

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem FACP berhasil dirancang menggunakan *input* dari *smoke detector* yang dihubungkan melalui shunt resistor dan dibaca oleh ADC STM32. Hasil pengujian menunjukkan bahwa klasifikasi berbasis logika fuzzy mampu membedakan kondisi Normal, Waspada, Bahaya, hingga Darurat sesuai jumlah sensor aktif. Seluruh skenario uji menunjukkan kesesuaian 100% dengan desain klasifikasi, baik pada kondisi sensor terkonsentrasi maupun terdistribusi. Dengan demikian, sistem terbukti andal dalam mengklasifikasikan kondisi kebakaran sesuai aturan yang telah dirancang.
2. Integrasi STM32 dan ESP32 melalui komunikasi UART berjalan stabil, terbukti dari hasil pengujian yang menunjukkan *error* data 0% pada 20 kali percobaan. Data hasil deteksi berhasil diproses dan dikirim ke broker MQTT. Selain itu, *buzzer* berhasil dikontrol sesuai status *fuzzy*, yang menandakan bahwa integrasi perangkat keras dan perangkat lunak bekerja dengan baik.
3. Sistem berhasil menampilkan status kebakaran secara lokal pada LCD 40x2 dan berhasil diteruskan melalui MQTT dan divisualisasikan di *Node-RED dashboard* tanpa kegagalan. Dari 20 kali pengujian pengiriman data, seluruhnya berhasil ditampilkan secara *real-time*, sehingga sistem terbukti mampu menjalankan fungsi *monitoring* lokal maupun pemantauan jarak jauh.
4. Aturan *fuzzy* ditentukan berdasarkan skenario jumlah sensor aktif di tiap segmen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aturan yang diterapkan mampu merepresentasikan kondisi nyata dengan akurasi tinggi. Hal ini membuktikan bahwa aturan *fuzzy* yang digunakan sudah sesuai dan efektif dalam mengklasifikasikan tingkat kedaruratan kebakaran.

5. Hasil pengujian integrasi sistem menunjukkan bahwa waktu tunda (*latency*) dari sensor hingga *dashboard Node-RED* bervariasi antara 1,38–2,58 detik dengan rata-rata 2,14 detik. Nilai ini masih tergolong baik untuk kebutuhan *monitoring real-time*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat diberikan adalah:

1. Penambahan jumlah sensor pendeteksi asap untuk memperluas area pemantauan dan meningkatkan akurasi deteksi kebakaran.
2. Pengembangan sistem notifikasi berbasis *mobile application*, sehingga informasi kedaruratan dapat langsung diterima pengguna melalui *smartphone*.
3. Peningkatan aspek keamanan sistem komunikasi MQTT, agar data notifikasi lebih terjamin dari risiko gangguan atau peretasan.
4. Dilakukan uji performa komunikasi secara lebih luas, terutama terkait *latency*, dengan variasi jumlah sensor yang lebih banyak dan kondisi jaringan berbeda, untuk memastikan sistem tetap stabil pada skala yang lebih besar.