

Integrasi Yolov8 Dan Opencv Untuk Sistem Verifikasi Kelengkapan Apd Pada State Machine

Mochammad Firza Ainurrahman¹, Deni Sutaji², Henny Dwi Bhakti³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatera No. 101, Gn Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur

e-mail: ¹mochammadfirza03@gmail.com, ²deni.sutaji@umg.ac.id, ³hennydwi@umg.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received March 2026

Revised April 2026

Accepted June 2026

Available online July 2026

ABSTRACT

This study presents a computer vision-based system for verifying the use of Personal Protective Equipment (PPE) in industrial environments. The proposed system integrates YOLOv8 for object detection, OpenCV for image processing, and a State Machine mechanism to control the verification workflow. The process begins with employee identification through ID card scanning, followed by real-time detection of the head, safety helmet, and face mask before generating a PASS or FAIL decision automatically. Evaluation was conducted using 250 testing scenarios, showing that the developed system was able to perform PPE verification reliably under real-time conditions. The detection model achieved an mAP@50 of 93.9%, while the verification system obtained 98.4% accuracy, 98.4% precision, 100% recall, and a 99.2% F1-score. In addition, the State Machine helped maintain a structured verification sequence, contributing to stable system performance. These results indicate that the proposed approach can support automated PPE compliance monitoring and assist in improving workplace safety management in industrial settings.

Keywords: PPE Verification; YOLOv8; OpenCV; State Machine; ID Card; Helmet; Mask.

1. Introduction

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek yang sangat penting dalam lingkungan industri karena berkaitan langsung dengan perlindungan tenaga kerja, pencegahan kecelakaan, serta kelangsungan operasional perusahaan. Pada berbagai sektor industri, tingginya tingkat risiko kerja menuntut adanya sistem pengawasan yang ketat agar seluruh pekerja dapat mematuhi standar keselamatan yang telah ditetapkan. Salah satu penerapan K3 yang umum digunakan adalah

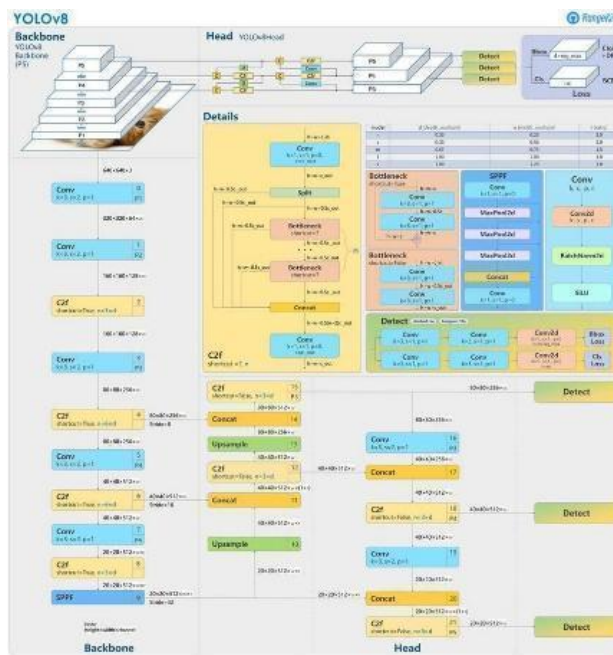
Received 9 Februari, 2026; Revised 6 April, 2026; Accepted 22 Juni, 2026

pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) seperti helm keselamatan dan masker yang wajib dikenakan sebelum memasuki area kerja tertentu [1], [2].

Namun demikian, pada praktik di lapangan, pengawasan penggunaan APD masih banyak dilakukan secara manual oleh petugas. Metode manual tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti ketergantungan pada ketelitian manusia, kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pemeriksaan, serta keterlambatan proses verifikasi ketika jumlah pekerja yang diperiksa cukup banyak. Kondisi ini dapat menurunkan efektivitas pengawasan keselamatan kerja di lingkungan industri [3], [4].

Seiring berkembangnya teknologi informasi, khususnya pada bidang kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) dan computer vision, berbagai solusi mulai dikembangkan untuk mendukung otomatisasi proses pengawasan. Teknologi computer vision memungkinkan sistem untuk mengenali dan menganalisis objek dari gambar atau video yang diperoleh melalui kamera, sehingga dapat diterapkan pada berbagai sistem real-time termasuk bidang keselamatan kerja [5], [6].

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam deteksi objek adalah You Only Look Once (YOLO) yang dikenal memiliki keunggulan dalam kecepatan serta akurasi. YOLO mampu melakukan proses deteksi dalam satu tahap inferensi sehingga cocok digunakan untuk sistem real-time. Versi terbaru yaitu YOLOv8 menawarkan peningkatan performa baik dari sisi akurasi, efisiensi komputasi, maupun kemampuan generalisasi dibandingkan versi sebelumnya [7].



Gambar 1. YOLOv8 Architecture

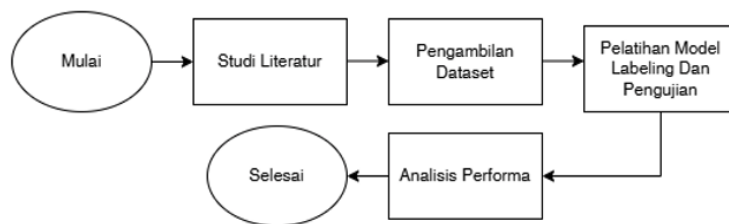
Meskipun beberapa penelitian telah menerapkan YOLO untuk deteksi APD, sebagian besar masih berfokus pada deteksi objek secara terpisah tanpa adanya mekanisme yang mengatur alur pemeriksaan secara terstruktur. Hal ini menyebabkan proses verifikasi belum berjalan secara sistematis, terutama pada tahapan mulai dari identifikasi pengguna hingga pengambilan keputusan akhir. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem verifikasi kelengkapan APD yang menggabungkan YOLOv8, OpenCV, dan State Machine. Integrasi ketiga komponen ini dirancang agar sistem dapat melakukan proses verifikasi secara bertahap, dimulai

dari identifikasi pekerja melalui pemindaian kartu identitas, dilanjutkan dengan deteksi kepala, helm keselamatan, dan masker, hingga menghasilkan keputusan akhir berupa status kelayakan APD [8], [9].

Selain itu, penerapan State Machine bertujuan untuk mengatur transisi setiap tahap agar proses berjalan lebih terstruktur dan konsisten tanpa adanya lonjakan proses yang tidak sesuai urutan. Dengan pendekatan ini, sistem diharapkan mampu meningkatkan keandalan dalam pengambilan keputusan secara real-time. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengawasan keselamatan kerja berbasis teknologi otomatis, khususnya dalam meningkatkan efisiensi inspeksi penggunaan APD di lingkungan industri. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual, tetapi juga mendukung penerapan standar K3 yang lebih efektif dan modern [10], [11].

2. Research Method

Metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan sistem verifikasi APD terdiri dari beberapa tahapan yang saling berkaitan, yaitu studi literatur, pengumpulan dataset, pelatihan model, implementasi sistem, pengujian, dan evaluasi performa. Seluruh tahapan dilakukan secara berurutan untuk menghasilkan sistem yang mampu melakukan verifikasi penggunaan APD secara otomatis dengan memanfaatkan YOLOv8, OpenCV, serta mekanisme State Machine. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 [12], [13].



Gambar 2. Flowchart Metodologi Penelitian.

2.1 Studi Literatur

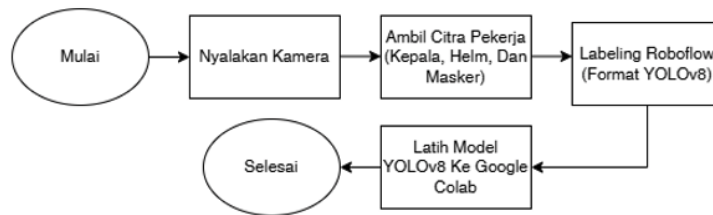
Studi literatur dilakukan sebagai tahap awal untuk memahami konsep dan teknologi yang digunakan dalam penelitian. Sumber referensi diperoleh dari jurnal, prosiding, buku, serta artikel ilmiah yang membahas computer vision, deep learning, YOLOv8, OpenCV, dan State Machine dalam sistem otomatisasi. Hasil studi ini digunakan sebagai dasar dalam perancangan serta implementasi sistem verifikasi APD [14].

2.2 Pengambilan Dataset

Dataset dikumpulkan menggunakan kamera digital dalam berbagai kondisi operasional. Pengambilan data dilakukan dengan mempertimbangkan variasi sudut, jarak, posisi objek, serta kondisi pencahayaan agar dataset lebih beragam. Objek penelitian terdiri dari tiga kelas, yaitu kepala, helm keselamatan, dan masker. Seluruh data kemudian diberi anotasi menggunakan platform Roboflow untuk menandai bounding box pada setiap objek [15].

2.3 Pelatihan Model

Model deteksi objek dikembangkan menggunakan YOLOv8n pada lingkungan Google Colab. Dataset dibagi menjadi data training dan testing dengan rasio 80:20. Selama pelatihan, model mempelajari pola visual dari setiap kelas objek sehingga dapat mengenali kepala, helm, dan masker pada data baru. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai precision, recall, dan mAP@50, kemudian diintegrasikan ke sistem untuk pengujian real-time [16], [17].



Gambar 3. Flowchart Pengambilan Dataset.

2.4 Implementasi Sistem

Sistem dikembangkan menggunakan Python dengan bantuan library OpenCV untuk pengolahan citra dan visualisasi. Model YOLOv8 digunakan untuk deteksi objek secara real-time melalui kamera. Selanjutnya, State Machine digunakan untuk mengatur alur proses mulai dari identifikasi ID Card, deteksi kepala, pemeriksaan helm dan masker, hingga penentuan status akhir PASS atau FAIL.

2.5 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi dan memverifikasi APD secara real-time. Proses pengujian dilakukan menggunakan kamera langsung dengan berbagai kondisi penggunaan APD. Parameter evaluasi yang digunakan meliputi accuracy, precision, recall, dan F1-score.

2.6 Analisis Performa

Analisis performa dilakukan dengan mengevaluasi hasil pengujian model dan sistem secara keseluruhan. Evaluasi model YOLOv8 menggunakan precision, recall, dan mAP@50, sedangkan evaluasi sistem menggunakan confusion matrix serta metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score. Hasil analisis digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan verifikasi APD pada lingkungan industri secara real-time [18], [19].

3. Results and Analysis

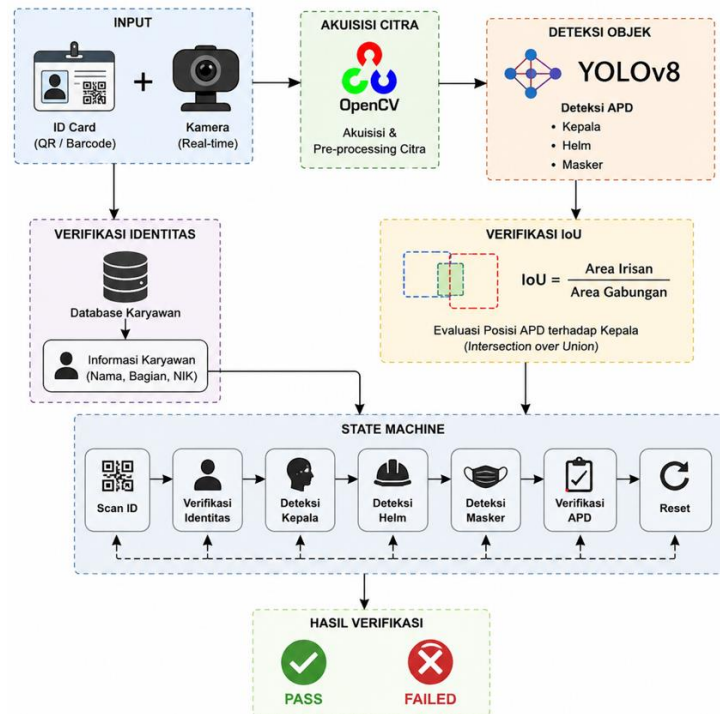
Bagian ini menjelaskan hasil implementasi serta evaluasi sistem verifikasi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang dikembangkan dengan memanfaatkan model YOLOv8, OpenCV, dan mekanisme State Machine. Pembahasan meliputi rancangan arsitektur sistem, implementasi setiap

tahapan verifikasi, hasil pengujian model deteksi, serta evaluasi performa sistem secara keseluruhan. [20].

3.1. Arsitektur Sistem

Sistem verifikasi APD dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama yang saling mendukung dalam proses pemeriksaan kelengkapan APD. Kamera digunakan sebagai perangkat akuisisi citra, model YOLOv8 berperan dalam mendeteksi objek, OpenCV digunakan untuk pengolahan citra dan visualisasi hasil deteksi, sedangkan State Machine berfungsi mengendalikan urutan proses verifikasi.

Alur kerja sistem diawali dengan pembacaan kartu identitas karyawan menggunakan ID Card. Setelah identitas berhasil dikenali, sistem melanjutkan proses pemeriksaan terhadap keberadaan kepala, helm keselamatan, dan masker. Informasi hasil deteksi kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan keputusan akhir berupa status PASS atau FAIL.



Gambar 4. Arsitektur Sistem Verifikasi APD

3.2. Implementasi State Mechine

State Machine diterapkan untuk mengatur setiap tahapan verifikasi agar berlangsung secara berurutan dan konsisten. Setiap state memiliki fungsi tertentu yang menjadi syarat untuk berpindah ke state berikutnya sehingga proses pemeriksaan dapat berjalan secara terstruktur .

Tahapan State Machine yang diterapkan terdiri atas:

- a. State 1 : Pemindaian ID Card.
- b. State 2 : Verifikasi Identitas Karyawan.
- c. State 3 : Deteksi Kepala.
- d. State 4 : Deteksi Helm.
- e. State 5 : Deteksi Masker.
- f. State 6 : Verifikasi APD.
- g. State 7 : Menampilkan Status PASS atau FAIL.
- h. State 8 : Reset Sistem.

Penerapan mekanisme ini membantu menjaga stabilitas proses verifikasi karena setiap tahap hanya dapat dijalankan apabila kondisi pada tahap sebelumnya telah terpenuhi. Dengan demikian, kemungkinan terjadinya kesalahan akibat perubahan objek yang berlangsung secara cepat dapat diminimalkan.

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan berbagai library pendukung untuk pengolahan citra, deteksi objek, pembacaan identitas, serta pembangunan antarmuka pengguna. Sistem dirancang agar mampu melakukan verifikasi APD secara real-time menggunakan kamera sebagai sumber data utama.

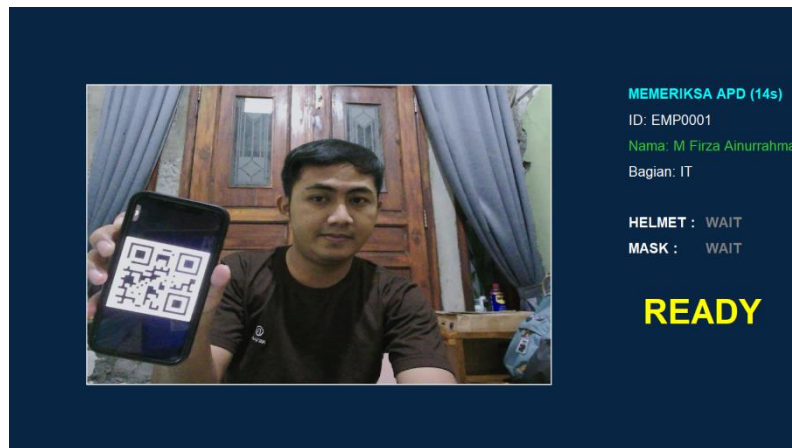
Tahap awal implementasi dilakukan dengan memuat library yang diperlukan, antara lain OpenCV untuk pengolahan citra, Tkinter untuk antarmuka pengguna, NumPy untuk manipulasi data numerik, Pyzbar untuk pembacaan QR Code, serta framework Ultralytics YOLOv8 untuk proses deteksi objek.

Setelah seluruh library berhasil dimuat, sistem melakukan konfigurasi parameter yang meliputi resolusi kamera, lokasi model deteksi, nilai confidence minimum, batas luas objek, dan nilai Intersection over Union (IoU) yang digunakan dalam proses validasi penggunaan APD.

3.3.1 Pemindaian ID Card

Tahap pertama pada sistem adalah identifikasi pengguna melalui QR Code atau barcode yang terdapat pada kartu identitas karyawan. Kamera akan menangkap citra kartu identitas, kemudian sistem melakukan proses decoding menggunakan library Pyzbar.

Apabila data berhasil dibaca, sistem akan mencocokkan informasi tersebut dengan database karyawan. Jika data ditemukan, maka informasi berupa ID karyawan, nama, dan bagian kerja ditampilkan pada antarmuka sistem. Setelah proses identifikasi berhasil dilakukan, sistem secara otomatis berpindah ke tahap pemeriksaan APD.

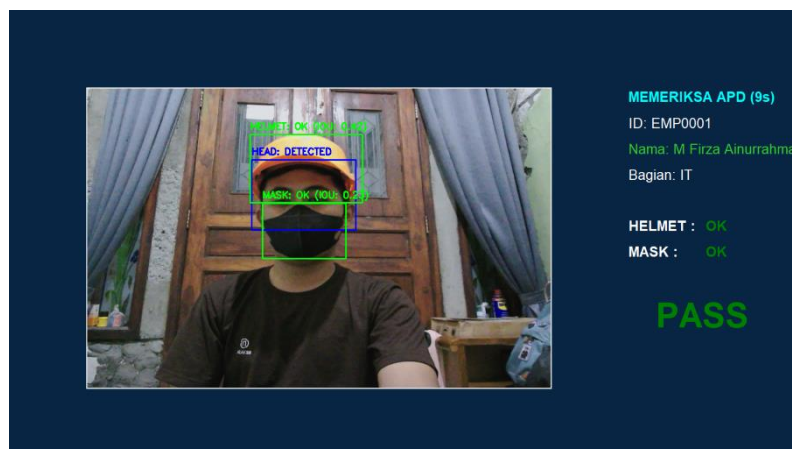


Gambar 5. Pemindaian ID Card

3.3.2 Deteksi Kepala

Setelah identitas pengguna berhasil diverifikasi, sistem mengaktifkan proses deteksi kepala menggunakan model YOLOv8 yang telah dilatih sebelumnya. Deteksi kepala digunakan sebagai referensi utama dalam proses pemeriksaan kelengkapan APD.

Keberhasilan sistem dalam menemukan objek kepala menjadi syarat untuk melanjutkan pemeriksaan ke tahap berikutnya. Apabila objek kepala tidak ditemukan, maka proses verifikasi tidak dapat dilanjutkan hingga objek berhasil terdeteksi.



Gambar 6. Proses Deteksi

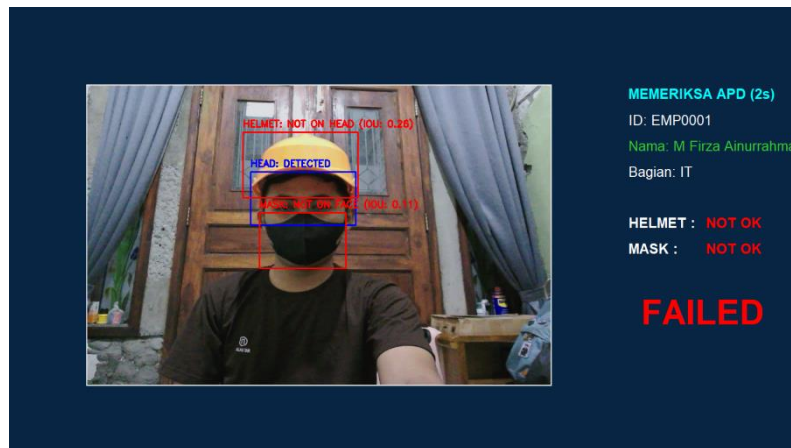
3.3.3 Deteksi Helm Dan Masker

Tahap berikutnya adalah proses identifikasi helm keselamatan dan masker pada area kepala yang telah terdeteksi sebelumnya. Setiap frame video yang diperoleh dari kamera terlebih dahulu disesuaikan ukurannya sebelum diproses oleh model YOLOv8.

Hasil deteksi ditampilkan dalam bentuk bounding box yang menunjukkan posisi masing-masing objek pada citra. Untuk meningkatkan akurasi sistem, setiap objek yang terdeteksi tidak langsung

digunakan dalam proses verifikasi. Sistem terlebih dahulu melakukan seleksi berdasarkan nilai confidence dan ukuran area bounding box.

Objek yang memiliki tingkat keyakinan rendah atau ukuran area yang tidak memenuhi batas minimum akan diabaikan. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya false detection sehingga proses verifikasi dapat dilakukan dengan lebih akurat.



Gambar 7. Proses Pemeriksaan Kelengkapan APD

3.3.4 Verifikasi Posisi APD Menggunakan IoU

Setelah objek kepala, helm, dan masker berhasil diperoleh, sistem melakukan proses validasi posisi menggunakan metode Intersection over Union (IoU). Metode ini digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian posisi antara objek APD dengan area kepala yang telah terdeteksi.

Helm dinyatakan digunakan dengan benar apabila nilai IoU antara bounding box helm dan kepala mencapai minimal 0,30. Nilai tersebut dipilih karena helm memiliki ukuran relatif besar dan harus menutupi sebagian area kepala.

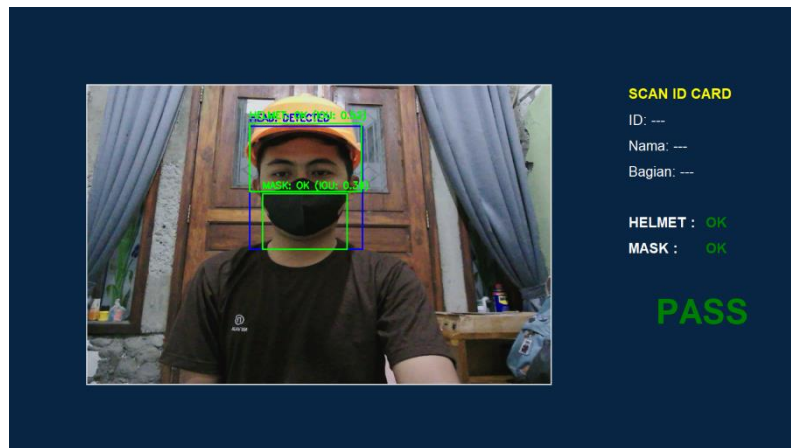
Untuk objek masker digunakan nilai ambang sebesar 0,15 karena ukuran area masker lebih kecil dibandingkan helm. Jika nilai IoU berada di bawah batas yang ditentukan, sistem akan menganggap APD belum digunakan secara benar meskipun objek masih dapat dikenali oleh model deteksi.

Dengan mekanisme ini, sistem tidak hanya memeriksa keberadaan APD, tetapi juga mengevaluasi ketepatan posisi penggunaannya

3.3.5 Hasil Verifikasi APD

Keputusan akhir sistem ditentukan berdasarkan hasil deteksi dan validasi seluruh komponen APD. Status PASS diberikan apabila identitas pengguna berhasil diverifikasi dan seluruh APD yang dipersyaratkan terdeteksi pada posisi yang sesuai.

Sebaliknya, status FAIL akan ditampilkan apabila salah satu komponen APD tidak terdeteksi atau tidak memenuhi kriteria validasi yang telah ditentukan. Hasil verifikasi ditampilkan secara langsung pada antarmuka sistem sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan secara real-time.



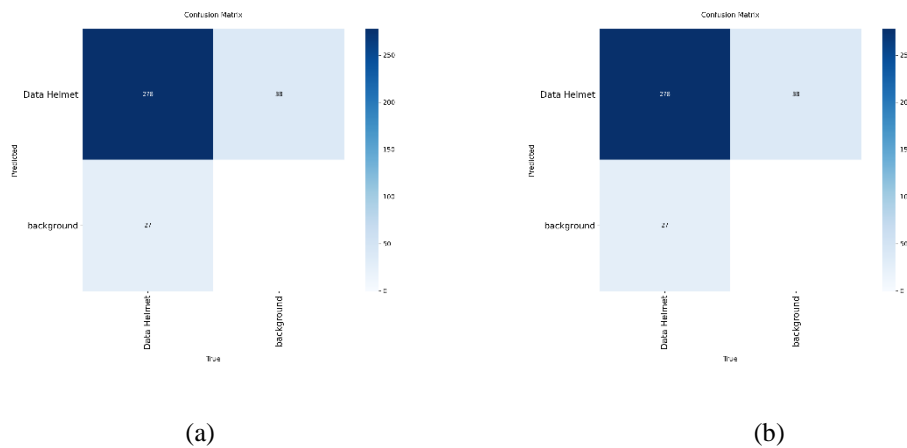
Gambar 8. Hasil Dari Verifikasi Kelengkapan APD

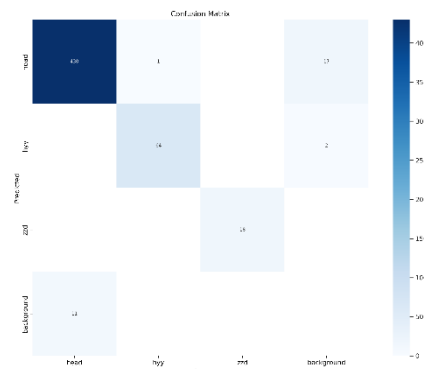
3.4 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam melakukan verifikasi kelengkapan APD secara otomatis pada kondisi operasional nyata. Evaluasi mencakup pengujian performa model YOLOv8 serta pengujian sistem verifikasi secara menyeluruh.

3.4.1 Pengujian Mode YOLOv8

Performa model dianalisis menggunakan confusion matrix untuk mengetahui kemampuan klasifikasi terhadap masing-masing kelas objek, yaitu kepala, helm, dan masker.





(c)

Gambar 9. Confusion Matrix Model

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model YOLOv8 mampu mengenali ketiga kelas objek dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Dominasi nilai prediksi benar pada confusion matrix menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan objek yang digunakan pada proses verifikasi APD. Berdasarkan hasil tersebut, model dinilai layak untuk diimplementasikan pada sistem yang dikembangkan.

3.4.2 Pengujian Sistem Verifikasi APD

Pengujian sistem dilakukan sebanyak 250 kali percobaan menggunakan kamera secara langsung. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menghasilkan keputusan PASS atau FAIL berdasarkan kondisi APD yang terdeteksi.

3.4.2.1 Perhitungan Akurasi Sistem

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 250 percobaan, diperoleh nilai akurasi sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{246}{250} \times 100\% = 98.4\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil verifikasi yang sesuai pada 246 percobaan dari total 250 percobaan yang dilakukan.

3.4.2.2 Perhitungan Precision

Precision digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan sistem ketika memberikan keputusan bahwa APD berada dalam kondisi lengkap.

$$Precision = \frac{246}{246 + 4} \times 100\% = 98.4\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar keputusan PASS yang dihasilkan sistem sesuai dengan kondisi sebenarnya.

3.4.2.3 Perhitungan Recall

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan sistem dalam mengenali seluruh kondisi APD yang benar-benar lengkap .

$$Recall = \frac{246}{246 + 0} \times 100\% = 100\%$$

Nilai recall sebesar 100% menunjukkan bahwa seluruh kondisi APD lengkap berhasil dikenali oleh sistem selama proses pengujian.

3.4.2.4 Perhitungan F1-Score

F1-Score digunakan untuk menggambarkan keseimbangan antara precision dan recall .

$$F1 - Score = 2 \times \frac{0.984 \times 1}{0.984 + 1} = 99.2\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki keseimbangan yang sangat baik antara ketepatan dan kemampuan deteksi .

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Sistem Verifikasi APD

Parameter	Nilai
Jumlah Pengujian	250
Accuracy	98,40%
Precision	98,40%
Recall	100%
F1-Score	99,20%

Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan tingkat performa yang tinggi dalam melakukan proses verifikasi APD. Nilai accuracy sebesar 98,40% menunjukkan bahwa sebagian besar keputusan yang dihasilkan sesuai dengan kondisi aktual. Selain itu, nilai recall yang mencapai 100% mengindikasikan bahwa seluruh kondisi APD lengkap berhasil dikenali selama pengujian berlangsung.

Untuk memperoleh gambaran performa yang lebih rinci, dilakukan evaluasi menggunakan confusion matrix yang membandingkan hasil prediksi sistem dengan kondisi sebenarnya.

Tabel 3.2 Tabel Confusion Matrix

N=250	Prediksi positif	Prediksi negatif
Aktual positif	TP = 246	FN = 0
Aktual negatif	FP = 4	TN = 0
Total prediksi	250	0

Berdasarkan confusion matrix tersebut, diperoleh 246 data True Positive (TP), yaitu kondisi ketika sistem dan kondisi aktual sama-sama menunjukkan APD lengkap. Tidak ditemukan False Negative (FN), yang berarti seluruh kondisi APD lengkap berhasil dikenali oleh sistem. Sementara itu terdapat 4 data False Positive (FP), yaitu kondisi ketika sistem memberikan keputusan APD lengkap meskipun pada kondisi aktual masih terdapat ketidaksesuaian penggunaan APD.

Pada penelitian ini, kelas positif didefinisikan sebagai kondisi APD lengkap (PASS), sedangkan kelas negatif merepresentasikan kondisi APD tidak lengkap (FAIL). Data pada confusion matrix tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam perhitungan accuracy, precision, recall, dan F1-score.

3.4.3 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebanyak 250 kali percobaan, sistem verifikasi APD mampu menjalankan proses pemeriksaan secara otomatis dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Integrasi model YOLOv8, OpenCV, dan State Machine memungkinkan sistem melakukan identifikasi pengguna serta verifikasi penggunaan APD secara berurutan sesuai alur yang telah dirancang.

Nilai accuracy sebesar 98,40% menunjukkan bahwa sebagian besar keputusan yang dihasilkan sistem telah sesuai dengan kondisi aktual selama pengujian. Selain itu, nilai recall yang mencapai 100% mengindikasikan bahwa seluruh kondisi APD lengkap berhasil dikenali oleh sistem tanpa adanya kasus yang terlewat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model deteksi yang digunakan mampu mengenali objek kepala, helm keselamatan, dan masker dengan baik pada berbagai kondisi pengamatan.

Meskipun masih ditemukan beberapa kasus kesalahan klasifikasi yang tercatat sebagai False Positive, jumlahnya relatif kecil dibandingkan total data pengujian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa performa sistem tetap stabil dan mampu mempertahankan tingkat ketepatan yang tinggi dalam proses verifikasi APD secara real-time.

Penerapan State Machine juga memberikan kontribusi terhadap kestabilan proses verifikasi. Setiap tahapan pemeriksaan dijalankan secara berurutan mulai dari pemindaian identitas, deteksi kepala, pemeriksaan helm, pemeriksaan masker, hingga penentuan status akhir. Mekanisme ini membantu mencegah terjadinya perpindahan proses yang tidak sesuai urutan sehingga keputusan yang dihasilkan menjadi lebih konsisten.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa pendekatan yang diterapkan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai solusi otomatis untuk mendukung pengawasan penggunaan APD di lingkungan industri. Sistem mampu melakukan pemeriksaan secara cepat, terstruktur, dan

berkelanjutan sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

4. Conclusion

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem verifikasi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) berbasis computer vision dengan memanfaatkan model YOLOv8, OpenCV, dan mekanisme State Machine. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan proses identifikasi karyawan melalui pemindaian kartu identitas, mendeteksi objek kepala, helm keselamatan, dan masker, serta menghasilkan keputusan verifikasi secara otomatis dalam bentuk status PASS atau FAIL.

Berdasarkan hasil evaluasi, model YOLOv8 yang digunakan memperoleh nilai mAP@50 sebesar 93,9%, sedangkan pengujian sistem secara keseluruhan menghasilkan accuracy sebesar 98,40%, precision sebesar 98,40%, recall sebesar 100%, dan F1-score sebesar 99,20%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan yang tinggi dalam melakukan verifikasi penggunaan APD pada kondisi operasional secara real-time.

Penggunaan State Machine terbukti mampu mengatur alur pemeriksaan secara terstruktur sehingga setiap tahapan verifikasi dapat berlangsung sesuai urutan yang telah ditentukan. Kombinasi antara deteksi objek dan pengendalian alur proses memberikan kontribusi terhadap kestabilan sistem dalam menghasilkan keputusan yang konsisten.

Untuk penelitian selanjutnya, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan jenis APD lainnya, memperluas jumlah dan variasi dataset pelatihan, serta mengintegrasikan sistem dengan basis data terpusat atau teknologi Internet of Things (IoT) guna mendukung implementasi pada lingkungan industri yang lebih luas.

References

- [1] Hadi Supriyanto, Sarosa Castrena Abadi, and Aliffa Shalsabilah, "Deteksi Helm Keselamatan Menggunakan Jetson Nano dan YOLOv7," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2024, doi: 10.52158/jacost.v5i1.637.
- [2] Darussalam and G. Arief, "Jurnal Resti," *Resti*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2018.
- [3] N. N. Hasibuan, M. Zarlis, and S. Efendi, "Detection and Tracking Different Type of Cars With YOLO model combination and deep sort algorithm based on computer vision of traffic controlling," *Sinkron*, vol. 5, no. 2B, pp. 210–221, 2021, doi: 10.33395/sinkron.v6i1.11231.
- [4] A. Kurniawardhani, D. H. Fudholi, G. I. Andaru, A. A. Alhanafi, and N. Najmudin, "YOLO-based Small-scaled Model for On-Shelf Availability in Retail," *J. RESTI*, vol. 8, no. 2, pp. 265–271, 2024, doi: 10.29207/resti.v8i2.5600.
- [5] R. Santi, W. Suwarningsih, and A. Sasongko, "Sistem Deteksi Helm Pengaman untuk Pemantauan Area Pabrik," *J. Infosecure*, vol. 5, no. 2, pp. 2087–2023, 2024.
- [6] S. S. More, N. Patil, V. B. Lobo, N. Shet, D. Goswami, and P. Rane, "Empowering the Visually Impaired: YOLOv8-based Object Detection in Android Applications," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 252, pp. 457–469, 2025, doi: 10.1016/j.procs.2025.01.005.
- [7] J. Samperante, M. Agus, W. Putra, A. G. Permana, S. Informasi, and M. Informatika, "Implementasi Arsitektur Yolo V8 Dalam Mendeteksi Alat Pelindung Diri (APD) Di Sektor Konstruksi Dan Industri," *Semin. Has. Penelit. Inform. dan Komput. | Inst. Teknol. dan Bisnis STIKOM Bali*, vol. 2, no. 1, pp. 661–666, 2025, [Online]. Available: <https://spinter.stikom-bali.ac.id/index.php/spinter/article/view/698>
- [8] Visen and N. Charibaldi, "Penerapan Object Detection Menggunakan Deep Learning YOLOv8 Untuk Mengidentifikasi Sampah Anorganik (Maksimal Sepuluh Objek) Dalam Satu Citra," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 195–202, 2025, doi: 10.25126/jtiik.2025129012.

- [9] A. F. Oklilas, S. Sukemi, and R. Apriliyanto, "Model Yolo Versi 4 Pada Pengenalan Kendaraan Di Jalan Raya Kota Palembang," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 3, pp. 136–139, 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.3.136-139.
- [10] Q. Li *et al.*, "Improved YOLOv4 algorithm for safety management of on-site power system work," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 739–746, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.08.170.
- [11] S. D. Meena, V. Gayathri Siva Sameeraja, N. S. Lasya, M. Sathvika, V. Harshitha, and J. Sheela, "Hybrid Neural Network Architecture for Multi-Label Object Recognition using Feature Fusion," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 215, pp. 78–90, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.12.009.
- [12] A. M. Deepthi shree and M. Brindha, "YOLOv8 for Robust Traffic Object Instance Segmentation using Image Quality Assessment," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 260, pp. 1060–1070, 2025, doi: 10.1016/j.procs.2025.03.291.
- [13] R. Therino Elean, D. Hermanto, and E. P. Widiyanto, "Deteksi Jumlah Kendaraan Roda Empat Menggunakan Yolo," *Integr. Perspect. Soc. Sci. J.*, vol. 2, no. 1, p. 1647, 2025.
- [14] A. I. Rizki, R. Regasari, M. Putri, and N. H. Shaffan, "Sistem Pintu Cerdas Berbasis Pengenalan Wajah dan Kartu Identitas Menggunakan YOLOv8 dan Optical Character Recognition (OCR)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 1–9, 2025.
- [15] S. Aprilia, "Peninjauan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja," vol. 8, no. 2, 2023.
- [16] A. Adelina *et al.*, "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Melalui Metode HIRADC Pada UMKM Batik XYZ," *Jabb*, vol. 6, no. 1, p. 2025, 2025.
- [17] R. A. Nashrulloh, A. Hakim, Z. Fasya, U. Nahdatul, and U. Surabaya, "Volume 2 Nomor 6 Juni 2023 KERJA TERHADAP KINERJA KARYAWAN," vol. 2, pp. 1253–1261, 2023.
- [18] D. Triyanto, M. Zidan, M. Wahyudi, L. Pujiastuti, and S. Sumanto, "Pengembangan Sistem Deteksi Objek Botol Real-Time dengan YOLOv8 untuk Aplikasi Vision," *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 44–50, 2024, doi: 10.31294/ijcs.v3i1.6070.
- [19] S. Wahyuni, C. Putri, Z. Lheena, and R. Zakaria, "985-998 2," vol. 5, pp. 985–997, 2025.
- [20] W. Alfalah, "Pengenalan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Di PT Cita Rasa Palembang," *Terang*, vol. 4, no. 1, pp. 11–20, 2021, doi: 10.33322/terang.v4i1.657.