# Implementasi Algoritma YOLOv8 dan FaceNet Berdasarkan Cosine Similarity untuk Sistem Monitoring Alat Pelindung Diri (APD)

1st Rizal Zidan Syahjaya
Direktorat Kampus Surabaya
Telkom University
Surabaya, Indonesia
rizalzidan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Yohanes Setiawan
Direktorat Kampus Surabaya
Telkom University
Surabaya, Indonesia
yohanessetiawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Mastuty Ayu Ningtyas
Direktorat Kampus Surabaya
Telkom University
Surabaya, Indonesia
mastutyayu@telkomuniversity.ac.id

*Abstrak* — **Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah hal penting dalam operasional terminal petikemas yang memiliki risiko tinggi. Menurut laporan Kementerian Ketenagakerjaan (2023), sekitar 32% kecelakaan kerja di sektor logistik terjadi karena pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) dengan benar. Observasi juga menunjukkan pelanggaran penggunaan APD mencapai 15 hingga 25 kasus setiap minggu, seperti tidak memakai helm, tidak menggunakan rompi keselamatan, atau penggunaan APD yang tidak tepat. Angka pelanggaran ini semakin tinggi karena pengawasan manual tidak mampu mengawasi area kerja secara langsung. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan pelanggaran APDberbasis YOLOv8 yang terintegrasi dengan ars itektur FaceNet untuk pengenalan wajah. YOLOv8 berfungsi mendeteksi atribut APD, sementara identitas pelanggar diverifikasi melalui ekstraksi 512 dimensi embedding wajah menggunakan FaceNet. Pencocokan wajah dilakukan dengan metode Cosine Similarity, yaitu pengukuran sudut jarak antar vektor untuk menentukan tingkat kemiripan identitas. Berdasarkan pengujian, YOLOv8 berhasil mencapai tingkat akurasi deteksi APD dengan metrik mAP@50 sebesar 87.96%, Precision 86.87%, dan Recall 80.82%. Sementara itu,sistem pengenalan wajah dengan similarity threshold 0.520 terbukti andal dalam mengidentifikasi pekerja dengan tingkat akurasi sebesar 97.78%. Selain evaluasi teknis, pengujian usability yang dilakukan kepada petugas K3 menunjukkan hasil yang positif dengan nilai rata-rata keseluruhan 3.89 dari skala 5 (kategori Baik). Sistem dinilai sangat unggul pada aspek desain antarmuka dan kecepatan respons yang minim jeda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengawasan K3 secara presisi.**

***Kata kunci— YOLOV8, Deteksi APD, Computer Vision, Pengenalan Wajah,Cosine Similarity, Usability, UAT, K3.***

## I. PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek penting dalam aktivitas di terminal petikemas yang memiliki tingkat risiko tinggi. Industri logistik dan pelabuhan termasuk lingkungan kerja dengan potensi bahaya besar akibat penggunaan alat berat, mobilitas pekerja yang tinggi, serta aktivitas bongkar muat yang kompleks (Oyekan, Davison, Mistry, & Bogue, 2025). Pekerjaan seperti mengangkat dan memindahkan kontainer, mengoperasikan alat berat, dan bekerja di area dengan lalu lintas padat menuntut ketaatan penuh terhadap penggunaan alat pelindung diri (APD).

Berdasarkan laporan Kementerian Ketenagakerjaan (2023), sekitar 32% kecelakaan kerja di sektor logistik disebabkan oleh ketidakpatuhan terhadap APD (Laporan Keselamatan Kerja Sektor Logistik 2023, 2023). Selain itu, hasil pengamatan di beberapa terminal petikemas menunjukkan bahwa terdapat sekitar 15–25 pelanggaran APD per minggu, dengan rincian pelanggaran terbanyak berupa tidak memakai helm (45%), tidak memakai rompi keselamatan (32%), serta penggunaan APD yang tidak tepat (23%). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kepatuhan terhadap APD masih menjadi permasalahan serius di lingkungan kerja industri.

Permasalahan tersebut diperparah oleh keterbatasan sistem pengawasan manual yang tidak mampu memantau seluruh area kerja secara langsung, serta rentan terhadap keterlambatan, kelalaian, dan bias persepsi manusia (Zia, Steinberger, Pokorny, Hollnagel, & Baldissone, 2022). Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang mampu meningkatkan efektivitas pengawasan secara otomatis dan berkelanjutan. Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya di bidang computer vision, memungkinkan analisis citra dan video secara langsung untuk mendeteksi perilaku tidak aman (unsafe behavior) (Feng, Li, Han, & Xu, 2021). Salah satu algoritma populer dalam deteksi objek adalah YOLO (You Only Look Once) (Redmon & Farhadi, 2016). Versi terbarunya, yaitu YOLOv8, menawarkan peningkatan dalam kecepatan inferensi, akurasi, serta efisiensi komputasi sehingga sangat cocok untuk aplikasi pemantauan langsung (Ultralytics, 2023).Selain deteksi objek, sistem modern juga membutuhkan kemampuan identifikasi individu. Teknologi face recognition mampu menghasilkan representasi numerik wajah (embedding) yang stabil, yang kemudian dibandingkan menggunakan metodeCosine Similarity untuk menentukan tingkat kemiripan identitas (Chen & Hu, 2022;Sirait & Siddik, 2025).

Namun, berdasarkan studi literatur, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada salah satu aspek, yaitu

deteksi APD atau pengenalan wajah secara terpisah. Belum banyak penelitian yang mengintegrasikan kedua teknologi tersebut dalam satu sistem yang mampu bekerja secara langsung untuk mendeteksi sekaligus mengidentifikasi pelanggaran. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem deteksi dan monitoring pelanggaran APD berbasis YOLOv8 yang diintegrasikan dengan teknologi face recognition menggunakan metode Cosine Similarity. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengawasan K3, membantu proses identifikasi pelanggar secara otomatis, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Computer Vision

Computer Vision merupakan salah satu cabang Artificial Intelligence (AI) yang memungkinkan komputer memperoleh, mengolah, dan memahami informasi dari citra maupun video digital. Teknologi ini digunakan untuk mengekstraksi informasi visual sehingga komputer mampu mengenali objek, mengidentifikasi pola, serta melakukan proses klasifikasi secara otomatis. Dalam penelitian ini, Computer Vision digunakan sebagai dasar pengembangan sistem monitoring kepatuhan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) melalui analisis citra yang diperoleh dari kamera CCTV maupun webcam.

### B. Algoritma YOLOv8

YOLOv8 (You Only Look Once Version 8) merupakan algoritma deteksi objek berbasis deep learning yang dikembangkan untuk melakukan proses deteksi secara cepat dan akurat dalam satu tahap (single-stage object detection). Dibandingkan metode deteksi konvensional, YOLOv8 memiliki kemampuan melakukan inferensi dengan latensi rendah sehingga sesuai diterapkan pada sistem pemantauan secara real-time.

Arsitektur YOLOv8 terdiri atas tiga komponen utama, yaitu Backbone, Neck, dan Head. Backbone bertugas mengekstraksi fitur dari citra masukan menggunakan CSPDarknet, Neck menggabungkan informasi fitur dari berbagai skala menggunakan PAN-FPN, sedangkan Head menghasilkan prediksi berupa kelas objek, bounding box, dan tingkat kepercayaan (confidence score). Pada penelitian ini YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi penggunaan helm keselamatan, rompi keselamatan, serta kondisi pelanggaran APD pada pekerja.

### C. Face Recognition Menggunakan FaceNet

Face Recognition merupakan teknologi biometrik yang digunakan untuk mengenali identitas seseorang berdasarkan karakteristik wajah. Proses pengenalan wajah terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu face detection, feature extraction, dan face matching. Tahap pertama mendeteksi lokasi wajah pada citra, kemudian wajah diekstraksi menjadi representasi numerik (face embedding), dan selanjutnya dibandingkan dengan data referensi yang tersimpan pada basis data.

Pada penelitian ini proses ekstraksi fitur wajah menggunakan arsitektur FaceNet. FaceNet menghasilkan embedding vector berdimensi 512 yang merepresentasikan karakteristik unik setiap individu. Model ini dilatih menggunakan Triplet Loss sehingga embedding dari individu yang sama memiliki jarak yang berdekatan, sedangkan embedding dari individu yang berbeda memiliki jarak yang lebih jauh. Representasi tersebut memungkinkan proses identifikasi wajah dilakukan secara akurat meskipun terdapat variasi pencahayaan maupun posisi wajah.

### D. Cosine Similarity

Cosine Similarity merupakan metode pengukuran tingkat kemiripan antara dua buah vektor berdasarkan sudut yang dibentuk oleh kedua vektor tersebut. Pada sistem Face Recognition, metode ini digunakan untuk membandingkan embedding vector hasil ekstraksi FaceNet dengan embedding yang tersimpan pada basis data pekerja. Nilai Cosine Similarity berada pada rentang -1 hingga 1, di mana nilai yang semakin mendekati 1 menunjukkan tingkat kemiripan yang semakin tinggi. Identitas pekerja ditentukan berdasarkan nilai kemiripan yang melebihi threshold yang telah ditentukan.

Persamaan Cosine Similarity dinyatakan sebagai berikut.

$$CosineSimilarity(A,B) = \frac{A \cdot B}{||\ A\ ||\ \ ||\ B\ ||} \qquad (1)$$

Pada penelitian ini hasil perhitungan Cosine Similarity digunakan sebagai dasar dalam menentukan apakah wajah yang terdeteksi merupakan pekerja yang telah terdaftar atau diklasifikasikan sebagai **Unknown**.

### E. Integrasi YOLOv8 dan Face Recognition

Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dengan Face Recognition berbasis FaceNet dan Cosine Similarity untuk membangun proses monitoring pelanggaran APD secara otomatis. Proses dimulai dari pengambilan citra melalui kamera CCTV, kemudian YOLOv8 mendeteksi pekerja beserta atribut APD yang digunakan. Apabila sistem mendeteksi adanya pelanggaran, area wajah pekerja akan diekstraksi dan diproses menggunakan FaceNet untuk menghasilkan *embedding vector*. Selanjutnya, *embedding* tersebut dibandingkan dengan data wajah pada basis data menggunakan Cosine Similarity sehingga identitas pekerja dapat diketahui. Informasi mengenai status penggunaan APD dan identitas pekerja kemudian ditampilkan pada dashboard monitoring secara *real-time* serta disimpan ke dalam basis data sebagai laporan pelanggaran.

### F. Metrik Evaluasi

Evaluasi performa sistem dilakukan menggunakan beberapa metrik yang umum digunakan pada sistem deteksi objek dan pengenalan wajah. Kinerja model YOLOv8 dievaluasi menggunakan **Precision**, **Recall**, **F1-Score**, dan **Mean Average Precision (mAP@0.5)**. Precision digunakan untuk mengukur ketepatan prediksi positif, Recall mengukur kemampuan model dalam mendeteksi seluruh objek yang seharusnya terdeteksi, sedangkan F1-Score merupakan rata-rata harmonis antara Precision dan Recall. Nilai mAP@0.5 digunakan sebagai indikator utama dalam mengevaluasi performa model deteksi objek. Sementara itu, performa Face Recognition dievaluasi melalui pengujian *Confusion Matrix*, *False Acceptance Rate* (FAR), *False Rejection Rate* (FRR),

serta penentuan nilai *threshold* Cosine Similarity yang menghasilkan tingkat identifikasi paling optimal.

## III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan perangkat lunak **Waterfall** karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur, sehingga sesuai untuk pengembangan sistem monitoring pelanggaran Alat Pelindung Diri (APD). Model Waterfall terdiri atas empat tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan identifikasi proses bisnis pengawasan APD di lingkungan terminal peti kemas, meliputi kebutuhan fungsional seperti kemampuan mendeteksi penggunaan APD dan mengidentifikasi pekerja secara otomatis, serta kebutuhan non-fungsional seperti akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, dan stabilitas sistem. Selanjutnya dilakukan perancangan arsitektur sistem, alur proses, basis data, dan antarmuka pengguna. Tahap implementasi dilakukan dengan membangun model deteksi objek menggunakan YOLOv8 serta modul pengenalan wajah menggunakan FaceNet dan Cosine Similarity. Tahap terakhir adalah pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi sesuai kebutuhan.

### A. Dataset Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis dataset, yaitu dataset publik untuk pelatihan model deteksi APD dan dataset wajah mandiri untuk proses pengenalan wajah. Dataset publik diperoleh dari platform Roboflow yang berisi citra pekerja dengan atribut APD seperti helm keselamatan dan rompi keselamatan. Dataset tersebut telah melalui proses anotasi sehingga dapat digunakan untuk melatih model YOLOv8. Selain itu, digunakan dataset wajah mandiri yang diperoleh melalui proses pengambilan citra pekerja secara langsung dengan variasi sudut pengambilan dan kondisi pencahayaan. Dataset wajah digunakan sebagai basis data referensi pada proses identifikasi menggunakan FaceNet dan Cosine Similarity.

### B. Arsitektur Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Kamera CCTV berfungsi sebagai sumber masukan berupa citra atau video secara *real-time*. Data visual tersebut diproses oleh model YOLOv8 untuk mendeteksi keberadaan pekerja beserta atribut APD yang digunakan. Apabila sistem mendeteksi pelanggaran penggunaan APD, area wajah pekerja akan diekstraksi dan diteruskan ke modul FaceNet untuk menghasilkan *embedding vector* berdimensi 512. *Embedding* tersebut kemudian dibandingkan dengan data wajah yang tersimpan pada basis data menggunakan metode Cosine Similarity. Apabila nilai kemiripan melebihi *threshold* yang telah ditentukan, sistem akan menampilkan identitas pekerja, sedangkan apabila tidak memenuhi nilai *threshold*, sistem akan memberikan label **Unknown**. Seluruh hasil deteksi dan identifikasi selanjutnya ditampilkan pada dashboard monitoring dan disimpan ke dalam basis data sebagai laporan pelanggaran.

### C. Alur kerja Sistem

Alur kerja sistem diawali dengan proses pengambilan citra dari kamera CCTV yang kemudian diproses menggunakan YOLOv8 untuk mendeteksi pekerja beserta atribut APD yang dikenakan. Apabila tidak ditemukan pelanggaran, sistem akan melanjutkan proses monitoring tanpa melakukan identifikasi wajah. Sebaliknya, apabila ditemukan pelanggaran seperti tidak menggunakan helm atau rompi keselamatan, sistem akan melakukan ekstraksi wajah dari hasil deteksi. Citra wajah tersebut diproses menggunakan FaceNet untuk menghasilkan *embedding vector*, kemudian dibandingkan dengan *embedding* pada basis data menggunakan Cosine Similarity. Berdasarkan nilai kemiripan yang diperoleh, sistem menentukan identitas pekerja atau memberikan label **Unknown** apabila nilai kemiripan berada di bawah *threshold*. Informasi pelanggaran beserta identitas pekerja kemudian dikirimkan ke dashboard monitoring untuk ditampilkan secara langsung.

### D. Implementasi Face Recognition

Proses pengenalan wajah dilakukan menggunakan arsitektur FaceNet yang menghasilkan representasi numerik (*face embedding*) dari setiap citra wajah. *Embedding* tersebut memiliki dimensi 512 dan digunakan sebagai representasi karakteristik unik setiap individu. Proses identifikasi dilakukan dengan menghitung nilai Cosine Similarity antara *embedding* wajah hasil deteksi dengan seluruh *embedding* referensi yang tersimpan pada basis data pekerja. Identitas pekerja ditentukan berdasarkan nilai kemiripan tertinggi yang memenuhi nilai *threshold*. Pendekatan ini dipilih karena memiliki kemampuan membedakan karakteristik wajah secara efektif serta mampu bekerja dengan baik pada variasi pencahayaan maupun posisi wajah.

### E. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan terhadap seluruh komponen sistem untuk memastikan proses deteksi APD dan pengenalan wajah dapat berjalan dengan baik. Evaluasi model YOLOv8 menggunakan metrik **Precision**, **Recall**, **F1-Score**, dan **Mean Average Precision (mAP@0.5)** untuk mengukur performa deteksi objek. Sementara itu, pengujian modul Face Recognition dilakukan menggunakan *Confusion Matrix*, *False Acceptance Rate* (FAR), *False Rejection Rate* (FRR), serta pengujian nilai *threshold* Cosine Similarity untuk memperoleh tingkat identifikasi yang optimal. Selain pengujian masing-masing modul, dilakukan pula pengujian sistem secara terintegrasi untuk memastikan seluruh proses mulai dari deteksi APD, identifikasi pekerja, hingga penyimpanan laporan pelanggaran dapat berjalan secara otomatis dan stabil.

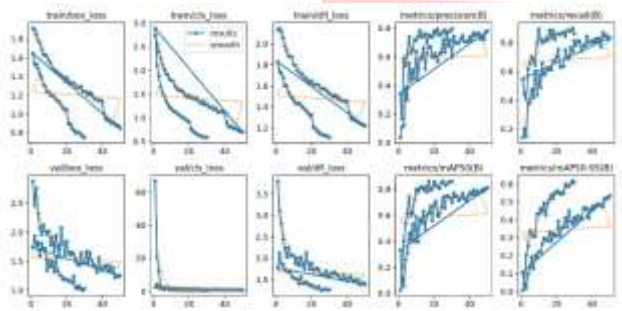
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem monitoring pelanggaran Alat Pelindung Diri (APD) dikembangkan dengan mengintegrasikan algoritma YOLOv8 sebagai metode deteksi objek dan FaceNet berbasis

Cosine Similarity sebagai metode pengenalan wajah. Evaluasi dilakukan terhadap setiap komponen sistem maupun sistem secara keseluruhan untuk mengetahui kemampuan deteksi APD, akurasi identifikasi pekerja, serta tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan.

A. Hasil Pelatihan Model YOLOv8

Model YOLOv8 dilatih menggunakan dataset APD yang telah melalui proses anotasi selama 50 epoch. Selama proses pelatihan dilakukan pemantauan terhadap perubahan nilai *training loss*, *validation loss*, *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision (mAP)* untuk mengetahui proses konvergensi model.



GAMBAR 1
(A)

Berdasarkan Gambar 8, nilai *training loss* dan *validation loss* mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai kondisi konvergen. Pada saat yang sama nilai Precision, Recall, dan mAP meningkat secara konsisten selama proses pelatihan sehingga menunjukkan bahwa model berhasil mempelajari karakteristik objek APD dengan baik.

B. Tabel

TABEL 1
(A)

| Parameter | Nilai |
|---|---|
| Precision | ***0,80*** |
| Recall | **0,86** |
| F1-Score | **0,83** |
| mAP@50 | **0,86** |

Berdasarkan Tabel 1, model YOLOv8 menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Model memperoleh nilai **Precision sebesar 0,80**, yang menunjukkan bahwa sebagian besar objek yang diprediksi sebagai APD merupakan prediksi yang benar. Nilai **Recall sebesar 0,86** mengindikasikan bahwa model mampu mendeteksi sebagian besar objek APD yang terdapat pada dataset pengujian. Sementara itu, **F1-Score sebesar 0,83** menunjukkan keseimbangan yang baik antara nilai Precision dan Recall, sehingga model tidak hanya akurat dalam melakukan prediksi tetapi juga memiliki kemampuan deteksi yang tinggi.

Selain itu, model memperoleh nilai **mAP@50 sebesar 0,86**, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan lokalisasi objek yang baik berdasarkan ambang *Intersection over Union* (IoU) sebesar 0,5. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa model YOLOv8 telah mampu mengenali atribut APD secara efektif dan layak diterapkan pada sistem monitoring pelanggaran APD secara *real-time*. Meskipun nilai Precision masih lebih rendah dibandingkan Recall, model lebih mengutamakan kemampuan mendeteksi seluruh objek APD sehingga risiko objek yang tidak terdeteksi (*false negative*) dapat diminimalkan. Hal ini penting dalam sistem monitoring keselamatan kerja karena kegagalan mendeteksi pelanggaran APD dapat berdampak pada meningkatnya risiko kecelakaan kerja.

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem monitoring pelanggaran Alat Pelindung Diri (APD) dengan mengintegrasikan algoritma YOLOv8 dan FaceNet berbasis Cosine Similarity. Model YOLOv8 mampu mendeteksi penggunaan APD secara real-time dengan performa yang baik, ditunjukkan oleh nilai Precision sebesar 0,80, Recall sebesar 0,86, F1-Score sebesar 0,83, dan mAP@50 sebesar 0,86. Sementara itu, modul Face Recognition menggunakan FaceNet berhasil mengenali identitas pekerja dengan tingkat akurasi 97,78% dan nilai threshold Cosine Similarity optimal sebesar 0,52, sehingga mampu membedakan pekerja yang terdaftar dengan pengguna yang tidak dikenal (Unknown) secara efektif.

Integrasi kedua algoritma tersebut menghasilkan sistem yang mampu mendeteksi pelanggaran penggunaan APD sekaligus mengidentifikasi identitas pekerja secara otomatis. Informasi hasil deteksi ditampilkan pada dashboard monitoring dan disimpan ke dalam basis data sehingga dapat mendukung proses pengawasan keselamatan kerja secara lebih efektif. Selain itu, hasil User Acceptance Test (UAT) memperoleh nilai rata-rata 3,89 dengan kategori Baik, yang menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dan digunakan sebagai alat bantu monitoring kepatuhan penggunaan APD di lingkungan kerja.

## REFERENSI

### A. REFERENSI

[1] U. Bahtiar, Fathulloh, and K. Aeni, “Implementasi framework You Only Look Once versi 8 (YOLOv8) pada deteksi citra alat pelindung diri (APD),” *Indonesian Journal of Informatics Research*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2025.

[2] J. Chen and J. Hu, “Multi-view cosine similarity learning with application to face verification,” *Mathematics*, vol. 10, no. 11, p. 1800, 2022, doi: 10.3390/math10111800.

[3] Y. Feng, H. Li, X. Han, and S. Xu, “Computer vision-based occupational safety: A review,” *Safety Science*, vol. 139, p. 105250, 2021, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105250.

[4] A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*, 3rd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2022.

[5] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2016.

[6] G. Jocher and Ultralytics Team, “YOLOv8 Documentation.” Internet: https://docs.ultralytics.com [Accessed: Jun. 20, 2026].

[7] *Laporan Keselamatan Kerja Sektor Logistik 2023*, 2023.

[8] J. Oyekan, D. Davison, A. Mistry, and R. Bogue, “Evaluating user safety aspects of AI-based systems in industrial occupational safety: A critical review of research literature,” *International Journal of Environmental Research*

*and Public Health*, vol. 22, no. 5, p. 705, 2025, doi: 10.3390/ijerph22050705.
[9] R. Padilla, W. L. Passos, T. L. B. Dias, S. L. Netto, and E. A. B. da Silva, "A comparative analysis of object detection metrics with a companion open-source toolkit," *Electronics*, vol. 10, no. 3, p. 279, 2021, doi: 10.3390/electronics10030279.
[10] J. Redmon and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 779–788, doi: 10.1109/CVPR.2016.91.
[11] H. Rezatofighi, N. Tsoi, J. Gwak, A. Sadeghian, I. Reid, and S. Savarese, "Generalized Intersection over Union: A metric and a loss for bounding box regression," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, pp. 658–666, doi: 10.1109/CVPR.2019.00075.
[12] A. Sirait and M. Siddik, "Implementasi algoritma cosine similarity dalam pengenalan wajah untuk aplikasi absensi," *JOISIE: Journal of Information Systems and Informatics Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 1–17, 2025, doi: 10.35145/joisie.v9i1.4772.
[13] L. Tan and K. Wang, "Internet of Things and computer vision based smart monitoring system," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 5, pp. 45–52, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110506.
[14] Ultralytics, "YOLOv8 Documentation." Internet: https://docs.ultralytics.com [Accessed: Jun. 20, 2026].
[15] Y. Zhang, H. Liu, and X. Chen, "A YOLOv8 algorithm for safety helmet wearing detection," *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, pp. 1–12, 2025.
[16] Y. Zia, F. Steinberger, F. T. Pokorny, E. Hollnagel, and G. Baldissone, "An occupational safety and health perspective on human in control and AI," *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 5, p. 868382, 2022, doi: 10.3389/frai.2022.868382.

.