

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PENDINGINAN BIJI
KAKAO OTOMATIS DENGAN KENDALI METODE *FUZZY LOGIC***

(Skripsi)

Oleh

M. DIMAS RADITYA PRATAMA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MONITRING PENGERINGAN BIJI KAKAO OTOMATIS DENGAN KENDALI METODE LOGIKA *FUZZY*

Oleh

M. DIMAS RADITYA PRATAMA

Proses pengeringan biji kakao merupakan tahapan penting dalam menjaga kualitas pascapanen. Metode pengeringan tradisional yang masih banyak digunakan memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap kondisi cuaca, waktu pengeringan yang lama, serta kurangnya kontrol terhadap suhu dan kelembaban. Hal ini sering menyebabkan kualitas biji kakao menurun dan tidak sesuai dengan standar yang diharapkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sistem pengering biji kakao otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Mega2560 dengan metode kendali logika *Fuzzy Sugeno*.

Sistem ini menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban, serta sensor *Load Cell* untuk mengukur massa biji kakao. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu memantau dan mengendalikan suhu, kelembaban, dan massa secara efektif. Proses pengeringan membutuhkan waktu sekitar kurang lebih 5 jam untuk menurunkan massa biji kakao basah dari 213,3 gram menjadi 105,4 gram dengan persentase penurunan sebesar 50,58%. Dengan demikian, alat yang dirancang terbukti dapat mempercepat proses pengeringan sekaligus menjaga kualitas biji kakao.

Kata Kunci: Pengereng kakao, *Fuzzy Sugeno*, Arduino Mega2560, DHT22, *Load Cell*.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC COCOA BEAN DRYING MONITORING SYSTEM USING FUZZY LOGIC CONTROL METHOD

By

M. DIMAS RADITYA PRATAMA

The drying process of cocoa beans is a crucial stage in maintaining post-harvest quality. Traditional drying methods, which are still widely used, have several limitations such as dependence on weather conditions, long drying time, and lack of precise control over temperature and humidity. These issues often result in decreased cocoa bean quality that does not meet the desired standards. To address these problems, this study designed and developed an automatic cocoa bean dryer system using an Arduino Mega2560 microcontroller with the Sugeno Fuzzy logic control method.

The system employs a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, as well as a Load Cell sensor to measure the weight of cocoa beans. The experimental results show that the system can effectively monitor and control temperature, humidity, and weight. The drying process required approximately 5 hours to reduce the mass of wet cocoa beans from 213.3 grams to 105.4 grams, achieving a reduction percentage of 50.58%. Therefore, the developed system has proven to accelerate the drying process while maintaining the quality of cocoa beans.

Keywords: Cocoa dryer, Sugeno Fuzzy Logic, Arduino Mega2560, DHT22, Load Cell.

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PENGERINGAN BIJI
KAKAO OTOMATIS DENGAN KENDALI METODE *FUZZY LOGIC***

Oleh

M. DIMAS RADITYA PRATAMA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Elektro
Fakultas Teknik**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
PENGERINGAN BIJI KAKAO OTOMATIS
DENGAN KENDALI METODE *FUZZY*
LOGIC.**

Nama Mahasiswa

: **M. Dimas Raditya Pratama**

No. Pokok Mahasiswa

: 2115031091

Program Studi

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.
NIP. 19651021 199512 2 001


Ir. Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T.
NIP 19910610 201903 2 024

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ketua Program Studi
Teknik Elektro


Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 19710314 199903 2 001


Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 19731104 20000 3 100

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.**



Sekretaris : **Ir. Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T.**



Penguji : **Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik




Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T, M.Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Juli 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juli 2025



M. Dimas Raditya Pratama
NPM. 2115031091

RIWAYAT HIDUP



M. Dimas Raditya Pratama lahir di Bandar Lampung pada tanggal 9 Mei 2003. Penulis lahir dari pasangan Ayah Suyadi dan Ibu Winda Safitri sebagai anak pertama dari dua bersaudara dengan adik M. Tegar Dwi Prakoso. Penulis mempunyai riwayat pendidikan di TK An-Nur, SD Negeri 1 Keteguhan, SMP Negeri 3 Bandar Lampung, dan SMA Negeri 2 Bandar Lampung hingga lulus pada tahun 2021. Penulis menjadi mahasiswa baru di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2021 diterima melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Penulis aktif dalam organisasi intra kampus, yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) sebagai kepala departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri 2023 dan menjadi anggota HIMATRO UNILA divisi Minat dan Bakat pada tahun 2022, serta penulis juga aktif menjadi asisten Laboratorium Teknik Kendali dari Tahun 2023-2025. Penulis melaksanakan kerja praktik di PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Panjang pada tahun 2024 dengan judul laporan “Analisis Efisiensi Energi Sumber Daya Listrik Pada Lampu Tiang *High Mast Pole* (HMP) Menggunakan *Timer Switch* Di PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Panjang”.

***“Perbanyak Motivasi Dan Pilihlah Satu
Persatu Untuk Dieksekusi.”***

***“The only thing we have to fear is fear
itself.”***

- *Franklin D Roosevelt*

Sebuah persembahan dan bentuk tanggung
jawab untuk Mama, Papa, Adek,,dan
orang-orang yang saya sayangi dan
cintai.

SANWACANA

Puji Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat, Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dan kemudahan untuk menjalankan perkuliahan, penelitian, dan penulis naskah skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengeringan Biji Kakao Otomatis Dengan Kendali Metode *Fuzzy Logic*”** hingga selesai.

Selama proses menyelesaikan skripsi ini, penulis menyakini banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, dukungan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan telah memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T. selaku Pembimbing Utama tugas akhir, yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta selalu memberi bantuan, dukungan, motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih ibu, atas arahan dan nasihat yang selalu diberikan selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi ini;
6. Ibu Ir. Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T. selaku Pembimbing

Pendamping tugas akhir, yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta selalu memberi bantuan, dukungan, motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih ibu, atas arahan dan nasihat yang selalu diberikan selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi ini.

7. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku Penguji Utama tugas akhir yang bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta selalu memberi bantuan, dukungan motivasi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih bapak, atas arahan dan nasihat yang selalu diberikan selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D.. sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
9. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
10. Kak Perdana Agung Nugraha, S.T. selaku PLP Laboratorium Teknik Kendali. Terima kasih atas ilmu dan diberikannya tempat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Kedua orang tua yang tercinta dan tersayang, Papa Suyadi dan Mama Winda Safitri, Terima Kasih atas segala cinta dan kasih sayangnya, yang selalu memberikan doa-doa terbaik, memberikan dukungan, semangat, nasihat, arahan dan motivasi. Papa dan Mama adalah alasan utama penulis untuk tidak pernah menyerah dalam menjalani kesulitan kuliah sampai penyusunan tugas akhir.
12. Saudara kandung saya M. Tegar Dwi Prakoso Terima Kasih atas segala bentuk doa, dukungan, semangat, motivasi, hiburan selama dalam menjalani kuliah dan proses penyusunan tugas akhir.
13. Annisa Maharani, yang selalu hadir dengan doa, semangat, dan

ketulusan. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi suka dan duka, mendengarkan dengan sabar, selalu memberikan semangat dan motivasi di kala lemah dan tak ada arah, serta tak pernah lelah menemani dalam setiap langkah.

14. Keluarga Anker 21 yaitu Haqqu, Irfan, Mahesa, Jentrio, Matsal, Fauzan, Agra, Aghas, Wayan, Rahmad, Ozi, Kadapi, Tegar, Bimo, Yozi, Azra, Rizki Febrian, Hazel, Sandi, Faris, Iqbal, Hud, Abi, dan Ridho yang telah memberikan banyak cerita, dukungan, motivasi, dan momen-momen lucu yang tak akan terulang di dalam hidup penulis.
15. Kosan Wahyudi yaitu Wahyudi, Irfan, Jentrio dan Matsal, yang telah memberikan banyak motivasi, saran, dan hiburan nonton bola disaat suntuk.
16. Keluarga Burger King Raden Intan yaitu Lazim, Ojan, Jeas, Faris, dan Rey Racing telah menemani dan tempat berdiskusi penulis dalam proses menjalani kuliah dan penulisan tugas akhir.
17. Keluarga Pengajaran, yang telah memberikan banyak pelajaran, motivasi, nilai-nilai sosial, pertolongan, canda tawa dan bantuan dalam berbagai hal.
18. Keluarga Marto Samin, telah memberikan doa, dukungan, serta motivasi untuk penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
19. Keluarga rekan-rekan di Laboratorium Teknik Kendali yang selalu memberikan dukungan, pertolongan, canda tawa, dalam setiap proses apapun selama menjadi asisten laboratorium teknik kendali.
20. Keluarga besar Angkatan 2021, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
21. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang memberikan banyak cerita dan telah menjadikan wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Hipotesis.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB II	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Kakao	7
2.3 <i>Heater</i>	7
2.4 Sensor	7
2.4.1 Sensor DHT22.....	8
2.4.2 Sensor <i>Load Cell</i>	8
2.5 Mikrokontroler	8
2.5.1 Arduino Mega2560	8
2.5.2 <i>Software</i> Arduino IDE.....	9

2.6	<i>Fuzzy Logic</i>	10
2.6.1	Tahapan Sistem Kendali <i>Fuzzy</i>	10
2.6.2	Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	11
2.7	<i>Relay</i>	13
2.8	Kipas	13
2.9	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	13
2.10	Selisih.....	14
2.11	<i>Error</i>	14
2.12	Akurasi	14
BAB III		15
3.1	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	15
3.2	Alat dan Bahan.....	15
3.3	Diagram Alir Penelitian	15
3.4	Diagram Blok Perancangan Sistem.....	17
3.5	Skema Perancangan Sistem.....	18
3.6	Perancangan Sistem Kerja Alat.....	19
3.7	Perancangan Logika <i>Fuzzy</i>	21
3.7.1	Menentukan Nilai Variabel	21
3.7.2	<i>Fuzzifikasi</i>	22
3.7.3	Inferensi Aturan <i>Fuzzy</i>	25
3.7.4	<i>Defuzzifikasi</i>	26
3.8	Pengujian Alat.....	27
BAB IV		28
4.1	Implementasi Perancangan.....	28

4.2 Prinsip Kerja Alat.....	29
4.3 Pengujian Sub Sistem Alat.....	30
4.3.1 Pengujian Sensor DHT22.....	30
4.3.2 Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	32
4.3.3 Pengujian Modul <i>Relay</i>	35
4.3.4 Pengujian LCD 20x4.....	36
4.4 Aturan <i>Fuzzy Logic</i> Sugeno	36
4.5 Implementasi Sistem <i>Fuzzy Logic</i> Sugeno.....	37
4.6 Pengujian Sistem Keseluruhan.....	44
BAB V	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kakao	7
Gambar 2. 2 Arduino Mega2560	9
Gambar 2. 3 Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	11
Gambar 2. 4 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	17
Gambar 3. 3 Desain Alat.....	18
Gambar 3. 4 Diagram Alir Sistem Kerja Alat.....	19
Gambar 3. 5 Diagram Alir Logika <i>Fuzzy</i>	20
Gambar 3. 6 Tahapan Logika <i>Fuzzy</i>	21
Gambar 3. 7 Himpunan Variabel Suhu	22
Gambar 3. 8 Himpunan Variabel Kelembaban	23
Gambar 3. 9 Himpunan Variabel Massa	24
Gambar 4. 1 <i>Wiring</i> Diagram Sistem Perancangan	28
Gambar 4. 2 Alat Tampak Depan	29
Gambar 4. 3 Alat Tampak Samping.....	29
Gambar 4. 4 Pengujian DHT22.....	31
Gambar 4. 5 <i>Strain Gauge</i>	33
Gambar 4. 6 Konsep Jembatan <i>Wheatstone</i>	34
Gambar 4. 7 Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	34
Gambar 4. 8 <i>Relay</i> IN1 hidup	36
Gambar 4. 9 <i>Relay</i> IN2 hidup	36
Gambar 4. 10 Pengujian LCD 20x4.....	36
Gambar 4. 11 Tampilan Parameter Implementasi pada Matlab.....	44
Gambar 4. 12 Kakao Basah.....	45
Gambar 4. 13 Hasil Kakao Tertimbang Di Dalam Alat Pengering.....	45
Gambar 4. 14 Grafik Kakao Tertimbang Awal.....	46
Gambar 4. 15 Grafik Pengujian Alat Keseluruhan	48
Gambar 4. 16 Hasil Kakao yang dikeringkan dengan alat pengering.....	48

Gambar 4. 17 Hasil Kakao yang Tertimbang di akhir proses pengeringan	49
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Spesifikasi Mega2560	9
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	15
Tabel 3. 2 Himpunan Suhu.....	23
Tabel 3. 3 Himpunan Kelembaban.....	24
Tabel 3. 4 Himpunan Massa.....	25
Tabel 3. 5 Inferensi Aturan <i>Fuzzy</i>	26
Tabel 3. 6 Tabel Pengujian Alat.....	27
Tabel 4. 1 Pengujian Suhu DHT22	31
Tabel 4. 2 Pengujian Kelembaban DHT22	32
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor <i>Load Cell</i>	34
Tabel 4. 4 Representasi Data <i>Fuzzy Logic</i> Sugeno	37
Tabel 4. 5 Perhitungan Aturan <i>Fuzzy Logic</i> Sugeno.....	39
Tabel 4. 6 Kakao Tertimbang Pengujian Pengeringan Biji Kakao	45
Tabel 4. 7 Pengujian Alat Keseluruhan.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara terbesar di dunia dalam produksi biji kakao setelah Pantai Gading dan Ghana. Pada tahun 2019, Indonesia mencapai produksi sebanyak 774,2 ribu ton [1]. Pada Provinsi Lampung yang merupakan salah satu wilayah penghasil biji kakao utama di Indonesia. Pada tahun 2020, Lampung menempati peringkat kelima sebagai penghasil kakao terbesar di Indonesia dan menduduki peringkat pertama di Pulau Sumatera. Produksi kakao di provinsi ini mencapai 56.586 ton pada tahun 2021 terutama daerah sentra produksi kakao di Lampung terdapat di Kabupaten Pesawaran, Tanggamus, Lampung Selatan dan Lampung Timur dengan areal terluas di Kabupaten Pesawaran sebesar 27.357 ha [2]. Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama dalam industri pangan dan kosmetik. Sebagai bahan baku utama dalam produksi cokelat, kualitas biji kakao sangat berpengaruh terhadap harga jualnya. Salah satu tahap penting dalam proses pascapanen kakao adalah pengeringan biji kakao. Pengeringan yang baik bertujuan untuk menurunkan kadar air biji kakao hingga mencapai kadar yang optimal, sehingga dapat mencegah pertumbuhan jamur dan mempertahankan kualitas biji [3].

Pengeringan kakao secara tradisional biasanya melalui penjemuran di bawah sinar matahari beralaskan lantai, tikar dan jalan aspal. Namun memakan waktu yang cukup lama dan lokasi yang luas. Suhu pengeringan ideal untuk pengeringan biji kakao adalah antara 55--66 °C, karena suhu dibawah 55°C berisiko terjadinya pertumbuhan jamur akibat lambatnya proses pengeringan [4]. Salah satu produsen penghasil kakao di Kabupaten Pesawaran adalah Kecamatan Gedong Tataan. Seperti di wilayah lainnya, tanaman kakao di daerah ini menghasilkan panen raya dan panen penyelang. Panen raya biasanya terjadi sekali dalam setahun, sementara

panen penyelang dapat berlangsung sepanjang tahun asalkan didukung oleh perawatan yang memadai. Masalah utama yang dihadapi para petani dalam produksi kakao meliputi serangan hama, penyakit tanaman, serta kondisi cuaca [5].

Meskipun telah diciptakannya berbagai alat pengering biji kakao, namun permasalahannya terdapat pada tingkat keakuratannya. Alat pengering biji kakao yang telah dibuat biasanya cenderung membuat biji kakao menjadi gosong karena tidak adanya pengendalian pada elemen pemanas di dalamnya. Salah satu solusinya ialah menggunakan metode *Fuzzy* dalam pengeringan biji kakao dengan parameter suhu, kelembaban, dan massa. *Fuzzy Logic* dapat membantu kompleksitas dalam pengeringan biji kakao dengan lebih akurat dan efisien, serta memberikan kemampuan untuk mengatasi kendala pengeringan konvensional yang mengalami permasalahan tersebut.

Penelitian ini bertujuan membuat alat sistem monitoring untuk pengeringan biji kakao menggunakan metode *Fuzzy logic* sugeno yang dapat mendeteksi suhu, kelembaban, dan massa agar lebih akurat dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Pada Penelitian ini membahas tentang alat pengering biji kakao yang menggunakan logika *Fuzzy* dengan metode sugeno, dimana penelitian ini menggunakan *input* sensor DHT22 yang berfungsi sebagai mengukur suhu dan kelembaban, dan *input* sensor *Load Cell* yang berfungsi sebagai mengukur massa yang akan diolah pada mikrokontroller yang menghasilkan *output* berupa *heater* sebagai elemen pemanas dan *fan* sebagai penjaga suhu di dalam alat pengering.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Hanya untuk pengeringan biji kakao.
2. Alat yang dibuat hanya pada proses pengeringan dimana biji kakao masih basah sampai kering.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem pengeringan biji kakao secara otomatis yang dapat dipantau proses pengeringan biji kakao dari basah sampai kering dengan metode *Fuzzy logic* Sugeno.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah alat pengering biji kakao dengan metode *Fuzzy logic* berbasis mikrokontroler yang dirancang dalam penelitian ini diharapkan dapat membantu keakuratan dalam mempercepat proses pengeringan biji kakao jika terkendala cuaca.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini sistem pengeringan biji kakao dengan metode *Fuzzy logic* Sugeno dapat melakukan pengukuran dengan parameter *input* suhu, kelembaban, dan massa dengan akurat sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan akhir bertujuan supaya memberikan suatu Gambaran secara sederhana terkait pembahasan yang ada dalam tugas akhir skripsi serta untuk memudahkan dalam memahami isi yang disajikan dalam skripsi ini. Adapun sistematika yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

BAB I merupakan pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

BAB II berisi definisi dan pembahasan mengenai berbagai istilah yang relevan dalam pengerjaan skripsi. Definisi ini diambil dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal, dan lainnya. BAB II berisi tentang pengertian kakao, *heater*, sensor DHT22, *relay*, kipas, sensor *load cell*, LCD penelitian terkait.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

BAB III berisi tempat dan waktu penelitian, jadwal penelitian, alat dan bahan penelitian, perancangan desain alat.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV menyajikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta pengolahan data dari hasil penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V merupakan bagian yang memberikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun pada beberapa referensi penelitian terdahulu diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Nama Penulis	Hasil
1.	Alat Pengerih Biji Kakao Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT) [6].	Cyntia Widiarsari, Irfan Al Ghazsani, Tia Febri (2024).	- Hasil Penelitian ini menggunakan sensor <i>Thermocouple</i> MAX6675 untuk pengukuran suhu berhasil mendeteksi dengan akurasi mencapai 97,4% dan sensor <i>Load Cell</i> untuk pengukuran berat berhasil mendeteksi dengan akurasi mencapai 95,8% dari kadar air kakao. - Penelitian ini menggunakan <i>Internet Of Things</i> (IoT) untuk memonitoring pengambilan data.
2.	Sistem Monitoring Pengerih Biji Kakao dengan Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i> [7].	I Gede Ariyoga Atmaja, Jaka Persada Sembiring (2024).	- Hasil Penelitian ini menggunakan DHT11 untuk melakukan pengukuran kelembaban dan suhu dan sensor <i>Load Cell</i> untuk pengukuran berat, Berdasarkan hasil pengujian sensor dalam mengukur <i>input</i> hasil yang didapat dalam proses pengukurannya, sensor bekerja dengan baik. - Penelitian ini menggunakan metode logika <i>Fuzzy</i> dan IoT
3.	Implementasi Metode <i>Fuzzy Logic</i> Mamdani pada Alat	Muhammad Luqman Ramadhani, ,	- Hasil Penelitian ini menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Berdasarkan

No.	Judul	Nama Penulis	Hasil
	Pengering Biji Kakao[3].	Arnisa Stefaniem, Reni Rahmadewi (2023).	penelitian menunjukkan bahwa sistem optimal jika menggunakan metode <i>Fuzzy</i> yang digunakan mikrokontroler untuk mengatur <i>input</i> pada alat. - Penelitian ini menggunakan metode Logika <i>Fuzzy</i> Mamdani. Dapat menghasilkan pengaturan suhu yang stabil sesuai dengan nilai <i>setpoint</i> yang diinginkan.
4.	Penerapan Metode <i>Fuzzy</i> Sugeno pada Otomatisasi Oven Pengering Ikan Asin Berbasis IoT[8].	Sebastianus Pehan Makin, Nachrowie, Subairi (2023).	- Hasil penelitian ini alat yang dibuat dapat mengeringkan ikan asin secara otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 dan SSR sebagai pengendali <i>heater</i> untuk suhu pengeringan bisa mencapai 65 °C. - Penelitian ini menggunakan platform IoT Blynk dengan implementasi <i>Fuzzy logic</i> menggunakan <i>input</i> suhu dan berat dengan <i>output</i> heater.
5.	Rancang Bangun Alat Pengering Ikan Asin Otomatis Berbasis Arduino Uno[9].	Moh Farid Lukman, Samul Arifin, Mufidatul Islamiyah (2022).	- Hasil penelitian menggunakan sensor LM35 untuk mengukur suhu dalam derajat <i>celcius</i> lalu ada proses menyalakan kipas dan <i>heater</i> lalu ada proses menstabilkan suhu dan proses mematikan kipas dan <i>heater</i>.

Perbedaan dari penelitian sebelumnya adalah pada *Fuzzy Logic* metode Sugeno. Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring suhu, kelembaban, dan massa dengan menggunakan metode *Fuzzy logic* Sugeno untuk melihat tingkat keakuratan dari metode yang dipakai.

2.2 Kakao

Kakao sering kali disebut buah cokelat karena bijinya, setelah melalui berbagai tahap pengolahan, dapat menghasilkan bubuk cokelat. Bubuk cokelat ini banyak digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan berbagai produk makanan dan minuman, seperti susu, selai, roti, dan lainnya. Selain menjadi bahan makanan dan minuman, cokelat juga memiliki beragam manfaat kesehatan [1], yang terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kakao

2.3 Heater

Elemen pemanas listrik, atau "*Electrical Heating Element*," memiliki berbagai aplikasi luas dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga maupun industri, untuk berbagai perangkat dan mesin. Elemen pemanas ini hadir dalam berbagai bentuk dan tipe yang disesuaikan dengan tujuan pemakaian, lokasi pemasangan, serta bahan yang akan dipanaskan. Panas yang dihasilkan berasal dari kawat atau pita dengan resistansi tinggi. Nikrom, atau niklin, memiliki dua ujung yang dialiri arus listrik [3].

2.4 Sensor

Sensor adalah alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus listrik ataupun

tegangan. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya [10]. Pada penelitian ini digunakan sensor kelembaban yaitu sensor DHT22 dan sensor massa yaitu sensor *Load Cell*.

2.4.1 Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah sensor digital yang berfungsi untuk mengukur kelembaban dan suhu relatif di sekitarnya. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan kapasitor dan termistor untuk memperkirakan kondisi udara, yang kemudian diubah menjadi sinyal yang dikirim melalui pin data [11]. Keunggulan DHT22 terletak pada kemampuannya yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban[12].

2.4.2 Sensor *Load Cell*

Sensor *Load cell* adalah komponen utama dalam timbangan digital yang berfungsi untuk mengukur massa suatu objek. Sensor *load cell* ini terdiri dari beberapa konduktor, *strain gauge*, dan rangkaian jembatan *Wheatstone* [13]. Sensor *Load Cell* yang digunakan dalam tugas akhir ini memiliki kapasitas berat maksimum 5 kg.

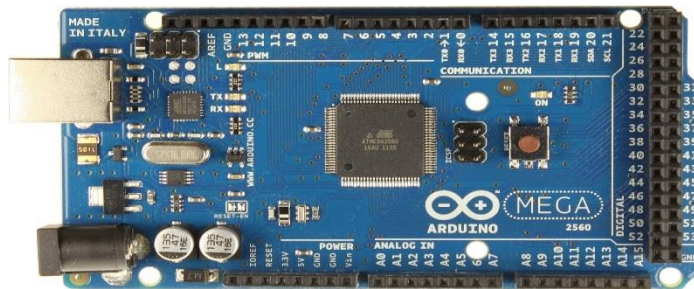
2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terintegrasi dalam satu *chip*. Berbeda dengan mikroprosesor serbaguna yang biasanya digunakan pada PC, mikrokontroler umumnya sudah dilengkapi dengan komponen pendukung sistem minimal, seperti memori dan antarmuka I/O. Bahkan, beberapa jenis mikrokontroler memiliki fitur tambahan, seperti ADC, PLL, dan EEPROM dalam satu kemasan. Sementara itu, mikroprosesor umumnya hanya terdiri dari CPU saja [14]. Pada penelitian ini digunakannya mikrokontroler Arduino Mega2560.

2.5.1 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 merupakan sebuah *board* Arduino yang menggunakan IC Mikrokontroler 2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang relative banyak, 54 digital *input / output*, 15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 buah analog *input*, 4 UART(*port serial*). Arduino Mega 2560 dilengkapi kristal

16 Mhz, koneksi USB, adaptor Listrik, header ICSP, dan tombol reset. [15]. Berikut adalah Gambar 2.5 Arduino Mega2560.



Gambar 2. 2 Arduino Mega2560[15]

Semua pin dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan rangkaian yang diinginkan. Sumber tegangan yang masuk ke Arduino dapat diperoleh dengan menghubungkannya pada komputer melalui *port* USB, dengan menggunakan baterai atau *adaptor* AC-DC. Berikut adalah Tabel 2.2 spesifikasi Arduino Mega2560.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Mega2560

Mikrokontroler	Mega2560
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Jumlah pin I/O digital	54 (15 pin <i>output</i> PWM)
Jumlah pin input analog	16
Arus tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, (8 KB bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	17 MHz

2.5.2 Software Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memasukkan program berisi perintah-perintah yang diunggah ke mikrokontroler agar dapat diterapkan. Penulisan kode dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C untuk memberikan instruksi yang memungkinkan sistem bekerja sesuai dengan

program yang telah dimasukkan ke dalam Arduino. Tanpa kode program, sistem tidak akan berfungsi karena kode tersebut merupakan komponen utama dalam pengoperasian sebuah perangkat [16].

2.6 *Fuzzy Logic*

Logika *Fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzziness*) antara nilai benar dan salah. Dengan menggunakan logika *Fuzzy* suatu sistem dapat memiliki keluaran selain benar dan salah. Menurut Lotfi Zadeh bahwa logika benar dan salah dari logika *boolean* tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhingga tersebut. Zadeh mengembangkan sebuah himpunan *Fuzzy*. Tidak seperti logika *Boolean*, logika *Fuzzy* mempunyai nilai yang berkelanjutan. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian besar dan sebagian salah pada waktu yang sama. 9 Berdasarkan hal tersebut logika *Fuzzy* dapat digunakan untuk memodelkan suatu permasalahan yang matematis, Dimana konsep matematis yang mendasari penalaran *Fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti [17].

2.6.1 Tahapan Sistem Kendali *Fuzzy*

a) *Fuzzifikasi*

Pada proses *Fuzzifikasi* langkah yang pertama adalah menentukan variabel *Fuzzy* dan himpunan *Fuzzy*. Kemudian menentukan derajat kesepadanan (*degree of match*) antara data masukan *Fuzzy* dengan himpunan *Fuzzy* yang telah didefinisikan untuk setiap variabel dalam sebuah fungsi keanggotaan berupa kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1 [18].

b) *Aturan Fuzzy*

Aturan yang digunakan pada himpunan *Fuzzy* adalah aturan IF-THEN. Aturan IF-THEN merupakan pernyataan yang direpresentasikan dengan.

IF < proposisi *Fuzzy* > THEN < proposisi *Fuzzy* >

Proposisi *Fuzzy* dibedakan menjadi dua, proposisi *Fuzzy* atomic dan proposisi *Fuzzy* compound. Proposisi *Fuzzy* atomic adalah pernyataan *single* dimana

sebagai variabel linguistik dan adalah himpunan *Fuzzy* dari proposisi *Fuzzy* compound adalah gabungan dari proposisi *Fuzzy* atomic yang dihubungkan dengan operator “or”, “and”, dan “not” [19].

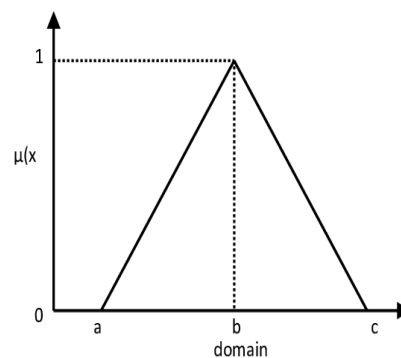
c) *Defuzzifikasi*

Defuzzifikasi merupakan proses yang berkebalikan dengan proses pada *Fuzzifikasi*. Mendefinisikan *Defuzzifikasi* sebagai pemetaan dari himpunan *Fuzzy* ke himpunan tegas. Himpunan *Fuzzy* yang dimaksud disini adalah hasil output yang diperoleh dari hasil inferensi. Pada *Defuzzifikasi* ada tiga kriteria yang harus dipenuhi yaitu masuk akal, perhitungannya sederhana dan kontinu. Berikut metode yang digunakan untuk *Defuzzifikasi* [20].

2.6.2 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan *Fuzzy* ialah fungsi yang memetakan elemen himpunan ke nilai keanggotaan pada interval $[0,1]$. Setiap metode logika *Fuzzy* terdapat fungsi keanggotaan (*membership function*). Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan kurva yang menunjukkan pemetaan *input* data ke dalam nilai keanggotaanya dalam sistem logika *Fuzzy*. Fungsi keanggotaan ini dapat digunakan untuk memperoleh nilai keanggotaan dengan melakukan pendekatan fungsi. Beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan antara lain;

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga (*Tringular Membership Function*)



Gambar 2. 3 Fungsi Keanggotaan Segitiga[21]

Gambar 2.3 tersebut memperlihatkan bahwa kurva segitiga merupakan kombinasi dari 2 garis linear dan memiliki 3 parameter sehingga fungsi ini memiliki puncak pada nilai tertentu [21]. Fungsi keanggotaan segitiga memiliki

parameter a , b , dan c yang menentukan titik-titik pada segitiga tersebut. Adapun persamaan untuk kurva fungsi keanggotaan segitiga sebagai berikut.

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{b-x}{c-b} & ; b \leq x \leq c \end{cases}$$

dengan :

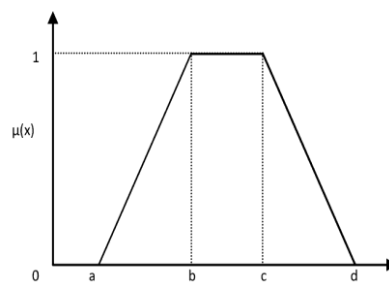
a = Nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil.

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain.

c = derajat domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil.

2. Fungsi Keanggotaan Trapezium (*Trapezional Membership Function*)

Fungsi keanggotaan trapezium (*Trapezional Membership Function*) dalam logika *Fuzzy* adalah fungsi yang digunakan untuk merepresentasikan nilai keanggotaan dari suatu himpunan *Fuzzy* dengan bentuk trapezium. Fungsi ini digunakan untuk menggambarkan rentang nilai yang di mana keanggotaan penuh terjadi di bagian Tengah, dengan transisi bertahap di kedua sisi menuju keanggotaan nol. Sering digunakan karena fleksibilitasnya untuk merepresentasikan rentang nilai dengan transisi yang halus dan keanggotaan penuh di Tengah.



Gambar 2. 4 Fungsi Keanggotaan Trapezium[21]

Gambar 2.4 memperlihatkan bahwa kurva trapesium merupakan penggabungan dari fungsi keanggotaan yang membentuk trapesium dengan sisi tegak dan sisi miring. Fungsi ini mirip seperti fungsi segitiga namun, pada fungsi trapesium terdapat nilai yang mempunyai derajat keanggotaan = 1 [21]. Pada fungsi kurva trapesium memiliki beberapa nilai yang memiliki nilai keanggotaan = 1 dimana merupakan koordinat dari (u) dari keempat sudut $\Pi(u)$. Fungsi ini

memungkinkan untuk mendefinisikan rentang nilai *input* yang lebih fleksibel daripada fungsi segitiga. Fungsi ini memiliki parameter *a*, *b*, *c*, dan *d* yang menentukan titik pada trapesium tersebut.

2.7 Relay

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet (kumparan) dan mekanisme (seperangkat kontak saklar). *Relay* bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik berdaya rendah (low power) dapat mengalirkan listrik bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, *relay* dengan elektromagnet bertegangan 5V dan arus 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* (berfungsi sebagai saklar) untuk menghantarkan listrik sebesar 220V dan 2A [22].

2.8 Kipas

Kipas berfungsi untuk mengatur suhu udara dalam ruangan agar tetap nyaman tanpa terlalu panas, serta memastikan sirkulasi udara berjalan lancar. Kipas angin umumnya digunakan untuk mendinginkan udara, menyegarkan, memberikan sirkulasi (sebagai *exhaust fan*), atau mengeringkan udara. Terdapat dua jenis kipas angin berdasarkan arah aliran udara yang dihasilkan, yaitu kipas angin sentrifugal (dengan aliran udara tegak lurus terhadap poros kipas) dan kipas angin aksial (dengan aliran udara sejajar dengan poros kipas) [23].

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

Merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter, baik itu angka, huruf atau karakter tertentu, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Pemakaian LCD sebagai tampilan banyak digunakan karena daya yang dibutuhkan LCD relatif kecil (*Orde Mikro Watt*), meskipun pada modul ini dibatasi oleh sumber cahaya eksternal/internal, suhu dan jangka hidup, untuk lebih jelas berikut dibawah ini konfigurasi modul LCD 20 x 4.

Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah sebuah lampu neon di bagian belakang susunan kristal cair tersebut. Titik cahaya inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnet yang timbul. Oleh karena itu,

hanya beberapa warna saja yang diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring. Dalam hal ini digunakan LCD dengan banyak karakter 4 kali 20. Karena LCD 4 kali 20 ini biasa digunakan sebagai penampil karakter atau data pada sebuah rangkaian digital atau mikrokontroler [24].

2.10 Selisih

Selisih adalah hasil dari pengukuran nilai data yang terukur dari komponen alat penelitian dan nilai data yang terukur dari alat referensi kalibrasi. Berikut merupakan persamaan dari selisih dinyatakan dalam Persamaan 2.1.

$$Selisih = Y - X \quad (2.1)$$

dengan:

Y : nilai terukur dari alat referensi kalibrasi.

X : nilai terukur dari alat penelitian.

2.11 Error

Error merupakan selisih antara rata-rata terhadap masing-masing data. Berikut persamaan dari *error* dinyatakan dalam Persamaan 2.2.

$$Error = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan:

Y : nilai terukur pada alat referensi kalibrasi

X : nilai terukur pada alat penelitian.

2.12 Akurasi

Akurasi merupakan bentuk kedekatan suatu data hasil pengukuran alat penelitian dengan data hasil pengukuran alat referensi kalibrasi. Berikut persamaan akurasi dinyatakan dalam persen dalam Persamaan 2.3.

$$Akurasi (\%) = 100\% - \text{Nilai } Error \quad (2.3)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Waktu penelitian dilakukan dari bulan Desember 2024 sampai Juli 2025.

3.2 Alat dan Bahan

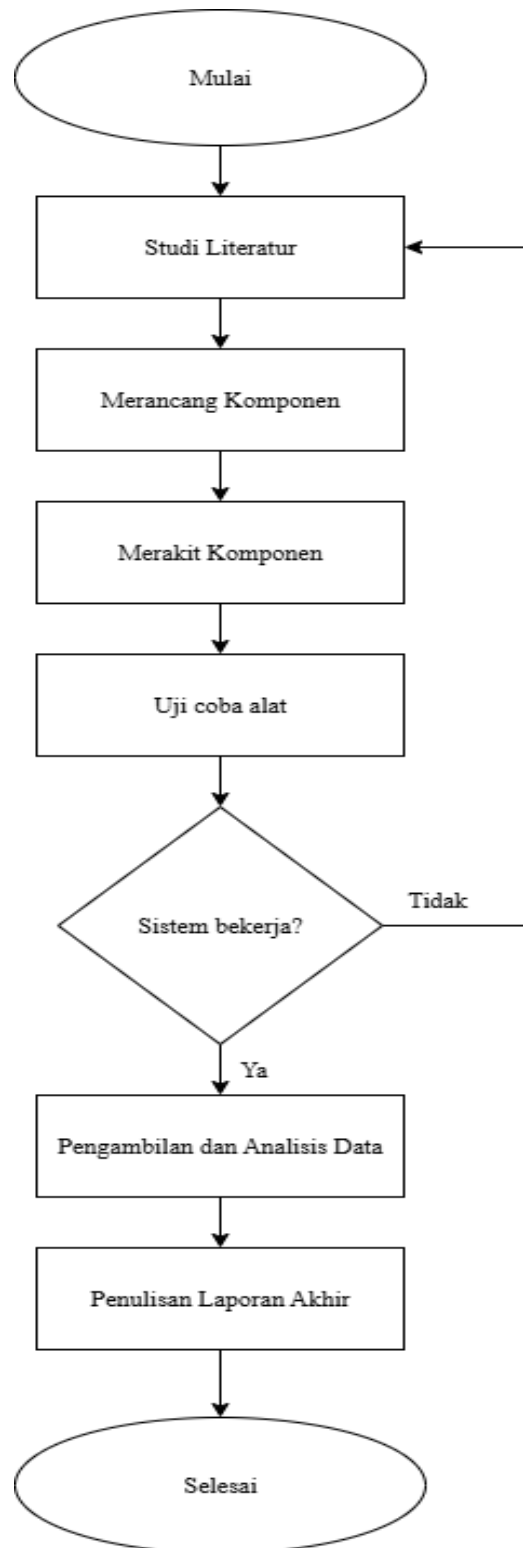
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No.	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1.	Laptop + <i>Software</i> Arduino IDE	Sebagai pembuat program Arduino.
2.	Mega2560	Sebagai pengendali program.
3.	Sensor DHT22	Sebagai <i>input</i> pengukur suhu dan kelembaban.
4.	Sensor <i>Load Cell</i>	Sebagai <i>input</i> pengukur massa.
5.	<i>Relay</i>	Sebagai <i>output</i> saklar (<i>switch</i>).
6.	<i>Heater</i>	Sebagai elemen pemanas dalam alat pengering.
7.	<i>Fan</i>	Sebagai penstabilisasi suhu dalam alat pengering.
8.	LCD 20x4 I2C	Sebagai alat untuk menampilkan data hasil pengukuran dari sensor yang dikendalikan oleh mikrokontroler, untuk memonitoring parameter sensor suhu dan sensor massa pada alat pengering

3.3 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada Gambar 3.1.



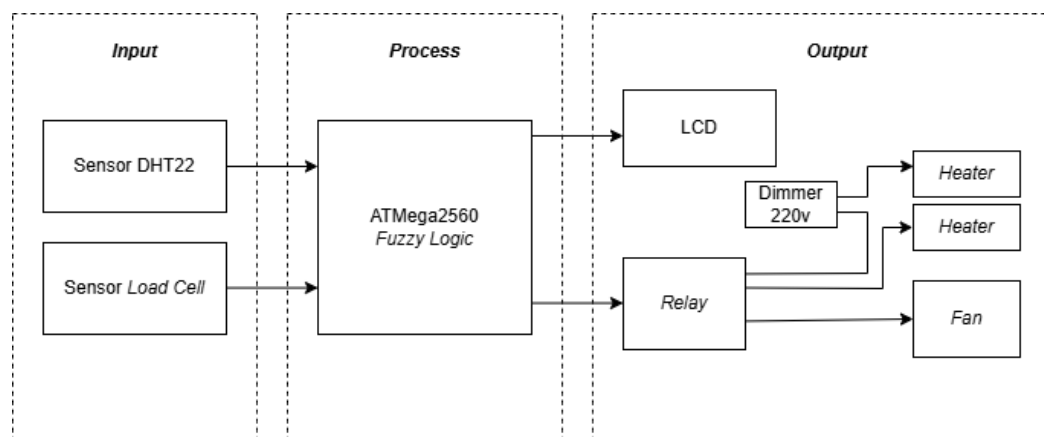
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 Diagram alir penelitian diatas menunjukkan bahwa penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan

penelitian yang akan dilakukan. Lalu merancang sistem terkait dan melakukan perancangan komponen yang akan dilakukan. Kemudian melakukan uji coba alat, apabila alat tidak bekerja maka akan terus melakukan perbaikan sistem. Jika sistem dapat bekerja maka akan dilakukannya analisis dan pengambilan data. Lalu setelah mengambil data, selanjutnya mulai menganalisis dan melakukan pembahasan data tersebut dan jika sudah sesuai maka akan dilakukannya penulisan laporan akhir.

3.4 Diagram Blok Perancangan Sistem

Berdasarkan Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem ini menunjukkan bahwa sistem ini dilengkapi dengan beberapa komponen utama yaitu Arduino Mega2560 sebagai pusat pengendali sistem yang terhubung ke berbagai perangkat dan sensor yang akan digunakan. *Input* sensor DHT-22 yang berfungsi mengetahui suhu dan kelembaban terhubung pada Arduino Mega2560 dan *Input* kedua yaitu sensor *Load Cell* yang berfungsi mengetahui massa dari biji kakao di dalam alat. Lalu data *input* diproses oleh LCD untuk ditampilkan. Kemudian *output* tersambung pada *relay* sebagai saklar otomatis yang terhubung pada elemen pemanas *heater* dan *fan* untuk menghidupkan secara otomatis sesuai dengan perintah logika *Fuzzy* Mega2560.



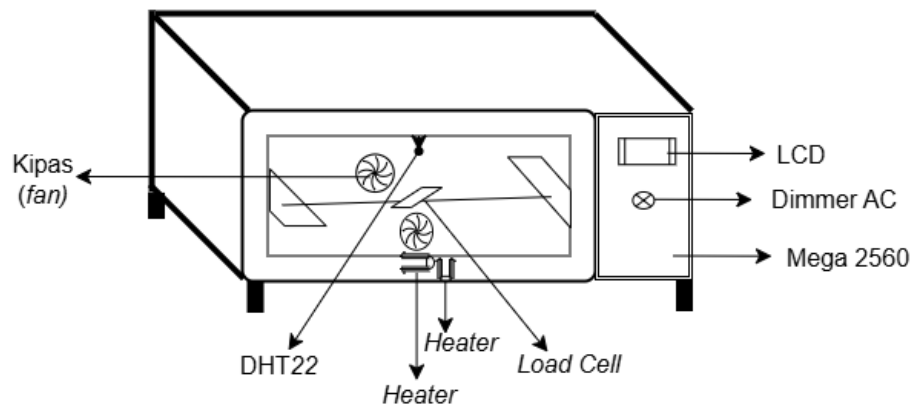
Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Sistem

Blok diagram tersebut menggambarkan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa elemen komponen untuk memantau berbagai parameter dengan Mega2560 sebagai pengendali utama. Berikut adalah rincian dari setiap elemen dalam diagram tersebut.

1. Mega 2560 : Berfungsi sebagai pengendali utama dari sistem.
2. DHT-22 : Berfungsi untuk mengetahui suhu di dalam alat pengering dan kelembaban biji di dalam alat pengering.
3. *Load Cell* : Berfungsi untuk mengetahui massa di dalam alat pengering.
4. LCD 20x4 : Berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran dari sensor yang dikendalikan oleh mikrokontroler, untuk memonitoring parameter sensor suhu dan sensor massa pada alat pengering
5. *Relay* : Berfungsi sebagai saklar (*switch*) otomatis.
6. *Heater* : Berfungsi sebagai elemen pemanas utama pada alat pengering.
7. *Fan* : Berfungsi sebagai stabilisasi suhu dalam alat pengering
8. Dimmer : Berfungsi sebagai pengatur panas yang masuk ke *heater*.

3.5 Skema Perancangan Sistem

Adapun perancangan alat pada penelitian ini adalah, sebagai berikut.

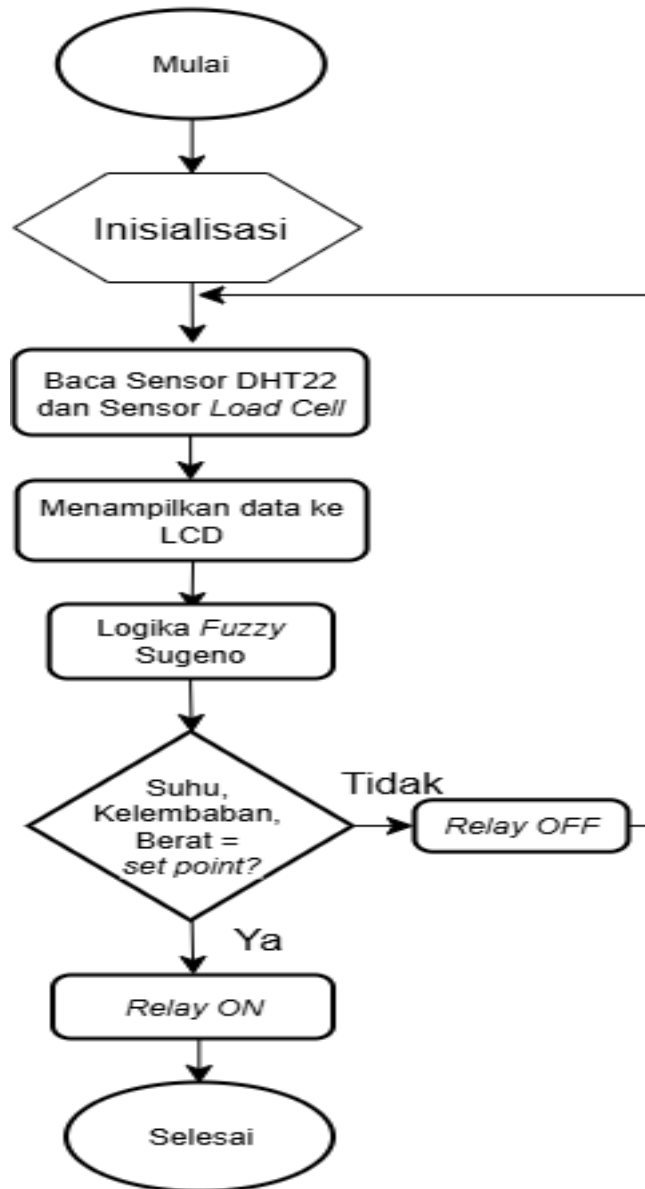


Gambar 3. 3 Desain Alat

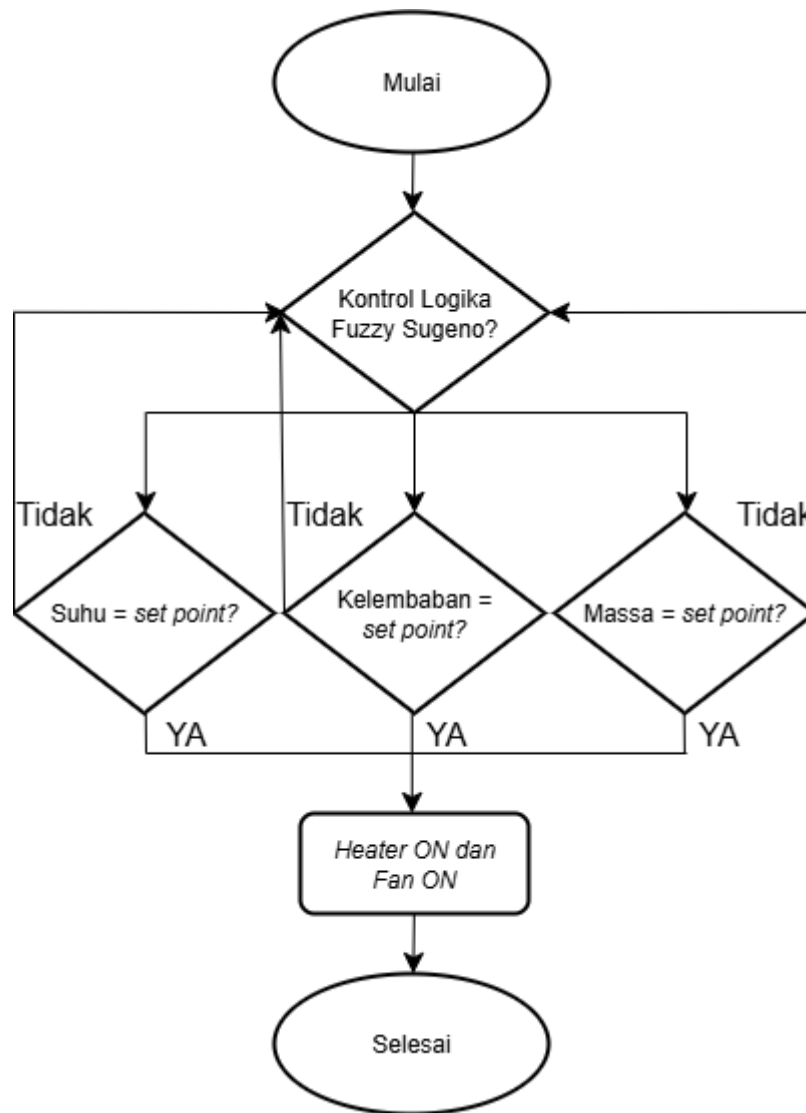
Gambar 3.3 tersebut merupakan ilustrasi dari perancangan alat pengering biji kakao otomatis yang dilengkapi dengan mikrokontroler dengan metode *Fuzzy logic* untuk meningkatkan tingkat keakuratan untuk mencapai parameter suhu mencapai 55–60 °C, kelembaban ruangan mencapai 20–30%, dan massa mencapai setengah dari massa awal.

3.6 Perancangan Sistem Kerja Alat

Adapun diagram alir sistem kerja alat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

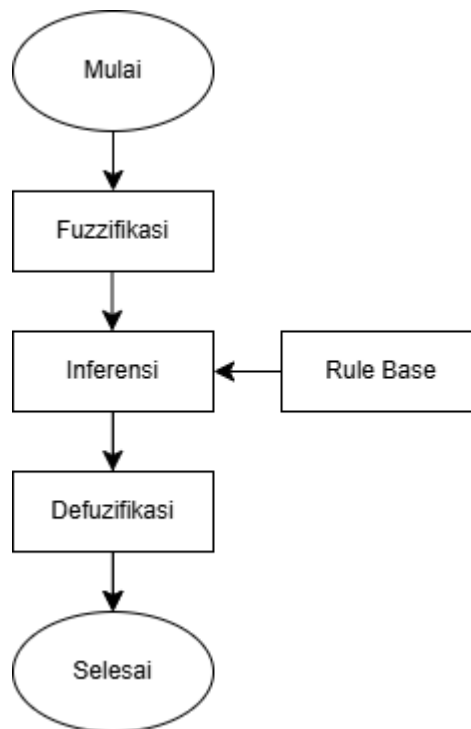


Gambar 3. 5 Diagram Alir Logika *Fuzzy*

Pada Gambar 3.4 Diagram alir sistem kerja alat menunjukkan bahwa sistem ini diawali dengan inisialisasi pin Arduino Mega2560 dengan *input* sensor DHT22 dan sensor *Load Cell*. Lalu pembacaan *input* suhu, kelembaban dan pembacaan *input* massa, kemudian data yang telah dibaca ditampilkan oleh LCD. Setelah itu ke perancangan logika *Fuzzy* untuk menentukan parameter keanggotaan dari *input* agar *output* berjalan otomatis sesuai yang diinginkan. Jika *input* sesuai dengan *set point* yang ditentukan maka *output relay* akan on, namun jika tidak maka *output relay* akan off dan kembali pada proses awal. Pada Gambar 3.5 Diagram alir logika *Fuzzy* jika suhu mencapai *set point* dan kelembaban mencapai *set point* dan massa mencapai *set point* maka *Heater* akan ON dan *Fan* akan ON. Lalu selesai.

3.7 Perancangan Logika *Fuzzy*

Pada proses perancangan logika *Fuzzy* dengan metode sugeno bertujuan untuk menentukan nilai *crisp* berdasarkan pembacaan data sensor suhu, sensor kelembaban, dan sensor massa. Nilai *crisp* yang dihasilkan terdapat pada biji kakao dengan parameter yang ditentukan. Berikut tahapan logika *Fuzzy* untuk menentukan nilai *crisp* seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Tahapan Logika *Fuzzy*

Berdasarkan Gambar 3.6 terdapat proses *Fuzzifikasi* yang terdapat fungsi keanggotaan pada setiap variabel *set point* yang ditentukan. Setiap variabel memiliki fungsi keanggotaan yang berbeda-beda.

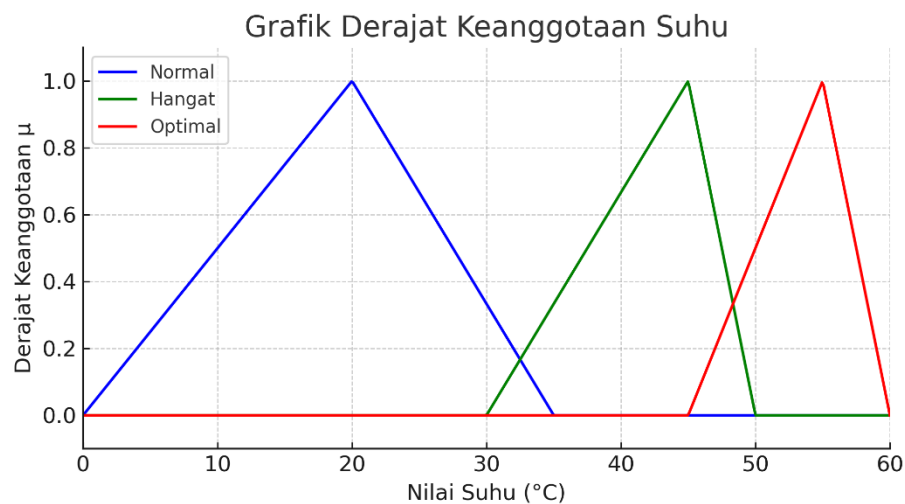
3.7.1 Menentukan Nilai Variabel

Pada tahap perancangan metode *Fuzzy logic* untuk menentukan tingkat keakurasian sistem pengeringan biji kakao. Dimulai dengan *input* nilai variabel input dengan parameter nilai suhu, kelembaban, dan massa. Nilai variabel *output* berupa tingkat keakurasian sistem pengeringan biji kakao berdasarkan Analisa pada penelitian ini.

3.7.2 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai *input* tegas (*crisp*) menjadi nilai masukan *Fuzzy*. Pada tahap *Fuzzifikasi* ada dua nilai *crisp* dari sistem pengeringan biji kakao untuk menentukan keanggotaan dari masing–masing nilai *input* dan *output*. Dari tahap proses *Fuzzifikasi* menentukan fungsi keanggotaan variabel *input* dan variabel *output*, untuk penelitian ini memiliki 3 variabel *input* dan 2 variabel *output*. Untuk himpunan variabel *input* suhu meliputi normal, hangat, dan optimal, untuk himpunan variabel *input* kelembaban meliputi basah, lembab, dan kering, untuk himpunan variabel *input* massa meliputi berat, sedang, ringan. Nilai variabel *input* suhu memiliki rentang nilai 0–60°C, nilai 0°C merupakan nilai minimum dan nilai 60°C merupakan nilai maksimum. Nilai variabel *input* kelembaban memiliki rentang 20–75%, nilai 20% merupakan nilai minimum dan nilai 75% merupakan nilai maksimum. Nilai variabel *input* massa memiliki rentang 0–220 gram, nilai 0 gram merupakan nilai minimum dan nilai 220 gram merupakan nilai maksimum.

Berikut adalah proses *Fuzzifikasi* variabel suhu, serta grafik *Fuzzifikasi* suhu pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Himpunan Variabel Suhu

Pada Gambar 3.7 terdapat variabel suhu yang terdapat 3 parameter himpunan yaitu normal, hangat, dan optimal yang dimana pada parameter himpunan Normal memiliki domain (0 20 35) yang terlihat pada persamaan 3.1, parameter himpunan

Hangat memiliki domain (30 45 50) yang terlihat pada persamaan 3.2, dan parameter himpunan Optimal memiliki domain (45 55 60) yang terlihat pada persamaan 3.3. Adapun Tabel variabel suhu dapat dilihat pada Tabel 3.2.

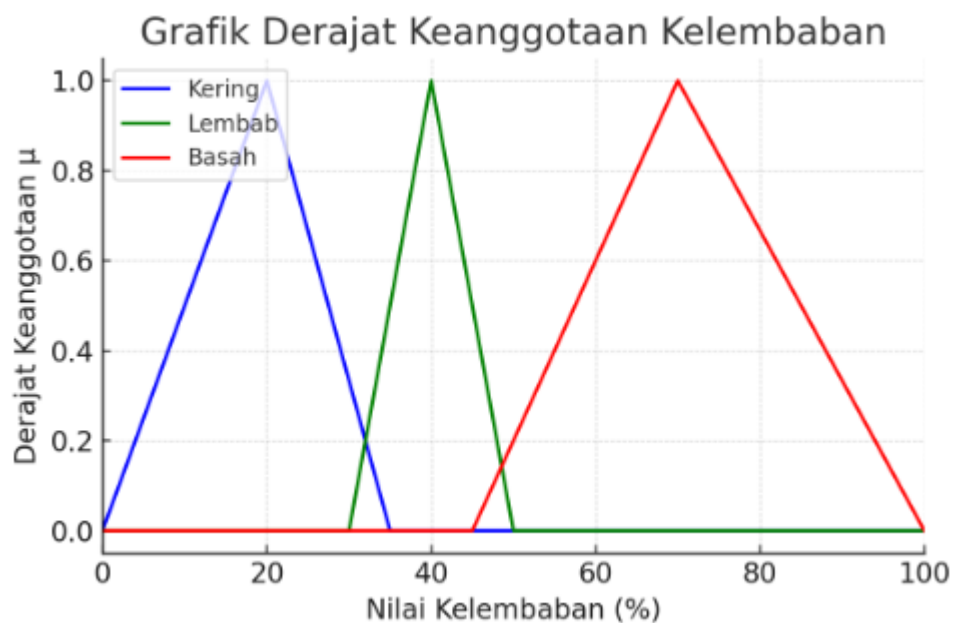
Tabel 3. 2 Himpunan Suhu

Variabel Suhu		
Himpunan	Domain	Range
Normal	[0--35]	[0--60]
Hangat	[30--50]	
Optimal	[45--60]	

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 20 \\ \frac{35-x}{35-20}, & 20 < x \leq 35 \\ 0, & x \geq 35 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{Hangat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x-30}{45-30}, & 30 < x \leq 45 \\ \frac{50-x}{50-45}, & 45 < x < 50 \\ 1, & x = 50 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{Optimal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 45 \\ \frac{x-45}{55-45}, & 45 < x \leq 55 \\ 1, & x \geq 55 \end{cases} \quad (3.3)$$



Gambar 3. 8 Himpunan Variabel Kelembaban

Pada Gambar 3.8 terdapat grafik himpunan variabel kelembaban yang terbagi menjadi 3 parameter himpunan yaitu kering, lembab, dan normal yang dimana pada parameter himpunan kering memiliki domain (0 20 35) yang terlihat pada persamaan 3.4, parameter himpunan lembab memiliki domain (30 45 50) yang terlihat pada persamaan 3.5, dan parameter himpunan basah (45 60 75) yang terlihat pada persamaan 3.6. Adapun Tabel variabel kelembaban dapat dilihat pada Tabel 3.3.

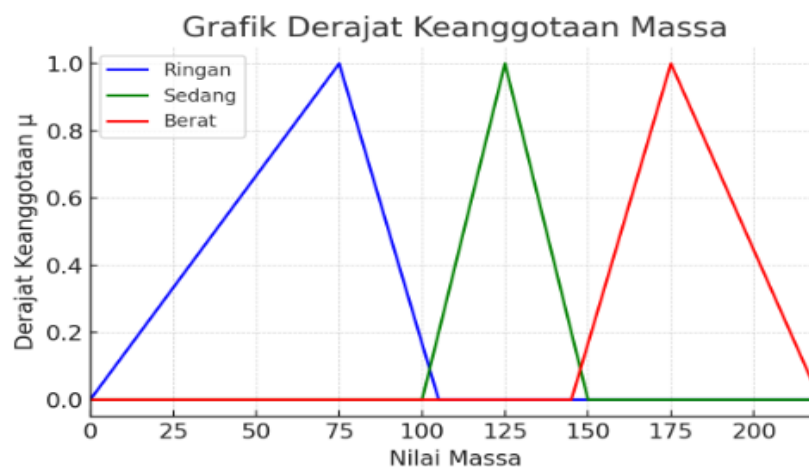
Tabel 3. 3 Himpunan Kelembaban

Variabel Kelembaban		
Himpunan	Domain	Range
Kering	[0--35]	[0--100]
Lembab	[30--50]	
Basah	[45--100]	

$$\mu_{Kering}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 20 \\ \frac{35-x}{35-20}, & 20 \leq x < 35 \\ 0, & x \geq 35 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{Lembab}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 50 \\ \frac{x-30}{40-30}, & 30 < x \leq 40 \\ \frac{50-x}{50-40}, & 40 < x < 50 \\ 1 & x = 50 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{Basah}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 45 \\ \frac{70-x}{70-45}, & 45 \leq x < 70 \\ 1, & x \geq 70 \end{cases} \quad (3.6)$$



Gambar 3. 9 Himpunan Variabel Massa

Pada Gambar 3.9 terdapat grafik variabel massa yang terbagi menjadi 3 parameter himpunan yaitu ringan, sedang, dan berat yang dimana pada parameter himpunan ringan memiliki domain (0 75 105) yang terlihat pada persamaan 3.7, parameter himpunan sedang memiliki domain (100 125 150) yang terlihat pada persamaan 3.8, dan parameter himpunan berat memiliki domain (145 175 220) yang terlihat pada persamaan 3.9. Adapun Tabel variabel massa dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Himpunan Massa

Variabel Massa		
Himpunan	Domain	Range
Ringan	[0--105]	[0--220]
Sedang	[100--150]	
Berat	[145--220]	

$$\mu_{Ringan}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 75 \\ \frac{75-x}{105-75}, & 75 < x < 105 \\ 0, & x \geq 105 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 100 \text{ atau } \geq 125 \\ \frac{x-100}{125-100}, & 100 < x < 125 \\ \frac{150-x}{150-125}, & 125 < x < 150 \\ 0, & x = 150 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{Berat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 145 \\ \frac{x-145}{175-145}, & 145 \leq x < 175 \\ 1, & x \geq 175 \end{cases} \quad (3.9)$$

3.7.3 Inferensi Aturan *Fuzzy*

Pada pembentukan aturan *Fuzzy* merupakan proses mengubah nilai *Fuzzy input* menjadi *output Fuzzy* dengan mengikuti aturan – aturan IF-THEN. Menghasilkan nilai *Fuzzy input*. Nilai masukan tegas pada tahap ini dimasukkan ke dalam fungsi pengaburan yang telah dibentuk sehingga menghasilkan nilai masukan *Fuzzy*. Fungsi keanggotaan variabel *input* dan variabel *output*, untuk penelitian ini memiliki 3 variabel *input* dan 2 variabel *output* yang inferensi *fuzzy* nya terlihat pada Tabel 3.5. Untuk variabel *input* yaitu nilai suhu, kelembaban, dan massa, setiap variabel *input* memiliki himpunan *Fuzzy*. Himpunan *Fuzzy* untuk variabel himpunan *input* suhu meliputi normal, hangat, dan optimal, untuk

variabel himpunan *input* kelembaban meliputi kering, lembab, dan basah, dan untuk variabel *input* massa meliputi ringan, sedang, dan berat. Ketiga variabel *input* tersebut memiliki fungsi keanggotaan segitiga.

Tabel 3. 5 Inferensi Aturan *Fuzzy*

No.	Jika					Maka	
	Suhu	DAN	Kelembaban	DAN	Massa	Heater	Fan
1.	Normal	DAN	Basah	DAN	Berat	Hidup	Mati
2.	Normal	DAN	Basah	DAN	Sedang	Hidup	Mati
3.	Normal	DAN	Basah	DAN	Ringan	Hidup	Mati
4.	Normal	DAN	Lembab	DAN	Berat	Hidup	Mati
5.	Normal	DAN	Lembab	DAN	Sedang	Hidup	Mati
6.	Normal	DAN	Lembab	DAN	Ringan	Hidup	Mati
7.	Normal	DAN	Kering	DAN	Berat	Mati	Hidup
8.	Normal	DAN	Kering	DAN	Sedang	Mati	Hidup
9.	Normal	DAN	Kering	DAN	Ringan	Mati	Hidup
10.	Hangat	DAN	Basah	DAN	Berat	Hidup	Mati
11.	Hangat	DAN	Basah	DAN	Sedang	Hidup	Mati
12.	Hangat	DAN	Basah	DAN	Ringan	Hidup	Mati
13.	Hangat	DAN	Lembab	DAN	Berat	Hidup	Mati
14.	Hangat	DAN	Lembab	DAN	Sedang	Hidup	Mati
15.	Hangat	DAN	Lembab	DAN	Ringan	Hidup	Mati
16.	Hangat	DAN	Kering	DAN	Berat	Mati	Hidup
17.	Hangat	DAN	Kering	DAN	Sedang	Mati	Hidup
18.	Hangat	DAN	Kering	DAN	Ringan	Mati	Hidup
19.	Optimal	DAN	Basah	DAN	Berat	Hidup	Hidup
20.	Optimal	DAN	Basah	DAN	Sedang	Hidup	Hidup
21.	Optimal	DAN	Basah	DAN	Ringan	Hidup	Hidup
22.	Optimal	DAN	Lembab	DAN	Berat	Hidup	Hidup
23.	Optimal	DAN	Lembab	DAN	Sedang	Hidup	Hidup
24.	Optimal	DAN	Lembab	DAN	Ringan	Hidup	Hidup
25.	Optimal	DAN	Kering	DAN	Berat	Mati	Hidup
26.	Optimal	DAN	Kering	DAN	Sedang	Mati	Hidup
27.	Optimal	DAN	Kering	DAN	Ringan	Mati	Hidup

3.7.4 Defuzzifikasi

Tahap terakhir dalam logika *Fuzzy* ialah *Defuzzifikasi* yang dimana variabel *Fuzzy* yang diolah pada tahap inferensi akan diubah kembali menjadi nilai *crisp* atau nilai tegas dengan cara mengalikan dengan nilai *output*. Nilai *output* (z) yang ditentukan adalah jika *output* hidup maka 1, jika *output* mati maka 0. Kemudian setelah ditentukannya predikat α dan nilai *output* (z) maka nilai *crisp* dapat dihitung menggunakan persamaan 3.10 ini.

$$Crisp = \frac{Total\ Tertimbang}{Total\ Bobot}$$

$$Crisp = \frac{\sum_{i=1}^{27} (Z_i \times a_i)}{\sum_{i=1}^{27} a_i} \quad (3.10)$$

Apabila nilai tegas (*Crisp*) sudah ditentukan maka akan kembali pada klasifikasi nilai *output* dengan nilai 1 (hidup) dan 0 (mati).

3.8 Pengujian Alat

Adapun pengujian alat pada tugas akhir yang dibuat dapat terlihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Tabel Pengujian Alat

Pengujian	Fungsi Pengujian	Indikasi Keberhasilan
Deteksi suhu	Menguji kemampuan alat pengering dengan suhu mencapai nilai optimal yaitu 48–60 °C.	<i>Heater</i> akan mati ketika suhu mencapai diatas 60 °C dan <i>fan</i> akan hidup ketika suhu melebihi suhu optimal.
Deteksi kelembaban	Menguji kemampuan alat pengering dengan menurunkan kelembaban ruangan 20–30 %.	<i>Heater</i> akan mati ketika mencapai kelembaban dengan rentang 20–30% dan <i>fan</i> akan hidup setelah kelembaban ruangan mencapai 20–30% untuk menstabilkan media agar biji kakao tidak gosong.
Deteksi massa	Menguji kemampuan alat pengering yang dapat mendeteksi massa.	<i>Heater</i> akan hidup jika terdeteksi massa dibawah sama dengan 220gram.
Keakuratan logika <i>Fuzzy</i>	Menguji keakuratan sistem logika <i>Fuzzy</i> dalam menentukan suhu, kelembaban, dan massa.	Sistem logika <i>Fuzzy</i> mampu memberikan estimasi yang akurat dan konsisten yang sesuai.
Uji kemudahan penggunaan	Menguji apakah alat pengering mudah digunakan dan efektif bagi para petani.	Petani kakao dapat mengoperasikan alat pengering tanpa kesulitan dan merasakan manfaat langsung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu mengatur suhu, kelembaban dan sirkulasi udara secara stabil sehingga proses pengeringan berjalan lebih efisien. Alat ini berhasil menurunkan massa biji kakao dari 213,3 gram menjadi 105,4 gram dalam waktu kurang lebih lima jam dengan persentase penurunan mencapai 50,58%. Hal ini membuktikan bahwa sistem pengering yang dirancang bekerja efektif dalam mempercepat proses pengeringan sekaligus menjaga kualitas biji kakao.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, terdapat saran yang bisa dikembangkan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Mengganti kapasitas *Loadcell* yang digunakan agar dapat menampung biji kakao dengan jumlah yang banyak.
2. Penelitian ini hanya mengeringkan biji kakao dari basah sampai kering, tidak pada kelembaban biji kakao sehingga bisa dikembangkan untuk penambahan sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban biji kakao saat proses pengeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Amin, “Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kakao Berbasis IoT Dengan Kendali Suhu Otomatis,” 2021.
- [2] S. Handayani, Kusmaria,) Program, S. Pengelolaan, A. Politeknik, and N. Lampung, “Implementation of The Business Model Canvas (BMC) in The Cocoa Processing Business of Women Farmer Group in Sungai Langka Village, Gedong Tataan Subdistricts, Pesawaran Regency,” *J. Agrimanex*, vol. 4, no. 1, pp. 125–133, 2023.
- [3] M. Luqman Ramadhani, A. Stefanie, and R. Rahmadewi, “Implementasi Metode Fuzzy Logic Mamdani Pada Alat Pengering Biji Kakao,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 3, pp. 2088–2093, 2023.
- [4] Arya Bima Senna, “Pengolahan Pascapanen pada Tanaman Kakao untuk Meningkatkan Mutu Biji Kakao : Review,” *J. Trit.*, vol. 11, no. 2, pp. 51–57, 2020, doi: 10.47687/jt.v11i2.111.
- [5] D. M. Sari, W. A. Zakaria, L. S. M. Indah, Y. Saleh, and A. P. Seta, “Kinerja Usahatani Perkebunan Kakao Monokultur dan Polikultur di Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung,” *J. Ilmu-Ilmu Agribisnis*, vol. 11, no. 3, p. 200, 2023.
- [6] C. Wideasari, irfan al Ghazsani, and tia febrina Ananda, “Alat Pengering Biji Kakao Berbasis Internet of Things (IoT),” vol. 10, no. 1, pp. 88–101, 2024.
- [7] I. Gede Ariyoga Atmaja and J. Persada Sembiring, “Sistem Monitoring Pengering Biji Kakao dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” 2024.
- [8] S. P. Makin, N. Nachrowie, and S. Subairi, “Penerapan Metode Fuzzy Sugeno pada Otomatisasi Oven Pengering Ikan Asin Berbasis IoT,” *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 3, pp. 244–255, 2023.
- [9] M. F. Lukman *et al.*, “Rancang Bangun Alat Pengering Ikan Asin Otomatis Berbasis Arduino Uno,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 16, no. 1, 2022.

- [10] E. Mufida *et al.*, “Alat Pengendali Atap Jemuran Otomatis Dengan Sensor Cahaya Dan Sensor Air Berbasis Mikrokontroler ATmega16,” *Anal. Kebijak. Pertan.*, vol. 10, no. 1, pp. 513–518, 2017.
- [11] I. A. Abdul Wahhab, H. Bierk, and L. Ahmed Aday, “Humidity and temperature monitoring,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 5174–5177, 2019, doi: 10.14419/ijet.v7i4.23225.
- [12] R. R. Guntara and M. F. Darwis, “Rancang Bangun Sistem Elektronik Robot Pengaduk Proses Pengeringan Biji Kakao pada Solar Dryer dan Box Dryer,” 2021, [Online]. Available: [http://repository.poliupg.ac.id/680/1/Rancang Bangun Sistem Elektronik Robot Pengaduk Proses Pengeringan Biji Kakao pada Solar Dryer dan Box Dryer.pdf](http://repository.poliupg.ac.id/680/1/Rancang%20Bangun%20Sistem%20Elektronik%20Robot%20Pengaduk%20Proses%20Pengeringan%20Biji%20Kakao%20pada%20Solar%20Dryer%20dan%20Box%20Dryer.pdf)
- [13] W. WAHYUDI, A. RAHMAN, and M. NAWAWI, “Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 5, no. 2, p. 207, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v5i2.207.
- [14] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, M. Eng, and S. R. U. A. Sompie, “Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 13–23, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/11999>
- [15] M. Iirsyam, “Perancangan Alat Pendeteksi Kelayakan Oli Pada Kendaraan Sepeda Motor Berbasis Arduino Uno Atmega328,” *Sigma Tek.*, vol. 2, no. 2, p. 179, 2019.
- [16] N. Fauziah, A. Munazilin, and F. Santoso, “Rancang Bangun Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Uno,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 3, pp. 1464–1473, 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i3.4343.
- [17] R. Meimaharani and T. Listyorini, “Analisis Sistem Inference Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Harga Penjualan Tanah Untuk Pembangunan

- Minimarket,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 89–96, 2014.
- [18] A. P. Kusuma and A. D. Oktavianto, “Analisis Metode Euclidean Distance dalam Menentukan Koordinat Peta pada Alamat Rumah,” *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 108–115, 2022, doi: 10.26905/jtmi.v8i2.8871.
- [19] I. R. Muttaqin and D. B. Santoso, “Prototype Pagar Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonic Hc-SR04,” *JE-Unisla*, vol. 6, no. 2, p. 41, 2021, doi: 10.30736/je-unisla.v6i2.695.
- [20] A. K. Nisa, M. Abdy, and A. Zaki, “Penerapan Fuzzy Logic untuk Menentukan Minuman Susu Kemasan Terbaik dalam Pengoptimalan Gizi,” *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 3, no. 1, p. 51, 2020, doi: 10.35580/jmathcos.v3i1.19902.
- [21] W. Tashan, I. Shayea, S. Aldirmaz-Colak, A. A. El-Saleh, and H. Arslan, “Optimal Handover Optimization in Future Mobile Heterogeneous Network Using Integrated Weighted and Fuzzy Logic Models,” *IEEE Access*, vol. 12, no. March, pp. 57082–57102, 2024.
- [22] Saleh Muhamad and Haryanti Munnik, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017.
- [23] R. Aulia, “Pengendalian_Suhu_Ruangan_Menggunakan_Menggunakan_,” *J. Tek. Inform. Univ. harapan medan*, vol. 6, no. 2502–7131, pp. 1–9, 2021.
- [24] U. Fadlilah and N. Saniya, “Monitoring Suhu Kabel Trafo melalui Tampilan LCD dan SMS,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 17, no. 2, pp. 42–49, 2017, doi: 10.23917/emit.v17i2.6229.
- [25] I. F. Aristianto, M. Ramdhani, and I. P. Dwi Wibawa, “Rancang Bangun Sistem Sortir Telur Ayam Design of Chicken Egg Sort System,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 3017–3024, 2020.