

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem peringatan dini kualitas udara portabel berbasis ESP32 menggunakan sensor MQ-135, PMS5003, dan DHT22, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem peringatan dini kualitas udara portabel berbasis ESP32 telah berhasil dirancang dan dibangun dengan mengintegrasikan sensor MQ-135, PMS5003, dan DHT22, media tampil LCD 16x2 I2C, indikator visual LED WS2812, indikator suara buzzer, serta sumber daya baterai LP403040 yang didukung modul TP4056 dan MT3608, sehingga sistem dapat beroperasi secara portabel tanpa bergantung pada sumber daya eksternal.
2. Integrasi sensor MQ-135, PMS5003, dan DHT22 dengan ESP32 telah berhasil dilakukan dan mampu menghasilkan data pengukuran yang akurat. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata error pengukuran sensor MQ-135 sebesar 1,03% untuk konsentrasi CO₂, sensor PMS5003 sebesar 1,79% untuk konsentrasi PM2.5, serta sensor DHT22 sebesar 3,23% untuk suhu dan 0% untuk kelembapan, apabila dibandingkan dengan alat ukur komersial sebagai acuan.
3. Ambang batas parameter kualitas udara telah berhasil ditentukan dan diimplementasikan pada sistem peringatan dini berbasis buzzer dan LED WS2812. Pengujian pada 20 kali pengambilan data di empat kondisi lingkungan yang berbeda menunjukkan LED dan buzzer selalu merespons secara konsisten sesuai kategori kualitas udara, yaitu LED hijau dengan buzzer tidak aktif pada kondisi baik, hingga LED merah disertai bunyi buzzer pada kondisi bahaya, tanpa ditemukan kesalahan klasifikasi selama pengujian.
4. Sistem telah berhasil menampilkan dan menyampaikan informasi kualitas udara secara real-time melalui LCD 16x2 I2C yang menampilkan nilai CO₂,

PM2.5, suhu, dan kelembapan secara bergantian, sehingga informasi kondisi udara dapat langsung diakses oleh pengguna di lokasi pengukuran tanpa memerlukan perangkat tambahan.

5. Hasil pengujian pada berbagai kondisi lingkungan menunjukkan sistem memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan sumber pencemar, khususnya asap rokok yang meningkatkan nilai PM2.5 hingga lebih dari 25 kali lipat dibandingkan kondisi udara bersih, serta mampu membedakan kondisi ruang terbuka dengan sumber emisi yang berbeda meskipun selisih nilainya relatif kecil. Secara keseluruhan, sistem terbukti mampu bekerja secara stabil dan andal sebagai alat peringatan dini kualitas udara pada lingkungan sehari-hari.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan selama proses pengujian, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan sistem lebih lanjut, yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian lanjutan disarankan dilakukan pada rentang waktu yang lebih bervariasi, seperti pagi, siang, sore, dan malam hari, agar diperoleh gambaran kualitas udara yang lebih representatif terhadap perubahan intensitas aktivitas dan kepadatan lalu lintas.
2. Jumlah pengambilan data pada setiap kondisi pengujian perlu ditambah serta dilakukan dalam durasi yang lebih panjang, sehingga hasil analisis kinerja sistem lebih representatif secara statistik.
3. Pengujian pada kondisi cuaca yang lebih bervariasi, seperti saat hujan, berangin, atau kelembapan tinggi, perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh faktor cuaca terhadap akurasi dan kestabilan pembacaan sensor.
4. Pengembangan lebih lanjut disarankan menambahkan konektivitas internet (IoT) pada sistem, sehingga data kualitas udara dapat dipantau secara jarak jauh serta disimpan pada basis data untuk keperluan analisis tren jangka panjang.
5. Perlu ditambahkan fitur penyimpanan data lokal (data logging), misalnya menggunakan modul microSD, agar riwayat hasil pengukuran dapat

didokumentasikan dan dianalisis lebih lanjut tanpa bergantung pada konektivitas internet.

6. Perancangan mekanik dan casing perangkat pada pengembangan selanjutnya disarankan mempertimbangkan aspek ergonomis serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan, seperti ketahanan air dan debu, agar alat lebih andal digunakan pada kondisi luar ruangan.
7. Kalibrasi sensor MQ-135 dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan metode kalibrasi berkala dengan gas referensi standar, guna menjaga dan meningkatkan akurasi pengukuran konsentrasi CO₂ dalam jangka waktu pemakaian yang lebih panjang.