

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil dari penelitian, perancangan, dan penerapan sistem aplikasi *dashboard monitoring* untuk memantau kepatuhan Alat Pelindung Diri (APD) K3 di area Hanggar Perakitan PT Industri Kereta Api (PT INKA) Madiun berbasis *computer vision* dengan metode algoritma YOLOv8 menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembangunan platform *dashboard monitoring* berbasis web untuk pengawasan K3 di PT INKA Madiun telah berhasil dilakukan. Sistem ini dirancang untuk mendigitalisasi dan mengotomatisasi pengawasan APD wajah dan kepala (helm keselamatan, kaca mata pelindung, dan masker) secara terpusat. Sistem ini sukses menyediakan antarmuka (*interface*) yang interaktif dan responsif bagi *Safety Officer* untuk memantau visualisasi hanggar secara *real-time*, meminimalkan ketergantungan pada metode patroli fisik manual, serta memproses data log pelanggaran secara efisien.
2. Penerapan algoritma *deep learning* YOLOv8 pada subsistem *computer vision* terbukti andal dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek APD meskipun dihadapkan pada tantangan oklusi visual (*occlusion*) pada wajah pekerja. Melalui arsitektur jaringan saraf satu tahap (*single-stage detector*), sistem mampu mengekstraksi fitur penanda

keselamatan secara cepat, membedakan pekerja yang patuh dan melanggar secara presisi, serta memproyeksikan indikator kotak pembatas (*bounding box*) visual langsung pada aliran video hanggar yang padat.

3. Mekanisme otomatisasi sistem peringatan dini (*early warning alert*) dan pencatatan log data telah sukses diintegrasikan dengan basis data MySQL. Logika pemrosesan data berhasil memetakan penanganan pelanggaran K3 di mana ketika sistem mendeteksi adanya pekerja yang tidak melengkapi APD wajib, platform akan secara otomatis mengambil tangkapan layar bukti visual, menyimpan parameter riwayat (waktu kejadian dan jenis kelalaian APD) ke dalam database, dan memicu sinyal notifikasi peringatan pada layar web monitor secara instan.
4. Pengujian terhadap sistem pemantauan ini dilakukan menggunakan metode *Black-Box Testing* serta metrik evaluasi performa model *deep learning*, dengan hasil yang menunjukkan seluruh fitur fungsional aplikasi berjalan optimal sesuai rancangan awal. Seluruh fungsi utama web mulai dari kelancaran *live streaming video*, responsivitas pemicu *alert* pelanggaran, hingga validitas penyimpanan data ke basis data berjalan tanpa kendala (*error-free*). Di sisi lain, model YOLOv8 juga terbukti memiliki performa akurasi yang tangguh berdasarkan parameter nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *mean Average*

Precision (mAP) yang tinggi saat diuji dalam berbagai variasi kondisi pencahayaan hanggar.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, dan pengujian sistem pemantauan kepatuhan APD K3 yang telah diselesaikan, masih terdapat beberapa batasan dan kekurangan yang dapat disempurnakan pada penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem aplikasi pemantauan ini ke depannya adalah sebagai berikut:

1. Performa model YOLOv8 dalam mengidentifikasi APD wajib (helm keselamatan, kaca mata pelindung, dan masker) masih berpotensi dipengaruhi oleh tingkat kepadatan pekerja di area hanggar, oklusi spasial yang ekstrem (seperti pekerja yang saling tumpang tindih atau sedang membungkuk saat merakit), serta latar belakang hanggar perakitan yang kompleks. Oleh karena itu, disarankan pada penelitian berikutnya untuk memperluas variasi *dataset* citra K3 melalui teknik *data augmentation* yang mencakup berbagai sudut pandang (*angle*) pekerja industri berat, serta melakukan *fine-tuning* menggunakan arsitektur YOLO versi terbaru yang lebih optimal dalam mendeteksi objek kecil (*small object detection*) di situasi kerumunan.
2. Mengingat area Hanggar Perakitan PT INKA Madiun sangat luas serta memiliki kondisi lingkungan industri yang dinamis (seperti paparan debu sisa produksi dan kilatan cahaya dari aktivitas pengelasan),

infrastruktur penangkap citra perlu dioptimalkan lebih lanjut. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah titik kamera CCTV strategis guna mengeliminasi area *blind spot*, menggunakan jenis kamera industri yang memiliki fitur perlindungan fisik (*dustproof/waterproof*) serta kemampuan *Low Light* yang tinggi, dan mengintegrasikan perangkat *edge computing* agar pemrosesan komputasi dari multi-kamera dapat berjalan stabil secara *real-time*.

3. Platform *dashboard monitoring* berbasis web yang saat ini dibangun masih terbatas pada penayangan *alert* lokal di layar pengawas. Untuk mempercepat respons penanganan pelanggaran K3 di lapangan, penelitian ke depan disarankan untuk mengintegrasikan sistem dengan *API gateway* notifikasi seluler (seperti bot WhatsApp atau Telegram) agar *Safety Officer* yang sedang bermobilitas dapat menerima pemberitahuan bukti visual pelanggaran secara instan. Selain itu, keamanan basis data MySQL yang menampung log pelanggaran K3 harus diperkuat melalui enkripsi data kata sandi admin dan implementasi *automated database backup* guna menjaga integritas data laporan keselamatan kerja tahunan.