

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini dirumuskan berdasarkan interpretasi mendalam terhadap hasil pengujian fungsionalitas sistem dan analisis data historis yang telah dipaparkan dalam Bab IV, yang secara komprehensif menjawab seluruh rumusan masalah dan tujuan penelitian.

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor BME680 yang dapat mengumpulkan data secara real-time selama 24 jam penuh di lingkungan perkotaan Yogyakarta. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan data kualitas udara secara langsung pada layar LCD OLED sebagai notifikasi visual dan menyediakan tampilan data melalui web localhost untuk pemantauan jarak jauh. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan notifikasi audio melalui buzzer alarm yang memberikan peringatan dini ketika kualitas udara mencapai ambang batas yang tidak sehat.

Data kualitas udara dari sensor BME680, yang mengukur suhu, kelembaban, tekanan udara, dan kadar gas VOC, dapat diolah menjadi Indeks Kualitas Udara (IAQ) yang memberikan informasi yang mudah dipahami mengenai fluktuasi polusi udara di lokasi penelitian. Sistem ini menunjukkan konsistensi pola fluktuasi kualitas udara dengan jam puncak aktivitas perkotaan yang tinggi, sehingga valid untuk memberikan informasi yang relevan dan akurat bagi masyarakat dan pemerintah daerah. Dengan demikian, penelitian ini berhasil mengatasi keterbatasan metode pemantauan konvensional dengan menyediakan sistem yang efisien, real-time, dan dapat memberikan peringatan lokal yang berguna sebagai upaya mitigasi polusi udara di tingkat lokal.

Kesimpulan ini menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah mengenai perancangan dan implementasi sistem IoT untuk pemantauan kualitas udara lengkap dengan visualisasi, komunikasi data, dan mekanisme peringatan yang

efektif di wilayah perkotaan Yogyakarta. Penelitian memberikan kontribusi praktis dan teoritis dalam pengembangan teknologi pemantauan lingkungan berbasis IoT di daerah urban

5.2 Saran

Berikut adalah hal-hal yang masih dapat dikembangkan lebih lanjut, berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama proses penggerjaan dan hasil analisis data skripsi ini:

1. Integrasi Modul Kamera untuk Validasi Kontekstual *Real-time*: Disarankan untuk menambahkan modul kamera (misalnya ESP32-CAM) dan mengintegrasikannya secara logis dengan *firmware* prototipe. Kamera harus diprogram agar mengambil gambar kondisi lapangan secara otomatis dan mengirimkannya ke *server* setiap kali sistem memicu peringatan polusi (IAQ Index memasuki kategori Tidak Sehat). Fungsi ini akan memberikan validasi visual *real-time* yang dapat mengkonfirmasi penyebab lonjakan polusi, misalnya untuk membedakan antara polusi yang disebabkan oleh emisi kendaraan atau asap pembakaran, sehingga analisis data sensor menjadi lebih kontekstual dan mudah dijustifikasi.
2. Koreksi Data Berbasis *Machine Learning* (ML) Lanjutan: Mengingat adanya pengaruh kuat faktor lingkungan (Suhu dan Kelembaban) terhadap pembacaan sensor *metal oxide* BME680, penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan algoritma Kecerdasan Buatan (AI) atau ML, seperti Regresi Linier Berganda atau Jaringan Saraf Tiruan (ANN). Tujuan dari algoritma ini adalah untuk menciptakan model koreksi yang dapat mengeliminasi bias lingkungan dari nilai IAQ, sehingga menghasilkan estimasi konsentrasi gas polutan murni yang lebih akurat dan stabil.
3. Integrasi Sensor Partikulat (PM2.5) dan Kalibrasi Standar: Untuk meningkatkan validitas absolut data dan mempermudah perbandingan dengan standar ISPU/AQI resmi, disarankan untuk menambahkan sensor polutan Partikulat (misalnya PM2.5). Selain itu, penting untuk melakukan

kalibrasi silang (cross-calibration) dengan alat ukur standar laboratorium/BMKG guna memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh prototipe memiliki akurasi yang dapat dipertanggungjawabkan secara metrologi.

4. Pengembangan Skalabilitas dan Mobilitas Sistem: Pengembangan dapat dilanjutkan pada aspek mobilitas dengan merancang sistem catu daya mandiri (panel surya) untuk memungkinkan *deployment* di lokasi tanpa listrik, dan meningkatkan platform visualisasi dari *Web Localhost* menjadi Aplikasi *Mobile*. Pengembangan ini akan memungkinkan sistem dapat disebarluaskan dan ditempatkan di berbagai lokasi strategis (Skalabilitas), sambil mengirimkan notifikasi peringatan dini secara langsung kepada pengguna (Mobilitas).

