

# Sistem Deteksi Helm Pengaman untuk Pemantauan Area Pabrik

Ratna Santi<sup>1</sup>, Wiwin Suwarningsih<sup>2</sup>, Ashwin Sasongko<sup>3</sup>

*Prodi Magister Teknik Informatikai, Pascasarjana, Universitas Langlangbuana<sup>1,3</sup>*

*Pusat Penelitian Elektronika dan Informatika, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ratna.s.kardi@gmail.com

<sup>2</sup>wiwin.suwarningsih@brin.go.id

<sup>3</sup>ashwin.sasongko@gmail.com

**Abstrak**—Pemantauan area industri menghadirkan tantangan yang signifikan, terutama dalam memastikan kepatuhan terhadap protokol keselamatan seperti kewajiban penggunaan helm pelindung. Integrasi teknologi canggih menawarkan solusi yang menjanjikan untuk tantangan ini, menyediakan peluang untuk pemantauan otomatis dan waktu nyata. Salah satu teknologi tersebut adalah YOLOv8, algoritma deteksi objek yang canggih yang, meskipun sangat efektif, sering kali memerlukan pelatihan ulang untuk beradaptasi dengan lingkungan industri tertentu. Dalam penelitian ini, model YOLOv8 dilatih ulang menggunakan kumpulan data waktu nyata yang dikumpulkan dari lingkungan industri, memastikan keakuratannya dalam mendeteksi helm dalam berbagai kondisi. Selain deteksi, sistem ini disempurnakan dengan fitur notifikasi waktu nyata melalui Telegram, yang segera memberi tahu pengawas jika pelanggaran helm terdeteksi. Kinerja sistem dievaluasi menggunakan Mean Average Precision (mAP) sebagai metrik, yang menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi helm dan memberi notifikasi ke pengawas area, sehingga terbukti menjadi solusi yang andal untuk meningkatkan keselamatan di tempat kerja.

**Kata kunci**— *deteksi helm pengaman, deteksi objek, pemantauan area, visi komputer, MaP.*

## I. PENDAHULUAN

Industri konstruksi dikenal sebagai salah satu industri dengan tingkat aktivitas tertinggi di negara maju dan berkembang [1]. Di Indonesia, industri manufaktur juga berkembang pesat, dengan 32.193 perusahaan skala menengah dan besar yang aktif pada tahun 2023[2]. Kombinasi dinamika yang tinggi dalam pertumbuhan yang pesat untuk industri manufaktur dimana menciptakan lingkungan kerja sangat aktif dan dinamis, hal tersebut menekankan pentingnya penerapan teknologi dan praktik keselamatan yang canggih untuk melindungi pekerja dan memastikan produktivitas yang berkelanjutan[3].

Pengawasan video dalam industri manufaktur memainkan peran penting dalam memastikan keselamatan produksi dan kehidupan pekerja, namun banyak produsen di industri manufaktur masih menggunakan tenaga manusia untuk memantau video pengawasan [4]. Pengawas harus memantau pekerja terus-menerus sepanjang hari, yang bisa menyebabkan kelelahan dan bosanan. [5] Hal ini menurunkan konsentrasi dan meningkatkan risiko kesalahan. Selain itu, penilaian

pengawas sering kali tidak konsisten karena subjektif. Pengawas juga mungkin tidak bisa melihat semua area pabrik dengan jelas, terutama di lokasi yang sulit dijangkau atau *blind spot*, sehingga beberapa pelanggaran tidak terdeteksi. Reaksi terhadap pelanggaran sering kali terlambat karena pengawas harus mengamati, melaporkan, dan menindaklanjutinya. Pengawasan manual juga memerlukan banyak tenaga kerja terlatih, yang meningkatkan biaya operasional serta tetap memiliki risiko kesalahan manusia. [6]

Salah satu SOP yang harus dipakai oleh pekerja adalah mengenakan helm pelindung atau *safety helmet*. Helm pelindung adalah komponen penting dari Alat Pelindung Diri (APD) yang wajib digunakan oleh pekerja untuk melindungi kepala dari potensi bahaya dan cedera serius[7]. Selain berfungsi sebagai pelindung kepala, helm pelindung juga sering digunakan untuk menandai hak akses atau tingkat otoritas pekerja di pabrik melalui warna helm yang berbeda. Misalnya, helm berwarna biru untuk pekerja umum, helm berwarna kuning untuk mandor, dan helm berwarna putih untuk manajer atau pengawas. Sistem identifikasi warna helm ini memudahkan pengawasan dan manajemen hak akses di lingkungan pabrik. Namun, mengawasi penggunaan helm berdasarkan warna secara manual sangat tidak efisien dan rawan terhadap kesalahan.

Melihat berbagai masalah ini, penelitian untuk mengembangkan sistem deteksi helm untuk monitoring otomatis sangat penting. Sistem berbasis *deep learning* ini diharapkan bisa mengatasi kelemahan pengawasan manual. Sistem deteksi ini memanfaatkan teknologi *object detection* yang akan diterapkan pada video rekaman CCTV yang terdapat pada zona-zona wajib mengenakan alat pelindung diri yaitu helm keselamatan. Diharapkan dengan sistem tersebut dapat mengurangi ketergantungan pada pengawas manusia, memastikan kepatuhan yang lebih konsisten terhadap aturan keselamatan.

## II. METODE

Metode penelitian ini memanfaatkan deteksi objek menggunakan *deep learning* yang telah menjadi topik penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari visi komputer hingga pengawasan industri [8]. Penelitian ini menggunakan model *deep learning* untuk mengidentifikasi dan memisahkan objek-objek dalam gambar atau video dengan akurasi tinggi [9].

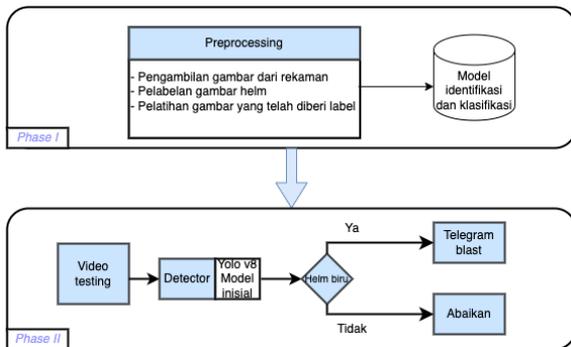
Dalam melakukan analisis perbandingan performa beberapa metode deep learning, beberapa faktor menjadi pertimbangan utama, termasuk akurasi deteksi objek, kecepatan pemrosesan, kemampuan deteksi dalam berbagai skala dan kondisi, serta ketersediaan dan kepraktisan implementasi. [10]

Pemilihan YOLO v8 sebagai salah satu teknologi untuk deteksi objek tidak hanya didasarkan pada akurasi yang tinggi dan deteksi real-time yang optimal, tetapi juga karena kemampuannya mengatasi beberapa tantangan dalam lingkungan industri seperti pergerakan cepat di pabrik. Dengan mengintegrasikan keunggulan YOLO sebelumnya dengan peningkatan dalam arsitektur dan teknik pemrosesan, YOLO v8 memberikan solusi yang efisien dan efektif untuk sistem deteksi helm keamanan dalam konteks monitoring pabrik[11]

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Arsitektur sistem monitoring deteksi helm

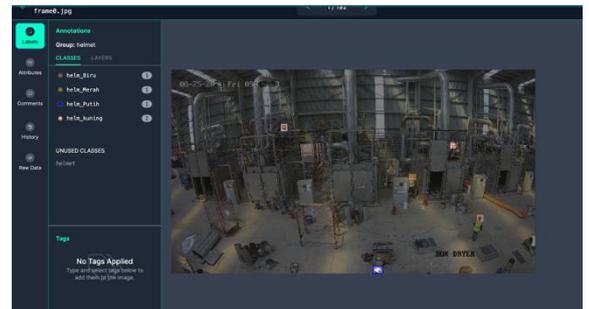
Dalam proses pengembangan sistem monitoring deteksi helm yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan di lingkungan pabrik, dilakukan beberapa tahapan sesuai dengan yang digambarkan oleh arsitektur sistem deteksi helm pengaman untuk monitoring area industri menggunakan bahasa Python. Sesuai yang digambarkan oleh gambar dibawah



Gambar 1. Arsitektur sistem monitoring deteksi helm

Diagram arsitektur sistem yang telah dibuat memvisualisasikan alur kerja deteksi objek menggunakan YOLO v8 dan sistem notifikasi melalui Telegram secara terstruktur. Tahap pertama adalah Preprocessing, yaitu pengambilan dan pelabelan gambar menggunakan Roboflow dimulai dengan persiapan dan pengunggahan 2032 gambar berformat .jpg yang diambil dari rekaman video sebelumnya. Setelah mengunggah gambar ke proyek Roboflow, alat pelabelan digunakan untuk menambahkan kotak pembatas dan label pada setiap objek helm, dengan empat kelas pelabelan yang mencakup warna helm: “Helm\_Merah”, “Helm\_Kuning”, “Helm\_Putih”, dan “Helm\_Biru”. Setelah pelabelan, validasi dilakukan untuk memastikan keakuratan setiap label. Selanjutnya, data dibagi menjadi set pelatihan (1725 gambar), validasi (207 gambar), dan uji (100 gambar). Proses akhir adalah menghasilkan dataset dalam format YOLO v8 yang siap

untuk digunakan dalam model deteksi objek. Seperti yang ditunjukkan gambar berikut,



Gambar 2. Tampilan pelabelan menggunakan Roboflow

#### B. Perancangan model deteksi

Gambar yang telah diberi label kemudian digunakan untuk melatih model agar sistem dapat mengenali pola helm yang akan dideteksi. Dataset yang diekspor dari Roboflow akan digunakan dalam proses perancangan model deteksi. Proses perancangan dimulai dengan pembuatan dataset di Roboflow, seperti pada langkah sebelumnya. Dataset yang sudah diekspor akan digunakan untuk melatih model dengan melakukan kloning pre-model YOLO v8 dari repository GitHub dan menginstal package yang diperlukan. Model ini akan dilatih menggunakan google colab dengan memanfaatkan GPU Tesla T4.

Dataset dari Roboflow diimpor dan model dilatih dengan menjalankan train.py dengan parameter yang mencakup ukuran gambar (1024), jumlah epoch (50), lokasi dataset, serta model weights YOLO v8m untuk transfer learning. Parameter cache digunakan untuk mempercepat proses pelatihan. Hasil training yang dilakukan selama 1,8 jam pada 50 epoch menghasilkan model dengan ukuran 52,1 MB dalam format weights (.pt). Pengujian dari hasil training custom model terbaik yang diujikan dengan data validation sebanyak 207 gambar. Dengan hasil yang ditunjukkan gambar berikut.

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
48/50	15.36	1.873	0.8872	0.9832	52	1824: 100% 100/100 [02:00:00:00, 1.19s/it]
Class	Images	Instances	Box(r)	R	mAP50	mAP50-95: 100% 7/7 [00:04:00:00, 1.751t/s]
all	287	515	0.889	0.963	0.987	0.396
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
49/50	15.56	1.672	0.7976	0.9485	49	1824: 100% 100/100 [02:00:00:00, 1.19s/it]
Class	Images	Instances	Box(r)	R	mAP50	mAP50-95: 100% 7/7 [00:04:00:00, 1.741t/s]
all	287	515	0.822	0.913	0.981	0.403
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
50/50	15.56	1.662	0.7969	0.9383	60	1824: 100% 100/100 [02:00:00:00, 1.19s/it]
Class	Images	Instances	Box(r)	R	mAP50	mAP50-95: 100% 7/7 [00:05:00:00, 1.761t/s]
all	287	515	0.811	0.961	0.889	0.422

50 epochs completed in 1.868 hours.  
 Optimizer stripped from runs/detect/train3/weights/last.pt, 52.1MB  
 Optimizer stripped from runs/detect/train3/weights/best.pt, 52.1MB  
 Validating runs/detect/train3/weights/best.pt...  
 Ultralytics YOLOv8.0.196 # Python-3.10.12 torch-2.3.0+cu121 CUDA@0 (Tesla T4, 15182MiB)  
 Model summary (fused): 218 layers, 25842076 parameters, 0 gradients, 78.7 GFLOPs  
 Class Images Instances Box(r) mAP50 mAP50-95: 100% 7/7 [00:05:00:00, 1.301t/s]  
 all 287 515 0.876 0.957 0.93 0.458  
 Helm\_Biru 287 125 0.991 0.983 0.994 0.46  
 Helm\_Kuning 287 245 0.885 0.893 0.849 0.338  
 Helm\_Merah 287 13 0.086 1 0.57 0.586  
 Helm\_Putih 287 134 0.982 0.993 0.986 0.527  
 Speed: 0.2ms preprocess, 10.3ms inference, 0.2ms loss, 2.3ms postprocess per image  
 Results saved to runs/detect/train3  
 Learn more at <https://docs.ultralytics.com/modes/train>

Gambar 3. Tampilan proses training costum model

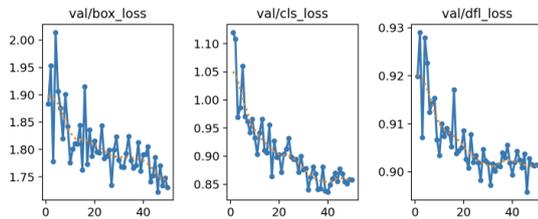
Hasil menunjukkan nilai mAP rata rata sebesar 0,93 dimana untuk label ‘Helm\_Biru’, ‘Helm\_Kuning’, ‘Helm\_Merah’ dan ‘Helm\_Putih’ secara berurut sebesar 0,981; 0,851; 0,98 dan 0,907.

C. Evaluasi dan Pengujian Model

Pada proses pengujian ini, evaluasi dilakukan terhadap model deteksi yang telah melalui proses training dengan menggunakan script bawaan dari YOLO v8 Ultralytic dan TensorBoard. Pengujian ini bertujuan untuk menilai performa model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek berdasarkan dataset yang telah disiapkan.

Evaluasi kerugian (loss) pada proses training dan validation memberikan gambaran tentang stabilitas dan kinerja model selama pelatihan. Dengan melihat perbedaan antara nilai training loss dan validation loss, dapat diukur sejauh mana model mampu menggeneralisasi pola dari data yang digunakan.

1. Grafik loss training menunjukkan bahwa pada epoch ke-50, model memiliki nilai box loss sebesar 0,7969, class loss sebesar 0,9383, dan object loss sebesar 1,661.
2. Pada evaluasi validation loss, nilai loss untuk epoch ke-50 adalah 0,82 (*box loss*), 0,09 (*class loss*), dan 1,72 (*object loss*).
3. Grafik ini mengindikasikan bahwa model tidak mengalami overfitting dan dapat mempertahankan performa yang baik, bahkan pada data yang tidak terlihat selama pelatihan.



Gambar 4. Tampilan TensorBoard evaluasi validation loss

D. Pengujian Skenario Model Deteksi

Pengujian model deteksi dilakukan untuk menilai kinerja sistem dalam mendeteksi helm di pabrik dengan tiga skenario waktu: tetap 1 detik, acak, dan berbasis pergerakan. Berapa video dengan helm berwarna kuning, merah, biru, dan putih dianalisis menggunakan matriks evaluasi seperti True Positive (TP), False Positive (FP), False Negative (FN), dan True Negative (TN), serta metrik Precision, Recall, F1 Score, dan Accuracy.[12]

Pada pengujian sistem deteksi helm berbasis YOLO v8, dua skenario diuji. Skenario pertama mengatur sistem untuk mendeteksi helm setiap 1 detik secara konsisten, memastikan hasil deteksi tepat waktu untuk pemantauan terus-menerus. Skenario kedua menggunakan interval deteksi acak untuk mensimulasikan kondisi kerja dinamis, menguji kemampuan sistem dalam menghadapi ketidakpastian dan variasi lingkungan. Sistem ini juga terintegrasi dengan aplikasi Telegram untuk notifikasi saat helm berwarna tertentu melintasi garis deteksi. Pengujian melibatkan berbagai warna helm merah, kuning, biru, dan putih untuk memastikan kemampuan deteksi yang efektif terhadap berbagai jenis helm yang digunakan di pabrik.

TABEL1  
 HASIL PENGUJIAN SKENARIO 1

Data Input	TP	FP	FN	TN	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy
Video helm kuning	19	7	4	0	73%	83%	78%	63%
Video helm merah	18	0	12	0	100%	60%	75%	60%
Video helm biru	28	0	2	0	100%	93%	97%	93%
Video helm putih	29	1	0	0	97%	100%	98%	97%
Video helm biru dan selain biru	25	2	3	0	93%	89%	91%	83%
<b>Rata - rata</b>					92%	85%	88%	79%

Dari pengujian skenario pertama, sistem deteksi helm menunjukkan performa bervariasi berdasarkan warna helm. Helm kuning berhasil terdeteksi 19 kali (TP) dengan 7 kesalahan (FP) dan 4 kegagalan (FN). Helm merah terdeteksi 18 kali (TP) tanpa kesalahan (FP) namun 12 kegagalan (FN). Helm biru memiliki kinerja terbaik dengan 28 deteksi benar (TP) dan 2 kegagalan (FN) tanpa kesalahan (FP). Helm putih juga menunjukkan performa baik dengan 29 deteksi benar (TP), 1 kesalahan (FP), dan tanpa kegagalan (FN). Secara keseluruhan, sistem memiliki Precision rata-rata 92%, Recall 85%, F1 Score 88%, dan Accuracy 79%, dengan kinerja terbaik pada helm biru dan putih, tetapi menunjukkan kesulitan dalam mendeteksi helm kuning dan merah.

TABEL 2  
 HASIL PENGUJIAN SKENARIO 2

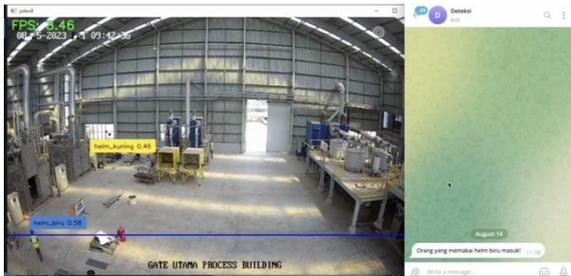
Data Input	TP	FP	FN	TN	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy
Video helm kuning	58	10	25	0	85%	70%	77%	62%
Video helm merah	83	24	31	0	78%	73%	75%	60%
Video helm biru	106	0	2	0	100%	99%	98%	99%
Video helm putih	51	19	7	0	73%	88%	80%	66%
Video helm biru dan selain biru	82	0	23	0	100%	88%	78%	88%
<b>Rata - Rata</b>					87%	81%	84%	73%

Dalam pengujian skenario kedua, sistem deteksi helm menunjukkan performa yang bervariasi untuk setiap warna helm. Helm biru memperoleh hasil terbaik dengan 106 deteksi benar dan nilai Precision, Recall, dan Accuracy tertinggi. Helm kuning dan merah menunjukkan performa yang lebih rendah dengan sejumlah kesalahan deteksi dan kegagalan, sementara helm putih memiliki Precision terendah dan Recall yang moderat. Secara keseluruhan, sistem lebih akurat dalam mendeteksi helm biru dibandingkan warna lainnya, dengan variasi performa yang mencerminkan tantangan dalam mengidentifikasi helm berdasarkan warna dan kondisi video.

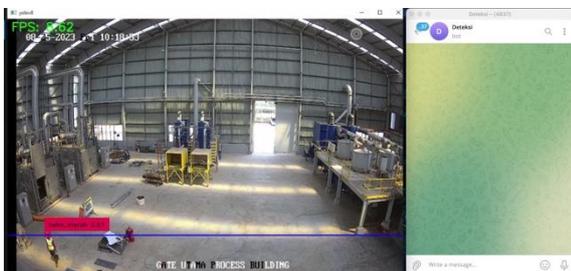
E. Pengujian pengiriman notifikasi via Telegram

Pada pengujian ini, sistem deteksi helm berbasis YOLO v8 diterapkan di pabrik dan terintegrasi dengan Telegram untuk notifikasi saat helm berwarna tertentu melintasi garis deteksi. Pengujian mencakup berbagai warna helm, merah, kuning, biru, dan putih untuk memastikan deteksi yang efektif terhadap berbagai jenis helm yang digunakan di pabrik.

Menggunakan model pengujian black box dalam konteks pengujian sistem deteksi helm berbasis YOLO v8 berarti fokus pada pengujian fungsi eksternal dari sistem tanpa melihat atau memeriksa kode internal atau logika yang digunakan. [13]. Dalam model ini, hanya melihat input yang diberikan ke sistem dan output yang dihasilkan. Hasil pengujian pengiriman notifikasi menunjukkan bahwa sistem deteksi helm berhasil mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram. Namun, ditemukan satu kasus di mana helm merah tidak terdeteksi saat melintasi garis deteksi



Gambar. 5 Tampilan pengujian deteksi berhasil mengirimkan notifikasi



Gambar.6 Tampilan pengujian deteksi tidak berhasil mengirimkan notifikasi

TABEL 3  
 HASIL PENGUJIAN NOTIFIKASI

No	Pengujian warna helm	Hasil pengujian	Notifikasi
1	Pengujian warna helm biru	Terdeteksi	Berhasil
2	Pengujian warna helm kuning	Terdeteksi	Berhasil
3	Pengujian warna helm merah	Terdeteksi	Tidak berhasil
4	Pengujian warna helm putih	Terdeteksi	Berhasil

Hasil pengujian dengan pendekatan black box menunjukkan bahwa sistem deteksi helm secara umum berfungsi dengan baik, namun terdapat anomali pada pengiriman notifikasi untuk helm merah. Meskipun helm merah terdeteksi oleh sistem, notifikasi tidak terkirim, yang menunjukkan kemungkinan adanya masalah pada mekanisme pengiriman notifikasi, bukan pada deteksi warna itu sendiri. Untuk memastikan dan memperbaiki masalah ini, pengujian lebih lanjut dengan helm merah diperlukan. Jika masalah berlanjut, pengembang harus melakukan pemeriksaan lebih mendalam terhadap proses pengiriman notifikasi.

#### IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem deteksi helm menggunakan YOLO v8 untuk memantau keamanan di

lingkungan pabrik. Sistem ini menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi helm dengan berbagai warna seperti biru, kuning, merah, dan putih. Evaluasi menunjukkan bahwa nilai mean average precision (mAP) rata-rata mencapai 0,93, dengan akurasi deteksi yang tinggi pada label helm biru (0,982). Sistem monitoring otomatis ini juga mampu mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram dengan tingkat keberhasilan sebesar 75%, meskipun terdapat beberapa kendala dalam mendeteksi helm merah, yang menandakan perlunya peningkatan lebih lanjut untuk mencapai keandalan yang optimal.

Pengujian sistem menunjukkan bahwa performa deteksi sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan variasi objek. Misalnya, deteksi helm kuning memiliki performa yang lebih rendah karena faktor seperti pencahayaan dan ukuran objek yang lebih kecil. Hal ini mengindikasikan perlunya optimasi tambahan pada sistem agar dapat beradaptasi dengan kondisi yang beragam di lapangan. Dalam penelitian ini, kendala tersebut menjadi faktor penting yang mempengaruhi hasil deteksi dan akurasi keseluruhan sistem.

Saran untuk perbaikan di masa depan mencakup pengembangan sistem yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti menambahkan parameter deteksi otomatis yang dapat menyesuaikan diri dengan situasi lapangan. Selain itu, pengumpulan data yang lebih luas dengan berbagai variasi helm dan kondisi pencahayaan perlu ditingkatkan untuk melatih model secara lebih akurat. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk mengeksplorasi metode deep learning lainnya serta pendekatan hybrid untuk meningkatkan keandalan sistem. Peningkatan efisiensi waktu pelatihan dan eksplorasi iterasi tambahan dalam proses pelatihan model juga diharapkan dapat meningkatkan hasil penelitian secara keseluruhan.

#### REFERENSI

- S.Ajith, C. Sivapragasam, and V. Arumugaprabu, "Analysis on constructional hazards, risk assessment techniques and safety helmets in construction sites," in *International Conference on Materials, Manufacturing and Machining*, 2019, pp 050013-1–050013-10, doi: 10.1063/1.5117985.
- Direktori Industri Manufaktur Indonesia "Manufacturing Industrial Directory" 2023. <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/09/29/8c2d8435fe0c552c6ffdc528/direktori-industri-manufaktur-indonesia-2023.html>. (accessed Mei. 19, 2024)
- O. O. Emmanuel, "The dynamics of work environment and its impact on organizational objectives," in *Annals of Human Resource Management Research*, 2021, vol. 1, no. 2, pp 145–158.
- Z. Xu, J. Li, and M. Zhang, "The dynamics of work environment and its impact on organizational objectives," in *Annals of Human Resource Management Research*, 2021, vol. 1, no. 2, pp. 145–158, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3077499
- S. Xu, and N. G. Hall, "Fatigue, personnel scheduling and operations: Review and research opportunities" in *European Journal of Operational Research*, 2021, vol. 295, no. 3, pp. 807–822 doi: 10.1016/j.ejor.2021.03.036
- Z. Fan, C. Peng, L. Dai, F. Cao, J. Q and W. Hua, "A deep learning-based ensemble method for helmet-wearing detection," in *PeerJ Computer Science*, 2020, vol. 6, pp. 1 – 21, doi: 10.7717/peerj-cs.311.
- N. A. K. D. Pasongko, A. Khairunnisa, and S. Aras, "Deteksi Penggunaan Safety Helmet Menggunakan YOLOv5," in *Journal Information Engineering and Educational Technolog*, 2023, vol. 7,

no. 2, pp. 74-77.

- [8] P. Sharma, S. Gupta, S. Vyas, and M. Shabaz, "Object detection and recognition using deep learning-based techniques," in *IET Communications*, 2022, vol. 17, no. 13, pp. 1589–1599, doi: 10.1049/cmu2.12513
- [9] N. Manakitsa, G. S. Maraslidis, L. Moysis, and G. F. Fragulis, "A Review of Machine Learning and Deep Learning for Object Detection, Semantic Segmentation, and Human Action Recognition in Machine and Robotic Vision," in *Technologies Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, vol. 12, 2024, doi: 10.3390/technologies12020015
- [10] Z. Zhao, P. Zheng, S. Xu, and X. Wu, "Object Detection with Deep Learning: A Review," 2019, <http://arxiv.org/abs/1807.05511>
- [11] M. Hussain, "YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection," in *Machines Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. Vol. 11, no. 7, 2023, doi: 10.3390/machines11070677
- [12] R. Kurniawan, A. T. Martadinata, and S. D. Cahyo, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Sawit Berbasis Deep Learning dengan Menggunakan Arsitektur Yolov5," in *Journal of Information System Research (JOSH)*, 2023, vol. 5, no. 1, pp. 302–309. doi: 10.47065/josh.v5i1.4408
- [13] A. Fahrezi, F. N. Salam, G. M. Ibrahim, R. R. Syaiful, and A. Saifudin, "Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Inventori Barang Berbasis Web di PT. AINO Indonesia" in *Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, 2022. vol. 1, no. 1, 2022
- [14] A. Hayat, F. M. Dias, "Deep Learning-Based Automatic Safety Helmet Detection System for Construction Safety" in *Applied Sciences*. 2022. vol. 12. doi: 10.3390/app12168268
- [15] M. I. B. Ahmed, L. Saraireh, A. Rahman, S. Al-Qarawi, A. Mhran, J. Al-Jalaoud, D. Al-Mudaifer, F. Al-Haidar, D. AlKhulaifi, and M. Youldash, "Personal Protective Equipment Detection: A Deep-Learning-Based Sustainable Approach". *Sustainability* 2023, vol. 15, 13990, doi:10.3390/su151813990