

Sistem Deteksi Safety Helmet Terhadap Karyawan Industri Morowali Menggunakan Metode Machine Learning

Fachrun Hidayat^{1*}, Ghivan Dwirahmanto², Muh Zainal A³, Muh Anas Masa⁴, Tanridio Silvia⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: ¹Fachrunhidayat99@gmail.com; ²ghivandr@gmail.com; ³muhzainal.altimali@umi.ac.id; ⁴anas.masa@umi.ac.id; ⁵tanridiosilviati.da@umi.ac.id

Received: 04 08 2025 | Revised: 16 08 2025 | Accepted: 22 08 2025 | Published: 30 09 2025

Abstrak

Keselamatan kerja merupakan aspek krusial dalam lingkungan industri, terutama terkait pemakaian alat pelindung diri (APD) seperti helm keselamatan. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi otomatis pemakaian helm keselamatan berbasis machine learning menggunakan platform Teachable Machine yang diintegrasikan dalam aplikasi berbasis web. Sistem juga menggunakan protokol MQTT untuk notifikasi real-time pelanggaran penggunaan helm pada pintu gerbang industri Morowali. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi deteksi helm dan kecepatan notifikasi yang signifikan. Sistem ini diharapkan meningkatkan kepatuhan penggunaan APD dan mengurangi risiko kecelakaan kerja.

Kata kunci: safety helmet, teachable machine, mqtt broker

1. Pendahuluan

Keselamatan kerja adalah aspek krusial yang wajib diperhatikan di lingkungan industri, khususnya pada aktivitas yang melibatkan kerja fisik dan pengoperasian mesin. Salah satu cara utama untuk menurunkan risiko kecelakaan adalah dengan penggunaan alat pelindung diri (APD), terutama helm keselamatan. Sementara itu, kewajiban bagi pekerja untuk memakai APD [1].” Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia, 2010. Namun, pengawasan pemakaian APD sering kali masih dilakukan secara manual, yang berpotensi menyebabkan kesalahan dan pelanggaran yang tidak terdeteksi tepat waktu. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem teknologi yang dapat secara otomatis mendeteksi penggunaan helm secara real-time guna meningkatkan kepatuhan pekerja terhadap standar keselamatan.

Teknologi kecerdasan buatan seperti computer vision dan machine learning tidak hanya dapat menghemat waktu secara efisien tanpa perlu melakukan pengawasan secara manual [2], Pemanfaatan teknologi machine learning dalam sistem deteksi helm memberikan solusi yang efektif dan efisien atas permasalahan tersebut. Dengan machine learning, model klasifikasi gambar dapat dikembangkan untuk membedakan secara cepat dan akurat antara pekerja yang memakai helm dan yang tidak. Integrasi teknologi ini dalam sistem pengawasan digital diharapkan mampu memberikan notifikasi langsung kepada petugas keamanan sehingga langkah pencegahan dapat segera diambil. Hal ini sangat penting terutama di kawasan industri Morowali yang memiliki tingkat aktivitas dan risiko kecelakaan yang tinggi.

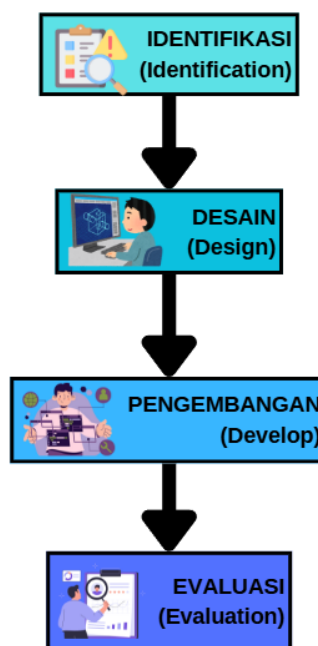
Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan keberhasilan penggunaan machine learning pada pengenalan objek untuk tujuan keselamatan kerja, seperti deteksi helm dengan algoritma YOLO dan CNN. Namun, penerapan yang menggabungkan klasifikasi menggunakan Teachable Machine dan protokol komunikasi Internet of Things (IoT) seperti MQTT untuk notifikasi secara real-time masih terbatas. Penelitian ini berupaya mengisi

kekurangan tersebut dengan mengembangkan sistem deteksi helm yang langsung terintegrasi dengan aplikasi web dan IoT, menciptakan sistem pengawasan yang responsif dan mudah diakses.

Tujuan penelitian ini adalah mendesain dan menguji sistem deteksi otomatis pemakaian helm keselamatan pada pekerja menggunakan machine learning yang diaktifkan melalui platform Teachable Machine, serta mengimplementasikan protokol MQTT untuk notifikasi pelanggaran secara real-time. Teachable Machine adalah alat yang memungkinkan pembuatan model klasifikasi dengan mudah [3], yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan aplikasi berbasis machine learning. Sistem ini diharapkan menjadi solusi inovatif dalam mengurangi pelanggaran penggunaan APD dan meningkatkan standar keselamatan kerja di industri Morowali secara signifikan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dimana penelitian ini membagi proses pengembangan sistem deteksi helm keselamatan menjadi empat tahapan utama: Identifikasi, Desain, Pengembangan, dan Evaluasi.



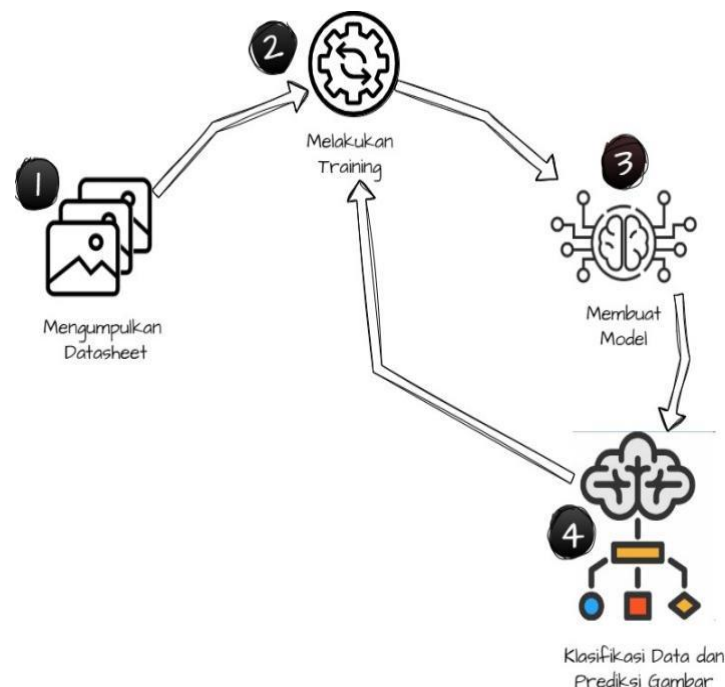
Gambar 1. Tahapan penelitian

Sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 1, tahap Identifikasi difokuskan pada pengamatan langsung di lapangan untuk memahami kebutuhan sistem, khususnya dalam mengatasi kekurangan pengawasan manual yang rentan terhadap kesalahan serta keterbatasan dalam pemantauan penggunaan helm keselamatan secara real-time di area industri. Selanjutnya, dilakukan kajian literatur untuk menentukan metode machine learning yang paling sesuai untuk deteksi helm otomatis serta integrasinya dengan teknologi IoT. Tahap Desain kemudian dilanjutkan dengan pembuatan model machine learning untuk deteksi helm keselamatan, diikuti perancangan UML dan GUI yang berfungsi untuk memvisualisasikan sistem serta menciptakan antarmuka pengguna yang mudah digunakan. Selain itu, topologi jaringan juga dirancang guna mengatur konektivitas antar perangkat dalam sistem IoT tersebut.

Pada tahap Pengembangan, dilakukan proses pengumpulan data dan pelabelan datasheet yang akan digunakan untuk melatih model machine learning melalui platform seperti Teachable Machine. Setelah model berhasil dilatih, model tersebut diekspor dalam format TensorFlow dan diintegrasikan ke dalam aplikasi web yang berjalan di atas server XAMPP. Selanjutnya, protokol MQTT diterapkan untuk mendukung notifikasi real-time dalam sistem IoT. Pada tahap Evaluasi, dilakukan pengujian menyeluruh terhadap performa sistem untuk memastikan akurasi deteksi penggunaan helm, fungsi alarm otomatis, serta pengiriman notifikasi melalui MQTT berjalan dengan efektif, sekaligus mengidentifikasi kemungkinan kesalahan atau ketidaksesuaian yang ada dalam sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

Siklus perancangan model machine learning ini melibatkan empat tahapan utama, dimulai dengan penyiapan datasheet, proses training, pembuatan model dan klasifikasi data serta prediksi gambar yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Siklus Perancangan Model *Machine Learning*

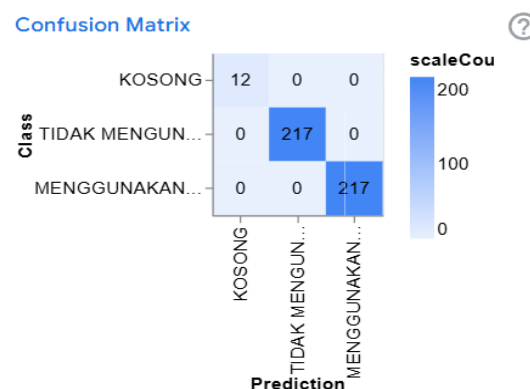
Gambar 2 menggambarkan proses penyiapan datasheet yang dimulai dengan konversi video berformat Mp4 menjadi gambar berformat Jpg yang kemudian diberi label. Proses ini dilanjutkan dengan pelatihan data yang telah disiapkan, pembuatan model, hingga tahap klasifikasi dan prediksi gambar. Dalam studi kasus pada penelitian ini, datasheet dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu gambar tanpa objek atau orang, gambar pekerja yang memakai helm, serta gambar pekerja yang tidak memakai helm. Proses pelatihan datasheet dilakukan menggunakan platform Google Teachable Machine untuk menghasilkan model yang siap digunakan.

Setelah proses *training* selesai, model diekspor untuk digunakan dalam aplikasi. File model yang telah diekspor dalam format yang kompatibel dengan web, seperti *TensorFlow.js*, siap untuk diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web kemudian membuat tampilan aplikasi menggunakan html, JavaScript dan CSS. Setelah aplikasi selesai dikembangkan, proyek aplikasi disimpan dalam folder *htdocs* pada *webserver* lokal menggunakan XAMPP. Folder *htdocs* adalah direktori root dari *webserver* Apache

yang disediakan oleh XAMPP, dan di sini semua file aplikasi ditempatkan untuk memastikan aplikasi dapat diakses melalui *browser web*. Folder proyek diatur dengan benar di dalam folder *htdocs* untuk memastikan struktur folder yang sesuai dan keterhubungan antar file HTML, CSS, dan *JavaScript*. Penyimpanan aplikasi di dalam folder ini memungkinkan akses yang mudah melalui server lokal

Implementasi protokol MQTT memudahkan sistem dalam mengirimkan notifikasi secara real-time kepada petugas keamanan bila terdeteksi pelanggaran penggunaan helm. Mekanisme publish-subscribe pada MQTT memungkinkan komunikasi asinkron antara aplikasi deteksi di pintu gerbang dan sistem alarm yang dipantau oleh petugas keamanan. Pengujian fungsi MQTT menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan pesan "Alarm Aktif" saat ditemukan pekerja yang tidak memakai helm, serta pesan "Alarm Non Aktif" ketika kondisi normal, yakni pekerja memakai helm atau saat area dalam keadaan kosong. Rata-rata waktu tunda (latency) komunikasi adalah sekitar 1 detik, yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi pemantauan secara real-time.

Hasil pelatihan model menggunakan Teachable Machine menunjukkan konvergensi yang optimal setelah proses training dengan dataset yang telah disiapkan. Gambar 3 memperlihatkan confusion matrix hasil klasifikasi model pada dataset uji.

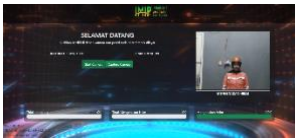


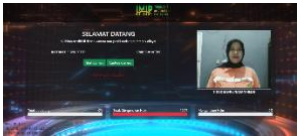
Gambar 3. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi model

Berdasarkan confusion matrix pada Gambar 1, model mencapai akurasi perfect 100% untuk semua kategori klasifikasi. Model berhasil mengidentifikasi 12 kasus sebagai "KOSONG" tanpa kesalahan, 217 kasus sebagai "TIDAK MENGGUNAKAN HELM", dan 217 kasus sebagai "MENGGUNAKAN HELM" tanpa adanya misklasifikasi. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan diskriminatif yang sangat baik dalam membedakan ketiga kategori yang telah ditentukan.

Pengujian black box dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi operasional nyata. Tabel 1 menyajikan hasil pengujian black box berdasarkan variasi jarak dan gender subjek.

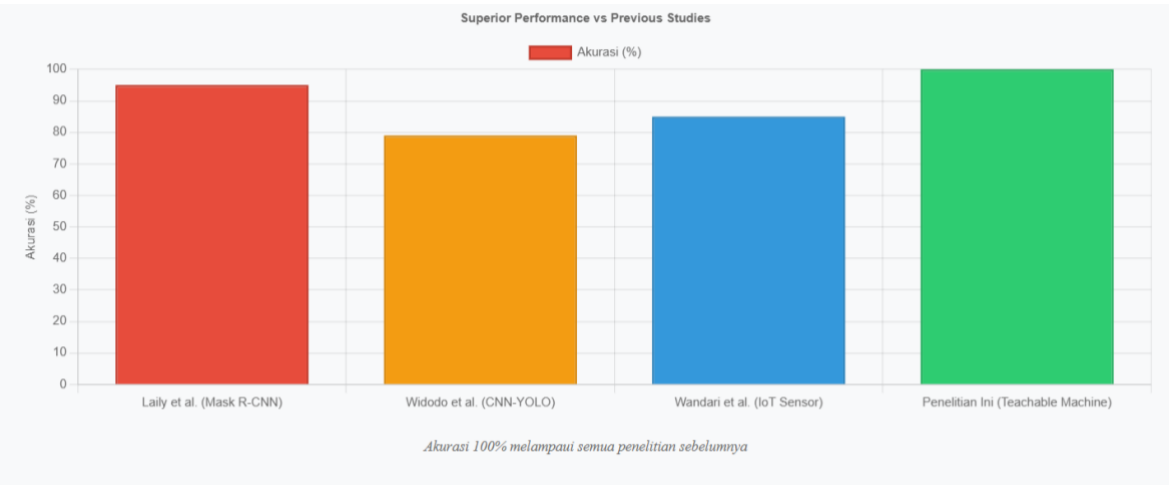
Tabel 1. hasil deteksi berdasarkan jarak dan gender subjek.

Input	Output	Kondisi yang diinginkan	Status
Pria Menggunakan helm dengan jarak 0,5 meter		Terdeteksi menggunakan helm	Sesuai
Pria Menggunakan helm dengan jarak 1 meter		Terdeteksi menggunakan helm	Sesuai
Pria Menggunakan helm dengan jarak 1.5 meter		Terdeteksi menggunakan helm	Sesuai
Pria Tidak menggunakan helm dengan jarak 0,5 meter		Terdeteksi tidak menggunakan helm	Sesuai
Pria Tidak menggunakan helm dengan jarak 1 meter		Terdeteksi tidak menggunakan helm	Sesuai
Pria Tidak menggunakan helm dengan jarak 1.5 meter		Terdeteksi tidak menggunakan helm	Sesuai
Wanita Menggunakan helm dengan jarak 0,5 meter		Terdeteksi menggunakan helm	Sesuai
Wanita Menggunakan helm dengan jarak 1 meter		Terdeteksi menggunakan helm	Sesuai
Wanita Menggunakan helm dengan jarak 1.5 meter		Terdeteksi menggunakan helm	Sesuai

Wanita Tidak menggunakan helm dengan jarak 0,5 meter		Terdeteksi tidak menggunakan helm	Sesuai
Wanita Tidak menggunakan helm dengan jarak 1 meter		Terdeteksi tidak menggunakan helm	Sesuai
Wanita Tidak menggunakan helm dengan jarak 1.5 meter		Terdeteksi tidak menggunakan helm	Sesuai

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang sangat konsisten dengan akurasi tinggi pada berbagai kondisi pengujian. Untuk subjek pria menggunakan helm, akurasi berkisar antara 97-100% dengan slight penurunan pada jarak yang lebih jauh (97% pada jarak 1,5 meter). Sementara itu, deteksi pada subjek wanita menunjukkan akurasi konsisten 100% pada semua jarak pengujian. Untuk kategori "tidak menggunakan helm", sistem mencapai akurasi 100% untuk kedua gender pada semua variasi jarak. Variasi akurasi berdasarkan jarak dapat dijelaskan oleh faktor resolusi gambar dan ukuran objek dalam frame kamera. Pada jarak yang lebih jauh, detail visual helm menjadi lebih kecil sehingga sedikit mempengaruhi confidence level model, namun sistem tetap mampu melakukan klasifikasi dengan akurasi yang sangat tinggi.

Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini akan dijelaskan pada grafik 1 dimana menyajikan visualisasi komparatif mengenai performa akurasi yang dicapai oleh penelitian ini dibandingkan dengan beberapa studi terdahulu yang relevan, yaitu Laily et al (2022) yang mengimplementasikan arsitektur Mask R-CNN [4], Widodo et al., (2021) yang memanfaatkan CNN-YOLO [5], serta Wandari et al. (2024) yang mengintegrasikan IoT Sensor [6].



Grafik 1. Perbandingan tingkat akurasi dengan penelitian terdahulu

Dari visualisasi pada Grafik 1, dapat diamati bahwa penelitian ini mencapai akurasi 100%, secara konsisten melampaui hasil yang diperoleh dari studi-studi komparatif,

termasuk Laily et al. (Mask R-CNN), Widodo et al. (CNN-YOLO), dan Wandari et al. (IoT Sensor). Pencapaian ini secara tegas menunjukkan efektivitas dan robustnya metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini, khususnya penggunaan Teachable Machine, dalam mengoptimalkan performa deteksi akurasi, sehingga menempatkan kontribusi penelitian ini pada posisi yang superior dibandingkan dengan literatur yang ada. Kemudian perbandingan lain yang dapat diperoleh dari hasil komperasi dengan penelitian terdahulu disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. hasil komperasi penelitian.

Aspek Evaluasi	Laily et al. (2023)	Widodo et al. (2021)	Penelitian ini	improvement
Akurasi	95%	79% (F1)	100 %	+5% vs terbaik
Integrasi IoT	Tidak ada	Tidak ada	Mqtt real-time	New capability
Implementasi	Kompleks	kompleks	Low-code	80% easier

Berdasarkan data komparatif yang disajikan dalam Tabel 2, penelitian ini menunjukkan performa yang superior dengan mencapai akurasi 100%. Angka ini merepresentasikan peningkatan signifikan sebesar 5% dibandingkan dengan hasil terbaik dari penelitian sebelumnya (Laily et al., 2022) yang mencatat akurasi 95%, dan jauh melampaui akurasi 79% (F1 Score) yang dicapai oleh Widodo et al. (2021). Yang lebih penting, tabel ini menyoroti kapabilitas unik penelitian ini dalam integrasi IoT secara *real-time* menggunakan protokol MQTT, sebuah fitur yang tidak ditemukan dalam kedua studi komparatif. Selain itu, dari perspektif implementasi, penelitian ini mengadopsi pendekatan "Low-code", yang menjadikannya 80% lebih efisien dalam pengembangan dibandingkan dengan kompleksitas implementasi yang ada pada penelitian Laily et al. (2022) dan Widodo et al. (2021). Data ini secara kolektif menegaskan bahwa penelitian yang dilakukan tidak hanya memberikan kontribusi peningkatan performa yang substantif, tetapi juga memperkenalkan solusi yang lebih mudah diterapkan dan skalabel.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil mengembangkan model machine learning yang efektif untuk mendeteksi penggunaan helm keselamatan pada pekerja, yang kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web. Sistem ini juga mengimplementasikan protokol MQTT sebagai mekanisme notifikasi secara real-time dalam aplikasi Internet of Things (IoT), sehingga dapat mendukung pengawasan keselamatan kerja dengan cepat dan responsif. Hasil pengujian menunjukkan model mampu mendeteksi kondisi penggunaan helm dengan akurasi yang memadai, membuktikan keberhasilan penerapan teknologi dalam peningkatan keselamatan industri.

Untuk pengembangan ke depan, disarankan agar data latihan diperluas guna meningkatkan kemampuan model dalam mengenali beragam kondisi nyata. Selain itu, penggunaan algoritma machine learning yang lebih canggih sebaiknya dicoba untuk meningkatkan akurasi serta performa model. Pengujian pada kondisi lapangan yang sesungguhnya juga sangat penting demi menjamin keandalan sistem. Integrasi sistem secara menyeluruh dengan keamanan perusahaan dan peningkatan antarmuka pengguna (UI/UX) juga dianjurkan agar sistem menjadi lebih mudah digunakan dan lebih efektif dalam menjalankan fungsi pengawasan keselamatan kerja.

Daftar Pustaka

- [1] PER.08/MEN/VII/2010, “Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.08/MEN/VII/2010.” Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia, 2010.
- [2] A. Khairunnisa and N. A. Kamal D.P, “Deteksi Penggunaan Safety Helmet Menggunakan YOLOv5,” *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 74–77, Dec. 2023, doi: 10.26740/jieet.v7n2.p74-77.
- [3] C. Chazar and M. H. Rafsanjani, “Penerapan Teachable Machine Pada Klasifikasi Machine Learning Untuk Identifikasi Bibit Tanaman,” *Pros. Semin. Nas. Inov. Dan Adopsi Teknol. INOTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 32–40, May 2022, doi: 10.35969/inotek.v2i1.207.
- [4] M. E. Laily, F. N. Fajri, and G. Q. O. Pratamasunu, “Deteksi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN),” *J. Komput. Terap.*, vol. 8, no. 2, pp. 279–288, Dec. 2022, doi: 10.35143/jkt.v8i2.5732.
- [5] B. Widodo, H. A. Armanto, and E. Setyati, “Deteksi Pemakaian Helm Proyek Dengan Metode Convolutional Neural Network,” *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–29, Apr. 2021, doi: 10.52985/insyst.v3i1.157.
- [6] F. Wandari and M. Suandari, “Sistem Keamanan Helm Berbasis Iot Dengan Layanan Akses Lokasi Menggunakan Telegram,” 2024.