



## **Studi Kasus : Penerapan Metode *Convolutional Neural Network* Untuk Mendeteksi Objek Wajah Di Dunia Nyata**

**Farrely Haikal Priadi<sup>1\*</sup>, Wanda Teofilus Martino<sup>2</sup>, Ahmad Febrian<sup>3</sup>, Yudha Putra Hilmawan<sup>4</sup>, Perani Rosyani<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>[farrelyhaikal@gmail.com](mailto:farrelyhaikal@gmail.com), <sup>2</sup>[wandateofilus632@gmail.com](mailto:wandateofilus632@gmail.com), <sup>3</sup>[yudhaputra2003@gmail.com](mailto:yudhaputra2003@gmail.com),

<sup>4</sup>[ahmadfebrian8790@gmail.com](mailto:ahmadfebrian8790@gmail.com), <sup>5</sup>[dosen00837@unpam.ac.id](mailto:dosen00837@unpam.ac.id)

(\* : coressponding author)

**Abstrak** – Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis penerapan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mendeteksi objek wajah di berbagai situasi dunia nyata. Deteksi wajah adalah salah satu topik penting dalam bidang pengenalan pola dan kecerdasan buatan, dengan aplikasi luas yang mencakup keamanan, pengawasan, dan interaksi manusia-komputer. Dalam studi kasus ini, kami mengembangkan dan menguji model CNN yang dilatih menggunakan dataset gambar wajah yang beragam. Model ini dirancang untuk mengenali dan mendeteksi wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, dan latar belakang. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode CNN memiliki kinerja yang sangat baik dalam mendeteksi wajah dengan tingkat akurasi yang tinggi, bahkan dalam kondisi yang kompleks dan tidak terkendali. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan utama dalam penerapan CNN untuk deteksi wajah, seperti kebutuhan akan data latih yang besar dan komputasi yang intensif. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi deteksi wajah yang lebih canggih dan akurat di masa depan.

**Kata Kunci:** *Convolutional Neural Network*; Deteksi Wajah; Pengenalan Pola; Kecerdasan Buatan; Dataset Gambar Wajah

**Abstract** – This research aims to explore and analyze the application of the *Convolutional Neural Network* (CNN) method in detecting facial objects in various real world situations. Face detection is one of the important topics in the field of pattern recognition and artificial intelligence, with broad applications spanning security, surveillance, and human-computer interaction. In this case study, we develop and test a CNN model trained using a diverse dataset of facial images. This model is designed to recognize and detect faces in a variety of lighting conditions, viewing angles and backgrounds. Experimental results show that the CNN method has excellent performance in detecting faces with a high level of accuracy, even under complex and uncontrolled conditions. In addition, this research also identifies the main challenges in applying CNNs for face detection, such as the need for large training data and intensive computing. It is hoped that the findings from this research can make a significant contribution to the development of more sophisticated and accurate facial detection technology in the future

**Keywords:** *Convolutional Neural Network*; Face Detection; Pattern Recognition; Artificial Intelligence; Facial Image Datasets

### **1. PENDAHULUAN**

Artikel Artificial Intelligence atau AI merupakan salah satu teknologi yang sedang populer saat ini. Berbagai bidang industri sudah memanfaatkan teknologi tersebut, mulai dari kesehatan, keuangan, dan lain-lain. Tidak hanya itu saja, Artificial Intelligence juga sudah banyak diterapkan di kehidupan sehari-hari. Artificial Intelligence banyak membantu dalam berkomunikasi, menemukan lokasi. Di era industri 4.0 saat ini, yang diketahui saja tidak cukup untuk memutuskan sesuatu, yang tidak dibutuhkan juga tidak dilakukan, Kecerdasan buatan merupakan teknologi yang banyak digunakan di era industri 4.0 ini. Kecerdasan buatan dapat terhubung ke perangkat apa pun. (Perani Rosyani, et al., 2023)

CNN atau *Convolutional Neural Network* merupakan salah satu kelas dari deep neural network yang berfungsi untuk menganalisis citra visual. Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) termasuk salah satu pendekatan yang efektif dan populer dalam pengenalan wajah. Wajah termasuk bagian penting dari tubuh manusia. Umumnya wajah digunakan untuk mengetahui wujud rupa seseorang ataupun mengetahui emosi yang sedang dirasakan. Selain itu wajah juga digunakan sebagai indentifier untuk membuat sistem absensi, sistem pendataan penduduk dan sistem



keamanan, seperti sistem keamanan pintu dan sistem keamanan pc. Identifier atau Pendeteksi merupakan pengenalan yang dilakukan agar dapat mengklasifikasikan suatu “objek”. Selain itu wajah mempunyai karakteristik yang kompleks seperti mata, hidung, dan mulut yang sangat kompleks untuk dikenali oleh computer. (Perani Rosyani, et al., 2023)

Meskipun teknologi biometrik—khususnya pengenalan wajah—telah terbukti bermanfaat di banyak bidang, penerapannya dalam mendeteksi perilaku menyimpang siswa belum mencapai potensi maksimalnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kemajuan teknologi biometrik, khususnya dalam rangka mendeteksi perilaku menyimpang siswa di lingkungan pendidikan tinggi. Implementasi CNN diharapkan akan meningkatkan efisiensi pengajaran siswa dan menyediakan data otomatis yang akurat untuk evaluasi akademi (Perani Rosyani, et al., 2024).

Dalam era digital yang semakin maju, teknologi pengenalan wajah telah menjadi salah satu komponen penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari keamanan dan pengawasan hingga interaksi manusia-komputer dan media sosial. Deteksi wajah merupakan langkah pertama yang krusial dalam sistem pengenalan wajah, yang menentukan keberhasilan proses identifikasi dan verifikasi wajah selanjutnya. Salah satu metode yang saat ini menjadi standar dalam pengolahan citra dan deteksi objek adalah *Convolutional Neural Network* (CNN).

Penelitian ini dapat memberikan beberapa manfaat penting, baik dari segi teori maupun praktik. Berikut adalah manfaat yang dapat diuraikan :

- a. Penelitian ini akan meningkatkan Keamanan dan Pengawasan dalam mendeteksi wajah berbasis CNN dapat digunakan dalam sistem keamanan untuk mengidentifikasi dan memverifikasi individu dalam lingkungan yang sensitif, seperti bandara, stasiun kereta, dan gedung pemerintah. Teknologi ini memungkinkan pemantauan real-time dan identifikasi cepat terhadap ancaman potensial, meningkatkan respons keamanan.
- b. Penelitian dapat di Aplikasikan di Medis atau Kesehatan Dalam bidang medis, deteksi wajah dapat digunakan untuk diagnosis berbasis gambar, seperti mendeteksi sindrom genetik dari fitur wajah atau memantau ekspresi wajah pasien untuk penilaian kondisi mental dan emosional. Teknologi ini membantu dalam memberikan perawatan yang lebih tepat dan personal.
- c. Penelitian ini akan memberikan Peningkatan Efisiensi Operasional pada Perusahaan dapat menggunakan teknologi deteksi wajah untuk berbagai tujuan operasional, seperti manajemen kehadiran karyawan, pemantauan perilaku pelanggan di toko ritel, dan analisis demografi pengunjung di acara atau pameran. Hal ini meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional perusahaan.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode dalam penelitian di gunakan langkah-langkah penerapan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi objek wajah di dunia nyata :

- a. Mengumpulan dataset gambar wajah yang beragam. Dataset harus mencakup berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, ekspresi wajah, dan latar belakang. Contoh dataset yang sering digunakan adalah Labeled Faces in the Wild (LFW), CelebA, dan WIDER FACE.
- b. Pra-Pemrosesan Data dengan Normalisasi mengubah piksel gambar menjadi rentang [0, 1] atau [-1, 1] untuk mempercepat konvergensi model. Augmentasi Data yang di terapkan teknik augmentasi seperti rotasi, pergeseran, penskalaan, dan flipping untuk meningkatkan variasi dataset dan mencegah overfitting. Deteksi dan Pemangkasan Wajah untuk menggunakan algoritma deteksi wajah awal seperti Haar Cascade atau MTCNN untuk memotong area wajah dari gambar.
- c. Desain arsitektur CNN mencakup beberapa lapisan, yaitu lapisan konvolusi, lapisan pooling, dan lapisan fully connected. Lapisan konvolusi berfungsi untuk ekstraksi fitur, lapisan pooling



untuk mengurangi dimensi dan mengontrol overfitting, serta lapisan fully connected digunakan untuk klasifikasi akhir.

### 2.1. Landasan Teori

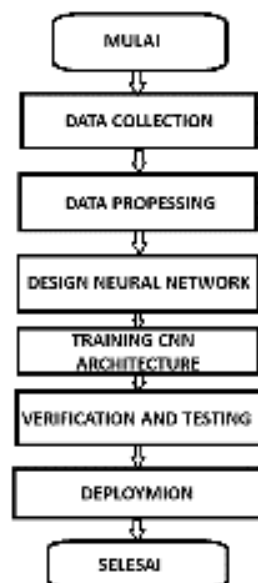
Pengenalan wajah adalah proses mendeteksi atau mengidentifikasi seseorang secara digital atau video frame. Ini adalah salah satu aplikasi utama dalam pengenalan pola dan computer vision. Deteksi wajah, yang merupakan langkah awal dari pengenalan wajah, melibatkan identifikasi lokasi wajah dalam gambar. Deteksi wajah adalah proses dasar yang penting karena kinerja pengenalan wajah sangat tergantung pada akurasi dan keandalan deteksi wajah. Penerapan deteksi wajah berbasis CNN di dunia nyata mencakup berbagai bidang seperti keamanan (misalnya, pengawasan dan kontrol akses), interaksi manusia-komputer (misalnya, pengenalan wajah untuk login), dan aplikasi sosial (misalnya, tagging otomatis dalam foto di media sosial). Keandalan dan akurasi deteksi wajah sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dalam aplikasi-aplikasi ini.

*Convolutional Neural Networks* (CNN) adalah jenis khusus dari JST yang sangat efektif untuk tugas pengenalan pola dan analisis citra. CNN dirancang untuk memproses data yang memiliki struktur grid, seperti citra, dan mengandung lapisan-lapisan konvolusi yang secara otomatis mengekstraksi fitur-fitur relevan dari data input.

- Lapisan Konvolusi : Lapisan ini menggunakan filter (*kernel*) yang bergerak melintasi citra input untuk menghasilkan peta fitur (*feature map*). Proses ini memungkinkan ekstraksi fitur lokal seperti tepi, sudut, dan tekstur.
- Lapisan Pooling : Lapisan ini berfungsi mengurangi dimensi peta fitur dengan mengkombinasikan nilai-nilai dalam jendela kecil (seperti max pooling atau average pooling). Hal ini mengurangi jumlah parameter dan komputasi, serta membantu mencegah overfitting.
- Lapisan Fully Connected : Lapisan ini menghubungkan setiap neuron dari lapisan sebelumnya dengan setiap neuron di lapisan berikutnya, memungkinkan kombinasi fitur untuk proses klasifikasi atau regresi..

### 2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak ini, kami menggunakan program Visual Studio Code (VS Code) 2017. Untuk memproses gambar, kami menggunakan library OpenCV v4.10.0. Pada Gambar 1 ini merupakan langkah langkah metode CNN dalam Melakukan Deteksi Objek Wajah.



**Gambar 1.** Metode Perancangan



- a. Proses menggambar bounding box dan label pada gambar hasil deteksi objek setelah proses Non-Maximum Suppression (NMS)

```
for i in range(len(bboxes)):
```

```
    if i in indexes:
```

```
        x, y, w, h = bboxes[i]
```

```
        label = str(classes[class_ids[i]])
```

```
        color = (0, 255, 0)
```

```
        cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), color, 2)
```

```
        cv2.putText(image, label, (x, y - 10), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 1, color, 2)
```

Kode di atas bertujuan untuk menggambar bounding box dan label pada gambar hasil deteksi objek setelah proses Non-Maximum Suppression (NMS). Pertama, kode mengiterasi semua bounding boxes yang terdeteksi. Namun, hanya bounding boxes yang berada di dalam indexes (indeks bounding boxes yang dipertahankan setelah NMS) yang akan diproses lebih lanjut. Untuk setiap bounding box yang valid, koordinat kiri atas dan dimensi bounding box diekstraksi.

Kemudian, label kelas untuk bounding box tersebut ditentukan menggunakan daftar class\_ids dan classes, dan warna hijau dipilih untuk menggambar bounding box. Bounding box digambar pada gambar asli menggunakan fungsi cv2.rectangle, yang menerima koordinat bounding box, warna, dan ketebalan garis sebagai argumen. Setelah bounding box digambar, label kelas ditambahkan di atas bounding box menggunakan fungsi cv2.putText. Fungsi ini menempatkan teks pada gambar dengan posisi, font, ukuran, warna, dan ketebalan yang ditentukan.

Hasil akhirnya adalah gambar asli dengan bounding boxes dan label yang menunjukkan objek yang terdeteksi. Bounding boxes ini memberikan representasi visual dari hasil deteksi objek, membuatnya mudah untuk memverifikasi dan memahami di mana dan apa objek yang terdeteksi dalam gambar.

- b. Deteksi Objek wajah dengan menggunakan Tensorflow dan Keras

```
for out in outs:
```

```
    for detection in out:
```

```
        scores = detection[5:]
```

```
        class_id = np.argmax(scores)
```

```
        confidence = scores[class_id]
```

```
        if confidence > 0.5:
```

```
            center_x = int(detection[0] * width)
```

```
            center_y = int(detection[1] * height)
```

```
            w = int(detection[2] * width)
```

```
            h = int(detection[3] * height)
```

```
            x = int(center_x - w / 2)
```

```
            y = int(center_y - h / 2)
```

```
            bboxes.append([x, y, w, h])
```

```
            confidences.append(float(confidence))
```

```
            class_ids.append(class_id)
```



`indexes = cv2.dnn.NMSBoxes(boxes, confidences, 0.5, 0.4)`

Kode di atas bertujuan untuk memproses hasil deteksi objek dari model deteksi seperti YOLO. Pertama, hasil deteksi diiterasi melalui dua loop bersarang, di mana setiap deteksi individu diekstraksi dan diproses. Skor untuk setiap kelas diambil dari elemen kelima dalam hasil deteksi, dan ID kelas dengan skor tertinggi ditentukan menggunakan fungsi `np.argmax`. Kepercayaan dari kelas terpilih dihitung dan hanya deteksi dengan kepercayaan lebih dari 0.5 yang dipertimbangkan valid.

Untuk setiap deteksi valid, koordinat pusat dan dimensi bounding box dihitung relatif terhadap ukuran gambar asli. Koordinat kiri atas bounding box juga dihitung untuk menentukan lokasi pasti dalam gambar. Bounding box, nilai kepercayaan, dan ID kelas kemudian disimpan dalam daftar masing-masing.

Setelah semua deteksi diproses, fungsi Non-Maximum Suppression (NMS) digunakan untuk mengurangi redundansi dengan mempertahankan hanya bounding box terbaik berdasarkan kepercayaan tertinggi. Threshold kepercayaan dan IoU ditetapkan masing-masing pada 0.5 dan 0.4 untuk memastikan hanya deteksi yang paling relevan yang dipertahankan. Hasil akhir dari kode ini adalah daftar bounding box yang terdeteksi, kepercayaan setiap deteksi, ID kelas yang terdeteksi, dan indeks bounding box yang dipertahankan setelah proses NMS, yang bersama-sama memberikan informasi lengkap tentang objek yang terdeteksi dalam gambar.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Proses menggambar bounding box dan label pada gambar hasil deteksi objek setelah proses Non-Maximum Suppression (NMS)

Proses menggambar bounding box dan label pada gambar hasil deteksi objek setelah proses Non-Maximum Suppression (NMS) adalah langkah penting dalam visualisasi deteksi objek. Setelah model deteksi objek menghasilkan beberapa prediksi, NMS digunakan untuk mengeliminasi redundansi dengan hanya mempertahankan bounding box dengan confidence tertinggi untuk setiap objek yang terdeteksi. Dalam tahap ini, iterasi dilakukan melalui bounding boxes yang dipertahankan, memeriksa setiap indeks yang valid. Koordinat bounding box dan dimensinya diekstraksi untuk menentukan posisi dan ukuran kotak yang akan digambar. Label kelas dan warna bounding box ditentukan, biasanya menggunakan warna yang kontras seperti hijau untuk visibilitas yang jelas. Bounding box digambar pada gambar asli menggunakan fungsi seperti `cv2.rectangle`, sementara label ditambahkan menggunakan `cv2.putText` untuk menampilkan informasi tentang kelas objek yang terdeteksi. Proses ini menghasilkan gambar dengan bounding boxes yang jelas dan label yang informatif, memungkinkan verifikasi visual dan pemahaman tentang kinerja model deteksi objek dalam situasi nyata.

**Tabel 1.** Pengujian Objek Bounding Box

Hasil Objek Terdeteksi oleh Bounding Box	
Objek	Hasil
	




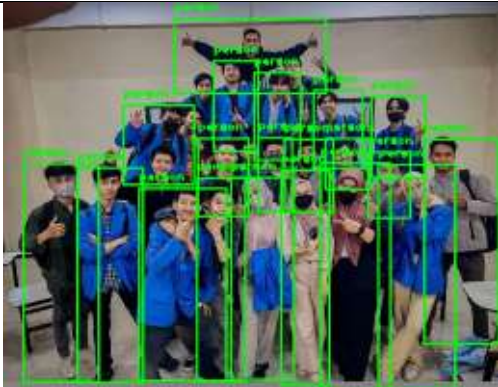
Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses menggambar bounding boxes dan label pada gambar setelah NMS efektif dalam memberikan representasi visual yang jelas dari hasil deteksi objek. Dengan menerapkan NMS, sistem dapat mengurangi redundansi dan hanya menampilkan bounding boxes yang paling relevan, meningkatkan kejelasan dan akurasi visual. Gambar akhir memberikan informasi yang mudah dimengerti tentang lokasi dan jenis objek yang terdeteksi, membuatnya sangat berguna untuk verifikasi dan analisis lebih lanjut dalam aplikasi seperti pengawasan keamanan, pengenalan wajah, dan berbagai aplikasi computer vision lainnya. Proses ini meningkatkan keandalan dan efisiensi deteksi objek, memastikan hasil yang lebih bersih dan informatif bagi pengguna.

### 3.2 Deteksi Objek wajah dengan menggunakan Tensorflow dan Keras

Pendekatan yang populer dalam pengembangan aplikasi berbasis visi komputer. TensorFlow menyediakan kerangka kerja yang kuat dan fleksibel untuk membangun dan melatih model deteksi wajah dengan dukungan untuk operasi numerik yang efisien dan skalabilitas. Keras, sebagai antarmuka tingkat tinggi untuk TensorFlow, menyederhanakan proses pembuatan dan pelatihan model dengan abstraksi yang intuitif. Dalam deteksi wajah, model *Convolutional Neural Network* (CNN) digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan fitur wajah dari citra input. Dataset gambar wajah yang beragam dikumpulkan dan diproses untuk melatih model CNN.

Proses pelatihan melibatkan penyesuaian bobot model melalui optimasi berbasis gradien, sementara validasi dan pengujian memastikan model memiliki kinerja yang baik pada data yang tidak terlihat sebelumnya. Dengan menggunakan TensorFlow dan Keras, pengembang dapat memanfaatkan GPU untuk mempercepat pelatihan model, serta memanfaatkan teknik seperti transfer learning untuk meningkatkan akurasi deteksi dengan memanfaatkan model pra-terlatih. Hasilnya adalah sistem deteksi wajah yang dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi seperti pengawasan keamanan, interaksi manusia-komputer, dan autentikasi biometrik. Berikut merupakan hasil dari pengujian kami :

**Tabel 2.** Pendeteksi Objek Gambar

Hasil Objek Terdeteksi oleh Tensorflor	
Objek	Hasil
	

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa deteksi wajah menggunakan TensorFlow dan Keras dapat bekerja dengan baik dalam kondisi dunia nyata. Model CNN yang dilatih menggunakan framework ini mampu mendeteksi sejumlah besar wajah dalam gambar dengan berbagai kondisi pencahayaan dan pose. Ini membuktikan efektivitas pendekatan ini dalam aplikasi seperti pengawasan keamanan, pengenalan wajah, dan interaksi manusia-komputer. Meskipun hasilnya sangat baik, selalu ada potensi untuk penyempurnaan lebih lanjut guna meningkatkan akurasi dan keandalan deteksi.



## **4. KESIMPULAN**

Penelitian ini membahas penerapan teknologi Artificial Intelligence, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), untuk deteksi wajah dalam berbagai aplikasi industri dan sehari-hari. CNN terbukti sebagai metode yang efektif dalam pengenalan pola visual, termasuk pengenalan wajah yang digunakan dalam berbagai sistem keamanan, interaksi manusia-komputer, dan aplikasi medis. Proses menggambar bounding boxes dan label setelah menerapkan Non-Maximum Suppression (NMS) memungkinkan visualisasi hasil deteksi objek dengan jelas dan akurat. Dengan menggunakan framework TensorFlow dan Keras, pengembangan dan pelatihan model deteksi wajah dapat dilakukan dengan efisien, memanfaatkan kekuatan GPU dan teknik transfer learning untuk meningkatkan kinerja model. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN mampu mendeteksi wajah dengan baik dalam kondisi dunia nyata, mengurangi redundansi dan meningkatkan keandalan deteksi melalui NMS. Implementasi ini berpotensi untuk meningkatkan efisiensi operasional di berbagai bidang, mulai dari keamanan hingga aplikasi medis dan komersial. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan teknologi biometrik dan aplikasi deteksi wajah yang lebih canggih dan akurat di masa depan.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Efektivitas CNN dalam Deteksi Wajah dalam *Convolutional Neural Network* (CNN) terbukti sebagai metode yang sangat efektif untuk pengenalan pola visual, termasuk deteksi wajah, yang dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi industri dan kehidupan sehari-hari.
- b. Penerapan dalam Berbagai Bidang pada Teknologi deteksi wajah berbasis CNN dapat digunakan secara luas dalam sistem keamanan, interaksi manusia-komputer, dan aplikasi medis. Ini menunjukkan fleksibilitas dan kegunaan CNN dalam berbagai konteks.
- c. Visualisasi Hasil Deteksi yang Akurat dalam Proses menggambar bounding boxes dan label setelah penerapan Non-Maximum Suppression (NMS) memungkinkan visualisasi hasil deteksi objek secara jelas dan akurat, meningkatkan kemampuan verifikasi dan pemahaman tentang objek yang terdeteksi.
- d. Efisiensi Pengembangan dengan TensorFlow dan Keras dalam Penggunaan framework TensorFlow dan Keras mempermudah pengembangan dan pelatihan model deteksi wajah, memanfaatkan kekuatan GPU dan teknik transfer learning untuk meningkatkan kinerja model secara signifikan.
- e. Kinerja Model dalam Kondisi Dunia Nyata mendapatkan Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN yang dilatih menggunakan TensorFlow dan Keras mampu mendeteksi wajah dengan baik dalam kondisi dunia nyata, mengurangi redundansi, dan meningkatkan keandalan deteksi melalui NMS.
- f. Peningkatan Efisiensi Operasional dalam Implementasi teknologi deteksi wajah ini berpotensi meningkatkan efisiensi operasional di berbagai bidang, mulai dari keamanan hingga aplikasi medis dan komersial, dengan memberikan solusi otomatis dan akurat untuk deteksi dan identifikasi wajah.
- g. Kontribusi pada Pengembangan Teknologi Biometrik pada Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan teknologi biometrik dan aplikasi deteksi wajah yang lebih canggih dan akurat di masa depan, menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan berbagai aspek kehidupan melalui teknologi AI.

## **REFERENSI**

- Arsal, Muhammad, Bheta Agus Wardijono, and Dina Anggraini. 2020. "Face Recognition Untuk Akses Pegawai Bank Menggunakan Deep Learning Dengan Metode CNN." *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi* 6(1):55–63. doi: 10.25077/teknosi.v6i1.2020.55-63
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). "Deep Learning." MIT Press.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). "Deep Residual Learning for Image Recognition." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 770-778.



- Jupri, G. D., & Rosyani, P. (2022). AI Implementasi Artificial Intelligence Pada Sistem Manufaktur Terintegrasi: Implementasi Artificial Intelligence. *BISIK: Jurnal Ilmu Komputer, Hukum, Kesehatan Dan Sosial Humaniora*, 1(2), 140–143.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). "ImageNet Classification with Deep *Convolutional Neural Networks*." *Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol. 25, pp. 1097-1105.
- Kurniawan, Henri, dan Kusnawi Kusri. 2023. "JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA Klasifikasi Pengenalan Wajah Siswa Pada Sistem Kehadiran dengan Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*."
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). "Deep Learning." *Nature*, Vol. 521, pp. 436-444.
- Perani Rosyani, et al. (2023). "Artificial Intelligence dalam Berbagai Bidang Industri." *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, Vol. 15, No. 2, pp. 45-56.
- Perani Rosyani, et al. (2023). "Penerapan *Convolutional Neural Network* untuk Pengenalan Wajah." *Jurnal Ilmu Komputer dan Aplikasi*, Vol. 10, No. 3, pp. 123-134.
- Perani Rosyani, et al. (2024). "Implementasi CNN untuk Mendeteksi Perilaku Menyimpang di Lingkungan Pendidikan." *Jurnal Teknologi Pendidikan*, Vol. 5, No. 1, pp. 78-89.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 779-788.
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 815-823.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition." *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- Zufar, M., & Setiyono, B. (2016). *Convolutional Neural Networks* untuk Pengenalan Wajah Secara RealTime. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2337-3520