



Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Ruang Laboratorium Pengujian Mekanik & Chemical menggunakan Internet of Things (IOT)

Proposal Tugas Akhir

**Oleh:
Dio Imron Yusfi (4212331028)**

**Program Studi Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Ruang Laboratorium Pengujian Mekanik & Chemical menggunakan Internet of Things (IOT)” adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.



Batam, 21-01-2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dio Imron Yusfi".

Dio Imron Yusfi

NIM: 4212331028

Lembar Pengesahan

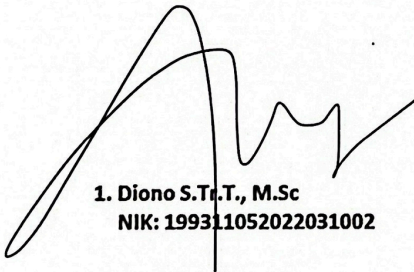
**Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam**

Disusun oleh:


Dio Imron Yusfi (4212331028)

Tanggal Seminar: 21-01-2025

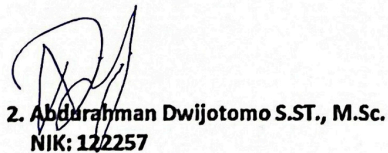
Disetujui oleh :



1. Diono S.Tr.T., M.Sc
NIK: 199311052022031002



1. Adlian Jefiza, S.Pd., M.T
NIK: 199112022019031016



2. Abdurrahman Dwijotomo S.ST., M.Sc.
NIK: 122257

Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Ruang Laboratorium Pengujian Mekanik & Chemical menggunakan Internet of Things (IOT)

Abstrak

Suhu dan kelembaban merupakan parameter penting dalam lingkungan laboratorium, terutama di laboratorium pengujian mekanik dan kimia, karena memengaruhi akurasi dan keandalan hasil pengujian. Standar ISO/IEC 17025 mengharuskan laboratorium untuk mengendalikan dan memantau kondisi lingkungan ini. Namun, metode pemantauan manual tradisional rentan terhadap kesalahan, karena mengandalkan pemeriksaan berkala dan pencatatan data manual. Penelitian ini mengusulkan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) untuk memberikan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time serta peringatan otomatis.

Sistem ini menggunakan sensor DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266 dan ESP32 untuk mengumpulkan data. Data tersebut diproses dengan logika fuzzy untuk mengklasifikasikan kondisi ruangan ke dalam tiga kategori: Aman, Waspada, dan Bahaya. Sistem mengirimkan notifikasi melalui Telegram dan mengaktifkan buzzer ketika suhu atau kelembaban melampaui ambang batas. Implementasi ini juga mencakup antarmuka berbasis web untuk visualisasi data secara real-time dan pencatatan historis.

Pengujian di laboratorium pengujian mekanik dan kimia menunjukkan kemampuan sistem dalam memantau dan mengklasifikasikan kondisi lingkungan dengan akurat. Hasil pengujian menunjukkan suhu dan kelembaban yang stabil dalam rentang yang dapat diterima, dengan sistem efektif memicu peringatan saat kondisi abnormal terjadi. Integrasi IoT dan logika fuzzy memberikan solusi untuk mempertahankan kondisi laboratorium yang optimal, memastikan kepatuhan terhadap standar ISO/IEC 17025, dan meningkatkan efisiensi operasional

Kata kunci: Pemantauan Suhu, Pemantauan Kelembaban, ISO/IEC 17025, Internet Of Things (IOT), Laboratorium Pengujian

Temperature and Humidity Monitoring System in Mechanical & Chemical Testing Laboratory Rooms using Internet of Things (IOT)

Abstract

Temperature and humidity are critical parameters in laboratory environments, especially in mechanical and chemical testing laboratories, as they directly affect the accuracy and reliability of test results. The ISO/IEC 17025 standard requires laboratories to control and monitor these environmental conditions to ensure compliance. However, traditional manual monitoring methods are prone to errors and inefficiencies, as they rely on periodic checks and manual data recording. This research proposes an Internet of Things (IoT)-based monitoring system to address these challenges by providing real-time temperature and humidity monitoring with automatic alerts.

The system utilizes DHT22 sensors connected to ESP8266 and ESP32 microcontrollers to collect environmental data. The data is processed using fuzzy logic to classify room conditions into three categories: Safe, Alert, and Danger. The system is designed to send notifications via Telegram and activate a buzzer when temperature or humidity exceeds predefined thresholds. The implementation includes a web-based interface for real-time data visualization and historical data recording.

Testing was conducted in both mechanical and chemical testing laboratories, demonstrating the system's ability to accurately monitor and classify environmental conditions. The results showed stable temperature and humidity levels within acceptable ranges, with the system effectively triggering alerts during abnormal conditions. The integration of IoT and fuzzy logic provides a robust solution for maintaining optimal laboratory conditions, ensuring compliance with ISO/IEC 17025 standards, and improving operational efficiency.

Keywords: Temperature Monitoring, Humidity Monitoring, ISO/IEC 17025, Internet of Things (IOT), Testing Laboratory

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban pada Ruang Laboratorium Pengujian Mekanik & Chemical menggunakan Internet of Things (IOT)**" dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Politeknik Negeri Batam. Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta doa yang tiada henti. Terima kasih atas kesabaran, kasih sayang, dan segala pengorbanan yang telah diberikan sepanjang perjalanan pendidikan ini.
2. Direktur Politeknik Negeri Batam Ir. Bambang Hendrawan, ST., MSM., CIPMP., CISCIP. yang telah memberikan dukungan dan fasilitas yang sangat berharga selama penulisan tugas akhir ini.
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro Dr.Ir. Budi Sugandi, S.T., M.Eng., IPM yang telah memberikan arahan dan dukungan selama proses akademik penulis di Politeknik Negeri Batam.
4. Ketua Program Studi Mekatronika Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D yang telah memberikan masukan berharga yang memperkaya perspektif penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai dosen wali yang selalu memberikan dukungan moral dan akademik.
5. Bapak Adlian Jefiza, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Dosen Pengampu Mata Kuliah Tugas Akhir Nadhrah Wivanius, S.Si., M.Si yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Dosen Penguji 1 Diono S.Tr.T., M.Sc yang telah memberikan masukan dan penilaian yang konstruktif pada Tugas Akhir ini.
8. Dosen Penguji 2 Abdurahman Dwijotomo S.ST., M.Sc yang telah memberikan evaluasi yang berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh dosen dan staf Politeknik Negeri Batam yang telah membantu dan mendukung selama proses perkuliahan, yang memberikan ilmu, wawasan, serta pengajaran yang bermanfaat dalam perjalanan pendidikan penulis.

10. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan semangat dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas dukungan, dan kerja sama yang telah terjalin selama ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, memberikan kontribusi yang berharga dalam dunia pendidikan dan industri, serta dapat memperkaya pengetahuan dalam pengembangan sistem pemantauan berbasis IoT di laboratorium.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi informasi dan pengelolaan laboratorium.

Batam, 21-01-2025



Dio Imron Yusfi

Daftar Isi

| | |
|---|-----|
| Pernyataan Keaslian Tugas Akhir | i |
| Lembar Pengesahan | ii |
| Abstrak | iii |
| <i>Abstract</i> | iv |
| Kata Pengantar | v |
| Daftar Isi | vii |
| Daftar Gambar | x |
| Daftar Tabel | xi |
| Bab 1. Pendahuluan | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| 1.4. Manfaat | 3 |
| 1.5. Batasan | 3 |
| Bab 2. Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.1. Penelitian Terkait | 4 |
| 2.2. Pemantauan (<i>Monitoring</i>) | 6 |
| 2.3. Teori Dasar Internet of Think (IoT) | 7 |
| 2.3.1. Definisi Internet of Things (IoT) | 7 |
| 2.3.2. Arsitektur IoT | 7 |
| 2.3.3. Protokol Komunikasi IoT | 7 |
| 2.3.4. Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT | 7 |
| 2.3.5. Implementasi IoT di Laboratorium | 8 |
| 2.4. ISO/IEC 17025 | 8 |
| 2.5. Spesifikasi Komponen | 8 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.1. ESP 32 | 8 |
| 2.5.2. NodeMCU ESP8266 | 9 |
| 2.5.3. DHT 22 | 10 |
| 2.5.4. Oled | 11 |
| 2.6. Logika Fuzzy..... | 11 |
| 2.6.1. Konsep Dasar Logika Fuzzy | 11 |
| 2.6.2. Himpunan Fuzzy | 12 |
| 2.6.3. Metode Fuzzy Mamdani | 13 |
| Bab 3. Metodologi Penelitian | 15 |
| 3.1. Perancangan Sistem | 15 |
| 3.1.1. Perancangan Perangkat Keras | 16 |
| 3.1.2. Perancangan Perangkat Lunak | 18 |
| 3.2. Impelementasi Fuzzy | 19 |
| 3.2.1. Pembentukan Himpunan Fuzzy | 19 |
| 3.2.1.1. Variabel Input Suhu | 20 |
| 3.2.1.2. Variabel Input Kelembaban | 21 |
| 3.2.1.3. Variabel Output Kondisi Ruangan | 22 |
| 3.2.2. Penerapan Aturan Fuzzy..... | 23 |
| 3.2.3. Defuzzifikasi | 24 |
| 3.3. Alur Sistem | 26 |
| 3.3.1. Sistem Perangkat Lunak | 26 |
| 3.3.2. Alur Kerja Sistem | 26 |
| 3.4. Alat dan Bahan | 28 |
| 3.5. Pengujian..... | 29 |
| 3.5.1. Pengujian Fungsional..... | 30 |

| | |
|---|----|
| 3.5.2. Pengujian Respons Alarm dan Logika Fuzzy | 30 |
| 3.5.3. Uraian Pengujian | 30 |
| Bab 4. Hasil dan Pembahasan | 31 |
| 4.1. Implementasi Hasil Penelitian | 31 |
| 4.1.1. Hasil Implementasi Perangkat Keras | 31 |
| 4.1.2. Hasil Implementasi Perangkat Lunak..... | 31 |
| 4.2. Data Hasil Penelitian | 36 |
| 4.2.1. Data Pengujian Suhu & Kelembaban R.Mechanical | 37 |
| 4.2.1.1. Analisa Data Suhu Ruang Mechanical | 39 |
| 4.2.1.2. Analisa Data Kelembaban Ruang Mechanical | 39 |
| 4.2.2. Data Pengujian Suhu & Kelembaban R.Chemical | 40 |
| 4.2.2.1. Analisa Data Suhu Ruang Chemical | 42 |
| 4.2.2.2. Analisa Data Kelembaban Ruang Chemical | 42 |
| 4.2.3. Uji Akurasi Pengukuran | 43 |
| 4.3. Pengujian Sistem Peringatan..... | 47 |
| 4.3.1. Prosedur Pengujian Sistem Peringatan | 47 |
| 4.3.2. Hasil dan Analisis Pengujian Sistem Peringatan | 47 |
| 4.4. Pengujian Penyimpanan Data dan Kehilangan Data | 49 |
| 4.4.1. Metode Pengujian | 49 |
| 4.4.2. Hasil Pengujian Penyimpanan Data | 49 |
| Bab 5. Kesimpulan dan Saran | 52 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 52 |
| 5.2. Saran | 53 |
| Daftar Pustaka..... | 54 |
| Biodata | 55 |
| Lampiran | 56 |

Daftar Gambar

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. ESP32 | 9 |
| Gambar 2.2. NodeMCU ESP8266 | 10 |
| Gambar 2.3. DHT22 | 11 |
| Gambar 2.4. Oled | 11 |
| Gambar 2.5. Fuzzy Logic Control | 14 |
| Gambar 3.1. Contoh Diagram Alir | 15 |
| Gambar 3.2. Design Mekanik Alat Tugas Akhir | 17 |
| Gambar 3.3. Perencanaan Elektrikal ESP8266..... | 17 |
| Gambar 3.4. Perencanaan Elektrikal ESP32..... | 18 |
| Gambar 3.5. Grafik Membership Suhu..... | 20 |
| Gambar 3.6. Grafik Membership Kelembaban..... | 21 |
| Gambar 3.7. Grafik Variable Kondisi Ruang..... | 22 |
| Gambar 3.8. Diagram Blok Sistem | 26 |
| Gambar 3.9. Flowchart Diagram Sistem..... | 27 |
| Gambar 4.1. Hasil Pembuatan Hardwere Alat..... | 31 |
| Gambar 4.2. <i>Login Screen</i> | 32 |
| Gambar 4.3. Tampilan Dashboard..... | 33 |
| Gambar 4.4. Monitoring Screen R.Mechanical | 34 |
| Gambar 4.5. Monitoring Screen R.Chemical | 34 |
| Gambar 4.6. Record R.Mechanical..... | 35 |
| Gambar 4.7. Record R.Chemical..... | 35 |
| Gambar 4.8. Lokasi Penempatan Alat ukur Suhu & Kelembaban..... | 36 |
| Gambar 4.9. Grafik Data Suhu & Kelembaban Ruang Mechanical..... | 38 |
| Gambar 4.10. Grafik Data Suhu & Kelembaban Ruang Chemical..... | 41 |
| Gambar 4.11. Uji Akurasi Suhu..... | 43 |
| Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Uji Akurasi Suhu | 44 |
| Gambar 4.13. Uji Akurasi Kelembaban..... | 45 |
| Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Uji Akurasi Kelembaban | 46 |
| Gambar 4.15. Notifikasi Alarm via Telegram | 48 |
| Gambar 4.16. Raw Data Monitoring 1..... | 50 |
| Gambar 4.17. Raw Data Monitoring 2..... | 50 |

Daftar Tabel

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Penelitian Terkait | 4 |
| Tabel 2. Alat dan Bahan..... | 28 |
| Tabel 3. Data Pengujian di Ruang Mechanical..... | 37 |
| Tabel 4. Data pengujian di ruang chemical | 40 |
| Tabel 5. Hasil Pengujian Akurasi Suhu..... | 43 |
| Tabel 6. Hasil Pengujian Akurasi Kelembaban..... | 45 |
| Tabel 7. Data Pengujian Sistem Peringatan Kondisi Nyata | 47 |
| Tabel 8. ata Pengujian Sistem Peringatan Simulasi | 48 |

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Suhu dan kelembaban merupakan dua faktor yang sangat penting dalam pengelolaan laboratorium pengujian dan kalibrasi. Oleh karena itu, setiap laboratorium perlu memiliki prosedur yang efektif untuk memantau kedua parameter ini dengan akurat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban dapat secara signifikan memengaruhi keakuratan hasil pengujian dan kalibrasi [2]. Dengan demikian, penulis berupaya untuk menerapkan sistem pemantauan yang lebih baik guna mengatasi permasalahan ini dan memenuhi standar regulasi ISO/IEC 17025.

Standar ISO/IEC 17025 adalah kerangka kerja internasional yang menetapkan persyaratan kompetensi teknis serta manajemen untuk laboratorium pengujian dan kalibrasi [1]. Salah satu aspek penting yang dibahas dalam standar ini adalah pemantauan suhu dan kelembaban di ruang laboratorium pengujian. Saat ini, teknisi dan operator mencatat nilai suhu dan kelembaban yang ditampilkan pada alat ukur secara manual dalam formulir yang tersedia. Kelemahan dari sistem manual ini adalah pencatatan hanya dilakukan pada awal shift atau saat pengujian dimulai, sehingga perubahan suhu dan kelembaban tidak dapat terpantau secara konsisten [5].

Dengan penerapan sistem Internet of Things (IoT), teknisi dan operator di laboratorium diharapkan dapat lebih efektif dalam menjaga kondisi suhu dan kelembaban di ruang laboratorium. Sistem ini dirancang untuk merekam data secara real-time, memungkinkan pemantauan yang berkelanjutan terhadap parameter lingkungan [5]. Selain itu, sistem ini juga akan memberikan peringatan otomatis jika nilai suhu atau kelembaban melampaui batas yang telah ditetapkan. Dengan demikian, integritas dan keakuratan hasil pengujian dapat terjaga dengan baik. Implementasi sistem ini tidak hanya membantu laboratorium dalam memenuhi persyaratan standar ISO/IEC 17025, tetapi juga meningkatkan kualitas hasil pengujian secara keseluruhan [1].

Melalui teknologi IoT, data suhu dan kelembaban dapat diakses secara langsung melalui antarmuka berbasis web, yang memungkinkan teknisi untuk melakukan pemantauan dari lokasi yang berbeda tanpa harus berada di dekat alat ukur [3]. Hal ini sangat penting untuk menjaga kondisi lingkungan yang stabil, terutama dalam situasi di mana perubahan suhu dan kelembaban dapat berdampak signifikan terhadap hasil eksperimen [6]. Dengan sistem ini, laboratorium tidak hanya akan memenuhi persyaratan regulasi tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional serta respons terhadap kondisi lingkungan yang berubah.

Dalam penelaahan isi standar ISO/IEC 17025, penulis tidak menemukan ketentuan spesifik yang mengatur batasan nilai suhu dan kelembaban di laboratorium. Meskipun demikian, standar ini mewajibkan setiap laboratorium untuk secara aktif mengendalikan kondisi lingkungan, termasuk suhu dan kelembaban, sesuai dengan metode pengujian yang diterapkan [1]. Oleh karena itu, laboratorium memiliki fleksibilitas untuk menetapkan nilai suhu dan kelembaban berdasarkan rekomendasi dari produsen peralatan pengujian. Selain itu, nilai-nilai tersebut juga dapat ditentukan berdasarkan metode standar yang digunakan dalam setiap pengujian. Dengan cara ini, laboratorium dapat memastikan bahwa kondisi lingkungan mendukung kualitas peralatan dan bahan pengujian, sehingga hasil pengujian menjadi lebih akurat dan dapat diandalkan [2].

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut dapat diperoleh beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT yang efektif untuk laboratorium pengujian mekanik?
2. Apa saja kelebihan sistem pemantauan berbasis IoT dibandingkan metode manual dalam menjaga stabilitas suhu dan kelembaban sesuai dengan standar ISO/IEC 17025?
3. Bagaimana sistem IoT dapat memberikan peringatan otomatis saat suhu dan kelembaban ruang laboratorium melampaui batas yang telah ditetapkan untuk menjaga keakuratan hasil pengujian?

1.3. Tujuan

Tujuan dari Penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Menganalisis dan menerapkan sistem Internet of Things (IoT) untuk memantau suhu dan kelembaban secara real-time di ruang laboratorium pengujian mekanik dan kimia. Implementasi sistem ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan dapat diakses secara langsung, guna meningkatkan efisiensi dan akurasi pengujian.
2. Menggantikan metode pencatatan manual yang hanya dilakukan pada awal shift dengan sistem otomatisasi, sehingga perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi dapat terpantau secara lebih konsisten dan terkendali.
3. Menyediakan sistem peringatan otomatis yang terintegrasi untuk mendeteksi dan merespons perubahan suhu dan kelembaban yang melampaui batas toleransi yang telah ditentukan. Dengan implementasi sistem ini, dapat dihasilkan analisis lebih cepat dan respons yang lebih

tepat waktu terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, untuk menjaga kualitas dan integritas hasil pengujian.

1.4. Manfaat

Manfaatnya diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi pemantauan suhu dan kelembaban di ruang laboratorium dengan menggantikan metode manual menjadi sistem otomatis berbasis IoT. Sistem juga dapat mengurangi risiko kesalahan pencatatan yang kerap terjadi pada metode manual. Selain itu, tugas akhir ini juga dapat memenuhi aturan laboratorium dalam pemenuhan aspek dalam ISO IEC 17025. Dengan adanya sistem berbasis web, supervisor dan manager lab juga dapat memantau kondisi laboratorium dari lokasi mana pun, sehingga efisiensi operasional laboratorium meningkat dan kualitas hasil pengujian tetap terjaga.

1.5. Batasan

Untuk mewujudkan system pemantauan ini ada beberapa Batasan masalah yaitu:

1. Ruang Lingkup Laboratorium: Penelitian ini terbatas pada ruang uji laboratorium tertentu tanpa mencakup seluruh variasi skala laboratorium.
2. Jangkauan Sensor: Ketersediaan sensor suhu dan kelembaban tertentu mungkin membatasi akurasi serta presisi pengukuran.
3. Fungsi Sistem: Sistem yang dikembangkan hanya berfokus pada pemantauan suhu dan kelembaban tanpa dilengkapi alat untuk mengatur kondisinya.
4. Batasan Waktu: Penelitian terbatas pada periode tertentu sesuai dengan waktu yang tersedia untuk penyelesaian skripsi.

Dengan memahami batasan-batasan tersebut, diharapkan tugas akhir ini tetap memberikan kontribusi berharga dalam meningkatkan kualitas serta efisiensi pengujian material metalurgi di lingkungan laboratorium.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Table 1. Penelitian Terkait

| No | Jurnal | Penulis | Tahun | Metode | Kelemahan |
|----|--|----------------------------|-------|---|--|
| 1 | Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Lingkungan Berbasis IoT dan Listrik Tenaga Surya | Abraham Heksa Martin, dkk. | 2019 | Pengembangan sistem pemantauan lingkungan dengan fokus pada suhu dan kelembapan menggunakan IoT dan tenaga surya [4]. | -Ketergantungan pada ketersediaan energi matahari, dan biaya implementasi yang tinggi |
| 2 | Solusi Berbasis IoT untuk Pemantauan Lingkungan Secara Real-time di Laboratorium | Wang, L., dkk. | 2021 | Penggunaan IoT dalam pemantauan lingkungan laboratorium secara real-time [5]. | Kurangnya informasi mengenai implementasi secara praktis |
| 3 | Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT pada Ruang Server | Rizki Fauzi, M. | 2022 | Pengembangan sistem pemantauan suhu dan kelembapan menggunakan IoT pada ruang server [6]. | Terbatasnya fokus pada pemantauan suhu dan kelembapan di ruang server, tidak secara umum |

| | | | | | |
|---|---|---|------|---|---|
| 4 | Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT di Lingkungan Industri | Putra, A., dkk. | 2020 | Implementasi sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di lingkungan industri [7]. | Kurangnya penjelasan mengenai keterkaitan dengan ISO17025 |
| 5 | Integrasi Teknologi IoT dalam Sistem Pemantauan Lingkungan untuk Mendukung Keberlanjutan Industri | Susilo, B., dkk. | 2023 | Pendekatan integrasi teknologi IoT dalam sistem pemantauan lingkungan untuk mendukung keberlanjutan industri [2]. | Kurangnya informasi mengenai validitas dan akurasi data IoT |
| 6 | Pemantauan Suhu dan Kelembaban Menggunakan Sensor DHT22 Berbasis IoT pada Laboratorium Pangan | Pratama, R., dkk. | 2021 | Penerapan sensor DHT22 dan IoT dalam pemantauan suhu dan kelembaban pada laboratorium pangan | Terbatasnya ruang lingkup dalam konteks laboratorium pangan |
| 7 | Environmental Monitoring Using IoT | Suprava Ranjan Laha, Binod Kumar Pattanayak, Saumendra Pattnaik | 2023 | Sistem pemantauan lingkungan yang canggih melalui teknologi sensor, IoT, dan pembelajaran mesin [3] | Tantangan dalam manajemen data, keamanan dan privasi, serta masalah catu daya di daerah terpencil |

Dari beberapa referensi yang didapat penulis seperti pada tabel diatas, kebanyakan sistem yang dibuat hanya untuk melakukan monitoring keadaan pada ruangan tersebut, sehingga masih memiliki kelemahan keterlambatan informasi yang diterima teknisi apabila terjadi perubahan suhu dan ruangan diluar standar yang dibutuhkan, penulis ingin menambahkan sebuah sistem peringatan menggunakan logika fuzzy untuk dapat memberi tahu level peringatan yang terjadi pada ruangan tersebut, agar teknisi dapat segera melakukan tindakan untuk mengatasi keadaan tersebut. Dengan adanya sistem peringatan berbasis logika fuzzy ini, diharapkan dapat mengatasi kelemahan yang ada pada penelitian sebelumnya dan meningkatkan efektivitas pemantauan serta respons teknisi terhadap kondisi lingkungan yang tidak sesuai standar. Implementasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keandalan sistem pemantauan dan menjaga kualitas lingkungan pada ruang laboratorium.

2.2. Pemantauan (*Monitoring*)

Montiroting dapat diartikan sebagai kegiatan pengamatan yang sistematis dan berkesinambungan terhadap suatu sistem, aktivitas, atau kondisi tertentu untuk memperoleh informasi yang relevan untuk pengambilan keputusan. Menurut Li dkk. (2021), pemantauan melibatkan pengukuran dan pengumpulan data secara berkala untuk memantau perkembangan suatu entitas [7].

Tujuan utama dari aktivitas pemantauan adalah untuk memantau dan mengelola kinerja dan keamanan suatu sistem. Menurut Smith dkk. (2019), pemantauan dapat membantu mendeteksi anomali, meningkatkan efisiensi operasional, dan memberikan informasi yang diperlukan untuk perbaikan atau pengembangan lebih lanjut [2].

Pentingnya pemantauan, khususnya dalam memantau suhu dan kelembaban di ruang laboratorium, memberikan landasan teori yang kuat. Sejalan dengan penelitian ini, penggunaan konsep dasar pemantauan akan membantu merancang sistem pemantauan yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian.

Keterkaitannya dalam tugas akhir ini adalah, monitoring merupakan salah satu solusi dari sistem yang ada saat ini, saat ini teknisi harus melakukan pencatatan pada form setiap awal shift / sebelum bekerja sehingga dikhawatirkan saat melakukan pengujian suhu & kelembabam diluar nilai toleransi yang telah ditetapkan sehingga apabila diterapkannya sistem monitoring ini, pemantauan terhadap ruangan laboratorium akan lebih baik karena selalu terukur secara realtime, teknisi tidak perlu mencatat dan sesekali melihat alat ukur di tempat yang berbeda dari tempat kerja, karena untuk pemantauan dapat dilakukan pada komputer dan mempermudah engineer dalam mengumpulkan data untuk kemudian dilampirkan saat audit internal ataupun audit ISO/IEC 17025 [1].

2.3. Teori Dasar Internet of Think (IoT)

2.3.1. Definisi Internet of Things (IoT)

Teori dasar Internet of Things (IoT) membahas tentang konsep bahwa benda-benda fisik dapat terhubung dan bertukar data dengan perangkat lain melalui jaringan internet. IoT melibatkan penggunaan sensor untuk mengumpulkan data dari lingkungan fisik, perangkat untuk mengirimkan data, dan platform untuk menganalisis dan mengelola data yang terkumpul.

Berdasarkan konsep tersebut, pengembangan sistem pemantauan suhu dan kelembaban pada ruangan laboratorium menggunakan IoT menjadi lebih memungkinkan. Dengan menggunakan sensor suhu dan kelembaban yang terhubung dengan jaringan internet, data lingkungan ruang laboratorium dapat diakses dari jarak jauh secara real time dan dapat memberikan peringatan secara real time kepada teknisi maupun operator mengenai kondisi suhu dan kelembaban saat sedang melakukan pengujian.

2.3.2. Arsitektur IoT

Arsitektur dasar IoT terdiri dari tiga komponen utama:

- Perangkat (Things): Objek fisik yang dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan kemampuan komunikasi.
- Jaringan (Network): Infrastruktur yang menghubungkan perangkat dan memungkinkan pertukaran data.
- Pemrosesan Data (Data Processing): Analisis dan interpretasi data yang dihasilkan oleh perangkat untuk mengambil keputusan atau menyampaikan informasi.

2.3.3. Protokol Komunikasi IoT

Protokol komunikasi dalam Internet of Things (IoT) adalah MQTT, HTTP, CoAP, AMQP, dan DDS. MQTT efisien untuk perangkat IoT dengan latensi rendah. HTTP cocok untuk komunikasi dengan server web. CoAP dirancang untuk lingkungan IoT terbatas. AMQP mendukung komunikasi asinkron dengan antrian pesan. DDS cocok untuk sistem real-time dan ketersediaan tinggi. Pemilihan protokol tergantung pada kebutuhan aplikasi dan karakteristik perangkat.

2.3.4. Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT

Tinjauan terhadap pemantauan lingkungan berbasis IoT menyoroti pentingnya penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam mengawasi kondisi lingkungan secara menyeluruh. Dalam konteks ini, teknologi ini memungkinkan penggunaan sensor-sensor yang terhubung secara nirkabel untuk mengumpulkan data dengan akurat dan real-time mengenai suhu, kelembaban, kualitas udara, dan parameter lingkungan lainnya. Data tersebut kemudian diproses oleh platform analitik untuk

menghasilkan informasi yang berguna dalam memantau dan mengelola lingkungan. Dengan demikian, implementasi pemantauan lingkungan berbasis IoT memiliki potensi besar untuk mendukung upaya pelestarian lingkungan dan kesehatan manusia dengan memberikan respons yang cepat terhadap perubahan lingkungan yang signifikan.

2.3.5. Implementasi IoT di Laboratorium

Penerapan IoT dalam laboratorium dapat meningkatkan pengelolaan lingkungan, termasuk suhu dan kelembaban. Integrasi sensor dan sistem otomatisasi dapat mempermudah monitoring.

2.4. ISO/IEC 17025

ISO/IEC 17025 adalah standar internasional yang merinci persyaratan untuk kompetensi laboratorium pengujian dan kalibrasi. Standar ini mengakui pentingnya penerapan sistem manajemen kualitas yang efektif untuk memastikan kredibilitas dan keandalan hasil pengujian atau kalibrasi yang dihasilkan oleh laboratorium. Standar ini juga mempersyaratkan bahwa kondisi fasilitas dan lingkungan harus sesuai untuk kegiatan laboratorium dan tidak berpengaruh buruk terhadap keabsahan hasil. Klausul 6.3.3 dari standar ini juga menetapkan bahwa laboratorium harus memantau, mengendalikan, dan mencatat kondisi lingkungan sesuai dengan spesifikasi, metode, atau prosedur yang relevan atau di mana kondisi tersebut mempengaruhi keabsahan hasil.

Suhu dan kelembaban adalah faktor penting yang mempengaruhi validitas mutu data yang dihasilkan oleh laboratorium pengujian. Oleh karena itu, laboratorium pengujian harus memantau, mengendalikan, dan merekam suhu serta kelembaban di ruangan pengujian.

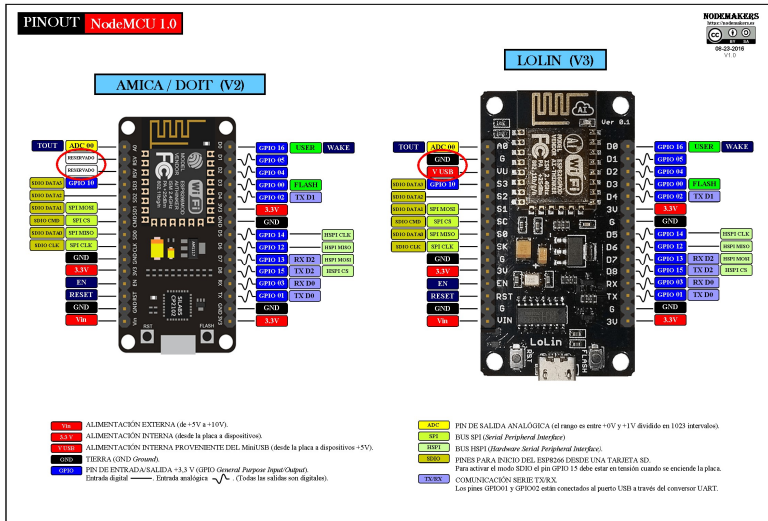
Dengan memahami dan menerapkan ISO/IEC 17025, penelitian ini diarahkan untuk memenuhi standar internasional dalam penyediaan data suhu dan kelembaban yang akurat dan dapat diandalkan di laboratorium metalurgi. Implementasi yang baik dapat membantu laboratorium mencapai akreditasi dan meningkatkan kepercayaan terhadap hasil pengujian [1].

2.5. Spesifikasi Komponen

2.5.1. ESP 32

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang memiliki kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi serta fitur yang memungkinkan pengembangan sistem yang memerlukan konektivitas nirkabel. Keunggulan utama ESP32 antara lain biaya yang relatif rendah, konsumsi daya yang efisien, dan fleksibilitas dalam aplikasi pengembangan IoT. Informasi ini diambil dari Espressif Systems. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem yang murah dan berdaya

kemampuan Wi-Fi dan mendukung berbagai protokol komunikasi, menjadikannya salah satu solusi populer untuk aplikasi IoT berbiaya rendah.



Gambar 2.2. NodeMCU ESP8266

Spesifikasi Teknis:

- Prosesor: ESP8266EX dengan arsitektur 32-bit RISC
- Kecepatan Prosesor: Hingga 160 MHz.
- Memori: Flash 4 MB dan SRAM 64 KB untuk aplikasi
- Konektivitas: Wi-Fi 802.11 b/g/n dengan dukungan mode AP dan station.
- Antarmuka: Mendukung UART, SPI, I2C, dan PWM
- Mode Deep Sleep: $\pm 10 \mu\text{A}$.
- Mode Aktif: $\pm 70\text{-}200 \text{ mA}$ (tergantung aktivitas Wi-Fi).

2.5.3. DHT 22

DHT-22 adalah chip tunggal kelembaban relatif dan multi sensor suhu yang terdiri dari modul yang dikalibrasi keluaran digital. Pada tugas akhir ini penulis mengaplikasikan sensor ini untuk mengambil data Suhu dan kelembaban relatif di dalam laboratory. Satuan pada suhu dan kelembaban relative yang dikeluarkan sensor ini adalah derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) untuk suhu dan persen (%) untuk kelembaban relatif [9].



Gambar 2.3. DHT 22

Spesifikasi DHT 22:

- Tegangan kerja : 5 V
- Rentang temperature : -40 hingga 80 °C / resolution 0.1°C / error < $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Kelembaban : 0-100% RH / resolution 0.1%RH / error $\pm 2\%RH$
- *Interface* : Digital
- Waktu pemindaian : 2 detik

2.5.4. Oled

Modul OLED I2C adalah modul tampilan kecil yang menggunakan teknologi OLED (Organic Light Emitting Diode) dengan antarmuka komunikasi I2C [10]. Berikut adalah uraian spesifikasinya:



Gambar 2.4. Oled

Spesifikasi Teknis:

- Resolusi Layar: 128 x 64 piksel.
- Konsumsi Daya: $\pm 0.04\text{W}$ dalam kondisi operasi normal.
- Warna Tampilan: Monokrom (putih, biru, atau kuning, tergantung varian modul).
- Ukuran Fisik: Biasanya 0.96 inci atau 1.3 inci.

2.6. Logika Fuzzy

2.6.1. Konsep Dasar Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah pendekatan matematika yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dan informasi yang tidak presisi dalam sistem

kompleks. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 sebagai alternatif dari logika klasik yang hanya mengenal nilai benar (1) dan salah (0). Dalam logika fuzzy, nilai kebenaran tidak hanya berupa biner, tetapi berada dalam rentang antara 0 hingga 1, memungkinkan representasi informasi yang lebih fleksibel dan sesuai dengan kenyataan dunia nyata [11].

Lotfi Zadeh memperkenalkan konsep logika fuzzy sebagai solusi terhadap ketidakpastian yang sering dihadapi dalam pemodelan sistem kompleks. Ide ini muncul berdasarkan observasi bahwa banyak sistem dunia nyata tidak memiliki batas yang jelas, sehingga tidak dapat direpresentasikan secara biner. Sejak diperkenalkan, logika fuzzy telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk kecerdasan buatan, pengendalian sistem, dan pengolahan citra.

Logika klasik hanya mengenal dua kondisi, yaitu benar (1) atau salah (0), yang bersifat kaku dan tidak fleksibel. Sebaliknya, logika fuzzy memungkinkan adanya nilai di antara kedua kondisi tersebut. Sebagai contoh, dalam logika klasik suhu ruangan dapat dikategorikan sebagai “dingin” atau “panas”, sedangkan dalam logika fuzzy, suhu dapat dikategorikan dengan tingkat keanggotaan tertentu pada kedua kategori tersebut.

Karakteristik Utama Logika Fuzzy:

1. Fungsi Keanggotaan: Menentukan sejauh mana suatu elemen termasuk dalam suatu himpunan fuzzy berdasarkan derajat keanggotaan antara 0 hingga 1.
2. Inferensi Fuzzy: Proses pengambilan keputusan berbasis aturan linguistik menggunakan operator fuzzy.
3. Defuzzifikasi: Konversi output fuzzy ke dalam nilai tegas yang dapat diinterpretasikan oleh sistem..

2.6.2. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah perluasan dari konsep himpunan klasik yang memungkinkan keanggotaan elemen dalam suatu himpunan ditentukan oleh derajat keanggotaan. Berbeda dengan himpunan klasik yang hanya memiliki dua kemungkinan keanggotaan (anggota atau bukan anggota), himpunan fuzzy memungkinkan elemen memiliki tingkat keanggotaan dalam interval $[0,1]$ (Bezdek, 2025)

Dalam himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan ($\mu(x)$) digunakan untuk mengukur sejauh mana suatu elemen memenuhi karakteristik tertentu dalam himpunan. Sebagai contoh, seseorang dengan tinggi 175 cm dapat memiliki tingkat keanggotaan 0,8 dalam himpunan “tinggi” dan 0,2 dalam himpunan “sedang”, menunjukkan bahwa tinggi orang tersebut tidak sepenuhnya termasuk dalam kategori tinggi ataupun sedang.

Fungsi keanggotaan dalam himpunan fuzzy dapat berbentuk berbagai macam, antara lain:

1. Fungsi Segitiga (Triangular Membership Function): Digunakan untuk representasi sederhana dengan nilai minimum, maksimum, dan puncak.
2. Fungsi Trapesium (Trapezoidal Membership Function): Digunakan untuk kategori yang memiliki rentang yang lebih luas.
3. Fungsi Gaussian: Cocok untuk distribusi data yang halus dan berkelanjutan.

2.6.3. Metode Fuzzy Mamdani

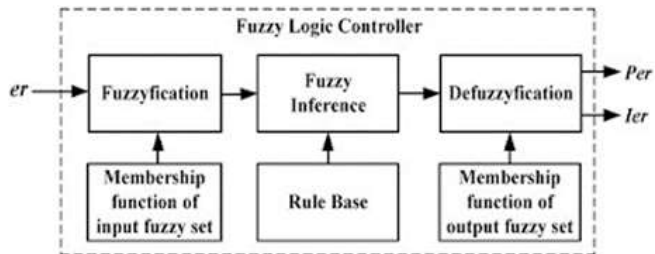
Metode Fuzzy Mamdani adalah salah satu metode inferensi fuzzy yang paling umum digunakan dalam sistem kendali berbasis fuzzy. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan banyak diterapkan dalam sistem pengambilan keputusan dan pengendalian proses industri [12].

Metode ini bekerja dengan menerjemahkan masukan ke dalam aturan berbasis linguistik menggunakan operator fuzzy, kemudian melakukan proses inferensi untuk menghasilkan output fuzzy yang akhirnya dikonversi ke dalam bentuk nilai tegas.

Langkah-langkah utama dalam metode Fuzzy Mamdani:

1. Fuzifikasi:
 - Proses konversi nilai input numerik menjadi himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan.
 - Contoh: Suhu "30°C" dapat memiliki keanggotaan 0,8 pada kategori "hangat" dan 0,2 pada kategori "panas".
2. Pembentukan Aturan Fuzzy:
 - Aturan fuzzy biasanya dinyatakan dalam bentuk IF-THEN berbasis linguistik.
 - Contoh: IF suhu tinggi AND kelembaban rendah THEN kipas berputar cepat
3. Inferensi Fuzzy
 - Evaluasi aturan fuzzy yang telah dibuat untuk mendapatkan output fuzzy berdasarkan masukan yang diberikan.
 - Menggunakan metode seperti Min-Max atau produk untuk menentukan hasil akhir fuzzy
4. Defuzzifikasi:
 - Proses konversi output fuzzy menjadi nilai tegas yang dapat digunakan dalam sistem kontrol.
 - Teknik umum meliputi metode centroid, bisektor, dan rata-rata maksimum.

Metode Mamdani memiliki keunggulan dalam hal kejelasan interpretasi aturan berbasis linguistik dan kemampuannya dalam menangani ketidakpastian yang kompleks.

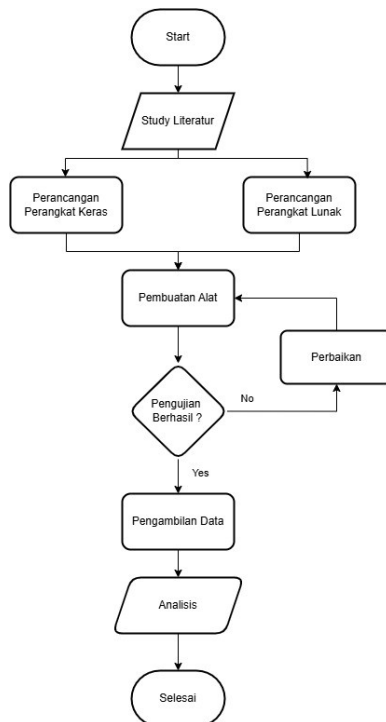


Gambar 2.5. Fuzzy Logic Control

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini, sistem pemantauan suhu dan kelembaban dirancang menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pemantauan secara real-time di dua ruangan laboratorium, yaitu Ruang Mechanical dan Ruang Chemical. Setiap ruangan dilengkapi dengan perangkat keras dan lunak yang dirancang untuk mendeteksi kondisi lingkungan serta memberikan peringatan dengan level berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban jika terjadi penyimpangan suhu atau kelembaban. berikut perancangan sistem yang akan dilakukan secara keseluruhan dalam penyelesaian tugas akhir ini.



Gambar 3.1. Contoh diagram alir

Pada Gambar 3.1. Menampilkan Flowchart yang menjelaskan tentang Perancangan Perangkat Penelitian Tugas akhir ini, diawali dengan proses studi

literatur, lalu memulai perancangan sistem, pada tahap ini terbagi menjadi 2 yaitu perancangan Perangkat keras meliputi design mekanik dan elektrikal lalu perancangan perangkat lunak meliputi Pemrograman, Design dan Pembuatan Interface untuk menampilkan hasil pembacaan ruangan serta metode yang digunakan. Setelah itu proses dilanjutkan ke tahap pembuatan alat, setelah alat siap dilakukan pengujian, proses ini akan dilakukan sampai alat berhasil apabila gagal maka akan diulang dalam pembuatan alat, apabila telah berhasil dilanjutkan dengan proses pengambilan data, setelah itu pada proses akhir penulis akan membuat Analisa dari seluruh proses yang telah dilakukan.

3.1.1. Perancangan Perangkat Keras

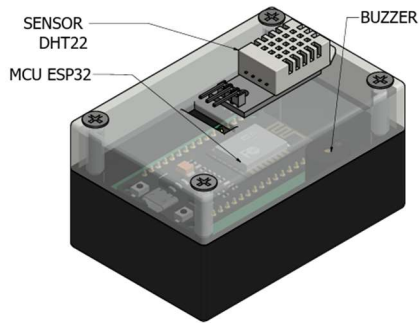
Perangkat keras yang digunakan di setiap ruangan berbeda, disesuaikan dengan karakteristik masing-masing ruangan. Berikut adalah rincian perangkat keras yang digunakan:

1. ESP8266 untuk Ruang Mechanical & ESP32 untuk Ruang Chemical: Mikrokontroler ini dipilih karena memiliki konektivitas Wi-Fi yang stabil dan cocok untuk aplikasi IoT dengan daya rendah.
2. Sensor DHT22: Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban. DHT22 dipilih karena akurasi yang baik dalam pengukuran kedua variabel ini dan kemampuannya untuk bekerja di lingkungan dengan kelembaban tinggi.
3. Module OLED: Layar OLED digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban secara langsung di setiap ruangan. Informasi ini berguna bagi operator di lokasi untuk melihat kondisi lingkungan tanpa harus membuka aplikasi di perangkat lain.
4. Buzzer: Buzzer dipasang untuk memberikan peringatan suara apabila suhu atau kelembaban keluar dari batas toleransi yang telah ditentukan. buzzer akan berbunyi sebagai tanda bahwa kondisi ruangan tidak normal.
5. Catu Daya: Setiap perangkat keras membutuhkan catu daya yang stabil agar dapat beroperasi dengan baik. Catu daya di setiap ruangan diatur untuk memberikan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan perangkat.

Dengan komposisi perangkat keras di atas, sistem ini mampu melakukan pengukuran suhu dan kelembaban secara berkala, menampilkan informasi tersebut secara lokal di OLED, serta memberikan peringatan jika terjadi kondisi lingkungan yang tidak sesuai.

a) Design Mekanik

Berikut perencanaan gambar Design mekanik untuk alat ini:



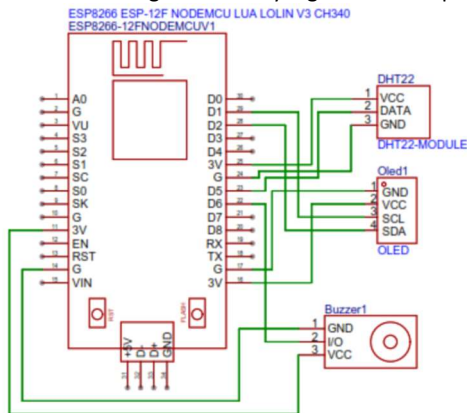
Gambar 3.2. Design mekanik alat tugas akhir

Pada gambar 3.2 diatas menunjukkan perencanaan design mekanik alat yang akan dibuat, design dirancang sedemikian rupa dengan pertimbangan ukuran sensor dan perangkat yang digunakan, agar penempatan tata letak dari komponen dapat diatur seefisien mungkin sehingga ukuran dari alat ini dapat menjadi lebih ringkas, dan memudahkan untuk peletakan alat saat nantinya dioperasikan.

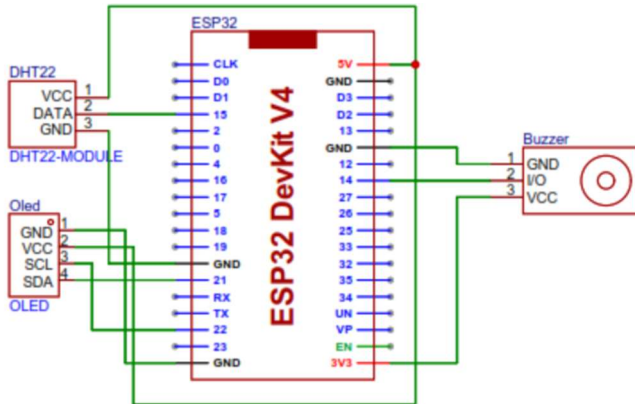
Rencana penempatan alat ini akan ditempel di dinding didekat dengan sumber listrik sehingga diharapkan alat ini tidak akan mengganggu karyawan dalam melaksanakan kegiatan pengujian diruang Laboratory.

b) Design Elektrikal

Berikut perencanaan design elektrikal yang akan dibuat pada tugas akhir ini:



Gambar 3.3. Perancangan Elektrikal ESP8266



Gambar 3.4. Perancangan Elektrikal ESP32

Gambar 3.3 menunjukkan tentang rancangan elektrikal yang akan dibuat dalam mengerjakan proyek akhir ini dengan menggunakan ESP8266 dan Gambar 3.4 menunjukkan tentang rancangan elektrikal menggunakan ESP32, perbedaan pada kedua perancangan elektrikal hanya pada mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP32 dan ESP8266.

3.1.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dirancang untuk mengelola perangkat keras dan memastikan Perangkat lunak dirancang untuk menjalankan fungsi-fungsi berikut:

- a. Membaca data Suhu dan Kelembaban dari sensor.
- b. Memproses data menggunakan logika fuzzy untuk menghasilkan peringatan dengan tingkatan level.
- c. Menampilkan informasi ke antarmuka IoT dan memberikan notifikasi ke telegram.
- d. Mengaktifkan buzzer jika kondisi kritis terjadi.

Komponen Utama Perangkat Lunak:

1. Antarmuka Web IoT
Sistem ini dirancang untuk mengirimkan data secara real-time ke antarmuka web yang dapat diakses dari mana saja. Data suhu dan kelembaban yang diterima dari sensor ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mempermudah pemantauan. Antarmuka ini dirancang dengan prinsip user-friendly, sehingga pengguna dapat dengan mudah memahami kondisi lingkungan di ruang laboratorium.
2. Logika Fuzzy untuk Pemrosesan Data

- Data suhu dan kelembaban dari sensor dikonversi menjadi variabel linguistik (Aman, Waspada, Bahaya) menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy.
 - Sistem memproses data menggunakan aturan fuzzy mamdani untuk menentukan status lingkungan.
3. Notifikasi Alarm via Telegram
Sistem ini dilengkapi dengan fitur pengiriman notifikasi otomatis ke aplikasi Telegram. Ketika suhu atau kelembaban berada di luar batas toleransi, sistem akan mengirimkan pesan peringatan ke grup Telegram yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini memungkinkan teknisi untuk segera mengambil tindakan terhadap kondisi abnormal.
 4. Pengaturan Alarm Suara (Buzzer)
Jika kondisi berada dalam Level 3 ke atas, buzzer akan diaktifkan sebagai peringatan lokal.

3.2. Impelementasi Fuzzy

Implementasi fuzzy pada penelitian ini digunakan untuk memproses data suhu dan kelembaban dengan metode Mamdani untuk menghasilkan output berupa kondisi ruangan. Langkah-langkah utama dalam implementasi fuzzy mencakup: pembentukan himpunan fuzzy, fuzzifikasi, penerapan aturan inferensi fuzzy, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

3.2.1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pembentukan himpunan Fuzzy merupakan salah satu langkah penting dalam penerapan logika fuzzy, yang dikenal dengan istilah fuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah proses mengubah input himpunan tegas (crisp) menjadi himpunan fuzzy, yang memungkinkan data diolah berdasarkan derajat keanggotaan (membership degree) terhadap fungsi keanggotaan tertentu.

Sistem ini menggunakan dua variabel input utama, dan satu output yaitu :

1. Fuzzy Input :
 - Suhu: Nilai dalam derajat Celsius (°C).
 - Kelembaban: Nilai dalam persentase kelembaban relatif (%RH).
2. Fuzzy Output:
 - Kondisi Ruangan
 - a) Aman
 - b) Waspada
 - c) Bahaya

3.2.1.1. Variabel Input Suhu

Variabel Suhu dibagi menjadi tiga kategori berbasis fungsi keanggotaan fuzzy sebagai berikut:

1. Suhu Dingin (0–18°C)

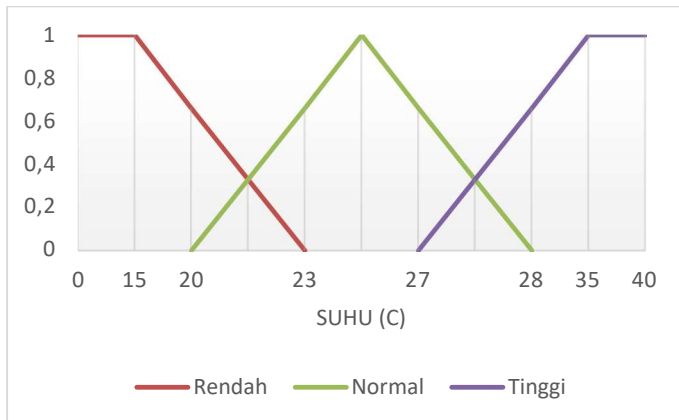
$$\mu_{\text{Dingin}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{18-x}{18-0}, & 0 < x \leq 18 \\ 0, & x > 18 \end{cases}$$

2. Suhu Normal (18–28°C)

$$\mu_{\text{Stabil}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 18 \\ \frac{x-18}{28-18}, & 18 < x \leq 28 \\ \frac{46-x}{46-28}, & 28 < x \leq 46 \\ 0, & x > 46 \end{cases}$$

3. Suhu Hangat (28–46°C)

$$\mu_{\text{Hangat}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 28 \\ \frac{x-28}{46-28}, & 28 < x \leq 46 \\ 1, & x > 46 \end{cases}$$



Gambar 3.5. Grafik Membership Suhu

Dapat dilihat pada gambar 3.5. grafik membership fuzzy untuk suhu, yang digunakan dalam logika fuzzy untuk mengategorikan suhu ke dalam tiga kategori: Rendah (merah) Kategori ini mencakup suhu di bawah 18°C, Normal (hijau)

mencakup suhu yang berada di kisaran 18°C hingga 28°C, dan Tinggi (Biru) Kategori ini mencakup suhu yang lebih tinggi dari 28°C.

3.2.1.2. Variabel Input Kelembaban

Kelembaban relatif dikelompokkan menjadi tiga kategori dengan rentang sebagai berikut:

1. Kelembaban Kering (10-70%)

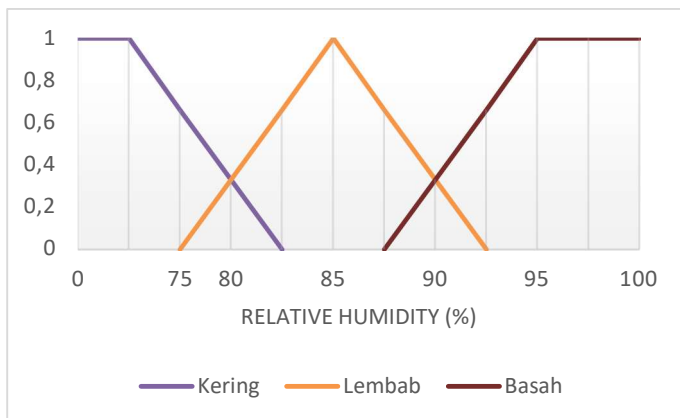
$$\mu_{\text{Kering}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ \frac{70-x}{70-10}, & 10 < x \leq 70 \\ 0, & x > 70 \end{cases}$$

2. Kelembaban Lembab (70-80%)

$$\mu_{\text{Lembab}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \\ \frac{x-70}{80-70}, & 70 < x \leq 80 \\ \frac{90-x}{90-80}, & 80 < x \leq 90 \\ 0, & x > 90 \end{cases}$$

3. Kelembaban Basah (80-90%)

$$\mu_{\text{Basah}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{x-80}{90-80}, & 80 < x \leq 90 \\ 1, & x > 90 \end{cases}$$



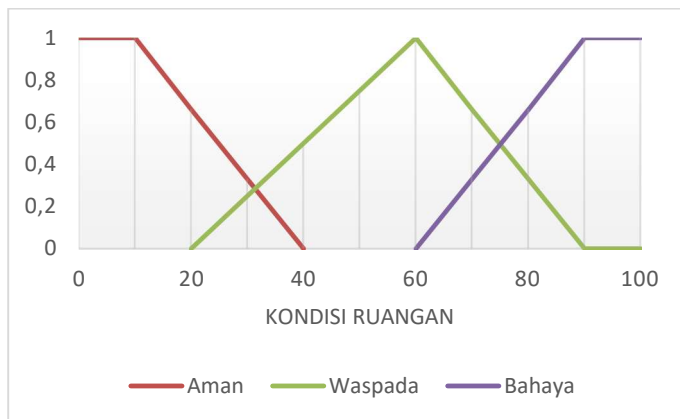
Gambar 3.6. Grafik Membership Kelembaban

pada gambar 3.6, grafik fungsi keanggotaan fuzzy untuk kelembaban relatif, yang digunakan untuk mengkategorikan kelembaban ke dalam tiga kategori: Kering (Ungu), kategori ini mencakup kelembaban di bawah 70%; Lembab (Oranye), kategori ini mencakup kelembaban antara 70% hingga 80%; dan Basah (Merah), kategori ini mencakup kelembaban di atas 80%. Grafik ini digunakan dalam logika fuzzy untuk menentukan kondisi kelembaban dan memberikan respons sesuai dengan nilai yang terukur.

3.2.1.3. Variabel Output Kondisi Ruangan

Variabel Kondisi Ruangan dikelompokkan ke dalam tiga kategori berbasis fungsi keanggotaan fuzzy untuk menggambarkan tingkat keamanan kondisi lingkungan. Berikut adalah kategori dan penjelasannya:

1. Aman (0-30)
Kondisi ruangan berada dalam zona optimal. Tidak ada ancaman berarti, sehingga ruangan aman untuk digunakan.
2. Waspada (30-70)
Ruangan memerlukan perhatian ekstra. Kondisi ini menunjukkan bahwa salah satu parameter (suhu atau kelembaban) mulai mendekati batas toleransi.
3. Bahaya (70-100)
Kondisi ruangan berada dalam situasi kritis. Parameter lingkungan melebihi batas toleransi, memerlukan tindakan segera untuk menghindari risiko.



Gambar 3.7. Grafik Variabel Kondisi Ruangan

Dapat dilihat pada gambar 3.7, grafik fungsi keanggotaan fuzzy untuk Kondisi Ruangan, yang digunakan dalam logika fuzzy untuk mengkategorikan kondisi ruang laboratorium berdasarkan suhu dan kelembaban yang terukur, dengan kategori "Aman" (merah) untuk kondisi stabil, "Waspada" (hijau) yang menunjukkan potensi masalah yang perlu diawasi, dan "Bahaya" (ungu) yang mengindikasikan kondisi kritis yang memerlukan tindakan segera.

3.2.2. Penerapan Aturan Fuzzy

Penerapan aturan fuzzy dilakukan untuk menghubungkan variabel input (suhu dan kelembaban) dengan variabel output (kondisi ruangan) menggunakan metode inferensi Mamdani. Proses ini melibatkan penggunaan aturan-aturan logis berbasis linguistik untuk menentukan kondisi ruangan berdasarkan kombinasi nilai suhu dan kelembaban.

Aturan fuzzy yang digunakan dirancang dengan mempertimbangkan kondisi laboratorium dan batas toleransi lingkungan yang telah ditentukan. Aturan-aturan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

1. JIKA Suhu Dingin DAN Kelembaban Kering MAKA Kondisi Ruangan Aman.
2. JIKA Suhu Dingin DAN Kelembaban Lembab MAKA Kondisi Ruangan Waspada.
3. JIKA Suhu Dingin DAN Kelembaban Basah MAKA Kondisi Ruangan Bahaya.
4. JIKA Suhu Stabil DAN Kelembaban Kering MAKA Kondisi Ruangan Aman.
5. JIKA Suhu Stabil DAN Kelembaban Lembab MAKA Kondisi Ruangan Waspada.
6. JIKA Suhu Stabil DAN Kelembaban Basah MAKA Kondisi Ruangan Bahaya.
7. JIKA Suhu Hangat DAN Kelembaban Kering MAKA Kondisi Ruangan Waspada.
8. JIKA Suhu Hangat DAN Kelembaban Lembab MAKA Kondisi Ruangan Bahaya.
9. JIKA Suhu Hangat DAN Kelembaban Basah MAKA Kondisi Ruangan Bahaya.

Setiap aturan di atas mencerminkan hubungan logis antara suhu, kelembaban, dan kondisi ruangan. Aturan-aturan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Aman: Kombinasi suhu dan kelembaban berada dalam rentang optimal untuk ruangan, sehingga tidak ada risiko yang memengaruhi aktivitas di laboratorium.
- Waspada: Kombinasi suhu dan kelembaban mendekati batas toleransi, sehingga diperlukan perhatian ekstra untuk mencegah kondisi memburuk.

- Bahaya: Kombinasi suhu tinggi dan kelembaban ekstrem melebihi batas toleransi, yang dapat menyebabkan kondisi kritis dan memerlukan tindakan segera.

Aturan-aturan ini diproses menggunakan sistem inferensi Mamdani, di mana masing-masing aturan diaplikasikan berdasarkan derajat keanggotaan input fuzzy. Output fuzzy yang dihasilkan dari penerapan aturan ini akan menentukan kondisi ruangan secara keseluruhan, yang kemudian digunakan untuk langkah defuzzifikasi guna menghasilkan nilai crisp sebagai output akhir.

Dengan menggunakan aturan fuzzy di atas, sistem ini mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi ruangan secara efisien, memastikan tindakan peringatan dapat dilakukan tepat waktu jika diperlukan.

3.2.3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses terakhir dalam implementasi logika fuzzy, di mana hasil fuzzy output yang berupa nilai linguistik diubah menjadi nilai tegas (crisp value) agar dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Pada penelitian ini, proses defuzzifikasi menggunakan Metode Centroid (Composite Moment). Metode ini dipilih karena menghasilkan nilai yang mewakili keseluruhan himpunan fuzzy secara proporsional.

Langkah-langkah Defuzzifikasi:

1. Input dari Proses Inferensi Fuzzy

Hasil dari proses inferensi fuzzy adalah himpunan fuzzy yang menggambarkan kondisi ruangan berdasarkan derajat keanggotaan dari aturan fuzzy yang diterapkan. Himpunan fuzzy ini terdiri atas kombinasi keanggotaan untuk kategori Aman, Waspada, dan Bahaya.

2. Menggabungkan Output Fuzzy

Semua aturan fuzzy yang aktif dikombinasikan menggunakan fungsi maksimum (MAX) untuk membentuk satu area fuzzy.

3. Menghitung centroid

nilai crisp (z) dihitung menggunakan formula berikut:

$$z = \frac{\int \mu_{\text{output}}(z) \cdot z \, dz}{\int \mu_{\text{output}}(z) \, dz}$$

Dimana:

- μ output (z) : Derajat keanggotaan output fuzzy.
- z : Nilai pada domain output fuzzy.

Contoh Kasus:

Sebagai ilustrasi, misalkan sistem menerima input berikut:

- Suhu: 27°C (kategori Stabil)
- Kelembaban: 60% (kategori Kering)

Langkah-langkah:

1. Fuzzifikasi Input

- Suhu 26°C memiliki derajat keanggotaan:
 - Stabil: 1
 - Dingin dan Hangat: 0
- Kelembaban 60% memiliki derajat keanggotaan:
 - Kering: 1
 - Lembab dan Basah: 0

2. Aplikasi Aturan Fuzzy

Berdasarkan aturan fuzzy:

- JIKA Suhu Stabil DAN Kelembaban Kering MAKA Kondisi Ruangan Aman. Dengan derajat keanggotaan:

$$\mu_{\text{Aman}} = \min(\mu_{\text{Stabil}}, \mu_{\text{Kering}})$$

$$\mu_{\text{Aman}} = \min(1, 1) = 1$$

3. Komposisi Output

Hasil dari aturan fuzzy akan membentuk output fuzzy untuk kondisi Aman. Karena hanya satu aturan yang aktif, hasil fuzzy output hanya akan berada dalam domain kategori Aman.

4. Defuzzifikasi

Kategori Aman berada dalam rentang $0 \leq z \leq 30$. Fungsi keanggotaan untuk kondisi Aman adalah linier, menurun dari 1 ke 0 pada rentang ini:

- Perhitungan Luas Daerah.

$$A_{\text{Aman}} = \frac{1}{2} \times (30 - 0) \times 1 = 15$$

- Perhitungan Momentum:

$$M_{\text{Aman}} = \int_0^{30} z \cdot \mu_{\text{Aman}}(z) dz$$

- Karena fungsi $\mu_{\text{Aman}}(z)$ adalah linier:

$$M_{\text{Aman}} = \frac{1}{2} \times 30 \times (30/3) = 150$$

Hitung Centroid:

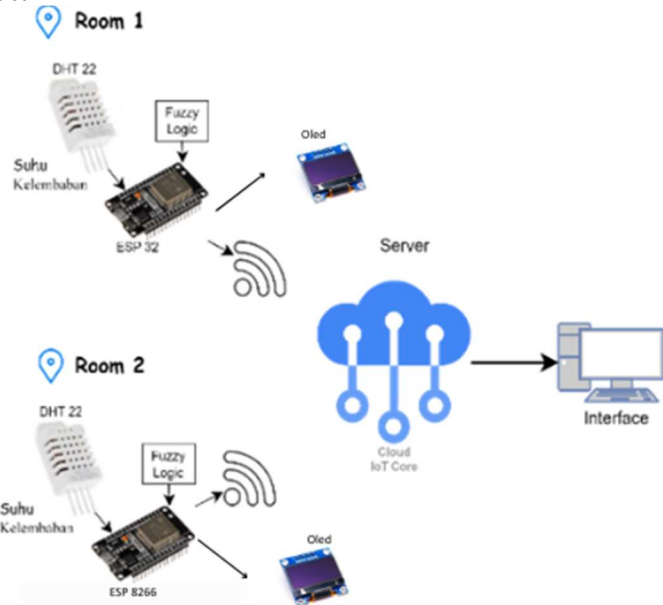
$$z = \frac{M_{\text{Aman}}}{A_{\text{Aman}}} \quad z = \frac{150}{15} = 10$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai crisp untuk kondisi ruangan adalah 10, yang berarti kondisi ruangan berada dalam kategori Aman.

3.3. Alur Sistem

3.3.1. Sistem Perangkat Lunak

Sistem perangkat lunak dirancang untuk mengintegrasikan semua komponen perangkat keras, memproses data menggunakan logika fuzzy, dan memberikan keluaran berupa informasi dan peringatan sesuai dengan kondisi suhu dan kelembaban:



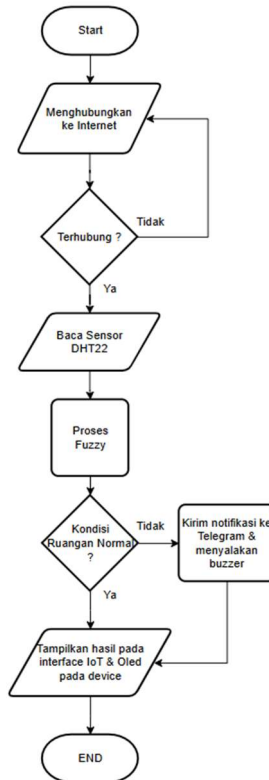
Gambar 3.8. Diagram Blok Sistem

Diagram blok system pada gambar 3.8 ini menggambarkan dua perangkat utama yang ditempatkan di laboratorium berbeda untuk memantau suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22. Data yang diperoleh dari sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan ESP8266 yang menjalankan logika fuzzy, kemudian dikirim ke server lokal. Server ini berfungsi untuk menyimpan data, menampilkan informasi di komputer, dan memicu alarm apabila kondisi tertentu terdeteksi.

3.3.2. Alur Kerja Sistem

Flowchart berikut menjelaskan alur kerja sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT yang dirancang untuk ruang laboratorium. Sistem ini menggunakan sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, dan metode logika fuzzy

untuk memproses data lingkungan secara real-time. Alur kerja sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3.9. Flowchart Diagram Sistem

Gambar 3.9 menunjukkan proses flowchart diagram sebagai berikut:

1. Start: Sistem dimulai dengan mengaktifkan perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Menghubungkan ESP32 ke internet.
3. Memeriksa koneksi, jika ESP32 sudah terhubung, sensor akan membaca data dari sensor. Jika koneksi gagal, ESP32 akan mencoba kembali menghubungkan ke internet
4. Inisialisasi Sensor DHT22: Mikrokontroler ESP32 menginisialisasi sensor DHT22 untuk mulai membaca data suhu dan kelembaban.
5. Pengumpulan Data: Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembaban ruangan secara berkala, kemudian mengirimkan data ke ESP32.

6. Pemrosesan Data Menggunakan Logika Fuzzy: Data suhu dan kelembaban diolah menggunakan logika fuzzy untuk menentukan status lingkungan (misalnya, normal, waspada, atau bahaya), Logika fuzzy digunakan karena fleksibilitasnya dalam menangani data yang tidak pasti.
7. Sistem Notifikasi: Jika kondisi lingkungan berada di luar batas toleransi (misalnya kondisi lingkungan bahaya), sistem akan memutuskan untuk mengirimkan notifikasi. Jika kondisi normal, data hanya akan disimpan ke server/database dan ditampilkan pada sistem IoT serta Oled tanpa peringatan.
8. Pengiriman Notifikasi: Sistem mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram kepada teknisi yang bertugas jika kondisi dianggap tidak aman, Selain itu, buzzer akan diaktifkan sebagai alarm lokal di lokasi laboratorium.
9. Antarmuka IoT: Data suhu dan kelembaban ditampilkan secara real-time pada antarmuka web berbasis IoT dalam bentuk grafik dan tabel.
10. End: Proses berulang hingga sistem dihentikan.

3.4. Alat dan Bahan

Berikut perencanaan alat dan bahan serta estimasi biaya yang akan dibutuhkan dalam pembuatan perangkat ini agar dapat berfungsi dengan baik :

Tabel 2. Alat dan Bahan

| No. | Alat/bahan | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah | Total (Rp.) | Keterangan |
|-------|-------------------|--------------------|--------|-------------|------------|
| 1 | ESP32 | 85.000 | 1 Buah | 85.000 | Pribadi |
| 2 | ESP8266 | 32.000 | 1 Buah | 32.000 | Pribadi |
| 3 | DHT 22 | 30.000 | 2 Buah | 60.000 | Pribadi |
| 4 | Module Oled 0.96" | 30.000 | 2 Buah | 60.000 | Pribadi |
| 5 | Buzzer Module | 5.000 | 2 Buah | 10.000 | Pribadi |
| 6 | Adaptor | 35.000 | 2 Buah | 70.000 | Pribadi |
| 7 | Box Custom | 57.000 | 2 Buah | 114.000 | Pribadi |
| 8 | Kabel Jumper | 21.000 | - | 21.000 | Pribadi |
| Total | | | | 452.000 | |

Deskripsi Komponen:

1. ESP32 & ESP8266:
 - ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama di Ruang Kimia, sedangkan ESP8266 digunakan di Ruang Mekanik.
 - Kedua mikrokontroler ini dipilih karena memiliki modul WiFi bawaan yang memungkinkan pengiriman data ke server tanpa perangkat tambahan.

2. DHT22:
 - Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu (dalam derajat Celsius) dan kelembaban (dalam persen).
 - DHT22 dipilih karena memiliki akurasi tinggi dalam pengukuran suhu dan kelembaban, serta kompatibel dengan ESP32 dan ESP8266.
3. Module OLED:
 - Layar OLED berfungsi untuk menampilkan data suhu dan kelembaban secara real-time di lokasi.
 - Dengan ukuran kecil (0,96"), modul ini hemat ruang namun tetap informatif.
4. Buzzer Module:
 - Digunakan sebagai alarm suara yang akan aktif ketika suhu atau kelembaban berada di luar batas toleransi.
 - Memberikan peringatan langsung kepada pengguna di lokasi.
5. Adaptor:
 - Menyediakan sumber daya listrik yang stabil untuk semua komponen perangkat keras.
 - Setiap adaptor disesuaikan dengan kebutuhan daya masing-masing perangkat.
6. Box Custom:
 - Berfungsi sebagai pelindung perangkat dari debu, kelembaban, atau gangguan eksternal lainnya.
 - Desain box dirancang agar perangkat dapat bertahan lebih lama dan mudah dipasang di laboratorium.

3.5. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT ini dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memantau kondisi lingkungan di laboratorium pengujian mekanik secara real-time dan memberikan peringatan jika terjadi kondisi yang tidak sesuai. Dengan pengujian yang terencana, keandalan dan kinerja sistem dapat dievaluasi secara menyeluruh.

3.5.1. Pengujian Fungsional

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen perangkat keras dan perangkat lunak bekerja sesuai fungsinya. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

- Sensor DHT22: Menguji kemampuan sensor dalam membaca suhu dan kelembaban dengan akurasi yang sesuai spesifikasi.
- OLED Display: Memastikan data suhu dan kelembaban dari sensor dapat ditampilkan secara real-time pada layar OLED.
- Pengiriman Data: Memverifikasi bahwa data dari mikrokontroler ESP32 dan ESP8266 dapat dikirim ke server melalui koneksi WiFi untuk ditampilkan pada antarmuka web.

3.5.2. Pengujian Respons Alarm dan Logika Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan efektivitas sistem pemantauan bekerja sesuai dengan fungsinya. Serangkaian pengujian dilakukan melalui simulasi berbagai kondisi untuk menilai respons sistem terhadap perubahan nilai yang melewati ambang batas yang ditentukan:

- Buzzer: Aktif ketika suhu atau kelembaban melebihi atau kurang dari batas toleransi yang telah ditentukan (suhu $<18^{\circ}\text{C}$ atau $>28^{\circ}\text{C}$, kelembaban $>70\%$).
- Notifikasi Telegram: Mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram ketika parameter lingkungan tidak memenuhi standar aman.

Penerapan logika fuzzy mengklasifikasikan kondisi lingkungan berdasarkan hasil pengukuran menjadi tiga kategori untuk suhu: Normal, Rendah, dan Tinggi, dan untuk kelembaban: hanya tinggi saja.

3.5.3. Uraian Pengujian

Berikut adalah perencanaan pelaksanaan pengambilan data untuk pengujian tugas akhir ini:

- Lokasi Pengujian: Pelaksanaan uji dan pengambilan data dilakukan di Metallurgical Laboratory PT Cast Laboratories Indonesia, terdapat 2 ruangan yang akan diukur, Ruangan Pengujian Mechanical Test dan Ruangan Uji Komposisi Kimia.
- Frekuensi Pengujian: Pengujian dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang akan dilakukan.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Bab ini menguraikan hasil implementasi dari pengukuran suhu dan kelembaban yang diperoleh dari dua lokasi, yaitu Ruang Mechanical dan Ruang Chemical. Data dikumpulkan menggunakan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Perangkat dipasang di lokasi strategis di masing-masing ruangan untuk memastikan akurasi pengukuran dan efektivitas pemantauan.

4.1. Implementasi Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Implementasi Perangkat Keras

Berikut adalah implementasi Perangkat keras yang telah dirancang dan dirakit untuk sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis IoT, terdapat dua perangkat utama yang ditempatkan di ruangan berbeda, Ruang mechanical Menggunakan ESP8266 dengan sensor DHT22, dan Ruang Chemical: Menggunakan ESP32 dengan sensor DHT22.



Gambar 4.1 Hasil Pembuatan Hardware Alat

Pada gambar 4.1. menunjukkan hasil pembuatan perangkat keras. Komponen perangkat keras ditempatkan dalam box pelindung custom yang dirancang untuk melindungi alat dari gangguan eksternal seperti debu atau kelembaban. Desain box dibuat ringkas agar mudah dipasang di lokasi strategis di laboratorium.

4.1.2. Hasil Implementasi Perangkat Lunak

Berikut ini adalah implementasi dari perangkat lunak yang telah diimplementasikan:

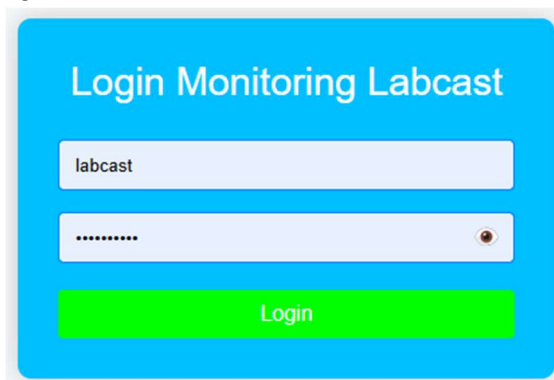
- Program Mikrokontroler

Implementasi software pada ESP32/ESP8266 mencakup:

- Pembacaan sensor setiap 1 menit
 - Pengolahan data menggunakan logika fuzzy
 - Pengiriman data ke server via MQTT
 - Aktivasi alarm saat parameter melewati batas
- **Sistem Monitoring**
Bagian ini menjelaskan tampilan antarmuka berbasis web yang dirancang untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan di Ruang Mekanik dan Ruang Kimia secara real-time. Antarmuka ini dilengkapi dengan fitur-fitur utama yang memudahkan pengguna dalam mengakses data, memantau kondisi lingkungan, agar dapat segera mengambil tindakan jika diperlukan.

1. Login Screen

Sebelum mengakses sistem, pengguna harus melalui halaman login untuk autentikasi. Halaman login ini memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang dapat mengakses sistem pemantauan laboratorium. Gambar 4.2. berikut menunjukkan tampilan halaman login.



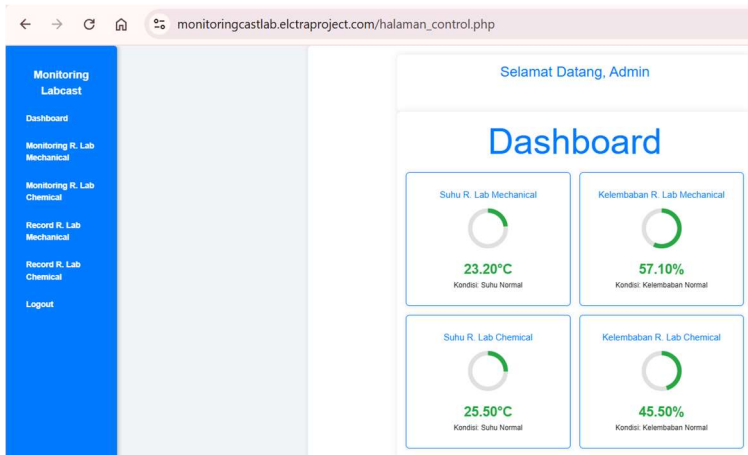
Gambar 4.2 Log in Screen

Pada gambar 4.2 terdapat fitur login dimana user diminta untuk memasukkan user name dan password, Fitur ini dirancang untuk menjaga keamanan data dan mencegah akses tidak sah ke sistem pemantauan.

2. Dashboard Utama

Setelah berhasil login, pengguna akan diarahkan ke dasbor utama. Dapat dilihat pada Gambar 4.3, Dasbor ini menampilkan data suhu dan kelembapan dari Ruang Mekanik dan Ruang Kimia secara visual menggunakan grafik dan indikator warna. Dua panel utama pada

dasbor memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kedua ruangan secara bersamaan.

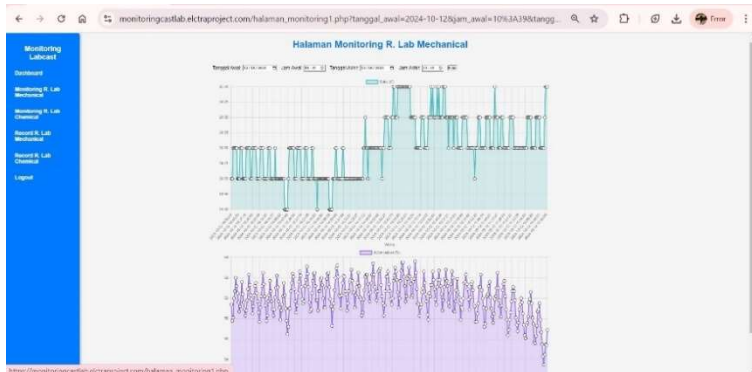


Gambar 4.3. Tampilan Dashboard

Tampilan Dasbor pada gambar 4.3 dibuat simple agar dapat memberikan informasi secara langsung mengenai apakah suhu dan kelembapan berada dalam batas aman atau memerlukan perhatian lebih lanjut terhadap kedua ruangan.

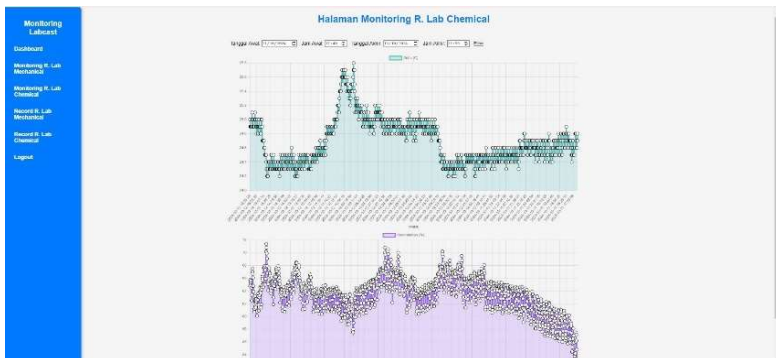
3. Monitoring

Fitur monitoring memungkinkan pengguna untuk melihat grafik perubahan suhu dan kelembapan secara rinci dari kedua ruangan. Dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5 Grafik ini memvisualisasikan data suhu dan kelembapan dari waktu ke waktu, membantu manajer laboratorium dalam mengidentifikasi pola fluktuasi kondisi lingkungan, terdapat juga menu untuk memfilter tanggal yang mau dianalisis.



Gambar 4.4. Monitoring Screen R.Mechanical

Grafik pada gambar 4.4 memberikan wawasan lebih mendalam tentang stabilitas kondisi lingkungan pada ruang mechanical dengan rentang waktu yang dapat diatur atau seluruh nya sehingga teknisi dapat merencanakan tindakan pencegahan jika diperlukan.



Gambar 4.5. Monitoring Screen R.Chemical

Grafik pada gambar 4.5 memberikan wawasan lebih mendalam tentang stabilitas kondisi lingkungan di ruang chemical selama periode tertentu, atau seluruh data, sehingga teknisi dapat merencanakan tindakan pencegahan jika diperlukan.

4. Record

Fitur catatan (record) menyediakan akses ke data historis suhu dan kelembapan yang telah tercatat pada periode tertentu. Pada gambar 4.6 dan 4.7 menampilkan data ditampilkan dalam format tabel yang mencakup informasi suhu, kelembapan, waktu pengukuran, serta opsi tindakan seperti menghapus data lama.

| No | Tanggal (D) | Kelembapan (%) | Waktu | Aksi |
|----|-------------|----------------|---------------------|-------|
| 1 | 24.00 | 81.20 | 2024-10-12 16:00:18 | Hapus |
| 2 | 24.70 | 80.00 | 2024-10-12 16:04:19 | Hapus |
| 3 | 24.70 | 80.40 | 2024-10-12 16:05:44 | Hapus |
| 4 | 24.00 | 81.60 | 2024-10-12 16:10:47 | Hapus |
| 5 | 24.00 | 80.80 | 2024-10-12 16:14:19 | Hapus |
| 6 | 24.00 | 80.00 | 2024-10-12 16:00:39 | Hapus |
| 7 | 24.00 | 80.70 | 2024-10-12 16:49:36 | Hapus |
| 8 | 24.00 | 80.60 | 2024-10-12 16:46:34 | Hapus |
| 9 | 24.00 | 81.20 | 2024-10-12 16:47:33 | Hapus |
| 10 | 24.70 | 80.50 | 2024-10-12 16:46:31 | Hapus |
| 11 | 24.70 | 80.60 | 2024-10-12 16:45:39 | Hapus |

Gambar 4.6. Record R.Mechanical

Gambar 4.6 menunjukkan tabel yang memuat data rekaman pada ruang mechanical, yang dapat diunduh untuk keperluan pencatatan data laboratorium. Fitur yang tersedia memungkinkan pengguna untuk memfilter berdasarkan tanggal, sehingga data yang diunduh dapat berupa data harian, mingguan, atau bulanan sesuai kebutuhan untuk pencatatan atau analisis kondisi ruangan. Untuk memastikan penyimpanan database tetap efisien dan tidak penuh, sistem dilengkapi dengan fitur penghapusan data lama yang sudah tidak digunakan. Pengguna dapat secara berkala menghapus data yang sudah kadaluarsa atau tidak relevan, sehingga ruang penyimpanan tetap optimal.

| No | Tanggal (D) | Kelembapan (%) | Waktu | Aksi |
|----|-------------|----------------|---------------------|-------|
| 1 | 24.00 | 82.10 | 2024-10-12 15:57:21 | Hapus |
| 2 | 24.00 | 81.50 | 2024-10-12 16:00:04 | Hapus |
| 3 | 25.00 | 84.83 | 2024-10-12 16:00:22 | Hapus |
| 4 | 24.00 | 85.80 | 2024-10-12 16:04:21 | Hapus |
| 5 | 24.00 | 85.50 | 2024-10-12 16:02:00 | Hapus |
| 6 | 24.00 | 85.80 | 2024-10-12 16:02:19 | Hapus |
| 7 | 24.00 | 85.20 | 2024-10-12 16:01:18 | Hapus |
| 8 | 24.00 | 84.30 | 2024-10-12 16:00:00 | Hapus |
| 9 | 24.00 | 84.50 | 2024-10-12 16:00:15 | Hapus |
| 10 | 24.00 | 82.50 | 2024-10-12 16:00:13 | Hapus |
| 11 | 24.00 | 83.40 | 2024-10-12 16:00:17 | Hapus |

Gambar 4.7. Record R.Chemical

Gambar 4.7 menunjukkan tabel yang memuat data rekaman pada ruang chemical, dimana fitur yang terdapat pada menu tersebut sama seperti Record R.Mechanical yang membedakan hanya ruangan yang

di observasi. sehingga data yang diunduh dapat digunakan untuk keperluan audit dan analisa.

Antarmuka berbasis web yang dikembangkan memungkinkan pengelolaan sistem pemantauan laboratorium secara efektif. Sistem ini dilengkapi dengan mekanisme login yang menjamin keamanan akses data, sehingga hanya pengguna terotorisasi yang dapat menggunakan sistem.

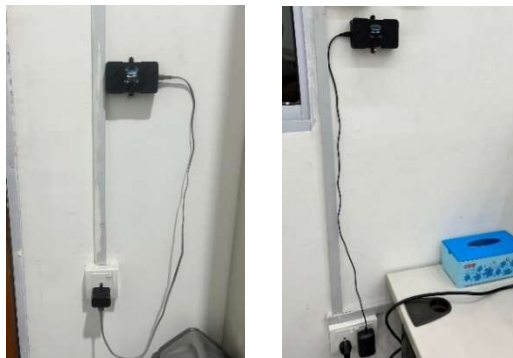
Dasbor utama menyajikan informasi kondisi ruangan secara langsung, memudahkan pemantauan parameter lingkungan tanpa jeda waktu. Perubahan suhu dan kelembaban divisualisasikan dalam bentuk grafik yang informatif, memberikan gambaran jelas tentang tren dan fluktuasi kondisi ruangan. Seluruh data pengukuran tersimpan dalam format tabel terstruktur, menciptakan rekam jejak lengkap untuk keperluan dokumentasi dan evaluasi jangka panjang.

Fitur-fitur ini memungkinkan manajer laboratorium memantau kondisi Ruang Mekanik dan Kimia dengan mudah, serta merespons cepat jika terjadi penyimpangan parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas pengujian.

4.2. Data Hasil Penelitian

Pada proses pengambilan data, pengukuran suhu dan kelembaban ini dilakukan menggunakan sensor DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266 (untuk Ruang Mechanical) dan ESP32 (untuk Ruang Chemical). Data dikumpulkan selama periode tertentu untuk mengevaluasi stabilitas kondisi lingkungan di kedua ruangan

Dapat dilihat pada gambar 4.8 menunjukkan Lokasi penempatan alat di laboratorium mechanical dan chemical, ditempatkan dilokasi yang dapat mewakili pengukuran ruangan tersebut.



Gambar 4.8. Lokasi Penempatan Alat Suhu dan Kelembaban

Pada Gambar 4.8 Penempatan alat dilakukan dengan pertimbangan kemudahan akses ke sumber listrik. Alat tersebut dipasang dekat dengan stop kontak agar dapat terhubung langsung dengan sumber daya listrik. Posisi alat yang ditempel permanen pada dinding untuk memastikan alat terpasang dengan kokoh, meminimalkan risiko alat terjatuh saat digunakan. Dengan demikian, penempatan ini memudahkan akses untuk perawatan atau pemeriksaan, serta menjamin fungsionalitas alat berjalan dengan lancar tanpa hambatan yang berarti.

Berikut ini adalah kisaran data suhu dan kelembaban pada masing-masing ruangan:

- Ruang Chemical:
 - Suhu: 24,4°C hingga 26,7°C
 - Kelembaban: 41,4% hingga 64,7%
- Ruang Mechanical:
 - Suhu: 24,6°C hingga 27,3°C
 - Kelembaban: 48,8% hingga 70%

4.2.1. Data Pengujian Suhu & Kelembaban R.Mechanical

Pengujian suhu dan kelembaban di Ruang Mechanical dilakukan selama tiga hari, yaitu dari tanggal 18 Oktober hingga 21 Oktober 2024. Tujuan pengujian adalah untuk mengevaluasi stabilitas kondisi lingkungan laboratorium serta memastikan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Data hasil pengujian diproses menggunakan metode logika fuzzy, yang memungkinkan klasifikasi kondisi ruangan menjadi tiga kategori: Aman, Waspada, dan Bahaya.

Tabel 3 menunjukkan sebagian data yang didapat dari pengukuran pada ruang mechanical:

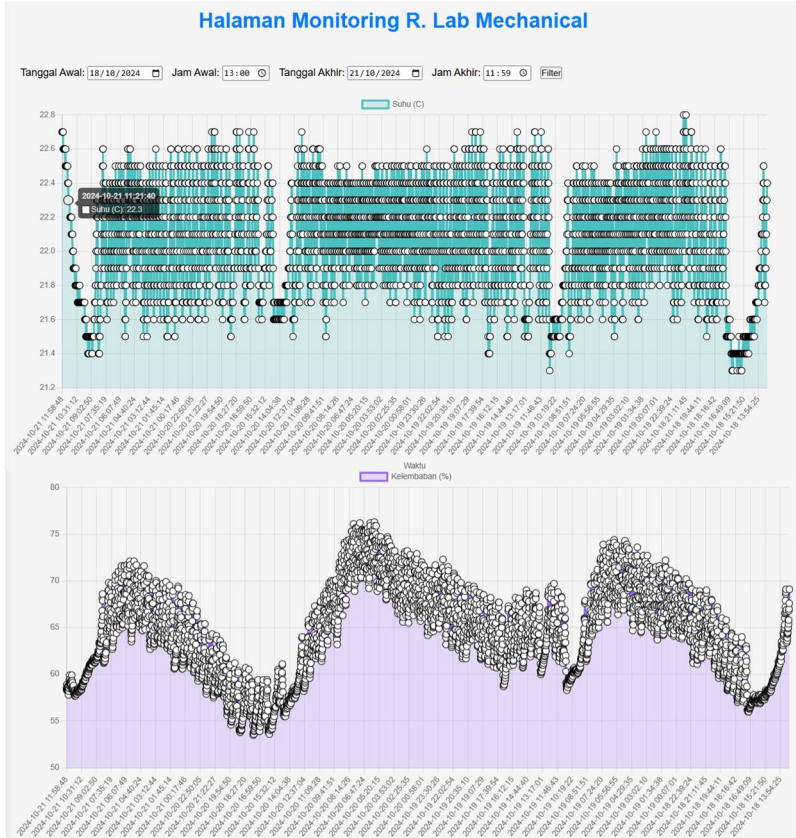
Tabel 3 Data Pengujian di Ruang Mechanical

| ID | Suhu | Kelembaban | Waktu |
|-------|-------|------------|------------------|
| 18211 | 22.40 | 69.10 | 18/10/2024 13:00 |
| 18212 | 22.40 | 67.60 | 18/10/2024 13:01 |
| 18213 | 22.30 | 67.00 | 18/10/2024 13:02 |
| 18214 | 22.30 | 66.80 | 18/10/2024 13:04 |
| 18215 | 22.20 | 65.80 | 18/10/2024 13:05 |
| 18216 | 22.10 | 65.40 | 18/10/2024 13:06 |

Pada table 3 menampilkan sebagian data yang di download dari banyak nya data yang didapat pada pengukuran di ruang mechanical, format data yang diunduh yaitu nomor id yaitu informasi data yang dikirim sesuai urutan sehingga

pengguna juga dapat melihat apabila ada data yang gagal terkirim apabila no id terlangka, lalu data suhu, kelembaban, serta tanggal dan waktu data diambil.

Sedangkan data secara grafik untuk suhu dan kelembaban pada ruang mechanical dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9. Grafik Data Suhu dan Kelembaban Ruang Mechanical

Pada gambar 4.9, ditampilkan dua grafik yang menunjukkan pemantauan suhu dan kelembaban di ruang mechanical. Grafik pertama menggambarkan perubahan suhu (ditunjukkan dengan warna hijau). Sumbu X pada grafik ini mewakili waktu pengukuran, sedangkan sumbu Y menunjukkan nilai suhu yang terukur di ruangan tersebut. Grafik kedua menampilkan perubahan kelembaban (ditunjukkan dengan warna ungu), dengan sumbu X juga menunjukkan waktu yang sama, dan sumbu Y menunjukkan persentase kelembaban ruangan tersebut.

4.2.1.1. Analisa Data Suhu Ruang Mechanical

Hasil pengujian suhu yang dilakukan di ruang mechanical menunjukkan bahwa nilai rata-rata selama tiga hari adalah 22,05°C, dengan nilai minimum 21,30°C dan maksimum 22,80°C, grafik data suhu ruang mechanical dapat dilihat dari gambar 4.9 pada grafik berwarna hijau. Berdasarkan hasil ini, analisis suhu adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi Fuzzy untuk Suhu:
 - Suhu 22,05°C dikategorikan sebagai Stabil, sesuai dengan aturan fuzzy yang menetapkan rentang suhu stabil antara 18°C hingga 28°C.
 - Derajat keanggotaan untuk kategori Stabil sangat tinggi, menunjukkan bahwa kondisi suhu ruangan berada dalam rentang aman selama periode pengujian.
2. Stabilitas Suhu:

Fluktuasi suhu yang kecil (dengan rentang hanya 1,5°C) menunjukkan kondisi lingkungan yang stabil. Stabilitas suhu ini sangat penting untuk menjaga keakuratan alat dan bahan yang digunakan di laboratorium.

Berdasarkan data suhu dan hasil pengolahan fuzzy, kondisi suhu di Ruang Mechanical diklasifikasikan sebagai Aman selama periode pengujian. Tidak ada tindakan perbaikan yang diperlukan pada sistem kontrol suhu.

4.2.1.2. Analisa Data Kelembaban Ruang Mechanical

Hasil pengujian kelembaban yang dapat dilihat juga pada gambar 4.9 pada grafik berwarna ungu menunjukkan bahwa nilai rata-rata selama tiga hari adalah 64,4%, dengan nilai minimum 53,5% dan maksimum 76,3%. Beberapa nilai kelembaban melebihi batas toleransi 70%, yang memicu sistem alarm untuk memberikan peringatan. Berikut analisis berdasarkan hasil pengujian:

1. Klasifikasi Fuzzy untuk Kelembaban:
 - Rata-rata kelembaban 64,4% dikategorikan sebagai Kering, yang masih dalam rentang aman untuk operasional laboratorium.
 - Kelembaban yang melebihi 70% pada beberapa waktu dikategorikan sebagai Basah, yang memicu status Waspada sesuai dengan aturan fuzzy.
2. Frekuensi Lonjakan Kelembaban:

Lonjakan kelembaban hingga 76,3% terjadi di luar jam operasional laboratorium, biasanya pada malam hari saat suhu lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut tidak berdampak langsung pada aktivitas laboratorium.

3. Sistem Alarm dan Respons:

- Sistem berhasil mendeteksi lonjakan kelembaban yang melampaui batas toleransi. Peringatan dikirimkan secara otomatis melalui notifikasi Telegram kepada teknisi untuk memastikan pemantauan lebih lanjut.
- Meskipun lonjakan kelembaban terdeteksi, durasinya yang singkat membuat kondisi ini masih dapat ditoleransi.

Berdasarkan analisis fuzzy, kelembaban rata-rata berada dalam kategori Aman, meskipun terdapat kondisi Waspada yang terjadi. Tidak diperlukan tindakan tambahan selama lonjakan kelembaban tetap singkat dan terjadi di luar jam kerja.

4.2.2. Data Pengujian Suhu & Kelembaban R.Chemical

Pengujian suhu dan kelembaban di Ruang Chemical dilakukan selama enam hari, yaitu dari tanggal 17 Oktober hingga 23 Oktober 2024. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan kondisi lingkungan laboratorium serta mengukur efektivitas sistem pemantauan berbasis IoT yang dilengkapi dengan metode logika fuzzy.

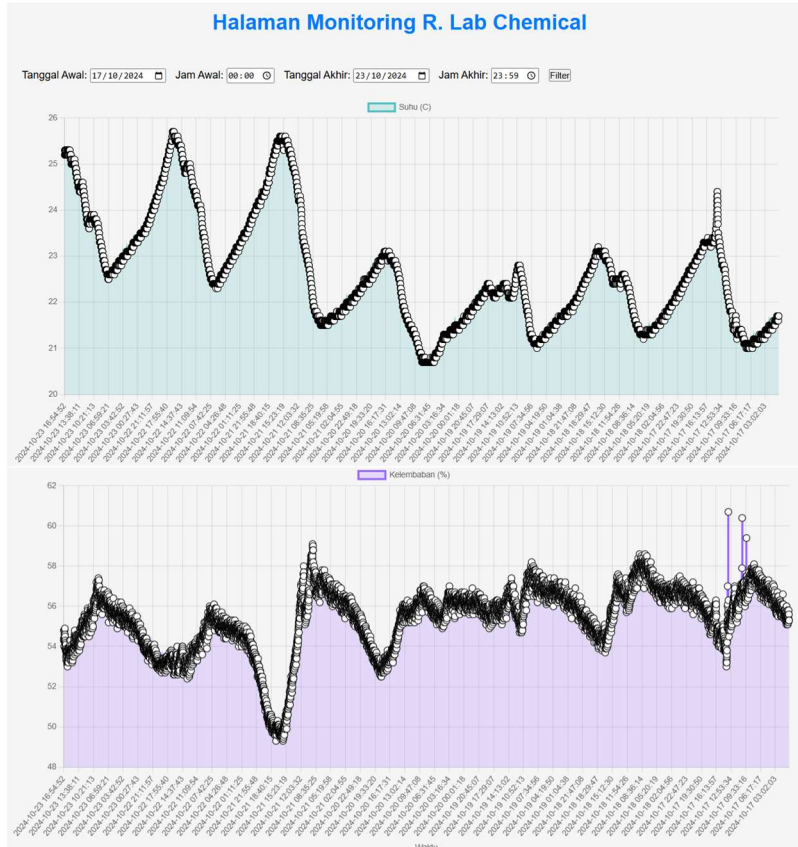
Tabel 4 menunjukkan data yang didapat dari pengukuran pada ruang chemical:

Tabel 4 Data Pengujian di Ruang Chemical

| ID | Suhu | Kelembaban | Waktu |
|-------|-------|------------|------------------|
| 14682 | 21.70 | 55.30 | 17/10/2024 00:00 |
| 14683 | 21.70 | 55.30 | 17/10/2024 00:01 |
| 14684 | 21.70 | 55.30 | 17/10/2024 00:02 |
| 14685 | 21.70 | 55.60 | 17/10/2024 00:03 |
| 14686 | 21.60 | 55.30 | 17/10/2024 00:04 |
| 14687 | 21.70 | 55.30 | 17/10/2024 00:05 |
| 14688 | 21.70 | 55.80 | 17/10/2024 00:06 |
| 14689 | 21.70 | 55.60 | 17/10/2024 00:07 |

Pada Tabel 4, ditampilkan sebagian data yang diunduh dari banyaknya data yang diperoleh selama pengukuran di ruang kimia. Format data yang diunduh mencakup nomor ID, yang berfungsi sebagai informasi urutan pengiriman data. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mendeteksi jika ada data yang gagal terkirim, yaitu dengan memeriksa apakah ada nomor ID yang terlewat. Selain itu, tabel ini juga mencantumkan data suhu, kelembaban, serta tanggal dan waktu pengambilan data.

Sedangkan data secara grafik untuk suhu dan kelembaban pada ruang chemical dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10. Grafik Data Suhu dan Kelembaban Ruang Chemical

Pada gambar 4.10, ditampilkan dua grafik yang menunjukkan pemantauan suhu dan kelembaban di ruang chemical. Grafik pertama menggambarkan perubahan suhu (ditunjukkan dengan warna hijau). Sumbu X pada grafik ini mewakili waktu pengukuran, sedangkan sumbu Y menunjukkan nilai suhu yang terukur di ruangan tersebut. Grafik kedua menampilkan perubahan kelembaban (ditunjukkan dengan warna ungu), dengan sumbu X juga menunjukkan waktu yang sama, dan sumbu Y menunjukkan persentase kelembaban ruangan tersebut.

4.2.2.1. Analisa Data Suhu Ruang Chemical

Hasil pengujian suhu menunjukkan bahwa rata-rata suhu selama enam hari adalah 22,65°C, dengan nilai terendah 20,70°C dan nilai tertinggi 25,70°C, grafik perubahan suhu pada ruangan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.10 grafik berwarna hijau, Berdasarkan hasil ini, analisis suhu adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi Fuzzy untuk Suhu:
 - Rata-rata suhu 22,65°C masuk ke dalam kategori Stabil, sesuai dengan aturan fuzzy yang menetapkan rentang suhu stabil antara 18°C hingga 28°C.
 - Seluruh data suhu selama pengujian menunjukkan derajat keanggotaan tinggi pada kategori Stabil, yang mengindikasikan bahwa kondisi suhu berada dalam zona aman.
2. Stabilitas Suhu:

Rentang fluktuasi suhu dari 20,70°C hingga 25,70°C menunjukkan kestabilan yang baik. Tidak ada suhu yang melebihi ambang batas aman untuk operasional laboratorium.

Berdasarkan pengolahan fuzzy, kondisi suhu selama pengujian diklasifikasikan sebagai Aman, dan tidak ada indikasi kebutuhan tindakan korektif pada sistem kontrol suhu.

4.2.2.2. Analisa Data Kelembaban Ruang Chemical

Hasil pengujian kelembaban menunjukkan bahwa rata-rata kelembaban selama enam hari adalah 55,4%, dengan nilai terendah 49,3% dan nilai tertinggi 60,7%. grafik perubahan suhu pada ruangan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.10 grafik berwarna ungu. Berikut adalah analisis kelembaban berdasarkan data yang diperoleh:

1. Klasifikasi Fuzzy untuk Kelembaban:
 - Rata-rata kelembaban 55,4% masuk dalam kategori Kering, yang merupakan kondisi ideal untuk aktivitas laboratorium.
 - Nilai kelembaban tertinggi 60,7% juga masih berada dalam batas toleransi (<70%) dan tidak memicu kondisi Waspada.
2. Stabilitas Kelembaban:

Fluktuasi kelembaban yang kecil menunjukkan kestabilan lingkungan ruangan. Sistem kontrol kelembaban bekerja secara optimal untuk menjaga kelembaban tetap dalam rentang aman.

Seluruh data kelembaban selama pengujian menunjukkan kategori Aman, tanpa indikasi kebutuhan tindakan perbaikan pada sistem pemantauan kelembaban.

4.2.3. Uji Akurasi Pengukuran

Pengujian akurasi suhu & kelembaban dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran suhu dari sistem IoT dengan alat ukur suhu Digital Thermometer Krisbow KW06-278, yang telah terkalibrasi oleh badan terakreditasi KAN. Dalam pengujian ini, data suhu dari sensor DHT22 dibandingkan dengan alat terkalibrasi tersebut untuk memastikan akurasi system.

Prosedur pengujian:

- i. Langkah Uji:
 - Alat ditempatkan di lokasi yang sama untuk memastikan kesamaan kondisi lingkungan.
 - Suhu dicatat menggunakan sensor DHT22 dan dibandingkan dengan Digital Thermometer Krisbow KW06-278 pada waktu yang bersamaan.
- ii. Rumus Perhitungan Error:

$$\text{Persentase Error} = \frac{\text{Selisih Nilai Pembacaan}}{\text{Digital Thermometer Krisbow KW06-278}} \times 100\%$$

- iii. Rumus Perhitungan Rata-Rata Error:

$$\text{Rata-Rata Error} = \frac{\sum \text{Persentase Error}}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

1. Pengujian akurasi suhu



Gambar 4.11. Uji Akurasi Suhu

Pada gambar 4.11 menunjukkan proses perbandingan pengukuran suhu, dengan kotak hitam yaitu alat ukur dengan sensor DHT22 dan kanan menggunakan thermometer digital terkalibrasi.

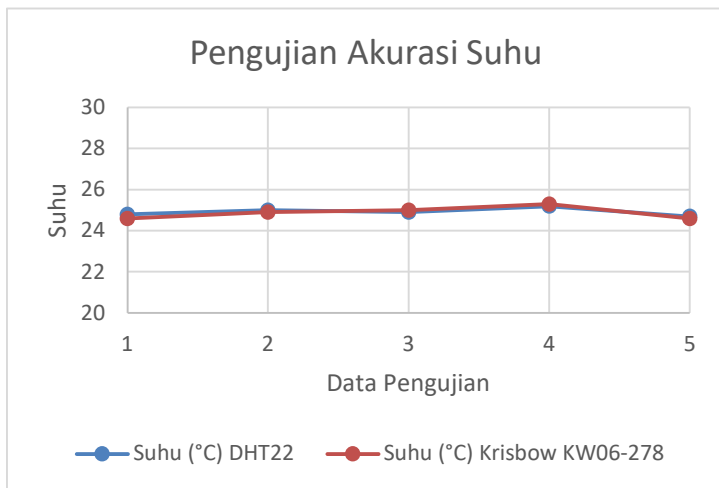
Tabel 5 dibawah ini menunjukkan hasil perbandingan data suhu yang diukur oleh sensor DHT22 dan Digital Thermometer Krisbow KW06-278:

Tabel 5 Hasil Pengujian Akurasi Suhu

| No | Suhu (°C) DHT22 | Suhu (°C) Krisbow KW06-278 | Selisih (°C) | Persentase Error (%) |
|----|--------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 | 24.8 | 24.6 | 0.2 | 0.81 |
| 2 | 25.0 | 24.9 | 0.1 | 0.40 |

| | | | | |
|------------------------|------|------|-----|--------------|
| 3 | 24.9 | 25.0 | 0.1 | 0.40 |
| 4 | 25.2 | 25.3 | 0.1 | 0.40 |
| 5 | 24.7 | 24.6 | 0.1 | 0.41 |
| Total Error | | | 0.6 | 2.42% |
| Rata-Rata Error | | | | 0.48% |

Hasil pengujian pada table 5 menunjukkan bahwa nilai pengukuran suhu dari sistem IoT hampir identik dengan nilai pengukuran dari alat terkalibrasi. Dengan perbedaan yang sangat kecil yaitu 0,48%. Gambar 4.12. menampilkan Grafik perbandingan data Suhu dari sensor DHT22 dan Digital Thermometer Krisbow KW06-278 dari data tersebut terlihat perbandingan suhu warna biru dari DHT22 dan warna merah dari KW06-278 perbedaannya sangat tipis.



Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Uji Akurasi Suhu

Pada Gambar 4.12, ditampilkan grafik perbandingan uji akurasi suhu antara sensor DHT22 dan termometer Krisbow KW06-278. Grafik ini menunjukkan perubahan suhu dalam lima kali pengujian, dengan sumbu X mewakili jumlah pengujian dan sumbu Y menunjukkan nilai suhu dalam derajat Celsius.

Dari grafik, terlihat bahwa kedua perangkat memiliki hasil pengukuran yang sangat mendekati satu sama lain, ditandai dengan garis data yang hampir berimpit. Perbedaan nilai antara DHT22 dan Krisbow KW06-278 sangat kecil, menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi yang baik dibandingkan dengan termometer referensi.

2. Pengujian akurasi Kelembaban



Gambar 4.13. Uji Akurasi Kelembaban

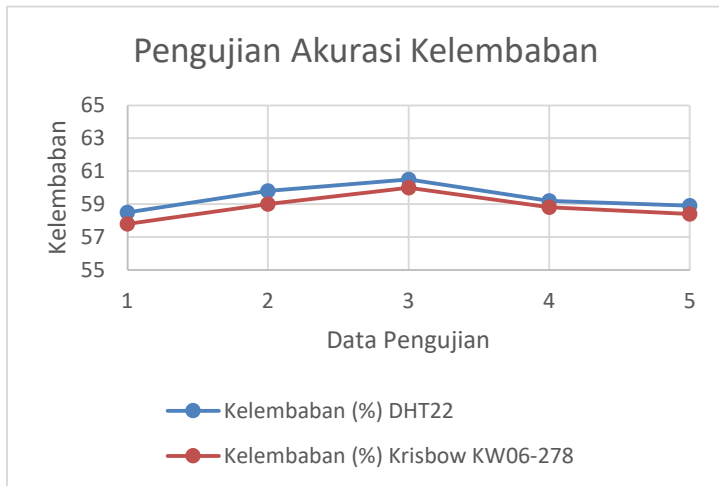
Pada gambar 4.13 menunjukkan proses perbandingan pengukuran kelembaban, dibagian kiri kotak hitam yaitu alat ukur dengan sensor DHT22 dan kanan menggunakan thermometer digital terkalibrasi. Tabel 6 berikut menunjukkan hasil perbandingan data kelembaban dari sensor DHT22 dan Digital Thermometer Krisbow KW06-278.

Tabel 6 Hasil Pengujian Akurasi Kelembaban

| No | Kelembaban (%) DHT22 | Kelembaban (%) Krisbow KW06-278 | Selisih (%) | Persentase Error (%) |
|------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|
| 1 | 58,5 | 57,8 | 0,7 | 1,21 |
| 2 | 59,8 | 59 | 0,8 | 1,36 |
| 3 | 60,5 | 60 | 0,5 | 0,83 |
| 4 | 59,2 | 58,8 | 0,4 | 0,68 |
| 5 | 58,9 | 58,4 | 0,5 | 0,86 |
| Total Error | | | 2,9 | 4,94 |
| Rata-Rata Error | | | | 0,99 |

Hasil pengukuran dari table 6 menunjukkan bahwa data kelembaban yang diperoleh dari sistem IoT sangat mendekati hasil pengukuran dari

alat terkalibrasi. Dengan rata-rata perbedaan yang kecil yaitu 0,99%, sistem ini terbukti mampu memberikan informasi kelembaban secara akurat. Gambar 4.13. menampilkan Grafik perbandingan data Kelembaban dari sensor DHT22 dan Digital Thermometer Krisbow KW06-278.



Gambar 4.14. Grafik Perbandingan Uji Akurasi Kelembaban

Pada Gambar 4.14, ditampilkan grafik perbandingan uji akurasi kelembaban antara sensor DHT22 dan alat ukur kelembaban Krisbow KW06-278. Grafik ini menunjukkan hasil pengujian kelembaban dalam lima kali pengukuran, dengan sumbu X mewakili nomor pengujian dan sumbu Y menunjukkan nilai kelembaban dalam persen (%).

Dari grafik, dapat dilihat bahwa nilai kelembaban yang terukur oleh kedua alat ini sangat mirip, dengan perbedaan yang sangat kecil antara kedua perangkat. Garis yang menunjukkan hasil pengukuran oleh sensor DHT22 dan Krisbow KW06-278 hampir berimpit, yang menandakan bahwa kedua alat tersebut memberikan hasil yang konsisten dalam pengukuran kelembaban, Meskipun terdapat sedikit variasi antar pengujian, sensor DHT22 menunjukkan kinerja yang cukup akurat dalam mengukur kelembaban udara jika dibandingkan dengan alat referensi, yang juga mendukung penggunaan sensor ini untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran kelembaban.

4.3. Pengujian Sistem Peringatan

Pengujian sistem peringatan bertujuan untuk memastikan bahwa sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan logika fuzzy dapat memberikan peringatan secara real-time ketika kondisi suhu dan kelembaban berada di luar batas toleransi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan data dari sub bab 4.2.1 (pengujian Ruang Mechanical) serta simulasi percobaan untuk kondisi suhu tinggi dan kelembaban basah.

4.3.1. Prosedur Pengujian Sistem Peringatan

1. Pemantauan Kondisi Nyata:
 - Data suhu dan kelembaban dari 4.2.1 digunakan untuk menguji respons sistem berdasarkan hasil pembacaan sensor DHT22.
 - Sistem diuji untuk memberikan peringatan jika kelembaban melebihi 70% atau suhu melebihi 28°C.
2. Simulasi Percobaan:
 - Simulasi dilakukan untuk kondisi berikut:
 - Suhu tinggi (di atas 28°C).
 - Kelembaban basah (di atas 70%).
 - Data simulasi didapat dengan meletakkan alat pada lokasi yang panas dan basah.

4.3.2. Hasil dan Analisis Pengujian Sistem Peringatan

- A. Pengujian dengan Data Kondisi Nyata
Data pengujian di Ruang Mechanical dari 4.2.1 menunjukkan beberapa kondisi di mana kelembaban mendekati atau melebihi batas toleransi. Berikut adalah tabel hasil pengujian:

Tabel 7 Data Pengujian Sistem Peringatan Kondisi Nyata

| Waktu | Suhu (°C) | Kelembaban (%) | Status Fuzzy | Peringatan |
|---------------------|-----------|----------------|--------------|--|
| 18/10/2024 21:10 | 22.40 | 69.10 | Aman | Tidak Ada |
| 18/10/2024 21:14 | 22.30 | 76.30 | Waspada | Peringatan: Kelembaban tinggi, buzzer aktif, notifikasi dikirim |
| 18/10/2024 21:21 | 22.10 | 65.40 | Aman | Tidak Ada |

Pada tabel 7 menampilkan hasil Pada pukul 13:04, kelembaban mencapai 76,30%, yang memicu status Waspada. Sistem berhasil mengaktifkan buzzer dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram.

B. Simulasi Percobaan

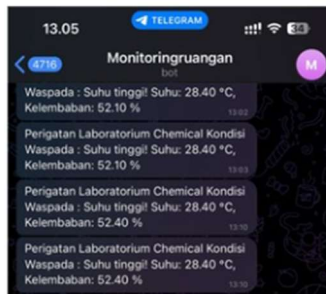
Simulasi dilakukan dengan memasukkan nilai suhu tinggi dan kelembaban basah untuk menguji respons sistem terhadap kondisi ekstrem. Berikut adalah hasil simulasi:

Tabel 8 Data Pengujian Sistem Peringatan Simulasi

| Skenario | Suhu (°C) | Kelembaban (%) | Status Fuzzy | Peringatan |
|-------------------------------|-----------|----------------|--------------|--|
| Simulasi 1: Suhu Tinggi | 28.4 | 52.10 | Waspada | Peringatan: Suhu tinggi, buzzer aktif, notifikasi dikirim |
| Simulasi 2: Kelembaban Basah | 26.5 | 75.5 | Waspada | Peringatan: Kelembaban tinggi, buzzer aktif, notifikasi dikirim |
| Simulasi 3: Suhu & Kelembaban | 30.0 | 72.0 | Bahaya | Peringatan: Suhu dan kelembaban tinggi, buzzer aktif, notifikasi dikirim |

Pada tabel 8 menampilkan hasil Sistem berhasil memberikan peringatan untuk ketiga skenario simulasi, sesuai dengan aturan fuzzy:

- Pada Simulasi 1, suhu tinggi memicu status Waspada.
- Pada Simulasi 2, kelembaban tinggi memicu status Waspada.
- Pada Simulasi 3, kombinasi suhu tinggi dan kelembaban basah memicu status Bahaya.



Gambar 4.15. Notifikasi Alarm via Telegram

Pada gambar 4.15. menunjukkan contoh notifikasi yang dikirimkan melalui aplikasi Telegram saat kondisi ruangan berada di luar batas toleransi, Notifikasi ini memungkinkan teknisi untuk segera mengetahui kondisi ruangan yang tidak aman tanpa harus berada di lokasi fisik.

4.4. Pengujian Penyimpanan Data dan Kehilangan Data

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa banyak data yang berhasil dikirim dan disimpan dalam database serta mengidentifikasi persentase kehilangan data selama proses pengiriman. Pengujian dilakukan dengan membandingkan dua set data yang diambil dalam rentang waktu tertentu

4.4.1. Metode Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
 - Data dikumpulkan dalam dua skenario pengambilan waktu:
 - Test Data Monitoring 1: Data dikirim setiap 1 menit.
 - Test Data Monitoring 2: Data dikirim setiap 10 menit.
 - Data disimpan dalam database MySQL.
 - Setiap data memiliki ID unik untuk mengidentifikasi jumlah data yang dikirim.
2. Perhitungan Kehilangan Data
 - Data dari database diekstrak dan diurutkan berdasarkan ID.
 - Dihitung jumlah ID yang seharusnya ada berdasarkan interval waktu pengambilan.
 - Dibandingkan dengan jumlah ID yang benar-benar tersimpan di database.
 - Data yang hilang dihitung berdasarkan jumlah ID yang tidak ditemukan dalam database.
3. Analisis Hasil
Persentase kehilangan data dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Persentase Kehilangan Data} = \left(\frac{\text{Jumlah Data yang Hilang}}{\text{Jumlah Data yang Seharusnya Diterima}} \right) \times 100\%$$

4.4.2. Hasil Pengujian Penyimpanan Data

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada dua dataset, ditemukan bahwa:

1. Dataset "Test Data Monitoring 1" (Interval 1 Menit)
 - Jumlah ID yang seharusnya ada: 2795
 - Jumlah ID yang benar-benar tersimpan: 1402
 - Jumlah ID yang hilang: 1393

- Persentase kehilangan data: 50.16%

| ID | Suhu | Kelembaban | Waktu | Status | Selisih | Data Monitoring 1 | |
|------|-------|------------|------------------|-----------|---------|--------------------------------|-----------|
| 9500 | 24.80 | 64.00 | 14/10/2024 00:00 | ID Hilang | 2 | | |
| 9498 | 24.90 | 64.50 | 14/10/2024 00:01 | ID Hilang | 2 | Jumlah ID Yang dikirim: | 2795 |
| 9496 | 24.90 | 65.10 | 14/10/2024 00:02 | ID Hilang | 2 | Jumlah Total ID yang Hilang: | 1393 |
| 9494 | 24.90 | 64.90 | 14/10/2024 00:03 | ID Hilang | 2 | Jumlah Total ID yang diterima: | 1402 |
| 9492 | 25.00 | 64.50 | 14/10/2024 00:04 | ID Hilang | 2 | Persentase Kehilangan Data: | 50,16 % |
| 9490 | 25.00 | 64.20 | 14/10/2024 00:05 | ID Hilang | 2 | Gap dengan selisih 2 | 1365 Data |
| | | | | | | Gap dengan selisih 1 | 21 Data |

Gambar 4.16. Raw Data Monitoring 1

Dari hasil pengujian Data Monitoring 1 dapat dilihat juga pada Gambar 4.16 data diolah dengan menghitung menggunakan rumus excel dengan menghitung selisih berdasarkan nomor id yang dikirim, sehingga dapat disimpulkan bahwa Dataset "Data Monitoring 1" mengalami kehilangan data sebesar 50.16%, yang menunjukkan bahwa hampir setengah dari data yang dikirim tidak berhasil disimpan dalam database. Hal ini disebabkan oleh:

- Frekuensi pengambilan data yang terlalu sering (1 menit sekali) menyebabkan beban tinggi pada server dan konflik dalam pengiriman data.
- Koneksi jaringan yang tidak stabil sehingga data tidak terkirim ke server secara konsisten.
- Terjadi buffer overflow pada mikrokontroler, yang membuat beberapa data gagal dikirim.
- Lonjakan permintaan ke server dalam waktu singkat, yang menyebabkan beberapa data gagal diproses dan disimpan dengan benar.

2. Dataset "Test Data Monitoring 2" (Interval 10 Menit)

- Jumlah ID yang seharusnya ada: 141
- Jumlah ID yang benar-benar tersimpan: 141
- Jumlah ID yang hilang: 0
- Persentase kehilangan data: 0%

| ID | Suhu | Kelembab | Waktu | Status | Data Monitoring 2 | |
|-------|-------|----------|------------------|--------|--------------------------------|----------|
| 34570 | 22.80 | 53.60 | 29/01/2025 23:52 | OK | Jumlah Total ID: | 141 Data |
| 34569 | 23.00 | 53.80 | 29/01/2025 23:42 | OK | Jumlah ID yang Hilang: | 0 Data |
| 34568 | 23.10 | 54.30 | 29/01/2025 23:32 | OK | Jumlah Total ID yang diterima: | 141 Data |
| 34567 | 23.20 | 55.20 | 29/01/2025 23:22 | OK | Persentase Kehilangan Data: | 0 % |
| 34566 | 23.40 | 56.70 | 29/01/2025 23:12 | OK | | |
| 34565 | 23.10 | 57.40 | 29/01/2025 23:02 | OK | | |
| 34564 | 22.80 | 54.70 | 29/01/2025 22:52 | OK | | |

Gambar 4.17. Raw Data Monitoring 2

Dataset "Data Monitoring 2" sesuai pada gambar 4.17 tidak mengalami kehilangan data (0%), yang menunjukkan bahwa pengambilan data setiap 10 menit memberikan waktu yang cukup bagi sistem untuk memproses, mengirim, dan menyimpan data dengan lebih andal.

Dengan jeda waktu yang lebih lama Beban server menjadi lebih ringan karena tidak ada terlalu banyak permintaan secara bersamaan serta Pengiriman data lebih stabil, karena ada cukup waktu bagi sistem untuk menangani setiap paket data sebelum paket berikutnya dikirim hal ini juga dapat Meminimalkan buffer overflow, karena sistem tidak terbebani dengan pengiriman data yang terlalu sering.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis Internet of Things (IoT) di ruang laboratorium pengujian mekanik dan chemical, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Penerapan IoT untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban
Sistem yang dirancang berhasil memantau suhu dan kelembaban secara real-time di Ruang Mechanical dan Ruang Chemical. Data dari sensor DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266 dan ESP32 diproses secara otomatis menggunakan metode logika fuzzy, menghasilkan klasifikasi kondisi ruangan yang akurat.
2. Otomatisasi Pencatatan Data
Sistem otomatisasi berhasil menggantikan metode pencatatan manual yang hanya dilakukan pada awal shift. Sistem ini memungkinkan pemantauan data secara kontinu dan konsisten, yang divisualisasikan melalui antarmuka berbasis web. Hal ini membantu pengguna mengidentifikasi tren perubahan suhu dan kelembaban secara lebih mudah dan cepat.
3. Sistem Peringatan yang Efektif
Implementasi logika fuzzy pada sistem ini memungkinkan deteksi dan klasifikasi kondisi ruangan ke dalam tiga kategori: Aman, Waspada, dan Bahaya. Sistem peringatan, yang meliputi aktivasi buzzer dan pengiriman notifikasi melalui Telegram, terbukti efektif dalam merespons perubahan suhu dan kelembaban yang melampaui batas toleransi.
 - Pengujian dengan data nyata menunjukkan respon sistem yang tepat ketika suhu atau kelembaban melampaui batas toleransi, dengan aktivasi buzzer dan pengiriman notifikasi ke Telegram.
 - Simulasi kondisi ekstrem, seperti suhu tinggi dan kelembaban basah, juga menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan peringatan yang sesuai dengan aturan yang telah ditentukan.

Hasil pengujian di Ruang Mechanical dan Ruang Chemical menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban berada dalam rentang yang stabil dan aman untuk aktivitas laboratorium. Beberapa lonjakan kelembaban yang terdeteksi pada malam hari berhasil ditangani oleh sistem dengan pemberian peringatan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem, beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut dapat diberikan sebagai berikut:

1. **Integrasi Prediksi Berbasis Machine Learning**
Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan algoritma prediksi berbasis machine learning untuk mendeteksi potensi kondisi kritis sebelum terjadi. Hal ini dapat membantu pengguna mengambil tindakan preventif yang lebih awal.
2. **Optimalisasi Sistem Pendingin atau Ventilasi**
Berdasarkan data pengujian, Ruang Mekanik menunjukkan fluktuasi suhu yang lebih signifikan dibandingkan Ruang Kimia. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan optimasi sistem pendingin atau ventilasi untuk menjaga kestabilan suhu serta kelembaban di ruangan tersebut.
3. **Pengembangan Antarmuka Pengguna (UI):** Meskipun notifikasi dikirim melalui Telegram, Pengembangan antarmuka web yang lebih interaktif dan informatif disarankan untuk mempermudah pengguna dalam memantau kondisi lingkungan. Fitur seperti peringatan warna, analisis tren data, dan laporan otomatis dapat ditambahkan.
4. **Integrasi dengan Sistem Manajemen Laboratorium :** Pengembangan Sistem ini mungkin dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen laboratorium yang lebih besar untuk memudahkan pengelolaan data lingkungan, jadwal pengujian, dan laporan secara otomatis.
5. **Peningkatan Stabilitas Sistem IoT**
Penggunaan server cloud dengan kecepatan tinggi dapat menjadi solusi untuk meningkatkan stabilitas sistem, terutama pada kondisi di mana koneksi internet di lokasi laboratorium tidak stabil.

Dengan saran-saran tersebut, sistem pemantauan dapat dikembangkan menjadi lebih canggih, efisien, dan mampu memenuhi kebutuhan laboratorium modern secara lebih baik. Integrasi teknologi IoT dengan fitur tambahan juga akan meningkatkan nilai guna sistem ini dalam berbagai aplikasi lainnya di masa depan.

Daftar Pustaka

- [1]. ISO/IEC 17025:2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization, 2017.
- [2]. Smith, J., et al. "Internet of Things (IoT) Applications in Industrial Environments: A Review." *Journal of Industrial Technology*, vol. 25, no. 2, 2020, pp. 45-62.
- [3]. Jones, E., & Brown, K. "Implementation of IoT Solutions for Environmental Monitoring in Laboratories." *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Applications*, 2019, pp. 112-125.
- [4]. Abraham Heksa Martin, Hartono Pranjoto, Rasional Sitepu. "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Lingkungan Berbasis IoT dan Listrik Tenaga Surya". *Widya Teknik*. 2019
- [5]. Wang, L., et al. "IoT-Based Solutions for Real-time Environmental Monitoring in Laboratories." *Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 30, no. 4, 2021, pp. 112-125.
- [6]. Rizki Fauzi, M. "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT pada Ruang Server". *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. 2022
- [7]. Li, C., et al. "Monitoring and Management of Environmental Parameters in Laboratories Using IoT Technology." *Journal of Chemical Engineering*, vol. 15, no. 3, 2021, pp. 78-92
- [8]. Espressif Systems. "ESP32 Development Board." Available online: <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/> [Accessed: March 18, 2024]
- [9]. DHT22 Datasheet. Available online: [<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>] [Accessed: March 18, 2024].
- [10]. Oled SSD1306 Datasheet. Available online: [<https://www.datasheethub.com/ssd1306-128x64-mono-0-96-inch-i2c-oled-display/#:~:text=They%20are%20commonly%20used>] [Accessed: January 22, 2025].
- [11]. Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy Sets*. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- [12]. Mamdani, E. H. (1975). *Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant*. *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, 121(12), 1585-1588.

Biodata



Nama : Dio Imron Yusfi
TTL : 18 Mei 1998
Agama : Islam
Alamat : Cendana Thp 1 Batam
Kepulauan Riau, Indonesia
Email : dioimron@gmail.com
Riwayat Pendidikan D3 : Politeknik Negeri Batam
SMK : SMKN 1 Batam