

ABSTRAK

MOH. CHAFIDZ MUBASHIR. Rancang Bangun Alat Pengering Hasil Pertanian

Menggunakan Tipe *Bed Dryer* Berbasis *Fuzzy Logic*. Dibimbing oleh SOFITRI

RAHAYU, S.Pd., M.Eng.

Pengeringan hasil pertanian di Indonesia masih didominasi oleh metode konvensional yang bergantung pada intensitas sinar matahari, sehingga menimbulkan risiko penurunan kualitas komoditas akibat cuaca yang tidak menentu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun purwarupa alat pengering tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan algoritma *fuzzy logic* mamdani sebagai pengendali kestabilan suhu, serta memanfaatkan platform Telegram sebagai antarmuka kendali jarak jauh berbasis *internet of things*. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras menggunakan mikrokontroler ESP32, tiga sensor suhu DS18B20, sensor *load cell*, dan aktuator pemanas yang dikendalikan melalui modul dimmer AC. Pengujian dilakukan pada dua komoditas, yaitu cabai dan gabah dengan suhu target 50°C. Mesin mampu mempertahankan kestabilan suhu pada rentang osilasi sempit 49,4°C hingga 50,27°C, jauh lebih stabil dibandingkan metode kendali *ON-OFF* konvensional yang menghasilkan lonjakan suhu berlebih. Sensor suhu mencatat rata – rata sebesar 1,65% dan sensor *load cell* mencatat rata – rata galat sebesar 33.3%, sementara latensi respons perintah Telegram tercatat antara 1,74 hingga 6,98 detik. Konsumsi energi listrik terukur sangat ekonomis, yakni 1,167 kWh untuk pengeringan cabai selama 6 jam. Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan *fuzzy logic* pada alat pengering tipe *bed dryer* efektif dalam menghasilkan pengeringan yang stabil, hemat energi, dan dapat dipantau secara *real – time*.

Kata kunci: alat pengering, *bed dryer*, *fuzzy logic*, *internet of things*.

ABSTRACT

MOH. CHAFIDZ MUBASHIR. *Design and Construction of an Agricultural Product Dryer Using a Fuzzy Logic-Based Bed Dryer. Supervised by SOFITRI RAHAYU, S.Pd., M.Eng.*

Drying of agricultural products in Indonesia is still predominantly carried out using conventional methods that rely on solar radiation intensity, thereby posing risks of commodity quality degradation due to unpredictable weather conditions. This research aims to design and build a bed dryer prototype that integrates the Mamdani fuzzy logic algorithm as a temperature stability controller, while utilizing the Telegram platform as a remote control interface based on the Internet of Things (IoT). The research methodology encompasses hardware design using the ESP32 microcontroller, three DS18B20 temperature sensors, a load cell sensor, and a heating actuator controlled through an AC dimmer module. Testing was conducted on two commodities, namely chili and unhusked rice (paddy), with a target temperature of 50°C. The machine was capable of maintaining temperature stability within a narrow oscillation range of 49.4°C to 50.27°C, significantly more stable compared to the conventional ON-OFF control method, which produced excessive temperature overshoots. The temperature sensors recorded an average error of 1.65%, and the load cell sensor recorded an average error of 33.3%, while the Telegram command response latency was measured between 1.74 to 6.98 seconds. The measured electrical energy consumption was highly economical, at 1.167 kWh for chili drying over a 6-hour period. This research demonstrates that the implementation of fuzzy logic in a bed dryer-type drying machine is effective in producing stable, energy-efficient drying that can be monitored in real-time.

Keywords: *bed dryer, drying machine, fuzzy logic, Internet of Things.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup Masalah	3
1.6 Kabaharuan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Yang Relevan.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Pengeringan.....	7
2.2.2 Fuzzy Logic	10
2.2.3 Internet Of Things	13
2.2.4 Mikrokontroler (ESP32)	14
2.2.5 Modul HX711	16
2.2.6 Load Cell.....	17

2.2.7	Sensor Suhu (DS18B20)	19
2.2.8	<i>Heater</i> PTC	20
2.2.9	Modul Dimmer AC	21
2.2.10	Telegram.....	22
2.2.11	Arduino IDE.....	23
2.2.12	Metode Gravimetri	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Tempat Penelitian.....	26
3.2	Desain Penelitian.....	27
3.2.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	27
3.2.2	Blok Diagram	28
3.2.3	<i>Flowchart</i> Alat	29
3.2.4	<i>Flowchart</i> Sensor Suhu.....	32
3.2.5	<i>Flowchart Load Cell</i>	34
3.2.6	<i>Flowchart Bot Telegram</i>	36
3.2.7	Desain Perancangan	37
3.2.8	Perancangan Logika Kendali <i>Fuzzy</i>	40
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	44
3.4	Metode Analisa Data	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Hasil	48
4.1.1	Realisasi Fisik Purwarupa	48
4.1.2	<i>Wiring</i> Alat.....	50
4.1.3	Implementasi Kode Program Sistem.....	52
4.1.4	Pengujian Sensor.....	58
4.1.5	Hasil Pengujian Kestabilan Suhu	64
4.1.6	Hasil pengujian Fungsional Platform Telegram.....	73
4.1.7	Data Proses Pengeringan Hasil Pertanian	75
4.1.8	Hasil Pengujian Konsumsi Energi	84
4.2	Pembahasan.....	86
4.2.1	Analisis Kinerja dan Anomali Pembacaan Sensor	86
4.2.2	Analisis Perbandingan Kinerja Kendali ON-OFF dan <i>Fuzzy Logic</i>	90

4.2.3	Keandalan Pemantauan Jarak Jauh IoT.....	92
4.2.4	Analisis Komparasi Efisiensi Pengeringan	93
4.2.5	Analisis Konsumsi Energi Pengeringan.....	95
BAB V PENUTUP.....		96
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....		98
LAMPIRAN.....		102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP 32.....	15
Tabel 2.2 Spesifikasi Modul HX711	16
Tabel 2.3 Spesifikasi Load Cell	18
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor DS18B20.....	19
Tabel 2.5 Spesifikasi Heater PTC	20
Tabel 2.6 Modul AC Light Dimmer	22
Tabel 3.1 Parameter Himpunan Fuzzy untuk Variabel Error Suhu	41
Tabel 3.2 Parameter Himpunan Fuzzy untuk Variabel Delta Error.....	42
Tabel 3.3 Aturan (Rule Base) Logika Fuzzy	43
Tabel 3.4 Parameter Himpunan Fuzzy untuk Variabel State Heater	43
Tabel 4.1 Spesifikasi Alat.....	48
Tabel 4.2 Konfigurasi Pin	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20 1.....	58
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor DS18B20 2.....	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20 3.....	59
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sensor Beban Load cell	60
Tabel 4.7 Uji Stabilitas Pembacaan Load cell.....	62
Tabel 4.8 Pengujian Kendali ON-OFF	64
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kestabilan Suhu	68
Tabel 4.10 Pengujian Latensi Perintah Platform Telegram.....	74
Tabel 4.11 Hasil Pengeringan Cabai Menggunakan Cara Tradisional.....	75
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Pengeringan Gabah Menggunakan Cara Tradisional.....	78
Tabel 4.13 Hasil Pengeringan Cabai Menggunakan Alat Pengering	79
Tabel 4.14 Hasil Gabah Menggunakan Alat Pengering	82
Tabel 4.15 Hasil Konsumsi Energi Alat Pengering.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Pengering Tipe <i>Bed Dryer</i>	9
Gambar 2.2 Alat Pengering Tipe Tray Dryer	9
Gambar 2.3 Alat Pengering Tipe Rotary Dryer.....	10
Gambar 2.4 Blok Diagram Fuzzy Logic	10
Gambar 2.5 Kurva Segitiga.....	11
Gambar 2.6 Kurva Trapesium	12
Gambar 2.7 ESP 32	14
Gambar 2.8 Skema HX711	16
Gambar 2.9 Skema Load Cell	17
Gambar 2.10 Sensor DS18B20	19
Gambar 2.11 Heater PTC	20
Gambar 2.12 Skema AC Light Dimmer.....	21
Gambar 2.13 Logo Telegram	22
Gambar 2.14 Tampilan Arduino IDE	23
Gambar 2.15 Ilustrasi Metode Gravimetri	24
Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian	27
Gambar 3.2 Blok Diagram Alat Pengering	28
Gambar 3.3 Alur kerja Alat Pengering Bagian 1.....	29
Gambar 3.4 Alur Kerja Alat Pengering Bagian 2.....	30
Gambar 3.5 Alur Kerja Sensor Suhu dan Fuzzy Logic.....	32
Gambar 3.6 Alur Kerja Sensor Berat	34
Gambar 3.7 Alur Kerja Bot Telegram	36
Gambar 3.8 Desain Alat Pengering Tipe <i>Bed Dryer</i>	38
Gambar 3.9 Desain Dalam Panel Kontrol.....	38
Gambar 3.10 Desain Peletakan Sensor Suhu	39
Gambar 3.11 Desain Peletakan Sensor Berat.....	39
Gambar 3.12 Desain Peletakan Pemanas dan Kipas.....	40
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Variabel Error	41
Gambar 3.14 Fungsi Keanggotaan Variabel Delta Error	42
Gambar 3.15 Fungsi Keanggotaan Variabel Daya Heater.....	43

Gambar 4.1 Hasil Fisik Perancangan Alat	50
Gambar 4.2 Wiring Alat Pengering Dengan Cirkuit Designer.....	50
Gambar 4.3 Program Pendefinisian Himpunan Keanggotaan Kendali Fuzzy Logic.....	52
Gambar 4.4 Kode Program Pemasukan Input ke Sistem Fuzzy	53
Gambar 4.5 Kode Program Basis Aturan.....	54
Gambar 4.6 Program Pembacaan Sensor Berat	55
Gambar 4.7 Program Perhitungan Metode Gravimetri	55
Gambar 4.8 Program Pembacaan Multi-Sensor Suhu	56
Gambar 4.9 Program Komunikasi Data via Telegram API.....	57
Gambar 4.10 Dokumentasi pengambilan data suhu.....	60
Gambar 4.11 Pengujian Load Cell	61
Gambar 4.12 Tampilan Bot Telegram	75
Gambar 4.13 Cabai Sebelum Dikeringkan.....	77
Gambar 4.14 Cabai Setelah Dikeringkan.....	77
Gambar 4.15 Gabah Sebelum Dikeringkan	79
Gambar 4.16 Gabah Setelah Dikeringkan.....	79
Gambar 4.17 Cabai Sebelum Dikeringkan Menggunakan Alat Pengering.....	81
Gambar 4.18 Cabai Setelah Dikeringkan Menggunakan Alat Pengering	81
Gambar 4.19 Hasil Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering	83
Gambar 4.20 Hasil Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering	83
Gambar 4.21 Hasil Pengukuran Konsumsi Energi Pada Pengeringan Gabah	85
Gambar 4.22 Hasil Pengukuran Konsumsi Energi Pada Pengeringan Cabai	85
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Sensor Suhu 1 dengan Joil KT1.....	86
Gambar 4.24 Kurva Perbandingan Sensor Suhu 2 dengan Joil KT1	86
Gambar 4.25 Kurva Perbandingan Sensor Suhu 3 dengan Joil KT1	87
Gambar 4.26 Tren Penurunan Persentase Error terhadap Kenaikan Beban Uji.....	88
Gambar 4.27 Perbandingan Stabilitas Sinyal Penimbang Berdasarkan Konfigurasi Kabel	89
Gambar 4.28 Kurva Perbandingan Kinerja Kendali ON-OFF dan <i>Fuzzy Logic</i>	90
Gambar 4.29 Grafik Perbedaan Waktu Respons Eksekusi Perintah Telegram	92
Gambar 4.30 Kurva Perbandingan Laju Penurunan Kadar Air Gabah	93

Gambar 4.31 Kurva Perbandingan Laju Penurunan Bobot Cabai	94
---	----

LAMPIRAN

Lampiran 1 Riwayat Hidup Mahasiswa.....	102
Lampiran 2 Lembar Bimbingan.....	103
Lampiran 3 Lembar Perbaikan Naskah Skripsi	105
Lampiran 4 Hasil Plagiarisme.....	109
Lampiran 5 Foto Dokumentasi.....	110
Lampiran 6 Program Utama ESP32.....	111
Lampiran 7 Program dimmer ESP32	128
Lampiran 8 Program LCD ESP32	129
Lampiran 9 Program <i>Fuzzy</i> Logic ESP32.....	134
Lampiran 10 Program Load Cell ESP32.....	137
Lampiran 11 Program DS18B20 ESP32.....	139

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Upaya menurunkan kadar air pada hasil pertanian melalui metode pengeringan berguna untuk menekan risiko pembusukan akibat aktivitas bakteri maupun jamur. Langkah ini terbukti efektif untuk memperpanjang daya simpan pada bahan mentah ataupun produk setengah jadi, sekaligus dapat menjaga kualitasnya agar tetap prima sebelum masuk ke tahapan produksi lanjutan. Di samping itu, hasil panen dengan tingkat kekeringan yang memenuhi *standar* umumnya memiliki nilai jualnya dapat lebih tinggi dan mudah dipasarkan sebagai kebutuhan suplai bahan mentah industri pengolahan hasil pertanian (Apollo dkk., 2023).

Namun sebagian besar petani masih meng*andalkan* cara pengeringan tradisional yaitu dengan menjemur langsung di bawah terik matahari, metode tersebut sangat bergantung dengan kondisi cuaca sehingga dapat menimbulkan permasalahan pada saat musim hujan ataupun saat intensitas sinar matahari rendah. Kondisi tersebut menyebabkan kerugian kualitas yang disebabkan oleh kontaminasi lingkungan (Prasetyo dkk., 2023). Selain meng*andalkan* pengeringan tradisional beberapa petani juga memakai alat bantu untuk pengeringan hasil pertanian, alat pengering hasil pertanian yang dipakai beraneka ragam sistem pengeringannya seperti tipe *bed dryer*, *rotary dryer*, dan *vertical dryer*. Alat pengering *standar* rata – rata masih meng*andalkan* sistem kendali nyala mati yang kaku, yang mana elemen pemanas menyala secara maksimal dan mati mendadak saat target suhu tercapai sehingga pola ini memicu fluktuasi panas di dalam ruang pengering. Selain itu mesin – mesin tersebut jarang memiliki fasilitas pemantauan jarak jauh sehingga pengguna harus mendatangi lokasi secara berkala untuk mengecek status dari alat pengering.

Untuk mengatasi permasalahan ini, penulis merancang alat pengering hasil pertanian berbasis *fuzzy logic* menggunakan tipe *bed dryer*. Penggunaan tipe *bed dryer* ini diadopsi karena sistem tersebut memiliki konstruksi yang sederhana sehingga sistem ini

memungkinkan petani untuk dapat membuat dan mempertahankan kualitas hasil pertanian yang setara dengan hasil dari pengeringan industri. Pada alat ini menggunakan beberapa *input* utama yakni sensor suhu digunakan untuk mengawasi suhu dalam ruang pengering, sensor *load cell* untuk mengukur berat serta melihat penurunan berat pada saat alat pengering bekerja. Kemudian data yang diperoleh dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler ESP32, hasil pembacaan sensor suhu tersebut nantinya digunakan untuk mengendalikan *heater* melalui dimmer AC dengan menggunakan algoritma *fuzzy logic* dengan dua variabel masukan yakni *error* dan *delta error* sehingga sistem *fuzzy* tidak hanya melihat jarak suhu ke target, tetapi juga menghitung seberapa cepat suhu itu naik, sehingga mikrokontroler dapat memperlambat pemanasan secara adaptif sebelum suhu mencapai target untuk mencegah terjadinya lonjakan panas. Target suhu pemanasan pada purwarupa ini di atur pada angka 50°C. Penentuan titik acuan (*setpoint*) sebesar 50°C ini secara khusus didasarkan pada pedoman penanganan pascapanen komoditas gabah yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) (Badan Standardisasi Nasional, 2023). Melalui kestabilan suhu yang terjaga di angka 50°C, kualitas pengeringan akan terjamin secara optimal. Alat ini juga dilengkapi dengan LCD untuk memantau kondisi sistem secara *real – time* serta terdapat *buzzer* sebagai indikator peringatan sudah mencapai waktu yang ditentukan ketika pengguna menggunakan *timer* dalam proses pengeringan. Selain menggunakan LCD sistem ini juga dapat memonitor menggunakan platform Telegram sehingga data pengeringan dapat dipantau menggunakan ponsel pintar secara *real – time*.

Dari sistem tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pengeringan hasil pertanian serta dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan teknologi pascapanen padi serta mendukung meningkatkan kualitas hasil panen di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang didapat sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem alat pengering hasil pertanian tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan sensor suhu dan *load cell* berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana efisiensi dan performa algoritma *fuzzy logic* dalam mengendalikan kestabilan suhu pada ruang pengering *bed dryer* berdasarkan *input* dari sensor suhu?

3. Bagaimana tingkat akurasi sensor *load cell* dalam memantau penyusutan kadar air dan penimbangan berat komoditas secara *real - time* selama proses pengeringan berlangsung?
4. Bagaimana efektivitas platform Telegram dalam menerima data sensor dan mengeksekusi perintah kendali secara *real - time* pada sistem alat pengering hasil pertanian tipe *bed dryer*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun purwarupa alat pengering hasil pertanian tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan sensor suhu serta *load cell* berbasis mikrokontroler.
2. Mengevaluasi tingkat efisiensi dan performa algoritma logika *fuzzy* dalam merespons galat pembacaan awal serta mengendalikan kestabilan suhu operasional di dalam ruang pengering.
3. Mengukur tingkat akurasi pembacaan sensor *load cell* dalam membaca laju penyusutan kadar air dan melakukan penimbangan beban komoditas secara langsung sepanjang proses pengeringan berlangsung.
4. Menguji tingkat efektivitas dan latensi platform Telegram sebagai antarmuka kendali jarak jauh dalam menerima pembaruan data sensor dan mengeksekusi perintah perangkat keras pada alat pengering.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan agar dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menjadi referensi mengenai penerapan metode *fuzzy* untuk pengendalian suhu dalam proses pengeringan gabah.
2. Dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengering hasil pertanian berbasis mikrokontroler.
3. Dapat memberikan wawasan dan referensi bagi mahasiswa dan peneliti terkait pembuatan alat pengering gabah otomatis.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Dalam penelitian ini ditetapkan beberapa batasan masalah agar pembahasan dapat lebih fokus dan terarah. Batasan masalah tersebut meliputi :

1. Penelitian ini hanya membahas perancangan dan pembuatan alat pengering hasil pertanian dengan tipe *bed dryer*.
2. Sistem hanya berfokus pada proses pengeringan gabah dan cabai skala prototipe dengan kapasitas gabah kurang dari 5 kg dan kapasitas cabai 500 gram serta tidak membahas proses penyimpanan maupun penggilingan.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 dengan platform pemrograman Arduino IDE.
4. Pengendalian stabilitas panas pada ruang pengering beroperasi menggunakan algoritma logika *fuzzy*.
5. Fungsi pemantauan status dan data sensor jarak jauh beserta pengendalian perintah alat berjalan melalui platform Telegram.
6. Sistem pemanas yang dipakai yaitu hawa panas dari *heater* yang akan dialirkan ke ruang pengering menggunakan kipas.

1.6 Kebaruan

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem pengeringan hasil pertanian tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan kontrol suhu adaptif menggunakan *fuzzy logic* dengan pemantauan penurunan massa komoditas secara *real - time* pada alat pengering tipe *bed dryer*. Beberapa aspek kebaruan dalam penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini menggunakan dua jenis sensor, yaitu sensor suhu dengan tipe DS18B20 untuk memantau suhu pada ruang pengering, serta sensor *load cell* untuk memantau susut air dan penimbangan berat secara *real - time*.
2. Penggunaan *fuzzy logic* untuk mengendalikan aktuator *heater* PTC berdasarkan pembacaan dari sensor suhu. Metode ini memungkinkan sistem dapat mengendalikan suhu secara stabil, penggunaan *fuzzy logic* belum banyak diimplementasikan pada alat pengering tipe *bed dryer* konvensional yang rata – rata masih mengandalkan kendali nyala mati sederhana.
3. Penelitian ini memiliki sistem otomasi berbasis waktu, di mana pengguna dapat mengatur parameter *timer* di awal pengoperasian alat. Sistem akan secara otomatis memberikan peringatan berupa alarm saat batas waktu pengeringan telah tercapai.

4. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan mengintegrasikannya ke platform Telegram. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengirimkan perintah kontrol dan menerima data pemantauan kondisi ruang pengering beserta susut bobot secara *real - time* dari jarak jauh dan kapan saja, sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas operasional bagi pengguna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan

Pada penelitian ini dilakukan kajian literatur untuk menemukan referensi yang mendukung pengembangan dari Rancang Bangun Alat Pengering Hasil Pertanian Menggunakan Tipe *Bed Dryer* Berbasis *Fuzzy Logic*. Berikut beberapa penelitian terdahulu yang relevan akan dibahas untuk melihat pendekatan, metode, dan temuan yang menjadi acuan:

1. Penelitian pertama berjudul “Rancang Bangun Oven Pengering Cabai dilengkapi Kontrol Suhu Otomatis” yang dilakukan oleh (Tandigau dkk., 2023). Dengan merancang oven pengering cabai dengan sumber panas kompor gas LPG dan sistem pembuangan suhu otomatis. Alat tersebut menggunakan termostat digital sebagai sensor utama, di mana kipas pembuangan terprogram untuk menyala secara kaku pada suhu 70°C dan mati pada suhu 60°C . Proses pengujian mengonfirmasi penyusutan rata-rata bobot cabai sebesar 64,85% selama durasi pengovenan 2,5 jam. Kelemahan mendasar dari rancangan ini terletak pada penggunaan algoritma kendali nyala mati yang rentan memicu fluktuasi termal, serta ketiadaan instrumen penimbang terintegrasi sehingga pengukuran susut bobot hanya dapat dilakukan secara manual sebelum dan sesudah proses pemanasan selesai.
2. Penelitian kedua berjudul "Rancang Bangun Model Alat Pengering *Indoor* Otomatis Hasil Pertanian Berbasis Arduino Uno" oleh (Laba dkk., 2024). Mengembangkan purwarupa alat pengering dalam ruangan berbasis Arduino Uno untuk komoditas jagung, gabah, dan kedelai. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu DHT11 dan sensor kelembapan tanah YL-69 yang ditancapkan pada tumpukan material untuk menentukan tingkat kekeringan. Alat beroperasi menggunakan logika relai konvensional, di mana elemen pemanas 75 Watt akan menyala jika pembacaan suhu berada di $\leq 30^{\circ}\text{C}$ dan otomatis terputus pada suhu 50°C . Penggunaan sensor *soil moisture* untuk mendeteksi kadar air biji-bijian memiliki risiko akurasi yang rendah karena hanya membaca kelembapan pada titik kontak fisik sensor, bukan mendeteksi

penurunan massa air secara keseluruhan. Selain itu, fluktuasi panas masih terjadi akibat batasan kendali nyala mati sederhana.

3. Penelitian ketiga dengan judul “Sistem Kendali Suhu dan Kelembapan pada Alat Penetas Telur Berbasis *Fuzzy Logic Controller*” oleh (Iksan dkk., t.t.). Membuktikan efektivitas metode cerdas dalam ruang pemanas tertutup melalui perancangan alat penetas telur berbasis *Fuzzy Logic Controller* (Mamdani). Sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 tersebut menggunakan komponen dimmer AC untuk memanipulasi intensitas cahaya lampu pijar sebagai sumber panas. Pengujian memperlihatkan bahwa algoritma *fuzzy* sukses mempertahankan target set poin suhu 38°C dengan sangat presisi, mencatatkan nilai *error steady state* hanya sebesar 0,132%. Meskipun terbukti *andal* dalam menstabilkan suhu, penelitian ini berfokus pada proses inkubasi embrio, sehingga tidak memiliki komponen untuk melihat susut massa maupun sistem pemantauan dan pengendalian jarak jauh.
4. Penelitian keempat dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengering Biji – Bijian Sistem *Bed Dryer* dengan Tungku Pemanas Tak Langsung Kapasitas Dua Ton”, (Andriyono dkk., 2023). Menganalisis kinerja alat pengering berskala besar menggunakan pembakaran kayu pada tungku tak langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat tersebut mampu mengeringkan 2 ton gabah dalam waktu sekitar 20,77 jam hingga mencapai kadar air akhir 12.2%, di mana suhu maksimal ruang bertekanan dapat mencapai 70°C. Perbedaan utama dengan penelitian yang dilakukan adalah bahwa penelitian tersebut beroperasi tanpa kendali suhu otomatis dan menuntut pengawasan fisik terus-menerus, sedangkan penelitian yang dilakukan mengimplementasikan algoritma kendali cerdas untuk mengunci kestabilan suhu tanpa intervensi manusia, serta memanfaatkan antarmuka Telegram untuk pemantauan parameter alat secara otomatis.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pemindahan atau pengeluaran *kandungan* air dari suatu material hingga mencapai titik persentase tertentu dengan tujuan utama untuk menghambat dan memperlambat laju kerusakan pada bahan tersebut (Andriyono dkk.,

2023). Dasar dari proses pengeringan yaitu terjadinya penguapan air dari wujud cair di dalam bahan menjadi wujud gas atau uap yang terlepas ke udara bebas (Laba dkk., 2024). Pada pengeringan ini bekerja dengan cara menurunkan tingkat kelembapan udara di dalam sebuah ruangan tertutup, lalu mengalirkan udara bersuhu panas ke sekeliling material. Kondisi lingkungan buatan ini memicu tekanan uap air di dalam bahan menjadi jauh lebih besar daripada tekanan uap air di udara sekitarnya. Perbedaan tekanan inilah yang memaksa molekul air di dalam material terdorong keluar dan menguap (Laba dkk., 2024). Pada alat pengering mekanis udara luar dipanaskan secara intensif oleh elemen pemanas sebelum akhirnya ditiupkan secara paksa ke arah material menggunakan kipas (Andriyono dkk., 2023).

Sistem pengeringan terbagi menjadi dua kategori utama, yakni sistem tradisional dan sistem mekanis. Sistem pengeringan tradisional murni mengandalkan paparan energi panas matahari secara langsung pada ruang terbuka yang rentan terhadap fluktuasi cuaca dan kontaminasi lingkungan sebaliknya sistem mekanis mengisolasi material di dalam ruang tertutup untuk memanipulasi parameter termal secara terkontrol. Sebagai contoh pada komoditas padi sistem mekanis diprogram untuk menurunkan kadar air secara terukur dari kondisi basah 20 hingga 27 persen menjadi 14 persen agar selaras dengan *standar mutu SNI* (Andriyono dkk., 2023).

Kadar air bahan merupakan representasi jumlah *kandungan* air per satuan bahan (Jefri dkk., 2023). Penurunan kadar air ini menjadi target utama karena air adalah salah satu unsur fundamental yang keberadaannya sangat esensial dalam menjaga kelangsungan proses biokimiawi organisme hidup di dalam bahan pangan. Persentase kadar air yang terlalu tinggi akan memicu aktivitas mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang merusak sel material, sebaliknya penurunan kadar air yang terlalu ekstrem akan berisiko merusak struktur fisik komoditas, seperti membuat biji – bijian menjadi rapuh dan mudah patah.

Untuk memfasilitasi proses penurunan kadar air secara terkontrol, industri mengembangkan beragam arsitektur mesin pengering buatan untuk menyesuaikan karakteristik bentuk dan kapasitas komoditas. Beberapa jenis alat pengering mekanis yang lazim digunakan meliputi:

ABSTRACT

MOH. CHAFIDZ MUBASHIR. *Design and Construction of an Agricultural Product Dryer Using a Fuzzy Logic-Based Bed Dryer. Supervised by SOFITRI RAHAYU, S.Pd., M.Eng.*

Drying of agricultural products in Indonesia is still predominantly carried out using conventional methods that rely on solar radiation intensity, thereby posing risks of commodity quality degradation due to unpredictable weather conditions. This research aims to design and build a bed dryer prototype that integrates the Mamdani fuzzy logic algorithm as a temperature stability controller, while utilizing the Telegram platform as a remote control interface based on the Internet of Things (IoT). The research methodology encompasses hardware design using the ESP32 microcontroller, three DS18B20 temperature sensors, a load cell sensor, and a heating actuator controlled through an AC dimmer module. Testing was conducted on two commodities, namely chili and unhusked rice (paddy), with a target temperature of 50°C. The machine was capable of maintaining temperature stability within a narrow oscillation range of 49.4°C to 50.27°C, significantly more stable compared to the conventional ON-OFF control method, which produced excessive temperature overshoots. The temperature sensors recorded an average error of 1.65%, and the load cell sensor recorded an average error of 33.3%, while the Telegram command response latency was measured between 1.74 to 6.98 seconds. The measured electrical energy consumption was highly economical, at 1.167 kWh for chili drying over a 6-hour period. This research demonstrates that the implementation of fuzzy logic in a bed dryer-type drying machine is effective in producing stable, energy-efficient drying that can be monitored in real-time.

Keywords: *bed dryer, drying machine, fuzzy logic, Internet of Things.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup Masalah	3
1.6 Kabaharuan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Yang Relevan.....	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Pengeringan.....	7
2.2.2 Fuzzy Logic	10
2.2.3 Internet Of Things	13
2.2.4 Mikrokontroler (ESP32)	14
2.2.5 Modul HX711	16
2.2.6 Load Cell.....	17

2.2.7	Sensor Suhu (DS18B20)	19
2.2.8	<i>Heater</i> PTC	20
2.2.9	Modul Dimmer AC	21
2.2.10	Telegram.....	22
2.2.11	Arduino IDE.....	23
2.2.12	Metode Gravimetri	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Tempat Penelitian.....	26
3.2	Desain Penelitian.....	27
3.2.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	27
3.2.2	Blok Diagram	28
3.2.3	<i>Flowchart</i> Alat	29
3.2.4	<i>Flowchart</i> Sensor Suhu.....	32
3.2.5	<i>Flowchart Load Cell</i>	34
3.2.6	<i>Flowchart Bot Telegram</i>	36
3.2.7	Desain Perancangan	37
3.2.8	Perancangan Logika Kendali <i>Fuzzy</i>	40
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	44
3.4	Metode Analisa Data	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Hasil	48
4.1.1	Realisasi Fisik Purwarupa	48
4.1.2	<i>Wiring</i> Alat.....	50
4.1.3	Implementasi Kode Program Sistem.....	52
4.1.4	Pengujian Sensor.....	58
4.1.5	Hasil Pengujian Kestabilan Suhu	64
4.1.6	Hasil pengujian Fungsional Platform Telegram.....	73
4.1.7	Data Proses Pengeringan Hasil Pertanian	75
4.1.8	Hasil Pengujian Konsumsi Energi	84
4.2	Pembahasan.....	86
4.2.1	Analisis Kinerja dan Anomali Pembacaan Sensor	86
4.2.2	Analisis Perbandingan Kinerja Kendali ON-OFF dan <i>Fuzzy Logic</i>	90

4.2.3	Keandalan Pemantauan Jarak Jauh IoT.....	92
4.2.4	Analisis Komparasi Efisiensi Pengeringan	93
4.2.5	Analisis Konsumsi Energi Pengeringan.....	95
BAB V PENUTUP.....		96
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....		98
LAMPIRAN.....		102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP 32.....	15
Tabel 2.2 Spesifikasi Modul HX711	16
Tabel 2.3 Spesifikasi Load Cell	18
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor DS18B20.....	19
Tabel 2.5 Spesifikasi Heater PTC	20
Tabel 2.6 Modul AC Light Dimmer	22
Tabel 3.1 Parameter Himpunan Fuzzy untuk Variabel Error Suhu	41
Tabel 3.2 Parameter Himpunan Fuzzy untuk Variabel Delta Error.....	42
Tabel 3.3 Aturan (Rule Base) Logika Fuzzy	43
Tabel 3.4 Parameter Himpunan Fuzzy untuk Variabel State Heater	43
Tabel 4.1 Spesifikasi Alat.....	48
Tabel 4.2 Konfigurasi Pin	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20 1.....	58
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor DS18B20 2.....	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20 3.....	59
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sensor Beban Load cell	60
Tabel 4.7 Uji Stabilitas Pembacaan Load cell.....	62
Tabel 4.8 Pengujian Kendali ON-OFF	64
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kestabilan Suhu	68
Tabel 4.10 Pengujian Latensi Perintah Platform Telegram.....	74
Tabel 4.11 Hasil Pengeringan Cabai Menggunakan Cara Tradisional.....	75
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Pengeringan Gabah Menggunakan Cara Tradisional.....	78
Tabel 4.13 Hasil Pengeringan Cabai Menggunakan Alat Pengering	79
Tabel 4.14 Hasil Gabah Menggunakan Alat Pengering	82
Tabel 4.15 Hasil Konsumsi Energi Alat Pengering.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Pengering Tipe <i>Bed Dryer</i>	9
Gambar 2.2 Alat Pengering Tipe Tray Dryer	9
Gambar 2.3 Alat Pengering Tipe Rotary Dryer.....	10
Gambar 2.4 Blok Diagram Fuzzy Logic	10
Gambar 2.5 Kurva Segitiga.....	11
Gambar 2.6 Kurva Trapesium	12
Gambar 2.7 ESP 32	14
Gambar 2.8 Skema HX711	16
Gambar 2.9 Skema Load Cell	17
Gambar 2.10 Sensor DS18B20	19
Gambar 2.11 Heater PTC	20
Gambar 2.12 Skema AC Light Dimmer.....	21
Gambar 2.13 Logo Telegram	22
Gambar 2.14 Tampilan Arduino IDE	23
Gambar 2.15 Ilustrasi Metode Gravimetri	24
Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian	27
Gambar 3.2 Blok Diagram Alat Pengering	28
Gambar 3.3 Alur kerja Alat Pengering Bagian 1.....	29
Gambar 3.4 Alur Kerja Alat Pengering Bagian 2.....	30
Gambar 3.5 Alur Kerja Sensor Suhu dan Fuzzy Logic.....	32
Gambar 3.6 Alur Kerja Sensor Berat	34
Gambar 3.7 Alur Kerja Bot Telegram	36
Gambar 3.8 Desain Alat Pengering Tipe <i>Bed Dryer</i>	38
Gambar 3.9 Desain Dalam Panel Kontrol.....	38
Gambar 3.10 Desain Peletakan Sensor Suhu	39
Gambar 3.11 Desain Peletakan Sensor Berat.....	39
Gambar 3.12 Desain Peletakan Pemanas dan Kipas.....	40
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Variabel Error	41
Gambar 3.14 Fungsi Keanggotaan Variabel Delta Error	42
Gambar 3.15 Fungsi Keanggotaan Variabel Daya Heater.....	43

Gambar 4.1 Hasil Fisik Perancangan Alat	50
Gambar 4.2 Wiring Alat Pengering Dengan Cirkuit Designer.....	50
Gambar 4.3 Program Pendefinisian Himpunan Keanggotaan Kendali Fuzzy Logic.....	52
Gambar 4.4 Kode Program Pemasukan Input ke Sistem Fuzzy	53
Gambar 4.5 Kode Program Basis Aturan.....	54
Gambar 4.6 Program Pembacaan Sensor Berat	55
Gambar 4.7 Program Perhitungan Metode Gravimetri	55
Gambar 4.8 Program Pembacaan Multi-Sensor Suhu	56
Gambar 4.9 Program Komunikasi Data via Telegram API.....	57
Gambar 4.10 Dokumentasi pengambilan data suhu.....	60
Gambar 4.11 Pengujian Load Cell	61
Gambar 4.12 Tampilan Bot Telegram	75
Gambar 4.13 Cabai Sebelum Dikeringkan.....	77
Gambar 4.14 Cabai Setelah Dikeringkan.....	77
Gambar 4.15 Gabah Sebelum Dikeringkan	79
Gambar 4.16 Gabah Setelah Dikeringkan.....	79
Gambar 4.17 Cabai Sebelum Dikeringkan Menggunakan Alat Pengering.....	81
Gambar 4.18 Cabai Setelah Dikeringkan Menggunakan Alat Pengering	81
Gambar 4.19 Hasil Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering	83
Gambar 4.20 Hasil Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering	83
Gambar 4.21 Hasil Pengukuran Konsumsi Energi Pada Pengeringan Gabah	85
Gambar 4.22 Hasil Pengukuran Konsumsi Energi Pada Pengeringan Cabai	85
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Sensor Suhu 1 dengan Joil KT1.....	86
Gambar 4.24 Kurva Perbandingan Sensor Suhu 2 dengan Joil KT1	86
Gambar 4.25 Kurva Perbandingan Sensor Suhu 3 dengan Joil KT1	87
Gambar 4.26 Tren Penurunan Persentase Error terhadap Kenaikan Beban Uji.....	88
Gambar 4.27 Perbandingan Stabilitas Sinyal Penimbang Berdasarkan Konfigurasi Kabel	89
Gambar 4.28 Kurva Perbandingan Kinerja Kendali ON-OFF dan <i>Fuzzy Logic</i>	90
Gambar 4.29 Grafik Perbedaan Waktu Respons Eksekusi Perintah Telegram	92
Gambar 4.30 Kurva Perbandingan Laju Penurunan Kadar Air Gabah	93

Gambar 4.31 Kurva Perbandingan Laju Penurunan Bobot Cabai	94
---	----

LAMPIRAN

Lampiran 1 Riwayat Hidup Mahasiswa.....	102
Lampiran 2 Lembar Bimbingan.....	103
Lampiran 3 Lembar Perbaikan Naskah Skripsi	105
Lampiran 4 Hasil Plagiarisme.....	109
Lampiran 5 Foto Dokumentasi.....	110
Lampiran 6 Program Utama ESP32.....	111
Lampiran 7 Program dimmer ESP32	128
Lampiran 8 Program LCD ESP32	129
Lampiran 9 Program <i>Fuzzy</i> Logic ESP32.....	134
Lampiran 10 Program Load Cell ESP32.....	137
Lampiran 11 Program DS18B20 ESP32.....	139

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Upaya menurunkan kadar air pada hasil pertanian melalui metode pengeringan berguna untuk menekan risiko pembusukan akibat aktivitas bakteri maupun jamur. Langkah ini terbukti efektif untuk memperpanjang daya simpan pada bahan mentah ataupun produk setengah jadi, sekaligus dapat menjaga kualitasnya agar tetap prima sebelum masuk ke tahapan produksi lanjutan. Di samping itu, hasil panen dengan tingkat kekeringan yang memenuhi *standar* umumnya memiliki nilai jualnya dapat lebih tinggi dan mudah dipasarkan sebagai kebutuhan suplai bahan mentah industri pengolahan hasil pertanian (Apollo dkk., 2023).

Namun sebagian besar petani masih meng*andalkan* cara pengeringan tradisional yaitu dengan menjemur langsung di bawah terik matahari, metode tersebut sangat bergantung dengan kondisi cuaca sehingga dapat menimbulkan permasalahan pada saat musim hujan ataupun saat intensitas sinar matahari rendah. Kondisi tersebut menyebabkan kerugian kualitas yang disebabkan oleh kontaminasi lingkungan (Prasetyo dkk., 2023). Selain meng*andalkan* pengeringan tradisional beberapa petani juga memakai alat bantu untuk pengeringan hasil pertanian, alat pengering hasil pertanian yang dipakai beraneka ragam sistem pengeringannya seperti tipe *bed dryer*, *rotary dryer*, dan *vertical dryer*. Alat pengering *standar* rata – rata masih meng*andalkan* sistem kendali nyala mati yang kaku, yang mana elemen pemanas menyala secara maksimal dan mati mendadak saat target suhu tercapai sehingga pola ini memicu fluktuasi panas di dalam ruang pengering. Selain itu mesin – mesin tersebut jarang memiliki fasilitas pemantauan jarak jauh sehingga pengguna harus mendatangi lokasi secara berkala untuk mengecek status dari alat pengering.

Untuk mengatasi permasalahan ini, penulis merancang alat pengering hasil pertanian berbasis *fuzzy logic* menggunakan tipe *bed dryer*. Penggunaan tipe *bed dryer* ini diadopsi karena sistem tersebut memiliki konstruksi yang sederhana sehingga sistem ini

memungkinkan petani untuk dapat membuat dan mempertahankan kualitas hasil pertanian yang setara dengan hasil dari pengeringan industri. Pada alat ini menggunakan beberapa *input* utama yakni sensor suhu digunakan untuk mengawasi suhu dalam ruang pengering, sensor *load cell* untuk mengukur berat serta melihat penurunan berat pada saat alat pengering bekerja. Kemudian data yang diperoleh dari sensor tersebut akan diproses oleh mikrokontroler ESP32, hasil pembacaan sensor suhu tersebut nantinya digunakan untuk mengendalikan *heater* melalui dimmer AC dengan menggunakan algoritma *fuzzy logic* dengan dua variabel masukan yakni *error* dan *delta error* sehingga sistem *fuzzy* tidak hanya melihat jarak suhu ke target, tetapi juga menghitung seberapa cepat suhu itu naik, sehingga mikrokontroler dapat memperlambat pemanasan secara adaptif sebelum suhu mencapai target untuk mencegah terjadinya lonjakan panas. Target suhu pemanasan pada purwarupa ini di atur pada angka 50°C. Penentuan titik acuan (*setpoint*) sebesar 50°C ini secara khusus didasarkan pada pedoman penanganan pascapanen komoditas gabah yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) (Badan Standardisasi Nasional, 2023). Melalui kestabilan suhu yang terjaga di angka 50°C, kualitas pengeringan akan terjamin secara optimal. Alat ini juga dilengkapi dengan LCD untuk memantau kondisi sistem secara *real – time* serta terdapat *buzzer* sebagai indikator peringatan sudah mencapai waktu yang ditentukan ketika pengguna menggunakan *timer* dalam proses pengeringan. Selain menggunakan LCD sistem ini juga dapat memonitor menggunakan platform Telegram sehingga data pengeringan dapat dipantau menggunakan ponsel pintar secara *real – time*.

Dari sistem tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pengeringan hasil pertanian serta dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan teknologi pascapanen padi serta mendukung meningkatkan kualitas hasil panen di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang didapat sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem alat pengering hasil pertanian tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan sensor suhu dan *load cell* berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana efisiensi dan performa algoritma *fuzzy logic* dalam mengendalikan kestabilan suhu pada ruang pengering *bed dryer* berdasarkan *input* dari sensor suhu?

3. Bagaimana tingkat akurasi sensor *load cell* dalam memantau penyusutan kadar air dan penimbangan berat komoditas secara *real - time* selama proses pengeringan berlangsung?
4. Bagaimana efektivitas platform Telegram dalam menerima data sensor dan mengeksekusi perintah kendali secara *real - time* pada sistem alat pengering hasil pertanian tipe *bed dryer*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun purwarupa alat pengering hasil pertanian tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan sensor suhu serta *load cell* berbasis mikrokontroler.
2. Mengevaluasi tingkat efisiensi dan performa algoritma logika *fuzzy* dalam merespons galat pembacaan awal serta mengendalikan kestabilan suhu operasional di dalam ruang pengering.
3. Mengukur tingkat akurasi pembacaan sensor *load cell* dalam membaca laju penyusutan kadar air dan melakukan penimbangan beban komoditas secara langsung sepanjang proses pengeringan berlangsung.
4. Menguji tingkat efektivitas dan latensi platform Telegram sebagai antarmuka kendali jarak jauh dalam menerima pembaruan data sensor dan mengeksekusi perintah perangkat keras pada alat pengering.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan agar dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menjadi referensi mengenai penerapan metode *fuzzy* untuk pengendalian suhu dalam proses pengeringan gabah.
2. Dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengering hasil pertanian berbasis mikrokontroler.
3. Dapat memberikan wawasan dan referensi bagi mahasiswa dan peneliti terkait pembuatan alat pengering gabah otomatis.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Dalam penelitian ini ditetapkan beberapa batasan masalah agar pembahasan dapat lebih fokus dan terarah. Batasan masalah tersebut meliputi :

1. Penelitian ini hanya membahas perancangan dan pembuatan alat pengering hasil pertanian dengan tipe *bed dryer*.
2. Sistem hanya berfokus pada proses pengeringan gabah dan cabai skala prototipe dengan kapasitas gabah kurang dari 5 kg dan kapasitas cabai 500 gram serta tidak membahas proses penyimpanan maupun penggilingan.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 dengan platform pemrograman Arduino IDE.
4. Pengendalian stabilitas panas pada ruang pengering beroperasi menggunakan algoritma logika *fuzzy*.
5. Fungsi pemantauan status dan data sensor jarak jauh beserta pengendalian perintah alat berjalan melalui platform Telegram.
6. Sistem pemanas yang dipakai yaitu hawa panas dari *heater* yang akan dialirkan ke ruang pengering menggunakan kipas.

1.6 Kebaruan

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem pengeringan hasil pertanian tipe *bed dryer* yang mengintegrasikan kontrol suhu adaptif menggunakan *fuzzy logic* dengan pemantauan penurunan massa komoditas secara *real - time* pada alat pengering tipe *bed dryer*. Beberapa aspek kebaruan dalam penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini menggunakan dua jenis sensor, yaitu sensor suhu dengan tipe DS18B20 untuk memantau suhu pada ruang pengering, serta sensor *load cell* untuk memantau susut air dan penimbangan berat secara *real - time*.
2. Penggunaan *fuzzy logic* untuk mengendalikan aktuator *heater* PTC berdasarkan pembacaan dari sensor suhu. Metode ini memungkinkan sistem dapat mengendalikan suhu secara stabil, penggunaan *fuzzy logic* belum banyak diimplementasikan pada alat pengering tipe *bed dryer* konvensional yang rata – rata masih menggunakan kendali nyala mati sederhana.
3. Penelitian ini memiliki sistem otomasi berbasis waktu, di mana pengguna dapat mengatur parameter *timer* di awal pengoperasian alat. Sistem akan secara otomatis memberikan peringatan berupa alarm saat batas waktu pengeringan telah tercapai.

4. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan mengintegrasikannya ke platform Telegram. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengirimkan perintah kontrol dan menerima data pemantauan kondisi ruang pengering beserta susut bobot secara *real - time* dari jarak jauh dan kapan saja, sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas operasional bagi pengguna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan

Pada penelitian ini dilakukan kajian literatur untuk menemukan referensi yang mendukung pengembangan dari Rancang Bangun Alat Pengering Hasil Pertanian Menggunakan Tipe *Bed Dryer* Berbasis *Fuzzy Logic*. Berikut beberapa penelitian terdahulu yang relevan akan dibahas untuk melihat pendekatan, metode, dan temuan yang menjadi acuan:

1. Penelitian pertama berjudul “Rancang Bangun Oven Pengering Cabai dilengkapi Kontrol Suhu Otomatis” yang dilakukan oleh (Tandigau dkk., 2023). Dengan merancang oven pengering cabai dengan sumber panas kompor gas LPG dan sistem pembuangan suhu otomatis. Alat tersebut menggunakan termostat digital sebagai sensor utama, di mana kipas pembuangan terprogram untuk menyala secara kaku pada suhu 70°C dan mati pada suhu 60°C . Proses pengujian mengonfirmasi penyusutan rata-rata bobot cabai sebesar 64,85% selama durasi pengovenan 2,5 jam. Kelemahan mendasar dari rancangan ini terletak pada penggunaan algoritma kendali nyala mati yang rentan memicu fluktuasi termal, serta ketiadaan instrumen penimbang terintegrasi sehingga pengukuran susut bobot hanya dapat dilakukan secara manual sebelum dan sesudah proses pemanasan selesai.
2. Penelitian kedua berjudul "Rancang Bangun Model Alat Pengering *Indoor* Otomatis Hasil Pertanian Berbasis Arduino Uno" oleh (Laba dkk., 2024). Mengembangkan purwarupa alat pengering dalam ruangan berbasis Arduino Uno untuk komoditas jagung, gabah, dan kedelai. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu DHT11 dan sensor kelembapan tanah YL-69 yang ditancapkan pada tumpukan material untuk menentukan tingkat kekeringan. Alat beroperasi menggunakan logika relai konvensional, di mana elemen pemanas 75 Watt akan menyala jika pembacaan suhu berada di $\leq 30^{\circ}\text{C}$ dan otomatis terputus pada suhu 50°C . Penggunaan sensor *soil moisture* untuk mendeteksi kadar air biji-bijian memiliki risiko akurasi yang rendah karena hanya membaca kelembapan pada titik kontak fisik sensor, bukan mendeteksi

penurunan massa air secara keseluruhan. Selain itu, fluktuasi panas masih terjadi akibat batasan kendali nyala mati sederhana.

3. Penelitian ketiga dengan judul “Sistem Kendali Suhu dan Kelembapan pada Alat Penetas Telur Berbasis *Fuzzy Logic Controller*” oleh (Iksan dkk., t.t.). Membuktikan efektivitas metode cerdas dalam ruang pemanas tertutup melalui perancangan alat penetas telur berbasis *Fuzzy Logic Controller* (Mamdani). Sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 tersebut menggunakan komponen dimmer AC untuk memanipulasi intensitas cahaya lampu pijar sebagai sumber panas. Pengujian memperlihatkan bahwa algoritma *fuzzy* sukses mempertahankan target set poin suhu 38°C dengan sangat presisi, mencatatkan nilai *error steady state* hanya sebesar 0,132%. Meskipun terbukti *andal* dalam menstabilkan suhu, penelitian ini berfokus pada proses inkubasi embrio, sehingga tidak memiliki komponen untuk melihat susut massa maupun sistem pemantauan dan pengendalian jarak jauh.
4. Penelitian keempat dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengering Biji – Bijian Sistem *Bed Dryer* dengan Tungku Pemanas Tak Langsung Kapasitas Dua Ton”, (Andriyono dkk., 2023). Menganalisis kinerja alat pengering berskala besar menggunakan pembakaran kayu pada tungku tak langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat tersebut mampu mengeringkan 2 ton gabah dalam waktu sekitar 20,77 jam hingga mencapai kadar air akhir 12.2%, di mana suhu maksimal ruang bertekanan dapat mencapai 70°C. Perbedaan utama dengan penelitian yang dilakukan adalah bahwa penelitian tersebut beroperasi tanpa kendali suhu otomatis dan menuntut pengawasan fisik terus-menerus, sedangkan penelitian yang dilakukan mengimplementasikan algoritma kendali cerdas untuk mengunci kestabilan suhu tanpa intervensi manusia, serta memanfaatkan antarmuka Telegram untuk pemantauan parameter alat secara otomatis.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pemindahan atau pengeluaran *kandungan* air dari suatu material hingga mencapai titik persentase tertentu dengan tujuan utama untuk menghambat dan memperlambat laju kerusakan pada bahan tersebut (Andriyono dkk.,

2023). Dasar dari proses pengeringan yaitu terjadinya penguapan air dari wujud cair di dalam bahan menjadi wujud gas atau uap yang terlepas ke udara bebas (Laba dkk., 2024). Pada pengeringan ini bekerja dengan cara menurunkan tingkat kelembapan udara di dalam sebuah ruangan tertutup, lalu mengalirkan udara bersuhu panas ke sekeliling material. Kondisi lingkungan buatan ini memicu tekanan uap air di dalam bahan menjadi jauh lebih besar daripada tekanan uap air di udara sekitarnya. Perbedaan tekanan inilah yang memaksa molekul air di dalam material terdorong keluar dan menguap (Laba dkk., 2024). Pada alat pengering mekanis udara luar dipanaskan secara intensif oleh elemen pemanas sebelum akhirnya ditiupkan secara paksa ke arah material menggunakan kipas (Andriyono dkk., 2023).

Sistem pengeringan terbagi menjadi dua kategori utama, yakni sistem tradisional dan sistem mekanis. Sistem pengeringan tradisional murni mengandalkan paparan energi panas matahari secara langsung pada ruang terbuka yang rentan terhadap fluktuasi cuaca dan kontaminasi lingkungan sebaliknya sistem mekanis mengisolasi material di dalam ruang tertutup untuk memanipulasi parameter termal secara terkontrol. Sebagai contoh pada komoditas padi sistem mekanis diprogram untuk menurunkan kadar air secara terukur dari kondisi basah 20 hingga 27 persen menjadi 14 persen agar selaras dengan *standar mutu SNI* (Andriyono dkk., 2023).

Kadar air bahan merupakan representasi jumlah *kandungan* air per satuan bahan (Jefri dkk., 2023). Penurunan kadar air ini menjadi target utama karena air adalah salah satu unsur fundamental yang keberadaannya sangat esensial dalam menjaga kelangsungan proses biokimiawi organisme hidup di dalam bahan pangan. Persentase kadar air yang terlalu tinggi akan memicu aktivitas mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang merusak sel material, sebaliknya penurunan kadar air yang terlalu ekstrem akan berisiko merusak struktur fisik komoditas, seperti membuat biji – bijian menjadi rapuh dan mudah patah.

Untuk memfasilitasi proses penurunan kadar air secara terkontrol, industri mengembangkan beragam arsitektur mesin pengering buatan untuk menyesuaikan karakteristik bentuk dan kapasitas komoditas. Beberapa jenis alat pengering mekanis yang lazim digunakan meliputi:

1. *Bed Dryer*

Alat pengering ini berbentuk bak penampung datar atau menyerupai ranjang. Mesin tipe ini umumnya dirangkai dari komponen kipas pendorong udara, tungku pemanas, bak pengering, dan cerobong pembuangan (Andriyono dkk., 2023). Model ini sangat efektif mengeringkan material seperti biji – bijian.



Gambar 2.1 Alat Pengering Tipe *Bed Dryer*

2. *Tray Dryer*

Alat pengering berbentuk persegi yang memuat susunan rak untuk meletakkan bahan. Pada mesin pengering tipe rak, distribusi panas ke bahan dilakukan secara konveksi paksa dengan memanfaatkan hembusan angin dari kipas atau blower. Distribusi suhu pada bahan di tipe ini sangat dipengaruhi oleh jarak letak rak terhadap sumber panas (Soekarno dkk., 2023).



Gambar 2.2 Alat Pengering Tipe *Tray Dryer*