

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pengujian kualitas udara menggunakan alat sensor gas CO, CH₄, dan NH₃ di tiga titik berbeda di area pabrik selama dua hari menunjukkan hasil yang konsisten dan stabil. Kadar CO berada pada rentang 0.00–0.70 ppm, CH₄ berkisar antara 1.50–5.40 ppm, dan NH₃ berada di kisaran 0.00–0.05 ppm, dengan fluktuasi yang dipengaruhi oleh waktu pengukuran (pagi dan sore hari) dan lokasi pengujian. Titik 1 (area terbuka) dan Titik 2 (pemrosesan dan penyimpanan buah) menunjukkan variasi yang lebih signifikan terutama pada gas metana, yang dipengaruhi oleh aktivitas biologis dan kondisi lingkungan. Titik 3 (kantor pabrik) memiliki kadar gas yang lebih rendah dan stabil, menandakan kualitas udara yang relatif baik dan pengaruh ventilasi yang efektif.

Dari sisi pengujian sistem web, hasil pemantauan IoT dengan NodeMCU yang mengirim data ke server ThingSpeak sangat andal. Dari 15 percobaan pengiriman data, 13 berhasil terekam tanpa delay dan 2 mengalami keterlambatan 1 menit, membuktikan stabilitas konfigurasi IoT dan jaringan meskipun berada di lingkungan pabrik dengan beban jaringan rendah. Data sensor berhasil diproses dan ditampilkan pada *dashboard* aplikasi secara real-time dalam waktu kurang dari satu menit, sehingga sistem pemantauan dapat diandalkan untuk pengawasan kualitas udara secara efektif dan cepat.

Secara keseluruhan, pengujian alat sensor gas dan sistem pemantauan berbasis IoT yang dikembangkan berhasil menunjukkan kinerja yang baik dan andal. Alat mampu mengukur konsentrasi gas CO, CH₄, dan NH₃ secara akurat di berbagai lokasi dengan variasi lingkungan yang berbeda, sementara sistem web mampu menerima dan menampilkan data secara real-time dengan tingkat keberhasilan pengiriman data yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem dapat mendukung pemantauan kualitas udara secara efektif di lingkungan pabrik kelapa sawit yang dapat menjadi solusi praktis untuk manajemen dan pengendalian polusi udara di industri tersebut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32, maka disampaikan beberapa saran yang ditujukan bagi pengguna, pengembang selanjutnya, dan peneliti guna pengembangan dan pemanfaatan sistem ini secara lebih optimal di masa mendatang sebagai berikut:

Disarankan agar pengguna melakukan pemantauan kualitas udara secara rutin dan mengikuti prosedur penggunaan alat, termasuk pemanasan sensor selama satu jam untuk memastikan akurasi pembacaan. Pengguna juga perlu memanfaatkan aplikasi web secara optimal untuk memantau data secara *real-time* dan memahami potensi risiko emisi gas di lingkungan kerja.

Pengembang selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan fitur aplikasi web, seperti menambahkan grafik historis dan sistem notifikasi otomatis. Selain itu, perlu ditambahkan sistem penyimpanan cadangan agar data tetap aman saat koneksi internet terganggu, serta pengembangan skalabilitas sistem untuk cakupan pemantauan yang lebih luas.

Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan studi jangka panjang guna memperoleh data tren emisi yang lebih akurat dan relevan terhadap kondisi lingkungan industri. Validasi hasil alat dengan perangkat standar juga penting untuk mengukur akurasi sistem. Selain itu, integrasi teknologi kecerdasan buatan dapat dieksplorasi untuk meningkatkan kemampuan prediksi terhadap potensi lonjakan polusi.