BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara dalam ruangan menjadi salah satu isu krusial di era modern, mengingat sebagian besar aktivitas manusia berlangsung dalam ruang tertutup. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa paparan terhadap udara yang terkontaminasi di dalam ruangan dapat memicu berbagai gangguan kesehatan, mulai dari masalah pernapasan hingga penyakit kardiovaskular. Di Indonesia, data dari Kementerian Kesehatan menunjukkan bahwa masih banyak masyarakat yang kurang menyadari ancaman polusi udara dalam ruangan, baik yang berasal dari asap rokok, bahan kimia rumah tangga, maupun sistem ventilasi yang tidak optimal. Pemanfaatan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) mulai diperkenalkan sebagai solusi untuk memantau kualitas udara secara real-time, sehingga memungkinkan individu mengambil langkah preventif lebih dini.

Peningkatan kesadaran terhadap pentingnya kualitas udara dalam ruangan tidak terlepas dari dampaknya terhadap kesehatan dan produktivitas manusia. Penelitian yang dilakukan oleh (Awang et al., 2021) menemukan bahwa lingkungan dengan kualitas udara buruk dapat mengurangi produktivitas kerja hingga 10–15%. Selain itu, riset yang dilakukan oleh (Huang et al., 2020) menunjukkan bahwa paparan polutan udara dalam ruangan dalam jangka panjang, seperti karbon monoksida (CO) dan formaldehida, berkontribusi terhadap peningkatan risiko gangguan pernapasan kronis. Studi lain dari (Rahmawati & Khairina, 2021) juga menyoroti bahwa kualitas udara yang tidak optimal dapat memengaruhi konsentrasi, meningkatkan tingkat kelelahan, serta menurunkan kinerja kognitif seseorang. Dengan demikian, pemahaman

mengenai pentingnya menjaga kualitas udara dalam ruangan semakin berkembang di tengah masyarakat.

Kemajuan teknologi telah memungkinkan integrasi sistem pemantauan berbasis IoT dalam pengelolaan kualitas udara dalam ruangan. Penelitian oleh (Li et al., 2023) mengindikasikan bahwa teknologi IoT mampu mendeteksi parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan konsentrasi polutan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini memberikan alternatif yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional yang umumnya masih bergantung pada intervensi manual. Studi terbaru oleh (Kim et al., 2022) mengungkapkan bahwa perangkat berbasis IoT tidak hanya dapat mengumpulkan data secara real-time, tetapi juga berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan terkait pengelolaan udara dalam ruangan. Temuan dari (Maharani & Aryanta, 2023) menguatkan bahwa terdapat korelasi signifikan antara paparan polutan udara dalam jangka panjang dengan peningkatan risiko penyakit pernapasan kronis.

Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap kualitas udara dalam ruangan didukung oleh berbagai kampanye dan program edukasi yang dilakukan oleh lembaga kesehatan. Misalnya, Environmental Protection Agency (EPA) di Amerika Serikat mengedukasi masyarakat mengenai ancaman polusi udara dalam ruangan dan sumber-sumber pencemarannya, seperti asap rokok, bahan kimia rumah tangga, serta polutan eksternal yang masuk melalui sistem ventilasi. Di Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan juga telah menjalankan program serupa untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya ventilasi yang baik dan penggunaan alat deteksi kualitas udara.

Data dari WHO mencatat bahwa lebih dari 4 juta orang meninggal setiap tahunnya akibat paparan polusi udara dalam ruangan, dengan sebagian besar kasus terjadi di negara berkembang. Menurut (Chen et al., 2019), angka ini menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat

mengenai pentingnya kualitas udara dalam ruangan masih belum merata secara global, termasuk di Indonesia. Studi oleh (Tarra Zettira & Ririh Yudhastuti, 2022) menyoroti bahwa meskipun tingkat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kualitas udara semakin meningkat, edukasi lebih lanjut tetap diperlukan untuk memastikan bahwa individu memahami cara yang efektif dalam menjaga kualitas udara di lingkungan tertutup. Para peneliti menyarankan bahwa pengembangan teknologi deteksi yang mudah diakses oleh masyarakat dapat menjadi langkah awal yang penting untuk mengatasi permasalahan ini.

Secara keseluruhan, isu kualitas udara dalam ruangan memiliki relevansi baik dalam konteks global maupun lokal, khususnya dalam mendukung kesehatan masyarakat. Dengan hadirnya teknologi berbasis IoT, terdapat peluang besar untuk meningkatkan pemantauan kualitas udara secara lebih efisien. Sinergi antara pemerintah, institusi akademik, dan industri teknologi diperlukan guna mendorong implementasi sistem pemantauan yang dapat diakses oleh masyarakat luas. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan solusi berbasis IoT yang lebih adaptif dan akurat dalam mendukung upaya perbaikan kualitas udara dalam ruangan.

Salah satu tantangan utama dalam pemantauan kualitas udara dalam ruangan adalah keterbatasan sistem konvensional dalam menyediakan hasil yang akurat dan relevan terhadap kondisi yang dinamis. Banyak sistem pemantauan yang masih mengandalkan ambang batas tetap (threshold) tanpa mempertimbangkan interaksi kompleks antara berbagai parameter lingkungan seperti konsentrasi polutan, suhu, dan kelembapan. Penelitian oleh (Zhang et al., 2020) menunjukkan bahwa penggunaan threshold statis sering kali tidak dapat merepresentasikan kondisi udara secara real-time secara optimal.

Kendala lain yang signifikan adalah rendahnya tingkat aksesibilitas terhadap teknologi pemantauan kualitas udara yang terjangkau. Berdasarkan penelitian (Gupta et al., 2021), sebagian besar perangkat pemantauan yang tersedia di pasaran memiliki harga yang

cukup tinggi, sehingga hanya dapat dijangkau oleh segmen masyarakat tertentu. Kondisi ini menciptakan ketimpangan dalam akses terhadap informasi kualitas udara, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Oleh karena itu, para peneliti menekankan pentingnya pengembangan teknologi yang lebih inklusif dan mudah diakses guna menjembatani kesenjangan ini.

Selain tantangan teknis, masih terdapat hambatan dalam pemahaman data yang dihasilkan oleh sistem pemantauan udara. Studi oleh (Lee et al., 2022) mengungkapkan bahwa sebagian besar pengguna tidak memiliki pengetahuan yang cukup untuk menafsirkan data kualitas udara yang kompleks. Kurangnya pemahaman ini dapat mengurangi efektivitas sistem pemantauan, karena pengguna mungkin tidak mampu mengambil tindakan yang sesuai berdasarkan informasi yang diperoleh. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan desain antarmuka yang lebih intuitif dan ramah pengguna dalam sistem pemantauan kualitas udara.

Kurangnya integrasi antara teknologi IoT dengan pendekatan analisis yang lebih adaptif menjadi tantangan lain dalam pengembangan sistem pemantauan udara. Penelitian oleh (Singh et al., 2023) menunjukkan bahwa meskipun teknologi IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time, tanpa analisis yang tepat, data tersebut hanya bersifat informatif tanpa memberikan solusi konkret. Implementasi algoritma seperti Fuzzy Logic dapat menjadi alternatif untuk mengatasi keterbatasan ini, meskipun penerapannya dalam aplikasi komersial masih terbatas.

Tantangan lainnya mencakup aspek regulasi dan standar yang belum seragam dalam implementasi teknologi pemantauan kualitas udara. Dalam konteks Indonesia, penelitian oleh (Rahman et al., 2020) menunjukkan bahwa belum adanya standar nasional yang mengatur spesifikasi serta penggunaan perangkat pemantauan kualitas udara menyebabkan ketidakkonsistenan dalam hasil pengukuran. Oleh karena

itu, diperlukan kolaborasi antara pemerintah dan sektor industri guna mengembangkan standar yang dapat diterapkan secara luas.

Sebagai kesimpulan, masih terdapat berbagai tantangan dalam teknologi pemantauan kualitas udara dalam ruangan, baik dari segi teknis, aksesibilitas, pemahaman data, hingga regulasi. Untuk menjawab tantangan ini, dibutuhkan pendekatan multidisiplin yang mencakup pengembangan teknologi, edukasi pengguna, serta kebijakan yang mendukung penerapan sistem pemantauan secara lebih luas. Dengan mengatasi hambatan-hambatan tersebut, diharapkan kualitas udara dalam ruangan dapat dipantau secara lebih efektif guna mendukung kesehatan dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

1.2 Identifikasi Masalah

Dalam penelitian mengenai sistem pendeteksi kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT dengan algoritma fuzzy logic dan threshold, diperlukan identifikasi masalah yang jelas untuk memastikan relevansi dan fokus penelitian. Salah satu permasalahan utama adalah tingginya tingkat polusi udara di dalam ruangan akibat akumulasi partikulat dan gas berbahaya, seperti PM2.5, karbon dioksida (CO_2), dan senyawa organik volatil (VOC). Studi oleh (Zhang et al. 2023) menunjukkan bahwa kualitas udara dalam ruangan yang buruk dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti asma dan gangguan pernapasan kronis, terutama di daerah urban dengan ventilasi yang tidak memadai. Meskipun terdapat teknologi monitoring udara, banyak yang kurang memberikan hasil akurat secara real-time atau sulit diakses oleh masyarakat umum.

Pembatasan dalam penelitian ini mencakup fokus pada lingkungan dalam ruangan tertentu, seperti perkantoran, rumah tinggal, dan ruang publik tertutup lainnya. Lingkup ini dipilih karena ruangan-ruangan tersebut seringkali menjadi tempat aktivitas manusia yang intens dan memiliki risiko tinggi terhadap paparan polutan. Penelitian oleh (Kumar et al. 2021)

menyoroti bahwa sistem monitoring udara yang efektif harus mempertimbangkan kondisi spesifik lingkungan, seperti ventilasi, jumlah penghuni, dan sumber polutan. Penelitian ini tidak mencakup analisis kualitas udara di ruang terbuka atau daerah industri besar.

Identifikasi masalah juga melibatkan kendala teknis dalam integrasi algoritma fuzzy logic dan threshold pada sistem berbasis IoT. Sebagian besar sistem IoT saat ini mengalami keterbatasan dalam pemrosesan data secara efisien karena jumlah data yang besar dan kompleksitas algoritma. Menurut (Ahmed et al. 2023), pengembangan algoritma yang ringan namun tetap presisi menjadi tantangan utama dalam penerapan sistem pemantauan berbasis IoT. Oleh karena itu, penelitian ini membatasi analisis pada penerapan algoritma dengan parameter utama yang relevan, seperti suhu, kelembapan, dan konsentrasi polutan.

Aspek lain dari pembatasan masalah adalah penyesuaian sistem dengan perangkat keras yang tersedia di pasar. Tidak semua perangkat IoT memiliki kompatibilitas atau kemampuan yang memadai untuk mendukung algoritma kompleks seperti fuzzy logic. (Li et al. 2022) mencatat bahwa optimalisasi perangkat keras merupakan salah satu faktor krusial dalam keberhasilan sistem IoT. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perangkat IoT dengan spesifikasi tertentu yang mampu mendukung pengolahan data real-time dan algoritma fuzzy logic.

Keterbatasan dalam pengujian sistem pada berbagai skenario lingkungan. Lingkup penelitian ini dibatasi pada pengujian di lingkungan yang telah ditentukan dengan kondisi parameter yang terukur. Sebagaimana dinyatakan oleh (Singh et al. 2023), pengujian di lingkungan yang terlalu beragam dapat meningkatkan variabilitas hasil, sehingga mempersulit validasi sistem. Dengan demikian, pengujian dilakukan secara sistematis pada kondisi yang telah ditetapkan untuk memastikan validitas data yang dihasilkan.

Pembatasan lain mencakup aspek ekonomi dan ketersediaan data. Implementasi sistem IoT dengan algoritma fuzzy logic seringkali

memerlukan biaya awal yang tinggi, terutama untuk perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak. Penelitian oleh (Zhao et al. 2023) menyoroti bahwa keberlanjutan sistem IoT membutuhkan model bisnis yang mendukung untuk meningkatkan adopsi teknologi ini. Oleh karena itu, penelitian ini tidak membahas aspek ekonomi secara mendalam, melainkan berfokus pada desain teknis dan implementasi algoritma.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendesain sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT yang dapat mengintegrasikan algoritma fuzzy logic untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan?
2. Apa saja parameter kualitas udara yang relevan untuk dimonitor dalam ruangan, dan bagaimana cara menentukan ambang batasnya menggunakan pendekatan berbasis threshold?
3. Bagaimana algoritma fuzzy logic dapat diterapkan untuk mengolah data kualitas udara secara dinamis dan memberikan hasil yang dapat diandalkan?
4. Bagaimana sistem ini dapat diimplementasikan secara efektif sehingga mudah dioperasikan oleh berbagai kalangan pengguna?
5. Bagaimana sistem pemantauan ini dapat memberikan kontribusi terhadap upaya mitigasi polusi udara dalam ruangan dan meningkatkan kualitas hidup penghuni?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT yang mengintegrasikan algoritma fuzzy logic untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan.
2. Mengidentifikasi parameter kualitas udara yang relevan untuk dimonitor dalam ruangan serta menentukan ambang batasnya menggunakan pendekatan berbasis threshold.

3. Menganalisis penerapan algoritma fuzzy logic dalam pengolahan data kualitas udara untuk menghasilkan informasi yang dinamis dan dapat diandalkan.
4. Mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara yang mudah dioperasikan oleh berbagai kalangan pengguna untuk memaksimalkan efektivitas penggunaannya.
5. Menilai kontribusi sistem ini terhadap upaya mitigasi polusi udara dalam ruangan serta dampaknya terhadap peningkatan kualitas hidup penghuni.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menyediakan referensi ilmiah bagi pengembangan metode berbasis IoT dan algoritma fuzzy logic dalam pemantauan kualitas udara dalam ruangan.
2. Memberikan kontribusi terhadap literatur ilmiah terkait pengelolaan kualitas udara dengan teknologi cerdas.
3. Mempermudah masyarakat dalam mendeteksi kondisi udara yang tidak sehat sehingga dapat mengambil tindakan pencegahan yang tepat.
4. Mendukung penyusunan regulasi dan kebijakan terkait pengelolaan kualitas udara dalam ruangan, terutama di area perkotaan.
5. Mendorong pengembangan standar teknologi dalam pengelolaan kualitas udara berbasis IoT untuk keperluan kesehatan publik.
6. Memberikan data dan analisis yang relevan untuk pengambilan keputusan dalam mitigasi dampak polusi udara.

UNIVERSITAS NASIONAL