

Sistem Deteksi Ekspresi Siswa Dalam *E-Learning* Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

Jeptika Heni Niasmara¹, I Kadek Dwi Nuryana²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

ljeptika.18004@mhs.unesa.ac.id

dwinuryana@unesa.ac.id

Abstrak— Proses pembelajaran jarak jauh memiliki keunggulan seperti memperoleh fleksibilitas saat belajar dalam waktu dan tempat yang berbeda. Akan tetapi proses pembelajaran dari jarak jauh memiliki kekurangan yaitu guru tidak dapat memantau siswa mengenai antusiasme siswa dalam proses belajar. Dengan menggunakan sistem deteksi ekspresi siswa pada saat proses pembelajaran guru dapat memantau siswa. Sistem deteksi ekspresi siswa dalam *e-learning* menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dan menggunakan dataset dari Kaggle yaitu *The Facial Expression Recognition 2013* (FER-2013). FER-2013 terdapat tujuh kategori emosi yaitu marah, jijik, takut, senang, sedih, terkejut dan biasa. Sistem deteksi ekspresi siswa akan menganalisis emosi siswa pada saat proses pembelajaran berlangsung. Kemudian sistem deteksi ekspresi akan menunjukkan nilai presentase ekspresi positif ataupun negatif dan kondisi emosi siswa. Setelah itu, sistem akan menyimpan hasil dari deteksi ekspresi berupa video dan dokumen teks. Hasil pengujian dari sistem deteksi ekspresi siswa dalam *e-learning* menggunakan metode CNN dengan menggunakan arsitektur AlexNet dapat mengklasifikasi ekspresi wajah dan didapatkan hasil *training accuracy* 94,81%, *training loss* 15,30%. Pada pengujian model CNN menggunakan arsitektur LeNet dapat mengklasifikasi wajah dan didapatkan hasil *training accuracy* 98,84%, *training loss* 6,92%.

Kata Kunci— *Machine Learning, Image Processing, Convolutional Neural Network, FER-2013, AlexNet, LeNet-5.*

I. PENDAHULUAN

Proses pembelajaran jarak jauh sekarang banyak diterapkan pada sekolah maupun universitas. Pembelajaran secara online atau *e-learning* merupakan proses pembelajaran jarak jauh yang dilakukan dengan memanfaatkan teknologi seperti web atau aplikasi yang dapat diakses oleh siswa dan guru. Dengan memanfaatkan teknologi tersebut, guru dapat melakukan pembelajaran tanpa bertemu langsung dengan siswa. Pembelajaran jarak jauh memiliki keunggulan seperti memperoleh fleksibilitas saat belajar dalam waktu dan tempat yang berbeda.

Pembelajaran jarak jauh memiliki kekurangan yaitu guru tidak dapat memantau siswa mengenai antusiasme siswa dalam proses belajar. Hal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan sistem yang dapat mendeteksi ekspresi siswa saat proses pembelajaran menggunakan kamera webcam yang terdapat pada siswa. Sistem ini bekerja dengan cara memindai ekspresi siswa kemudian mengklasifikasikan ekspresi yang terdiri dari tujuh jenis yang berbeda, yaitu marah, jijik, takut,

bahagia, sedih, terkejut dan biasa dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN).

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu jenis neural network yang biasa digunakan untuk klasifikasi data citra. *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan *Deep Learning* yang dapat menerima input citra yang akan digunakan untuk mengklasifikasikan citra. CNN akan mengklasifikasi citra untuk mengenali dan membedakan antara satu citra dengan yang lainnya.

Pada penelitian ini menggunakan metode CNN untuk mengklasifikasikan ekspresi siswa. Klasifikasi dibagi menjadi dua proses yaitu proses training dan proses deteksi. Proses training digunakan sebagai acuan klasifikasi pada pembuatan model, sedangkan pada tahap proses deteksi digunakan untuk penerapan hasil model terhadap deteksi ekspresi.

Ekspresi siswa dalam proses pembelajaran menentukan antusiasme siswa dalam proses belajar. Semakin positif ekspresi siswa, maka antusiasme belajar siswa semakin tinggi. Hasil *output* program sistem pendeteksi ekspresi siswa ini dapat memberikan *feedback* bagi guru untuk mengetahui respon dari siswa. *Output* dari program ini dapat membantu guru untuk mengetahui seberapa besar motivasi siswa dalam pembelajaran. Dengan memahami status ekspresi dari siswa, guru bisa mengevaluasi dan memodifikasi cara penyampaian pembelajaran agar dapat memaksimalkan proses belajar mengajar dalam lingkungan *e-learning*.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Proses Pembelajaran

Proses pembelajaran siswa dapat dilakukan dengan luring maupun daring. Proses pembelajaran luring atau luar jaringan merupakan pembelajaran offline yang dilakukan dengan tatap muka langsung siswa dengan guru. Sedangkan daring atau dalam jaringan merupakan pembelajaran melalui jaringan internet yang dapat menghubungkan siswa dengan guru melalui web atau aplikasi.

B. Ekspresi

Ekspresi merupakan suatu tindakan manusia untuk menunjukkan perasaan yang dirasakan. Ekspresi merupakan salah satu komunikasi secara nonverbal dengan menunjukkan emosi dari wajah. Ekspresi terdiri dari berbagai macam seperti sedih, marah, jijik, biasa, terkejut, senang, dan takut.

C. Bahasa Pemrograman Python

Python dibuat oleh Guido Van Rossum dan dirilis pada tahun 1991. Python adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang populer karena penulisan sintaks python yang sederhana sehingga mudah untuk dipelajari. Bahasa pemrograman python dapat digunakan di server untuk membuat aplikasi web. Selain itu, python dapat terhubung ke sistem basis data untuk membaca dan memodifikasi file, menangani data besar dan juga dapat digunakan untuk pengembangan perangkat lunak siap produksi.

D. Dataset FER-2013

Dataset merupakan sekumpulan example data yang terdiri dari training set, validation set, dan test set. Training set memiliki data yang lebih besar dibandingkan dengan validation set dan test set karena training set digunakan untuk melatih model dengan menghitung nilai-nilai parameter model.

Pada penelitian ini penulis menggunakan dataset dari Kaggle yaitu The Facial Expression Recognition 2013 (FER-2013). Dataset FER- 2013 mengkategorikan setiap wajah berdasarkan emosi yang ditunjukkan pada ekspresi wajah menjadi tujuh kategori yaitu marah, jijik, takut, bahagia, sedih, terkejut dan biasa. Pada dataset FER-2013 terdapat 35.887 citra wajah grayscale berukuran 48x48. Dataset FER-2013 diklasifikasikan menjadi 7 kelas diberi label dari 0 sampai 6 seperti pada Tabel 1.

TABEL I
LABEL EKSPRESI DAN JUMLAH DATA

Label	Emosi	Jumlah
0	Marah (<i>Angry</i>)	4593
1	Jijik (<i>Disgust</i>)	547
2	Takut (<i>Fear</i>)	5121
3	Senang (<i>Happy</i>)	8989
4	Sedih (<i>Sad</i>)	4002
5	Terkejut (<i>Surprise</i>)	6198
6	Biasa (<i>Neutral</i>)	6077

E. Machine Learning

Machine learning yaitu merupakan salah satu dari teknologi AI (*Artificial Intelligence*) yang dapat belajar layaknya manusia dengan mengumpulkan data kemudian menganalisis data tersebut. Machine learning adalah merupakan mesin yang dapat belajar dengan menganalisa data sehingga dapat melakukan tugas tertentu sesuai variabel yang diperintahkan. Machine learning melakukan pemrosesan data yang dilakukan secara mandiri untuk membuat model. Dengan banyaknya data yang digunakan maka model yang dibuat dapat disempurnakan secara bertahap.

F. Deep Learning

Deep learning atau pembelajaran mendalam merupakan jenis *mechine learning* dengan struktur yang lebih spesifik yaitu dengan meniru seperti jaringan syaraf otak manusia. *Deep learning* menggunakan struktur jaringan yaitu struktur jaringan DNN (*Deep Neural Naetwork*) dan memiliki struktur yang kompleks dan berlapis-lapis.

Untuk melakukan pelatihan model dengan akurasi yang tinggi maka *deep learning* memerlukan data dengan volume yang besar.

G. Tensorflow

Tensorflow merupakan library open source yang dibuat oleh tim Google Brain dan dirilis pada tahun 2015. Dengan menggunakan tensorflow dalam mengimplementasi model menggunakan *machine learning* memudahkan proses perolehan data, melatih model, menyajikan prediksi, dan menyempurnakan hasil di masa mendatang.



Gbr. 1 Logo Tensorflow

H. Keras

Keras merupakan Application Programming Interface (API) deep learning open source yang berjalan diatas platform machine learning TensorFlow dan ditulis dengan menggunakan 552 ariab pemograman python. Keras menyederhanakan penulisan kode pada implementasi algoritma deep learning sehingga lebih mudah untuk dipelajari.

I. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan jaringan saraf yang terdiri dari tiga jenis layer yaitu convolution layer, pooling layer dan fully connected layer atau DNN. Convolutional layer terdiri dari sekumpulan feature map. Lapisan feature map terdiri dari neuron-neuron yang digunakan untuk menyimpan hasil dari filter-filter dari layer sebelumnya. Lapisan feature map memiliki hyperparameter, yaitu jumlah filter, ukuran filter, dan jumlah stride.

J. AlexNet

AlexNet ditemukan oleh Alex Krizhevsky dkk pada tahun 2012 yang digunakan untuk pengenalan gambar dengan pola yang kompleks dengan menggunakan dataset dari ImageNet.

AlexNet memiliki 8 layer yang terdiri dari 5 convolucional layer dengan kombinasi max pooling dan 3 fully connected layer. Setiap layer AlexNet menggunakan aktivasi ReLU. Pada output layer arsitektur AlexNet menggunakan fungsi aktivasi softmax.

K. LeNet 5

LeNet-5 ditemukan oleh Yann LeCun dkk pada tahun 1998. LeNet-5 memiliki 5 layer yang terdiri dari 3 convolutional layer dengan kombinasi max pooling dan 2 fully connected layers yang menggunakan aktivasi Relu di masing-masing layer tersebut kecuali output layer menggunakan aktivasi softmax.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

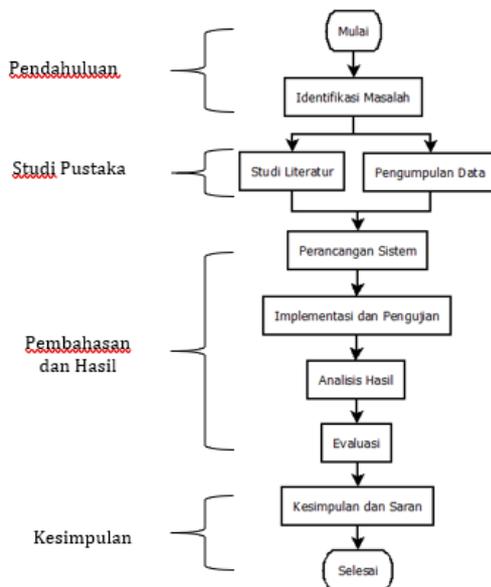
Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian tentang sistem deteksi ekspresi siswa dalam *e-learning* menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Dataset yang digunakan untuk mendeteksi ekspresi berasal dari dataset FER-2013 yang terdapat tujuh kategori emosi yaitu marah, jijik, takut, senang, sedih, terkejut dan biasa. Sistem deteksi ekspresi siswa akan menganalisis emosi siswa pada saat proses pembelajaran berlangsung dan akan menunjukkan nilai presentase ekspresi positif ataupun variabel dan kondisi emosi siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

B. Variabel Penelitian

Variabel independen atau variabel bebas dalam penelitian ini yaitu penerapan arsitektur metode Convolutional Neural Network (CNN). Variabel dependen atau variabel terikat pada penelitian ini yaitu citra ekspresi.

C. Prosedur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan penulis dapat dilihat pada gambar 2.



Gbr. 2 Alur Penelitian

1) *Identifikasi Masalah*: pada penelitian ini permasalahan yang akan diidentifikasi yaitu penelitian tentang sistem deteksi ekspresi siswa dalam *e-learning* menggunakan metode convolutional neural network (CNN).

2) *Study Literatur*: mempelajari artikel jurnal nasional dan jurnal internasional yang terkait dengan metode CNN yang digunakan dalam sistem deteksi ekspresi.

3) *Pengumpulan Data*: dataset yang digunakan pada penelitian ini yaitu dataset The Facial Expression Recognition 2013 (FER-2013).

4) *Perancangan Sistem*: merancang sitem untuk klasifikasi ekspresi dengan menggunakan metode CNN.

5) *Implementasi dan Pengujian*: menguji model yang digunakan dalam metode CNN untuk mendeteksi ekspresi.

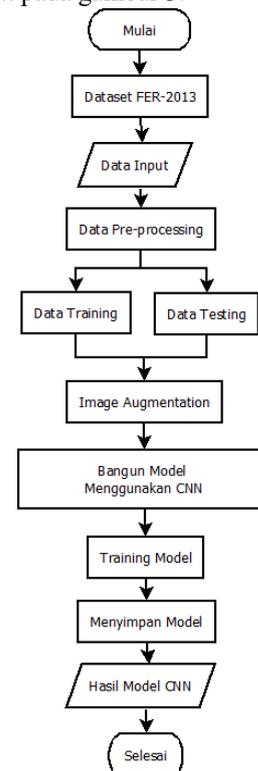
6) *Analisis Hasil*: menganalisis hasil dari pengujian model CNN untuk deteksi ekspresi.

7) *Evaluasi*: mengevaluasi hasil dari deteksi ekspresi menggunakan metode CNN.

8) *Kesimpulan dan Saran*: tahap terakhir yang berisi ringkasan hasil dari penelitian deteksi ekspresi siswa.

D. Perancangan Sistem

Flowchart proses perancangan model sistem deteksi ekspresi dapat dilihat pada gambar 3.



Gbr. 3 Flowchart Perancangan Model CNN

1) Dataset

Pada penelitian ini penulis menggunakan dataset dari Kaggle The Facial Expression Recognition 2013 (FER-2013). Dataset FER-2013 mengkategorikan setiap wajah berdasarkan emosi yang ditunjukkan pada ekspresi wajah menjadi tujuh kategori yaitu marah, jijik, takut, bahagia, sedih, terkejut dan biasa. Pada dataset FER-2013 terdapat 35.887 citra wajah grayscale berukuran 48x48. Dataset FER-2013 berisi 3 kolom yaitu emotion, pixels dan usage.

2) Preprocessing Data

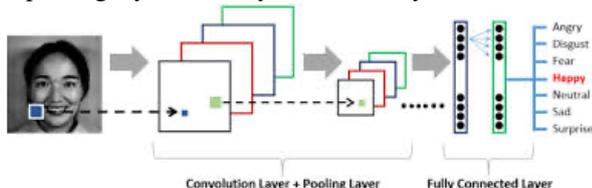
Preprocessing data pada penelitian ini yaitu data dikelompokkan menjadi dua yaitu data training dan data testing. Kemudian data diberi label dan dikelompokkan menjadi tujuh kelas.

3) Augmentasi Data Gambar

Augmentasi data gambar digunakan untuk meningkatkan kinerja dan kemampuan model untuk menggeneralisasi data dengan menormalkan nilai piksel citra, melakukan pergeseran citra pada sumbu x dan y, rotasi citra, membalik citra secara horizontal, dan fill mode untuk mengisi ruang pada citra yang tidak memiliki nilai.

4) Bangun Model Menggunakan CNN

Convolutional Neural Networks merupakan jaringan saraf tiruan untuk pemrosesan data pixel dan citra visual yang digunakan dalam tugas analisis gambar seperti pengenalan gambar, deteksi objek dan segmentasi. Ada tiga jenis lapisan dalam Convolutional Neural Networks yaitu convolutional layer, pooling layer dan fully connected layer.



Gbr. 4 Convolutional neural network (CNN)

5) Training Model

Proses training model yaitu proses training pada model CNN yang akan dibuat agar sistem dapat memahami dan membedakan citra yang ditampilkan. Model yang digunakan yaitu model CNN yang memiliki nilai akurasi klasifikasi tinggi sehingga dapat mendeteksi ekspresi lebih baik. Kemudian hasil model training citra disimpan untuk digunakan pada proses selanjutnya.

IV. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.

A. Arsitektur CNN

Tiap layer dari *feature map* pada *convolutional layer* ukurannya semakin mengecil seiring dengan banyaknya yang digunakan pada *convolutional layer* dan *pooling layer*. *Zero padding* pada layer berfungsi agar ukuran *feature map* tidak menyusut secara drastis. Pada penelitian ini, convolutional layer menggunakan aktivasi *Rectified Linear Unit (ReLU)*. Aktivasi ReLU merupakan fungsi yang tidak mengaktifkan semua neuron secara bersamaan. Neuron hanya akan dinonaktifkan jika output dari transformasi linier kurang dari 0.

1) Alex Net

AlexNet merupakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) yang dirancang oleh Alex Krizhevsky. AlexNet memiliki 8 layer yang terdiri dari 5 convolutional layer dengan kombinasi max pooling dan 3 fully connected layers yang menggunakan aktivasi Relu di masing-masing layer tersebut kecuali output layer menggunakan aktivasi softmax. Pada penelitian ini jumlah parameter yang diuji pada satu kali proses CNN sebanyak 1,285,827 parameter.

2) LeNet-5

LeNet merupakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) yang dirancang oleh Yann Lecun pada tahun 1989. LeNet-5 memiliki 5 layer yang terdiri dari 3 convolutional

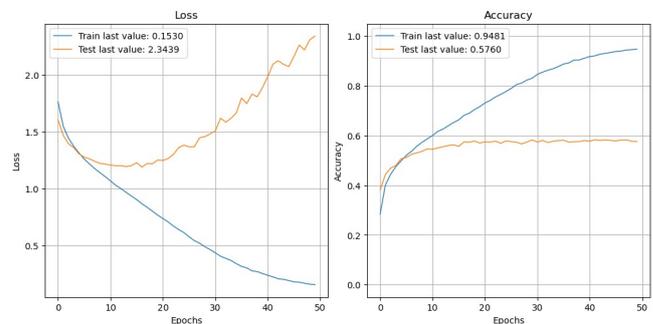
layer dengan kombinasi max pooling dan 2 fully connected layers yang menggunakan aktivasi Relu di masing-masing layer tersebut kecuali output layer menggunakan aktivasi softmax

B. Analisis Hasil Training CNN

Proses training pada model CNN yang digunakan untuk klasifikasi ekspresi dilakukan sebanyak 50 epoch dan batch 64. Training model CNN ekspresi menggunakan dataset FER-2013 yang memiliki 35.887 citra wajah grayscale berukuran 48x48 yang terdiri dari data training 28.709 dan data testing 3.589 citra yang dibagi menjadi 7 kelas.

1) AlexNet

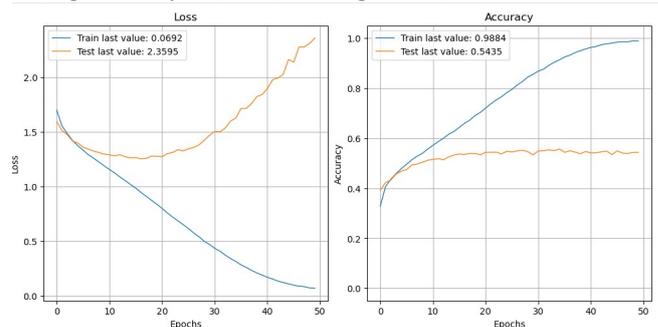
Proses *training* menggunakan arsitektur CNN AlexNet dengan menggunakan batch 64 dan epoch 50 di dapatkan hasil *training accuracy* 94,81%, *training loss* 15,30%.



Gbr. 5 Grafik Hasil Training AlexNet

2) LeNet-5

Proses training menggunakan arsitektur CNN LeNet dengan menggunakan batch 64 dan epoch 50 di dapatkan hasil *training accuracy* 98,84%, *training loss* 6,92%.

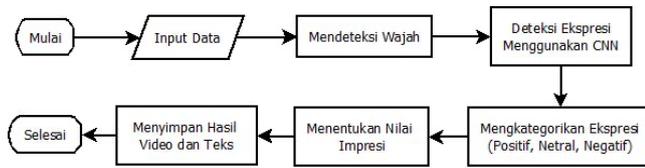


Gbr. 6 Grafik Hasil Training LeNet-5

C. Analisis Hasil Sistem Deteksi Ekspresi

Perancangan sistem pada deteksi ekspresi siswa yaitu dengan mengolah video input yang direkam secara realtime, kemudian video tersebut akan diproses pada program deteksi ekspresi. Sistem akan merekam dan mendeteksi ekspresi siswa selama proses pembelajaran, kemudian sistem akan menyimpan hasil dari rekaman video tersebut. Selain

menyimpan dalam bentuk video, sistem juga menyimpan hasil dari output program dalam bentuk teks yang berisi presentase ekspresi siswa selama mengikuti pelajaran berlangsung. Flowchart deteksi ekspresi siswa dapat dilihat pada gambar 7.



Gbr. 7 Flowchart Sistem Deteksi Ekspresi

1) Input Data

Untuk mendapatkan data, sistem akan merekam video secara *realtime* menggunakan kamera *webcam*. Kemudian video tersebut akan di proses agar dapat mendeteksi ekspresi siswa.

2) Mendeteksi Wajah

Deteksi wajah dilakukan dengan mengolah setiap frame yang telah diambil dari data video dan diproses menggunakan metode *haar cascade*. Area wajah pada file video yang telah dicapture akan dicrop kemudian ukurannya dirubah menjadi 48x48 pixel. Setelah ukurannya dirubah maka file tersebut akan dijadikan input untuk model *cnn* yang telah dibuat sebelumnya.

3) Deteksi Ekspresi Menggunakan CNN

Deteksi ekspresi menggunakan metode CNN dapat diproses setelah wajah berhasil dideteksi menggunakan metode *haar cascade*. Citra yang sudah dirubah menjadi 48x48 *pixel* akan diproses pada model CNN. Pada penelitian ini deteksi ekspresi menggunakan arsitektur AlexNet dan LeNet-5.

4) Mengkategorikan Ekspresi

Deteksi ekspresi dikategorikan kedalam tiga kategori yaitu positif, netral dan negatif. Reaksi ekspresi positif yaitu jika siswa menunjukkan ekspresi positif seperti senang dan terkejut. Reaksi ekspresi netral jika siswa menunjukkan ekspresi biasa. Reaksi negatif jika siswa menunjukkan ekspresi negatif seperti marah, takut, jijik dan sedih.

5) Menentukan Nilai Impresi

Nilai impresi terdiri dari dua kategori yaitu good dan bad. Nilai impresi good yaitu jika nilai persentasi ekspresi positif dan ekspresi netral lebih besar daripada persentasi ekspresi negatif. Nilai impresi bad yaitu jika nilai persentasi ekspresi positif dan ekspresi netral lebih kecil daripada persentasi ekspresi negatif.

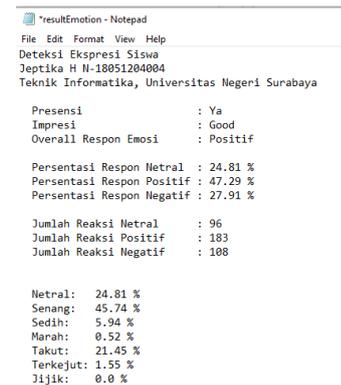
6) Menyimpan Hasil

Hasil dari output yang telah dijalankan sebelumnya disimpan dalam format video dan teks. Output yang tersimpan dalam bentuk video berisi rekaman ekspresi sisiwa selama proses pembelajaran berlangsung. Output yang tersimpan dalam bentuk teks berisi tentang rangkuman dari seluruh ekspresi siswa selama proses pembelajaran.



Gbr. 8 Output Video

Pada gambar 8, menampilkan gambar dari output video deteksi ekspresi siswa. Dalam output video tersebut terdapat keterangan dari ekspresi yang ditunjukkan siswa pada saat proses pembelajaran berlangsung. Selain keterangan ekspresi siswa, juga terdapat presentase ekspresi siswa yang ditunjukkan. Selanjutnya video tersebut akan tersimpan dalam bentuk format *.mp4*.



Gbr. 9 Output Teks

Pada gambar 9 menampilkan output teks yang tersimpan setelah program deteksi ekspresi dijalankan. Pada output teks terdapat rangkuman dari seluruh presentase ekspresi siswa pada saat proses pembelajaran. Pada output teks tersebut juga terdapat jumlah total dari reaksi siswa, seperti reaksi netral, positif ataupun negatif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil dari pengujian sistem deteksi ekspresi siswa dalam *e-learning* menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan menggunakan arsitektur AlexNet dapat mengklasifikasi ekspresi wajah dengan tepat dan didapatkan hasil *training accuracy* 94,81%, *training loss* 15,30% dalam epoch 50. Pada pengujian model CNN menggunakan arsitektur LeNet dapat mengklasifikasi wajah dengan tepat

dan didapatkan hasil *training accuracy* 98,84%, *training loss* 6,92% dalam epoch 50.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem deteksi ekspresi adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk memperoleh model CNN dengan akurasi yang lebih baik perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggabungkan metode dan arsitektur yang lainnya.
- 2) Untuk pengambilan video dapat diperhatikan pencahayaan, jarak dan posisi kamera agar sistem dapat mendeteksi ekspresi lebih akurat.

REFERENSI

- [1] Alamsyah, Derry., Pratama, Dicky. (2020). Implementasi Convolutional Neural Networks (CNN) untuk Klasifikasi Ekspresi Citra Wajah pada FER-2013 Dataset. *JurTI (Jurnal Teknologi Informasi)*, 4(2).
- [2] Alhamdani, Ahmad Abuzar. (2023). Application of Deep Learning using Convolutional Neural Network (CNN) Algorithm for Gesture Recognition. *Journal of Software Engineering, Information and Communication Technology (SEICT)*, 4(1).
- [3] Alwanda, Muhammad Rafly. (2020). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Menggunakan Arsitektur LeNet-5 untuk Pengenalan Doodle. *Jurnal Algoritme*, 1(1).
- [4] Augyeris Lioga Seandrio, dkk. (2021). Implementation of Convolutional Neural Network (CNN) in Facial Expression Recognition. *Telematika: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 18(2).
- [5] Ardison, Amadea Claire Isabel., dkk. (2022). Observing Pre-Trained Convolutional Neural Network (CNN) Layers as Feature Extractor for Detecting Bias in Image Classification Data. *COMMIT Journal*, 16(2).
- [6] Cobantoro, Adi Fajaryanto, dkk. (2023). Erformance Analysis of AlexNet Convolutional Neural Network (CNN) Architecture With Image Objects of Rice Plant Leaves. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer (JITK)*, 8(2).
- [7] Eka Putra, W. S. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- [8] He, K., Zhang X., Ren, S., Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
- [9] Hervinsyah., Jaya, Dery Yuswanto. (2024). Accuracy Potential of The Convolutional Neural Network (CNN) in Recognizing Traditional Clothing. *IT Journal Research and Development (ITJRD)*, 8(2).
- [10] Ihsan, M dkk. (2021). Deteksi Ekspresi Wajah Menggunakan Tensorflow. *JOUTICA*, 6(1)
- [11] Krizhevsky, A., Sutskever, I. and Hinton, G.E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing System*.
- [12] Labib, Radimas., dkk. (2023). LeNet Convolutional Neural Network for Face Mask Usage Classification Using a Low-Cost Device. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, 5(1).
- [13] LeCunn, Y., Bottou, L., Haffner, P. Gradient-based Learning Applied to Document Recognition. *Proceedings of the IEEE*. 86(11).
- [14] Nissa, Novia Farhan., dkk. (2021). Application of Deep Learning Using Convolutional Neural Network (CNN) Method for Women's Skin Classification. *Scientific Journal of Informatics*, 8(1).
- [15] Nugraha, Gibran Satya. (2023). Arabic Character Recognition Using CNN LeNet-5. *International Journal on Informatics Visualization (JOIV)*, 7(4).
- [16] Pahlevi, Siad Mirza. (2023). *Kecerdasan Buatan Dengan Deep Learning*. Jakarta: Gramedia
- [17] Praveen.R, Benjula Anbu Malar M.B (2020). Emotion Recognition using Convolutional Neural Network . *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(6).
- [18] Purnama, Arif., dkk. (2022). Implementation of Deep Learning for Handwriting Imagery of Sundanese Script Using Convolutional Neural Network Algorithm (CNN). *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 14(1).
- [19] Reza Rizki Reynaldo dan Irfan Maliki (2020). Pengenalan Ekspresi Wajah Dengan Metode Viola Jones dan Convolutional Neural Network. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 10(1).
- [20] Rinanda, Puji Dwi., dkk. (2024). Implementation of Convolutional Neural Network (CNN) for Image Classification of Leaf Disease In Mango Plants Using Deep Learning Approach. *PREDATECS*, 1(2).
- [21] Santoso, Bambang Eko., Kusuma, Gede Putra. (2022). Facial Emotion Recognition on FER2013 Using VGGPINALNET. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(7).
- [22] Sarirotul Ilahiyah , Agung Nilogiri (2018). Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network. *JUSTINDO (Jurnal Sistem & Teknologi Informasi Indonesia)*, 3(2).
- [23] Wiranda, Nuruddin., Putra, Agfianto Eko. (2022). Mobile-based Primate Image Recognition using CNN. *IJCCS*, 16(2).
- [24] Zhang, Jingsi., dkk. (2022). A Novel Deep LeNet-5 Convolutional Neural Network Model for Image Recognition. *Computer Science and Information Systems*, 19(3).
- [25] Zheng, K dkk. (2020). Recognition of Teachers' Facial Expression Intensity Based on Convolutional Neural Network and Attention Mechanism. *IEEE Access*, 8.