

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara di wilayah perkotaan merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh langsung terhadap kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan. Menurut *World Health Organization* (WHO), polusi udara bertanggung jawab terhadap lebih dari 4,2 juta kematian dini setiap tahunnya di seluruh dunia [1]. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Indonesia melaporkan bahwa kualitas udara di beberapa kota besar masih berada pada kategori tidak sehat, terutama akibat peningkatan emisi kendaraan bermotor dan aktivitas industri [2].

Yogyakarta sebagai salah satu pusat pendidikan, pariwisata, dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, menghadapi tantangan serupa. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta, konsentrasi polutan partikulat (PM_{2.5}) seringkali melampaui nilai ambang batas WHO, terutama pada jam-jam sibuk lalu lintas [3]. Tingginya jumlah kendaraan bermotor yang mencapai lebih dari 1,7 juta unit pada tahun 2023 juga menjadi penyumbang signifikan terhadap penurunan kualitas udara di kota ini [4].

Metode pemantauan kualitas udara yang ada saat ini umumnya masih terbatas pada stasiun pemantauan tetap milik pemerintah. Stasiun tersebut memiliki kelemahan antara lain jumlahnya terbatas, biaya pemasangan dan perawatan yang tinggi, serta kurang mampu memberikan data secara real-time dan tersebar di berbagai titik [5]. Akibatnya, masyarakat maupun pemerintah daerah kesulitan dalam mendapatkan informasi kualitas udara yang akurat dan dinamis, sehingga tindakan preventif seringkali terlambat dilakukan.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang baru dalam pemantauan kualitas udara yang lebih fleksibel, terjangkau, dan real-time. Dengan memanfaatkan sensor, mikrokontroler, dan koneksi internet, sistem pemantauan dapat dirancang modular serta ditempatkan di berbagai lokasi. Data

yang diperoleh dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola fluktuasi polusi dan memberikan peringatan dini ketika kualitas udara menurun [6].

Penggunaan mikrokontroler ESP32 dan sensor BME680 pada penelitian ini dapat menjadi solusi yang menjanjikan. ESP32 memiliki kemampuan komunikasi Wi-Fi dan Bluetooth dengan konsumsi daya rendah, sedangkan BME680 mampu mengukur suhu, kelembaban, tekanan udara, serta kualitas udara (VOC/AQI) secara bersamaan [7]. Kombinasi keduanya memungkinkan dibangunnya sistem monitoring udara yang efisien, real-time, serta dilengkapi dengan notifikasi audio melalui buzzer dan notifikasi visual melalui LCD, sehingga masyarakat dapat segera merespons terhadap kondisi udara di sekitarnya.

Penelitian ini berfokus pada implementasi sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor BME680 di lingkungan perkotaan Yogyakarta. Sistem ini diharapkan mampu menjawab keterbatasan metode konvensional serta memberikan kontribusi bagi upaya mitigasi polusi udara di tingkat lokal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan sensor BME680 dan mikrokontroler ESP32 yang mampu mengumpulkan data secara real-time selama satu hari penuh di berbagai jam tertentu di wilayah perkotaan Yogyakarta?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan sensor BME680 dan mikrokontroler ESP32 yang mampu mengumpulkan data secara real-time selama satu hari penuh di berbagai jam tertentu di wilayah perkotaan Yogyakarta?
3. Bagaimana sistem dapat menampilkan data kualitas udara secara langsung melalui layar LCD sebagai notifikasi visual di lokasi pengukuran?
4. Bagaimana cara menyajikan data kualitas udara yang dikumpulkan melalui web localhost untuk pemantauan jarak jauh dan analisis lebih lanjut?

5. Bagaimana sistem dapat memberikan notifikasi audio melalui buzzer alarm saat tingkat polusi udara melebihi ambang batas yang ditetapkan?

1.3 Batasan Masalah

1. Lokasi: Penelitian ini terbatas pada studi kasus di lingkungan tertentu di Yogyakarta, dan tidak mencakup seluruh area geografis Kota Yogyakarta.
2. Perangkat Keras: Sistem pemantauan hanya menggunakan ESP32, sensor BME680, *buzzer* alarm, dan LCD sebagai komponen utama. Sensor tambahan atau jenis mikrokontroler lain tidak digunakan.
3. Parameter yang diukur: Data yang dikumpulkan dan dianalisis terbatas pada parameter yang dapat diukur oleh sensor BME680, yaitu suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kadar gas (Indeks Kualitas Udara atau AQI). Konsentrasi Partikulat Matter (PM2.5/PM10) dan jenis gas spesifik lainnya tidak menjadi fokus utama penelitian ini.
4. Analisis Data: Analisis data hanya mencakup visualisasi dasar dan identifikasi pola fluktuasi harian. Analisis statistik lanjutan yang kompleks, seperti regresi multivariat, tidak dilakukan.
5. Sumber Daya: Penelitian ini diasumsikan berjalan dengan ketersediaan koneksi internet yang stabil untuk transmisi data ke *cloud* dan daya listrik yang memadai untuk operasional perangkat.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor multifungsi BME680 untuk mengumpulkan data secara real-time selama satu hari penuh di berbagai jam tertentu di lingkungan perkotaan Yogyakarta.
2. Mengembangkan sistem penyajian data yang menampilkan informasi kualitas udara secara langsung di layar LCD dan melalui web untuk pemantauan jarak jauh.
3. Membangun sistem notifikasi audio menggunakan buzzer alarm untuk

memberikan peringatan dini saat tingkat polusi udara melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

4. Menganalisis dan mengevaluasi pola fluktuasi kualitas udara harian berdasarkan data yang dikumpulkan untuk memberikan informasi yang berguna bagi mitigasi polusi udara lokal.
5. Menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dalam rangka perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem pemantauan kualitas udara yang efektif, efisien, dan dapat diandalkan.

1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Manfaat teoritis
 - a. Pengembangan ilmu pengetahuan: Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang *Internet of Things* (IoT), khususnya dalam aplikasi untuk pemantauan lingkungan. Hasil studi ini dapat menjadi referensi dan landasan teoritis bagi penelitian serupa di masa depan.
 - b. Menjadi referensi dan landasan bagi penelitian serupa di masa depan serta pengembangan teknologi sensor dan mikrokontroler untuk monitoring lingkungan.
2. Manfaat praktis
 - a. Bagi pemerintah dan masyarakat Kota Yogyakarta, menyediakan data kualitas udara yang *real-time* dan tersebar, yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan kebijakan lingkungan serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kondisi udara sekitar.
 - b. Bagi pengembang dan peneliti, menjadi prototipe awal dan panduan teknis dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang mudah diterapkan, hemat biaya, dan bersifat modular.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab ini berfungsi sebagai pengantar yang menjelaskan alasan dan arah dilakukannya penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA Bab ini menyajikan tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan dengan topik penelitian. Di dalamnya, dijelaskan konsep dasar *Internet of Things* (IoT), prinsip kerja sensor BME680, spesifikasi teknis mikrokontroler ESP32, serta teori-teori terkait pemantauan kualitas udara dan sistem notifikasi.

BAB III METODE PENELITIAN Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian. Isi dari bab ini mencakup perancangan perangkat keras (skema rangkaian), perancangan perangkat lunak (algoritma dan *firmware*), dan prosedur pengujian sistem. Bab ini juga memuat tahapan-tahapan yang dilakukan untuk mengimplementasikan prototipe sistem pemantauan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN Bab ini memaparkan hasil dari implementasi dan pengujian sistem yang telah dirancang. Pembahasan mencakup analisis data kualitas udara yang berhasil dikumpulkan, evaluasi kinerja sensor BME680, dan fungsionalitas *buzzer* alarm serta LCD. Bab ini juga berisi interpretasi dari data yang diperoleh untuk menjawab rumusan masalah.

BAB V PENUTUP Bab ini berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan, ringkasan hasil yang menjawab tujuan penelitian, serta saran-saran untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut.