



Deteksi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode *Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN)*

Milzamah Elvi Laily¹, Fathorazi Nur Fajri^{2*} dan Gulpi Qorik Oktagalu Pratamasunu³

¹Universitas Nurul Jadid, Teknik Informatika, email: elvi.laily0511@gmail.com

^{2*} Universitas Nurul Jadid, Sistem Informasi, email: fathorazi@unuja.ac.id

³ Universitas Nurul Jadid, Teknik Informatika, email: pratamasunu@unuja.ac.id

[1] Abstrak

Sektor konstruksi menjadi salah satu sektor terkuat dalam mendukung pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Dalam mendukung perkembangan serta tuntutan kebutuhan dalam penyelenggaraan jasa dari sektor konstruksi, maka sebagai negara hukum, negara Indonesia memiliki Undang dalam sektor konstruksi, salah satunya ialah mengenai Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Salah satu upaya dalam meminimalisir akibat yang disebabkan oleh kecelakaan kerja, maka setiap pekerja diwajibkan untuk menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). Kurangnya kesadaran diri dan kedisiplinan dari para pekerja dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), dapat mengakibatkan resiko terjadinya kecelakaan kerja terbilang cukup besar. Sehingga perlu adanya pendeteksian secara otomatis untuk para pekerja dalam penggunaan APD yang baik dan benar. Penelitian ini menggunakan metode terbaru dari R-CNN yaitu Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN). Model terbaik yang diperoleh yaitu pada parameter epoch 35 dengan nilai loss 0,1985 dan nilai val_loss 0,1933 dalam waktu 461s 922ms/step. Uji coba dengan 250 gambar yang menghasilkan akurasi sebesar 95%.

Kata kunci: Alat Pelindung Diri (APD), Mask R-CNN, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

[2] Abstract

The construction sector is one of the strongest sectors in supporting economic growth in Indonesia. In supporting the development and demands for the provision of services from the construction sector, as a state of law, the state of Indonesia has laws in the construction sector, one of which is on Occupational Health and Safety (K3). One of the efforts to minimize the consequences caused by work accidents, every worker is required to use Personal Protective Equipment (PPE). Lack of self-awareness and discipline of workers in the use of Personal Protective Equipment (PPE), can result in a fairly large risk of work accidents. So there needs to be automatic detection for workers in the use of good and correct PPE. This research is using the latest method from R-CNN, namely Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN). The best model obtained is the epoch 35 parameter with a loss value of 0.1985 and a val_loss value of 0.1933 in 461s 922ms/step. Trial with 250 images which produces an accuracy of 95%.

Keywords: Personal Protective Equipment (PPE), Mask R-CNN Occupational Safety and Health (K3).

1. Pendahuluan

Keselamatan dan kesehatan merupakan prioritas utama bagi para pekerja dan perusahaan [1]. Penerapan keselamatan dan kesehatan kerja yang sebaik-baiknya akan mewujudkan lingkungan dan kondisi kerja yang aman dan nyaman untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja [2]. Terdapat dua faktor yang dapat menjadi penyebab dalam kecelakaan kerja, yaitu resiko atau potensi bahaya yang ada dalam lingkungan pekerjaan dan tidak menutup kemungkinan bahwa kecelakaan tersebut dapat diakibatkan oleh perilaku kerja yang berbahaya dari para pekerja itu sendiri. Beberapa kecelakaan yang dapat terjadi di lingkungan kerja, diantaranya adalah kejatuhan benda berat, terluka oleh mesin produksi, atau terpapar bahan kimia, dan hal tersebut dapat menimpa kapanpun dan kepada siapapun [3]. Sebagai bagian dari upaya mengurangi akibat kecelakaan di tempat kerja, seluruh pekerja wajib menggunakan alat pelindung diri. Kewajiban mendasar APD kepada pekerja konstruksi, minimal dalam penggunaan antara lain; 1) helm, 2) rompi keselamatan, 3) sarung tangan pelindung dan 4) sepatu bot pelindung. Jaminan ketersediaan APD tersebut adalah kewajiban bagi pengusaha yang mempekerjakan mereka [4]. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan transmigrasi Republik Indonesia No. 8 Tahun 2010 Pasal 6 Ayat 1 tentang Alat Pelindung Diri mengatur bahwa pekerja/pekerja dan orang lain pada saat memasuki tempat kerja harus memakai atau menggunakan APD sesuai dengan potensi bahaya dan risiko.

Penggunaan APD penting dilakukan untuk mengurangi risiko paparan atau paparan bahaya. Risiko tersebut mungkin tidak dapat dihilangkan dengan menggunakan APD, namun risiko cedera dapat diminimalkan. Kedisiplinan pekerja dalam penggunaan alat pelindung diri masih tergolong lemah, sehingga resiko kecelakaan kerja yang dapat menimbulkan bahaya bagi pekerja relatif besar [5]. Pemantauan kepatuhan keselamatan merupakan bidang penelitian yang penting, karena mekanisme dan proses melengkapi siklus umpan balik kepada manajer konstruksi, memungkinkan mereka untuk memahami kemanjuran kebijakan dan proses keselamatan yang diterapkan di lokasi konstruksi. Namun, menerapkan mekanisme pemantauan yang melibatkan agen manusia, tidak aman dari kegagalan dan ada banyak tantangan yang terkait dengan akurasi, ketepatan waktu, dan transparansi [6]. Sehingga perlu adanya pendeteksian secara otomatis untuk para pekerja dalam penggunaan APD yang baik dan benar.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi otomatis objek Alat Pelindung Diri (APD) berupa *Safety Helmet* dan *Rompi* menggunakan metode *Mask R-CNN*. *Mask R-CNN* dikembangkan pada tahun 2017. Metode ini merupakan perpanjangan dari metode *Faster R-CNN*. *Mask R-CNN* dapat memisahkan objek berbeda sekalipun dalam satu kelas yang sama pada gambar atau video, juga dapat memberikan hasil deteksi berupa *mask* yang sangat bermanfaat dalam segmentasi objek [7]. *Mask R-CNN* adalah jaringan multitugas yang dapat mengimplementasikan deteksi dan segmentasi secara bersamaan [8]. *Mask R-CNN* juga dapat mengurangi dampak ketidaksejajaran piksel dibandingkan dengan metode R-CNN lainnya [9]. Diharapkan dengan penggunaan metode ini, dapat mendeteksi Alat Pelindung Diri (APD) dengan hasil yang tepat dan akurat, sehingga dapat diterapkan dalam pemantauan penggunaan APD oleh para pekerja di area kerja yang mewajibkan penggunaannya.

2. Tinjauan Pustaka

a. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan item penting yang dibutuhkan pekerja untuk menjaga keselamatan dan keamanan mereka di lingkungan kerja yang penuh dengan ancaman dan risiko. APD ini akan digunakan untuk mengurangi potensi risiko dan bahaya di lingkungan [10]. Alat pelindung diri telah disesuaikan dengan jenis pekerjaannya, misalnya APD untuk pekerja

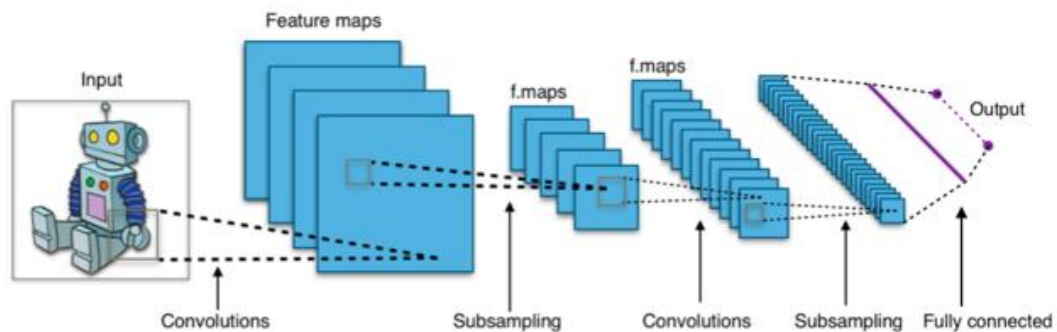
konstruksi tidak akan sama dengan APD untuk pekerja laboratorium. Dalam beberapa pekerjaan berisiko tinggi, diperlukan alat pelindung diri. Namun, jenis alat pelindung diri yang dikenakan bervariasi, tergantung pada jenis pekerjaan yang dilakukan.

b. Google Colaboratory

Google Colaboratory (juga dikenal sebagai Colab) adalah layanan cloud berdasarkan Notebook Jupyter untuk menyediakan penelitian dan pendidikan pembelajaran mesin. Ini menyediakan lingkungan eksekusi yang dikonfigurasi sepenuhnya untuk pembelajaran mendalam dan akses gratis ke GPU yang kuat. Google membuat Colaboratory (umumnya dikenal sebagai Colab), layanan cloud untuk menyebarkan penelitian dan pendidikan pembelajaran mesin. Waktu proses yang disediakan oleh layanan cloud ini sepenuhnya dikonfigurasi dengan pustaka kecerdasan buatan (AI) terkemuka dan juga memiliki GPU yang kuat. Layanan Google ini ditautkan ke akun Google Drive Anda dan gratis. [11].

c. Convolutional Neural Network

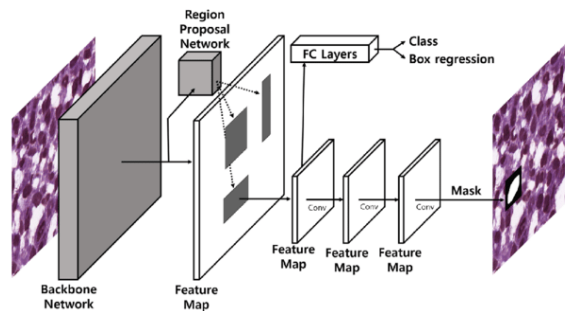
Convolutional Neural Network adalah salah satu metode dari *machine learning* yang merupakan pengembangan dari *Multi Layer Perceptron* (MLP) yang mana dirancang untuk mengolah atau membuat data dari dua dimensi. Jaringan saraf convolutional (CNN) pada dasarnya adalah variasi dari *multi-layer perceptron* dan digunakan untuk pertama kalinya pada tahun 1980. Komputasi di CNN terinspirasi oleh otak manusia. Manusia mempersepsikan atau mengidentifikasi objek secara visual. Manusia melatih anak-anaknya untuk mengenali objek dengan menunjukkan ratusan gambar objek tersebut. Ini membantu seorang anak mengidentifikasi atau membuat prediksi tentang objek yang belum pernah dia lihat sebelumnya [12]. CNN juga merupakan jenis metode Deep Neural Network karena merupakan level jaringan dan memiliki banyak aplikasi pada gambar. Metode CNN terdiri dari dua metode, yaitu progressive classifier dan back-propagation learning step. Prinsip pengoperasian metode ini mirip dengan metode MLP, namun pada metode CNN setiap neuron direpresentasikan dalam dua dimensi tidak seperti pada metode MLP, setiap neuron hanya memiliki satu dimensi [13].



Gambar 1. Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)

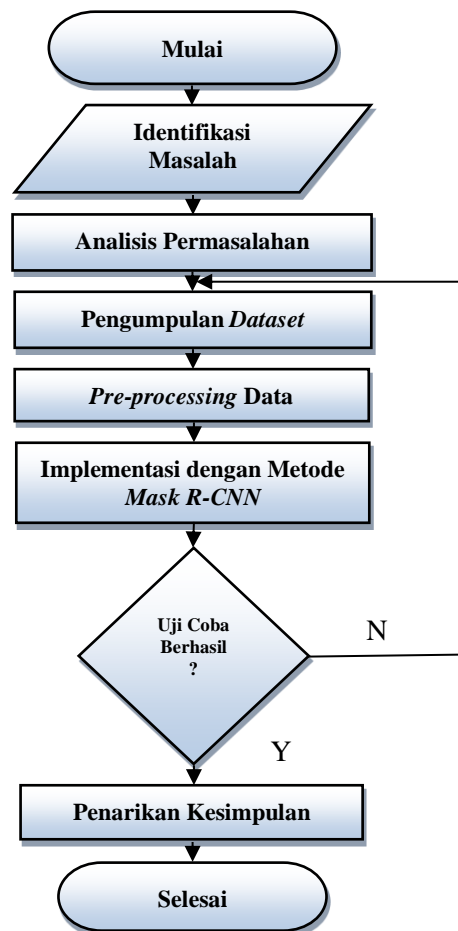
d. Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN)

Mask R-CNN merupakan metode deep learning yang dikembangkan dari metode *Faster R-CNN* dengan menambahkan cabang pada tahap akhir untuk menghasilkan output berupa *mask* dari objek yang terdeteksi [14]. *Mask R-CNN* bertujuan untuk menemukan lokasi objek sebagai kotak pembatas dan melakukan segmentasi objek wilayah [15]. *Mask R-CNN* dirancang untuk memecahkan masalah dalam *instance segmentation* dengan memisahkan objek yang berbeda bahkan di kelas yang sama pada gambar atau video. *Mask R-CNN* dapat menghasilkan hasil akhir berupa *mask* yang dapat digunakan untuk mendeteksi objek. [14]



Gambar 2. Arsitektur *Mask R-CNN*

3. Metode Penelitian



Gambar 3. Kerangka Penelitian

a. Identifikasi Masalah

Masalah utama penelitian ini adalah para pekerja tidak terlalu sadar akan keselamatan mereka dan tidak terlalu disiplin dalam hal memakai alat pelindung diri. Hal ini dapat menyebabkan banyak kecelakaan kerja. Sehingga perlu adanya pendeteksian secara otomatis untuk para pekerja dalam penggunaan APD yang baik dan benar. Penelitian ini menggunakan metode terbaru yaitu *Mask R-CNN* yang dapat menghasilkan deteksi objek berupa *mask* yang sangat berguna dalam segmentasi objek.

b. Analisis Permasalahan

Dari hasil identifikasi permasalahan, analisis permasalahan yang diperoleh telah dibahas pada rumusan masalah, yaitu mengimplementasikan metode *Mask R-CNN* untuk mengenali atau mendeteksi objek *hair*, *helm*, *vest*, dan *no_vest* dan mengukur tingkat keberhasilan metode *Mask R-CNN* dalam mendeteksi objek tersebut. Kebutuhan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah *dataset*. *Google Colaboratory* digunakan untuk mengeksekusi *source code Python* menggunakan metode *Mask R-CNN* agar dapat mengolah data dengan baik, sehingga menghasilkan informasi sesuai dengan yang diinginkan.

c. Pengumpulan Dataset

Penelitian ini memperoleh *dataset* dari situs penyedia *dataset* secara online yang menyediakan *dataset* gratis sesuai kebutuhan data penelitian yang diinginkan. *Dataset* diperoleh melalui *Roboflow* yang dapat di akses melalui halaman <https://public.roboflow.com/object-detection/hard-hat-workers/2>. Kumpulan gambar tersebut terdiri dari pekerja yang menggunakan APD berupa *helmet* (pelindung kepala), *vest* (rompi) dan yang tidak menggunakan APD. Tersedia 7041 *dataset* gambar yang terbagi menjadi *data train* sejumlah 5269 gambar dan *data test* sejumlah 1766 gambar yang tersimpan dalam format *.jpg serta file anotasi YOLO. Namun yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah 1300 *dataset* gambar. 1300 *dataset* tersebut dilakukan validasi data gambar dengan menggunakan *teachable machine* seperti pada penelitian [16].

d. Pre-Processing Data

Sebelum proses implementasi *dataset* dalam metode *Mask R-CNN*, tahapan *pre-processing* data sangat dibutuhkan agar proses pengolahan data berjalan sistematis. Tahap *pre-processing* data dilakukan dalam dua tahapan, yaitu pengelompokan data dan *annotations* (anotasi).

e. Pengelompokan Data

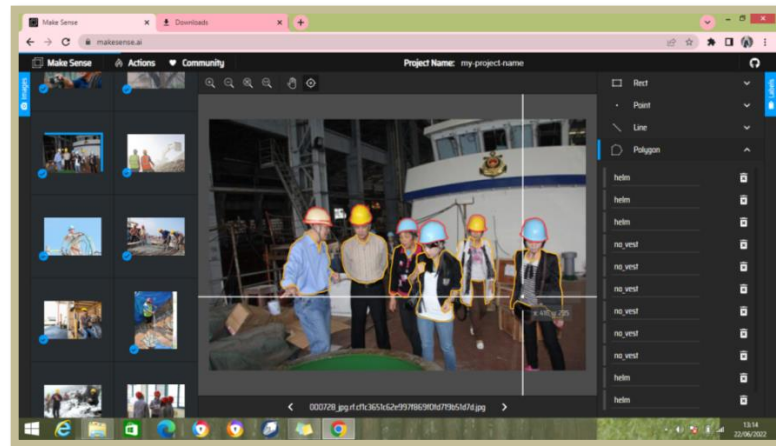
Dalam tahap ini, *dataset* yang berjumlah 7041 data gambar dan anotasi, dikelompokkan menjadi data *train* dan *test*. Gambar untuk *training* yang dipilih secara acak dalam folder *train* dengan memperhatikan kejelasan dan kejernihan gambar.



Gambar 4. Sampel Dataset

f. Annotations

Proses *annotations* atau anotasi diperlukan sebelum melakukan implementasi terhadap metode yang digunakan, hal ini bertujuan agar metode dapat dilatih dengan baik dari data anotasi yang ada, sehingga lebih mudah dalam mengenali objek yang diinginkan. Proses anotasi gambar dalam penelitian ini menggunakan situs anotasi *dataset online* yaitu *makesense.ai*. Proses anotasi digambarkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Anotasi Gambar dengan *makesense.ai*

g. Implementasi Metode *Mask R-CNN*

Tahap ini adalah tahap yang memaparkan tentang hasil pengolahan data yang telah di proses sebelumnya, yang bertujuan untuk mendeteksi objek sesuai dengan keempat kelas yang telah ditentukan, yaitu *helm*, *hair*, *vest*, dan *no_vest*.

Ada dua proses dalam implementasi *dataset* dengan metode *Mask R-CNN*, yaitu proses *training* dan proses *testing*. Proses *training dataset* meliputi instalasi *Mask R-CNN*, pemanggilan *dataset*, proses *training dataset*, dan *test detection* dengan *random image*. Sementara proses *testing* meliputi instalasi *Mask R-CNN*, pemanggilan hasil *training dataset*, dan proses *testing dataset*.

h. Uji Coba

Uji Coba dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari metode yang digunakan. Dalam penelitian ini, keberhasilan metode dinilai berdasarkan tingkat akurasi, presisi, sensitifitas, dan nilai kesalahan deteksi (*loss*). Uji coba dilakukan pada 250 data gambar. 100 gambar diperoleh dari situs penyedia gambar gratis yaitu <https://www.pexels.com> dengan kata kunci “alat pelindung diri”, 130 gambar diperoleh dari data test yang telah di download sebelumnya di situs *Roboflow* melalui halaman <https://public.roboflow.com/object-detection/hard-hat-workers/2>, sedangkan 20 gambar lain diambil secara langsung.

i. Penarikan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir setelah seluruh tahapan metode penelitian dilakukan. Dalam tahapan ini, dilakukan penarikan kesimpulan untuk metode yang diuji apakah dapat dikembangkan dalam deteksi objek atau sebaliknya. Dan dalam tahap ini juga akan diperoleh nilai akurasi yang dihasilkan oleh metode *Mask R-CNN*.

4. Pembahasan

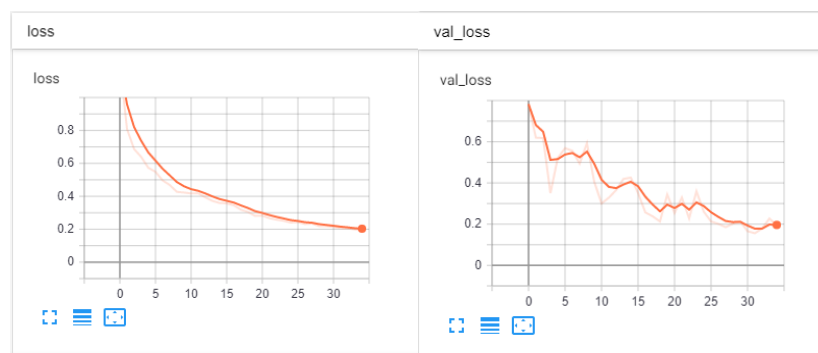
a. Training

Pada saat melakukan proses *training data* menggunakan *Mask R-CNN*, pengujian serta penentuan parameter juga harus dilakukan agar mendapatkan nilai akurasi sesuai yang diinginkan. Parameter yang digunakan meliputi jumlah *epoch* yang digunakan. Penentuan jumlah epoch dilakukan untuk menentukan berapa kali metode pembelajaran dilakukan dalam mengolah seluruh data yang tersimpan dalam *file logs*. Di dalam penelitian ini, beberapa parameter yang telah di coba antara lain parameter *epoch 5*, *epoch 15*, dan *epoch 35*. Epoch yaitu hyperparameter yang berfungsi untuk menentukan berapa kali algoritma deep learning bekerja melewati dataset baik secara forward maupun backward. Dengan kata lain epoch bisa disebutkan sebagai iterasi atau perulangan kerjad dari algoritma deep learning. Epoch 5 sebagai proses training data pada iterasi cepat, epoch 15 sebagai proses training data pada iterasi sedang dan epoch 35 sebagai proses training training pada data iterasi lambat. Sehingga dapat melihat pengaruh iterasi terkait loss yang dihasilkan. Perbandingan nilai *loss* dan *val_loss* dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai *loss* dan *val_loss*

No.	Parameter	Nilai <i>loss</i>	Nilai <i>val_loss</i>
1.	<i>Epoch 5</i>	0,5589	0,5448
2.	<i>Epoch 15</i>	0,3398	0,4019
3.	<i>Epoch 35</i>	0,1985	0,1933

Parameter terbaik ditentukan dengan melihat nilai *loss* dan *val_loss* terendah. Sehingga diperoleh hasil terbaik yaitu dari parameter *epoch 35* dengan nilai *loss* 0,1985 dan *val_loss* 0,1933. Hasil grafik dari parameter *epoch 35* dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Grafik Parameter *epoch 35*

b. Testing

Uji coba atau *testing* dilakukan untuk mengukur keberhasilan metode *Mask R-CNN* dalam mendeteksi objek berdasarkan nilai akurasi yang diperoleh dari setiap kelas objek yang dideteksi. Uji coba dilakukan pada 250 data gambar. 100 gambar diperoleh dari situs penyedia gambar gratis yaitu <https://www.pexels.com> dengan kata kunci “alat pelindung diri”, 130 gambar diperoleh dari data test yang telah di download sebelumnya di situs *Roboflow* melalui halaman <https://public.roboflow.com/object-detection/hard-hat-workers/2>, sedangkan 20 gambar lain diambil secara langsung. Untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi, dan sensitivitas, maka dilakukan perhitungan menggunakan *Confusion Matrix* yang dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Confusion Matrix

Predicted Values	Actual Values	
	Positive	Negative
Positive	TP	FP
Negative	FN	TN

Nilai terbaik dari *confusion matrix* diperoleh dari parameter *epoch* 35, dengan akurasi 95%, presisi 96%, *recall* 97%. Tabel 3. Berikut adalah rincian hasil pendeteksian perhitungan citra uji pada parameter *epoch* 35. Rincian perhitungan dijelaskan di bawah ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan uji coba gambar dengan parameter *epoch* 35

Jumlah Objek	TP	FP	FN	TN	Keterangan	Akurasi	Presisi	Recall
1361	1040	42	29	250	-	95%	96%	97%

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} = \frac{1040+250}{1040+42+29+250} = \frac{1290}{1361} \times 100\% = 95\% \tag{1}$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP+FP} = \frac{1040}{1040+42} = \frac{1040}{1082} \times 100\% = 96\% \tag{2}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} = \frac{1040}{1040+29} = \frac{1040}{1069} \times 100\% = 97\% \tag{3}$$

Dari hasil perbandingan hasil uji coba gambar dengan metode YOLO dan Mask R-CNN, dapat dilihat bahwa metode YOLO memberikan hasil deteksi objek berupa bounding box. Sementara hasil deteksi objek dari metode Mask R-CNN berupa mask yang dapat menghasilkan segmentasi penuh dan langsung pada objek yang dideteksi. Hasil deteksi objek menggunakan Mask R-CNN mempunyai nilai confidence lebih tinggi dibanding dengan YOLO seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Hasil YOLO dan Mask RCNN

5. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Metode *Mask Region Convolutional Neural Network (Mask R-CNN)* dapat diimplementasikan dalam mendeteksi serta membedakan keempat kelas objek yang meliputi *Helm* (pelindung kepala) atau *Vest* (rompi) yang merepresentasikan pekerja sedang menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dan *Hair* (rambut) atau *No_Vest* (tidak berrompi) dalam merepresentasikan pekerja tidak sedang menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). Model terbaik didapatkan dari parameter Epoch 35, dengan akurasi sebesar 95%, presisi 96%, dan sensitifitas 97% dari uji coba 250 gambar, dengan nilai *loss* 0,1985, nilai *val_loss* 0,1933, dan waktu 461s 922ms/step.

b. Saran

Saran dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sistem dalam penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Penambahan dataset yang lebih bervariasi baik dari situasi (pagi dan malam) atau berbagai arah pengambilan data. Perlu adanya pembelajaran jenis beberapa helm sehingga sistem dapat mendeteksi dan membedakan helm alat pelindung diri atau helm lain. Pengambilan dataset yang lebih memperhatikan jarak dan kejernihan gambar. Pengembangan metode yang dilakukan belum dapat menentukan jumlah setiap keempat kelas yang berhasil terdeteksi dalam setiap uji gambar atau video yang ada dalam merepresentasikan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) atau sebaliknya. Perlu adanya estimasi perhitungan waktu ketepatan metode dalam mendeteksi setiap kelas yang ditentukan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] M. N. R. Isya, "Rancang Bangun Sistem Peringatan Identifikasi Alat Pelindung Diri (APD) Menggunakan Metode You Only Look Once v4 (YOLOv4)," in *Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application*, 2021.
- [2] J. M. Tumiwa, J. Tjakra and R. L. Inkiriwang, "Pengaruh Penerapan Alat Pelindung Diri Terhadap Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi Gedung Bertingkat Pembangunan Gedung Pendidikan FPIK Universitas Sam Ratulangi," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 07, no. 09, 2019.
- [3] J. Munawwaroh, F. N. Fajri and G. Q. O. Pratamasunu, "Personal Protective Equipment (PPE) Detection For Industrial Monitoring (Occupational Safety And Health) Using The You Only Look Once (Yolo) Method," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 99, no. 1, 2021.
- [4] R. Mafra, R. Riduan and Z. Zulfikri, "Analisis Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Pada Peserta Keterampilan Tukang dan Pekerja Konstruksi," *Jurnal Arsir*, vol. 5, no. 1, pp. 48-63, 2021.
- [5] M. Ulum, M. Zakariya, A. Fiqhi and H. Haryanto, "Rancang Sistem Pendeteksi Alat Pelindung Diri (APD) Berbasis Image Processing. Jurnal Ilmiah Teknik Informatika," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika, Elektronika, dan Kontrol*, vol. 01, no. 01, pp. 23-30, 2021.
- [6] V. S. K. Delhi, R. Sankarlal and A. Thomas, "Detection of Personal Protective Equipment (PPE) Compliance on Construction Site Using Computer Vision Based Deep Learning Techniques," *Frontiers in Built Environ*, vol. 6, no. 136, 2020.
- [7] G. Zhu, Z. Piao and S. C. Kim, "Tooth Detection and Segmentation with Mask R-CNN," *International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC)*, pp. 070-072, 2020.

- [8] L. Cai, T. Long, Y. Dai and Y. Huang, "Mask R-CNN-Based Detection and Segmentation for Pulmonary Nodule 3D Visualization Diagnosis," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 44400-44409, 2020.
- [9] Z. Yang, Y. Yuan, M. Zhang, X. Zhao, Y. Zhang and B. Tian, "Safety Distance Identification for Crane Drivers Based on Mask R-CNN," *Sensors*, vol. 19, no. 12, p. 2789, 2019.
- [10] R. M. Mailoa and L. W. Santoso, "Deteksi Rompi dan Helm Keselamatan Menggunakan Metode YOLO dan CNN," *Jurnal Infra*, vol. 10, no. 2, pp. 56-62, 2022.
- [11] P. K. Sari, G. . Q. O. Pratamasunu and F. . N. Fajri, "Deteksi Tangan Otomatis Pada Video Percakapan Bahasa Isyarat Indonesia Menggunakan Metode Deep Gated Recurrent Unit (GRU)," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 8, no. 1, p. 186–193, 2022.
- [12] S. Ahlawat, A. Choudhary, A. Nayyar, S. Singh and B. Yoon, "Improved Handwritten Digit Recognition Using Convolutional Neural Networks (CNN)," *Sensors*, vol. 20, no. 12, p. 3344, 2020..
- [13] V. M. P. Salawazo, D. P. J. Gea, R. F. Gea and F. Azmi, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network (CNN) Pada Pengenalan Objek Video CCTV," *Jurnal Mantik Penusa*, vol. 03, no. 1.1, 2019.
- [14] A. Wicaksono, M. H. Purnomo and E. M. Yuniarno, "Deteksi Pejalan Kaki Pada Zebra Cross Untuk Peringatan Dini Pengendara Mobil Menggunakan Mask R-CNN," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 02, 2021.
- [15] T. Shibata, A. Teramoto, H. Yamada, N. Ohmiya, K. Saito and H. Fujita, "Automated detection and segmentation of early gastric cancer from endoscopic images using mask R-CNN," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 11, p. 3842, 2020.
- [16] F. N. Fajri, K. Malik and G. Q. O. Pratamasunu, "Metode Pengumpulan Data Pada Deteksi Pakaian Hijab Syar'I Berdasarkan Citra Digital Menggunakan Teachable machine Learning," *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, pp. 194-203, 2022.