PENGEMBANGAN MODEL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PERMASALAHAN FACE EXPRESSION RECOGNITION

SKRIPSI

Disusun oleh:

Rian Nugroho

NIM: 175150207111048



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2020

DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI iii](#_Toc55991727)

[DAFTAR TABEL v](#_Toc55991728)

[DAFTAR GAMBAR vi](#_Toc55991729)

[BAB 1 PENDAHULUAN 1](#_Toc55991730)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc55991731)

[1.2 Rumusan Masalah 1](#_Toc55991732)

[1.3 Tujuan 2](#_Toc55991733)

[1.4 Manfaat 2](#_Toc55991734)

[1.5 Batasan Masalah 2](#_Toc55991735)

[1.6 Sistematika Pembahasan 2](#_Toc55991736)

[BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN 4](#_Toc55991737)

[2.1 Kajian Pustaka 4](#_Toc55991738)

[2.2 Face Expression Recognition 6](#_Toc55991739)

[2.3 Convolutional Neural Network 6](#_Toc55991740)

[2.3.1 Artificial Neural Network 6](#_Toc55991741)

[2.3.2 Rectified Linear Unit (ReLU) 8](#_Toc55991742)

[2.3.3 Backpropagation 9](#_Toc55991743)

[2.3.4 SoftMax 9](#_Toc55991744)

[2.3.5 Adam Optimizer 9](#_Toc55991745)

[2.3.6 Batch Normalization 10](#_Toc55991746)

[2.3.7 Mini-batch Gradient Descent 11](#_Toc55991747)

[2.3.8 Kernel/Filter 11](#_Toc55991748)

[2.3.9 Max Pooling Layer 11](#_Toc55991749)

[2.3.10 Sobel Filter 12](#_Toc55991750)

[2.3.11 Inception 12](#_Toc55991751)

[2.4 Evaluasi 14](#_Toc55991752)

[2.5 K-Fold Cross Validation 15](#_Toc55991753)

[2.6 Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+) 16](#_Toc55991754)

[2.7 OpenCV 16](#_Toc55991755)

[2.8 Hyperparameter Tuning 16](#_Toc55991756)

[BAB 3 METODOLOGI 17](#_Toc55991757)

[3.1 Tipe Penelitian 17](#_Toc55991758)

[3.2 Metode Penelitian 17](#_Toc55991759)

[3.3 Peralatan Pendukung 18](#_Toc55991760)

[3.4 Teknik Pengumpulan Data 18](#_Toc55991761)

[3.5 Perancangan dan Implementasi Algoritme 18](#_Toc55991762)

[3.6 Teknik Pengujian dan Analisis 19](#_Toc55991763)

[3.7 Penarikan Kesimpulan dan Saran 19](#_Toc55991764)

[BAB 4 PERANCANGAN 20](#_Toc55991765)

[BAB 5 IMPLEMENTASI 21](#_Toc55991766)

[BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS 22](#_Toc55991767)

[DAFTAR REFERENSI 23](#_Toc55991768)

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

# PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang yang menjadi dasar atas penelitian ini serta rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika pembahasan dari penelitian ini

## Latar Belakang

Face Expression Recognition (FER) merupakan sebuah permasalahan dalam Affective Computing yang bertujuan untuk mengenal emosi wajah pada sebuah gambar. Banyak sekali algoritma yang diajukan, salah satunya adalah dengan menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) yang memberikan akurasi berkisar 65-71%.

Akhir-akhir ini, pengembangan algoritma CNN terbilang meningkat. Banyak arsitektur terbaru yang dikembangkan oleh banyak pihak. Salah satunya adalah yang dikembangkan oleh tim peneliti dari Google yaitu arsitektur Inception. Arsitektur ini, alih-alih menambah jumlah layer yang digunakan, memperkenalkan konsep baru yaitu CNN yang lebih lebar. Pada paper aslinya, Inception dalam melakukan convolution terdapat 3 filter convolution + 1 pooling, kemudian dihitung dengan fungsi aktivasi.

Salah satu penelitian yang menggunakan Inception untuk menyelesaikan masalah ini mendapatkan akurasi senilai 68% menggunakan dataset FER2013. Sementara, ada sebuah paper yang menerapkan Sobel Filter pada pre-processing dan menggunakan SVM sebagai classifier, dengan menggunakan dataset CK, mendapatkan akurasi diatas 90%. Namun, belum ada yang menggunakan Inception dan Sobel Filter.

Atas hal tersebut, penulis mencoba menyelesaikan masalah ini dengan menggunakan Inception dan Sobel Filter.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan tentang Face Expression Recognition, dapat dirumuskan masalah yang diangkat oleh penulis sebagai berikut:

1. Berapa jumlah konvolusi dan apa activation function serta Hyperparameter dari model CNN yang diajukan ?
2. Bagaimana Confusion Matrix dari model ?

## Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui perancangan algoritme CNN dengan Inception pada FER.
2. Mengetahui hasil dari model menggunakan Sobel Filter.
3. Mengetahui akurasi dan Confusion Matrix algoritme CNN pada FER.

## Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan variasi dari metode untuk melakukan Face Expression Recognition.

## Batasan Masalah

Batasan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut

Karena dilarang menggunakan Deep Learning framework, seperti Pytorch, dan keterbatasan computing resource, penulis hanya mencobanya untuk 50 epochs.

Dataset menggunakan CK+ berupa grayscale image dengan ukuran 48x48.

Tidak ada yang menggunakan kacamata.

## Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan yang akan ditulis pada penelitian ini terdiri atas beberapa bagian yang dijelaskan sebagai berikut.

**BAB I Pendahuluan**

Bab ini berisikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, batasan masalah yang diberikan dan sistematika pembahasan.

**BAB II Landasan Kepustakaan**

Bab ini berisikan pembahasan mengenai teori yang dijadikan pedoman penelitian, konsep pengerjaan penelitian, metode yang diterapkan, pustaka ilmiah yang berkaitan dengan Convolutional Neural Network dengan Inception.

**BAB III Metode Penelitian**

Bab ini berisikan langkah pengerjaan dalam penelitian, teknik yang digunakan, data yang akan digunakan dalam penelitian dan representasi berdasarkan metode yang dipilih untuk menyelesaikan masalah.

**BAB IV Perancangan**

Bab ini berisikan perancangan proses penyelesaian masalah yang akan dilakukan dengan berupa visualisasi diagram alir dan perhitungan manual dari metode yang digunakan pada penelitian.

**BAB V Implementasi**

Bab ini berisikan implementasi metode yang digunakan dalam penelitian untuk menyelesaikan masalah.

**BAB VI Pengujian dan Analisa**

Bab ini berisikan skenario pengujian yang dilakukan beserta analisa terhadap hasil pengujian yang telah dirancang serta diimplementasi untuk mendapatkan nilai akurasi dari penelitan yang telah dilakukan.

**BAB VII Penutup**

Bab ini membahas kesimpulan dan saran dari penulis sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.

# LANDASAN KEPUSTAKAAN

## Kajian Pustaka

Dalam melakukan penelitian ini, penulis memaparkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk menjadi referensi. Penelitian terkait tertulis pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terkait

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Penelitian | Fokus Penelitian |
| 1 | ﻿Pramerdorfer, C. and Kampel, M., 2016. Facial expression recognition using convolutional neural networks: state of the art. arXiv preprint arXiv:1612.02903. | Penelitian ini melakukan perbandingan antara beberapa metode berbasis CNN yang digunakan untuk menyelesaikan masalah FER. |
| 2. | Pandey, Ram & Karmakar, Souvik & Ramakrishnan, A & Saha, Nabagata. (2019). Improving Facial Emotion Recognition Systems Using Gradient and Laplacian Images. | Penelitian ini menggunakan CNN dengan arsitektur DeepWise Separable Convolution layer dan sobel filter, menghasilkan akurasi rata-rata 80-83% dengan menggunakan dataset FERPlus |
| 3. | Mollahosseini, A., Chan, D., & Mahoor, M. H. (2016). Going deeper in facial expression recognition using deep neural networks. 2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV). doi:10.1109/wacv.2016.7477450 | Penelitian ini menggunakan 2 conv+maxpool layer dan 3 inception layer dan menggunakan dataset CK+, mendapatkan akurasi >90%. |
| 4. | ﻿ Shokoohi, Z., Bahmanjeh, R., & Faez, K. (2015). Expression recognition using directional gradient local pattern and gradient-based ternary texture patterns. 2015 2nd International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IPRIA). doi:10.1109/pria.2015.7161615 | Penelitian ini menggunakan Sobel filter dan menghitung histogram di area yang dipecah yang dapat diatur. Classifier menggunakan SVM. |
| 5. | Szegedy, C., Wei Liu, Yangqing Jia, Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., … Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi:10.1109/cvpr.2015.7298594 | Paper ini merupakan paper asli dari Inception, dari Google. Dalam paper tersebut, model tak hanya dibuat dalam, tetapi juga melebar. |

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pramerdorfer et al. (2016) menjelaskan bahwa beberapa arsitektur CNN yang digunakan untuk menyelesaikan masalah FER dengan dataset FER2013 menghasilkan 66-75%. Untuk arsitektur Inception memiliki akurasi sebesar 66.5%. Sementara CNN yang menggunakan Batch Normalization menghasilkan akurasi sebesar 75%.

Penelitian yang dilakukan Pandey et al. (2019), mereka menggunakan DepthWise Separable Convolution yang cukup mirip dengan Inception. Penelitian ini menggunakan beberapa dataset, salah satunya adalah CK+. Sebelum dimasukan ke dalam model, gambar diberi Sobel dan Laplacian Filter. Model ini menghasilkan akurasi berkisar 80-83%.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan Mollahosseini et al. (2016) menggunakan 2 layer conv+maxpool dan 3 layer inception dan menggunakan dataset CK+. Walau model ini tidak menggunakan Sobel Filter, namun model ini mendapatkan akurasi berkisar >90%.

Literatur selanjutnya cukup berbeda dengan yang lainnya, karena tidak menggunakan CNN. Model menggunakan Sobel Filter dan menggunakan Support Vector Machine (SVM) sebagai classifier-nya. Model di-evaluasi dengan K-fold cross validation dan menggunakan dataset CK menghasilkan confusion matrix sebagai berikut

Table

Description automatically generated

## Face Expression Recognition

Face Expression Recognition (FER) merupakan sebuah permasalahan di dalam Affective Computing dimana computer diminta untuk menebak ekspresi yang ada dalah sebuah wajah dalam gambar. Permasalahan ini sudah banyak metode dengan akurasi yang berbeda-beda. Untuk CNN, akurasinya berada pada 65-72% (sumber).

## Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan arsitektur Neural Network terbaru yang baru-baru ini populer di dalam dunia Computer Vision karena performanya yang bagus untuk melakukan Image Recognition. Salah satu bagian penting dari CNN adalah adanya Convolutional Layer yang digunakan untuk melakukan Spatial Filtering.

### Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN), yang kemudian disingkat Neural Network, merupakan salah satu algoritma Machine Learning yang termasuk dalam Supervised Learning dan termasuk Model-Based Learning. Awalnya, ANN terdiri atas perceptron yang bertujuan sebagai fungsi aktivasi berdasarkan input dan bobot dari sebuah neuron dengan update berdasarkan error\*learning rate. Namun, saat ini banyak penelitian menggunakan Multilayer Perceptron (MLP) dengan jumlah layer lebih dari 1. Untuk melakukan update, MLP menggunakan sebuah Teknik yang dikenal dengan nama Backpropagation.

Contoh dari sebuah Neural Network adalah sebagai berikut:

Diagram

Description automatically generated

Dimulai dari yang paling kiri, X merupakan input dari Neural Network. X di-feed ke layer 1 dan untuk masing-masing neuron, berlaku

Dengan

: nilai yang disimpan neuron pada layer ke I dan neuron ke j.

: weight dari neuron

: bias layer ke-i.

Setelah itu, neuron akan memutuskan untuk memberi sinyal ke neuron selanjutnya dengan fungsi aktivasi yang dinotasikan dengan

Dengan

: nilai aktivasi

: fungsi aktivasi

Adapun fungsi aktivasi dapat berupa Sigmoid function, ReLU, Leaky Relu, dll. Setelah itu, di layer paling terakhir disebut output layer yang memberikan output berupa prediksi label dari data input.

Neural network tidak hanya memiliki 1 layer, namun juga memiliki banyak layer. Arsitektur demikian dikenal dengan Multilayer Perceptron.

Pada Convolutional Neural Network, terdapat tahap tambahan, yaitu convolution dan pooling layer sebelum di-feed ke hidden layer, yang kemudian di CNN disebut Fully-Connected Layer (FCN).

### Rectified Linear Unit (ReLU)

Rectified Linear Unit (ReLU) merupakan fungsi aktivasi dari neuron dengan persamaan:

Chart, line chart

Description automatically generated

Dengan

: Fungsi aktivasi

: output neuron.

### Backpropagation

Backpropagation merupakan cara yang digunakan oleh Multilayer Perceptron untuk melakukan weight update. Caranya adalah dengan mencari nilai turunan pertama Loss function terhadap komponen yang ingin di-update, misalnya weight, bias, kernel convolution, dll. Adapun Loss function-nya adalah sebagai berikut.

Dengan

prediksi

: label asli.

### SoftMax

SoftMax merupakan layer terakhir dari sebuah Neural Network untuk menyelesaikan masalah Multiclass Classification dimana pada output layer memiliki jumlah neuron yang sama dengan jumlah kelas dari dataset. Untuk menentukan prediksi, seluruh neuron di softmax diambil berdasarkan maksimum rasio dari tiap aktivasi.

### Adam Optimizer

Adam Optimizer adalah sebuah persamaan yang digunakan saat melakukan Backpropagation yang bertujuan untuk mempercepat proses learning dari Neural Network yang berdasarkan dari RMSProp. Langkah dari optimizer ini adalah sebagai berikut

Text

Description automatically generated

### Batch Normalization

Batch Normalization merupakan normalisasi dari output setiap neuron dari sebuah layer. Kebanyakan melakukan normalisasi tepat sebelum dilakukan fungsi aktivasi. Batch Normalization , untuk setiap layer, dilakukan dengan cara:

Dengan

: nilai Z normalisasi di sebuah layer

: nilai Z dari sebuah neuron di sebuah layer

: Rata-rata nilai Z dari tiap neuron di sebuah layer

: nilai variasi dari Z

: Hyperparameter dari Neural Network

Agar tiap layer tidak memiliki nilai rata-rata 0 dan variasi 1, maka ditambah

### Mini-batch Gradient Descent

Mini-batch gradient descent merupakan cara untuk memperingan komputasi saat training dengan cara melakukan Backpropagation setiap beberapa batch dari dataset alih-alih melakukan Backpropagation terhadap seluruh dataset dalam satu Epoch.

### Kernel/Filter

Convolutional merupakan tahap dimana model melakukan ekstraksi fitur. Tahap konvolusi dijelaskan dengan persamaan:

Dengan

: image hasil konvolusi

: image sebelum konvolusi

: kernel dari gambar

: baris dari kernel

: kolom dari kernel

Biasanya, kernel yang digunakan ukurannya adalah 1x1, 3x3, dan 5x5.

### Max Pooling Layer

Max Pooling Layer digunakan untuk melakukan reduksi gambar, dengan prosesya dinotasikan dengan persamaan:

Dengan

size padding dari MaxPooling

### Sobel Filter

Sobel filter digunakan sebagai filter image untuk mendapatkan image gradient. Terdapat 2 filter dalam sobel filter, yaitu vertical feature dan horizontal feature.

A screen shot of a clock

Description automatically generated

Sobel Filter Horizontal Feature.

A screen shot of a social media post

Description automatically generated

Sobel Filter Vertical Feature.

### Inception

Berawal dari melihat banyak penelitian tentang CNN yang arsitekturnya semakin dalam (menambah jumlah layer), (sumber) mengajukan sebuah paper yang berjudul “Going deeper with convolution” yang menyatakan bahwa alih-alih hanya membuat model CNN semakin dalam, mereka juga membuat model lebih lebar.

Pada arsitektur ini, diperkenalkan inception layer dengan arsitektur sebagai berikut

**Diagram

Description automatically generated**

**Diagram

Description automatically generated**

Inception bekerja dengan cara melakukan beberapa konvolusi dan maxpooling dan mekakukan concatenation semua gambar hasil tadi, paling tidak itulah yang terjadi di versi naïve (a). pada versi (b), dilakukan 1x1 convolution dengan jumlah filter lebih sedikit dari jumlah image channel, mengakibatkan parameter yang dihitung lebih sedikit.

## Evaluasi

Pengujian sistem prediksi Face Expression Recognition ini dilakukan dengan menggunakan confussion matrix seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tabel 2.3 Confusion Matrix | | | |
|  | | **Kelas Prediksi (Predicted)** | |
| **Positive** | **Negative** |
| **Kelas Sebenarnya**  **(Actual)** | **Positive** | True Positive | False Negative |
| **Negative** | False Positive | True Negative |

Keterangan:

True Positive (TP): Jumlah kelas yang semula masuk kelas positif   
diklasifikasikan sebagai kelas positif oleh sistem.

True Negatives (TN): Jumlah kelas yang semula masuk kelas negatif   
diklasifikasikan sebagai kelas negatif oleh sistem.

False Positive (FP): Jumlah kelas yang semula masuk kelas negatif   
diklasifikasikan sebagai kelas positif oleh sistem.

False Negatives (FN): Jumlah kelas yang semula masuk kelas positif   
diklasifikasikan sebagai kelas negatif oleh sistem.

Pada TABEL tersebut hanya terdapat dua kelas sedangkan untuk klasifikasi kelas lebih dari dua kelas maka confusion matrix akan menjadi seperti TABEL

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabel 2.4 Confusion Matrix N Kelas | | | | | | |
|  | | Kelas Prediksi (Predicted) | | | | Total Kelas |
| Kelas 1 | Kelas 2 | … | Kelas n |
| Kelas  Sebenarnya (Actual) | Kelas 1 | TP | Error | … | Error | Total(Kelas-1) |
| Kelas 2 | Error | TP | … | Error | Total(Kelas-2) |
| … | … | … | … | … | … |
| Kelas n | Error | Error | … | TP | Total(Kelas-n) |
| Total Prediksi | | Prediksi(Kelas-1) | Prediksi(Kelas-2) | … | Prediksi(Kelas-n) |  |

## K-Fold Cross Validation

K-Fold cross validation merupakan metode untuk melakukan evaluasi model machine learning yang telah dibuat. Sesuai dengan namanya, metode ini membagi data latih menjadi K bagian kemudian setiap bagian akan digunakan satu kali menjadi data uji dan K-1 bagian lainnya menjadi data latih sehingga metode ini dapat mengukur kesalahan model dengan lebih akurat karena melakukan validasi secara silang (cross validation).

## Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+)

Dataset ini berisi foto wajah hitam-putih dengan ukuran 48x48. CK+ memiliki 7 ekspresi, yaitu marah (anger), terhina (contempt), terganggu (disgust), ketakutan (fear), senang (happy), sedih (sadness), dan terkejut (surprise).

## OpenCV

OpenCV merupakan open source library yang tersedia untuk Python dan C++

untuk mengolah citra, misalnya gambar atau video. Dalam penelitian ini, OpenCV digunakan untuk mengakses image dalam bentuk array dalam Python.

## Hyperparameter Tuning

Hyperparameter Tuning digunakan untuk mengatur nilai parameter yang

Digunakan dalam learning, seperti beberapa parameter dalam Adam Optimizer.

# METODOLOGI

Pada bab metodologi ini menjelaskan tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian prediksi Face Expression Recognition menggunakan Inception dan Sobel Filter yang terdiri dari tipe penelitian, metode penelitian, peralatan pendukung, teknik pengumpulan data, perancangan dan implementasi algoritme, teknik pengujian dan analisis, serta kesimpulan dan saran.

## Tipe Penelitian

Penelitian yang diajukan bersifat Non-implementatif analitik. dimana fokus dari penelitian ini adalah memprediksi ekspresi yang ada dalam gambar wajah.

## Metode Penelitian

Penelitian ini terbagi atas dua tahap yang dapat dilihat pada gambar, yaitu proses training dan testing. Pada training, model di-train menggukan dataset CK+ yang telah dibagi untuk training. Dengan menentukan hyperparameter tuning pada optimizer, model di-train hingga mencapai akurasi yang converge dan paling bagus.

Setelah di-train, model digunakan untuk melakukan testing dengan dataset CK+ yang telah dibagi untuk melakukan testing.

. Diagram

Description automatically generated

## Peralatan Pendukung

Untuk melakukan penelitian ini, penulis menggunakan beberapa peralatan pendukung berupa perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak | | | |
| Jenis | Peralatan Pendukung | Spesifikasi Peralatan | |
| Hardware | ﻿PC  ﻿ | GPU | NVIDIA RTX 2060 SUPER 8GB VRAM |
| Processor | AMD Ryzen 3500 |
| RAM | 16GB DDR4 3200MHz |
| Internal Storage | HDD 1 TB |
| Software | Sistem Operasi | Manjaro 20 | |
| Bahasa Pemrograman | Python 3.7 (64 Bit) | |
| Text Editor | Jupyter Notebook | |
| Shared Computing Resource | Google Colab | |

Disini penulis ingin mencoba Google Colab ([colab.research.google.com](http://colab.research.google.com/)) untuk berjaga-jaga jika PC tidak sanggup untuk train model. Google Colab merupakan website berbagi Computing Machine untuk melakukan train atau testing model dengan menggunakan satu GPU Nvidia Tesla K80, T4, P4, atau P100 yang dibagi dengan user lain dalam jangka waktu tertentu, misalnya 12 jam per user.

## Teknik Pengumpulan Data

Datasets menggunakan Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+) yang bisa didapat dengan menghubungi pemilik dataset dengan catatan penggunaan untuk non-commercial, seperti riset akademik, dll.

## Perancangan dan Implementasi Algoritme

Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Python dan menggunakan IDE Jupyter Notebook untuk implementasinya. Pada tahap implementasi, model untuk Face Expression Recognition menggunakan metode Convolutional Neural Network.

## Teknik Pengujian dan Analisis

Pada penelitian ini akan dilakukan Pengujian dan Analisis yang dilakukan pada Model prediksi, dimana model tersebut akan diuji performanya untuk mendapatkan nilai f-measure. Selain itu, juga dilakukan pengujian berdasarkan k-fold cross validation untuk mengukur kinerja sistem secara keseluruhan. Dari hasil dari pengujian – pengujian tersebut kemudian akan dilakukan analisis untuk menarik kesimpulan dari penelitian ini.

## Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan semua tahapan penelitian serta melakukan analisis pada hasil yang diperoleh, dapat dilakukan penarikan kesimpulan sesuai dengan masalah yang telah diangkat di awal. Dari hasil kesimpulan tersebut juga dituliskan saran untuk penelitian serupa yang dilakukan selanjutnya terkait kekurangan yang ada atau pengembangan lebih lanjut pada penelitian ini.

# PERANCANGAN

Pada bab perancangan menjelaskan rancangan sistem mulai dari alur sistem, perhitungan manual yang dilakukan sistem hingga perancangan pengujian sistem.

# IMPLEMENTASI

Pada bab Implementasi menjelaskan penerapan CNN

# PENGUJIAN DAN ANALISIS

DAFTAR REFERENSI

Pramerdorfer, C. and Kampel, M., 2016. Facial expression recognition using convolutional neural networks: state of the art. arXiv preprint arXiv:1612.02903.

Pandey, Ram & Karmakar, Souvik & Ramakrishnan, A & Saha, Nabagata. (2019). Improving Facial Emotion Recognition Systems Using Gradient and Laplacian Images.

Mollahosseini, A., Chan, D., & Mahoor, M. H. (2016). Going deeper in facial expression recognition using deep neural networks. 2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV). doi:10.1109/wacv.2016.7477450

Shokoohi, Z., Bahmanjeh, R., & Faez, K. (2015). Expression recognition using directional gradient local pattern and gradient-based ternary texture patterns. 2015 2nd International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IPRIA). doi:10.1109/pria.2015.7161615

Szegedy, C., Wei Liu, Yangqing Jia, Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., … Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi:10.1109/cvpr.2015.7298594

Sobel, Irwin & Feldman, Gary. (2015). An Isotropic 3x3 Image Gradient Operator. 10.13140/RG.2.1.1912.4965.

Diederik, P. & Jimmy Ba., 2015. Adam: A Method for Stochastic Optimization. 3rd International Conference for Learning Representations, San Diego, 2015. arXiv preprint arXiv:1412:6980.

|  |
| --- |
|  |

Sergey Ioffe & Christian Szegedy, 2015. Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. arXiv preprint

arXiv:1502.03167.

|  |
| --- |
|  |