

Gerbang Otomatis Pendeteksi Alat Pelindung Diri Berbasis YOLO Menggunakan Raspberry Pi

CENDIAS SYAIF HUSAIN¹, MUHAMMAD HAEKAL RABBANI², ZIDANA SYIN QOV³, RIZAL HIDAYATTULAH⁴, ANNISA FIRASANTI⁵, INNA EKAWATI⁶

Universitas Islam 45 Bekasi
Email: cendiassyaifhusain@gmail.com

ABSTRAK

Jumlah kecelakaan kerja di Indonesia menunjukkan tren peningkatan yang signifikan, mencapai lebih dari 356.000 kasus hingga Oktober 2024. Salah satu penyebab utamanya adalah kelalaian dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), padahal kepatuhan terhadap penggunaan APD terbukti mampu menurunkan risiko kecelakaan secara signifikan. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan Gerbang Otomatis Pendeteksi Alat Pelindung Diri Berbasis YOLO Menggunakan Raspberry Pi, yaitu sistem otomatis berbasis kamera dan pembelajaran mesin yang mampu mendeteksi kelengkapan APD seperti helm, rompi, dan sepatu keselamatan sebelum pekerja memasuki area kerja. Sistem ini menggunakan Raspberry Pi 5 dan kamera, serta terhubung langsung dengan kunci pintu otomatis atau solenoid lock. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi helm mencapai 100 persen, sedangkan deteksi rompi sebesar 87,5 persen, dengan kendala utama pada identifikasi warna pakaian. Namun, karena rompi keselamatan umumnya berwarna terang seperti oranye atau hijau neon, kemungkinan kesalahan deteksi relatif kecil. Alat ini juga mampu beroperasi secara mandiri tanpa koneksi internet sehingga ideal dipasang pada lokasi proyek terpencil.

Kata kunci: Alat Pelindung Diri, Machine Learning, YOLO, Raspberry Pi

ABSTRACT

The number of occupational accidents in Indonesia has shown a significant upward trend, reaching more than 356,000 cases as of October 2024. One of the main causes is negligence in the use of Personal Protective Equipment (PPE), even though compliance with PPE usage has been proven to significantly reduce the risk of workplace accidents. To address this issue, Automatic Personal Protective Equipment Detection Gate Based on YOLO Using Raspberry Pi was developed as an automated system based on a camera and machine learning technology capable of detecting PPE completeness such as helmets, vests, and safety shoes before workers enter the work area. The system uses a Raspberry Pi 5 and a camera, and it is directly connected to an automatic door lock or solenoid lock. The testing results show that the helmet detection accuracy reached 100 percent, while vest detection accuracy was 87.5 percent, with the main challenge being the identification of clothing colors. However, since safety vests are generally bright in color such as orange or neon green, the probability of detection errors remains low. This tool is also capable of operating

independently without an internet connection, making it ideal for installation at remote project sites.

Keywords: *Personal Protective Equipment, Machine Learning, YOLO, Raspberry Pi*

1. PENDAHULUAN

Kecelakaan dalam bekerja dapat disebabkan berbagai macam hal, mulai dari kelalaian pekerja dengan tidak menggunakan perlengkapan APD (Alat pelindung Diri), kurang disiplin, dan kecerobohan. Oleh karena itu kita memerlukan Alat Pelindung Diri dalam melakukan pekerjaan. Alat Pelindung Diri adalah seperangkat alat yang digunakan oleh pekerja yang difungsikan sebagai pelindung bagian tubuhnya yang beresiko terhadap potensi adanya bahaya kecelakaan kerja pada ruang lingkup tempat kerja (Mokhtar, 1999).

Data terbaru menunjukkan bahwa jumlah kecelakaan kerja yang tercatat mengalami peningkatan signifikan dibanding tahun-tahun sebelumnya. Pada 2022, angka kecelakaan kerja berada di kisaran 298.000 kasus. Angka ini melonjak menjadi lebih dari 370.000 pada 2023. Sementara itu, hanya dalam kurun waktu Januari hingga Oktober 2024, jumlah kecelakaan kerja telah menyentuh lebih dari 356.000 kasus, dan diprediksi akan terus meningkat pada awal 2025 (Safety School, 2025).

Ada beberapa alasan yang menyebabkan hal tersebut dapat terjadi. Diantaranya adalah, jam kerja berlebihan yang dapat menimbulkan kelelahan pada pekerja. Selain itu, kurangnya pelatihan dan pemahaman mengenai keselamatan dan kesehatan kerja (K3), kemudian lemahnya penegakan hukum, serta tidak adanya peremajaan peralatan menyebabkan alat yang digunakan di area kerja sering kali sudah tua dan rentan rusak. Di sisi lain, penerapan peraturan K3 sering kali hanya bersifat administratif untuk memenuhi persyaratan dokumen dan audit, bukan karena benar-benar diikuti dan diterapkan dalam praktik kerja (BPJS Ketenagakerjaan, 2024).

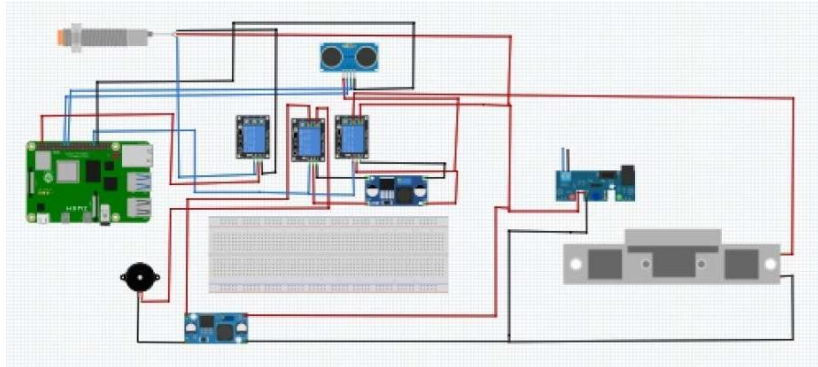
Salah satu upaya dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja dapat dimulai dari diri pekerja itu sendiri, yaitu dengan patuh menggunakan APD. Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan di berbagai tempat kerja, ditemukan bahwa terdapat hubungan yang signifikan dan positif antara penurunan kecelakaan kerja dengan kepatuhan penggunaan APD (Edigan, 2019)(Runtuwarow, N. Y., Kawatu, P. A., & Maddusa, 2020).

Tingkat kepatuhan terhadap penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sangat bergantung pada tingkat pendidikan dan pemahaman pekerja mengenai pentingnya APD. Pihak manajemen perusahaan tidak mungkin dapat mengawasi penggunaan APD oleh seluruh pekerja selama 24 jam penuh, padahal APD memiliki peran yang sangat vital dalam melindungi keselamatan pekerja. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah alat yang mampu mendeteksi secara otomatis penggunaan APD sebelum pekerja memasuki area kerja. Alat tersebut dilengkapi dengan kamera dan komputer mini yang dapat bekerja secara akurat dan mandiri tanpa akses internet. Sistem yang disebut Gerbang Otomatis Pendeteksi Alat Pelindung Diri Berbasis YOLO Menggunakan Raspberry Pi ini diharapkan dapat membantu divisi K3 dalam melakukan pengawasan terhadap kepatuhan penggunaan APD di lingkungan kerja.

2. METODOLOGI

2.1 Pembuatan Alat

Pada pembuatan alat, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan cara kerja alat, kemudian merancang skema perangkat keras alat ini, yang terdiri atas kamera dan metal detector sebagai komponen input. Setelah itu, rancangan diagram tersebut dicetak pada papan sirkuit cetak (PCB) dan komponen disusun sesuai desain.



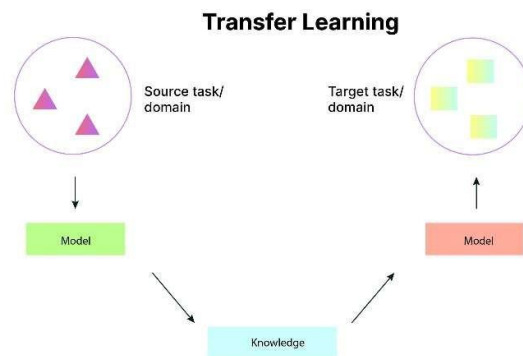
Gambar 1. Diagram Perangkat Keras Gerbang Otomatis Pendeteksi Alat Pelindung Diri Berbasis YOLO Menggunakan Raspberry Pi

Gambar 1 adalah rancangan perangkat keras sistem pendeteksi APD berbasis transfer learning menggunakan Raspberry Pi 5 sebagai mikrokontroler utama. Peranan ini melibatkan berbagai komponen dengan fungsi yang berbeda-beda. Raspberry Pi 5 bertindak sebagai pengontrol utama untuk kamera webcam EYECSEC C525, LCD touch screen 7", dan relay yang terhubung dengan solenoid lock dan buzzer alarm. Kamera digunakan untuk menangkap gambar atau video dari objek yang akan dianalisis, yaitu helm, rompi dan sepatu.

Data gambar dari kamera ini diproses menggunakan algoritma transfer learning yang telah dipelajari sebelumnya untuk mengenali objek berupa helm, rompi dan sepatu keselamatan. Hasil analisis kemudian ditampilkan pada LCD 7" yang dihubungkan melalui antarmuka SPI ke Raspberry Pi. Jika pekerja yang masuk menggunakan APD lengkap, Raspberry Pi akan mengirimkan sinyal melalui relay untuk mengaktifkan *solenoid lock* dan membuka pintu secara otomatis. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol *solenoid lock* dan berfungsi untuk mengembalikan *solenoid lock* ke posisi terkunci. Jika pekerja tidak menggunakan APD lengkap, maka *buzzer* akan berbunyi.

2.2 Transfer Learning dan YOLOv8

Transfer learning telah menjadi metode yang semakin penting dalam pengolahan citra, khususnya dalam aplikasi medis. Dalam konteks ini, transfer learning memungkinkan pemanfaatan model yang telah dilatih sebelumnya untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam tugas-tugas seperti segmentasi dan klasifikasi citra medis. Sebuah penelitian yang diterbitkan di PMC menunjukkan bahwa meskipun transfer learning dapat mengurangi waktu pelatihan, peningkatan akurasi segmentasi sangat bergantung pada tugas dan data yang digunakan. Studi ini menyoroti bahwa representasi yang dipelajari oleh model dapat tetap tidak berubah secara signifikan selama pelatihan, membuka peluang baru untuk cara-cara alternatif dalam melatih jaringan saraf konvolusional (FCNs) untuk segmentasi citra medis. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa transfer learning dapat diterapkan dengan efektif untuk berbagai masalah penglihatan komputer, memberikan solusi yang lebih efisien dengan memanfaatkan model pralatih yang ada.



Gambar 2. Transfer learning

Alat ini dilatih untuk mengenali APD berdasarkan sejumlah besar gambar yang diberikan sebagai bahan pembelajaran (learning) oleh YOLOv8. YOLO (You Only Look Once) adalah model deteksi objek terbaru dalam keluarga YOLO yang dikembangkan oleh Ultralytics. YOLOv8 merupakan model yang dirancang untuk deteksi objek, klasifikasi gambar, dan segmentasi instance dengan performa tinggi dan kecepatan yang optimal. Jumlah gambar yang digunakan pada alat ini sebesar 420 gambar yang berisi orang yang sedang menggunakan helm dan rompi. Contoh gambar seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh gambar yang digunakan untuk proses learning YOLO

Alat ini menggunakan satu sensor utama yaitu kamera yang terhubung ke Raspberry pi 5 yang merupakan otak dari alat ini. Program belajar dari gambar-gambar APD yang diberikan untuk mendeteksi helm dan rompi. Output program berupa alarm dan sinyal untuk membuka solenoid lock yang berfungsi sebagai kunci dari pintu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan alat sebelum dipasang di pintu dapat dilihat pada Gambar 4. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa secara umum alat dapat bekerja dengan baik. Ada beberapa pengujian yang dilakukan, yaitu jarak deteksi kamera, akurasi deteksi helm dan

rompi oleh kamera, dan pengujian alat secara keseluruhan yang melibatkan *buzzer* dan *solenoid lock*.



Gambar 4. Hasil Perakitan Alat

3.1 Sensor TDS

a. Pengujian jarak kamera

Tabel 1. Hasil pengujian jarak deteksi kamera

No	Jarak (cm)	Hasil
1	30	Terdeteksi
2	60	Terdeteksi
3	90	Terdeteksi
4	120	Terdeteksi
5	150	Terdeteksi
6	180	Terdeteksi
7	210	Terdeteksi
8	240	Terdeteksi
9	270	Terdeteksi



Gambar 5. Pengujian jarak deteksi kamera

Pengujian pertama yaitu penguji jarak untuk mengetahui jarak maksimal benda atau orang yang dapat dideteksi oleh kamera. Karena kamera dipasang pada pintu dalam di laboratorium dimana jarak antara pintu dan dinding adalah 2,7 m, maka jarak pengujian di atur mulai dari 30 – 270 cm dari kamera, dengan interval pengujian 30. Gambar 5 menunjukkan pengujian jarak, terlihat kamera dipasang di bagian atas pintu. Berdasarkan hasil pengujian di Tabel 3.2, dapat dilihat bahwa pada jarak terjauh pun, kamera masih bisa mendeteksi objek.

b. Pengujian Deteksi Objek

Ada 2 objek yang dideteksi pada program ini yaitu helm dan rompi keselamatan. Dua objek ini dipilih karena menjadi yang paling banyak digunakan dalam dunia pekerja konstruksi. Jika diperlukan tambahan seperti kacamata, sarung tangan atau masker, maka program bisa dilatih ulang dengan data yang baru.

Untuk helm, pengujian dilakukan dengan warna dan jenis alas kepala yang berbeda untuk mengetahui apakah program mampu mengenali helm keselamatan atau tidak. Kemudian untuk rompi, pengujian dilakukan dengan menggunakan rompi keselamatan, rompi yang lain, serta tidak menggunakan rompi.



Gambar 6. Contoh pengujian deteksi helm dan rompi

Tabel 2. Hasil pengujian helm keselamatan

No	Objek	Hasil Deteksi Helm	Keterangan
1	Helm Putih	Terdeteksi Helm	Berhasil
2	Helm Kuning	Terdeteksi Helm	Berhasil
3	Helm Hijau	Terdeteksi Helm	Berhasil
4	Helm Biru	Terdeteksi Helm	Berhasil
5	Helm Orange	Terdeteksi Helm	Berhasil
6	Topi Putih	Bukan Helm	Berhasil
7	Topi Kuning	Bukan Helm	Berhasil
8	Topi Hijau	Bukan Helm	Berhasil
9	Topi Biru	Bukan Helm	Berhasil
10	Topi Orange	Bukan Helm	Berhasil
11	Helm Motor Hitam	Bukan Helm	Berhasil

Tabel 3. Hasil pengujian rompi keselamatan

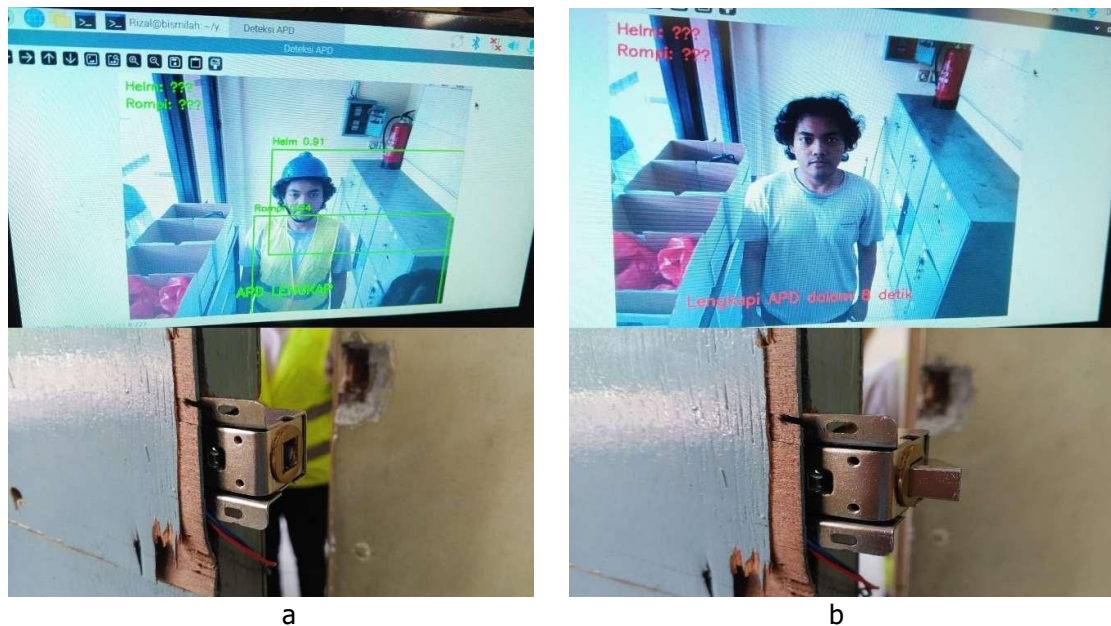
No	Objek	Hasil Deteksi Helm	Keterangan
1	Rompi Orange	Terdeteksi Rompi	Berhasil
2	Rompi Hijau Neon	Terdeteksi Rompi	Berhasil
3	Baju Biru	Bukan Rompi	Berhasil
4	Kaos Putih	Bukan Rompi	Berhasil
5	Kemeja Coklat	Bukan Rompi	Berhasil
6	Jaket Hitam	Bukan Rompi	Berhasil
7	Kaos Orange	Terdeteksi Rompi	Tidak Berhasil
8	Rompi Coklat	Bukan Rompi	Berhasil

Tabel 2 menunjukkan deteksi helm 100% berhasil membedakan antara helm keselamatan dengan objek lain yaitu topi dan helm motor. Warna helm pun tidak mempengaruhi hasil akurasi program, karena setelah dicoba dengan 5 warna helm yang biasa digunakan di working site, semuanya terdeteksi sebagai helm keselamatan. Dengan topi pun, meskipun dicoba dengan warna yang sama dengan helm, masih tetap tidak terdeteksi sebagai helm. Hal ini menunjukkan bahwa training program telah cukup baik karena sudah bisa mengenali bentuk dan warna objek, bukan warna saja.

Untuk rompi keselamatan, dari 7 objek, ada 1 yang salah dideteksi yaitu kaos orange terdeteksi sebagai rompi keselamatan. Hal ini menandakan training program masih mengandalkan warna dalam pendeteksian objek, ` sehingga baju dengan warna yang sama salah dideteksi sebagai rompi keselamatan. Solusinya adalah dengan memperbanyak data training sehingga akurasi program dapat meningkat.

c. Pengujian alat secara keseluruhan

Setelah dipastikan program telah bisa mendeteksi helm dan rompi dengan hasil yang relatif baik, dilakukan pengujian yang terakhir, yaitu alat sudah dipasang di pintu atau gate, dalam hal ini pintu yang digunakan adalah pintu laboratorium Teknik Elektro. Kunci pintu diganti dengan solenoid lock dan alarm yang terhubung ke alat. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario, yaitu saat tidak menggunakan APD sama sekali, penggunaan APD tidak lengkap, dan penggunaan APD lengkap. Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui apakah alat bekerja sesuai dengan respon yang diharapkan atau tidak. Contoh saat pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Percobaan alat secara keseluruhan, gambar (a) saat tidak menggunakan APD, solenoid lock tetap terkunci dan (b) saat menggunakan APD lengkap, solenoid lock terbuka

Tabel 4. Hasil Pengujian Alat secara keseluruhan

No	APD		Solenoid Lock	Buzzer
	Rompi	Helm		
1	✓	✓	Terbuka	OFF
2	X	X	Terkunci	ON
3	✓	✓	Terbuka	OFF
4	X	✓	Terkunci	ON
5	✓	X	Terkunci	ON
6	X	✓	Terkunci	ON
7	X	X	Terkunci	ON
8	✓	X	Terkunci	ON

Dari 8 kali percobaan dengan 4 variasi kombinasi APD, hasil percobaan 100% berhasil. Hal ini menunjukkan prototype alat ini sudah dapat digunakan.

d. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem alat ini mampu mendeteksi objek hingga jarak maksimal 2,7 meter. Dalam beberapa percobaan, sistem juga masih dapat mengenali objek pada jarak yang sedikit lebih jauh, meskipun akurasinya mulai menurun seiring dengan bertambahnya jarak deteksi.

Pada pengujian deteksi helm keselamatan, sistem menunjukkan tingkat akurasi sebesar 100 persen. Model mampu mengenali berbagai warna helm dan dapat membedakan dengan baik antara helm keselamatan dan topi biasa. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma deteksi berbasis kamera dan pembelajaran mesin yang digunakan memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap variasi warna dan bentuk objek.

Sementara itu, untuk deteksi rompi keselamatan, tingkat akurasi yang diperoleh mencapai 87,5 persen. Kendala utama terletak pada kesalahan identifikasi ketika warna pakaian pekerja memiliki kemiripan dengan warna rompi, misalnya kuning terang atau jingga muda. Namun, hal ini tidak terlalu berpengaruh secara signifikan karena rompi keselamatan umumnya berwarna mencolok seperti oranye atau hijau neon, sehingga sistem tetap dapat mengenalinya dengan baik dalam kondisi normal.

Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan. Akurasi deteksi menurun pada kondisi pencahayaan rendah atau ketika pekerja bergerak terlalu cepat di depan kamera. Kesalahan deteksi juga masih mungkin terjadi apabila warna pakaian menyerupai warna rompi keselamatan. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan melalui penambahan data pelatihan yang lebih beragam serta penerapan algoritma deteksi yang lebih canggih agar hasil pengenalan objek lebih stabil pada berbagai kondisi.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mendeteksi helm dengan akurasi 100% dan rompi dengan akurasi 87.5% karena ada 1 percobaan yang tidak berhasil dari 8 percobaan. Deteksi rompi masih mempunyai kelemahan yaitu masih mengandalkan warna objek, sehingga ketika ada baju dengan warna sama, maka akan terdeteksi sebagai rompi juga. Namun hal ini rasanya tidak terlalu menjadi masalah karena warna rompi keselamatan adalah warna yang sangat terang dan mencolok yaitu orange dan hijau neon, yang mana warna ini relatif sangat jarang digunakan oleh laki-laki. Adapun pengujian secara keseluruhan memiliki hasil yang sangat baik yaitu 100% berhasil.

Dengan menggunakan alat ini, diharapkan pekerja yang akan memasuki proyek dapat dipastikan telah menggunakan APD lengkap. Hal ini diharapkan akan menurunkan angka kecelakaan kerja yang disebabkan kelalaian penggunaan APD. Alat ini juga bisa beroperasi mandiri tanpa akses internet sehingga dapat dipasang di lokasi proyek yang terpencil sekalipun. Alat ini akan sangat membantu divisi K3 dalam mengawasi dan meningkatkan keselamatan pekerja dengan membangun disiplin penggunaan APD.

DAFTAR RUJUKAN

- BPJS Ketenagakerjaan. (2024). *Kecelakaan Kerja: Apa Itu dan Apa Penyebabnya?*
<https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/artikel/18100/artikel-kecelakaan-kerja:-apa-itu- dan-apa-penyebabnya>
- Edigan, F. (2019). *Hubungan antara Perilaku Keselamatan Kerja terhadap Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Karyawan PT Surya Agrolika Reksa di Sei Basau*. Jurnal Saintis, 19(2), 61-70. DOI: 10.25299/saintis.2019.vol19(2).3741.
- Mokhtar. (1999). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pekerja*. CV Medika.
- Runtuwarow, N. Y., Kawatu, P. A., & Maddusa, S. S. (2020). Hubungan Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri Dengan Kejadian Kecelakaan Kerja. *Indonesian*

Journal of Public Health and Community Medicine, 1(2), 21-26.

Safety School. (2025). *Tren Kecelakaan Kerja 2025: Fakta, Data, dan Solusi K3 yang Efektif*.
<https://indonesiasafetycenter.org/tren-kecelakaan-kerja-2025-fakta-data-dan-solusi-k3-yang-efektif>.