

## BAB VII. SIMPULAN DAN SARAN

### 7.1 Simpulan

Hasil penelitian yang dijelaskan menunjukkan beberapa temuan utama yang didukung oleh data numerik sebagai berikut:

1. Eksperimen dan Analisis Perilaku Sapi Berbasis IoT dan Pengolahan Sinyal tercapai:
  - Sistem yang menggunakan sensor Gy521 mampu mendeteksi perilaku dan posisi kepala sapi
  - Penggunaan *decision tree* dengan fitur utama berupa nilai *pitch* dan *roll* pada persentil ke-25, 50, dan 75 serta ambang variabilitas 0,2 menunjukkan kinerja yang baik, dengan akurasi deteksi perilaku makan sebesar 70,95%. *Precision* tertinggi tercapai pada kelas “Tegak Tidak Makan” sebesar 0,944, dan *recall*-nya mencapai 1,0, menandakan kepala
  - Penerapan *decision tree* dengan fitur utama berupa nilai *pitch* dan *roll* pada persentil ke-25, 50, dan 75, serta variabel akselerasi, menghasilkan aturan logika eksplisit yang efektif untuk klasifikasi perilaku sapi. Contoh aturan seperti *pitch* persentil ke-50  $< -11,4031$  untuk kategori “Tegak Tidak Makan” dan *pitch* persentil ke-75  $< 2,85092$  untuk “Proses Makan” menjadi dasar penting dalam sistem klasifikasi tersebut.
  - *Rule* logika (*Rule-Based*) mencapai akurasi 100% pada Data 1 dan 2, serta 70–94% pada Data 3–5. Pendekatan ini efektif, stabil, dan efisien untuk perangkat dengan sumber daya terbatas seperti ESP8266.
2. Metode Pola Citra Diam, Bergerak, dan Akselerasi terbukti efektif untuk deteksi perilaku makan dengan akurasi tinggi pada perangkat rendah komputasi:
  - Identifikasi posisi kepala sapi dilakukan melalui analisis *centroid* dan rasio tinggi-lebar dengan teknik *thresholding*, di mana nilai *threshold* 175 terbukti memberikan hasil terbaik secara keseluruhan, dengan nilai *overall accuracy* sebesar 80,95%, *sensitivity* (85,71%) dan *specificity* (76,19%).
  - Ruang warna Lab, kombinasi *Head Threshold* 200 dan *Hidung Threshold* 75 dan 100 pada Data 1 memberikan akurasi tertinggi (82%) untuk mendeteksi kepala dan hidung sapi.
  - *Learning Model Haarcascade* dengan data 30 gambar masih mampu mendeteksi perilaku tidak makan sapi tetapi penggunaan metode statistik tradisional (*centroid* dan orientasi) menunjukkan konsistensi pengenalan posisi kepala (hingga 51,8 %) dan perilaku makan sapi (hingga 96,9%).

- Kombinasi kamera dan akselerometer menghasilkan model klasifikasi perilaku yang lebih akurat dengan tingkat akurasi hingga 97,72%, dengan peningkatan 30,88% dibanding sensor tunggal.
- Penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan sinyal dan teknologi *Internet of Things* (IoT) efektif untuk memantau perilaku sapi secara otomatis. Integrasi akselerometer, citra, dan video mampu mendeteksi posisi kepala serta aktivitas makan dengan akurasi tinggi. Sistem ini mendukung otomatisasi pengelolaan peternakan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi manajemen, kesejahteraan sapi, dan produktivitas secara berkelanjutan.

## 7.2 Saran

1. Penerapan Lapangan: Diperlukan uji validasi lanjutan di lingkungan peternakan nyata untuk menguji robustitas sistem terhadap kondisi lingkungan yang lebih kompleks, seperti variasi pencahayaan, pergerakan tidak teratur, dan interferensi sinyal.
2. Optimalisasi Model Video: Jumlah dataset pelatihan untuk model *Haar cascade* perlu ditingkatkan guna menghindari *overfitting* dan meningkatkan generalisasi deteksi kepala sapi pada berbagai sudut pandang dan jarak kamera.
3. Integrasi Lanjutan: Disarankan untuk mengembangkan modul fusi data berbasis *rule engine* atau metode *fuzzy* atau metode *Dempster-Shafer* (DS) untuk menyempurnakan pengambilan keputusan dari kombinasi data akselerasi dan citra/video secara adaptif.
4. Pemantauan Multidimensi: Pengembangan sistem ke arah pemantauan perilaku lainnya seperti berjalan, berbaring, atau stres perlu dilakukan untuk menciptakan sistem pemantauan kesejahteraan ternak secara menyeluruh.
5. Pengembangan Platform IoT Berbasis Cloud: Meskipun sistem saat ini dirancang untuk *edge computing*, ekspansi ke platform IoT berbasis *cloud* dengan visualisasi *dashboard* dan notifikasi *real-time* akan memperluas manfaat bagi pengguna akhir seperti peternak dan penyuluh peternakan.
6. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah hewan uji yang lebih banyak, durasi pengamatan yang lebih panjang, serta variasi kondisi lingkungan kandang yang lebih beragam. Uji coba lintas lokasi dengan karakteristik berbeda juga perlu dilakukan untuk memperkuat validitas eksternal hasil penelitian. Dengan demikian, temuan yang diperoleh dapat lebih representatif dan aplikatif dalam skala peternakan yang lebih luas.