

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI, REKOMENDASI

5.1 Simpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis IoT dalam bentuk trainer board portabel yang fungsional sebagai media edukatif. Sistem ini secara efektif mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan berbagai sensor seperti soil moisture, DHT11, rain sensor, PIR, dan ultrasonik untuk melakukan otomasi penyiraman dan pemantauan lingkungan tanaman. Komunikasi data secara nirkabel melalui protokol MQTT memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel pada smartphone, yang menyajikan data secara real-time. Prosedur kalibrasi yang dilakukan pada sensor soil moisture dan sensor ultrasonik HC-SR04 terbukti secara signifikan meningkatkan akurasi dan presisi pengukuran. Kalibrasi sensor soil moisture menggunakan metode gravimetri menghasilkan model matematis dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9866, yang mampu memprediksi kelembapan tanah dengan rata-rata *error* di bawah 0,25%. Sementara itu, kalibrasi pada sensor ultrasonik berhasil meningkatkan nilai ketelitian dan ketepatan rata-rata di atas 99%, ini menunjukkan peningkatan performa yang substansial dibandingkan sebelum kalibrasi. Dengan demikian, arsitektur sistem yang dirancang, integrasi perangkat, dan prosedur kalibrasi yang terdokumentasi telah berhasil menjawab tujuan penelitian untuk menciptakan media pembelajaran yang aplikatif dan akurat.

5.2 Implikasi

Dari hasil penelitian ini membawa implikasi penting, terutama dalam bidang edukasi dan pengembangan teknologi pertanian. Implementasi sistem dalam format *trainer board* portabel menjadi media pembelajaran aplikatif yang efektif untuk memahami prinsip perancangan sistem IoT berbasis sensor, membaca diagram *wiring*, dan mengerti dasar-dasar kalibrasi untuk akurasi pengukuran di lingkungan laboratorium. Selain itu, penelitian ini memberikan

kontribusi berupa arsitektur sistem yang terdokumentasi lengkap, mulai dari pemilihan perangkat keras hingga prosedur kalibrasi, yang dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem otomasi pertanian dan integrasi komunikasi IoT *real-time* di masa depan. Secara praktis, sistem ini mendemonstrasikan sebuah model teknologi tepat guna yang berpotensi mengoptimalkan efisiensi penggunaan air dalam skala kecil, yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi pertanian yang lebih luas.

5.3 Rekomendasi

Meskipun penelitian ini telah mencapai tujuannya, terdapat beberapa ruang untuk pengembangan di masa mendatang. Mengingat penelitian ini tidak mencakup pengembangan perangkat lunak berbasis AI atau analisis efisiensi energi secara mendalam, maka direkomendasikan untuk mengintegrasikan algoritma *machine learning* guna memprediksi kebutuhan air tanaman secara lebih presisi dan melakukan studi konsumsi daya sistem. Selain itu, karena implementasi saat ini terbatas pada *trainer board* dalam lingkungan laboratorium dan belum diuji pada skala lahan pertanian sesungguhnya, maka pengujian lapangan sangat disarankan untuk memvalidasi ketahanan dan keandalan sistem dalam kondisi lingkungan yang sebenarnya. Pengembangan lebih lanjut juga dapat mencakup pembuatan antarmuka pengguna khusus yang lebih informatif dibandingkan aplikasi generik serta melakukan analisis komparatif sistem pada berbagai jenis media tanam dan tanaman yang berbeda untuk memperluas aplikabilitasnya.