

Analisa penggunaan ESP32-Cam dan Platform Edge Impulse untuk Proses Deteksi Sepatu Safety Pada Lingkungan Industri

Satria Kurniawan¹, Abdullah Sani^{1*}, Budiana Budiana²

¹Program Studi Rekayasa Pembangkit Energi

²Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika Manufaktur

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*E-mail: sani@polibatam.ac.id

ABSTRAK

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan faktor utama yang harus dimiliki setiap orang. Salah satu peralatan kerja yang harus dipakai oleh pekerja adalah sepatu *safety*. Namun, beberapa pekerja sering lupa untuk memakai sepatu *safety* sehingga perlu dilakukan proses deteksi pada pemakaian sepatu pekerja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan deteksi sepatu *safety* pada lingkungan industri menggunakan perangkat ESP32-Cam dan platform Edge Impulse. Hasil akurasi yang diperoleh pada setiap pengujian sepatu yaitu pada jarak 30 cm sebesar 94,4%, pada jarak 40 cm sebesar 92,6%, dan pada jarak 50 cm sebesar 0%. Kemudian, tingkat akurasi pengenalan sepatu *safety* dengan sepatu bukan *safety* sebesar 95,4%.

Kata Kunci: Deteksi, ESP32-Cam, Edge Impulse, Industry.

ABSTRACT

Occupational health and safety are the main factors that everyone must have. One of the pieces of work equipment that must be worn by workers is safety shoes. However, some workers often forget to wear safety shoes, so it is necessary to detect the use of workers' shoes. The purpose of this study is to implement safety shoe detection in an industrial environment using the ESP32-Cam device and the Edge Impulse platform. The accuracy results obtained in each shoe test are at a distance of 30 cm by 94.4%, at a distance of 40 cm by 92.6%, and at a distance of 50 cm by 0%. Then, the accuracy level of safety shoe recognition with non-safety shoes is 95.4%.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 14 November 2025

Revised: 31 December 2025

Accepted: 31 December 2025

Available online:

31 December 2025

Keywords:

Detection

ESP32-CAM

Edge-Impulse

Industry

1. Pendahuluan

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan faktor utama yang harus dimiliki oleh setiap orang. Penerbitan penggunaan alat-alat keselamatan merupakan hal yang harus dilakukan oleh setiap individu yang sedang melakukan pekerjaan. Berdasarkan data yang diperoleh pada tahun 2025, tingkat kecelakaan kerja di Indonesia cukup tinggi [1]. Tentunya, kecelakaan kerja merupakan hal yang harus selalu diperhatikan oleh setiap pekerja dimanapun dan kapanpun. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk melakukan pemantauan terhadap pekerja adalah sistem monitoring yang efektif dan efisien. Pemantauan dilakukan untuk memastikan pekerja untuk menerapkan prinsip-prinsip keselamatan kerja. Terdapat beberapa penelitian yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti seperti penelitian dengan menggunakan Yolo (*You Only Look Once*). Algoritma Yolo ini digunakan untuk melakukan pendeteksian objek secara real-time. Berikut beberapa penelitian yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti terkait dengan penggunaan Yolo (Tabel 1).

Tabel 1. Penelitian Yolo dalam kurun waktu 5 tahun terakhir

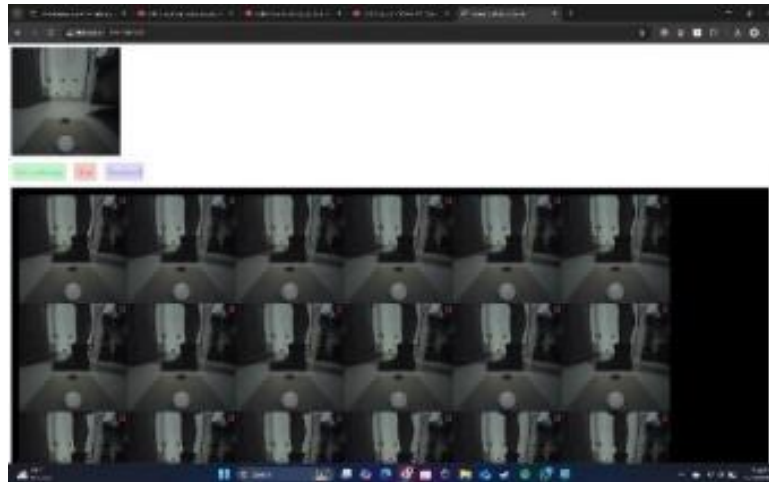
No	Tahun	Peneliti	Hasil penelitian
1	2025	Santi	Algoritma YOLOv5 yang digunakan telah berhasil melakukan pendeteksian dengan nilai akurasi tertinggi 81% untuk <i>person/pekerja</i> , 87% untuk helm, 78% untuk rompi pelindung, 71% untuk tanpa rompi) dan 77% untuk tanpa helm [2]
2	2025	Jeicman Samperante	Algoritma YOLO 8 telah berhasil melakukan pengembangan sistem deteksi otomatis pada helm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma ini memberikan performa terbaik dengan nilai akurasi yang cukup tinggi [3]
3	2024	Hadi Supriyanto	Metode confusion matrix telah berhasil melakukan pendeteksian alat pelindung diri kepala dengan tingkat akurasi sekitar 97,23% [4]
4	2024	Niky Ardiansyah Afnur	Algoritma YOLOv5 yang digunakan telah berhasil melakukan monitoring atas kepatuhan penggunaan APD. Selain dari itu, tetapi terjadi peningkatan efisiensi otomatisasi saat proses masuk [5]
5	2024	Zacky Syifa Juanda	Algoritma YOLO telah berhasil melakukan pendeteksian terhadap kelengkapan APD dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Algoritma ini mampu meningkatkan efisiensi pengawasan, dan mampu mengurangi resiko kecelakaan di tempat kerja [6]
6	2024	Abdul Gapur	Algoritma YOLO 8 telah berhasil melakukan pendeteksian objek berupa Personal Protective Equipment (PPE) secara cepat dan akurat [7]
7	2024	Ionaris Makris	Algoritma YOLO 8 telah berhasil melakukan pendeteksian objek dengan rata-rata mAP sebesar 79,52% dan rata-rata Recall sebesar 78,49%. Hasil ini menunjukkan keberhasilan penggunaan YOLO 8 dalam sistem yang sedang diuji [8]
8	2024	Nur Zafira Arya Ar Rahmah	Algoritma YOLO 5 telah berhasil melakukan pendeteksian objek dengan nilai presisi nilai recall untuk seluruh kelas 89% dan recall terhadap confidence untuk seluruh kelas sebesar 96% [9]
9	2023	Bayu Ismail	Algoritma Yolo telah berhasil mendeteksi objek dengan nilai akurasi sebesar 65% [10]

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan tersebut, Algoritma YOLO telah berhasil digunakan dalam pemantauan APD. Namun, kajian penggunaan perangkat yang lain seperti ESP32-Cam dan Platform Edge Impulse belum secara masif dilakukan oleh beberapa peneliti sehingga pengembangan penggunaan dua komponen tersebut sangat berpotensi untuk diuji dan dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Pada penelitian yang akan dilakukan, peneliti akan menggunakan sistem pendeteksian dengan menggunakan objek sepatu *safety* dengan melakukan pengontrolan menggunakan perangkat ESP32-Cam dan platform Edge Impulse.

2. Metode

A. Dataset Image

Gambar untuk training dikumpulkan menggunakan modul kamera OV2640 dari ESP32-CAM. ESP32-CAM diprogram dengan *Collect Images for Edge Impulse* untuk pengambilan data. Gambar diambil pada jarak 30-40 cm dari kamera, meliputi sepatu *safety* (tipe 1, 2, 3, 4, 5) dan sepatu *non-safety* (tipe 1, 2, 3, 4, 5). Total data yang terkumpul adalah 1750 gambar, terdiri dari 1000 gambar sepatu *safety* yang mana pada setiap tipe terdiri dari 200 dataset, pembagiannya yaitu 100 untuk sepatu sebelah kanan dan 100 untuk sebelah kiri dan 750 gambar sepatu *non-safety*.



Gambar 1. Dataset

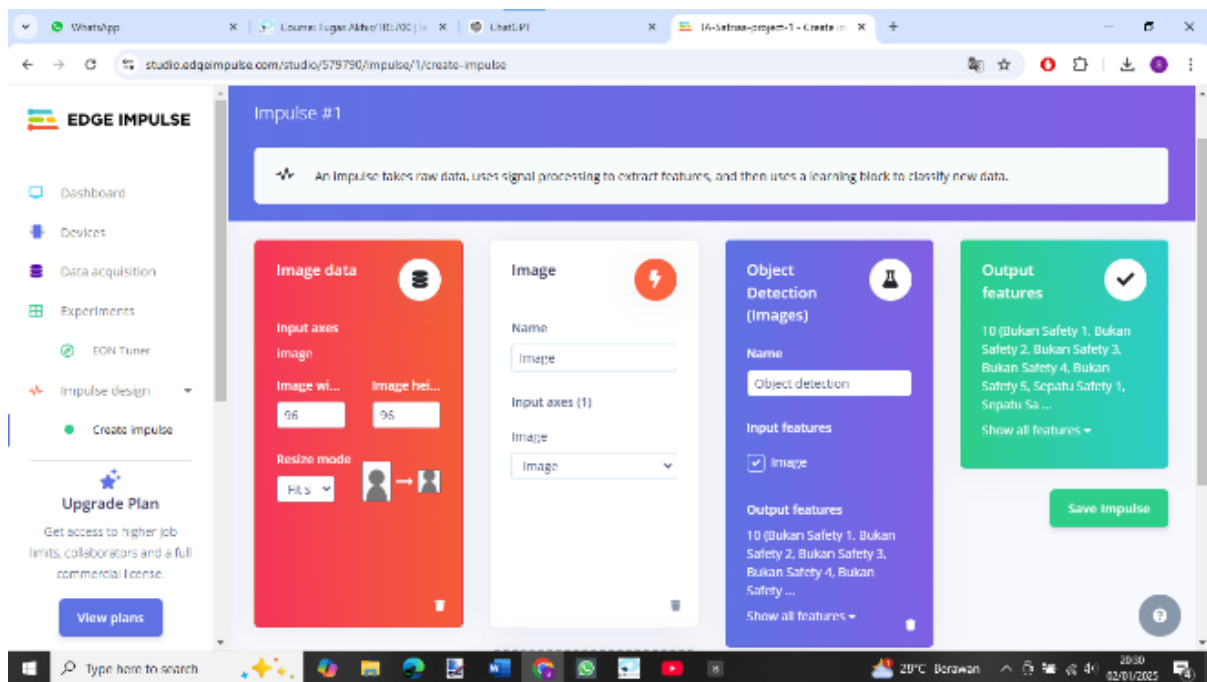
B. Alur Kerja Sistem

Gambar diambil pada jarak 30–40 cm dari sepatu untuk memastikan kualitas dan detail yang optimal. Total data yang dikumpulkan berjumlah 1750 gambar, terdiri dari 1000 gambar sepatu *safety* dan 750 gambar sepatu *non-safety*. Dataset ini selanjutnya dibagi menjadi data training dan data testing dengan perbandingan yaitu 80:20. Langkah berikutnya dalam alur kerja adalah mengunggah dataset ke *platform Edge Impulse* dan memberi label pada setiap gambar melalui fitur labeling queue. Proses pelabelan ini bertujuan untuk mengidentifikasi objek sesuai dengan kelasnya masing-masing.



Gambar 2. Pelabelan Dataset

Tahap berikutnya adalah *create impulse*, yaitu proses merancang alur pemrosesan data hingga membangun model *machine learning* (ML). Pada tahap ini, dapat ditambahkan blok pemrosesan yang sesuai dengan jenis dataset. Karena dataset yang digunakan berupa gambar, maka blok pemrosesan yang dipilih adalah *image*. Selain itu, tambahkan blok pembelajaran seperti *object detection (image)* sebagai komponen untuk pelatihan model.



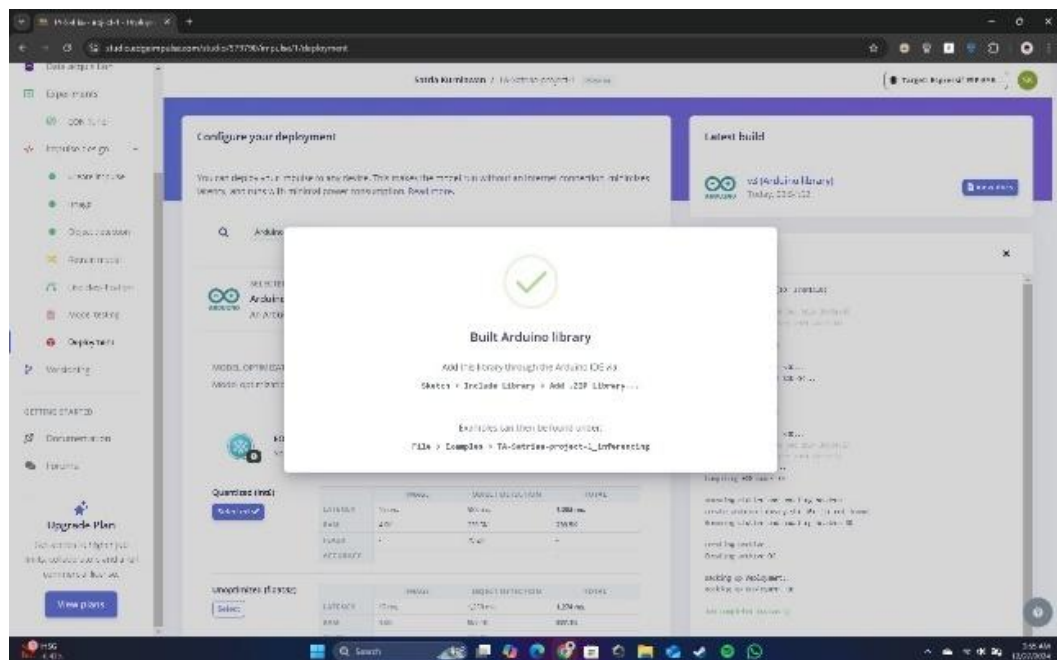
Gambar 3. Model yang dibuat

Tahap selanjutnya adalah melatih dataset (*training*), di mana hasil pelatihan model memberikan gambaran mengenai kinerjanya. Komponen utama yang ditampilkan meliputi akurasi, *precision*, *recall*, *f1 score*, *loss* dan matriks. *Confusion matrix* menyediakan rincian prediksi model untuk setiap kelas, sehingga dapat mengidentifikasi kelas yang sering mengalami kesalahan prediksi. Informasi ini membantu dalam mengoptimalkan model.

	BACKGI	BUKAN	BUKAN	BUKAN	BUKAN	BUKAN	SEPATU	SEPATU	SEPATU	SEPATU	SEPATU
BACKGROU	100.0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%	0%	0.0%	0.0%
BUKAN SAF	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BUKAN SAF	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BUKAN SAF	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BUKAN SAF	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BUKAN SAF	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
SEPATU SA	5.3%	0%	0%	0%	0%	0%	94.7%	0%	0%	0%	0%
SEPATU SA	3.0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	97.0%	0%	0%	0%
SEPATU SA	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
SEPATU SA	3.3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	96.7%	0%
SEPATU SA	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
F1 SCORE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.96	1.00	0.95	0.92

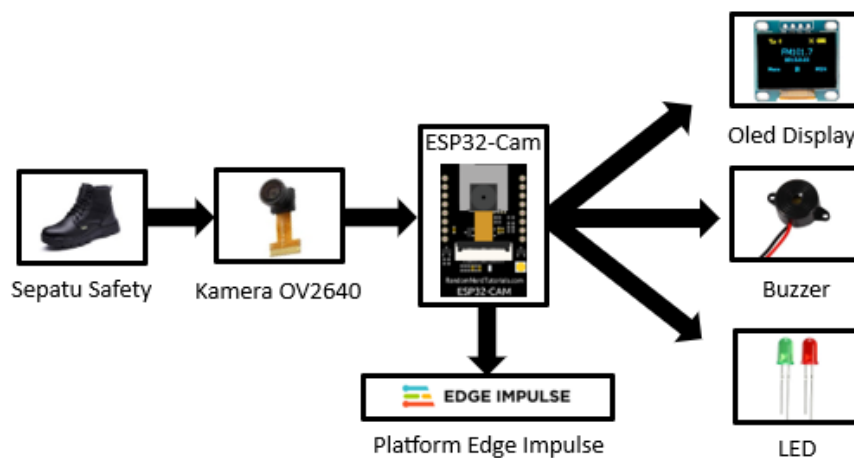
Gambar 4. Confusion Matrix Training Output

Tahap berikutnya adalah *deployment*, Setelah proses pelatihan dan evaluasi selesai, *deployment* menyediakan berbagai opsi integrasi, salah satunya adalah melalui *Arduino library*.

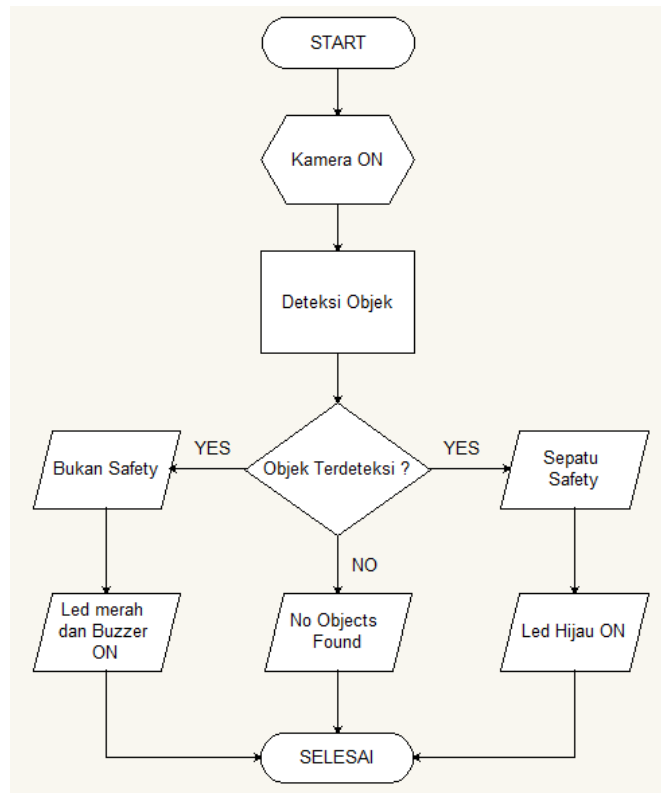


Gambar 5. Deployment

Setelah seluruh tahapan proses selesai, dilakukan pengujian secara langsung dan real-time untuk mendeteksi keberadaan suatu objek. Jika objek yang teridentifikasi adalah Sepatu *Safety* maka OLED akan menampilkan informasi hasil deteksi yang sesuai, dan indikator berupa lampu hijau akan menyala sebagai tanda bahwa deteksi berhasil sesuai spesifikasi. Namun, apabila objek yang terdeteksi bukan merupakan Sepatu *Safety*, OLED akan memberikan informasi bahwa objek tersebut tidak termasuk kategori sepatu *safety*. Pada saat yang bersamaan, lampu merah akan menyala, dan buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan. Proses ini dijelaskan melalui flowchart yang ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem



Gambar 7. Flowchart Alur Kerja Sistem

Gambar 7 menjelaskan diagram alir kerja sistem. Gambar 7 memberikan informasi mengenai alur kerja pendeteksian suatu benda untuk sepatu *safety* dan sepatu bukan *safety*.

3. Hasil dan Diskusi

Pengujian data hasil pelatihan dilakukan secara *real-time* menggunakan 5 sepatu *safety* dan 5 sepatu non-*safety*. Proses pelatihan yang dilakukan pada platform Edge Impulse kemudian diuji langsung pada objek nyata untuk memastikan kinerja model.

A. Sample Sepatu

10 sampel, terdiri dari 5 sepatu *safety* dan 5 sepatu non-*safety*. Berikut adalah sampel dari masing-masing jenis sepatu.



Gambar 8. Sample Sepatu

Pada gambar 8, SS merupakan kesingkatan dari Sepatu *Safety* dan BS merupakan kesingkatan dari Bukan *Safety*. Dalam proses pengambilan data pada sistem ini, setiap sepatu harus memiliki karakteristik yang berbeda untuk memastikan sistem dapat mempelajari dan membedakan data dengan Satria Kurniawan: Analisa penggunaan ESP32-Cam dan ...

akurat. Akurasi dan tingkat keberhasilan setiap percobaan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{\text{Jumlah yang Berhasil Ditemukan}}{\text{Jumlah Seluruh Percobaan}} \right) \times 100$$

Pada rumus akurasi di atas, berikut adalah penjelasan mengenai istilah yang ada dalam rumus tersebut:

1. TP (True Positive): Jumlah prediksi yang benar di mana model memprediksi positif dan data yang sebenarnya juga positif.
2. TN (True Negative): Jumlah prediksi yang benar di mana model memprediksi negatif dan data yang sebenarnya juga negatif.
3. FP (False Positive): Jumlah prediksi yang salah di mana model memprediksi positif, tetapi data yang sebenarnya negatif.
4. FN (False Negative): Jumlah prediksi yang salah di mana model memprediksi negatif, tetapi data yang sebenarnya positif.

B. Pengujian Sepatu *Safety* dan Bukan *Safety*

Pengujian dilakukan menggunakan purwarupa yang telah dibuat serta 10 sepatu sebagai sampel uji. Proses ini melibatkan perbandingan data input dengan hasil dari model yang telah dilatih. Setiap sepatu diuji sebanyak 10 kali secara bergantian. Berikut adalah hasil pengujiannya (Gambar 9).



Gambar 9. Hasil uji sepatu *safety* dan bukan *safety*

Tabel 2. Confusion matrix hasil uji sepatu *safety* dan bukan *safety*

Prediksi \ Aktual	S S 1	S S 2	S S 3	S S 4	S S 5	B S 1	B S 2	B S 3	B S 4	B S 5
SS1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS2	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0
SS3	0	0	7	0	3	0	0	0	0	0
SS4	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0
SS5	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0
BS1	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0
BS2	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
BS3	1	0	1	0	0	0	0	8	0	0
BS4	1	0	1	0	0	0	0	3	5	0

BS5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Pada tabel 2 *confusion matrix* dimana SS merupakan Sepatu *Safety* dan BS merupakan Bukan *Safety*, dari 10 kali percobaan untuk setiap jenis, sistem berhasil mendeteksi dengan benar sebesar 95,4%, sementara 4,6% mengalami deteksi gagal. Dengan demikian, tingkat akurasi dihitung sebagai berikut:

Tabel 3. Parameter Uji dengan Nilai persentase

Parameter	Persentase (100%)
Akurasi	95,4
Presisi	78,44
Recall	79,00
F1 Score	78,70
Loss/Error	4,60

Berdasarkan tabel 3 terlihat nilai akurasi sistem sebesar 95,4% dan dengan nilai presisi sebesar 78,44%.

C. Pengujian Terhadap Jarak

Pengujian terhadap jarak dilakukan pada 3 jarak berbeda, yaitu 30 cm dan 40 cm serta 50 cm dari kamera ke objek. Pengujian dilakukan dengan intensitas cahaya dan latar belakang yang konsisten. Sistem berhasil mendeteksi sepatu pada jarak 30 cm dan 40 cm, sedangkan pada jarak 50 cm objek tidak ada yang terdeteksi. Tabel berikut menampilkan hasil deteksi sistem pada ketiga jarak tersebut setelah dilakukan percobaan sebanyak 10 kali.

Tabel 4. Confusion matrix jarak 30cm

Prediksi \ Aktual	S S 1	S S 2	S S 3	S S 4	S S 5	B S 1	B S 2	B S 3	B S 4	B S 5
SS1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS2	0	5	0	4	1	0	0	0	0	0
SS3	0	0	6	0	3	0	0	1	0	0
SS4	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0
SS5	1	0	0	1	8	0	0	0	0	0
BS1	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0
BS2	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
BS3	1	0	1	0	0	0	0	8	0	0
BS4	2	0	1	0	0	0	0	3	4	0
BS5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	8

Pada tabel 4 *confusion matrix* dimana SS merupakan Sepatu *Safety* dan BS merupakan Bukan *Safety*, dari semua pengujian sepatu pada berbagai jarak, hasil pengenalan sepatu *safety* dan non-*safety* lebih akurat pada jarak 30 cm dibandingkan dengan jarak 40 cm, sedangkan pada jarak 50 cm objek tidak ada yang terdeteksi sama sekali. Tabel *confusion matrix* 3,4 dan 5 menampilkan serta

membandingkan nilai aktual dan prediksi pada pengujian sepatu di berbagai jarak. Jarak 30 cm menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jarak 40 cm serta 50 cm. Berikut adalah tingkat akurasi untuk masing-masing jarak (Tabel 5 dan 6).

Tabel 5. Parameter Uji dengan Nilai persentase untuk Jarak 30 cm

Parameter	Persentase (100%)
Akurasi	94,40
Presisi	75,05
Recall	72,00
F1 Score	73,50
Loss/Error	5,60

Tabel 6. Parameter Uji dengan Nilai persentase untuk jarak 40 cm

Parameter	Persentase (100%)
Akurasi	92,60
Presisi	70,76
Recall	63,00
F1 Score	69,90
Loss/Error	7,40



Gambar 1. Hasil uji dengan jarak 30 cm dan 40 cm

Menurut hasil uji yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa ketepatan dalam pengambilan data untuk proses pelatihan berpengaruh signifikan terhadap keberhasilan sistem. Dari perhitungan yang ada, persentase keberhasilan untuk jarak 30 cm adalah 94,4%, sedangkan untuk jarak 40 cm mencapai 92,6%. Oleh karena itu, agar sistem dapat mendeteksi dengan lebih akurat, pengambilan dataset yang tepat sangat mempengaruhi hasil akhir deteksi.

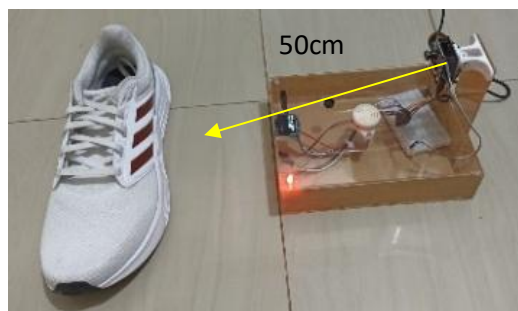
Tabel 7. Confusion matrix jarak 40cm

Prediksi \ Aktual	S S 1	S S 2	S S 3	S S 4	S S 5	B S 1	B S 2	B S 3	B S 4	B S 5
SS1	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
SS2	0	4	0	3	3	0	0	0	0	0
SS3	0	0	5	0	3	0	0	2	0	0
SS4	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0
SS5	2	0	0	1	7	0	0	0	0	0
BS1	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0

BS2	0	0	0	0	0	1	8	0	0	1
BS3	1	0	2	0	0	0	0	7	0	0
BS4	2	0	2	0	0	0	0	3	3	0
BS5	0	0	0	0	0	1	2	0	0	7

Pada tabel 7, dimana SS merupakan Sepatu *Safety* dan BS merupakan Bukan *Safety*. Jarak mempengaruhi keberhasilan data pelatihan. Karena sebagian besar data pelatihan diambil pada jarak 30cm, hasil pengujian pada jarak tersebut lebih baik dibandingkan dengan jarak 40 cm serta 50 cm. Selain itu, jumlah dataset yang banyak juga berkontribusi dalam meningkatkan hasil uji coba.

Pengujian terhadap jarak 50 cm dari kamera ke objek dilakukan dengan intensitas cahaya dan latar belakang yang konsisten. Sistem tidak berhasil mendeteksi sepatu pada jarak 50 cm karena objek tidak ada yang terdeteksi. Berikut adalah hasil deteksi sistem pada jarak tersebut setelah dilakukan percobaan sebanyak 10 kali.



Gambar 2. Hasil uji dengan jarak 50cm

Tabel 8. Confusion matrix jarak 50cm

Prediksi \ Aktual	S S 1	S S 2	S S 3	S S 4	S S 5	B S 1	B S 2	B S 3	B S 4	B S 5
SS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pada table 8 *confusion matrix* dimana SS merupakan Sepatu *Safety* dan BS merupakan Bukan *Safety*, dari 10 kali percobaan untuk setiap jenis pada jarak 50 cm, sistem berhasil mendeteksi dengan benar sebesar 0%, sementara 0% mengalami deteksi gagal. Hal itu dikarenakan objek tidak ada yang terdeteksi oleh kamera karena jangkauan kamera hanya bisa mendeteksi sekitar 30-40 cm saja. Dengan demikian, tingkat akurasi dihitung sebagai berikut:

Tabel 9. Parameter Uji dengan Nilai persentase untuk jarak 50 cm

Parameter	Persentase (100%)
Akurasi	0
Presisi	0
Recall	0
F1 Score	0
Loss/Error	0

Menurut hasil uji yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa ketepatan dalam pengambilan data untuk proses pelatihan berpengaruh signifikan terhadap keberhasilan sistem. Dari perhitungan yang ada, persentase keberhasilan untuk jarak 30 cm adalah 94,4%, sedangkan untuk jarak 40 cm mencapai 92,6% dan pada jarak 50 cm sebesar 0%. Oleh karena itu, agar sistem dapat mendeteksi dengan lebih akurat, pengambilan dataset yang tepat sangat mempengaruhi hasil akhir deteksi.

D. Evaluasi Hasil

Dari hasil yang sudah di dapatkan, akurasi, precision, recall, f1 score, loss/error pada hasil uji sepatu *safety* dan bukan *safety* serta pengujian pada jarak 30 cm model menunjukkan bekerja sangat baik di dibandingkan pada jarak 40 cm dan 50 cm. Secara keseluruhan model yang dapat digunakan yaitu pengujian sepatu *safety* dan bukan *safety* dan pada jarak 30 cm karena memiliki akurasi tinggi, precision dan recall yang seimbang, F1 score yang solid, dan error yang rendah. Sedangkan untuk jarak 40 cm cukup baik dalam hal precision, tetapi recall-nya rendah, sehingga mengurangi kinerja keseluruhan. Sementara pada jarak 50 cm sangat buruk dan harus diperbaiki atau jangan di pakai.

4. Kesimpulan

Sistem pendeteksian sepatu *safety* dan non-*safety* menggunakan *object detection* dan model FOMO di Edge Impulse mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan sepatu dengan baik. Persentase keberhasilan sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan sepatu adalah 95,4%, pada kondisi jarak 30cm mencapai 94,4%, dan pada jarak 40cm sebesar 92,6% serta 0% pada jarak 50cm. Sistem ini juga dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan sepatu meskipun intensitas cahaya berubah-ubah. Sistem mampu mengenali dan mengklasifikasikan sepatu dengan baik dengan jarak 30 cm. Namun, pada rentang jarak 40-50 cm, gambar objek sering kali tidak jelas, menyebabkan deteksi yang tidak konsisten. Meskipun demikian, sistem masih dapat mendeteksi sepatu pada jarak 40 cm, meskipun akurasinya berkurang, bahkan pada jarak 50 cm objek tidak dapat terdeteksi sama sekali. Secara keseluruhan, sistem ini mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan sepatu dengan tingkat keberhasilan lebih dari 90%.

Daftar Pustaka

- [1] I. Sartina and D. Purnamawati, "Evaluasi penggunaan APD dalam konteks kesehatan dan keselamatan kerja di industri konstruksi," *FLORONA : Jurnal Ilmiah Kesehatan*, vol. 3, no. 2, pp. 35–43, Aug. 2024, doi: 10.55904/FLORONA.V3I2.1219.
- [2] M. Badaruddin, H. Witri Kamase, K. Kunci Alat Pelindung Diri, and K. Pekerja, "Sistem Pemantau Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd)Pekerja Secara Real Time," *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 9, no. 3, pp. 312–319, Jul. 2025, doi: 10.31000/JIKA.V9I3.14400.
- [3] 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," *Seminar Hasil Penelitian Informatika dan Komputer (SPINTER) | Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali*, vol. 2, no. 1, pp. 661–666, Mar. 2025, Accessed: Nov. 13, 2025. [Online]. Available: <https://spinter.stikom-bali.ac.id/index.php/spinter/article/view/698>
- [4] H. Supriyanto, S. C. Abadi, and A. Shalsabilah, "Deteksi Helm Keselamatan Menggunakan Jetson Nano dan YOLOv7," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, Feb. 2024, doi: 10.52158/JACOST.V5I1.637.
- [5] N. A. Afnur, R. A. Setiawan, S. Zahra, and D. Astharini, "Deteksi Alat Pelindung Diri Secara Real-Time Menggunakan Algoritma Yolo," *JIK: Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 02, pp. 73–77, Feb. 2024, doi: 10.47007/KOMP.V9I02.8993.
- [6] Z. S. Juanda, Z. K. Simbolon, and H. Huzaeni, "Mengintegrasikan Metode YOLO (You Only Look Once) Dalam Deteksi APD (Alat Pelindung Diri) Pada Industri Migas," *eProceeding of TIK*, vol. 4, no. 1, pp. 127–135, May 2024, Accessed: Nov. 13, 2025. [Online]. Available: <https://e-jurnal.pnl.ac.id/eProTIK/article/view/5829>
- [7] A. Gapur, D. Wahiddin, T. Al Mudzakir, and J. Indra, "Personal Protctive Equipment Detection For Occupational Safety And Health Using YOLOv8 In Manufacturing Companies," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 5, no. 4, pp. 1175–1182, Aug. 2024, doi: 10.52436/1.JUTIF.2024.5.5.2619.
- [8] I. Makris *et al.*, "Detecting Personal Protective Equipment (PPE) utilising YOLOv8 in a Federated Learning Environment," *AIP Conf Proc*, vol. 3220, no. 1, Oct. 2024, doi: 10.1063/5.0236071/3315947.
- [9] N. Z. A. A. Rahmah, Adianto, R. Indarti, Z. M. A. Putra, E. Setiawan, and A. Z. Arfianto, "Implementasi Deteksi Kelengkapan APD pada Hazardous Area menggunakan Metode YoloV5," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 11, no. 3, Oct. 2024, doi: 10.33795/ELKOLIND.V11I3.5744.
- [10] B. Ismail Arianto and E. Zuliarso, "Implementasi Metode YOLO pada Deteksi Pakaian Keselamatan yang Lengkap di Proyek Kontruksi," *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 6, no. 1, pp. 56–63, Dec. 2023, doi: 10.38035/RRJ.V6I1.795.