

DETEKSI KELALAIAN ALAT PELINDUNG DIRI (APD) PADA PEKERJA KONTRUKSI BANGUNAN

Agustin Nurfirmansyah¹, Rohman Dijaya²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri
E-mail: ^{*}agustinnurfirmansyah99@gmail.com, ³rohman.dijaya@umsida.ac.id

Abstrak – APD merupakan suatu alat yang digunakan untuk melindungi diri atau tubuh terhadap bahaya-bahaya kecelakaan kerja, dimana tingkat kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerja masih mengalami peningkatan di karenakan kesadaran pekerja terhadap keselamatan kerja masih kurang. Salah satu cara untuk mengontrol kecelakaan kerja tersebut yaitu penggunaan metode pengenalan objek APD pada pekerja bangunan dengan real time Webcam atau CCTV. Metode yang dapat digunakan untuk pengenalan objek pada citra APD adalah deep learning. You Look Only Once (YOLO) merupakan salah satu model deep learning yang dapat digunakan untuk pengenalan objek. Penelitian ini bertujuan untuk pengenalan objek pada citra APD pekerja bangunan menggunakan YOLO. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu pengumpulan data, pra-proses data, konfigurasi jaringan YOLO, pelatihan model YOLO dan pengujian. Jumlah data citra yang digunakan dalam pelatihan yaitu 500 citra yang terdiri dari 5 jenis APD dan 10 class. Nilai avg loss pada model akhir yang dibangun dengan YOLO yaitu 1,305% dan nilai validasi mAP 99,99%. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan secara real time Webcam atau CCTV, objek pada citra APD berhasil dikenali dengan akurasi rata-rata 80% .

Kata Kunci — *Alat Pelindung Diri, Deteksi, YOLO, Deep learning*

1. PENDAHULUAN

Kesehatan dan keselamatani kerja atau K3 merupakan bagian penting dari sistem kerja dan pekerjaanya. Dimana pekerja harus mendapatkan jaminan sosial dan kesejahteraan dengan meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja, karena itu memiliki dampak baik terhadap keberlanjutan produktivitas tenaga kerja. Tetapi angka kecelakaan kerja di Indonesia masih tinggi dan setiap tahun jumlah kecelakaan kerja di Indonesia bertambah. Berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan, pada tahun 2019 tercatat 114.235 kasus kecelakaan kerja. Sedangkan pada tahun 2020, BPJS mencatat 177.161 kasus kecelakaan kerja.

Penyebab terjadi kecelakaan kerja adalah masih rendahnya tingkat kesadaran akan pentingnya penerapan K3 di kalangan pekerja. Hal ini diperkuat berdasarkan pengamatan [1], bahwa Faktor manusia (37,7%) adalah penyebab kecelakaan terbesar diikuti factor lingkungan (33,5%) dan factor peralatan (28,8%). Pada factor manusia penyebab kecelakaan kerja yang terbesar adalah factor penggunaan APD (16,9%) diikuti factor masa kerja (14,7%), umur (14,3%), pelatihan K3(13,8%), tingkat pendidikan (13,7%), perilaku (13,2%), dan peraturan K3 (13,4%). Di sektor konstruksi bangunan dimana banyak terjadi kecelakaan kerja di akibatkan tidak memakai APD saat bekerja [2].

Perlunya pengawasan terhadap pekerja merupakan hal penting dalam mengurangi kecelakaan kerja. Dimana pengawasan merupakan bagian dari faktor penguat perubahan perilaku [3]. Tetapi Sebagian besar perusahaan di Indonesia masih menggunakan proses manual untuk melakukan pengawasan. Secara umum, sistem tersebut memiliki

kekurangan dalam hal efisiensinya dimana sistem tersebut masih melibatkan manusia untuk prosesnya dimana akan berakibat jangka waktu yang diperlukan dalam oprasionalnya cukup lama.

Solusi yang sesuai dengan masalah ini adalah menggunakan object detection dengan kamera Webcam atau CCTV di zona wajib APD. Penelitian yang dilakukan oleh Hutaeruk, Matulatan, dan Hayaty membahas mengenai Deteksi Kendaraan Secara Real Time Menggunakan Metode YOLO Berbasis Android [4]. yang memiliki performance stabil di step 1200 dalam trained modelnya dengan varian kendaraan yang telah diuji sebelumnya seperti sepeda motor, mobil, truk dan bus Pada penelitian ini akan dilakukan proses pendeteksian APD secara otomatis menggunakan YOLO yang merupakan jaringan syaraf tiruan digunakan untuk mendeteksi objek pada citra, dimana setiap citra akan dijadikan beberapa bagian dan memprediksi setiap kotak pembatas dan probabilitas untuk setiap bagian. Kotak pembatas ini kemudian dibandingkan dengan setiap probabilitas yang diprediksi.

Berdasarkan permasalahan diatas, rencana penelitian yang akan dilakukan yaitu pendeteksian APD secara real-time dengan metode YOLO. Penerapan ialati ini inintanyai akan mendeteksi objek yang ada di dalam jangkauan kamera Webcam atau CCTV terlebih dahulu, kemudian objek yang terdeteksi akan dibandingkan dengan data yang sudah ditraining sebelumnya. Kalau inintanya objek yang terdeteksi imemilikii kemiripan dengan data setasi hasil training, maka nantinya objek yang terdeteksi tersebut akan ditandai. Setelah objek yang terdeteksi berhasil ditandai maka akan ada proses selanjutnya yaitu melakukan peringatan bagi yang tidak sesuai dengan dataset yang

sudah di training tadi. Hal ini tentunya akan bisa mempermudah mengurangi beban kerja dan meningkatkan efisiensi dalam pengecekan pelanggaran APD pada pekerja.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini adalah real-time Pendeteksian APD secara otomatis menggunakan metode YOLOv4 berikut Tahapan-tahapan penelitian secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1. penelitian dimulai dengan pengumpulan data citra lalu pra-proses data citra yang terdiri dari pelabelan dan perubahan ukuran citra. Kemudian dilakukan konfigurasi jaringan YOLO sesuai dengan data citra dan dilatih sehingga model baru YOLO terbentuk. Tahapan terakhir penelitian yaitu melakukan pengujian model menggunakan data real-time Webcam atau CCTV.

2.1. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network merupakan salah satu algoritma deep learning yang



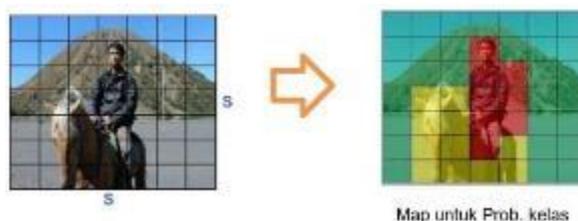
Gambar 1. Perencanaan umum sistem

dikembangkan dari Multilayer Perceptron (MLP), dirancang untuk mengolah data dua dimensi. Algoritma ini digunakan untuk klasifikasi data yang sudah diberi label menggunakan metode supervised learning dengan cara kerjanya yang memerlukan data yang dilatih dan memiliki variable yang sudah ditargetkan, tujuan dari metode ini adalah pengelompokan suatu data menuju data yang sudah ada [5]. Jaringan konvolusi adalah jaringan khusus yang dimiliki

CNN, citra masukan diolah pada lapisan ini berdasarkan filter yang sudah ditentukan. Hasil dari setiap lapisan ini berupa sebuah pola dari beberapa bagian citra yang nanti akan diklasifikasikan. Di bawah ini adalah cara kerja CNN [6].

2.2. YOLOv4

YOLO-v4 adalah algoritma deteksi objek Satu Tahap real-time dan presisi tinggi berdasarkan regresi yang diusulkan pada tahun 2020, yang mengintegrasikan karakteristik YOLO-v1, YOLO-v2, YOLO-v3, dll., dan juga merupakan peningkatan penting dari YoloV3, implementasi arsitektur baru di Backbone dan modifikasi di Neck telah meningkatkan mAP (mean Average Precision) sebesar 10% dan jumlah FPS (Frame per Second) sebesar 12%. Selain itu, melatih jaringan neural ini pada satu GPU menjadi lebih mudah [7]. Dengan bertambahnya jumlah lapisan jaringan saraf neural, kedalaman jaringan semakin dalam, dan struktur jaringan yang lebih dalam bermanfaat untuk ekstraksi fitur objek dan mencapai optimal saat ini dalam hal kecepatan deteksi dan trade-off akurasi deteksi [8]. Yolo memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sistem yang berorientasi pada classifier. Klasifikasi secara umum adalah proses untuk mengidentifikasi label dari data yang diuji, sedangkan pada Yolo, klasifikasinya dengan localization, yaitu terdapat tambahan pemberian lokasi objek dalam bentuk bounding box seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grid algoritma YOLO

2.3. Pengumpulan Data Citra

Citra APD pekerja bangunan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari laboratorium Informatika Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Jumlah citra sebagai dataset adalah 500 citra dengan format jpg, yang terdiri dari 5 jenis calass yang memakai APD antara lain (helem, masker, sefty vest, sarung tangan, sepatu sefty) Dan 5 jenis calass lainnya yaitu tidak memakai APD (helem, masker, sefty vest, sarung tangan, sepatu sefty) total keseluruhan 10 calass.

2.4. Pra-proses Data Citra

Selanjutnya dilakukan Pra-proses data yang terdiri dari pelabelan. Pelabelan citra merupakan tahap awal dimana setiap citra pada dataset diberikan label dengan tujuan untuk menyimpan informasi citra. Proses label dilakukan dengan cara memberikan bounding box beserta nama kelas pada setiap objek citra. apat dilihat pada gambar 3. 2.5. Konfigurasi Jaringan YOLO



Gambar 3. Pemberian label dengan labeling

Konfigurasi jaringan diperlukan sebagai jaringan model untuk memuat data yang akan dilatih. Batch atau iterasi yang digunakan yaitu 64 yang berarti setiap iterasi memuat 64 citra. Subdivision yaitu 32 sehingga proses pemodelan membagi batch menjadi 2 bagian. Oleh karena itu, terdapat $64/32 = 2$ citra per minibatch yang dikirim ke GPU untuk diproses dan diulang sebanyak 2 kali hingga selesai. Pada iterasi selanjutnya dimulai dengan 64 citra baru. Dapat dilihat pada gambar 4.

2.6. Pelatihan Model YOLO

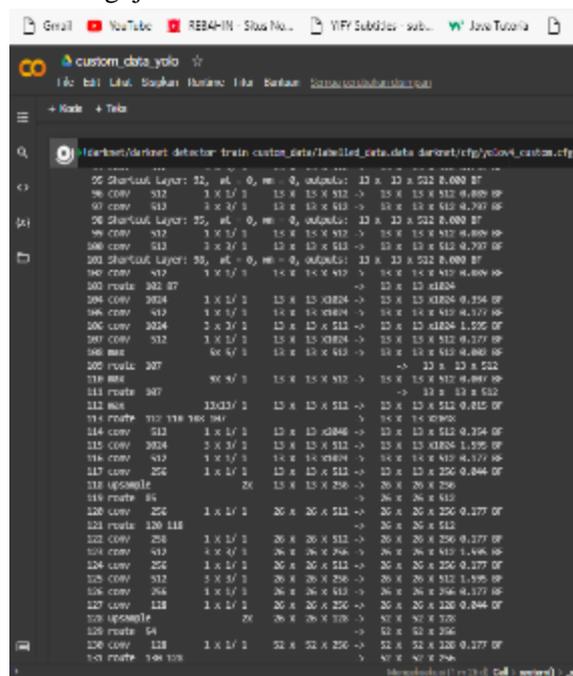
```
batch=64
subdivisions=64
width=608
height=608
channels=3
momentum=0.949
decay=0.0005
angle=0
saturation = 1.5
exposure = 1.5
hue=.1

learning_rate=0.0013
burn_in=1000
max_batches = 20000 (classes*2000)
policy=steps
steps=16000,18000 (max_batches*80/100, max_batches*90/100)
scales=.1,.1
```

Gambar 4. File YOLOv4

Model YOLO yang digunakan pada penelitian ini memiliki jaringan saraf yang terdiri dari lapisan konvolusi dengan kernel 3×3 dan lapisan max-pooling dengan 13×13 kernel seperti terlihat pada Gambar 2. Lapisan konvolusional terakhir memiliki 1×1 kernel digunakan untuk mengecilkan data ke bentuk $76 \times 76 \times 45$. 76×76 adalah ukuran grid, 45 didapat dari penjumlahan rumus filter. Dapat dilihat pada gambar 5.

2.7. Pengujian Model YOLO



Gambar 5. Proses training data

Dalam penelitian ini Pengujian dilakukan secara real-time menggunakan Webcam dengan gpu google colab dan CCTV dengan gpu komputer peneliti, yang akan menangkap citra secara langsung dan terhubung ke PC untuk diproses. Selanjutnya adalah melakukan analisis akurasi menggunakan confusion matrix. Pengujian dan evaluasi dilakukan untuk mengetahui sensitifitas dan spesifisitas. Pengujian sensitivitas adalah metode perhitungan akurasi dengan membandingkan jumlah klasifikasi tepat pada suatu class dengan keseluruhan klasifikasi yang terdapat pada class tersebut. Sedangkan pengujian spesifisitas adalah metode perhitungan dengan membandingkan jumlah klasifikasi yang tidak berhubungan dengan sebuah class namun dianggap tepat dengan seluruh klasifikasi yang tidak berhubungan dengan class tersebut. Dalam perhitungan selanjutnya akan digunakan confusion matrix dalam perhitungan dari beberapa class. Bentuk dari confusion matrix dapat dilihat seperti pada tabel 1.

Tabel 1.

Actual Class

		Positive	Negative
Prediction Class	Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Negative	False Negative (FN)	True Positive (TN)

Pada tabel 1. terdapat tabel kolom objek yaitu class dari data yang digunakan, serta kolom hasil Klasifikasi. Apabila terdeteksi APD dan sistem dapat mendeteksi benar APD maka akan dikelompokkan menjadi True Positive (TP) karena hasil klasifikasi sesuai seperti yang diharapkan. Pengelompokan ini didasari oleh hasil deteksi yang menunjukkan benar adanya APD (true) dan hasil klasifikasi sesuai dengan yang seharusnya (positive). Apabila objek bukan APD namun sistem mengidentifikasi sebagai APD, maka akan dikelompokkan menjadi False Positive (FP), karena hasil deteksi tidak seperti yang diharapkan. Pengelompokan ini berdasarkan pada objek bukan APD (False) namun teridentifikasi sebagai APD (Positive). Ketika objek APD dideteksi sebagai bukan APD, maka akan dikelompokkan menjadi False Negative (FN). Pengelompokan tersebut didasari dari adanya objek APD namun sistem mendeteksi bukan APD. Serta apabila objek bukan APD terdeteksi sebagai bukan APD, maka akan dikelompokkan ke True Negative (TN). Untuk mendapatkan hasil akurasi maka dari akumulasi tersebut akan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk menghitung Precision digunakan rumus:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk menghitung Recall digunakan rumus:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots(3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi untuk mendeteksi APD pada pekerja konstruksi bangunan menggunakan algoritma YOLO untuk klasifikasi citra APD. Data yang digunakan sebanyak 500 data yang terdiri dari 450 data latih dan 50 data uji yang dibagi menjadi 10 kelas yaitu wearing_mask, wearing_helmet, wearing_shoes_sefty, wearing_sefty_vest, wearing_glove, no_wearing_mask, no_wearing_helmet, no_wearing_shoes_sefty, no_wearing_sefty_vest, no_wearing_glove.

Proses pelatihan dilakukan sebanyak 8.000 iterasi yang menghasilkan sebuah model baru.

Model akhir yang dibangun memiliki nilai avg loss 1.305% dan nilai validasi mAP (mean Average Precision) 99,99% seperti terlihat pada Tabel 2. Nilai mAP 99,99% menunjukkan bahwa tingkat akurasi pengenalan objek pada citra APD menggunakan model YOLOv4 telah maksimal.

Tabel 2. YOLOv4 Training Result

Iteration	8.000
Batch Size	64
mAP	99,99%
Avg IoU	86,94%
Avg loss	1,305

3.1. Hasil Pengujian

3.1.1 Menggunakan WebCam

Dari hasil pengujian menggunakan Webcam dilengkapi dengan penggunaan kekuatan GPU



Gambar 6. Deteksi Pelanggar APD

Tesla T4 yang ada di google colab, dimana gpu tersebut sangat mempunyai untuk melakukan pendeteksian dan komputasi secara real-time seperti penelitian ini. Maka pengenalan dan pendeteksian objek APD antara lain (helm, masker, sefty vest, sarung tangan, sebatu sefty) Dan 5 jenis calass lainnya yaitu tidak memakai APD (helm, masker, sefty vest, sarung tangan, sepatu sefty) dapat terdeteksi secara akurat dengan akurasi pengenalan objek pada pekerja yang tidak menggunakan APD

antara lain (tidak menggunakan helm 99,4%, tidak menggunakan masker 98,8%, tidak menggunakan sefty vest 99,32%, tidak menggunakan sarung tangan 97,4%, tidak menggunakan sepatu 89,49%) dan untuk gambar 4 akurasi yang di peroleh dari pekerja yang menggunakan APD anatra lain (menggunakan helm 84,95%, menggunakan masker 63,03%, menggunakan sefty vest 99,08%, menggunakan sarung tangan 98,39%) untuk pendeteksian penggunaan sepatu masih terdeteksi sebagai pelanggaran. Dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.

sefty belum bisa terdeteksi. Dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.

3.1.2 Menggunakan CCTV



Gambar 7. Deteksi Pengguna APD

Dari hasil pengujian menggunakan CCTV dilengkapi dengan penggunaan kekuatan GPU Geforce 820m yang ada dikomputer peneliti, dimana gpu tersebut kurang mempuni untuk melakukan pendeteksian dan komputasi. Maka pengenalan dan pendeteksian objek APD anantara lain (helm, masker, sefty vest, sarung tangan, sebatu sefty) Dan 5 jenis calass lainnya yaitu tidak memakai APD (helm, masker, sefty vest, sarung tangan, sepatu sefty) dapat terdeteksi dengan akurasi yang kurang akurat dalam pengenalan objek pada pekerja yang tidak menggunakan APD antara lain (tidak menggunakan helm 92%, tidak menggunakan masker 99%, tidak menggunakan sefty vest 99%, tidak menggunakan sarung tangan 99%, tidak menggunakan sepatu 88%) dan untuk gambar 8 akurasi yang di peroleh dari pekerja yang menggunakan APD anatra lain (menggunakan helm 99%, menggunakan masker 94%, menggunakan sefty vest 90%) untuk pendeteksian penggunaan sarung tangan dan sepatu



Gambar 8. Deteksi Pelanggar APD



Gambar 9. Deteksi Pengguna APD

3.1.3 Evaluasi Confusion Matrix

Precision dan recall adalah dua perhitungan yang banyak digunakan untuk mengukur kinerja sistem. Pada penelitian ini precision dihitung untuk

mengetahui tingkat ketepatan antara informasi yang diminta dengan jawaban sistem, sedangkan recall adalah tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan sebuah informasi dan akurasi sebagai tingkat kedekatan antara nilai prediksi dengan nilai aktual. Dalam pengujian akurasi dilakukan perhitungan menggunakan confusion matrix dengan menggunakan persamaan 1, 2 dan 3. Nilai confusion matriks yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Dapat dilihat pada gambar 10, didapat nilai akurasi yang paling baik yaitu gambar 5, sebesar 87,5%, untuk Recall sebesar 100% dan precision sebesar 87,5% dengan nilai TP yaitu 7 dan FP hanya 1.

Gambar	TP	TN	FP	FN	Recall	Precision	Accuracy
5	7	0	1	0	100%	87,5%	87,5%
6	5	0	0	2	71,5%	100%	72%
7	6	1	0	1	71,5%	100%	87,5%
8	3	2	0	2	60%	100%	71,5%

Gambar 10. Hasil Perhitungan Confusion Matrik

$$\text{Rata-rata Akurasi} = \frac{\text{jumlah akurasi}}{\text{Total akurasi}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{Rata-rata akurasi} = \frac{87,5+72+87,5+71,5}{4} = 80\%$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai akhir akurasi deteksi pada program “deteksi kelalaian alat pelindung diri (APD) pada pekerja konstruksi bangunan” adalah sebesar 80%

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan secara real time Webcam atau CCTV, objek pada citra APD berhasil dikenali dengan akurasi 63,03% sampai 99,4% menggunakan GPU yang kecepatan tinggi dan memiliki akurasi rata-rata 80% dengan validasi mAP sebesar 99,7% dan avg loss sebesar 1.305%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa implementasi deep learning menggunakan YOLOv4 mampu melakukan pengenalan objek pada citra APD pekerja konstruksi bangunan dengan baik apabila menggunakan GPU yang mempunyai dan memiliki resolusi kamera yang baik juga itu akan sangat berdampak pada proses pengenalannya. Oleh karena itu hasil dari percobaan memiliki hasil akurasi yang berbeda-beda.

5. SARAN

Pada penelitian lebih lanjut dapat diharapkan mentraining dataset lebih banyak lagi dengan menggunakan spesifikasi komputer yang memiliki kapasitas RAM dan kecepatan GPU yang tinggi dan kamera dengan resolusi yang baik sehingga mampu mengurangi delay dan tidak terdeteksinya model dalam pendeteksian objek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Adi, F. Harianto, dan D. Listiyaningsih, “Peringkat Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Kontruksi Gedung Bertingkat di Sidoarjo,” Pros. STEPPLAN, hal. 169–176, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.itats.ac.id/stepplan/article/view/1560/1354>.
- [2] S. S. U. Panjaitan dan M. I. Silalahi, “Pengaruh Unsafe Action Terhadap Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Konstruksi di PT . DAP Perumahan Citra Land Bagya City Kota Medan,” J. Prima Med. Sains, vol. 1, no. 1, hal. 1–6, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JPMS/article/view/725/504>.
- [3] Notoatmodjo, S. (2012). Pendidikan Dan Perilaku Kesehatan. Jakarta: Rineka Cipta.
- [4] Hutaaruk, Junita Sri Wisna, Tekad Matulatan, dan Nurul Hayaty. 2020. “Deteksi Kendaraan secara Real Time menggunakan Metode YOLO Berbasis Android.” Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan 9(1): 8–14.
- [5] Ilahiyah, S., & Nilogiri, A. (2018). Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network. JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia), 3(2), 49–56.
- [6] Thohari, A., & Hertantyo, G. B. (2018). Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Pembalap MotoGP Berbasis GPU. Proceedings on Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media, 50–55.
- [7] Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- [8] Yolo-v, I. (2021). Face Mask Wearing Detection Algorithm Based on.