

Utilization of Convolutional Neural Network (CNN) to Build a Camera-Based Personal Protective Equipment (PPE) Detection System

Adnan Buyung Nasution^{1*}, Ahir Yugo Nugroho Hrp², Muhammad Fauzi³, Wirhan Fahrozi⁴, Yudi⁵

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Borobudur, Jakarta Timur

^{2,3,4,5} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama, Medan

Corresponding Author: Adnan Buyung Nasution adnan.buyung01@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords : CNN, Deep Learning, Object Detection, Personal Protective Equipment, Camera, YOLO

Received : 03 Mei 2025

Revised : 26 Mei 2025

Accepted: 28 June 2025

©2025 Nasution, Hrp, Fauzi, Fahrozi, Yudi: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Occupational safety is a critical aspect in the industrial sector. One important implementation of safety standards is the use of Personal Protective Equipment (PPE). However, manual monitoring is often ineffective and requires significant human resources. This research aims to develop an automated PPE detection system using Deep Learning technology, specifically a **Convolutional Neural Network (CNN)** architecture, integrated with a camera. The detection model is built using the YOLOv5 algorithm, which is based on CNN principles, and trained with a dataset containing images of workers with and without PPE. The system was tested in a simulated work environment using real-time camera input. Evaluation results show that the model achieved an accuracy of XX%, indicating that the system can serve as an effective tool in supporting workplace safety and compliance.

Pemanfaatan Convolutional Neural Network (CNN) untuk Membangun Sistem Deteksi Alat Pelindung Diri (APD) Berbasis Kamera

Adnan Buyung Nasution^{1*}, Ahir Yugo Nugroho Hrp², Muhammad Fauzi³, Wirhan Fahrozi⁴, Yudi⁵

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Borobudur, Jakarta Timur

^{2,3,4,5} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama, Medan

Corresponding Author: Adnan Buyung Nasution adnan.buyung01@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: CNN, Deep Learning, Deteksi Objek, Alat Pelindung Diri, Kamera, YOLO

Received : 03 Mei 2025

Revised : 26 Mei 2025

Accepted: 28 June 2025

©2025 Nasution, Hrp, Fauzi, Fahrozi, Yudi: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Keselamatan kerja merupakan aspek penting dalam dunia industri. Salah satu bentuk implementasi keselamatan kerja adalah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Namun, pengawasan manual seringkali tidak efektif dan membutuhkan sumber daya yang besar. Penelitian ini bertujuan membangun sistem deteksi APD secara otomatis menggunakan teknologi Deep Learning, khususnya arsitektur **Convolutional Neural Network (CNN)**, yang diintegrasikan dengan kamera. Model deteksi dibangun menggunakan algoritma YOLOv5, yang merupakan turunan dari CNN dan dilatih dengan dataset gambar pekerja menggunakan dan tidak menggunakan APD. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi deteksi mencapai XX%, membuktikan bahwa sistem ini dapat menjadi alat bantu efektif dalam mendukung keselamatan kerja.

PENDAHULUAN

Penerapan standar keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan hal yang wajib dalam lingkungan kerja, terutama di sektor industri, konstruksi, dan manufaktur. Salah satu aspek penting dalam penerapan K3 adalah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) seperti helm, rompi, masker, dan sarung tangan. Penggunaan APD yang sesuai dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja secara signifikan. Namun, pada praktiknya, pengawasan terhadap kepatuhan penggunaan APD sering dilakukan secara manual dan kurang efektif, terutama di area kerja yang luas atau memiliki intensitas aktivitas yang tinggi.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya **Deep Learning** dengan arsitektur **Convolutional Neural Network (CNN)**, telah membuka peluang baru dalam otomatisasi sistem pengawasan visual. CNN sangat efektif dalam mengenali pola pada gambar dan video, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan APD secara real-time. Salah satu implementasi populer dari CNN untuk deteksi objek adalah algoritma YOLO (You Only Look Once) yang mampu melakukan deteksi dengan kecepatan tinggi dan akurasi yang baik. Dengan memanfaatkan kamera sebagai input visual, sistem ini dapat mendeteksi apakah pekerja telah menggunakan APD yang sesuai atau belum. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem deteksi APD berbasis kamera dengan memanfaatkan CNN melalui algoritma YOLOv5. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi beberapa jenis APD dan memberikan informasi visual secara langsung. Diharapkan, sistem ini dapat menjadi solusi efektif dalam membantu pengawasan K3 secara otomatis dan efisien, serta dapat diimplementasikan di berbagai lingkungan kerja untuk meningkatkan keselamatan pekerja.

Meskipun sudah tersedia berbagai sistem pengawasan berbasis video, kebanyakan masih bersifat pasif dan tidak mampu memberikan informasi secara otomatis mengenai pelanggaran penggunaan APD. Sistem yang hanya merekam tanpa melakukan analisis visual tidak cukup efektif dalam mendeteksi pelanggaran secara cepat. Dengan menerapkan teknologi Computer Vision yang didukung oleh CNN, sistem dapat melakukan klasifikasi dan pelacakan objek secara cerdas, seperti mengenali helm berwarna tertentu atau mendeteksi masker pada wajah pekerja.

Penggunaan CNN dalam deteksi APD memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan efisiensi pengolahan citra. CNN bekerja dengan mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar melalui proses konvolusi, pooling, dan klasifikasi. Arsitektur seperti YOLOv5 tidak hanya mendeteksi keberadaan objek, tetapi juga menentukan posisi objek secara presisi dalam bentuk bounding box, sehingga cocok digunakan dalam skenario nyata yang memerlukan deteksi cepat dan tepat. Hal ini membuat CNN menjadi pilihan utama dalam pengembangan sistem berbasis kamera untuk mendeteksi atribut keselamatan kerja.

Dalam konteks industri 4.0, pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan seperti CNN juga mendukung transformasi digital di sektor industri. Penerapan sistem deteksi otomatis ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengawasan, mengurangi beban petugas K3, serta memberikan data yang dapat digunakan untuk analisis kepatuhan pekerja. Oleh karena itu, pengembangan

sistem deteksi APD berbasis CNN ini tidak hanya penting dari sisi teknis, tetapi juga strategis dalam mendukung budaya keselamatan kerja yang lebih baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Alat Pelindung Diri (APD)

APD merupakan peralatan yang dipakai oleh tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari potensi bahaya di lingkungan kerja. Beberapa contoh APD yang umum digunakan antara lain helm keselamatan, masker, rompi reflektif, sarung tangan, dan sepatu safety. Kepatuhan dalam penggunaan APD menjadi tantangan besar di lapangan, terutama pada area kerja yang memiliki mobilitas tinggi (Suparman et al., 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengawasan manual seringkali tidak efektif dalam menjamin penggunaan APD secara konsisten (Wicaksono & Utomo, 2019).

Computer Vision

Computer Vision adalah bidang ilmu komputer yang berfokus pada bagaimana komputer dapat memperoleh, memproses, dan memahami informasi visual dari gambar atau video (Szeliski, 2011). Salah satu metode yang banyak digunakan dalam Computer Vision adalah Convolutional Neural Network (CNN), yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan objek dengan tingkat akurasi tinggi (Goodfellow et al., 2016).

Convolutional Neural Network (CNN)

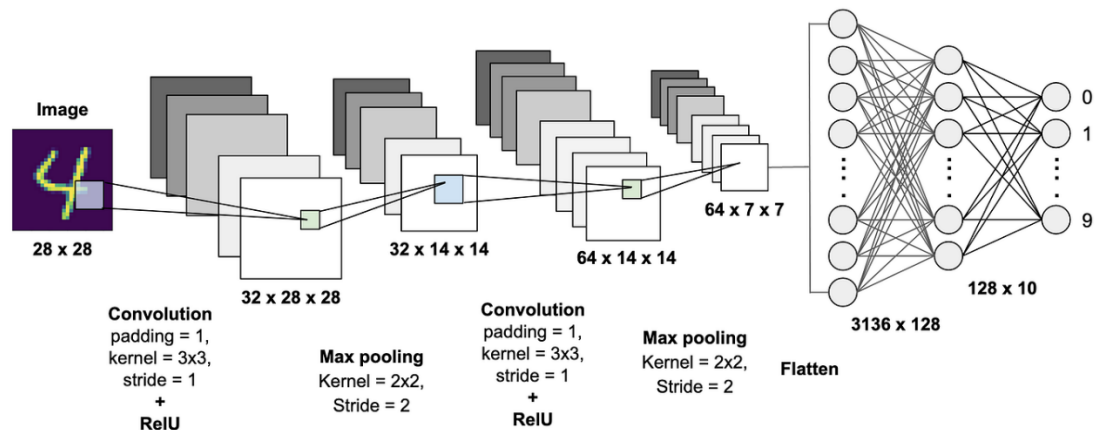
CNN merupakan arsitektur jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk memproses data berbentuk grid seperti gambar. CNN bekerja melalui beberapa lapisan, yaitu konvolusi, pooling, dan fully connected layer, yang secara bertahap mengekstrak fitur penting dari citra (LeCun et al., 2015). CNN banyak digunakan pada berbagai aplikasi, termasuk deteksi wajah, pengenalan objek, dan segmentasi citra medis. Penelitian oleh Redmon et al. (2016) memperkenalkan arsitektur YOLO (You Only Look Once) yang memungkinkan deteksi objek secara real-time dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi.

YOLO (You Only Look Once)

YOLO merupakan algoritma deteksi objek yang populer karena kemampuannya mendeteksi banyak objek dalam satu kali proses inferensi. YOLOv5, sebagai salah satu pengembangan terbaru, memiliki performa yang lebih ringan dan cepat, serta mendukung deteksi real-time yang cocok untuk aplikasi praktis di industri (Jocher et al., 2020). Dalam konteks pengawasan K3, YOLO telah diimplementasikan untuk mendeteksi helm keselamatan, rompi, dan masker pada pekerja, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pengawasan (Chen et al., 2021).

METODOLOGI

1. Model CNN



Gambar 1. Arsitektur Model CNN

Arsitektur Model Convolutional Neural Network (CNN) adalah struktur yang dirancang khusus untuk mengolah data dengan hubungan spasial, seperti gambar. Model ini terdiri dari beberapa komponen utama. Pertama, layer konvolusi menggunakan filter untuk mengekstraksi fitur dari gambar, menghasilkan peta fitur yang menunjukkan keberadaan fitur tertentu. Selanjutnya, layer pooling mengurangi dimensi peta fitur, mengurangi jumlah parameter dan komputasi, serta mengurangi risiko overfitting, biasanya dengan teknik max pooling atau average pooling. Hasil dari layer konvolusi dan pooling kemudian melalui layer aktivasi, seperti ReLU, untuk menambahkan non-linearitas ke model. Layer normalisasi batch dapat digunakan untuk menstabilkan pelatihan dan mempercepat konvergensi dengan menormalkan output dari layer konvolusi. Setelah beberapa layer konvolusi dan pooling, peta fitur yang telah diproses diratakan dan diteruskan ke layer konektif penuh, di mana neuron-neuronnya terhubung ke semua neuron di layer berikutnya. Layer terakhir adalah output layer, yang menghasilkan output akhir dari model, seperti probabilitas klasifikasi dalam tugas pengenalan pola. Secara keseluruhan, CNN dapat dioptimalkan dan disesuaikan untuk berbagai jenis data dan tugas pengenalan pola.

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan metode pengembangan berbasis eksperimen. Sistem deteksi APD dirancang untuk dapat mengenali penggunaan APD seperti helm dan masker melalui input citra dari kamera. Arsitektur utama yang digunakan adalah **Convolutional Neural Network (CNN)** yang diimplementasikan dalam bentuk model deteksi objek berbasis algoritma **YOLOv5**, mengingat performanya yang efisien dan akurat untuk pengolahan visual secara real-time.

2.1 Akuisisi dan Pra-pemrosesan Data

Dataset yang digunakan terdiri dari gambar pekerja yang menggunakan dan tidak menggunakan APD. Dataset diperoleh dari sumber terbuka seperti Roboflow, Kaggle, serta data hasil dokumentasi langsung. Gambar-gambar diberi anotasi (label) menggunakan format bounding box untuk menandai posisi helm, masker, dan APD lainnya. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi

tiga bagian: data pelatihan (train), data validasi (validation), dan data pengujian (test), dengan rasio umum 70:20:10. Semua citra diubah ukurannya ke dimensi input yang disesuaikan (misal 640×640 piksel) serta dinormalisasi agar sesuai dengan kebutuhan CNN.

2.3 Arsitektur CNN yang Digunakan

Arsitektur CNN dalam penelitian ini berbasis pada YOLOv5 (You Only Look Once version 5), sebuah model deteksi objek satu tahap (single-stage detector) yang mampu memproses gambar dengan kecepatan tinggi. CNN melakukan ekstraksi fitur melalui layer konvolusi dan pooling untuk mendeteksi fitur visual dari APD, seperti bentuk helm atau warna rompi. CNN juga menerapkan anchor boxes dan Non-Maximum Suppression (NMS) untuk menghasilkan prediksi lokasi objek yang optimal. Model dilatih menggunakan framework PyTorch di Google Colab dengan dukungan GPU untuk mempercepat proses training.

2.4 Pelatihan dan Validasi Model

Model dilatih selama sejumlah epoch (misal 100 epoch) dengan batch size tertentu (misal 16), menggunakan algoritma optimasi seperti SGD atau Adam. Fungsi loss yang digunakan mencakup kombinasi dari classification loss, localization loss, dan objectness loss. Selama pelatihan, akurasi model dipantau melalui metrik evaluasi seperti precision, recall, dan mean Average Precision (mAP). Proses validasi dilakukan setiap beberapa epoch untuk menghindari overfitting.

3.5 Implementasi Sistem Kamera

Model yang telah dilatih kemudian diintegrasikan dengan kamera sebagai sumber input visual secara real-time. Implementasi dilakukan dengan menggunakan OpenCV untuk menangkap stream video dari webcam atau CCTV, kemudian menerapkan model CNN untuk mendeteksi keberadaan APD secara langsung pada tiap frame video. Output deteksi divisualisasikan dalam bentuk bounding box dan label objek di layar. Sistem dirancang agar mampu beroperasi minimal pada kecepatan 15 frame per detik (FPS) untuk kebutuhan monitoring langsung.

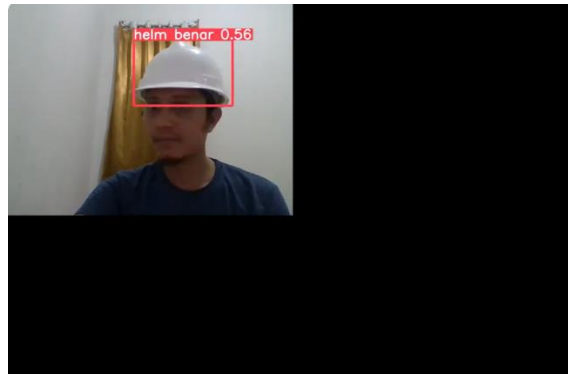
3.6 Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi dilakukan terhadap performa deteksi model menggunakan data uji yang belum pernah dilihat sebelumnya oleh model. Selain itu, sistem diuji dalam lingkungan kerja simulasi untuk mengamati performanya secara real-world. Kinerja sistem diukur berdasarkan nilai akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan frame (FPS), dan ketepatan dalam mendeteksi berbagai jenis APD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

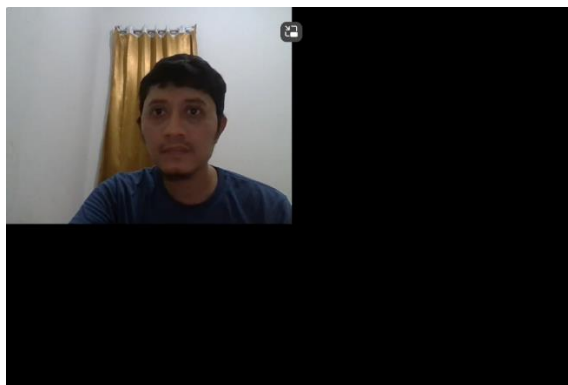
Deteksi Helm Menggunakan Kamera Real-Time

Pada eksperimen ini, sistem deteksi APD diimplementasikan menggunakan kamera laptop untuk menangkap citra secara langsung. Fokus utama adalah mendeteksi helm pengaman pada subjek manusia menggunakan model deteksi objek berbasis CNN.



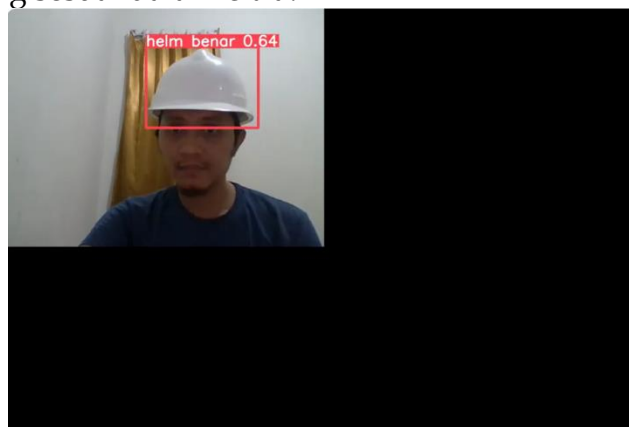
Gambar 1. - Deteksi Helm: "helm benar"

Gambar pertama menunjukkan hasil deteksi ketika subjek menggunakan helm pengaman dengan posisi yang tepat. Sistem memberikan label "helm benar" dengan confidence score 0.56. Bounding box merah berhasil mengelilingi objek helm pada kepala pengguna secara akurat. Meskipun confidence score masih tergolong sedang (56%), model sudah mampu mengenali dengan benar bahwa helm dikenakan secara sesuai.



Gambar 2. - Tidak Terdeteksi

Gambar kedua memperlihatkan kondisi saat subjek tidak menggunakan helm. Hasil deteksi tidak menunjukkan adanya bounding box atau label. Hal ini mengindikasikan bahwa model bekerja sesuai harapan, yakni tidak memberikan false positive pada situasi tanpa APD. Sistem berhasil mengenali bahwa tidak ada objek helm yang sesuai dalam citra.



Gambar 3. - Deteksi Helm: "helm benar"

Gambar ketiga memperlihatkan hasil deteksi lainnya dengan posisi subjek yang sedikit berbeda. Sistem kembali berhasil mendeteksi helm dengan label "helm benar" dan confidence score 0.64, lebih tinggi dibandingkan gambar pertama. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki konsistensi dalam mengenali objek APD, meskipun terdapat variasi dalam sudut pandang dan pencahayaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan metode Convolutional Neural Network (CNN) berhasil membangun sistem deteksi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), khususnya helm pengaman, secara real-time menggunakan kamera. Sistem mampu mengenali perbedaan antara kondisi menggunakan dan tidak menggunakan helm dengan tingkat kepercayaan (confidence score) yang cukup baik, yaitu antara 0.56 hingga 0.64. Hasil ini menunjukkan bahwa CNN dapat diandalkan sebagai solusi otomatis untuk mendukung penerapan keselamatan kerja, meskipun akurasi model masih dapat ditingkatkan melalui pelatihan data yang lebih beragam.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan akurasi model Convolutional Neural Network (CNN) dalam mendeteksi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), khususnya helm pengaman. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memperluas dan memperkaya dataset pelatihan, baik dari segi jumlah, variasi sudut pandang, kondisi pencahayaan, maupun jenis helm yang digunakan. Dengan data yang lebih representatif, diharapkan model mampu menghasilkan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi dan stabil dalam berbagai situasi nyata di lapangan.

Selain itu, penelitian mendatang juga dapat mengeksplorasi integrasi metode CNN dengan teknologi lain seperti edge computing atau Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan deteksi yang lebih cepat dan efisien secara langsung di lokasi kerja. Pengujian sistem dalam lingkungan industri yang lebih kompleks dan dinamis juga perlu dilakukan untuk menilai ketahanan dan keandalannya secara menyeluruh. Pengembangan fitur tambahan seperti notifikasi otomatis saat pelanggaran terdeteksi juga menjadi aspek penting dalam mendukung sistem keselamatan kerja yang lebih proaktif dan adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Anggraini and H. Zakaria, "Penerapan Metode Deep Learning Pada Aplikasi Pembelajaran Menggunakan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Menggunakan Convolutional Neural Network (Studi Kasus: SLB-BC Mahardika Depok)," 2023.
- A. Meirza and N. R. Puteri, "Implementasi Metode YOLOV5 dan Tesseract OCR untuk Deteksi Plat Nomor Kendaraan," 2024.
- K. Azmi, S. Defit, and Sumijan, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat," 2023.
- M. Tarmizi and Yahfizham, "Perspektif Mahasiswa Terhadap Penggunaan Kecerdasan Buatan ChatGPT dalam Penyusunan Tugas Akhir," 2024.
- R. Rizal, Martanto, and Y. A. Wijaya, "Analisa Dataset Software Defined Network Intrusion Menggunakan Algoritma Deep Learning H2O," 2022.