan sistem kendali *fuzzy*, diharapkan pengalaman penyangrai kopi dapat diterjemahkan menjadi *rule base* pada algoritma *fuzzy*. Sehingga tingkat kesalahan penyangraian akibat *human error* dapat dikurangi.

Sistem *fuzzy* yang digunakan adalah metode *Sugeno* dengan masukan *error* suhu dan Δ *error* suhu. *Error* suhu adalah tolak ukur nilai suhu yang terbaca, yaitu kurang dari, lebih dari, atau berada pada suhu *setpoint* yang ditentukan. Setelah diketahui posisi suhu terhadap *setpoint*, maka selanjutnya dilihat perubahan suhunya. Δ *error* suhu adalah nilai yang menunjukkan perubahan suhu yaitu sedang berubah naik, sedang berubah turun atau konstan disuatu nilai.

Dua masukan tersebut nantinya akan diolah secara *fuzzy* menggunakan mikrokontroler untuk menghasilkan nilai defuzzifikasi. Kemudian nilai defuzzifikasi tersebut dimanfaatkan untuk mengatur pergerakan aktuator berupa motor servo. Pergerakan aktuator inilah yang menggerakkan katup gas untuk mengatur perapian pada tungku yang digunakan sebagai pemanas tabung penyangrai.

Sensor suhu yang digunakan memiliki *error* sebesar 1,95 % terhadap termometer suhu milik penyangrai kopi. Penyangraian dengan kapasitas 3 kg membutuhkan waktu 32,75 menit dan dengan kapasitas 4 kg membutuhkan waktu 36,9 menit.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Sistem Pengendalian Suhu Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tungku Mesin Penyangrai Kopi*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Sumardi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Satryo Budi Utomo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bambang Supeno, S.T., M.T. dan M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T. selaku tim penguji yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Bapak Latif, Mas Wancil, Iwe, dan Arip yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta memberikan saran-saran demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Ibunda Siti Maryam, Bapak Markijo serta adikku Haris Yoga Pangestu dan Ahmad Naufal Azzam Qais. Terima kasih atas semua doa, dukungan baik secara materi maupun moral, dukungan, kasih sayang serta doa restunya.
7. Teman-teman satu perjuangan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya Angkatan 2009 yang tidak dapat saya

sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini.

8. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro bidang konsentrasi elektronika kendali. Kritik dan saran yang mambangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, Februari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.4.1 Peneliti	2
1.4.2 Instansi Teknik Elektro	2
1.4.3 Masyarakat	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kopi	4
2.2 Teknik Penyangraian Kopi	5
2.3 Sensor	6
2.3.1 Sensor Suhu.....	7
2.4 ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	11
2.5 Pengolah Sinyal	12

2.6	Mikrokontroler.....	14
2.7	Motor DC.....	16
2.7.1	Motor Servo	17
2.8	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	18
2.9	Logika <i>Fuzzy</i>	19
2.10	<i>Relay</i>	22
BAB 3. METODE PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Alat dan Bahan.....	22
3.2.1	Perangkat Keras	23
3.2.2	Perangkat Lunak	23
3.3	Perancangan Alat	23
3.4	Perancangan Mekanik	27
3.5	Perancangan Elektronik	28
3.5.1	Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	28
3.5.2	<i>Driver</i> Motor	29
3.6	Perancangan Sistem Kendali	30
3.7	Perancangan Program	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengujian Perangkat Keras	33
4.1.1	Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	33
4.1.2	Sensor Suhu.....	34
4.1.3	Mikrokontroler	35
4.1.4	ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	36
4.2	Pengujian Perangkat Lunak	38
4.2.1	Program Sensor Suhu	39
4.2.2	Program <i>Fuzzy</i>	40

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Nilai Fuzzifikasi	31
Tabel 3.2 Aturan <i>Fuzzy</i>	31
Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	34
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Suhu	34
Tabel 4.3 Fungsi Pin Mikrokontroler Arduino 2560	35
Tabel 4.4 Pengujian ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	37
Tabel 4.5 Pengujian Pembacaan Sensor Suhu	40
Tabel 4.6 Pengujian Algoritma <i>Fuzzy</i>	43
Tabel 4.7 Pengubahan Nilai Defuzzifikasi Menjadi Pergerakan Motor Servo	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 (a) Kopi Arabika, (b) Kopi Robusta	4
Gambar 2.2 Hasil Penyangraian	5
Gambar 2.3 Rangkaian Termokopel	7
Gambar 2.4 Grafik Termokopel	9
Gambar 2.5 Sensor RTD	9
Gambar 2.6 Sensor LM35	10
Gambar 2.7 Rangkaian Sensor LM35	10
Gambar 2.8 Sensor Suhu Berbasis Inframerah	11
Gambar 2.9 Kecepatan <i>Sampling</i> ADC.....	12
Gambar 2.10 Sinyal Analog dan Sinyal Digital	12
Gambar 2.11 (a) Sinyal Analog, (b) Sinyal Terkuantisasi, (c) Sinyal Diskrit, (d) Sinyal Digital	13
Gambar 2.12 Mikrokontroler	14
Gambar 2.13 Atmega 2560	15
Gambar 2.14 (a) Simbol Motor DC, (b) Prinsip Kerja Motor.....	16
Gambar 2.15 Motor Servo.....	18
Gambar 2.16 LCD 2 x 16	18
Gambar 2.17 Proses Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	19
Gambar 2.18 Fungsi Segitiga	20
Gambar 2.19 Fungsi Trapesium	20
Gambar 2.20 Fungsi S	21
Gambar 2.21 Fungsi Lonceng	21
Gambar 2.22 Komponen Penyusun <i>Relay</i>	23
Gambar 2.23 Simbol <i>Relay</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Blok Alat	25
Gambar 3.2 Mesin Penyangrai Kopi	26
Gambar 3.3 Penempatan Sensor Suhu	26
Gambar 3.4 Aktuator Sistem Pengendali Suhu	27

Gambar 3.5	Aktuator Pintu Pendingin dan Pintu Tabung Penyangrai.....	27
Gambar 3.6	Rangkaian Pembagi Tegangan	28
Gambar 3.7	<i>Driver Motor H-bridge</i>	29
Gambar 3.8	Diagram Blok Sistem Kendali Suhu	30
Gambar 3.9	Himpunan Fungsi Keanggotaan <i>Error</i> Suhu	30
Gambar 3.10	Himpunan Fungsi Keanggotaan Δ <i>Error</i>	30
Gambar 3.11	Diagram Alir Algoritma Program	32
Gambar 4.1	Hasil Perancangan <i>Board</i> Pengkondisi Sinyal	33
Gambar 4.2	Sensor RTD Pemanding	34
Gambar 4.3	Arduino 2560.....	35
Gambar 4.4	Termometer Inframerah.....	36
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Nilai ADC Terhadap Suhu	37
Gambar 4.6	Perangkat Lunak Arduino 1.0.5.....	38
Gambar 4.7	Pembacaan Sensor Suhu	40
Gambar 4.8	Grafik Perubahan Suhu ke-1	45
Gambar 4.9	Grafik Perubahan Suhu ke-2	46
Gambar 4.10	Grafik Perubahan Suhu ke-3	47