BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, implementasi, serta pengujian sistem *Artificial Intelligent of Things* (AIoT) untuk pengusiran hama burung secara otomatis menggunakan algoritma YOLOv11, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang secara langsung menjawab rumusan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya sebagai berikut:

1. Model YOLOv11 yang dikembangkan dalam penelitian ini telah berhasil melalui proses pelatihan dengan dataset multi-kelas (bird dan person) dan mencapai performa terbaik pada epoch ke-100. Hasil evaluasi menunjukkan nilai *precision* sebesar 0,89687, *recall* sebesar 0,77552, dan mAP@50 sebesar 0,82323, yang menandakan bahwa model memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mendeteksi objek burung secara akurat. Selain itu, pengujian di lapangan menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan deteksi secara real-time dengan jarak efektif 25–30 meter, meskipun masih terdapat potensi kesalahan deteksi pada kondisi tertentu seperti variasi pencahayaan dan kompleksitas background.
2. Sistem komunikasi antara laptop sebagai server dan ESP32 sebagai pengendali aktuator berhasil dirancang menggunakan protokol ESP-NOW. Sistem ini mampu mengirimkan sinyal deteksi secara otomatis ketika objek burung teridentifikasi serta memberikan feedback sebagai bentuk validasi bahwa perintah telah dijalankan. Berdasarkan hasil pengujian, komunikasi dapat berjalan dengan baik hingga jarak sekitar 150meter dengan tingkat keberhasilan yang tinggi, meskipun terjadi peningkatan latency pada jarak yang lebih jauh. Secara keseluruhan, sistem komunikasi ini telah mampu mendukung proses otomatisasi dan integrasi dalam sistem AIoT secara efektif.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Pengembangan Metode untuk Peningkatan Kinerja Model Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan pendekatan metode yang berbeda atau mengombinasikan beberapa metode guna meningkatkan kinerja model deteksi. Penerapan arsitektur lain maupun teknik optimasi seperti ensemble learning dan tuning hyperparameter secara lebih komprehensif diharapkan mampu meningkatkan nilai evaluasi pada confusion matrix, khususnya pada metrik precision, recall, dan mAP, sehingga menghasilkan performa deteksi yang lebih optimal.
2. Optimalisasi Deteksi terhadap Kelas Background untuk meningkatkan akurasi deteksi pada kelas background, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperkaya dataset dengan variasi latar belakang yang lebih kompleks dan representatif terhadap kondisi nyata di lapangan. Selain itu, penerapan teknik seperti hard negative mining dan peningkatan kualitas anotasi data diharapkan mampu mengurangi tingkat kesalahan klasifikasi, terutama false positive, sehingga model dapat membedakan objek target dan non-target secara lebih akurat.
3. Pengembangan Implementasi Edge Computing pada Sistem AIoT Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan implementasi edge computing secara lebih optimal dengan memanfaatkan perangkat embedded sebagai media inferensi utama. Optimalisasi model melalui teknik kompresi seperti quantization atau konversi ke format ringan seperti TensorFlow Lite dapat dipertimbangkan agar proses deteksi dapat dilakukan secara langsung pada perangkat. Hal ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap server, menurunkan latensi, serta meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem dalam kondisi real-time di lingkungan lapangan.