

APLIKASI DETEKSI MASKER WAJAH MENGGUNAKAN METODE *DEEP LEARNING* DAN *IMAGE PROCESSING* PADA MODEL AI SEDERHANA

Novran¹, Evan Febrian^{*2}, Nathania Calista Hallatu³, Putri Hidayahni⁴,
Muhammad Raihan Arrasyid⁵, Abdiansah⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

*evanfebrian1806@gmail.com²

Abstrak

Deteksi masker wajah menggunakan *deep learning* dan *image processing* telah menjadi hal yang penting dalam upaya mengurangi penyebaran virus, terutama selama pandemi COVID-19. Penelitian ini berfokus pada pengembangan model *AI* sederhana untuk deteksi masker wajah. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan sistem yang dapat mengidentifikasi keberadaan masker pada wajah dengan akurasi tinggi. Dengan memanfaatkan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan teknik *image processing*, model ini menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mendeteksi masker dengan akurasi tinggi. Namun, terdapat tantangan seperti kebutuhan akan dataset besar, komputasi intensif, dan risiko *overfitting* yang perlu diatasi. Aplikasi teknologi deteksi masker dapat meningkatkan langkah-langkah keamanan dengan mengidentifikasi individu yang tidak menggunakan masker dan memantau kepatuhan terhadap protokol kesehatan. Penelitian masa depan sebaiknya mengeksplorasi sistem deteksi multi-wajah dan skenario yang lebih kompleks. Secara keseluruhan, integrasi *deep learning* dan *image processing* dalam deteksi masker wajah memiliki potensi besar untuk aplikasi keamanan dan kesehatan yang lebih luas. Hasil analisis menunjukkan bahwa algoritma CNN dengan arsitektur MobileNetV2 memiliki potensi untuk deteksi masker dengan tingkat akurasi yang tinggi dengan Uji Akurasi dan Skor F1 sebesar 0,99.

Kata Kunci: *deteksi masker wajah, deep learning, image processing, Convolutional Neural Network, protokol kesehatan*

Abstract

Face mask detection using *deep learning* and *image processing* has become important in efforts to reduce the spread of the virus, especially during the COVID-19 pandemic. This research focuses on developing a simple *AI* model for *face mask detection*. The goal of this research is to implement a system that can identify the presence of masks on faces with high accuracy. By utilizing *Convolutional Neural Network* (CNN) and *image processing* techniques, this model shows promising results in detecting masks with high accuracy. However, there are challenges such as the need for large datasets, intensive computation, and the risk of *overfitting* that need to be overcome. Applications of mask detection technology can enhance safety measures by identifying individuals who are not wearing masks and monitoring compliance with health protocols. Future research should explore multi-face detection systems and more complex scenarios. Overall, the integration of *deep learning* and *image processing* in face mask detection has great potential for wider security and healthcare applications. The analysis results show that the CNN

algorithm with MobileNetV2 architecture has the potential for mask detection with a high level of accuracy, with an Accuracy Test and F1 Score of 0.99.

Keywords: *face mask detection, deep learning, image processing, Convolutional Neural Network, health protocols*

1. Pendahuluan

Dalam era pandemi COVID-19, deteksi masker wajah telah menjadi teknologi yang krusial dalam upaya mengurangi penyebaran virus. Aplikasi deteksi masker wajah menggunakan metode deep learning dan image processing pada model AI sederhana menjadi topik yang menarik dan relevan dalam bidang teknologi dan kesehatan. Teknologi ini memungkinkan identifikasi apakah seseorang memakai masker atau tidak secara otomatis melalui analisis gambar wajah (Li et al., 2020). Metode *deep learning* memungkinkan sistem untuk belajar fitur-fitur yang berkaitan dengan masker wajah, sedangkan *image processing* membantu dalam memproses gambar untuk deteksi yang akurat.

Penerapan *deep learning* dalam deteksi masker wajah memungkinkan sistem untuk mengenali pola dan karakteristik masker dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan menggunakan model AI sederhana, deteksi masker dapat dilakukan secara efisien tanpa memerlukan algoritma yang rumit. Hal ini memungkinkan pengembangan aplikasi yang dapat digunakan secara luas dalam berbagai lingkungan, baik dalam ruangan maupun di luar ruangan (Chavda et al., 2023).

Pentingnya deteksi masker wajah dalam konteks pandemi COVID-19 terletak pada kemampuannya untuk membantu mengidentifikasi individu yang tidak mematuhi protokol kesehatan dengan tidak memakai masker (Yu dan Zhang, 2021). Dengan adanya sistem deteksi ini, pengawasan terhadap penggunaan masker dapat ditingkatkan secara efektif, sehingga meminimalkan risiko penularan virus di tempat umum. Selain itu, penggunaan metode *deep learning* dan *image processing* juga memungkinkan pengembangan sistem yang adaptif terhadap berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang kamera.

Dengan demikian, aplikasi deteksi masker wajah menggunakan metode *deep learning* dan *image processing* pada model AI

sederhana tidak hanya relevan dalam konteks pandemi COVID-19, tetapi juga memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi keamanan dan kesehatan di masa depan (Suresh et al., 2021). Kombinasi teknologi ini memberikan harapan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan masker dan memperkuat upaya pencegahan penyebaran penyakit menular.

2. Metode Penelitian

Adapun penelitian terdahulu berguna sebagai acuan dalam proses pengembangan sistem yang akan dibuat dan sebagai referensi-referensi terkait sistem yang akan dibuat. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Abdul Rahman Harfi dan Dedi Ari Prasetya dengan judul “Prototipe Pendeteksi Masker Pada Ruangan Wajib Masker ntuk Kendali Pintu Otomatis Berbasis *Deep Learning* Sebagai Pencegahan Penularan Covid-19” (Harfi & Prasetya, 2020). Dan juga penelitian yang dilakukan oleh Zakaria Sembiring dan Habibi Ramdani Safitri dengan judul “Deteksi Wajah Bermasker Berbasis *Tensorflow-Keras* Untuk Pengendalian Gerbang Akses Masuk Menggunakan *Raspberry Pi4*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah pengendalian gerbang akses masuk otomatis yang dapat membedakan orang atau wajah dengan bermasker dan wajah tidak bermasker. Sistem ini akan diimplementasikan pada *Raspberry* (Sembiring & Safitri, 2020).

2.1. Deep Learning

Deep learning merupakan bagian (*subset*) dan pengembangan dari *machine learning*. *Deep learning* terdiri dari beberapa lapisan tersembunyi (*hidden layers*) yang juga merupakan bagian dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Metodologi *deep learning* menerapkan transformasi *non-linier* dan abstraksi model tingkat tinggi dalam database yang besar. Perkembangan yang

pesat pada arsitektur *deep learning* di berbagai bidang telah memberikan kontribusi signifikan di dalam kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Hal tersebut ditandai dengan banyaknya algoritma-algoritma pada *deep learning* yang digunakan di berbagai aplikasi (Jurjawi, 2020).

Deep Learning telah merevolusi industri teknologi. Penerjemahan mesin modern, mesin pencari, dan asisten komputer semuanya didukung oleh *deep learning*. Kecenderungan ini hanya akan terus berlanjut seraya proses pembelajaran yang mendalam memperluas jangkauannya menuju robotika, farmasi yang diperalat, energi, dan semua bidang teknologi modern lainnya. Ini segera menjadi penting bagi perangkat lunak modern profesional untuk mengembangkan pengetahuan bekerja tentang prinsip-prinsip pembelajaran mendalam (Ramsundar, 2018).

Deep Learning adalah semacam metode pembelajaran mesin yang didasarkan pada representasi data pembelajaran yang bertentangan dengan algoritma spesifik tugas (Sewak, 2018). *Deep Learning* memungkinkan komputer untuk membangun konsep yang rumit dari konsep yang lebih sederhana dan lebih kecil. Misalnya, sistem belajar yang dalam mengenali gambar seseorang dengan menggabungkan ujung-ujung label yang lebih rendah dan menggabungkannya ke dalam berbagai bagian tubuh dengan cara yang hierarkis. Waktunya tidak begitu jauh ketika *Deep Learning* akan diperluas ke aplikasi yang memungkinkan mesin untuk berpikir sendiri.

2.1.1. Arsitektur *Deep Learning*

Sebagian besar arsitektur yang dalam dibangun dengan menggabungkan dan menggabungkan kembali satu set terbatas arsitektur *primitive*. *Primitif* seperti itu, biasanya disebut lapisan jaringan saraf, adalah blok bangunan dasar dari jaringan yang dalam (Ramsundar, 2018). Jaringan yang terhubung sepenuhnya mengubah daftar input menjadi daftar output. Transformasi disebut terhubung penuh karena nilai input apapun dapat memengaruhi nilai output apapun. Lapisan ini akan memiliki banyak parameter yang dapat dipelajari, bahkan untuk input yang relatif kecil.

2.1.2. Model *Deep Learning*

Deep learning memiliki banyak jenis model, dan setiap model jenis nya memiliki algoritma dan fungsi yang berbeda – beda. Jenis-jenis model *deep learning* dan kegunaannya ditunjukkan pada Tabel berikut:

TABEL 1.
MODEL DEEP LEARNING

No	Model Deep Learning	Aplikasi dan Kegunaan
1.	ANN (<i>Artificial Neural Network</i>)	Untuk regresi (teknik untuk mengetahui data dimasa yang akan datang atau prediksi data dimasa depan) dan klasifikasi.
2.	CNN (<i>Convulotional Neural Network</i>)	Dapat digunakan untuk aplikasi <i>computer vision</i> , <i>face recognition</i> , <i>object detection</i> , <i>image recognition</i> , <i>visual recognition</i> dimana CNN dapat mempelajari bagaimana mesin dengan algoritma bisa mengenali objek baik berupa gambar array video.
3.	RNN (<i>Recurrent Neural Network</i>)	Dapat diaplikasikan untuk pengenalan suara (<i>voice recognition</i>) dan analisis data kontinu.
4.	RNTN (<i>Recursive Neural Tensor Network</i>)	Untuk pemrosesan teks (<i>text processing</i>) seperti analisis sentiment, penguraian dan pengenalan entitas (<i>entity recognition</i>).
5.	RBM (<i>Restricted Boltzmann Machine</i>)	Untuk mengekstrak data yang tidak berlabel (<i>unlabelled</i>) dengan menggunakan pendetakan <i>unsupervised</i> serta secara otomatis dapat menemukan pola dalam data dengan merekonstruksi input.
6.	DBN (<i>Deep Belief Network</i>)	Untuk mempelajari himpunan fitur data tingkat tinggi dan lebih kompleks secara bertahan dari distribusi data.
7.	<i>Autoencoders</i>	Digunakan untuk mereduksi dimensi fitur (<i>dimensionality</i>)

reduction).
Autoencoder menerima data tidak berlabel untuk dilakukan pengkodean dan selanjutnya merekonstruksi data seakurat mungkin.

Dari Tabel diatas diketahui bahwa model deep learning yang paling sesuai untuk pendeteksi masker wajah yaitu CNN (*Convolution Neural Network*). Pemilihan model ini sesuai dengan fungsi model CNN yaitu sebagai pengenalan wajah (*face recognition*) dan objek deteksi (*object detection*).

2.2. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital mengacu pada penggunaan komputer untuk memproses gambar dua dimensi (Putra, 2010). Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pengolahan data dua dimensi. Citra digital adalah larik yang berisi nilai nyata atau kompleks yang diwakili oleh deretan bit tertentu.

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai suatu fungsi (x, y) dengan ukuran M baris dan N kolom, dimana x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f pada titik koordinat (x, y) disebut intensitas atau abu-abu gambar pada tingkat derajat saat itu. Jika nilai x dan y serta besar f diskrit berhingga, maka bayangan tersebut dapat dikatakan sebagai citra digital. adalah citra digital (Putra, 2010).

2.2.1. Resolusi Citra

Resolusi gambar adalah tingkat detail dalam gambar (Putra, 2010). Semakin tinggi resolusi gambar, semakin besar tingkat detail gambar. Satuan untuk mengukur resolusi gambar dapat berupa ukuran fisik (garis per milimeter/garis per inci) atau ukuran keseluruhan gambar (garis per tinggi gambar). Resolusi sebuah citra dapat di ukur dengan berbagai cara sebagai berikut:

1. Resolusi pixel
2. Resolusi spasial
3. Resolusi spectral
4. Resolusi temporal
5. Resolusi radiometric

2.2.2. Jenis Citra

Menurut Darma Putra (2010), terdapat 5 Jenis citra yang berdasarkan nilai pixel yaitu : Citra biner , Citra Grayscale, Citra warna 8 bit, Citra warna 16 bit, citra warna 24 bit.

1. Citra biner merupakan Sebuah citra digital dengan hanya dua kemungkinan nilai piksel, yaitu hitam dan putih. Gambar biner disebut juga gambar hitam putih (black and white) atau gambar monokrom. Hanya 1 bit yang dibutuhkan untuk merepresentasikan nilai setiap piksel dalam citra biner. Citra biner sering muncul sebagai hasil dari proses pemrosesan seperti segmentasi, ekspansi, morfologi, atau pengaburan.
2. Citra Grayscale Untuk citra digital, setiap piksel hanya memiliki satu nilai kanal, yaitu nilai RED = GREEN = BLUE. Nilai ini digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas.
3. Citra warna (8 bit) hanya diwakili oleh 8 bit dengan jumlah warna maksimum yang dapat digunakan adalah 256 warna. Ada dua jenis citra warna 8 bit. Pertama, citra warna 8 bit dengan menggunakan palet warna 256 dengan setiap paletnya memiliki pemetaan nilai (colormap) RGB tertentu.
4. Citra Warna (16 bit) biasanya disebut sebagai citra high color dengan setiap pixelnya diwakili dengan 2 byte memory (16 bit). Warna 16 Bit memiliki 65.536 warna. Dalam formasi bitnya , nilai merah dan biru mengambil tempat di 5 bit dikanan dan kiri. Komponen hijau memiliki 5 bit ditambah 1 bit ekstra. Pemilihan komponen hijau dengan deret 6 bit dikarenakan penglihatan manusia lebih sensitive terhadap warna hijau.
5. Citra Warna (24 bit) setiap pixel dari citra warna 24 bit diwakili dengan 24 bit sehingga total 16.777.216 variasi warna. Variasi ini sudah lebih dari cukup untuk memvisualisasikan seluruh warna yang dapat dilihat penglihatan manusia. Penglihatan manusia dipercaya hanya dapat

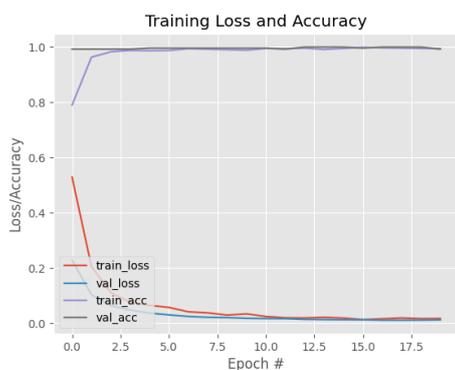
membedakan hingga 10 juta warna saja. Setiap point informasi pixel (RGB) disimpan ke dalam 1 byte data. 8 bit pertama menyimpan nilai biru, kemudian di ikuti dengan nilai hijau pada 8 bit kedua dan 8 bit terakhir merupakan warna merah.

3. Hasil

Penelitian ini mengevaluasi algoritma deteksi kanker kulit menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) berdasarkan arsitektur MobileNetV2. Model dilatih dengan dataset gambar wajah yang dikategorikan sebagai Masker dan non-Masker. Evaluasi dilakukan dengan parameter epoch 20, batch size 32, dan input image size 224x224 piksel. Metrik yang digunakan adalah akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil analisis menunjukkan bahwa algoritma CNN dengan arsitektur MobileNetV2 memiliki potensi untuk deteksi masker dengan tingkat akurasi yang tinggi dengan Uji Akurasi dan Skor F1 sebesar 0,99. Hasil ini membuktikan kualitas yang unggul.



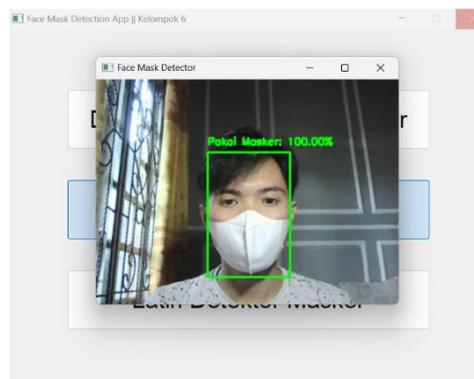
Gambar 1. Kumpulan Dataset



Gambar 2. Gambar Plot Hasil Training

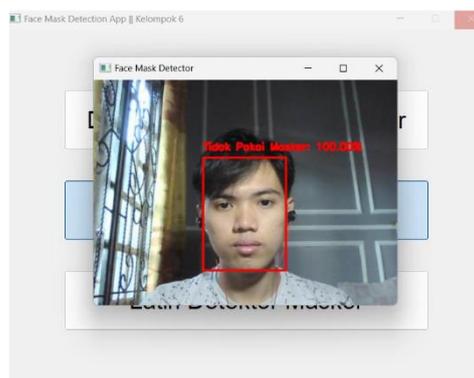
3.1. Hasil Masker

Dari percobaan, dapat dilihat jika pendeteksi akan mendeteksi bahwa masker digunakan pada gambar orang yang memakai masker dengan benar di bawah pencahayaan yang terang.



Gambar 3. Deteksi Ketika Wajah Menggunakan Masker

Sebaliknya, pendeteksi akan memberikan tanda bahwa orang yang ada pada gambar tidak memakai masker ditandai dengan kotak berwarna merah jika pengguna tidak mengenakan masker.



Gambar 4. Deteksi Ketika Wajah Tidak Menggunakan Masker

4. Diskusi

4.1 Metode Deteksi yang Digunakan

Adapun metode yang kami gunakan setelah berdiskusi, yaitu mendeteksi masker pada wajah ini menggunakan *Deep Learning* dengan Model *Convolutional Neural Network* dan Teknik Pengolahan Citra. Pemilihan model ini sesuai dengan fungsi model CNN yaitu sebagai pengenalan wajah (*face recognition*) dan objek deteksi (*object detection*).

4.2 Performa Deteksi

Performa deteksi yang kami pakai yaitu:

1. Akurasi merupakan metrik yang mengukur seberapa sering model memberikan prediksi yang benar. Hasilnya menunjukkan akurasi yang selalu mencapai nilai 1.
2. Presisi mengukur proporsi dari hasil positif yang relevan, sedangkan recall mengukur proporsi instance positif yang telah diidentifikasi secara benar. Kedua metrik ini penting untuk memahami seberapa baik model dalam mengklasifikasikan antara masker dan non-masker. Pada deteksi masker kami, recall dan presisi mencapai angka 1.
3. Kecepatan dari deteksi masker kami kurang lebih membutuhkan waktu 10 detik per Epoch.
4. Kami menggunakan F1-score yaitu rata-rata harmonik dari presisi dan recall. Metrik ini memberikan gambaran holistik tentang kinerja deteksi, karena menggabungkan informasi tentang presisi dan recall dalam satu angka. Hasilnya kami juga mencapai angka 1.

4.3 Pengujian dan Validasi

1. Dataset yang terdiri dari dua kategori, yaitu foto orang yang memakai masker dan foto orang yang tidak memakai masker. Disini kami memilih dan menekankan dataset yang seimbang dan representatif untuk meningkatkan keakuratan deteksi.
2. Validasi yang digunakan untuk menguji kinerja model, termasuk pembagian dataset menjadi data pelatihan (train), validasi (val), dan pengujian. Penggunaan teknik seperti validasi silang (cross-validation) untuk menghindari overfitting dan memastikan generalisasi yang baik.

3. Kami mengevaluasi kinerja deteksi menggunakan metrik seperti akurasi, recall, dan F1-score, dan support baik untuk kelas masker maupun non-masker. Hasil dari deteksi masker kami sudah baik jika melihat dari nilai-nilai.

4.4 Keunggulan dan Kelemahan

4.4.1 Keunggulan

CNN dalam mengekstraksi fitur yang relevan dari citra, sehingga dapat secara efektif mengidentifikasi keberadaan masker pada wajah. CNN juga dapat belajar pola dan struktur yang kompleks dalam citra.

4.4.2 Kelemahan

Pembahasan tentang kerumitan dalam melatih model CNN yang memerlukan jumlah data yang besar dan komputasi yang intensif. Selain itu, model CNN mungkin rentan terhadap overfitting jika tidak dikelola dengan baik.

4.5 Aplikasi dan Implikasi

4.5.1 Aplikasi

Potensi penggunaan deteksi masker dalam sistem keamanan untuk mengidentifikasi individu yang tidak mengenakan masker di tempat-tempat tertentu, seperti bandara, stasiun, atau area publik lainnya.

4.5.2 Implikasi

Implikasi deteksi masker dalam mengawasi kepatuhan terhadap kebijakan kesehatan, seperti penggunaan masker selama pandemi, dan mengidentifikasi area atau populasi di mana kepatuhan rendah.

4.6 Riset Masa Depan

Hasil diskusi kami yaitu ada baiknya untuk riset kedepannya dengan memanfaatkan model yang sudah ada lalu dikembangkan untuk system deteksi multi-wajah, yang

memungkinkan deteksi masker pada banyak wajah secara bersamaan dalam video. Lalu penelitian lebih lanjut tentang penerapan deteksi masker dalam skenario yang lebih kompleks, misalnya dalam lingkungan dengan pencahayaan yang bervariasi atau dengan variasi posisi dan ekspresi wajah yang lebih besar.

5. Kesimpulan dan Saran

Pengembangan deteksi masker wajah menggunakan metode *deep learning* dan *image processing* merupakan langkah penting dalam menghadapi tantangan penyebaran virus, terutama selama pandemi COVID-19. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan teknik pengolahan citra efektif dalam mendeteksi keberadaan masker pada wajah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Meskipun demikian, terdapat beberapa kendala seperti kebutuhan akan dataset yang besar, komputasi yang intensif, dan risiko *overfitting* yang perlu diperhatikan.

Aplikasi deteksi masker memiliki potensi besar dalam meningkatkan keamanan dengan mengidentifikasi individu yang tidak mematuhi protokol kesehatan terkait penggunaan masker. Selain itu, deteksi masker juga dapat digunakan untuk memantau kepatuhan terhadap kebijakan kesehatan, serta mengidentifikasi area atau populasi di mana kepatuhan rendah. Untuk riset masa depan, disarankan untuk mengembangkan sistem deteksi multi-wajah dan melakukan penelitian lebih lanjut dalam skenario yang lebih kompleks, seperti lingkungan dengan pencahayaan yang bervariasi atau variasi posisi dan ekspresi wajah yang lebih besar.

Dengan demikian, integrasi *deep learning* dan *image processing* dalam deteksi masker wajah tidak hanya relevan dalam konteks pandemi COVID-19, tetapi juga memiliki potensi besar untuk aplikasi keamanan dan kesehatan yang lebih luas di masa depan.

Daftar Pustaka

Li, L., Xia, Z., Jiang, X., Ma, Y., Roli, F. & Feng, X. (2020). *3d Face Mask*

Presentation Attack Detection Based On Intrinsic Image Analysis, Iet Biometrics, Vol. 9, No. 3, Pp. 100–108, Doi: 10.1049/Iet-Bmt.2019.0155.

Chavda, A., Dsouza, J., Badgujar, S. & Damani, A. (2021). *Multi-Stage Cnn Architecture For Face Mask Detection, In 2021 6th International Conference For Convergence In Technology (I2ct)*, Pp. 1–8, Doi: 10.1109/I2ct51068.2021.9418207.

Yu, J. & Zhang, W. (2021). *Face Mask Wearing Detection Algorithm Based On Improved Yolo-V4, Sensors*, Vol. 21, No. 9, P. 3263, Doi: 10.3390/S21093263.

Suresh, K., Palangappa, M., & Bhuvan, S. (2021). *Face Mask Detection By Using Optimistic Convolutional Neural Network, In 2021 6th International Conference On Inventive Computation Technologies (Icict)*, Pp. 1084– 1089, Doi: 10.1109/Icict 50816.2021.9358653.

Ramsundar, B., & Zadeh, R, B. (2018). *TensorFlow for Deep Learning From Linear Regression to Reinforcement Learning*. United States Of America : O'Reilly Media, Inc.

Friendly, Sembiring, Z., & Safitri, H. R. (2020). *Deteksi Wajah Bermasker Berbasis Tensorflow-Keras Untuk Pengendalian Gerbang Akses Masuk Menggunakan Raspberry Pi4*. Jikstra Vol. 2, 45-55.

Harfi, M, A, R, I., & Prasetya, D, A. (2020). *Prototipe Pendeteksi Masker pada Ruang Wajib Masker untuk Kendali Pintu Otomatis berbasis Deep Learning sebagai Pencegahan Penularan COVID-19*. Surakarta: Portal Publikasi Ilmiah UMS.

Jurjawi, I. (2020). *Implementasi Pengenalan Wajah Secara Real Time untuk Sistem Absensi Menggunakan Metode Pembelajaran Deep Learning dengan Pustaka Open CV (Computer Vision)*. Medan: Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara.

- Sewak, M., Karim, M, D., & Pujari, P. (2018). *Practical Convolutional Neural Networks*. Mumbai: Packt Publishing Ltd.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Budiman, B., Lubis, C. & Perdana, N. J. (2021). *Pendeteksian penggunaan masker wajah dengan metode convolutional neural network*. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 9(1), pp. 40-47
- Hadiprakoso, R. B. & Qomariasih, N. (2022). *Deteksi masker wajah menggunakan deep transfer learning dan augmentasi gambar*. Bogor: JIKO (*Jurnal Informatika dan Komputer*), 5(1), pp. 12-18
- Payana, M. D., TB, D. R. Y., Musliyana, Z. & Wibawa, M. B. (2022). *Deteksi masker wajah menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) meningkatkan nilai akurasi melalui arsitektur layer konvolusi*. *Journal of Informatics and Computer Science*, 8(1), pp. 30-35
- Adhayanti, N., Nugroho, F. T. & Susiloatmadja, R. (2023). *Sistem Pendeteksi Wajah Bermasker Secara Real Time Menggunakan Metode CNN*. Bekasi: *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(1), pp. 29-34
- Putra, M. C., Triayudi, A., & Ningsih, S. (2023). *Face Mask Recognition Menggunakan Model CNN (Convolutional Neural Network) Berbasis Python dan OpenCV*. Jakarta: *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 4(3), pp. 722-730