

**KONTROL MESIN PENDING SEBAGAI ALAT BANTU
GREENHOUSE DALAM PENDINGAN KOPI PROSES
NATURAL BERBASIS KENDALI *FUZZY***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Rafi Ahmad Ramadan

220341042



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Kontrol Mesin Pengering Sebagai Alat Bantu *Greenhouse* Dalam
Pengeringan Kopi Proses Natural Berbasis Kendali *Fuzzy***

Oleh:

Rafi Ahmad Ramadan

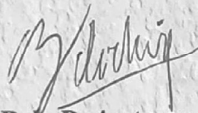
220341042

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, dd mm 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Ir. Bolo Dwiartomo, M.Eng.
NIP. 196810301995121001

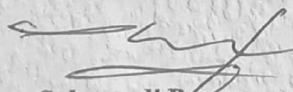
Pembimbing II,



Nurvanti, S.T., M.Sc.
NIP. 197604262009122002

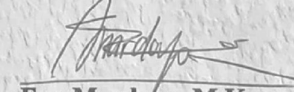
Disahkan,

Penguji I,



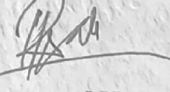
Suharyadi Pancono,
Dipl.Ing.HTL., M.T.
NIP.
196701171990031004

Penguji II,



Ega Mardoyo, M.Kom.
NIP.
198612032009121006

Penguji III,



Muhammad Nursyam
Rizal, S.Tr.T., M.Sc.
NIP.
199503012024061001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Rafi Ahmad Ramadan
NIM	:	220341042
Jurusan	:	Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Kontrol Mesin Pengering Sebagai Alat Bantu <i>Greenhouse</i> Dalam Pengeringan Kopi Proses Natural Berbasis Kendali <i>Fuzzy</i>

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : dd – mm – yyyy
Yang Menyatakan,

(Rafi Ahmad Ramadan)
NIM 220341042

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafi Ahmad Ramadan
NIM : 220341042
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kontrol Mesin Pengering Sebagai Alat Bantu
Greenhouse Dalam Pengeringan Kopi Proses
Natural Berbasis Kendali *Fuzzy*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : dd – mm – yyyy
Yang Menyatakan,

(Rafi Ahmad Ramadan)
NIM 220341042

MOTO PRIBADI

Dilarang kecelakaan(lagi).

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Kontrol Mesin Pengering Sebagai Alat Bantu *Greenhouse* Dalam Pengeringan Kopi Proses Natural Berbasis Kendali *Fuzzy*”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.AB.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.St., M.T., M.Sc.Eng.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Ir. Bolo Dwiartomo, M.Eng. dan Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Suharyadi Pancono, Dipl.Ing.HTL., M.T., Bapak Ega Mardoyo, M.Kom., dan Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc.
6. Panitia tugas akhir yang telah membimbing serta menuntun sehingga Penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Mia dan Bapak Wawan yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril maupun materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk kakak dan adik saya yang selalu mau direpotin.
9. Untuk dr. Aldi Rinaldi, Sp. OT. yang telah menjadi perantara Tuhan untuk menyelamatkan tubuh Penulis.
10. Buat sahabat-sahabat saya yang aneh bin ajaib.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, dd mm yyyy

Penulis

ABSTRAK

Pengeringan biji kopi merupakan salah satu langkah dalam pengolahan kopi untuk menurunkan kadar air sehingga ketika mencapai tahap distribusi tidak terjadi pembusukan yang diakibatkan fermentasi. Standar mutu kadar air biji kopi di dunia bernilai maksimal 12% – 14%. Indonesia berada pada garis khatulistiwa yang hanya mempunyai musim kemarau dan hujan. Akan tetapi, perubahan iklim yang terjadi mengakibatkan petani kopi yang menggunakan cara konvensional dalam pengeringan tidak berjalan sesuai yang diharapkan meskipun dalam musim kemarau sekalipun. Hal ini dapat merugikan para petani karena penurunan mutu biji kopi akibat tidak optimalnya durasi pengeringan. Dengan demikian, *greenhouse* dapat menjadi alternatif pengeringan di siang hari serta mesin pengering sebagai bantuan untuk pemanas pada ruangan *greenhouse* ketika malam hari. Pada penelitian ini, penerapan mesin pengering dapat dimanfaatkan sebagai pemanas dengan kendali *Fuzzy Logic* untuk mencapai *setpoint* temperatur yang diinginkan dan kelembaban yang serendah-rendahnya pada ruangan *greenhouse*. Mikrokontroler pada alat penelitian ini menggunakan Arduino Mega 2560 dengan sensor DHT22 untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembaban pada ruang *greenhouse*. Penerapan kendali *Fuzzy Logic* ini dapat menstabilkan suhu pada *setpoint* yang diinginkan serta mengurangi kelembaban pada ruang *greenhouse*. Penelitian ini terbukti berhasil membuat proses pengeringan biji kopi berjalan konsisten dan optimal sesuai yang diharapkan.

Kata kunci: Pengering, *Greenhouse*, *Fuzzy*, Kopi, Suhu, Arduino Mega 2560.

ABSTRACT

Drying coffee beans is one of the steps in coffee processing to reduce the moisture content so that when it reaches the distribution stage there is no spoilage caused by fermentation. The quality standard for coffee bean moisture content in the world is a maximum of 12% - 14%. Indonesia is located on the equator which only has dry and rainy seasons. However, climate change has resulted in coffee farmers who use conventional methods in drying not running as expected even in the dry season. This can be a huge disadvantage for the farmers due to the lower quality of the coffee beans caused by not optimal drying duration. For this reason, the greenhouse can be an alternative for drying during the day and the drying machine as an assistant for heating in the greenhouse room at night. In this study, the application of a drying machine can be utilized as a heater with Fuzzy Logic control to achieve the desired temperature setpoint and the least humidity in the greenhouse room. The microcontroller in this research tool uses Arduino Mega 2560 with a DHT22 sensor to monitor the temperature and humidity conditions in the greenhouse room. The application of Fuzzy Logic control can stabilize the temperature at the desired setpoint and reduce the humidity in the greenhouse room. This research has proven successful in making the coffee bean drying process run consistently and optimally as expected.

Keywords: Drying, Greenhouse, Fuzzy, Coffee, Temp, Arduino Mega 2560.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-4
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-5
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Kopi.....	II-1
II.1.1.1 Anatomi Kopi	II-1
II.1.1.2 Pengolahan Kopi.....	II-2
II.1.1.3 Syarat Mutu Biji Kopi.....	II-3
II.1.2 Pengeringan.....	II-4
II.1.2.1 Pengeringan Biji Kopi	II-4
II.1.2.2 Suhu dan Termodinamika Udara	II-5
II.1.2.3 Kelembaban	II-6
II.1.2.4 Kecepatan Udara.....	II-6
II.1.2.5 Laju Pengeringan	II-6
II.1.3 Psikometrik	II-7
II.1.4 Rumah Kaca	II-8
II.1.4.1 Bentuk Rumah Kaca	II-9

II.1.4.2	Bahan Penutup Rumah Kaca	II-9
II.1.5	Fuzzy	II-10
II.2	Tinjauan Alat.....	II-12
II.2.1	Arduino Mega 2560	II-12
II.2.2	DHT22	II-13
II.2.3	Motor Servo	II-14
II.2.4	<i>Blower</i>	II-15
II.2.5	<i>Load Cell</i>	II-15
II.2.6	<i>Burner</i>	II-15
II.2.7	LCD.....	II-16
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-16
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		III-1
III.1	Metodologi Penelitian.....	III-1
III.1.1	Metode Pengembangan Sistem	III-2
III.2	Analisis Kebutuhan.....	III-3
III.2.1	Pendefinisian Tugas dan Tuntutan	III-3
III.2.2	Analisis Tuntutan Sistem	III-3
III.3	Desain Sistem	III-4
III.3.1	Rancangan Sistem	III-4
III.3.2	Diagram Alir Pengerjaan.....	III-7
III.3.3	Diagram Alir Sistem	III-9
III.3.3.1	Diagram Alir Kendali	III-10
III.3.3.2	Diagram Alir Penyimpanan Data.....	III-12
III.3.4	Perancangan Sistem	III-13
III.3.4.1	Perancangan Mekanik.....	III-13
III.3.4.2	Perancangan Elektrik	III-16
III.3.4.3	Perancangan Fuzzy	III-18
III.3.4.4	Perancangan Antarmuka	III-29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
IV.1	Implementasi Rancangan	IV-1
IV.1.1	Implementasi Mekanik.....	IV-1
IV.1.2	Implementasi Elektrik	IV-5
IV.1.3	Implementasi Fuzzy	IV-9
IV.1.4	Implementasi Antarmuka	IV-11
IV.2	Pengujian Sistem.....	IV-13
IV.2.1	Pengujian Logika Fuzzy.....	IV-13

IV.2.2 Pengujian Pengeringan.....	IV-16
IV.2.2.1 Pengujian Tanpa Sampel	IV-17
IV.2.2.2 Pengujian Dengan Sampel	IV-25
BAB V PENUTUP.....	V-1
V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA.....	VI-2
LAMPIRAN.....	VII-1

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 [35]	II-12
Tabel II. 2 Spesifikasi DHT22 [36].....	II-13
Tabel II. 3 Penelitian Terdahulu.....	II-16
Tabel III. 1 Tuntutan Sistem	III-4
Tabel III. 2 Daftar Komponen Elektrik.....	III-16
Tabel III. 3 Rules Fuzzy Temperatur	III-23
Tabel III. 4 Rules Fuzzy Kelembaban Tanpa Penggunaan Burner	III-28
Tabel IV. 1 Data Perbandingan Output Fuzzy Temperatur di Arduino dan Matlab	IV-13
Tabel IV. 2 Data Perbandingan keluaran Blower In di Arduino dan Matlab ..	IV-14
Tabel IV. 3 Data Perbandingan keluaran Blower Out di Arduino dan Matlab	IV-15
Tabel IV. 4 Data Perbandingan keluaran Katup In di Arduino dan Matlab	IV-15
Tabel IV. 5 Data Perbandingan keluaran Katup From GH di Arduino dan Matlab	IV-15
Tabel IV. 6 Data Perbandingan keluaran Katup Out di Arduino dan Matlab..	IV-16
Tabel IV. 7 Data Perbandingan keluaran Katup To GH di Arduino dan Matlab.	IV-16
Tabel IV. 8 Penggunaan LPG pada Pengujian Mesin Tanpa Sampel dan Tanpa Hubungan	IV-18
Tabel IV. 9 Penggunaan LPG pada Pengetesan Batas Setpoint Fuzzy Temperatur	IV-20
Tabel IV. 10 Penggunaan LPG pada pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 4	IV-22
Tabel IV. 11 Penggunaan LPG pada pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 5	IV-23
Tabel IV. 11 Penggunaan LPG pada pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 6	IV-25

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Contoh Biji kopi (Arabika dan Robusta).....	II-1
Gambar II. 2 Anatomi buah kopi	II-1
Gambar II. 3 Berbagai Biji Kopi Setelah Proses Pengolahan.....	II-3
Gambar II. 4 Proses Perpindahan Massa Uap Air.....	II-5
Gambar II. 5 Grafik Laju Pengeringan	II-7
Gambar II. 6 Diagram Psikometrik.....	II-7
Gambar II. 7 Sistem Kerja Rumah Kaca.....	II-8
Gambar II. 8 Bentuk-bentuk pada Rumah Kaca: (a) Tunnel, (b) Piggy-back, (c) Hybrid	II-9
Gambar II. 9 Ilustrasi Logika Fuzzy pada Temperatur	II-10
Gambar II. 10 Inferensi pada Fuzzy.....	II-11
Gambar II. 11 Arduino Mega 2560.....	II-12
Gambar II. 12 DHT22	II-13
Gambar II. 13 Motor Servo.....	II-14
Gambar II. 14 Blower	II-15
Gambar II. 15 Load Cell	II-15
Gambar II. 16 LCD	II-16
Gambar III. 1 Diagram Alir Penelitian	III-1
Gambar III. 2 Metode Pengembangan Waterfall	III-2
Gambar III. 3 Gambaran Umum Sistem	III-4
Gambar III. 4 Gambaran Singkat Sistem.....	III-5
Gambar III. 5 Gambaran Sistem Keseluruhan	III-6
Gambar III. 6 Diagram Alir Sistem.....	III-9
Gambar III. 7 Diagram Alir Mode	III-10
Gambar III. 8 Diagram Alir Fuzzy.....	III-10
Gambar III. 9 Diagram Alir Penyimpanan Data Pengeringan	III-12
Gambar III. 10 Desain Perubahan Burner: (a) Dudukan Burner, (b) Ruang Pembakaran, (c) Burner	III-13
Gambar III. 11 Assembly Komponen Ruang Pembakaran Baru	III-14
Gambar III. 12 Katup Untuk Mensirkulasikan udara.....	III-14
Gambar III. 13 Assembly Katup: (a) Blower Input, (b) Blower Output.....	III-15

Gambar III. 14 Greenhouse.....	III-15
Gambar III. 15 HMI pada Pintu Panel	III-16
Gambar III. 16 Kendali untuk logika Fuzzy pada Sistem.....	III-18
Gambar III. 17 Fuzzy Temperatur pada MatLab	III-19
Gambar III. 18 Himpunan Input pada Fuzzy Temperatur: (a) Himpunan Suhu Mesin, (b) Himpunan Error.....	III-19
Gambar III. 19 Himpunan Output Gas pada Fuzzy Temperatur.....	III-21
Gambar III. 20 Himpunan Output Katup pada Fuzzy Temperatur: (a) Himpunan Katup To GH, (b) Himpunan Katup Out	III-22
Gambar III. 21 Tampilan FIS Fuzzy Temperatur pada MatLab	III-23
Gambar III. 22 Fuzzy Kelembaban pada MatLab.....	III-24
Gambar III. 23 Himpunan Input pada Fuzzy Kelembaban: (a) Himpunan Kelembaban GH, (b) Himpunan Kelembaban ENV.....	III-25
Gambar III. 24 Himpunan Output untuk Blower pada Fuzzy Kelembaban: (a) Himpunan Blower Input, (b) Himpunan Blower Output	III-25
Gambar III. 25 Himpunan Output untuk Buka-an Katup pada Fuzzy Kelembaban: (a) Katup Input, (c) Katup Out, (c) Katup Out, (c) Katup Out	III-26
Gambar III. 26 Tampilan FIS Fuzzy Kelembaban pada MatLab.....	III-29
Gambar III. 27 Laman Awal Antarmuka pada PC.....	III-29
Gambar III. 28 Laman Utama untuk Melihat Data pada Antarmuka	III-30
Gambar IV. 1 Implementasi Burner.....	IV-1
Gambar IV. 2 Katup Input	IV-2
Gambar IV. 3 Katup Output.....	IV-2
Gambar IV. 4 Greenhouse tampak samping	IV-3
Gambar IV. 5 Greenhouse tampak depan	IV-3
Gambar IV. 6 Pintu pada Panel sebagai HMI.....	IV-4
Gambar IV. 7 Rangkaian Daya dalam Panel (1).....	IV-5
Gambar IV. 8 Rangkaian Daya dalam Panel (2).....	IV-5
Gambar IV. 9 Komponen dalam Panel (1).....	IV-5
Gambar IV. 10 Komponen dalam Panel (2).....	IV-6
Gambar IV. 11 Box dalam Greenhouse	IV-6
Gambar IV. 12 Pemetaan Letak DHT22 pada Greenhouse	IV-7

Gambar IV. 13 DHT22 pada Greenhouse: (a) DHT22 GH1, (b) DHT22 GH2, (c) DHT22 GH3, (d) DHT22 GH4	IV-7
Gambar IV. 14 Komponen Aktuator pada Sistem	IV-8
Gambar IV. 15 LoadCell 200Kg.....	IV-9
Gambar IV. 16 Himpunan Fuzzy pada Arduino: (a) Fuzzy Temperatur, (b) Fuzzy Kelembaban.....	IV-9
Gambar IV. 17 Inferensi Fuzzy pada Arduino: (a) Fuzzy Temperatur, (b) Fuzzy Kelembaban.....	IV-10
Gambar IV. 18 Defuzifikasi pada Arduino	IV-10
Gambar IV. 19 Tampilan Awal Antarmuka.....	IV-11
Gambar IV. 20 Koneksi pada Antarmuka.....	IV-11
Gambar IV. 21 Laman Informasi pada Antarmuka	IV-12
Gambar IV. 22 Tombol Rekam pada Antarmuka	IV-12
Gambar IV. 23 Berhenti Rekam dan Simpan ke Excel pada Antarmuka	IV-12
Gambar IV. 24 Penyimpanan pada Folder Setelah Merekam.....	IV-13
Gambar IV. 25 Grafik Pengujian Tanpa Sampel pada Mesin.....	IV-17
Gambar IV. 26 Grafik Pengujian Tanpa Sampel dan Mesin Pengering pada Greenhouse.....	IV-18
Gambar IV. 27 Grafik Suhu pada Pengetesan Batas Setpoint untuk Fuzzy Temperatur	IV-19
Gambar IV. 28 Grafik Kelembaban pada Pengetesan Batas Setpoint untuk Fuzzy Temperatur	IV-20
Gambar IV. 29 Grafik Suhu pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 4	IV-21
Gambar IV. 30 Grafik Output Aktuator pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 4	IV-21
Gambar IV. 31 Grafik Suhu pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 5	IV-22
Gambar IV. 32 Grafik Output Aktuator pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 5	IV-23
Gambar IV. 33 Grafik Suhu pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 6	IV-24

Gambar IV. 34 Grafik Output Aktuator pada Pengujian Kendali Fuzzy Temperatur dengan Setpoint 6	IV-24
Gambar IV. 35 Grafik Suhu pada Pengujian Tanpa Hubungan Dengan Sampel IV- 26	
Gambar IV. 36 Grafik Kelembaban pada Pengujian Tanpa Hubungan Dengan Sampel.....	IV-26
Gambar IV. 37 Grafik Bobot pada Pengujian Dengan Sampel dan Tanpa Hubungan pada Greenhouse	IV-27
Gambar IV. 38 Grafik Suhu pada Pengujian Massa Sampel Produksi dan Dengan Kendali	IV-28
Gambar IV. 39 Grafik Kelembaban pada Pengujian Massa Sampel Produksi dan Dengan Kendali.....	IV-28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Wiring Diagram Elektrik.....	VII-1
Lampiran 2 : Transkrip Wawancara.....	VII-5
Lampiran 3 : Data Hasil Perekaman	VII-10

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Kg = Bobot/Massa [Kilo Gram]

L = Unit Volume Benda Cair [Liter]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sektor pertanian merupakan bagian dari penyumbang PDB terbesar di Indonesia. Per tahun 2022, sektor yang terdiri dari pertanian, kehutanan, dan perikanan ini bertengger pada posisi ketiga penyumbang terbesar PDB di Indonesia dengan persentase 12,4% [1]. Komoditas dalam pertanian ini salah satunya adalah kopi yang bahkan Indonesia menjadi produsen kopi keempat terbesar di dunia. Sebagian besar kopi yang diekspor berbentuk biji kering/*greenbean* yang siap untuk diroasting sebesar 98.01% [2]. Pengolahan terakhir biji kopi sebelum memasuki tahap distribusi adalah pengeringan. Pengeringan ini bertujuan agar kadar air pada biji kopi mencapai nilai yang aman sebelum tahap distribusi dan kualitas kopi sebelum proses roasting menghasilkan cita rasa dan karakteristik kopi maksimal [3]. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional, syarat mutu umum kadar air untuk biji kopi bernilai maksimal diangka 12,5% [4].

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk proses pengeringan biji kopi dan pada umumnya yang sering digunakan adalah cara konvensional berupa pengeringan dengan dijemur dibawah sinar matahari. Secara astronomis, Indonesia berada pada garis khatulistiwa yang memiliki iklim tropis dengan paparan sinar matahari sepanjang tahun. Akan tetapi, perubahan iklim yang diakibatkan pemanasan global menyebabkan ekstremnya cuaca dan sulitnya memprediksi musim [5]. Cuaca yang buruk dan sulitnya memprediksi cuaca mengakibatkan semakin lamanya proses pengeringan. Proses pengeringan yang berlangsung terlalu lama dan tidak baik dapat mengakibatkan pertumbuhan mikroorganisme pada biji kopi sehingga mempercepat kerusakan biji kopi sehingga mutu biji kopi menjadi rendah [6]. Oleh karena itu, pengeringan menggunakan *greenhouse* dapat menjadi alternatif untuk mengatasi hal tersebut dan mesin pengering dapat dimanfaatkan alat bantu pengeringan pada ruang *greenhouse*. Mesin pengering ini dapat membantu pengeringan dengan cara menghangatkan ruang *greenhouse* ketika tidak mendapatkan sinar matahari serta membuang kelembaban akibat pengeringan yang

terjadi dan penggunaan ruang *greenhouse* yang dapat memaksimalkan pengeringan di bawah sinar matahari. Penelitian kali ini akan mengembangkan alat dari penelitian terdahulu berupa mesin pengering yang telah dibuat dengan penambahan berupa kendali suhu dan kelembaban sehingga pengeringan dalam *greenhouse* dapat berjalan lebih stabil dalam pengurangan kadar air biji kopi dengan kondisi dan syarat yang telah ditentukan. Tujuan pada penelitian ini adalah memanfaatkan pembakaran yang diolah dalam mesin pengering serta penggunaan *blower* yang diatur jalur sirkulasinya menggunakan katup untuk menciptakan suhu dan kelembaban yang diharapkan pada saat pengeringan menggunakan ruang *greenhouse*.

Penelitian terdahulu telah menghasilkan beberapa metode pengeringan yang efektif. Pertama, penelitian yang telah dilakukan F. Wijayanti dan W. Hariani mendapatkan hasil yang positif untuk proses pengeringan biji kopi dengan metode pengering rumah kaca. Pengeringan ini mendapatkan hasil berupa proses pengeringan lebih singkat untuk mencapai kadar air yang telah ditentukan dibandingkan cara konvensional [7]. Kedua, penelitian yang dilakukan oleh S. Budi, V. A. Koehuan, dan Nurhayati yaitu proses pengeringan biji kopi yang sama seperti penelitian Wijayanti dan Hariani. Penelitian ini membuktikan efisiensi pengeringan dari *greenhouse* yang lebih tinggi dan memperlihatkan nilai temperatur ruangan yang lebih tinggi dibandingkan temperatur lingkungan [8]. Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh R. Silaban, K. Panjaitan, B. M. T. Pakpahan, dan B. Siregar berupa pengeringan biji kopi menggunakan pengering mekanis berbentuk oven. Penelitian ini menunjukkan hasil yang cukup baik di mana laju pengeringan biji kopi dapat mencapai 0,02 gram/detik pada metode fullwash (metode pencucian) sehingga pengeringan yang dibutuhkan hingga mencapai syarat mutu kadar air batas biji kopi hanya membutuhkan 9 jam pengeringan saja [9]. Terakhir, penelitian dilakukan oleh B. Indarto, S. Puspitasari, dan H. Sunarno yaitu pemanfaatan panas buang Air Conditioner (AC) pada pengeringan benih padi. Pemanfaatan buang panas dari AC ini dapat mempertahankan suhu dan kelembaban pada lemari pengering yang menghasilkan benih padi pada kadar air 11% dalam rentang waktu 10 jam pengeringan [10].

Pada penelitian kali ini, mesin pengering telah ditentukan dengan memanfaatkan alat penelitian sebelumnya. Alat yang akan dikembangkan adalah hasil dari penelitian yang dilakukan oleh M. Sidiq, U. Rumendi, dan H. Setiawan berupa mesin pengering daun-daunan dan biji-bijian berkapasitas sedang (20kg) bertenaga uap panas kering [11]. Akan tetapi, alat penelitian yang akan dilakukan masih memiliki beberapa pengembangan yang perlu dilakukan. Beberapa pengembangan tersebut yaitu: kendali temperatur pada *greenhouse* berdasarkan *setpoint* menggunakan mesin pengering, perubahan sistem pemanas dari pemanas dengan sumber listrik akan diubah menjadi pemanasan dengan sumber gas, dan penambahan jalur sirkulasi menggunakan katup untuk penyaluran udara menuju ruang pengering *greenhouse* dan keluar dari ruang pengering *greenhouse*. Jalur sirkulasi ini menjadi titik utama dalam penelitian kali ini, di mana udara panas yang dihasilkan pembakaran pada mesin pengering dapat digunakan untuk meningkatkan suhu pada ruang *greenhouse* juga dapat membuang udara lembab yang berada pada ruang *greenhouse*. Biji kopi yang akan dikeringkan juga harus memiliki rentang waktu pengeringan tidak terlalu cepat namun juga memperpendek durasi pengeringan daripada metode konvensional, pengeringan berkisar pada 3 - 7 hari agar tidak merubah karakteristik biji kopi [12]. Karakteristik biji kopi yang optimal dapat dihasilkan dari pengendalian senyawa kimia yang bertanggung jawab dalam pengeringan dapat dikendalikan oleh suhu dan kelembabannya. Oleh karena itu, diharapkan penelitian ini dapat mencapai hasil yang ditujukan serta memberikan kontribusi dalam kualitas alat pengeringan biji kopi di Indonesia.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dituliskan, maka didapatkan beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan pemanfaatan mesin pengering untuk ruang *greenhouse* dalam proses pengeringan biji kopi?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kendali suhu ruang *greenhouse* berdasarkan *setpoint* yang telah ditentukan dengan penggunaan logika kendali *fuzzy*?

3. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan pengembangan mesin pengering dalam perubahan pemanas dari sumber listrik menjadi sumber gas?

I.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang ada, agar pembahasan penelitian lebih spesifik dan terarah maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan sebagai kendali utama dalam sistem adalah Arduino Mega 2560, dikarenakan memiliki kapasitas memori terbesar dibandingkan Arduino lainnya dan juga cukup untuk menjalankan komputasi kendali *fuzzy*. Kemudian sistem akan menggunakan sensor DHT22 sebagai sensor pada suhu dan kelembaban sektor pengeringan dan *loadcell* akan digunakan sebagai sensor untuk mengukur massa sampel produk.
2. Sistem pengeringan dengan pemanfaatan mesin pengering akan menggunakan katup sirkulasi dan *blower* untuk mengatur sirkulasi udara antara ruang *greenhouse* dan lingkungan.
3. Sistem kendali suhu pada pengeringan akan menggunakan kendali *fuzzy* untuk mengendalikan suhu berdasarkan *setpoint*. *Setpoint* yang dimaksud ialah kenaikan nilai temperatur yang diinginkan dibandingkan dengan suhu lingkungan. Untuk *setpoint* pada kendali otomatis, dibutuhkan uji coba terlebih dahulu untuk mengetahui nilai maksimum suhu pada ruang *greenhouse* dengan penggunaan pemanas mesin pengering pada bukaan gas terkecil sehingga diketahui batas maksimum tingkat *setpoint* yang dapat diterapkan. Penggunaan kendali berdasarkan *setpoint* ini akan digunakan ketika malam hari ketika tidak adanya sinar matahari.
4. Penggunaan gas akan menggantikan pemanas listrik dengan kendali pada saluran gasnya untuk mengatur api pada *burner*. Pengaturan pengapian ini akan menggunakan *servo* yang dipasangkan pada saluran gas di mana aliran gas dapat diatur menggunakan mikrokontroler untuk pengendaliannya.

5. Pengujian menggunakan sampel berupa majun yang akan dibasahi air sebagai pengganti biji kopi dikarenakan sudah terlewatnya masa panen buah kopi.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ialah:

Merancang ruang pengering *greenhouse* dan memanfaatkan mesin pengering yang dikembangkan untuk pengendalian suhu dan pengurangan kelembaban berbasis *fuzzy* pada ruang pengeringan *greenhouse*. Sistem akan dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan tujuan mencapai pengeringan biji kopi yang lebih optimal.

Adapun manfaat dari penelitian ini berupa:

1. Menggunakan sistem pengendalian dapat menjaga proses pengeringan secara optimal dan konsisten sehingga kualitas biji kopi yang didapatkan menjadi lebih baik dalam durasi yang diharapkan sehingga tidak merusak karakteristik biji kopi.
2. Efisiensi dari alat ini dapat mengurangi tenaga dan waktu yang dibutuhkan petani untuk proses pengeringan biji kopi.
3. Implementasi dari alat dapat meningkatkan produktivitas pengolahan biji kopi yang ada pada saat ini dikarenakan sistem yang dapat memaksimalkan pengeringan pada saat cuaca tidak mendukung untuk pengeringan konvensional.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan.