

Implementasi *Convolutional Neural Network* Untuk Deteksi Emosi Melalui Wajah

(Implementation of *Convolutional Neural Network* for Emotion Detection Through Face)

Rizki Rafiif Amaanullah^[1], Gracia Rizka Pasfica^[2], Satria Adi Nugraha^[3], Mohammad Rifqi Zein^[4],
Faisal Dharma Adhinata^{[5]*}

^{[1],[2],[3],[4],[5]}Rekayasa Perangkat Lunak, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

E-mail: 19104010@ittelkom-pwt.ac.id, 19104064@ittelkom-pwt.ac.id, 191404027@ittelkom-pwt.ac.id,
19104006@ittelkom-pwt.ac.id, faisal@ittelkom-pwt.ac.id

KEYWORDS:

**Convolutional Neural Network,
Emotion, Expression**

ABSTRACT

The human emotional condition can be reflected in speech, gestures, and especially facial expressions. The problem that is often faced is that humans tend to be subjective in assessing people's emotions. Humans can easily guess someone's emotions through the expressions shown, as well as computers. Computers can think like humans if they are given an algorithm for human thinking or artificial intelligence. This research will be an interaction between humans and computers in analyzing human expressions. This research was conducted to prove whether the implementation of CNN (Convolutional Neural Network) can be used in detecting human emotions or not. The material needed to conduct facial recognition research is a dataset in images of various kinds of human expressions. Based on the dataset that has been obtained, the images that have been collected are divided into two parts, namely training data and test data, where each training data and test data has seven different emotion subfolders. Each category of images is 35 thousand data which will later be trimmed to around a few thousand data to balance the dataset. According to their class, these various expressions will be classified into several emotions: angry emotions, happy emotions, fearful emotions, disgusting emotions, surprising emotions, neutral emotions, and sad emotions. The results showed that from the calculation of 40 epochs, 81.92% was obtained for training and 81.69% for testing.

KATA KUNCI:

**Convolutional Neural Network,
Emosi, Ekspresi**

ABSTRAK

Kondisi emosional manusia dapat direfleksikan dalam bentuk perkataan, gerak tubuh, dan terutama ekspresi wajah. Masalah yang sering dihadapi adalah manusia cenderung subjektif dalam menilai emosi orang. Manusia dapat dengan mudah menebak emosi seseorang melalui ekspresi yang ditunjukkan, begitu juga dengan komputer. Komputer dapat berpikir layaknya manusia jika diberi algoritma cara berpikir manusia atau yang sering disebut dengan kecerdasan buatan. Dengan adanya penelitian ini, maka akan terjadi interaksi antara manusia dan komputer dalam menganalisis ekspresi manusia. Penelitian ini dilakukan guna membuktikan apakah pengimplementasian CNN (Convolutional Neural Network) dapat digunakan dalam mendeteksi emosi manusia atau tidak. Bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian face recognition adalah dataset berupa gambar dari macam - macam ekspresi manusia. Berdasarkan dataset yang telah didapat, gambar yang telah dikumpulkan dibagi menjadi 2 bagian yaitu data latih dan data uji, dimana setiap data latih dan data uji memiliki 7 buah sub folder emosi berbeda. Total dari masing - masing kategori gambar sebanyak 35 ribu data yang nantinya akan dipangkas menjadi sekitar beberapa ribu data saja untuk menyeimbangkan dataset. Berbagai macam ekspresi tersebut akan diklasifikasikan menjadi beberapa emosi sesuai kelasnya yakni emosi marah, emosi bahagia, emosi takut, emosi jijik, emosi terkejut, emosi netral, dan emosi sedih. Hasil penelitian menunjukkan dari perhitungan 40 epochs didapat akurasi sebesar 81.92% untuk pelatihan dan 81.69% untuk pengujian.

I. PENDAHULUAN

Dalam era yang serba modern ini, semakin banyak kegiatan atau pekerjaan yang menggunakan bantuan alat elektronik, seperti kamera pengenalan kendaraan pada sistem e-parkir, kemudian penerapan sistem e-toll untuk mempercepat proses pembayaran, dan lain sebagainya. Dalam bidang humaniora seperti HRD, psikolog ataupun petugas investigasi yang dimiliki oleh polisi, mereka sangat membutuhkan identifikasi atau pengenalan emosi ketika ingin melakukan wawancara, karena dengan mengetahui emosi dari orang yang di wawancara, dapat diketahui apa yang sedang orang tersebut rasakan. Emosi sendiri terbagi dalam beberapa kategori mulai dari emosi marah, sedih, takut, hingga bahagia. Emosi manusia dapat dilihat melalui ekspresi wajah. Namun terkadang manusia salah menganalisis emosi seseorang hanya dari ekspresi wajah. Untuk itu, diperlukan pendekatan supaya dapat memahami emosi seseorang dengan lebih baik.

Untuk bisa mendeteksi emosi manusia melalui ekspresi yang diberikan, maka diperlukan klasifikasi ekspresi wajah melalui dataset yang telah dikumpulkan [1]. Salah satu metode yang cukup akurat untuk digunakan dalam penelitian deep learning adalah dengan dengan metode CNN (Convolutional Neural Network)[2]. Metode CNN (Convolutional Neural Network) merupakan salah satu bagian dari Deep Learning dan pengembangan dari MLP (Multilayer Perceptron)[3]. Metode ini didesain untuk mengolah data dua dimensi dan diimplementasikan untuk data citra. Penelitian ini menggunakan metode tersebut karena CNN (Convolutional Neural Network) dapat mendeteksi dan mengenali objek pada sebuah gambar [4].

Terdapat dua tahap yang akan dilakukan untuk bisa mengenali ekspresi wajah manusia. Yang pertama adalah tahap fitur learning. Pada tahap ini akan dilakukan “encoding” dari sebuah gambar yang ada menjadi fitur berupa angka-angka yang digunakan untuk merepresentasikan gambar tersebut. Tahap kedua adalah klasifikasi. Kedua tahap ini akan dijelaskan lebih lanjut pada metodologi penelitian [5]. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan arsitektur CNN untuk deteksi emosi melalui data wajah. Keterbaruan yang kami usulkan melalui arsitektur CNN yang diusulkan.

II. METODOLOGI

A. Metode dan Dataset

Dalam membaca ekspresi atau emosi wajah seseorang menggunakan teknologi, kita dapat menerapkan konsep *deep learning* dengan metode CNN (*Convolutional Neural Network*) [6] untuk mengidentifikasinya. Arsitektur yang digunakan pada CNN pada penelitian ini merupakan arsitektur yang dibuat secara manual, dengan lapisan arsitekturnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gbr. 1 Flowchart sistem

1) Lapisan pertama

Berisikan lapisan *Conv2D* dengan parameter *filters* sebesar 32 dan ukuran *kernel* 3 dengan aktivasi *relu*, kemudian ditambah lapisan *MaxPool2D* sebagai *hidden layer*.

2) Lapisan kedua

Berisikan lapisan *Conv2D* dengan parameter *filters* sebesar 64 dan ukuran *kernel* 3 dengan aktivasi *relu*, kemudian ditambah lapisan *MaxPool2D* sebagai *hidden layer*.

3) Lapisan ketiga

Berisikan lapisan *Conv2D* dengan parameter *filters* sebesar 128 dan ukuran *kernel* 3 dengan aktivasi *relu*, kemudian ditambah lapisan *MaxPool2D* sebagai *hidden layer*.

4) Lapisan keempat

Berisikan lapisan *Flatten*.

5) Lapisan kelima

Berisikan 2 lapisan *Dense* dimana yang pertama memiliki 512 unit dengan aktivasi *relu* dan yang kedua memiliki 7 unit dengan aktivasi *softmax*. Untuk lebih memperjelas penelitian ini, dapat dilihat alur kerja program dalam bentuk *flowchart* Gambar 1 agar lebih mudah untuk dipahami.

Pada proses pengambilan data, peneliti menggunakan media internet untuk mencari data yang dibutuhkan. Lebih tepatnya adalah menggunakan *website* kaggle. Dalam situs tersebut peneliti mencari dataset dengan kata kunci *emotion detection* dengan tautannya adalah <https://www.kaggle.com/shivambhardwaj0101/emotion-detection-fer-2013>, kemudian file tersebut di unduh untuk digunakan pada penelitian.

Sebelum melakukan tahapan pada metode CNN (*Convolutional Neural Network*), maka perlu diinputkan dataset terlebih dahulu berupa gambar dari ekspresi manusia. Dataset berisi 28.709 gambar untuk data latih dan 7.178 gambar untuk data uji, dimana setiap dataset dikategorikan menjadi 7 kelas yaitu marah, jijik, takut, senang, netral atau biasa saja, sedih dan terkejut. Untuk gambar memiliki warna hitam-putih dan berukuran 48x48 pixel.

Setelah menginputkan dataset, langkah selanjutnya adalah melakukan tahapan pemodelan. Tahapan ini terbagi menjadi beberapa lapisan. Mulai dari *2D convolution*, *max pooling*, *flatten* dan *dense* [7]. Gambar yang berukuran 48x48 pixel akan dilakukan *encoding* berupa angka-angka.

B. Fungsi CNN

Untuk metode CNN yang digunakan disini menerapkan fungsi *categorical_crossentropy*.

Dimana fungsi tersebut digunakan pada permasalahan yang berkaitan dengan pemilihan sebuah item tergolong ke dalam satu kategori yang berasal dari banyak kategori. kemudian untuk pengoptimalannya menggunakan algoritma Adam yang sudah disediakan oleh *Tensorflow* [8].

```

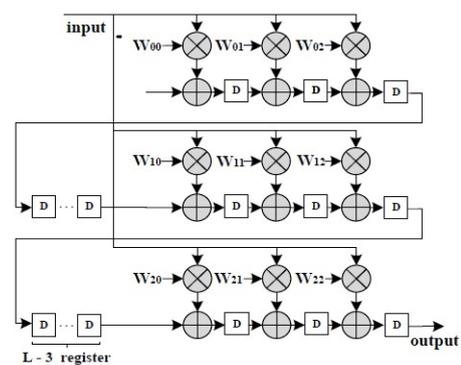
cnn.compile(loss = 'categorical_crossentropy',
optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

```

Gbr. 2 Code untuk Cross Entropy

C. Lapisan Arsitektur 2D Convolution

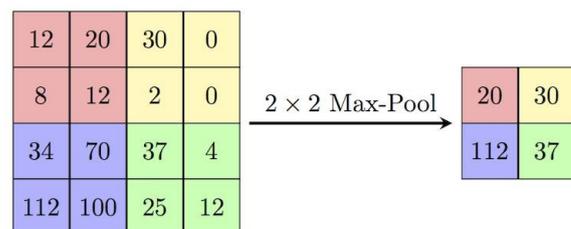
Lapisan Konvolusional adalah lapisan yang mengubah setiap data gambar yang masuk berdasarkan filter yang kemudian menghasilkan sebuah *feature map*, yang mana pada permasalahan ini akan diubah menjadi bentuk data angka 2 dimensi [9].



Gbr. 3 2D convolution dengan ukuran kernel 3x3

D. Lapisan Arsitektur Max Pooling

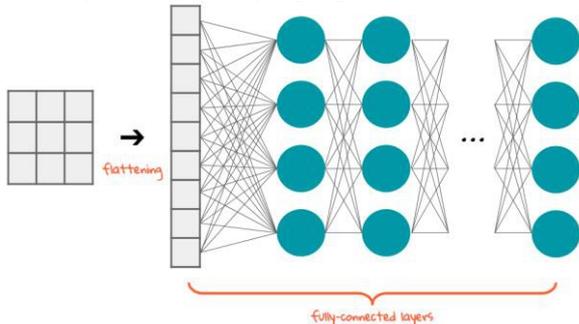
Lapisan selanjutnya adalah lapisan *pooling*. Merupakan sebuah lapisan yang melakukan pergeseran filter berdasarkan stride yang sudah ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini menerapkan metode *max pooling* sebesar 2x2, yang akan bekerja dengan cara memilih nilai terbesar pada area 2x2 setiap melakukan pergeseran filter [10].



Gbr. 4 max pooling dengan ukuran 2x2

E. Lapisan Arsitektur Flatten

Merupakan lapisan yang digunakan untuk ‘memipihkan’ data yang dihasilkan oleh tahapan-tahapan sebelumnya menjadi 1 kolom. Lapisan ini diperlukan karena pada lapisan sebelumnya data yang dihasilkan berbentuk multidimensional array, yang mana akan terlalu kompleks jika dilanjutkan pada tahapan selanjutnya [10].



Gbr. 5 Proses flatten dan dense

F. Lapisan Arsitektur Dense

Lapisan terakhir pada proses konvolusional adalah *dense*, dimana pada lapisan ini semua data yang sudah dikonversikan sebelumnya dihubungkan menjadi *fully connected layer*. Disebut demikian karena setiap neuron yang ada di dalam layer menerima input dari neuron lainnya yang ada di layer sebelumnya. Untuk contohnya dapat dilihat pada gambar 1.5 [11].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi ekspresi wajah dilakukan dengan cara menghitung tingkat akurasi data dan waktu pemrosesan sistem. Berikut adalah jabarkan proses pengklasifikasian ekspresi wajah menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*).

A. Arsitektur

Arsitektur dibuat berdasarkan lapisan yang telah dijabarkan pada bab metodologi. Penelitian ini menerapkan lapisan konvolusi 2D dengan ukuran kernel sebesar 3. Proses konvolusi 2D ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan masing-masing filter sebanyak 32 pada lapisan pertama, kemudian sebesar 64 pada lapisan kedua dan 128 pada lapisan terakhir.

Tahapan selanjutnya adalah proses pooling, dimana pada penelitian ini jenis pooling yang digunakan adalah teknik *max pooling*. Ukuran pool-nya sendiri menggunakan range sebesar 2x2 dan *strides* sebesar 2, dengan demikian proses pooling

akan melakukan pergeseran setiap 2 pixel. Proses pooling dilakukan berpasangan dengan tiap proses konvolusi 2D, sehingga setiap proses konvolusi 2D selesai akan dilakukan pooling.

Lapisan selanjutnya adalah proses *flatten* atau pemipihan data, dimana pada proses sebelumnya telah melalui banyak lapisan yang memiliki output berupa data multi dimensi, maka pada lapisan ini dilakukan proses pemipihan data dengan menjadikan bentuk data yang ada menjadi bentuk 1 kolom saja. Proses selanjutnya setelah dilakukan pemipihan data dilanjut dengan lapisan *dense*, pada lapisan pertama memiliki unit sebesar 512 dan menggunakan aktivasi *relu*. Pada lapisan *dense* yang kedua memiliki ukuran unit sebesar 7 dan menggunakan aktivasi *softmax*.

Untuk keterangan model yang lebih jelasnya adalah pada gambar berikut ini yang di dapat dengan mengecek langsung dari code program.

```
Model: "sequential"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 46, 46, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 23, 23, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 21, 21, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 10, 10, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 8, 8, 128)	73856
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 4, 4, 128)	0
flatten (Flatten)	(None, 2048)	0
dense (Dense)	(None, 512)	1049088
dense_1 (Dense)	(None, 7)	3591

Total params: 1,145,927
 Trainable params: 1,145,927
 Non-trainable params: 0

Gbr. 6 Lapisan model

B. Dataset

Terdapat 2 jenis *dataset* yang digunakan dalam penelitian ini, yakni *dataset* untuk pelatihan data dan *dataset* untuk pengujian data. *Dataset* untuk data latih berisi 780 citra dan untuk data uji terdapat 508 citra gambar. Pada masing - masing *dataset* diklasifikasikan lagi menjadi beberapa bagian. Masing - masing dataset terdapat klasifikasi citra marah, jijik, takut, bahagia, netral, sedih, dan terkejut.

1) Dataset untuk pelatihan data

Citra gambar dengan kategori marah terdapat 110 citra. Ekspresi untuk orang yang sedang marah diekspresikan dengan mulut yang membuka seolah berteriak dan mata yang menatap tajam kepada lawan bicara. Berikut contoh *dataset* untuk klasifikasi marah.



Gbr. 7 Dataset train kategori marah

Citra gambar dengan kategori jijik terdapat 111 citra. Ekspresi yang diberikan oleh orang yang merasa jijik akan sesuatu digambarkan dengan sudut bibir yang ditarik ke bawah dan mata menatap tajam objek yang membuat mereka jijik. Berikut contoh *dataset* untuk klasifikasi jijik.



Gbr. 8 Dataset train kategori jijik

Citra gambar dengan kategori takut berjumlah 108 citra. Ekspresi yang diberikan pada orang yang merasa takut yaitu mata yang terlihat takut dan ragu-ragu dalam menatap objek. Berikut contoh *dataset* untuk klasifikasi takut.



Gbr. 9 Dataset train kategori takut

Citra gambar dengan klasifikasi bahagia berjumlah 110 citra. Ekspresi yang diuji untuk klasifikasi ini yaitu ekspresi wajah yang memberikan senyuman. Berikut contoh dari citra gambar yang tergolong dalam kategori marah.



Gbr. 10 Dataset train kategori bahagia

Citra gambar dengan kategori netral berjumlah 108 citra. Ekspresi netral artinya orang tersebut tidak merasakan emosi apapun sehingga ekspresi yang ditampilkan adalah ekspresi dengan muka datar. Berikut contoh citra gambar yang tergolong dalam kategori netral.



Gbr. 11 Dataset train kategori netral

Citra gambar dengan kategori sedih berjumlah 125 citra. Ekspresi yang ditunjukkan pada orang yang sedang bersedih yaitu mata yang tidak fokus dalam menatap *object* dengan sudut bibir sedikit ditarik ke bawah. Berikut contoh citra gambar yang tergolong dalam kategori sedih.



Gbr. 12 Dataset train kategori sedih

Citra gambar dengan kategori terkejut berjumlah 108 citra. Ekspresi orang yang terkejut yaitu tatapan mata tajam terhadap *object* dan mulut yang menganga. Berikut contoh citra gambar yang tergolong dalam kategori terkejut.



Gbr. 13 Dataset train kategori terkejut

2) Dataset untuk pengujian data

Dataset yang digunakan pada pengujian data adalah citra gambar yang telah dikumpulkan dalam *dataset train* dan berhasil dideteksi dengan metode CNN (*Convolutional Neural Network*). Citra gambar dengan kategori marah yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 55 citra. Berikut contoh citra kategori marah yang berhasil untuk diuji.



Gbr. 14 Dataset test kategori marah

Citra gambar dengan kategori jijik yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 55 citra. Berikut contoh citra kategori jijik yang berhasil untuk diuji.



Gbr. 15 Dataset test kategori jijik

Citra gambar dengan kategori takut yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 58 citra. Berikut contoh citra kategori takut yang berhasil untuk diuji.



Gbr. 16 Dataset test kategori takut

Citra gambar dengan kategori bahagia yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 62 citra. Berikut contoh citra kategori bahagia yang berhasil untuk diuji.



Gbr. 17 Dataset test kategori bahagia

Citra gambar dengan kategori netral yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 53 citra. Berikut contoh citra kategori netral yang berhasil untuk diuji.



Gbr. 18 Dataset test kategori netral

Citra gambar dengan kategori sedih yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 120 citra. Berikut contoh citra kategori sedih yang berhasil untuk diuji.



Gbr. 19 Dataset test kategori takut

Citra gambar dengan kategori terkejut yang berhasil dilakukan pengujian berjumlah 105 citra. Berikut contoh citra kategori terkejut yang berhasil untuk diuji.



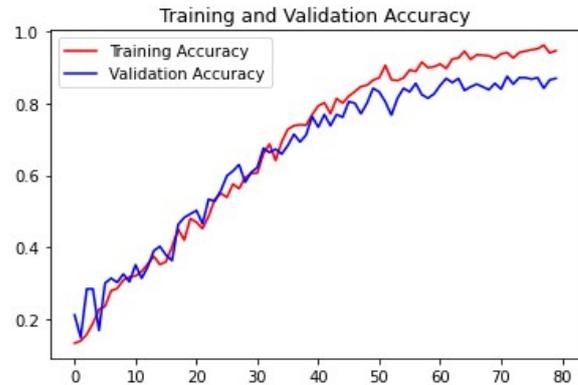
Gbr. 20 Dataset test kategori terkejut

C. Hasil Pengujian

Setelah melakukan pemodelan arsitektur dan pemilahan dataset maka tahap selanjutnya adalah proses pengujian. Hal yang diuji terbagi dalam beberapa hal yaitu ada pelatihan model arsitektur menggunakan dataset yang sudah dibuat dan

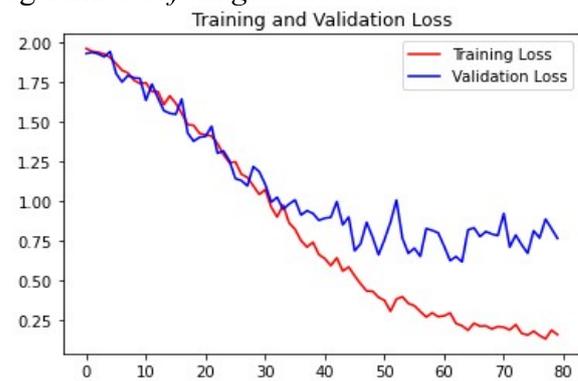
pengujian hasil dari pelatihan tersebut dengan gambar yang berbeda dari dataset.

Hasil pelatihan didapatkan hasil yang cukup bagus, dengan epoch yang digunakan sebanyak 80 dan ukuran batch sebesar 64.



Gbr. 21 Training and validation accuracy 80 epochs

Dapat dilihat untuk akurasi pelatihan dan pengujian memiliki hasil yang bagus karena tidak mengalami *overfitting*.



Gbr. 22 Training and validation loss 80 epochs

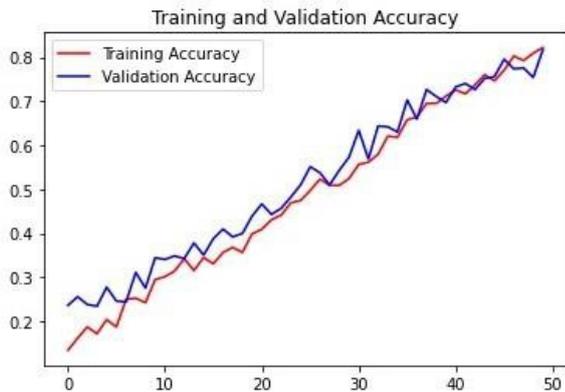
Namun dapat dilihat juga untuk hasil *error* atau kesalahan sedikit mengalami *overfitting* karena tingkat kesalahan yang dilakukan pada saat pelatihan terus menurun sedangkan untuk tingkat kesalahan pada pengujian cenderung tetap.

```
13/13 [=====] - 2s 113ms/step - loss: 0.0872 - accuracy: 0.9731
8/8 [=====] - 1s 77ms/step - loss: 0.7632 - accuracy: 0.8701
final train accuracy = 97.31 , validation accuracy = 87.01
final train loss = 8.72 , validation loss = 76.32
```

Gbr. 23 Hasil akhir tingkat akurasi dan kesalahan 80 epochs

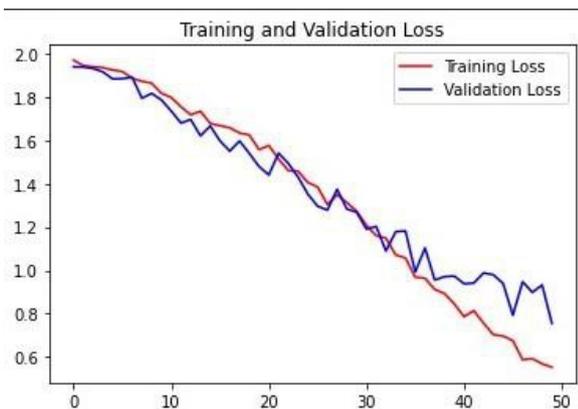
Untuk hasil dengan *epochs* sebanyak 80 mendapatkan nilai akhir akurasi sebesar 97,31% untuk pelatihan dan 87,01% untuk pengujian. Selanjutnya nilai akhir dari tingkat kesalahan pelatihan didapat sebesar 8,72% dan tingkat kesalahan pengujian sebesar 76,32%.

Oleh karena itu dilakukan pengujian ulang dengan ukuran *epochs* sebanyak 50 untuk menghindari *overfitting* dengan hasil akurasi dan kesalahan yang lebih optimal.



Gbr. 24 Training and validation accuracy 50 epochs

Terlihat untuk tingkat akurasinya pada epochs sebanyak 50 berada di angkat kisaran 80% baik untuk pelatihan dan pengujian.



Gbr. 25 Training and validation loss 50 epochs

Pada grafik diatas terlihat bahwa tingkat kesalahan yang dimiliki tidak mengalami jarak yang terlalu jauh dimana untuk tingkat kesalahan pelatihan berada di kisaran 50% dan kesalahan pengujian di 70%.

```
13/13 [=====] - 2s 111ms/step - loss: 0.5142 - accuracy: 0.8192
8/8 [=====] - 1s 73ms/step - loss: 0.7560 - accuracy: 0.8169
final train accuracy = 81.92 , validation accuracy = 81.69
final train loss = 51.42 , validation loss = 75.60
```

Gbr. 26 Hasil akhir tingkat akurasi dan kesalahan 40 epochs

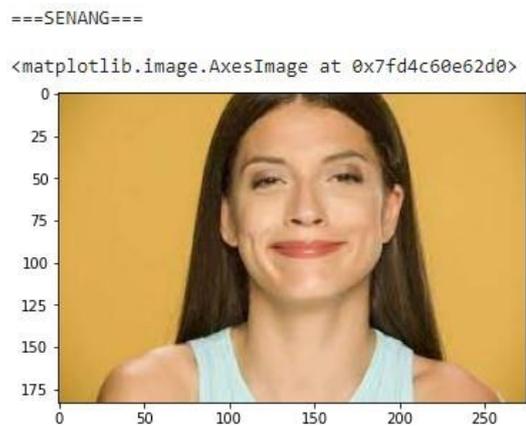
Hasil akhir dari perhitungan 40 *epochs* didapat akurasi sebesar 81.92% untuk pelatihan dan 81.69% untuk pengujian. Kemudian hasil akhir tingkat kesalahan dari pelatihan adalah 51.42% dan 75.60% untuk pengujian.

D. Hasil Prediksi

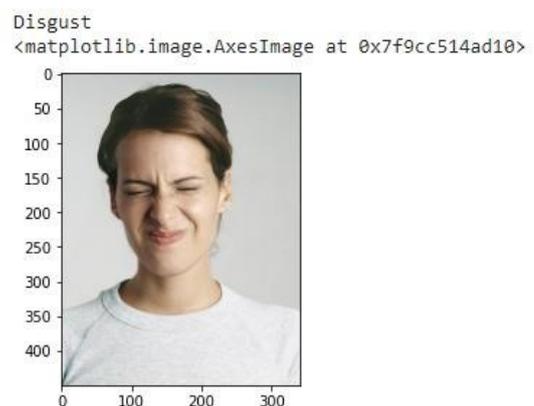
Setelah dilakukan training maka tahap selanjutnya adalah tahap prediksi model yang telah dibuat, dimana didapatkan hasil seperti pada Gbr. 27 sampai Gbr. 31.



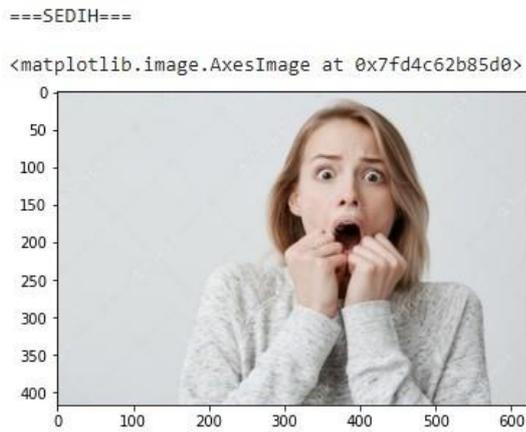
Gbr. 27 Hasil prediksi dengan ekspresi orang marah diprediksi dengan benar



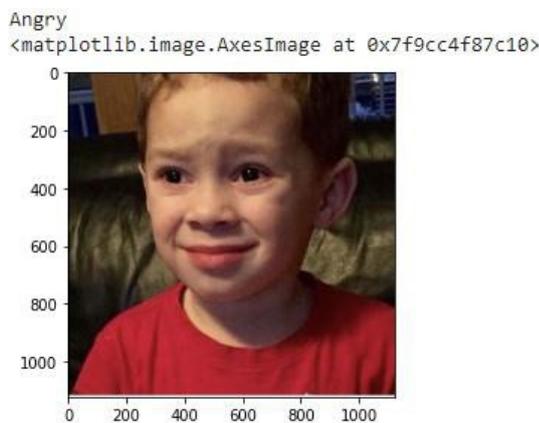
Gbr. 28 Hasil prediksi dengan ekspresi orang senang dapat diprediksi dengan benar



Gbr. 29 Hasil prediksi dengan ekspresi orang jijik dapat diprediksi dengan benar



Gbr.30 Hasil prediksi dengan ekspresi orang takut salah diprediksi oleh sistem sebagai ekspresi sedih



Gbr. 31 Hasil prediksi dengan gambar orang senang salah diprediksi oleh sistem sebagai ekspresi marah.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan hasil bahwa ekspresi wajah manusia dapat dideteksi menggunakan teknologi yang menerapkan konsep deep learning dengan metode CNN (Convolutional Neural Network). Terdapat beberapa tahapan yang dibagi menjadi lapisan Arsitektur 2D Convolution, Arsitektur Max Pooling, Lapisan Arsitektur Flatten, Lapisan Arsitektur Dense. Masing - masing lapisan ini harus dilakukan secara bertahap dan berurutan supaya bisa mendapatkan hasil yang akurat pada saat pengujian.

Untuk melakukan pengujian diperlukan bahan yang berupa dataset. Awalnya dataset dikumpulkan menjadi satu dan mendapat 780 citra. Citra gambar tersebut diklasifikasikan menjadi beberapa kategori. Setelah diklasifikasikan dilakukan pengujian menggunakan tahapan yang sudah dijabarkan sebelumnya.

Hasil dari pengujian didapat 508 citra yang berhasil dideteksi menggunakan metode CNN (Convolutional Neural Network). Pada 508 citra tersebut sudah diklasifikasikan berdasarkan kategori yang sudah ditentukan. Dapat disimpulkan bahwa metode CNN bisa digunakan untuk mendeteksi wajah manusia dengan akurasi sebesar 81.92% untuk pelatihan dan 81.69% untuk pengujian, akan tetapi masih memiliki tingkat error yang cukup besar yaitu 75,60% berdasarkan hasil *validation loss*. Ekspresi yang diberikan harus jelas dengan penerangan yang tepat sehingga sistem mampu mendapatkan hasil yang lebih baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang telah memberikan dukungan untuk penelitian ini.

REFERENSI

- [1] P. P. Kusdiananggalih and E. Rachmawati, "Pengenalan Ekspresi Wajah Dari Cross Dataset Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," vol. 8, no. 2, pp. 3429–3445, 2021.
- [2] N. Fadlia and R. Kosasih, "Klasifikasi Jenis Kendaraan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn)," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 24, no. 3, pp. 207–215, 2019, doi: 10.35760/tr.2019.v24i3.2397.
- [3] V. M. P. Salawazo, D. P. J. Gea, R. F. Gea, and F. Azmi, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network (CNN) Pada Penegangan Objek Video CCTV," *J. Mantik Penusa*, vol. 3, no. 1, pp. 74–79, 2019.
- [4] S. F. Handono, F. T. Anggraeny, and B. Rahmat, "Implementasi Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Deteksi Retinopati Diabetik," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 669–678, 2020.
- [5] N. Dewi and F. Ismawan, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Cnn Untuk Sistem Pengenalan Wajah," *Fakt. Exacta*, vol. 14, no. 1, p. 34, 2021, doi: 10.30998/faktorexacta.v14i1.8989.
- [6] W. S. Jeon and S. Y. Rhee, "Fingerprint pattern classification using convolution neural network," *Int. J. Fuzzy Log. Intell. Syst.*, vol. 17, no. 3, pp. 170–176, 2017, doi: 10.5391/IJFIS.2017.17.3.170.
- [7] E. N. Arrofiqoh and Harintaka, "IMPLEMENTASI METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

- UNTUK KLASIFIKASI TANAMAN PADA CITRA RESOLUSI TINGGI (The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery),” *Geomatika*, vol. 24, no. 2, pp. 61–68, 2018.
- [8] S. Ilahiyah and A. Nilogiri, “Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network,” *JUSTINDO (Jurnal Sist. dan Teknol. Inf. Indones.)*, vol. 3, no. 2, pp. 49–56, 2018.
- [9] A. Santoso and G. Ariyanto, “Implementasi Deep Learning Berbasis Keras Untuk Pengenalan Wajah,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 01, pp. 15–21, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6235.
- [10] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Ariyanto, “Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia,” *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.
- [11] Y. Achmad, R. C. Wihandika, and C. Dewi, “Klasifikasi emosi berdasarkan ciri wajah wenggunakan convolutional neural network,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 11, pp. 10595–10604, 2019.