

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi Artificial Intelligence (AI) atau Kecerdasan Buatan, khususnya di bidang computer vision, telah membawa perubahan signifikan dalam dunia industri. Salah satu keunggulan utama teknologi ini terletak pada kemampuannya untuk melakukan deteksi visual secara otomatis, cepat, dan akurat. Menurut survei yang dilakukan oleh McKinsey Global Institute (2021), penggunaan AI di sektor industri meningkat lebih dari 60% selama lima tahun terakhir. Deteksi objek dan pemantauan keselamatan kerja menjadi salah satu aplikasi yang paling banyak diadopsi.

Salah satu aspek krusial dalam keselamatan kerja adalah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), khususnya helm keselamatan (safety helmet). Helm berfungsi untuk melindungi kepala pekerja dari risiko benturan, benda jatuh, dan potensi kecelakaan lainnya. Namun, dalam praktiknya, pengawasan penggunaan helm masih banyak dilakukan secara manual sehingga rentan terhadap kelalaian dan inkonsistensi, terutama di lingkungan kerja dengan aktivitas tinggi. Menurut Organisasi Perburuhan Internasional (ILO, 2020), penggunaan helm merupakan salah satu standar mendasar untuk menjamin keselamatan pekerja, terutama di sektor konstruksi dan manufaktur.

Urgensi penggunaan helm keselamatan tidak hanya sebatas teori atau regulasi, tetapi juga terbukti melalui pengalaman nyata di lapangan. Penulis secara pribadi mengalami situasi yang memperkuat kesadaran akan pentingnya peralatan ini. Saat menjalani kerja praktik, ketika membantu pemasangan sensor penghitung boks, penulis berada dalam posisi jongkok di bawah sebuah tangga geser. Tanpa memeriksa apa yang ada di belakang atau di atasnya, penulis berdiri secara tiba-tiba dan kepala penulis membentur bagian bawah tangga tersebut. Beruntungnya, penulis saat itu mengenakan helm keselamatan yang mencegah terjadinya cedera. Setelah diperiksa, helm tersebut menunjukkan goresan dalam akibat benturan. Insiden ini menyadarkan penulis bahwa tanpa helm tersebut, kemungkinan besar penulis akan mengalami cedera kepala serius yang memerlukan jahitan. Pengalaman pribadi ini secara nyata menggarisbawahi betapa pentingnya penerapan sistem pemantauan yang memastikan penggunaan helm secara disiplin di tempat kerja.

Untuk mengatasi masalah ini, berbagai pendekatan berbasis AI telah dikembangkan untuk mengotomatiskan pemantauan penggunaan APD. Salah satu metode yang paling populer adalah deteksi objek menggunakan model You Only Look Once (YOLO). Versi terbarunya, YOLOv8, menawarkan kecepatan dan akurasi tinggi dalam mendeteksi berbagai objek, termasuk helm dengan warna dan bentuk yang beragam (Wang et al., 2023). Model ini dirancang untuk beroperasi secara real-time, sehingga sangat sesuai untuk sistem pengawasan berbasis video. Untuk memfasilitasi integrasi model ke dalam berbagai aplikasi, digunakan format Open Neural Network Exchange (ONNX). Format ini merupakan standar interoperabilitas yang memungkinkan model deep learning dapat dijalankan di berbagai platform dan perangkat tanpa memerlukan konversi tambahan. Bai et al. (2021) menyatakan bahwa ONNX dapat mempercepat proses inferensi (inference) sekaligus meningkatkan fleksibilitas implementasi, terutama pada perangkat edge seperti komputer industri atau sistem tertanam (embedded systems).

Dengan menggabungkan model YOLOv8 dan format ONNX, sebuah sistem pemantauan penggunaan helm dapat berfungsi sepenuhnya secara otomatis. Sistem ini mampu mendeteksi pekerja yang tidak mengenakan helm atau mengenakan helm yang tidak sesuai standar, memicu alarm sebagai peringatan, serta merekam tangkapan layar (screenshot) dan catatan pelanggaran (log) ke penyimpanan lokal. Pendekatan ini mendukung pengembangan sistem Kesehatan, Keselamatan, dan Lingkungan Kerja (Health, Safety, and Environment - HSE) yang lebih cerdas, efisien, dan modern.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang menjadi dasar pengembangan sistem deteksi penggunaan helm keselamatan ini, yaitu:

1. Minimnya penerapan teknologi AI dalam sistem Health, Safety, and Environment (HSE) di industri manufaktur Indonesia.

Banyak perusahaan belum memanfaatkan potensi AI, khususnya computer vision, sebagai alat bantu pengawasan keselamatan kerja karena kendala teknis, biaya, maupun pengetahuan teknologinya.

2. Tidak adanya sistem peringatan dan pencatatan pelanggaran yang terintegrasi secara otomatis.

Ketika terjadi pelanggaran (misalnya pekerja tidak menggunakan helm), sistem yang ada belum mampu memberikan alarm atau menyimpan bukti pelanggaran secara otomatis untuk keperluan dokumentasi.

3. Kesulitan dalam mendeteksi jenis helm yang sesuai dengan standar keselamatan.

Dalam beberapa kasus, pekerja memang menggunakan penutup kepala, tetapi tidak sesuai dengan standar safety helmet (misalnya topi proyek tidak resmi, posisi penggunaan helm yang tidak sesuai, atau pelindung kepala lainnya).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan aplikasi deteksi otomatis penggunaan safety helmet dengan menggunakan model YOLOv8 yang telah dikonversi ke dalam format ONNX?
2. Apakah sistem dapat mendeteksi pelanggaran penggunaan safety helmet secara real-time melalui kamera, serta menyimpan dan menampilkan log pelanggaran secara otomatis?
3. Bagaimana performa hasil pelatihan model YOLOv8 yang digunakan dalam aplikasi ini berdasarkan metrik evaluasi seperti precision, recall, dan mAP dari hasil training di Google Colab?

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan untuk menjaga fokus serta menyesuaikan dengan keterbatasan waktu, biaya, dan sumber daya yang tersedia. Adapun batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis APD yang Dideteksi

Sistem ini hanya difokuskan untuk mendeteksi penggunaan safety helmet, tanpa mencakup jenis Alat Pelindung Diri (APD) lainnya seperti rompi keselamatan,

sepatu pelindung, atau kacamata. Pemilihan fokus ini dilakukan untuk menyederhanakan kompleksitas sistem dan menyesuaikan dengan ruang lingkup keahlian penulis.

2. Lingkungan Pengujian

Aplikasi hanya diuji pada komputer personal (laptop) berbasis Windows dengan spesifikasi menengah (Dell Vostro 3430) dan tidak diuji dalam lingkungan industri secara langsung karena keterbatasan akses ke lapangan dan sumber daya.

3. Model Deteksi dan Dataset

Model yang digunakan adalah YOLOv8n (versi ringan), dengan data pelatihan yang dikumpulkan secara manual dan semi-terbuka melalui Roboflow, serta sebagian berasal dari dokumentasi pribadi. Jumlah dataset terbatas pada 3342 gambar untuk training, 319 untuk validasi, dan 159 untuk pengujian, sehingga hasil model tidak merepresentasikan seluruh variasi kondisi lapangan secara umum.

4. Platform dan Format Model

Model hanya dikonversi ke format ONNX dan dijalankan menggunakan OpenCV dan ONNX Runtime tanpa integrasi ke platform hardware seperti Jetson Nano, Raspberry Pi, atau sistem embedded lainnya, mengingat keterbatasan biaya dan waktu.

5. Fungsi Sistem dan Pengujian Aplikasi

Sistem difokuskan untuk melakukan deteksi pelanggaran helm, memberikan peringatan melalui bunyi alarm, serta menyimpan dan menampilkan log pelanggaran melalui antarmuka lokal (Tkinter dan Flask). Aplikasi tidak dilengkapi dengan fitur pengukuran performa real-time seperti FPS atau latency, dan pengujian performa hanya mengacu pada hasil pelatihan model, bukan pada pengukuran manual sistem akhir.

6. Distribusi dan Packaging Aplikasi

Aplikasi telah dikemas dalam bentuk .exe agar dapat dijalankan secara mandiri. Namun, terdapat keterbatasan fungsi tertentu (seperti penyimpanan gambar pelanggaran) saat dijalankan dalam bentuk executable, akibat perbedaan struktur direktori dan hak akses file pada sistem operasi Windows.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah aplikasi yang dapat mendeteksi pelanggaran penggunaan helm keselamatan kerja secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi computer vision berbasis model YOLOv8 dan format ONNX. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan aplikasi deteksi pelanggaran penggunaan helm keselamatan kerja yang mampu membedakan antara pengguna helm yang sesuai dan tidak sesuai melalui pemrosesan video secara real-time.
2. Mengintegrasikan model deteksi objek YOLOv8 yang telah dilatih menggunakan dataset kustom ke dalam format ONNX untuk keperluan inferensi yang ringan dan cepat pada sistem aplikasi.
3. Membangun antarmuka pengguna (UI) berbasis Tkinter untuk menampilkan hasil deteksi secara langsung, serta menambahkan fitur penyimpanan tangkapan layar dan pelaporan pelanggaran dalam bentuk log.
4. Menghubungkan sistem dengan antarmuka berbasis web (Flask) sebagai dashboard pelanggaran, untuk menampilkan histori pelanggaran yang tercatat secara lokal, berikut bukti gambar dan informasi pendukung lainnya.
5. Melakukan evaluasi performa sistem berdasarkan data hasil pelatihan model seperti nilai akurasi (precision), recall, dan mAP sebagai indikator kualitas deteksi sebelum diterapkan dalam aplikasi.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi otomatisasi dalam pengawasan penggunaan safety helmet dengan memanfaatkan teknologi computer vision berbasis model YOLOv8 dan format ONNX.
2. Menjadi referensi bagi pengembangan sistem Health, Safety, and Environment (HSE) yang lebih efisien dan responsif terhadap pelanggaran penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).
3. Mempermudah pihak perusahaan dalam memantau dan mencatat pelanggaran keselamatan kerja tanpa harus melakukan pengawasan manual.

4. Menambah literatur dan dokumentasi teknis mengenai implementasi model YOLOv8 dalam aplikasi desktop yang terintegrasi dengan sistem GUI dan dashboard berbasis web.
5. Memberikan pembelajaran praktis bagi pengembang pemula dalam membangun sistem deteksi objek berbasis AI yang dapat dijalankan di perangkat lokal secara real-time. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

