

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IOT UNTUK MONITORING WAKTU DAN STATUS PROSES FERMENTASI TEMPE BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN ALGORITMA LOGIKA FUZZY MAMDANI

M Farhan^{1*}, Marah Dolly Nasution²

^{1, 2} Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*Penulis Korespondensi: mfarhan.2209020186@gmail.com

Abstract. Tempeh fermentation is generally carried out manually, relying on experience to determine maturity and harvest time. This limits the monitoring of temperature, humidity, and fermentation duration, potentially causing inaccurate harvest decisions. This study aims to design and implement a website-based Internet of Things (IoT) system for monitoring tempeh fermentation time and status using the Mamdani Fuzzy Logic algorithm. The system uses an ESP32 microcontroller, a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, and an RTC DS3231 to record fermentation time. These parameters are processed using Mamdani Fuzzy Logic to determine three fermentation statuses: Not Yet Mature, Ready to Harvest, and Over-fermented. The study applies the Research and Development (R&D) method, comprising problem identification, data collection, system design, development, testing, evaluation, and improvement. Monitoring data are transmitted via Wi-Fi, displayed in real time on a website and LCD, and stored as historical records. The system is expected to support more effective, informative, and objective fermentation monitoring and help users determine fermentation status based on temperature, humidity, and time.

Keywords: : Internet of Things (IoT), Tempeh Fermentation, DHT22, Website, Mamdani Fuzzy Logic

Abstrak. Proses fermentasi tempe pada umumnya masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengalaman dalam menentukan kondisi dan waktu kematangan tempe. Kondisi tersebut menyebabkan proses pemantauan suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi kurang optimal serta berpotensi menimbulkan ketidaktepatan dalam menentukan waktu panen. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) untuk monitoring waktu dan status proses fermentasi tempe berbasis website menggunakan algoritma Logika Fuzzy Mamdani. Sistem menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, serta RTC DS3231 untuk mencatat waktu fermentasi. Data yang diperoleh diproses menggunakan algoritma Fuzzy Mamdani dengan parameter suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi untuk menentukan status fermentasi berupa Belum Matang, Siap Panen, atau Over Fermentasi. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), yang meliputi tahapan identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, pembuatan sistem, pengujian, evaluasi, dan perbaikan. Data hasil monitoring dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi dan ditampilkan secara real-time pada website serta LCD, kemudian disimpan sebagai riwayat monitoring. Penerapan sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna melakukan pemantauan kondisi fermentasi secara lebih efektif, informatif, dan objektif serta membantu menentukan status fermentasi berdasarkan kombinasi parameter suhu, kelembapan, dan waktu.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), fermentasi Tempe, DHT22, Website, Logika Fuzzy madani

1. LATAR BELAKANG

Fermentasi merupakan tahapan penting dalam pembuatan tempe karena memengaruhi pembentukan miselium, tekstur, aroma, dan kondisi produk. Tahapan fermentasi berlangsung seiring perubahan waktu dan kondisi lingkungan. Literatur yang digunakan dalam penelitian ini menjelaskan adanya fase pertumbuhan, fase transisi, dan fase fermentasi lanjut yang memiliki karakteristik berbeda (Sine & Soetarto, 2021). Karena itu, pengamatan suhu, kelembapan, dan durasi fermentasi dapat membantu pengguna memahami kondisi proses yang sedang berlangsung.

Pada praktik produksi skala rumah tangga, penentuan kematangan tempe masih sering mengandalkan pengalaman dan perkiraan. Ketika kondisi lingkungan berubah, produsen dapat menggunakan penutup untuk menjaga kehangatan, tetapi suhu dan kelembapan di ruang fermentasi belum tentu diketahui secara langsung. Penelitian terdahulu telah membahas pemantauan dan pengaturan suhu serta kelembapan ruang fermentasi menggunakan perangkat berbasis mikrokontroler (Muzakki Andoko et al., 2018). Perkembangan Internet of Things (IoT) memungkinkan data dari perangkat di lapangan dikirimkan dan dipantau melalui jaringan, sementara website dapat menjadi antarmuka untuk menyajikan informasi secara terpusat.

Pemantauan parameter saja belum cukup untuk menyajikan ringkasan status proses kepada pengguna. Diperlukan mekanisme pengambilan keputusan yang mempertimbangkan beberapa parameter secara bersamaan. Logika Fuzzy Mamdani digunakan pada penelitian ini untuk mengolah suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi menjadi status Belum Matang, Siap, atau Over Fermentasi. Metode fuzzy Mamdani juga telah digunakan dalam konteks pengambilan keputusan pada penelitian lain, termasuk rekomendasi jumlah produksi (Karima & Rahman, 2024).

Berdasarkan telaah penelitian terdahulu yang digunakan dalam skripsi, belum ditemukan penelitian yang mengintegrasikan ketiga parameter tersebut—suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi—dengan Logika Fuzzy Mamdani pada sistem monitoring fermentasi tempe berbasis website. Kebaruan yang ditawarkan adalah integrasi pembacaan parameter, penentuan status fuzzy, indikator lokal, pengiriman data, penyimpanan riwayat, dan penyajian dashboard dalam satu prototipe. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem tersebut serta menguji fungsi utama setiap komponen dan integrasinya.

2. KAJIAN TEORITIS

Fermentasi tempe

Fermentasi tempe melibatkan pertumbuhan kapang pada kedelai dan berlangsung melalui perubahan kondisi selama waktu tertentu. Sine dan Soetarto (2021) membahas hubungan lama fermentasi dengan karakteristik morfologi dan

kualitas tempe berbahan gude. Dalam konteks penelitian ini, suhu, kelembapan, dan lama fermentasi dipakai sebagai parameter pemantauan; status yang dihasilkan sistem merupakan hasil aturan fuzzy dan bukan pengganti pemeriksaan mutu pangan secara menyeluruh.

Internet of Things dan sistem monitoring

IoT menghubungkan perangkat fisik, sensor, pengolah data, dan layanan jaringan agar data dapat dikirimkan serta diakses dari lokasi lain. Pada prototipe ini, ESP32 menjadi pusat pengendali dan pengirim data, sedangkan website berfungsi sebagai media visualisasi. Studi Lianawati et al. (2024) juga membahas sistem monitoring dan controlling berbasis IoT dengan modul ESP32, yang menunjukkan pemanfaatan mikrokontroler tersebut untuk menghubungkan perangkat dan aplikasi.

Logika Fuzzy Mamdani

Logika fuzzy merepresentasikan nilai masukan melalui derajat keanggotaan pada himpunan linguistik. Sistem penelitian ini menggunakan suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi sebagai masukan. Nilai masukan melalui proses fuzzifikasi, diproses menggunakan aturan IF–THEN, lalu hasil aturan digabungkan melalui inferensi dan agregasi untuk memperoleh status keluaran. Kategori keluaran sistem adalah Belum Matang, Siap, dan Over Fermentasi. Aturan dan batas keanggotaan mengikuti rancangan yang dijelaskan dalam skripsi.

Perangkat dan aplikasi

Sensor DHT22 digunakan untuk memperoleh nilai suhu dan kelembapan, sedangkan RTC DS3231 menyediakan acuan waktu untuk menghitung durasi fermentasi. LCD I2C menampilkan informasi pada perangkat. Relay digunakan untuk mengendalikan perangkat keluaran sesuai kondisi yang diprogram. API menghubungkan ESP32 dengan server, MySQL menyimpan data, dan website menampilkan nilai terbaru, status, grafik, serta riwayat monitoring.

Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil kajian terhadap berbagai penelitian sebelumnya, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada proses fermentasi tempe umumnya masih berfokus pada pemantauan suhu dan kelembapan, serta pengendalian otomatis. Namun, pemanfaatan waktu fermentasi sebagai indikator kematangan tempe masih belum

optimal. Selain itu, sebagian sistem masih bergantung pada platform pihak ketiga, sehingga fleksibilitas dan kemandirian sistem menjadi terbatas.

Dari sisi perangkat dan metode, integrasi ESP32 dan RTC DS3231 serta penerapan logika fuzzy untuk menentukan status fermentasi masih perlu dikembangkan secara optimal. Di samping itu, penyajian data melalui dashboard website yang informatif dan real-time juga menjadi aspek yang perlu diperhatikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem monitoring fermentasi tempe berbasis IoT yang mengintegrasikan parameter suhu, kelembapan, dan waktu menggunakan ESP32 dan RTC DS3231, serta menerapkan logika fuzzy untuk menentukan status fermentasi yang ditampilkan melalui website secara real-time dan mudah diakses. Sistem ini diharapkan dapat membantu proses pemantauan fermentasi secara lebih terukur, memudahkan pengguna mengetahui perkembangan fermentasi, serta mendukung penentuan waktu panen tempe berdasarkan status yang dihasilkan sistem.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan menghasilkan prototipe sistem monitoring waktu dan status proses fermentasi tempe berbasis Internet of Things (IoT) dengan algoritma Logika Fuzzy Mamdani. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, perancangan sistem IoT, perancangan algoritma fuzzy, pembuatan sistem, implementasi website monitoring, pengujian sistem dan algoritma fuzzy, serta evaluasi dan perbaikan sistem. Identifikasi masalah dilakukan melalui analisis terhadap proses fermentasi tempe yang masih dilakukan secara manual, yaitu hanya mengandalkan pengalaman produsen dalam menentukan kematangan tempe, sementara suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi belum dapat dipantau secara langsung dan real-time.

Penelitian dilaksanakan di lingkungan rumah peneliti di Marelan Gg. Seroja, Medan, Sumatera Utara, pada tahun 2026. Pengujian dilakukan melalui simulasi fermentasi tempe yang dibuat menyerupai kondisi fermentasi sebenarnya. Data penelitian diperoleh melalui studi literatur terkait fermentasi tempe, IoT, ESP32, sensor DHT22, RTC DS3231, website monitoring, dan Logika Fuzzy, melalui pengamatan kondisi tempe pada fase awal, optimal, dan lanjut, serta melalui pengujian langsung terhadap prototipe yang dikembangkan.

Prototipe berbentuk box fermentasi yang menggunakan ESP32, sensor DHT22, modul RTC DS3231, LCD 16×2, relay, lampu pijar sebagai pemanas, kipas DC sebagai pendingin, tiga LED indikator (kuning, hijau, merah), dan buzzer. Sensor DHT22 membaca suhu dan kelembapan di dalam box, sedangkan RTC DS3231 menghitung lama waktu fermentasi.

Data tersebut diteruskan ke ESP32 untuk diproses menggunakan algoritma Logika Fuzzy Mamdani, sehingga menghasilkan status Belum Matang, Siap Panen, atau Over Fermentasi. Berdasarkan kondisi suhu, ESP32 mengendalikan relay untuk menyalakan lampu saat suhu terlalu rendah dan mengaktifkan kipas saat suhu terlalu tinggi. Data kemudian dikirim melalui Wi-Fi ke API, disimpan pada database MySQL, dan ditampilkan secara real-time pada website monitoring, sedangkan LCD, LED, dan buzzer berfungsi sebagai notifikasi offline.

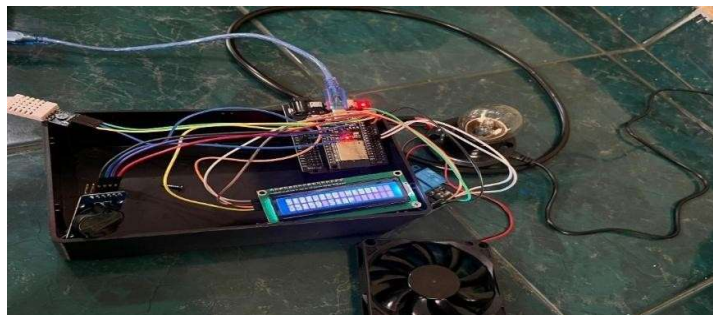
Variabel penelitian terdiri dari input, proses, dan output. Input berupa suhu (°C), kelembapan (%), dan waktu fermentasi (jam). Proses meliputi pembacaan data oleh sensor dan RTC, fuzzifikasi menggunakan fungsi keanggotaan segitiga, penerapan aturan IF-THEN (rule base R1 sampai R9), inferensi dengan operator MIN, agregasi dengan operator MAX, serta penentuan status fermentasi dan pengendalian relay. Output berupa informasi suhu, kelembapan, waktu fermentasi, status fermentasi, grafik, dan riwayat monitoring yang ditampilkan melalui LCD, LED, buzzer, dan website.

Pengujian sistem dilakukan terhadap sensor DHT22, RTC DS3231, relay beserta lampu dan kipas, komunikasi data ESP32 ke server, tampilan website, LED dan buzzer, serta integrasi sistem secara keseluruhan. Pengujian algoritma fuzzy dilakukan dengan membandingkan status hasil perhitungan fuzzy dengan kondisi fermentasi sebenarnya. Pengujian status mengacu pada tiga kondisi, yaitu Belum Matang, Siap Panen, dan Over Fermentasi. Pengiriman data diuji dengan melihat keberhasilan ESP32 mengirim data ke API, yang ditandai munculnya HTTP Code 200 pada Serial Monitor dan tersimpannya data di database MySQL.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

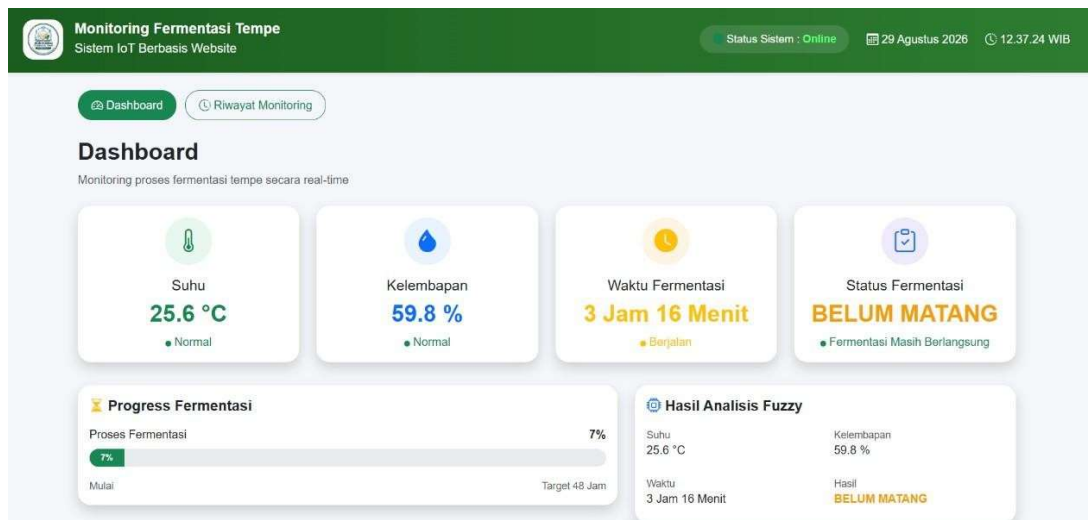
Hasil implementasi menunjukkan bahwa prototipe sistem monitoring waktu dan status proses fermentasi tempe berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dibangun menggunakan ESP32, sensor DHT22, modul RTC DS3231, LCD I2C, modul relay, lampu pemanas, kipas DC 12V, LED indikator, dan buzzer yang dipasang pada box fermentasi. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan, sedangkan RTC DS3231 digunakan untuk menghitung lama waktu fermentasi. Data tersebut kemudian diproses oleh ESP32 menggunakan Logika Fuzzy Mamdani untuk menentukan status fermentasi.

Data hasil pembacaan dan pengolahan juga dikirim melalui Wi-Fi ke API, disimpan pada database MySQL, dan ditampilkan pada website monitoring. Sistem menghasilkan beberapa informasi utama, yaitu suhu, kelembapan, waktu fermentasi, status fermentasi, grafik monitoring, dan riwayat monitoring. Status fermentasi dibagi menjadi Belum Matang, Siap Panen, dan Over Fermentasi, yang ditentukan melalui sembilan aturan fuzzy (IF-THEN) berdasarkan kombinasi suhu (Rendah 20–28 °C, Normal 28–32 °C, Tinggi 32–40 °C), kelembapan (Kering 50–70%, Lembap 70–90%, Basah 90–100%), dan waktu fermentasi (Awal 0–24 jam, Optimal 24–48 jam, Lanjut lebih dari 48 jam). Status tersebut juga ditampilkan melalui LED indikator, yaitu kuning untuk Belum Matang, hijau untuk Siap Panen, dan merah untuk Over Fermentasi. Buzzer memberikan notifikasi suara ketika status berubah, terutama saat mencapai Siap Panen atau Over Fermentasi. Selain itu, Relay K2 mengaktifkan kipas DC 12V ketika suhu melebihi 32 °C dan menonaktifkannya ketika suhu berada pada atau di bawah 32 °C.



Gambar 1. Prototype Rancangan Sistem Monitoring Fermentasi Tempe

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM IOT UNTUK MONITORING WAKTU DAN STATUS PROSES FERMENTASI TEMPE BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN ALGORITMA LOGIKA FUZZY MAMDANI



Gambar 2. Tampilan Website Monitoring Fermentasi Tempe

Pengujian Hasil Implementasi Fuzzy dan Aturan Fuzzy

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai suhu sebesar 26,4°C, kelembapan sebesar 63,1%, dan waktu fermentasi sekitar 1 jam. Berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan, kondisi tersebut termasuk dalam kategori suhu rendah, kelembapan kering, dan waktu fermentasi awal.

Berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan, kondisi tersebut termasuk dalam kategori suhu rendah, kelembapan kering, dan waktu fermentasi awal. Kombinasi tersebut sesuai dengan Rule R1, yaitu:

Tabel 1. Hasil Implementasi Fuzzy

Hasil	Nilai
Derajat Belum Matang	0,20
Derajat Siap	0,00
Derajat Over Fermentasi	0,00

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa derajat keanggotaan status Belum Matang sebesar 0,20, sedangkan status Siap dan Over Fermentasi masing-masing sebesar 0,00. Dengan demikian, nilai derajat keanggotaan terbesar terdapat pada status Belum Matang, sehingga hasil akhir proses fermentasi dikategorikan sebagai Belum Matang. Hasil tersebut sesuai dengan kondisi waktu fermentasi yang masih berada pada tahap awal.

Tahap untuk mengubah nilai hasil pembacaan parameter menjadi derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy yang telah ditentukan. Pada penelitian ini terdapat tiga parameter input, yaitu suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi.

Tabel 2. Parameter suhu

Himpunan Suhu	Rentang
Rendah	20–28 °C
Normal	28–32 °C
Tinggi	32–40 °C

Tabel 3. Parameter Kelembapan

Himpunan Kelembapan	Rentang
Kering	50–70%
Lembab	70–90%
Basah	90–100%

Tabel 4. Parameter Waktu

Himpunan Waktu	Rentang
Awal	0–24 jam
Optimal	24–48 jam
Lanjut	>48 jam

Nilai hasil pembacaan sensor kemudian dihitung menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan untuk memperoleh nilai derajat keanggotaan masing-masing himpunan.

Aturan Fuzzy

Setelah proses fuzzifikasi, sistem menerapkan aturan fuzzy berbentuk IF–THEN. Aturan digunakan untuk menentukan hubungan antara kondisi suhu, kelembapan, dan waktu fermentasi dengan status proses fermentasi.

Tabel 5. Aturan Fuzzy

No.	Suhu	Kelembapan	Waktu	Status
1	Rendah	Kering	Awal	Belum Matang
2	Rendah	Lembap	Awal	Belum Matang
3	Rendah	Basah	Optimal	Siap
4	Normal	Kering	Awal	Belum Matang
5	Normal	Lembap	Optimal	Siap
6	Normal	Basah	Optimal	Siap

7	Tinggi	Kering	Optimal	Siap
8	Tinggi	Lembap	Lanjut	Over Fermentasi
9	Tinggi	Basah	Lanjut	Over Fermentasi

Aturan tersebut digunakan oleh sistem untuk menentukan nilai keluaran berdasarkan kombinasi kondisi ketiga parameter masukan.

Pengujian Komunikasi dan Integrasi Sistem

Pengujian komunikasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan ESP32 dalam terhubung ke jaringan Wi-Fi dan mengirimkan data ke server. Hasil pengujian dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Komunikasi Data

No	Parameter	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Koneksi WiFi	Terhubung	Berhasil
2	Pengiriman suhu	Data diterima API	Berhasil
3	Pengiriman kelembapan	Data diterima API	Berhasil
4	Pengiriman waktu fermentasi	Data diterima API	Berhasil
5	Pengiriman status fuzzy	Data diterima API	Berhasil
6	Respons API	HTTP 200	Berhasil
7	Penyimpanan database	Data tersimpan	Berhasil

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, ESP32 berhasil mengirimkan data ke API. Hal tersebut ditunjukkan dengan munculnya HTTP Code 200 pada Serial Monitor ESP32. API juga memberikan respons bahwa data berhasil disimpan.

Analisis Fuzzy, Riwayat Monitoring, dan Pengendalian Otomatis

Data hasil monitoring yang tersimpan pada database MySQL digunakan untuk menghasilkan analisis fermentasi pada website. Sistem menampilkan suhu, kelembapan, waktu fermentasi, status fermentasi, hasil analisis Fuzzy Mamdani, grafik monitoring, dan riwayat monitoring, sehingga pengguna dapat mengamati perkembangan fermentasi tanpa pengamatan manual. Analisis menggunakan tiga parameter masukan, yaitu suhu (Rendah 20–28 °C, Normal 28–32 °C, Tinggi 32–40 °C), kelembapan (Kering 50–70%, Lembap 70–90%, Basah 90–100%), dan waktu fermentasi (Awal 0–24 jam, Optimal 24–48 jam, Lanjut lebih dari 48 jam), yang dievaluasi melalui sembilan aturan fuzzy dan

ditentukan berdasarkan derajat keanggotaan terbesar. Pada salah satu pengujian diperoleh suhu 26,4 °C, kelembapan 63,1%, dan waktu fermentasi sekitar 1 jam, dengan derajat keanggotaan Belum Matang 0,20 serta Siap Panen dan Over Fermentasi masing-masing 0,00, sehingga status akhirnya Belum Matang.

Hasil analisis tersebut juga digunakan untuk respons langsung pada perangkat. Relay K2 mengaktifkan kipas DC 12V saat suhu melebihi 32 °C dan menonaktifkannya saat suhu berada pada atau di bawah 32 °C, sedangkan lampu pemanas membantu mempertahankan suhu box fermentasi. LED kuning, hijau, dan merah menunjukkan status Belum Matang, Siap Panen, dan Over Fermentasi, dan buzzer memberi notifikasi suara saat status berubah. Dengan demikian, sistem tidak hanya menampilkan data, tetapi juga menjaga kondisi suhu dan memberi peringatan saat waktu panen tercapai atau terlewati. Hal ini menjadi pembeda dibandingkan sistem monitoring fermentasi yang hanya menampilkan suhu dan kelembapan, karena sistem ini menggabungkan parameter waktu dengan RTC DS3231, Logika Fuzzy Mamdani, pengendalian suhu otomatis, notifikasi offline, dan website monitoring real-time dalam satu sistem berbasis IoT.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem monitoring proses fermentasi tempe berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dibangun dengan mengintegrasikan ESP32, sensor DHT22, RTC DS3231, LCD I2C, LED indikator, buzzer, modul relay, API, database MySQL, dan website. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendalian dan pengolahan data, DHT22 membaca suhu dan kelembapan, dan RTC DS3231 menghitung durasi fermentasi. Data dikirim melalui Wi-Fi ke API, disimpan pada database MySQL, dan ditampilkan pada website berupa suhu, kelembapan, waktu fermentasi, status fermentasi, grafik, dan riwayat monitoring, dengan pengiriman data yang berjalan baik sesuai HTTP Code 200. Logika Fuzzy Mamdani berhasil menentukan status fermentasi, yaitu Belum Matang, Siap Panen, atau Over Fermentasi, yang juga ditampilkan melalui LED kuning, hijau, dan merah serta buzzer sebagai notifikasi suara saat status berubah.

Untuk pengembangan selanjutnya, pengujian sebaiknya dilakukan pada proses fermentasi tempe dengan jumlah sampel dan waktu pengamatan yang lebih banyak agar diperoleh data yang lebih beragam untuk mengevaluasi kinerja sistem. Mekanisme

pengendalian lampu pemanas dan kipas juga dapat ditambah dan disempurnakan agar kondisi lingkungan fermentasi terkendali lebih optimal. Website dapat dikembangkan dengan fitur notifikasi online, pencarian dan penyaringan riwayat data, serta ekspor data hasil monitoring agar informasi lebih mudah diakses dan diterima pengguna. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat membandingkan Logika Fuzzy Mamdani dengan metode lain untuk mengetahui metode yang paling sesuai dalam menentukan status proses fermentasi tempe.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, khususnya Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Marah Doly Nasution, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyelesaian penelitian ini. Artikel ini disusun berdasarkan hasil pengembangan dari penelitian skripsi yang telah dilakukan oleh penulis.

DAFTAR REFERENSI

- Dharmastuti, Siti Hanadiya. N.D. Rancang Bangun Sistem Tracer Study Pada Ma Tahfidz Al-Hidayah Tulungagung Berbasis Web.
- Dirgantara, Data Ardian, And Rian Andrian. 2023. 'Pengembangan Responsif Website Untuk Semarang Heritage Run 2022 Dengan Framework Bootstrap'. Jurnal Media Infotama 19(2):433–38. Doi:10.37676/Jmi.V19i2.4346.
- Efendi, Yoyon. 2018. 'Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile'. Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer 4(2):21–27. Doi:10.35329/Jiik.V4i2.41.
- Hurtado, Santiago, Alfonso Rodríguez, And Diana Bonilla. 2020. 'Sistem Kontrol Dan Monitoring Suhu Dan Kelembaban Udara Pada Fermentasi Menggunakan Modul ESP8266 Dengan Platform Iot'. Universidad Tecnológica De Pereira 7:1–20.

- Karima, Iffa, And Abdul Rahman. 2024. Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Rekomendasi Jumlah Produksi. Vol. 1. <https://jurnal.citanusantara.id/index.php/inokom>.
- Kusumawati, Nilam, And Rahmat Inggi. 2022. 'Prototype Sistem Pengendali Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler Menggunakan SMS'. Simkom 6(2):95–103. Doi:10.51717/Simkom.V6i2.87.
- Lianawati, Yosita, Christy Mahendra, Gerson Manuel Sugianto, Syukur Jaya Mendrofa, Angelica Lulu Setiani, And Bernarditus Yordan Baraga. 2024. 'Sistem Monitoring Dan Controlling "Smart Waste" Berbasis Internet Of Things Menggunakan Modul ESP 32'. Journal Of Telecommunication Electronics And Control Engineering (JTECE) 6(2):163–75. Doi:10.20895/Jtece.V6i2.1400.
- Muhamad Hilmansyah Susanta. 2024. 'Prototype Penggunaan Empat Sensor Ultrasonik Pada Palang Otomatis Berbasis Arduino UNO'. Scientica 2:1–6.
- Muzakki Andoko, Aldho, Jaka Prayudha, Suardi Yakub, Program Studi Sistem Komputer, And Stmik Triguna Dharma. 2018. Implementasi Internet Of Things (Iot) Monitoring Dan Pengatur Suhu Ruangan Fermentasi Tempe Berbasis Nodemcu. Vol. 1. <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>.
- Permata Sari, Atikah. N.D. 'Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Talent Film Berbasis Aplikasi Web'. Jurnal Informatika Terpadu 6(1):29–37. <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/JIT>.
- Putra, A., & Paramarta, D. 2022. 'Mikrokontroler: Pengertian, Fungsi, Dan Jenis-Jenisnya.' Universitas Medan Area 5.
- Rachmat Aulia. 2021. 'Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan Fan Dan DHT11 Berbasis Arduino'. Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan Menggunakan Fan Dan Dht11 Berbasis Arduino 6(2502–7131):1–9.
- Raju, Muhammad. N.D. Perancangan Software Robot Pencari Dan Penyusun Menara Lagori Pada Abu Robocon 2022. Vol. 22.
- Rindit, Winiati P. Rahayu, Pambayun Umar, Santoso Lilis, And Nuraida Ardiansyah. 2015. Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (The Indonesian Association Of Food Technologists). <http://patpi.or.id>.
- Sine, Yuni, And Endang Soetarto. 2021. 'Kualitas Tempe Gude (Cajanus Cajan (L) Millps.) Berdasarkan Karakteristik Morfologi Dan Lama Waktu Fermentasi'.

Indigenous Biologi:Jurnal Pendidikan Dan Sains Biologi 3(3):96–102.

Doi:10.33323/Indigenous.V3i3.167.

Tri Tajrin. 2016. Pemanfaatan Flowchart Untuk Kebutuhan Deskripsi Proses Bisnis.

Usman, 2013 : 276. 2013. ‘Sistem Monitoring’.

Wahyu Januari. 2018. ‘Sistem Presensi Mahasiswa Dengan Rfid Berbasis Arduino Uno’.
3–13.

Zahroh. 2025. ‘Peran Rhizopus SPP. Dalam Tempe Sebagai Agen Antimikroba Alami: Studi Praktikum Farmasi Berbasis Eksperimen’. Jurnal Ilmu Psikologi Dan Kesehatan 02(02):70–77. Use The "Insert Citation" Button To Add Citations To This Document.