

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai sistem deteksi *road accident* menggunakan model *deep learning* YOLOv11 dan *framework* Flask, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menjawab rumusan masalah penelitian:

1. Sistem berhasil diimplementasikan menggunakan 826 *dataset hybrid* yang diaugmentasi menjadi 2.301 dan dianotasi dalam tiga kategori yaitu kecelakaan, bukan kecelakaan, dan senjata. *Dataset* dibagi dengan proporsi 85:10:5 untuk pelatihan, validasi, dan pengujian. Pelatihan menggunakan arsitektur YOLOv11n dengan konfigurasi *hyperparameter* yaitu jumlah *epoch* 200, ukuran *input* 640x640, *batch size* 16, *learning rate* 0,001, dan *early stopping* dengan *patience* 20.
2. Model menunjukkan performa tinggi secara keseluruhan dengan *precision* 97,1%, *recall* 98,2%, mAP50 98,9%, dan mAP50-95 87,9%. Kategori senjata dan kecelakaan menunjukkan kinerja terbaik, sedangkan kategori bukan kecelakaan memiliki performa sedikit lebih rendah.
3. Sistem berhasil diintegrasikan dengan *platform web* menggunakan *framework* Flask yang terdiri dari tiga halaman utama, yaitu halaman beranda, halaman *monitoring*, dan halaman rekap kejadian. Sistem menggunakan arsitektur *multi-threading* dan sistem antrian yang memisahkan proses pengambilan *frame*, pemrosesan deteksi, dan *streaming* hasil. Sistem dilengkapi fitur notifikasi *audio*, dokumentasi otomatis kejadian, dan mekanisme *cooldown* untuk mencegah pencatatan berulang.
4. Hasil pengujian performa sistem deteksi setelah terintegrasi dengan *platform web* mencapai akurasi 91,11% pada video lokal dan 64,44% pada IP CCTV *real-time*. *Frame rate* rata-rata mencapai 8,66 fps pada video lokal dan 6,57 FPS pada CCTV *real-time*. Kecepatan deteksi model mencapai

rata-rata 61,14 ms pada video lokal dan 65,72 ms pada IP CCTV *real-time*. Latensi sistem total mencapai 63,4 ms pada video lokal dan 119,1 ms pada CCTV *real-time*. Sistem *alert* menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dalam memicu *alert* suara dan menyimpan kejadian yang terdeteksi dengan mekanisme *cooldown* yang berfungsi efektif.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah dipaparkan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem deteksi *road accident* pada penelitian selanjutnya.

1. Pengembangan *dataset* yang lebih komprehensif dan besar sangat direkomendasikan untuk penelitian lebih lanjut. Penambahan variasi kondisi visual seperti variasi cuaca (hujan, kabut, malam hari), berbagai jenis kecelakaan (ringan, sedang, berat), dan lebih banyak jenis senjata dapat meningkatkan ketahanan model dalam berbagai kondisi lingkungan dan memperluas kemampuan generalisasi sistem terhadap situasi yang belum pernah ditemui sebelumnya.
2. Optimasi performa sistem untuk meningkatkan *frame rate* dan responsivitas sistem perlu dilakukan melalui implementasi akselerasi GPU yang terbukti memberikan peningkatan performa signifikan dalam penelitian sejenis dengan peningkatan performa sekitar 3 kali lipat dibandingkan implementasi berbasis CPU.
3. Pengujian jangka panjang di lokasi nyata dengan berbagai kondisi lalu lintas sangat diperlukan untuk memvalidasi ketahanan dan reliabilitas sistem dalam operasional sehari-hari. Evaluasi dampak terhadap waktu respons penanganan kecelakaan dan pencegahan tindak kriminal juga perlu dilakukan untuk mengukur efektivitas sistem secara holistik.