

IMPLEMENTATION OF THE YOLOV8 METHOD TO DETECT WORK SAFETY HELMETS

Azhar Ferbista Direja^{*1}, Yana Cahyana², Rahmat^{*3}, Kiki Ahmad Baihaqi⁴

^{1,2,3,4}Informatics Engineering, Faculty of computer science, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Indonesia
Email: ¹if20.azhardireja@mhs.ubpkarawang.ac.id, ²yana.cahyana@ubpkarawang.ac.id,
³rahmat@ubpkarawang.ac.id, ⁴kikiahmad@ubpkarawang.ac.id

(Article received: April 25, 2024; Revision: May 29, 2024; published: June 11, 2024)

Abstract

Work safety helmets are an important tool in OHS (Occupational Health and Safety) that must be used by workers. Workers who work with heavy equipment must wear work safety helmets as an obligation. Unfortunately, there are still many workers who do not comply with this rule. They will only wear helmets if there is supervision from a supervisor. However, if the supervisor is not on site, many workers will remove their helmets. The need for supervision of workers is important in reducing work accidents. From these problems, a work safety helmet detection model was created using the YOLOv8 method. This implementation aims to increase the accuracy values obtained and can reduce workload and increase efficiency in checking violations of the use of work safety helmets among workers. The method used consists of several stages, namely image acquisition of 670 images, image labeling, preprocessing, augmentation in roboflow, YOLOv8x model training with 100 epochs, image testing with a distance of 1, 3, 5 meters between the object and the camera, evaluation of test results. Based on the results of training with 467 images, the mAP50 reached 99.5%. Meanwhile, the test results with 100 images showed an accuracy of 99%.

Keywords: Image Processing, Work Safety Helmet, YOLOv8.

IMPLEMENTASI METODE YOLOV8 UNTUK MENDETEKSI HELM KESELAMATAN KERJA

Abstrak

Helm keselamatan kerja adalah alat penting dalam K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang harus digunakan oleh pekerja. Pekerja yang berhubungan dengan alat berat harus mengenakan helm keselamatan kerja sebagai kewajiban. Sayangnya, masih banyak pekerja yang tidak mematuhi aturan ini. Mereka hanya akan mengenakan helm jika ada pengawasan dari *supervisor*. Namun, jika *supervisor* tidak berada di lokasi, banyak pekerja yang akan melepas helmnya. Perlunya pengawasan terhadap pekerja merupakan hal penting dalam mengurangi kecelakaan kerja. Dari permasalahan tersebut, maka dibuat model deteksi helm keselamatan kerja dengan metode YOLOv8. Implementasi ini bertujuan untuk meningkatkan nilai akurasi yang didapatkan dan dapat mengurangi beban kerja serta meningkatkan efisiensi dalam memeriksa pelanggaran penggunaan helm keselamatan kerja pada para pekerja. Metode yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan, yaitu akuisisi citra sebanyak 670 citra, pelabelan citra, *preprocessing*, augmentasi di roboflow, pelatihan model YOLOv8x dengan 100 *epochs*, pengujian citra dengan jarak 1, 3, 5 meter antara objek dengan kamera, evaluasi hasil pengujian. Berdasarkan hasil pelatihan dengan 467 citra, diperoleh mAP50 mencapai 99,5%. Sedangkan hasil pengujian dengan 100 citra, didapatkan akurasi mencapai 99%.

Kata kunci: Helm Keselamatan Kerja, Pengolahan Citra, YOLOv8.

1. PENDAHULUAN

Penting untuk memperhatikan keselamatan kerja dengan benar di area kerja. Hal ini bertujuan untuk melindungi pekerja dari risiko cedera dan juga memastikan keamanan di tempat kerja [1]. Helm proyek adalah alat penting dalam K3 (Keselamatan

dan Kesehatan Kerja) yang harus digunakan oleh pekerja [2].

Pekerja yang berhubungan dengan alat berat harus mengenakan helm keselamatan kerja sebagai kewajiban. Sayangnya, masih banyak pekerja yang tidak mematuhi aturan ini [3]. Mereka hanya akan mengenakan helm jika ada pengawasan dari

supervisor. Namun, jika *supervisor* tidak berada di lokasi, banyak pekerja yang akan melepas helmnya. Padahal, tindakan tersebut sangat berbahaya dan dapat berakibat fatal jika terjadi insiden yang tidak diinginkan [4].

Peristiwa yang terjadi pada tahun 2023, seorang pekerja tertimpa silinder alat berat yang mengakibatkan luka dibagian kepala sehingga harus menjalani perawatan di Rumah Sakit, diduga akibat lalai dalam menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) berupa helm saat bekerja [5]. Menurut BPJS (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial) Ketenagakerjaan mencatat, bahwa jumlah sebanyak 265.334 kasus kecelakaan kerja di Indonesia dari Januari sampai November tahun 2022. Angka tersebut meningkat 13% dibandingkan dengan tahun 2021 yang sejumlah 234.270 kasus [6].

Dalam upaya mengurangi risiko kecelakaan pada tempat bekerja, menggunakan Alat Pelindung Diri atau biasa disebut (APD) merupakan langkah yang sangat penting. Salah satu jenis APD yang diperlukan adalah helm keselamatan kerja [7]. Penggunaan helm keselamatan kerja dapat membantu melindungi kepala pekerja dari cedera yang mungkin terjadi akibat jatuhnya benda-benda dari tempat yang lebih tinggi. Selain itu, pentingnya adanya pengawasan terhadap pekerja juga tidak boleh diabaikan. Pengawasan merupakan bagian penting dalam mengurangi kecelakaan kerja [8]. Dalam hal ini, pengawasan berperan sebagai faktor penguat yang dapat merubah perilaku pekerja menjadi lebih aman dan mematuhi peraturan keselamatan kerja [9].

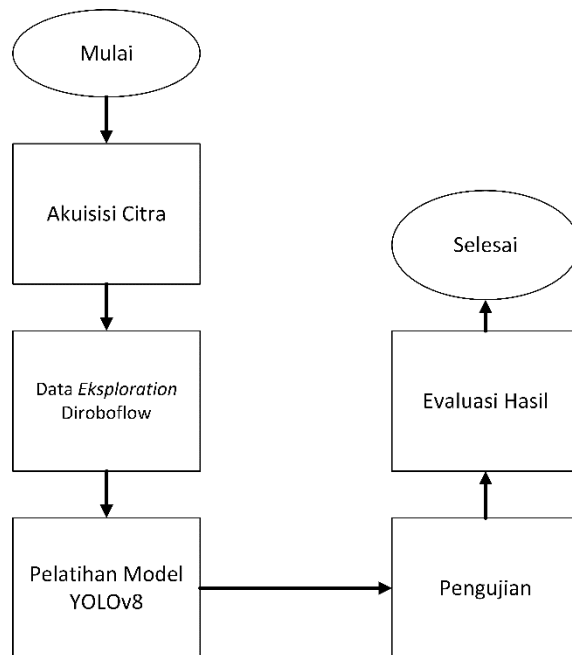
Berdasarkan penelitian terdahulu penerapan algoritma YOLOv3 pada citra digital untuk mendeteksi empat jenis beras, hasil pengujian deteksi mencapai 100% ketika objek beras berada dalam posisi berjajar atau tidak bertumpuk. Namun, saat beras bertumpuk, akurasi deteksinya menurun menjadi 60% [10]. Bambang Widodo melakukan studi mengenai identifikasi helm proyek menggunakan teknik *Convolutional Neural Network* [4] yang menghasilkan akurasi sebesar 79% untuk deteksi objek tunggal dan memiliki kelemahan jika objek yang dideteksi berdempetan. Deteksi helm keselamatan kerja berbasis YOLO juga pernah dilakukan oleh Susi Susanti [11] sebelumnya dengan berbagai skenario, hasil akurasi pengujian yang didapat sebesar 93% pada skenario 3, 90% pada skenario 2, *helmet* 70% dan *nonhelmet* 80% pada skenario 1. Muhammad Hitami pernah melakukan implementasi pendeteksian helm dan rompi secara *real-time* menggunakan metode YOLOv2 dengan *web Flask*. [12], dengan hasil akurasi 81.60%. Pernah dilakukan penelitian menggunakan YOLOv8 dan ESP32cam untuk mendeteksi helm keselamatan kerja dan rompi, dengan dataset sebanyak 1075 data latih dan 131 data test sehingga mendapatkan akurasi pengenalan helm dan rompi sebesar 75% [13]. Albert Kusuma Wijaya dan Siska Devella telah melakukan penelitian tentang Pengenalan Penggunaan Helm

Proyek Dengan Metode SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) dan (*Support Vector Machine*) SVM, dengan menggunakan 119 data latih dan 51 data uji didapatkan akurasi keseluruhan sebesar 68,63% [14].

Pada penelitian ini, model YOLOv8x akan digunakan untuk mendeteksi objek helm yang ada dalam citra [12]. Implementasi model YOLOv8x ini bertujuan untuk meningkatkan nilai akurasi yang didapatkan dan diharapkan dapat mengurangi beban kerja serta meningkatkan efisiensi dalam memeriksa pelanggaran penggunaan helm keselamatan kerja pada para pekerja [15].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian kali ini, memakai metode yang terdiri dari beberapa proses, yaitu akuisisi citra, data *eksploratian* dirobflow, pelatihan model, pengujian, dan evaluasi hasil [16]. Proses tersebut digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1 Flowchart penelitian

Pada langkah akuisisi citra akan dilakukan pengambilan citra, selanjutnya dilakukan eksplorasi data pada web robflow yang dimana data akan dianotasi, pembagian dataset, *preprocessing* dan augmentasi. Selanjutnya melatih model YOLOv8 dengan data yang sudah diproses sebelumnya. Setelah itu dilakukan pengujian untuk mengukur kinerja model yang sudah dilatih dan langkah terakhir yaitu evaluasi dengan mengukur tingkat keberhasilan model dalam mengidentifikasi objek.

2.1. Akuisisi Citra

Langkah ini merupakan langkah awal dalam memperoleh data gambar yang diperlukan untuk melatih model deteksi helm. Digunakan kamera *smartphone* dalam proses pemotretan citra dengan

spesifikasi kamera 48 *MegaPixel* dan citra berukuran 3880x3880 *pixel*. Terdapat 670 citra yang telah diakuisisi, dengan 335 citra yang menampilkan orang

menggunakan helm dan 335 citra yang menampilkan orang tidak menggunakan helm sebagaimana terlihat pada Gambar 2 [16].



Gambar 2 Contoh Citra

Proses akuisisi citra dilakukan dengan berbagai sudut pandang dan jarak objek dengan kamera yaitu 1 meter, 2,5 meter, 5 meter. Tujuan perbedaan jarak objek dengan kamera adalah agar model dapat menyesuaikan skala deteksi sehingga objek dengan jarak jauh ataupun dekat dapat dikenali dengan benar.

2.2. Data Eksplorasi Dirobflow

Roboflow adalah sebuah *platform web* yang berfokus pada pengumpulan dataset. Platform ini menyediakan berbagai fitur yang terkait dengan pengembangan *computer vision* [17]. Juga dapat melakukan pra-pemrosesan pada dataset seperti mengubah gambar menjadi *grayscale* dan dapat melakukan augmentasi data dengan menggunakan fitur-fitur yang disediakan oleh Roboflow. [18].

Pada tahap *exploration*, dilakukan eksplorasi dengan dataset yang sebelumnya telah diperoleh. Dilakukan anotasi data pada citra, yaitu dengan cara membuat kotak pembatas pada helm dan kepala di setiap citra, serta melabeli kelas yang benar pada semua objek tersebut. Setelah dilakukan anotasi, dataset akan dipecah jadi tiga bagian, yaitu 467 data *training*, 79 data *validation*, dan 124 data *testing* [19].

Dilakukan *preprocessing* yaitu *auto orientasi* dan *resize* menjadi 256x256 piksel, dan dilakukan proses augmentasi *flip* horizontal dan rotasi 90° searah jarum jam dan sebaliknya. Setelah dilakukan *preprocessing* jumlah data *training* bertambah menjadi 1.314. Hasil *preprocessing* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil *Preprocessing*

Pada Gambar 3 adalah hasil yang didapatkan setelah dilakukan *preprocessing*. Telihat pada citra

diatas terjadi penurunan kualitas pada citra, citra dibalik secara horizontal dan citra diputar 90°.

2.3. Pelatihan Model

Tahap pelatihan model adalah saat di mana algoritma dilatih untuk mengenali pola-pola data dan membuat prediksi serta mengambil keputusan [19]. Algoritma yang digunakan untuk melatih model menggunakan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) versi 8x.

2.4. Pengujian

Tahap pengujian adalah tahap di mana model yang telah dilatih sebelumnya akan diuji untuk mengukur kinerjanya secara objektif. [20]. Tahap ini melibatkan pengukuran metrik evaluasi seperti akurasi, *precision*, *recall* dan mAP (*Mean Average Precision*). Dilakukan pengujian menggunakan citra dengan berbagai pose dan jarak yang berbeda-beda, dengan tujuan mengetahui kinerja model dalam mendeteksi helm keselamatan dalam berbagai keadaan. Cara mendapatkan nilai tingkat akurasi adalah dengan rumus [10].

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ Prediksi\ Benar}{Jumlah\ Seluruh\ Data} \times 100\% \quad (1)$$

2.5. Evaluasi Hasil

Langkah ini dilakukan untuk mengukur tingkat keberhasilan dari model dalam mengenali objek helm keselamatan kerja. Maka tahap ini adalah apakah model yang dihasilkan sudah sesuai dan mampu mengidentifikasi ketidaksesuaian antara hasil model dengan yang diharapkan [19].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimulai dengan pembagian dataset yang sudah diaugmentasi, berjumlah 1517 gambar, yang terdiri dari dua kategori *helmet* dan *non-helmet*, menjadi tiga dataset: *train*, *valid*, dan *test*. Data *train* berjumlah 1314 gambar, *valid* 79 gambar, dan *test* 124 gambar. Model dilatih menggunakan YOLOv8x dengan epoch 100. Tabel 1 menunjukkan hasil pelatihan model.

Tabel 1 Tabel Hasil Pelatihan Model

Class	Precision	Recall	mAP50	mAP50-90
All	0,995	0,986	0,995	0,893
Helmet	0,991	0,971	0,994	0,867
Non-Helmet	0,999	1	0,995	0,92
Speed	0,1ms			

Precision adalah jumlah prediksi positif yang benar (*helmet* atau *non-helmet*) di antara semua prediksi positif yang dibuat oleh model. Dengan akurasi 0,991 untuk "*helmet*" dan 0,999 untuk "*non-helmet*", model ini sangat akurat dalam memprediksi keberadaan helm atau kepala dalam gambar.

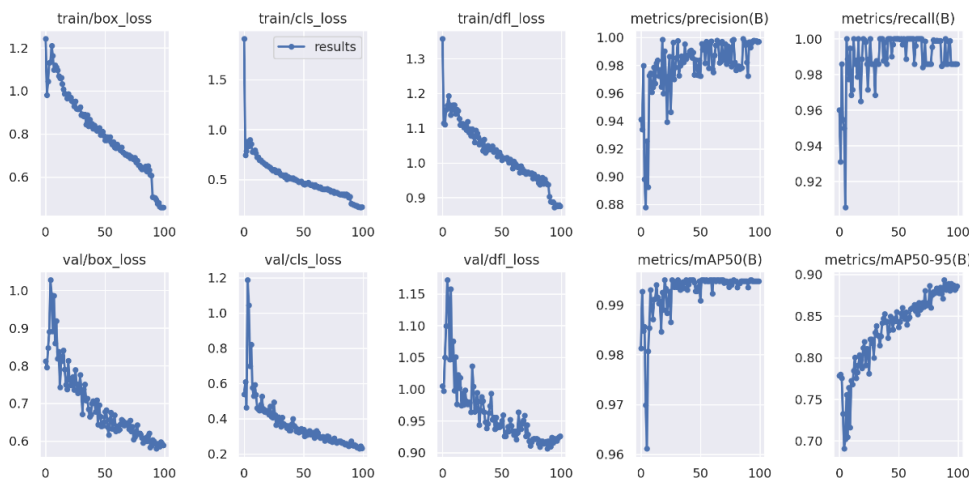
Recall adalah ukuran seberapa baik model dapat menemukan objek (*helmet* atau *non-helmet*) di dalam gambar. Akurasi *Recall* 0,971 untuk "*helmet*" dan 1 untuk "*non-helmet*" menunjukkan bahwa model ini mahir mengingat *helmet* atau *non-helmet* ketika ada di dalam gambar.

Untuk menghitung skor kinerja keseluruhan, mAP50 mempertimbangkan *precision* dan *recall*. Menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan akurasi 0,994 untuk "*helmet*" dan 0,995 untuk "*non-helmet*", model mengidentifikasi dengan benar dan secara akurat menempatkan *bounding box* di sekitar kepala dan helm dalam banyak kasus.

mAP50-95 adalah varian lain dari skor mAP, tetapi skor rata-ratanya berkisar dari 0,5 hingga 0,95 pada ambang batas IoU (*Intersection over Union*). Akurasi 0,867 untuk "*helmet*" dan 0,92 untuk "*non-helmet*" jauh lebih rendah daripada mAP50, menunjukkan bahwa kinerja model menurun pada ambang batas IoU yang lebih tinggi.

Kategori '*All*' memberikan rata-rata metrik dari kategori '*Helmet*' dan '*Non-Helmet*'. Akurasi keseluruhan mAP50 sebesar 0,995 menunjukkan bahwa model berkinerja sangat baik.

Dari pelatihan model, diperoleh sebuah grafik pelatihan yang menggambarkan performa model selama proses pelatihan dan validasi, serta menunjukkan bagaimana metrik-metrik seperti *loss*, *precision*, *recall* dan mAP berubah seiring waktu. Grafik ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4 Grafik Hasil Pelatihan Model

Menampilkan hasil pelatihan model YOLOv8x. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa model YOLOv8x cenderung belajar cukup baik selama pelatihan, dapat dilihat bahwa *precision*, *recall*, dan mAP (*Mean Average Precision*) meningkat seiring bertambahnya *epoch*, meskipun sedikit naik turun untuk grafik *precision* dan *recall*, kemudian setiap loss (baik dari *training* atau validasi) menurun seiring bertambahnya *epoch* yang menandakan bahwa model semakin baik dalam tugas deteksi objek.

Pengujian dilakukan menggunakan 100 citra dengan berbagai posisi dan jarak yang berbeda-beda yaitu mulai dari jarak 1, 3 dan 5 meter. Nilai ambang batas atau *confidence threshold* yang digunakan pada pengujian ini sebesar 0,80 maka *bounding box* dengan akurasi dibawah 0,80 tidak akan ditampilkan. Hasil pengujian bisa dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7 dibawah.



Gambar 5 Hasil Pengujian Dengan Jarak 1 Meter



Gambar 6 Hasil Pengujian Dengan Jarak 3 Meter



Gambar 7 Hasil Pengujian Dengan Jarak 5 Meter

Pada Gambar 5 terlihat bahwa akurasi yang didapat sebesar 0,94 untuk label *helmet* dan 0,92 untuk *non-helmet*, selanjutnya pada Gambar 6 yaitu pengujian dengan jarak 3 meter didapatkan akurasi sebesar 0,85 pada kedua sampel, akurasi yang didapat sedikit berkurang dari pengujian dengan jarak 1 meter. Pada Gambar 7 diperoleh akurasi 0,87 untuk *helmet* dan 0,86 untuk *non-helmet*.

Terdapat 100 citra yang dijadikan sampel dalam pengujian ini, dari 100 sampel 99 citra terdeteksi dengan benar dan 1 citra tidak terdeteksi. Maka untuk menghitung nilai akurasi dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{99}{100} \times 100\% = 99\%$$

Hasil dari perhitungan diatas diperoleh nilai akurasi 99%. Sehingga dari hasil pengujian diatas, dapat diketahui bahwa proses deteksi helm keselamatan kerja yang dilakukan dengan metode YOLOv8 dapat berjalan sebagaimana mestinya dalam mendeteksi orang menggunakan helm dan tidak.

4. DISKUSI

Penelitian ini mendapatkan model yang mampu mendeteksi orang yang menggunakan helm keselamatan kerja atau tidak. Di mana model yang dilatih terdiri dari dua *class* antara lain *helmet* dan *non-helmet* dengan algoritma YOLOv8.

Pada tahap pelatihan digunakan model YOLOv8x dengan hyperparameter (*epochs* : 100, *imgsize* : 256) pada 1.314 gambar yang sudah dipreprocessing dan *learning rate* sebesar 0,01, diperoleh mAP50 (*Mean Average Precision*) sebesar 99.5%. Selanjutnya dilakukan pengujian deteksi sebanyak 100 citra digital yang terdapat orang menggunakan helm keselamatan kerja dan tidak dengan jarak yang berbeda-beda, nilai ambang batas atau *confidence threshold* yang digunakan pada pengujian ini sebesar 0,80 maka *bounding box* dengan akurasi dibawah 0,80 atau 80% tidak akan ditampilkan. Hasilnya dari 100 sampel 99 citra terdeteksi benar dengan akurasi diatas 80% dan 1 citra tidak terdeteksi, objek tidak terdeteksi dikarenakan akurasi yang kurang dari 80%. Sehingga akurasi pengujian yang didapatkan sebesar 99%.

Penelitian sebelumnya tentang helm keselamatan kerja dengan menggunakan metode YOLOv8. Menggunakan 7.036 citra pelatihan dan 16 citra pengujian yang terdapat 2 *class*, dilatih dengan 10 *epoch*, diperoleh tingkat akurasi mAP50 sebesar 96.9%. Hal tersebut masih dibawah tingkat akurasi penelitian yang sudah dilakukan.

Penelitian selanjutnya masih dengan metode YOLOv8, dengan data latih sebanyak 7.041 citra yang dilatih sebanyak 100 *epoch*, diperoleh tingkat akurasi mAP50 sebesar 99.1%. Hasil tersebut sedikit lebih kecil dari pencapaian akurasi dari penelitian ini.

Selain itu penelitian berjudul “Sistem Pemeriksaan Kelengkapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Untuk Area Kerja Terbatas” menggunakan ESP32-CAM sebagai kamera dan YOLOv8 sebagai metode, menggunakan *epochs* sebanyak 100 dan ukuran gambar sebesar 224. Adapun citra yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 1075 sedangkan pengujian sebanyak 131. Diperoleh nilai akurasi prediksi pengenalan helm dan rompi adalah 75%. Hasil tersebut masih dibawah akurasi dari penelitian yang telah dilakukan.

Terakhir, Penelitian yang berjudul “Deteksi *Helmet* Dan *Vest* Keselamatan Secara *Realtime* Menggunakan Metode Yolo Berbasis *Web Flask*” dengan data pelatihan sebanyak 847. Diperoleh *avg loss* sebesar 0,173, mAP sebesar 76,68% dan dilakukan pengujian pada 5 citra sehingga didapatkan rata rata akurasi 81,60%. Jika dilihat dari nilai mAP penelitian tersebut masih dibawah penelitian yang telah dilakukan.

Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa metode yang diterapkan berhasil mendeteksi citra orang yang memakai helm keselamatan kerja dan tidak memakai helm dengan tingkat akurasi mAP yang lebih tinggi yaitu sebesar 99,5%, sedangkan penelitian sebelumnya yang paling mendekati adalah sebesar 99,1%, berbeda 0,4% dari penelitian yang telah dilakukan, namun hal tersebut yang menjadikan keunggulan dari penelitian yang telah dilakukan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh metode deteksi untuk membedakan seseorang yang menggunakan helm keselamatan kerja dan tidak memakainya yaitu dengan metode YOLOv8. Model yang digunakan dalam pelatihan adalah YOLOv8x dan data latih sebanyak 467 citra diperoleh *precision* 99,5%, *recall* 98,6% dan mAP50 99.5%. Berdasarkan hasil pengujian, saat dilakukan pengujian pada 100 citra yang menampilkan orang dengan dan tanpa memakai helm keselamatan kerja dengan jarak 1, 3 dan 5 meter, 99 citra terdeteksi dengan benar dan 1 citra tidak terdeteksi, maka didapatkan nilai akurasi pengujian sebesar 99%.

Adapun saran kepada peneliti selanjutnya yaitu agar lebih memperhatikan proses akuisisi citra, lebih tepatnya pada faktor pencahayaan saat pengambilan citra. Selain itu, jika perlu ditambahkan lebih banyak *preprocessing* dan citra dengan jarak objek yang lebih jauh lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. J. I. Pangkey, V. P. K. Lengkong, and R. T. Saerang, “Analisis Implementasi Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Sebagai Upaya Terhadap Pencegahan Kecelakaan Kerja Di PT. PLN (Persero) UP3 Manado,” *Jurnal Riset Ekonomi*,

- Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, vol. 11, no. 4, pp. 200–211, Oct. 2023, doi: <https://doi.org/10.35794/emba.v11i4>.
- [2] Y. Primasanti and E. Indriastiningsih, “Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Departemen Weaving PT Panca Bintang Tunggal Sejahtera,” *JURNAL ILMU KEPERAWATAN INDONESIA*, vol. 12, no. 1, pp. 55–77, Jul. 2019.
- [3] S. Bakti, “Pengaruh Keselamatan Kerja (K3) Dan Disiplin Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada PT. Sinar Perdana Caraka Kecamatan Bagan Sinembah Kabupaten Rokan Hilir,” UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM, Pekanbaru, 2019.
- [4] B. Widodo, H. Armanto, and E. Setyati, “Deteksi Pemakaian Helm Proyek Dengan Metode Convolutional Neural Network,” pp. 23–29, 2021.
- [5] M. A. Maulidin, “Kepala Pekerja Luka Akibat Tidak Pakai Helm Saat Tertimpa Alat Berat,” *isafetymagazine.com*.
- [6] F. Sulistya Pratiwi, “RI Alami 265.334 Kasus Kecelakaan Kerja hingga November 2022,” *dataindonesia.id*.
- [7] M. Alfin Taufiqurrochman and H. Februariyanti, “Rancang Bangun Aplikasi Deteksi Alat Pelindung Diri (APD) untuk Pekerja Proyek dengan Menggunakan Algoritma Yolov5,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 8, no. 2, pp. 472–480, Mar. 2024, doi: [10.35870/jti](https://doi.org/10.35870/jti).
- [8] F. Moniaga and V. Syela Rompis, “Analisa Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (SMK3) Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Hazard Identification And Risk Assessment,” *Jurnal Realtech*, vol. 15, no. 2, pp. 65–73, Oct. 2019, doi: <https://doi.org/10.52159/realtech.v15i2.43>.
- [9] I. Sulistyowati and T. Sukwika, “Investigasi Kecelakaan Kerja Akibat Alat Pelindung Diri Menggunakan Metode SCAT Dan Smart-PSL,” *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Husada*, vol. 13, no. 01, pp. 27–45, Jun. 2022, doi: [10.34305/jikbh.v13i1.367](https://doi.org/10.34305/jikbh.v13i1.367).
- [10] K. A. Baihaqi and Y. Cahyana, “Application of Convolution Neural Network Algorithm for Rice Type Detection Using Yolo v3,” *SYSTEMATICS*, vol. 3, no. 2, pp. 272–280, Aug. 2021.
- [11] S. Susanti, S. Aulia, and I. Dyah Irawati, “Deteksi Helm Otomatis Untuk Keselamatan Kerja di Tempat Proyek Berbasis Yolo,” pp. 28–32, 2023.
- [12] M. Hatami, T. Tukino, F. Nurapriani, W. Widiyawati, and W. Andriani, “Deteksi Helmet Dan Vest Keselamatan Secara Realtime Menggunakan Metode Yolo Berbasis Web Flask,” *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 221–233, Jan. 2023, doi: [10.47668/edusaintek.v10i1.651](https://doi.org/10.47668/edusaintek.v10i1.651).
- [13] M. A. Saputra, “Sistem Pemeriksaan Kelengkapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Untuk Area Kerja Terbatas,” UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP BANDUNG, Bandung, 2024.
- [14] A. Kusuma Wijaya and S. Devella, “Pengenalan Penggunaan Helm Proyek Berstandar Pada Citra Foto Berdasarkan SIFT Dengan SVM,” 2022.
- [15] A. Nurfirmansyah and R. Dijaya, “Deteksi Kelalaian Alat Pelindung Diri (APD) Pada Pekerja Kontruksi Bangunan,” *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 58–63, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.29407/inotek.v6i1.2452>.
- [16] A. Sadri Agung, A. S. Farid Dirgantara, M. Syachrul Hersyam, A. Baso Kaswar, and D. Darma Andayani, “Classification Of Tomato Quality Based On Color Features And Skin Characteristics Using Image Processing Based Artificial Neural Network,” *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 4, no. 5, pp. 1021–1032, Oct. 2023, doi: [10.52436/1.jutif.2023.4.5.780](https://doi.org/10.52436/1.jutif.2023.4.5.780).
- [17] A. Maulana and E. Andika, “Implementasi Face Recognition pada Absensi Siswa Menggunakan YOLOv5,” *SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN RISET TERAPAN*, vol. 5, pp. 441–445, Oct. 2023.
- [18] S. F. Prisunia, “Pemanfaatan Jetson Nano Nvidia Untuk Mendeteksi Penggunaan Masker Secara Real-Time Menggunakan Opencv Python,” Semarang, Jul. 2023.
- [19] N. J. Hayati, D. Singasatia, and M. Muttaqin, “Object Tracking Menggunakan Algoritma You Only Look Once (Yolo)V8 Untuk Menghitung Kendaraan,” *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, vol. 12, no. 2, pp. 91–99, Oct. 2023, doi: <https://doi.org/10.34010/komputa.v12i2.10654>.
- [20] M. I. Siami and M. Hamid, “Penerapan Deteksi Penggunaan Masker pada Sistem Absensi Karyawan menggunakan Metode Deep Learning,” *Jurnal Ahli Muda Indonesia*, vol. 3, no. 2, pp. 21–27, Dec. 2022, doi: [10.46510/jami.v3i2.118](https://doi.org/10.46510/jami.v3i2.118).