

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil analisa pada penelitian, penulis mendapatkan kesimpulan dan saran sebagai berikut.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kendali mikroklimat kandang ayam broiler berbasis algoritma Finite State Machine (FSM) dengan mekanisme hysteresis, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring dan kendali mikroklimat berhasil diimplementasikan secara terintegrasi antara sensor, PLC, HMI, dan platform IoT. Data lingkungan kandang seperti suhu, kelembaban, dan kualitas udara dapat dimonitor secara real-time melalui HMI maupun cloud, serta mendukung komunikasi dua arah sehingga parameter sistem dapat diubah secara sinkron. Sistem juga dapat diakses melalui berbagai perangkat seperti laptop, smartphone Android, dan iOS, serta didukung oleh fitur data logging yang mampu menyimpan dan mengekspor riwayat data operasional.
2. Implementasi algoritma FSM yang dikombinasikan dengan mekanisme hysteresis mampu meningkatkan stabilitas sistem kendali suhu. Struktur state bertingkat memungkinkan pengendalian suhu secara bertahap sesuai kondisi lingkungan, sedangkan hysteresis membentuk zona deadband yang

mencegah perpindahan state akibat fluktuasi kecil suhu. Mekanisme ini terbukti mampu menekan terjadinya rapid switching pada aktuator seperti blower, heater, dan cooling pad sehingga operasi sistem menjadi lebih stabil.

3. Hasil pengujian *rapid switching* menunjukkan bahwa meskipun terjadi fluktuasi suhu di sekitar batas transisi state, aktuator tidak mengalami perubahan ON–OFF secara berulang dalam waktu singkat. Berdasarkan analisis perbandingan antara jumlah potensi switching akibat fluktuasi suhu dan jumlah switching aktual yang terjadi pada aktuator, diperoleh tingkat keberhasilan sistem dalam mencegah *rapid switching* sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme hysteresis yang diterapkan pada algoritma FSM mampu menahan perubahan aktuator hingga kondisi suhu benar-benar melewati batas hysteresis secara valid.
4. Berdasarkan analisis data operasional selama satu periode pemeliharaan ayam broiler, sistem mampu menjaga suhu kandang tetap mendekati setpoint yang dirancang. Hasil analisis deviasi menunjukkan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 0,76 °C, persentase error rata-rata sebesar 2,75%, serta RMSE sebesar 1,05 °C, dengan standar deviasi suhu sebesar 2,08 °C. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variasi suhu masih berada dalam batas operasional yang dapat diterima dan tidak menunjukkan fluktuasi yang bersifat osilatif.
5. Secara keseluruhan, integrasi algoritma FSM–Hysteresis dengan sistem monitoring berbasis HMI dan IoT menghasilkan sistem kendali

mikroklimat yang adaptif, stabil, dan andal untuk aplikasi kandang ayam broiler tipe *closed house*. Sistem mampu menjalankan fungsi monitoring, pengendalian otomatis, penyimpanan data historis, serta pengawasan jarak jauh, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan kandang berbasis data.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kendali mikroklimat kandang ayam broiler berbasis algoritma FSM–Hysteresis, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi arah pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem kendali dengan menambahkan parameter lingkungan yang lebih komprehensif, seperti konsentrasi amonia ( $\text{NH}_3$ ) dengan sensor berakurasi tinggi, intensitas cahaya, serta distribusi suhu pada beberapa titik kandang. Penambahan parameter tersebut dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam merepresentasikan kondisi mikroklimat secara lebih menyeluruh sehingga keputusan kendali yang dihasilkan menjadi lebih optimal.
2. Pengembangan algoritma kendali dapat diarahkan pada pendekatan yang lebih adaptif, misalnya dengan integrasi metode kontrol berbasis machine learning, fuzzy logic, atau *model predictive control* (MPC). Pendekatan ini berpotensi meningkatkan kemampuan sistem dalam menyesuaikan strategi kendali secara otomatis terhadap perubahan kondisi lingkungan, kepadatan ayam, maupun variasi musim.

3. Sistem monitoring dan IoT yang telah diimplementasikan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan fitur analitik data berbasis cloud, seperti dashboard analisis performa kandang, deteksi anomali operasional, serta prediksi kondisi lingkungan. Pemanfaatan data historis yang tersimpan pada data logger dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan manajemen kandang yang lebih berbasis data (*data-driven farming*).
4. Penelitian lanjutan juga dapat melakukan evaluasi sistem dalam skala implementasi yang lebih luas dengan jumlah kandang yang lebih banyak atau dengan variasi kondisi lingkungan yang berbeda. Pengujian jangka panjang tersebut penting untuk menilai keandalan sistem, performa aktuator, serta stabilitas algoritma kendali dalam kondisi operasional nyata yang lebih kompleks.