

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Udara adalah campuran gas yang sangat berharga bagi kehidupan sehingga kualitasnya membutuhkan pemeliharaan supaya tetap bersih dan terhindar dari zat pencemar yang dapat membahayakan kesehatan manusia maupun lingkungan [1, 2]. Pemantauan kualitas udara umumnya dilakukan berdasarkan konsentrasi polutan di udara, seperti partikel halus $PM_{2.5}$ dan gas karbon dioksida (CO_2). Selain parameter tersebut, suhu udara dan kelembapan juga sering diukur sebagai parameter pendukung untuk menggambarkan kondisi lingkungan selama proses pemantauan. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan, kualitas udara, dan tingkat kenyamanan termal pada suatu lokasi [3]. Penurunan kualitas udara dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan, seperti gangguan sistem pernapasan, penyakit kardiovaskular, serta penurunan kualitas lingkungan hidup [4].

Pencemaran udara merupakan salah satu isu lingkungan yang semakin meningkat, terutama di kawasan perkotaan dengan intensitas aktivitas manusia yang tinggi. Berdasarkan data IQAir pada 2 April 2026, wilayah Serpong menunjukkan indeks kualitas udara sebesar 153 dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai $59 \mu g/m^3$, yang tergolong dalam kategori tidak sehat [5]. Kondisi ini mengindikasikan bahwa masyarakat berisiko terpapar polusi udara pada tingkat yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan, khususnya pada kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan individu dengan gangguan pernapasan. Tingginya tingkat pencemaran udara di wilayah perkotaan umumnya disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, serta kepadatan populasi [6].

Permasalahan pencemaran udara juga menjadi perhatian masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Aktivitas seperti pembakaran sampah, kebiasaan merokok di ruang terbuka, serta emisi kendaraan bermotor yang tidak terawat sering dijumpai pada pagi hari ketika masyarakat berangkat menuju tempat kerja atau beraktivitas. Kondisi tersebut menyebabkan masyarakat berpotensi menghirup udara yang telah tercemar tanpa mengetahui tingkat kualitas udara di lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau kualitas udara secara *real-time* sehingga masyarakat dapat memperoleh informasi mengenai kondisi

kualitas udara pada lokasi tertentu. Ketersediaan informasi tersebut diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas udara serta mendorong upaya untuk mengurangi sumber-sumber pencemaran udara.

Sebelum berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), pemantauan kualitas udara umumnya dilakukan menggunakan metode konvensional melalui pengambilan sampel dan analisis laboratorium yang memerlukan waktu relatif lama serta tidak dapat memberikan informasi secara *real-time*. Selain itu, metode tersebut memiliki keterbatasan dalam cakupan wilayah pemantauan dan kurang fleksibel untuk diterapkan pada banyak lokasi secara bersamaan [7]. Perkembangan teknologi IoT memungkinkan perangkat sensor terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu melakukan pengambilan, pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data secara otomatis serta *real-time* [8, 9]. Pemanfaatan teknologi sensor dalam sistem *Internet of Things* (IoT) telah diterapkan pada berbagai bidang, seperti pemantauan kualitas udara, deteksi gas berbahaya, deteksi asap rokok, serta sistem peringatan dini kebakaran [10, 11].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT telah banyak dikembangkan. Penelitian oleh A. Dimyati et al. menggunakan sensor MQ-135 dan PMS5003 yang terintegrasi dengan ESP32 untuk menampilkan data kualitas udara secara *real-time* melalui aplikasi Android [3]. Sementara itu, penelitian oleh D. Santoso et al. menggunakan sensor PMS7003 dan DHT untuk melakukan pemantauan kualitas udara pada beberapa titik lokasi dengan visualisasi data melalui platform ThingSpeak [12]. Meskipun mampu melakukan pemantauan secara *real-time*, kedua penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada aspek visualisasi data dan aksesibilitas sistem. Visualisasi data masih bergantung pada platform tertentu, sedangkan pemetaan lokasi sensor secara interaktif belum dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung analisis kondisi kualitas udara berdasarkan lokasi pengukuran.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terdapat *research gap*, yaitu belum banyak penelitian yang mengintegrasikan pemantauan kualitas udara secara *real-time*, visualisasi berbasis web, serta pemetaan lokasi sensor secara interaktif dalam satu platform. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor MQ-135, PMS7003, dan DHT22 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data hasil pengukuran disimpan ke dalam basis data MongoDB dan divisualisasikan melalui website secara *real-time*. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur pemetaan lokasi sensor sehingga informasi kualitas udara dapat disajikan secara lebih informatif dan

interaktif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pemantauan dan deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan pengambilan, pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data secara *real-time*?
2. Bagaimana implementasi sensor MQ-135, DHT22, dan PMS7003 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 untuk memantau parameter kualitas udara?
3. Bagaimana mengolah dan memvisualisasikan data hasil pengukuran sensor sehingga dapat disajikan dalam bentuk informasi yang informatif, mudah dipahami, dan dapat diakses melalui website?

1.3 Batasan Permasalahan

Agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas dari tujuan yang telah ditetapkan, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan memantau parameter kualitas udara yang meliputi estimasi konsentrasi CO₂ menggunakan sensor MQ-135, suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT22, serta konsentrasi partikel PM_{1.0}, PM_{2.5}, dan PM_{10.0} menggunakan sensor PMS7003.
2. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama dan komunikasi data dilakukan melalui protokol MQTT menggunakan jaringan internet.
3. Sistem difokuskan pada proses pengambilan, pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data kualitas udara secara *real-time* melalui website.
4. Sistem tidak menyediakan fitur visualisasi riwayat data berdasarkan rentang waktu tertentu.

5. Sistem tidak menyediakan fitur notifikasi atau peringatan otomatis ketika nilai parameter kualitas udara melebihi ambang batas yang ditentukan.
6. Sistem tidak menerapkan metode *machine learning* untuk analisis maupun prediksi kualitas udara.
7. Pengujian dan pengambilan data dilakukan di lingkungan Universitas Multimedia Nusantara (UMN) pada lokasi pengamatan yang telah ditentukan dalam penelitian.
8. Pengujian sistem dibatasi pada pengujian fungsional yang meliputi pembacaan data sensor, pengiriman data melalui *Message Queuing Telemetry Transport*(MQTT) penyimpanan data ke MongoDB Atlas, dan visualisasi data pada website.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem pemantauan dan deteksi kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan pengambilan, pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data secara *real-time*.
2. Mengimplementasikan sensor MQ-135, DHT22, dan PMS7003 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 untuk memperoleh data kualitas udara, suhu, dan kelembapan secara *real-time*.
3. Membangun website yang mampu menampilkan informasi kualitas udara dan lokasi pengukuran secara *real-time* dalam bentuk visualisasi data dan peta interaktif yang informatif.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menyajikan data kualitas udara, suhu, dan

kelembapan secara *real-time* melalui dashboard berbasis web yang informatif serta mudah digunakan.

2. Membantu masyarakat meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas udara di lingkungan sekitar, sehingga dapat mendorong upaya menjaga dan memelihara lingkungan serta mengambil tindakan yang tepat berdasarkan informasi kualitas udara yang tersedia.
3. Menjadi referensi dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT), khususnya yang mengintegrasikan sensor lingkungan, penyimpanan data, visualisasi berbasis web, dan pemetaan lokasi pengukuran.

1.6 Sistematika Penulisan

Berisi uraian singkat mengenai struktur penulisan laporan penelitian yang disusun secara sistematis, mulai dari pendahuluan hingga simpulan dan saran.

Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut:

- Bab 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan pendahuluan penelitian yang meliputi latar belakang mengenai kualitas udara, parameter-parameter yang memengaruhi kualitas udara, dampak pencemaran udara terhadap kesehatan dan lingkungan, kondisi kualitas udara, urgensi penelitian, penelitian terdahulu, *research gap*, serta gambaran singkat mengenai sistem yang dikembangkan. Selain itu, bab ini juga memuat rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

- Bab 2 LANDASAN TEORI

Bab ini membahas landasan teori yang digunakan sebagai dasar penelitian, meliputi konsep dasar sistem pemantauan kualitas udara, Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan kualitas udara, mikrokontroler ESP32, sensor MQ-135 beserta proses kalibrasinya, sensor PMS7003, sensor DHT22, protokol MQTT, basis data MongoDB, serta hasil *Systematic Literature Review* (SLR) yang digunakan untuk mengidentifikasi perkembangan penelitian terdahulu dan menentukan posisi penelitian yang dilakukan.

- Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang diterapkan, meliputi lokasi dan waktu pengambilan data, studi literatur, identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak beserta estimasi biaya, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi basis data MongoDB, implementasi komunikasi MQTT menggunakan HiveMQ, pembangunan website menggunakan Node.js sebagai *MQTT Bridge*, implementasi sistem secara keseluruhan, struktur data yang digunakan pada MongoDB, serta metode pengujian sistem.

- Bab 4 HASIL DAN DISKUSI

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah dikembangkan. Pembahasan meliputi hasil pembuatan prototipe perangkat, pengujian konektivitas ESP32 terhadap jaringan WiFi, pengiriman data sensor ke MQTT Broker, penyimpanan data pada MongoDB melalui Node.js sebagai *MQTT Bridge*, proses kalibrasi sensor MQ-135, implementasi sistem di Gedung C dan Gedung D lantai 1 Universitas Multimedia Nusantara, hasil pengukuran kualitas udara, visualisasi data pada website, serta evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

- Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT). Selain itu, bab ini memuat saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, seperti penggunaan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, pengembangan fitur visualisasi data historis dan notifikasi pada website, serta penerapan metode *machine learning* untuk analisis maupun prediksi kualitas udara.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A