

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kualitas udara di ruang tertutup sangat memengaruhi kesehatan dan keselamatan manusia, terutama dalam aktivitas harian seperti bekerja, belajar, atau beristirahat. Dalam kondisi ruang tertutup yang minim ventilasi, kandungan gas penting seperti oksigen (O₂) cenderung menurun, sementara karbon dioksida (CO₂) mengalami peningkatan akibat aktivitas pernapasan manusia (Damayanti et al., 2022) (Sanga et al., 2020). Penurunan kadar oksigen di bawah 19,5% atau melebihi 23,5% dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan penurunan fungsi organ (U.S. Department of Labor, 1994), sementara paparan CO₂ di atas 1500 ppm telah terbukti dapat meningkatkan tekanan darah (Azuma et al., 2018). Oleh karena itu, pemantauan dua parameter ini menjadi krusial untuk menjaga kualitas udara dalam ruang tertutup.

Penelitian sebelumnya menyoroti bahwa kondisi kadar gas di ruang tertutup sering kali berubah secara dinamis, terutama jika tidak ada sistem pemantauan yang mampu mendeteksi secara real-time (Dahlan Permana et al., 2020). Kondisi ini diperparah dengan absennya ventilasi alami atau sistem sirkulasi udara yang memadai. Di lingkungan kerja, laboratorium, bahkan rumah sakit, fluktuasi kadar O₂ dan CO₂ menjadi masalah serius karena berpotensi menyebabkan risiko jangka pendek maupun jangka panjang terhadap manusia (Martin et al., 2017) (U.S. Department of Labor, 1994).

Sayangnya, kebanyakan sistem pemantauan gas yang tersedia masih bersifat manual atau menggunakan alarm sederhana tanpa klasifikasi yang jelas. Sistem seperti ini belum mampu memberikan informasi yang bersifat diagnostik terhadap kondisi udara, misalnya apakah status udara masih dalam kategori normal, tidak normal, atau berbahaya (Bobby Agung Prasetyo, 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan sistem klasifikasi yang lebih adaptif untuk menangani ambiguitas data sensor, yang sering kali tidak bersifat tegas dalam batas atas maupun bawahnya.

Sebagai solusi, digunakan pendekatan Fuzzy Logic Tsukamoto karena metode ini mampu menangani data numerik yang ambigu dan memetakan nilai sensor ke dalam kategori linguistic (Huang et al., 2013). Fuzzy Tsukamoto efektif digunakan dalam sistem klasifikasi lingkungan karena mampu menghasilkan output yang lebih deskriptif dan operasional, dibandingkan metode biner konvensional (Khoirun Nisa et al., 2020) (Sari et al., 2016).

Dalam penelitian ini, dirancang sebuah sistem monitoring kadar gas oksigen dan karbon dioksida menggunakan sensor berbasis elektrokimia, dengan pemrosesan data dilakukan secara lokal melalui mikrokontroler. Data sensor diproses dengan metode Fuzzy Logic Tsukamoto untuk menghasilkan output klasifikasi kadar gas secara real-time. Sistem ini tidak hanya memonitor kondisi udara, namun juga memberikan informasi klasifikasi yang dapat digunakan pengguna untuk mengambil keputusan yang tepat demi menjaga keselamatan dan kenyamanan lingkungan (Fuad et al., 2023) (Administrator, 2021).

1.2. Rumusan Masalah

- Bagaimana cara untuk monitoring dan klasifikasi kadar O₂ dan CO₂ di lingkungan indoor dan outdoor?
- Bagaimana mengintegrasikan sensor O₂ dan CO₂, ESP32, metode Fuzzy Tsukamoto, dan sistem IoT agar dapat bekerja dengan baik?

1.3. Tujuan Penelitian

- Membangun sistem monitoring dan klasifikasi untuk mengukur kadar gas oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂) yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32.
- Menerapkan Fuzzy Logic Tsukamoto untuk klasifikasi kadar gas secara real-time, mengubah data sensor menjadi output berupa status klasifikasi udara: normal, tidak normal, atau bahaya.
- Menguji sensor O₂ dan CO₂ yang digunakan dalam sistem untuk memastikan bahwa sensor mampu menghasilkan data yang akurat dan

sesuai dengan rentang kadar gas yang telah ditentukan, yaitu 19,5%–23% untuk oksigen dan 0–1500 ppm untuk karbon dioksida.

1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan guna menjaga fokus dan ruang lingkup tetap sesuai dengan tujuan. Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- Penelitian ini hanya memantau dua parameter utama kualitas udara, yaitu kadar gas oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂).
- Rentang pengukuran kadar O₂ dibatasi antara 19,5% hingga 23,5%, yang mengacu pada rentang aman bagi manusia menurut standar OSHA.
- Batas aman kadar CO₂ yang dijadikan acuan adalah kurang dari 1500 ppm, sebagaimana disebutkan dalam referensi kesehatan lingkungan (Frederick H. Kohloss, 2001).
- Pengambilan data dilakukan di dua lokasi berbeda, yaitu:
 - Indoor: Laboratorium Smart Automation Telkom University Surabaya
 - Outdoor: Area parkir Telkom University Surabaya
- Penelitian ini tidak memperhitungkan pengaruh suhu, kelembaban, atau faktor eksternal lainnya terhadap pembacaan sensor.
- Sistem hanya berfungsi sebagai alat monitoring dan klasifikasi kualitas udara, tanpa dilengkapi fitur tindakan otomatis seperti aktivasi exhaust fan atau sistem peringatan berbasis aktuator.

1.5. Manfaat Penelitian

- Sebagai referensi pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT, khususnya dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kadar oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂) secara real-time.
- Memberikan kontribusi terhadap penerapan metode Fuzzy Logic Tsukamoto, khususnya dalam proses klasifikasi kondisi udara untuk sistem monitoring lingkungan yang fleksibel dan adaptif.

- Menjadi solusi awal dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kualitas udara, terutama bagi pengguna di lingkungan tertutup yang berisiko mengalami paparan gas secara tidak disadari.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan skripsi ini terdiri atas enam bab utama yang disusun secara sistematis dan runtut. Bab I Pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II Landasan Teori memuat teori-teori dasar dan penelitian terdahulu yang relevan, termasuk uraian mengenai sensor, mikrokontroler, logika fuzzy Tsukamoto, dan konsep Internet of Things (IoT). Bab III Metodologi Penelitian menjelaskan tahapan pelaksanaan penelitian mulai dari alat dan bahan, prosedur, tahap kalibrasi dan pengujian, hingga implementasi fuzzy logic Tsukamoto dalam bentuk tahapan fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data memaparkan proses pengumpulan data dari sensor O₂ dan CO₂, serta pengolahan data menggunakan metode fuzzy dan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Bab V Analisis dan Pembahasan berisi tentang validasi dan analisis hasil sistem yang telah dikembangkan berdasarkan data yang diperoleh. Terakhir, Bab VI Kesimpulan dan Saran menyampaikan kesimpulan dari hasil penelitian serta memberikan saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut di masa mendatang.