

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis sistem deteksi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) berbasis algoritma YOLOv8s, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem berhasil diimplementasikan menggunakan model YOLOv8s untuk mendeteksi penggunaan masker, jas laboratorium, dan sarung tangan secara *real-time*. Penambahan kelas `no_glove` dan `no_labcoat` meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan pengguna yang tidak menggunakan APD, termasuk membedakan kemeja putih dengan jas laboratorium serta tangan tanpa sarung tangan dengan tangan yang menggunakan sarung tangan, sehingga mampu mengurangi kesalahan klasifikasi.
2. Sistem berhasil menjalankan seluruh fungsi yang dirancang, mulai dari akuisisi citra, deteksi APD, penentuan status kepatuhan, penyampaian notifikasi visual dan audio, hingga pengiriman data pelanggaran ke Firebase Realtime Database dan monitoring melalui Progressive Web Application (PWA).
3. Sistem mampu beroperasi secara *real-time* pada perangkat Jetson Orin NX dengan performa yang stabil. Pengujian performa komputasi menunjukkan bahwa penggunaan sumber daya CPU, GPU, dan RAM masih berada pada kondisi yang mampu mendukung proses deteksi APD secara berkelanjutan meskipun jumlah objek yang dideteksi meningkat.
4. Sistem mampu beroperasi secara berkelanjutan selama 8 jam tanpa mengalami *lag* maupun *crash*. Selama pengujian, suhu CPU berada pada kisaran 49,59–62,94°C dan suhu GPU 47,94–61,16°C, dengan FPS berada pada kisaran 14–16 FPS serta konsumsi daya sebesar 5,7–9,2 W. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan performa, suhu, dan konsumsi daya yang relatif stabil selama pengoperasian jangka panjang.

5. Sistem berhasil memberikan notifikasi visual melalui LCD dan notifikasi audio melalui speaker sesuai dengan hasil deteksi APD. Notifikasi audio memiliki waktu respons rata-rata 0,31 detik dan masih dapat didengar dengan jelas hingga jarak 2.5 meter, sehingga efektif sebagai media penyampaian informasi kepada pengguna laboratorium.
6. Integrasi sistem dengan Firebase Realtime Database dan Progressive Web Application berhasil diimplementasikan dengan baik. Data pelanggaran dapat dikirim dan ditampilkan pada PWA secara *real-time* dengan waktu pembaruan sekitar 58–70 ms. Selain itu, ketika koneksi internet terputus, sistem tetap mampu melakukan proses deteksi secara normal dan secara otomatis mengirimkan data ke Firebase setelah koneksi internet kembali tersedia.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya agar sistem deteksi APD menjadi lebih optimal, antara lain sebagai berikut

1. Melakukan optimasi sistem lebih lanjut melalui metode seperti quantization atau pruning, serta menguji penggunaan perangkat komputasi dengan spesifikasi lebih rendah, seperti Jetson Nano atau perangkat sejenis, untuk mengetahui alternatif yang lebih efisien dari sisi performa dan biaya
2. Mengembangkan sistem dengan menggunakan beberapa kamera yang ditempatkan pada berbagai titik di area laboratorium. Penggunaan multi-kamera dapat memperluas area pengawasan dan mengurangi kemungkinan objek tidak terdeteksi akibat tertutup pengguna lain atau berada di luar sudut pandang kamera.
3. Menambahkan fitur identifikasi pengguna menggunakan teknologi seperti RFID, QR Code, atau pengenalan wajah (Face Recognition) sehingga setiap pelanggaran APD dapat dikaitkan dengan identitas pengguna secara otomatis dan tersimpan pada sistem monitoring.