

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisa sistem deteksi estrus pada sapi berbasis *Computer Vision* dan *Internet of Things* menggunakan model YOLOv8, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Sistem deteksi estrus pada sapi berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan memanfaatkan kamera Arducam NoIR sebagai sensor visual, Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan, serta model YOLOv8 sebagai metode deteksi objek untuk mengidentifikasi perilaku *mounting* dan normal pada sapi betina.
2. Integrasi Raspberry Pi 5 dengan Raspberry AI KIT menunjukkan kemampuan yang memadai dalam menjalankan model YOLO untuk pendeteksian objek secara real-time dengan performa yang baik.
3. Kamera Arducam yang dilengkapi inframerah (IR) mampu mendeteksi objek hingga jarak 3 meter sesuai kondisi kandang, dengan kinerja yang tetap stabil pada kondisi siang hari menggunakan pencahayaan alami maupun malam hari dengan bantuan IR, serta menghasilkan *confidence score* yang konsisten pada kisaran 0,6–0,8.
4. Konfigurasi kamera terbaik diperoleh pada resolusi  $640 \times 480$  piksel, karena pada resolusi ini objek dapat terdeteksi dengan baik, sedangkan pada resolusi yang lebih tinggi objek tidak berhasil terdeteksi.
5. Model YOLOv8n yang dilatih menggunakan dataset citra sapi dengan dua kelas mampu mengidentifikasi perilaku estrus dengan akurasi rata-rata sebesar 88,89%, sehingga telah memenuhi spesifikasi minimum sistem yang ditetapkan, yaitu akurasi 80%.
6. Sistem mampu beroperasi secara real-time dengan kecepatan pemrosesan rata-rata 18,11 FPS dan waktu inferensi 17,41 ms per *frame* menggunakan model YOLOv8 pada Raspberry Pi 5, serta berdasarkan pengujian kontinu selama 24 jam terbukti berjalan stabil tanpa crash maupun penurunan performa, dengan rata-rata penggunaan CPU 48,04%, memori 1.875 MB, dan suhu prosesor sekitar 57°C masih berada dalam batas normal, sehingga tidak terjadi *thermal throttling* dan memiliki stabilitas yang memadai untuk pengoperasian jangka panjang.
7. Integrasi sistem dengan Bot Telegram berhasil memberikan notifikasi hasil deteksi

estrus kepada peternak secara real-time dengan *delay* pengiriman sekitar 2–3 detik, sehingga informasi dapat diterima secara cepat dan membantu peternak dalam menentukan waktu penanganan atau inseminasi buatan yang tepat.

8. Berdasarkan hasil pengujian fungsional dan performa, sistem yang dikembangkan telah memenuhi seluruh kebutuhan dan spesifikasi yang dirancang pada tahap perencanaan, serta mampu membantu peternak dalam mengetahui masa estrus pada sapi meskipun peternak tidak berada di kandang secara langsung.

## 5.2 Saran

1. Untuk meminimalisir kesalahan deteksi, sistem dapat dikembangkan dengan menambah variasi dataset dari berbagai kondisi kandang, sudut kamera, dan pencahayaan, khususnya pada kondisi sapi berjarak dekat atau memiliki posisi tubuh yang menyerupai perilaku *mounting*. Selain itu, penyesuaian parameter sistem seperti peningkatan nilai *confidence threshold* dapat dilakukan untuk mengurangi kesalahan deteksi.
2. Pada jarak sekitar 3 meter, objek masih terdeteksi namun citra kurang jelas karena keterbatasan jangkauan LED inframerah, sehingga diperlukan sumber inframerah dengan jangkauan lebih luas.

