

SKRIPSI
Pengenalan Ekspresi Wajah untuk Sistem Keamanan
Berbasis CNN



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

RAHMAD RHEDO ABDILLAH

03041181520012

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENALAN EKSPRESI WAJAH UNTUK SISTEM KEAMANAN
BERBASIS CNN**



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

RAHMAD RHEDO ABDILLAH

03041181520012

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

**Palembang, Oktober 2019
Menyetujui,
Pembimbing Utama**

Ir. Zaenal Husin, M.Sc
NIP : 195602141985031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :


Nama : Rahmad Rhedo Abdillah
NIM : 03041181520012
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 6 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Pengenalan Ekspresi Wajah Untuk Sistem Keamanan Berbasis CNN” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

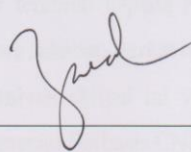
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 22 Oktober 2019



Rahmad Rhedo Abdillah
NIM. 03041181520012

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Ir. Zaenal Husin, M.Sc.

Tanggal : / 10 / 2019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala serta shalawat dan salam agar tercurah kepada Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan ridho Allah Subhanahu wa ta'ala, penulis dapat membuat skripsi ini yang berjudul "Pengenalan Ekspresi Wajah Untuk Sistem Keamanan Berbasis CNN".

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
2. Terima kasih kepada Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc. selaku pembimbing utama tugas akhir.
3. Dosen pembimbing akademik Bapak Ir. H. Ansyori, M.T yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
5. Orangtua, keluarga, dan saudara yang telah memberikan dukungan sepenuhnya selama pembuatan usulan proposal skripsi.
6. Teman-teman seperjuangan konsentrasi kendali dan komputer, yaitu Nur, Vio, Azmin, Iqbal, Meydie, Aldan, Abeng, Ega, Aldo, Qolbi, Adnan, Adit.
7. Kepada kabinet VIP_Class, teman-teman elektro angkatan 2015 dan 2018 yang telah banyak membantu selama pembuatan skripsi ini.
8. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan usulan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Indralaya, Oktober 2019

Rahmad Rhedo Abdillah

NIM. 03041181520012

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmad Rhedo Abdillah
NIM : 03041181520012
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

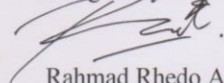
Pengenalan Ekspresi Wajah Untuk Sistem Keamanan Berbasis CNN

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal : 22 Oktober 2019

Yang menyatakan,



Rahmad Rhedo Abdillah

NIM. 03041181520012

ABSTRAK

PENGENALAN EKSPRESI WAJAH UNTUK SISTEM KEAMANAN BERBASIS CNN

(Rahmad Rhedo Abdillah, 03041181520012, 2019, 39 halaman)

Wajah merupakan salah satu biometrik yang dapat digunakan untuk menentukan identitas melalui pengenalan wajah dan ekspresi wajah. Penelitian tentang teknologi biometrik wajah telah banyak dilakukan, namun banyak penelitian yang dilakukan tersebut memiliki tingkat akurasi yang rendah dan tidak banyak yang membahas tentang pengenalan wajah untuk ekspresi yang berbeda. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengenali ekspresi wajah. Data yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 16.640 foto dari 52 orang mahasiswa Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dengan 4 ekspresi wajah (normal, senyum, kaget, marah) yang diambil pada kondisi di luar ruangan (siang dan sore) dan pada kondisi di dalam ruangan menggunakan *webcam*. Penelitian ini menggunakan 2 tipe arsitektur CNN, yaitu arsitektur sederhana CNN dan arsitektur CNN-VGG model VGG-f. Penggunaan arsitektur sederhana CNN mengalami permasalahan *overfitting* dan *underfitting* maka itu untuk mengatasi hal tersebut digunakan arsitektur model VGG-f. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem telah cukup baik dalam melakukan pengenalan dengan tingkat akurasi mencapai 100% pada pengenalan wajah dan 99,9% pada pengenalan ekspresi wajah. Kesalahan dalam pengenalan disebabkan karena citra yang cenderung mirip dengan citra lainnya.

Kata kunci: Convolutional Neural Network (CNN), pengolahan citra, Pengenalan wajah, Pengenalan Ekspresi Wajah, VGG-f.

ABSTRACT
**FACIAL EXPRESSION RECOGNITION FOR SECURITY SYSTEM
BASED ON CNN**

(Rahmad Rhedo Abdillah, 03041181520012, 2019, 39 pages)

Face is one of biometrics that can be utilized to identify an individual through facial recognition and facial expressions. Many studies have discussed the usage of face as biometrics. However, many of them had low accuracy and not many studies have discussed face recognition using different expressions. Thus, this study focuses on these problems using the Convolutional Neural Network (CNN) method. Total data were obtained from 16,640 photos with 4 facial expressions (normal, smile, surprise, and anger) from 52 students of Electrical Engineering University of Sriwijaya. These data were taken in outdoor conditions (afternoon and evening) and indoor conditions using a webcam. 2 types of CNN architecture, namely simple architecture of CNN and CNN-VGG model VGG-f architecture are utilized. The result showed that a simple CNN architecture has problems with overfitting and underfitting and these can be overcome by the VGG-f model architecture. The testing result showed that the method could achieve accuracy rate of 100% in face recognition and 99,9% in facial expression recognition, respectively. Error in recognition might be caused by images that are similar to other images

Key words: Convolutional Neural Network (CNN), Image Processing, Face Recognition, Facial Expressions Recognition, VGG-f.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Keaslian Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>State of The Art</i>	6
2.2 Pengolahan Citra	12
2.2.1 Akuisisi Citra	14
2.2.2 Segmentasi Citra	14
2.3 <i>Convolutional Neural Network</i>	15
2.3.1 Leyer Fitur Ekstraksi	15
2.3.2 Layer Klasifikasi	18
2.4 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	19
2.4.1 Kamera	19
2.4.2 Matlab	20

BAB III	METODE PENELITIAN	22
3.1	Studi Literatur	22
3.2	Pengambilan Data Primer	22
3.3	Perancangan Sistem	23
3.4	Pengujian	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Pengolahan Data dan Rancangan CNN	25
4.2	<i>Training</i> Data dan Pengujian Pengenalan Wajah	26
4.3	<i>Training</i> Data dan Pengujian Pengenalan Ekspresi Wajah	30
4.4	Analisa Hasil Pengujian	34
BAB V	Kesimpulan dan Saran	37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Sampel Gambar ORL <i>Database</i> [13]	11
2.2	Sampel Gambar YALE <i>Database</i> [13]	11
2.3	Sampel Gambar FERET <i>Database</i> [13]	11
2.4	Koordinat Representasi Citra Digital [17]	13
2.5	Citra Warna RGB	13
2.3	Citra <i>Grayscale</i>	14
2.7	Arsitektur CNN [20]	16
2.8	<i>Max Pooling Layer</i> [20].....	18
2.9	Fungsi Aktivasi <i>Softmax</i> [20]	19
2.10	Kamera Digital Sony WX800 [21]	20
2.11	Tampilan Awal Matlab	21
3.1	Flowchart Perancangan Sistem	23
4.1	Sampel Data Ekspresi Wajah	25
4.2	Grafik <i>Objective Training</i> Pengenalan Wajah Arsitektur Sederhana CNN	25
4.3	Grafik <i>Objective Training</i> Pengenalan Wajah Menggunakan Arsitektur Model VGG-f	29
4.4	Grafik <i>Objective Training</i> Pengenalan Ekspresi Wajah Arsitektur Sederhana CNN	31
4.5	Grafik <i>Objective Training</i> Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Arsitektur Model VGG-f	32
4.6	Sampel Kesalahan Pengenalan Wajah	35
4.7	Sampel Kesalahan Pengenalan Ekspresi Wajah	36

DAFTAR TABEL

2.1	Perbandingan Metode Literatur Untuk FER Menggunakan <i>JAFFE Database</i> [3]	6
2.2	Confusion Matrix Untuk FER menggunakan PCA+SVM di <i>JAFFE Database</i> [4]	7
2.3	Hasil Klasifikasi Dependen Personal [5]	8
2.4	Hasil Klasifikasi Independen Personal [5]	8
2.5	Hasil Penelitian [7]	9
2.6	Pengujian lintas basis data antara CK+ dan <i>JAFFE</i> [10]	10
2.7	Hasil Penelitian [14]	12
4.1	Rancangan Arsitektur Sederhana CNN	26
4.2	Parameter <i>Training Network</i> Pengenalan Wajah Arsitektur Sederhana CNN	25
4.3	Arsitektur Model VGG-f [14],[15]	28
4.4	Parameter <i>Training Network</i> Pengenalan Wajah Model VGG-f	28
4.5	Sampel Akurasi Data <i>Testing</i> Pengenalan Wajah	30
4.6	Parameter <i>Training Network</i> Pengenalan Ekspresi Wajah Arsitektur Sederhana CNN	30
4.7	Sampel Akurasi Data <i>Testing</i> Pengenalan Ekspresi Wajah Pada Kondisi Siang Hari	33
4.8	Sampel Akurasi Data <i>Testing</i> Pengenalan Ekspresi Wajah Pada Kondisi Sore Hari	34

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I Hasil Pengujian Pengenalan Wajah
- Lampiran II Hasil Pengujian Ekspresi Wajah Kondisi Siang Hari
- Lampiran III Hasil Pengujian Ekspresi Wajah Kondisi Sore Hari
- Lampiran IV Lembar Persentase Plagiarisme

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biometrik merupakan cabang keilmuan yang memakai karakteristik atau ciri unik yang ada pada individu tiap manusia untuk menentukan identitasnya [1]. Biometrik dibagi menjadi dua kategori yaitu biometrik fisiologi seperti wajah, mata, sidik jari atau tanda tangan dan biometrik berdasarkan perilaku atau kebiasaan seseorang seperti cara bicara (logat bicara), gaya berjalan, atau ritme mengetik [2]. Beberapa tahun terakhir, biometrik fisiologi banyak diterapkan sebagai sistem keamanan pada perangkat lunak, perangkat keras ataupun sebagai pengamanan aset, hal ini dikarenakan penggunaan biometrik fisiologi pada sistem keamanan mampu mengatasi berbagai masalah pada sistem keamanan konvensional seperti lupa kata sandi, kehilangan kunci, mudah di retas dan lain sebagainya. Penggunaan biometrik fisiologi sebagai sistem keamanan saat ini diterapkan pada beberapa alat seperti *finger print scanner*, *iris scanner*, dan *face recognition*.

Sebagai bagian dari aplikasi biometrik fisiologi, *face recognition* telah mengalami perkembangan yang sangat pesat seiring dengan perkembangan algoritma-algoritma cerdas [2]. *Face recognition* ini memiliki tantangan yang cukup menarik, diantaranya adalah pengenalan ekspresi wajah. Dalam menghadapi tantangan tersebut dibutuhkan metode-metode algoritma cerdas pada pembuatan sistem keamanan yang dapat mengenal wajah dari berbagai ekspresi wajah.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengenali wajah dan pengenalan ekspresi wajah menggunakan algoritma cerdas. Penelitian K. Verma dan A. Khunteta meneliti tentang pengenalan ekspresi wajah menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *multi-layer* sebagai metode klasifikasi dan dikombinasikan dengan *viola-jones detector* serta *gabor filter* [3]. Penelitian Muzammil Abdulrahman dan Alaa Eleyan membahas tentang pengenalan ekspresi wajah memakai fitur ekstraksi *principal component analysis (PCA)* dan *local binary*

pattern (LBP) serta metode *support vector machine* (SVM) sebagai klasifikasi [4]. Penelitian L. Gang, L. Xiao-hua, Z. Ji-liu, dan G. Xiao-gang, meneliti tentang pengenalan ekspresi wajah memakai fitur ekstraksi *Geometric* dan dikombinasikan dengan metode *support vector machine* (SVM) sebagai klasifikasi [5]. Penelitian C. Feng-jun dan W. Zhi-liang membahas tentang pengenalan ekspresi wajah menggunakan metode *neural network ensemble* berbasis *bagging algorithm* sebagai klasifikasi dengan kombinasi fitur ekstraksi *wavelet energy* [6]. Penelitian Z. Guliang dan W. Shoujue membahas tentang pengenalan wajah menggunakan metode *hypersasauge neural network* [7]. Penelitian H. M. Ebeid membahas tentang pengenalan wajah dengan membandingkan metode antara MLP dan RBF, dengan fitur ekstraksi *eigenface* [8]. Metode-metode tersebut sudah cukup baik dalam pengenalan wajah dan pengenalan ekspresi wajah, namun masih memiliki kekurangan seperti masih menggunakan data sekunder, dan tingkat akurasi yang rendah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, peneliti lain menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) [9–15]. Metode CNN mampu mengatasi tingkat akurasi yang rendah pada pengenalan wajah dan pengenalan ekspresi wajah, baik secara statik maupun *real-time*. CNN merupakan algoritma pembelajaran dalam (*deep learning*) yang umum dipakai pada *computer vision*. CNN memiliki fitur ekstraksi sendiri yang berjalan secara otomatis, sehingga tidak perlu penambahan fitur ekstraksi [16].

Oleh karena itu, penulis akan menggunakan metode CNN untuk mengenali wajah pada ekspresi wajah yang berbeda. Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini akan menggunakan data primer sebagai objek penelitian.

1.2 Permasalahan

Dalam penelitian ini, penulis membahas permasalahan tentang sistem keamanan menggunakan biometrik. Penggunaan *face recognition* telah banyak diteliti, namun tidak banyak penelitian yang membahas pengenalan wajah untuk ekspresi yang beranekaragam dan memiliki tingkat akurasi yang rendah.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan performansi dari sistem pengenalan wajah dengan ekspresi berbeda sebagai sistem keamanan menggunakan CNN.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan menjadi terarah maka penulis membatasi masalah pada:

1. *Face recognition* menggunakan data primer dan objek statik.
2. Ekspresi wajah terdiri dari normal, senyum, kaget, dan marah.
3. Menggunakan webcam dengan resolusi HD.
4. Format citra *JPG/*JPEG.
5. Menggunakan bahasa pemrograman Matlab.
6. Data primer diambil dari mahasiswa yang praktikum di Laboratorium Kendali dan Robotika Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian K. Verma dan A. Khunteta [3] membahas tentang sistem pengenalan ekspresi wajah dengan 7 macam ekspresi pada 10 objek wajah. Menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *multi-layer* sebagai metode klasifikasi dan dikombinasikan dengan *Viola-Jones Detector* serta *Gabor Filter*. Kelemahan pada metode ini yaitu tingkat akurasi yang hanya dapat 85% serta tidak mampu membedakan antara kultur wajah (Contohnya wajah eropa, asia dan afrika) dan juga tidak mampu membedakan kelompok umur (anak-anak dan dewasa).

Penelitian Muzammil Abdulrahman dan Alaa Eleyan [4] menjelaskan tentang penggunaan metode fitur ekstraksi yang di bandingkan dengan beberapa *database*. Memakai fitur ekstraksi *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Local Binnary Pattern* (LBP) serta metode *Support Vector Machine* (SVM) sebagai

klasifikasi. Kelemahan dari metode yang digunakan adalah tingkat akurasi pada beberapa ekspresi rendah dan database sangat mempengaruhi tingkat akurasi.

Penelitian L. Gang, L. Xiao-hua, Z. Ji-liu, dan G. Xiao-gang [5] Membahas tentang penggunaan fitur ekstraksi *Geometric* dan dikombinasikan dengan metode *Support Vector Machine* (SVM) sebagai klasifikasi untuk sistem pengenalan ekspresi wajah. Penelitian menggunakan basis data dari *JAFFE Database*. Kelemahan dari metode yang digunakan adalah tingkat akurasi yang sangat lemah pada percobaan klasifikasi independen.

Penelitian C. Feng-jun dan W. Zhi-liang [6] memakai metode *Neural Network Ensemble* berbasis *Bagging Algorithm* sebagai klasifikasi dengan kombinasi fitur ekstraksi *Wavelet Energy* untuk pengenalan ekspresi wajah. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari *CMU-PITTSBURGH AU-Coded Face Expression Image Database*. Kelemahan pada metode yang digunakan hanya menghasilkan tingkat akurasi rendah.

Penelitian Z. Guliang dan W. Shoujue [7] membahas tentang pengenalan wajah menggunakan metode *hypersasauge neural network*. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari *ORL database*. Kelemahan dari penelitian ialah tingkat akurasi yang rendah.

Penelitian H. M. Ebeid [8] membahas tentang pengenalan wajah dengan membandingkan metode antara MLP dan RBF, dengan fitur ekstraksi *eigenface*. Penelitian memakai data sekunder berasal dari *ORL database*. Kelemahan dari metode yang digunakan adalah tingkat akurasi yang rendah.

Penelitian Z. Xie, Y. Li, X. Wang, W. Cai, J. Rao, dan Z. Liu [9] menggunakan metode CNN pada penelitiannya. Peneliti memakai sumber data sekunder dari *CK+* dan *JAFFE* untuk menguji metode yang digunakannya. Kelemahan dari penelitian, basis data mempengaruhi tingkat akurasi dimana akurasi lebih tinggi pada basis data *CK+* dibandingkan dengan *JAFFE*.

Penelitian X. Chen, X. Yang, M. Wang, dan J. Zou [10] membahas tentang pengenalan ekspresi wajah dengan menggunakan metode CNN. Metode yang digunakan menghasilkan akurasi yang tinggi. Penelitian ini menggunakan sumber data sekunder dari *CK+ database*.

Penelitian S. K. Ramani [11] membahas tentang pengenalan ekspresi wajah secara *real-time* menggunakan metode CNN dengan arsitektur VGG-16. Metode diuji dengan dua data sekunder dari *CK+ database* dan *MMI database*. Kelemahannya adalah tingkat akurasi yang rendah dan tidak konsisten pada database yang lain.

Penelitian C. Musab, U. Ayşegül, Y. Özal, dan D. Yakup [12] membahas tentang pengenalan wajah menggunakan metode CNN. Metode yang digunakan berhasil mendapatkan akurasi yang tinggi, namun penelitian ini menggunakan data sekunder dari *Georgia Tech Database*.

Penelitian M. Wang, Z. Wang, dan J. Li [13] membahas tentang pengenalan wajah menggunakan metode CNN dengan penambahan fitur ekstraksi *local binary pattern* (LBP). Metode tersebut berhasil mendapatkan akurasi yang tinggi dengan data sekunder dari *ORL database*, *YALE database*, dan *FREET database*.

Penelitian P. Wozniak, H. Afrisal, R. G. Esparza, and B. Kwolek [14] membahas tentang pengolahan citra sebagai pengenalan tempat untuk robot *humanoid*, menggunakan metode CNN tipe layer VGG-f menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi. Data didapat dari kamera yang terpasang pada robot *humanoid*.

Penelitian A. Krizhevsky, I. Sutskever, dan G. E. Hinton [15] membahas tentang klasifikasi citra beresolusi tinggi yang didapat dari data Imagenet LSVR – 2010 menggunakan CNN tipe *deep layer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Astria, J. N. Sari, and M. Fadhli, "Sistem Pengamanan Handphone Menggunakan Face Recognition Berbasis Android," *J. Aksara Komput. Terap.*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [2] M. Zufar, "Convolutional Neural Networks untuk Pengenalan Wajah Secara Real - Time," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 72–77, 2016.
- [3] K. Verma and A. Khunteta, "Facial Expression Recognition using Gabor filter and Multi-layer Artificial Neural Network," in *International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC)*, India, pp. 1–5, 2017.
- [4] M. Abdulrahman, A. Eleyan, A. Kelimeler, İ. Yüz, and Y. İ. Örüntü, "Facial Expression Recognition Using Support Vector Machines," in *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Turkey, pp. 14–17, 2015.
- [5] L. Gang, L. Xiao-hua, Z. Ji-liu, and G. Xiao-gang, "Geometric feature based facial expression recognition using multiclass support vector machines," in *IEEE International Conference on Granular Computing*, China, pp. 1-4, 2009.
- [6] C. Feng-jun and W. Zhi-liang, "Facial Expression Recognition Based on Wavelet Energy Distribution Feature and Neural Network Ensemble," in *WRI Global Congress on Intelligent Systems*, China, pp. 122–126, 2009.
- [7] Z. Guliang and W. Shoujue, "Hypersausage Networks and its Application in Face Recognition," in *International Conference on Neural Networks and Brain*, China, no. Fig 1, pp. 1519–1522, 2005.
- [8] H. M. Ebeid, "Using MLP and RBF Neural Networks for Face Recognition : an Insightful Comparative Case Study," in *International Conference on Computer Engineering & Systems*, Egypt, pp. 123–128, 2011.
- [9] Z. Xie, Y. Li, X. Wang, W. Cai, J. Rao, and Z. Liu, "Convolutional Neural Networks for Facial Expression Recognition with Few Training Samples," in *37th Chinese Control Conference*, China, pp. 9540–9544, 2018.
- [10] X. Chen, X. Yang, M. Wang, and J. Zou, "Convolution Neural Network for Automatic Facial Expression Recognition," in *International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, China, pp. 814–817, 2017.
- [11] S. K. Ramani, "Facial Expression Detection using Neural Network for Customer Based Service," in *2nd International Conference on Computer, Communication, and Signal Processing (ICCCSP)*, India, no. Iccsp, pp. 1–4, 2018.
- [12] Y. Demir, "Face Recognition Based on Convolutional Neural Network," in

11th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Information (CISP - BMEI), China, pp. 376–379, 2017.

- [13] M. Wang, Z. Wang, and J. Li, “Deep Convolutional Neural Network Applies to Face Recognition in Small and Medium Databases,” in *11th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, China, no. Icsai, pp. 1368–1372, 2018.
- [14] P. Wozniak, H. Afrisal, R. G. Esparza, and B. Kwolek, “Scene recognition for indoor localization of mobile robots using deep CNN,” in *International Conference on Computer Vision and Graphics (ICCVG)*, Poland, September, 2018.
- [15] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Network,” *Neural Information Processing System*, vol.25, Jan, 2012.
- [16] U. Ayşegül, “Deep Convolutional Neural Networks for Facial Expression Recognition,” in *IEEE International Conference on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, Poland, pp. 1–5, 2017.
- [17] R. C. Gonzalez and R. E. Wood, *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2002.
- [18] P. Hidayatullah, *Pengolahan Citra Digital, Teori dan Aplikasi Nyata*. Bandung: INFORMATIKA, 2017.
- [19] A. Sindar and R. M. Sinaga, “Implementasi Teknik Thresholding pada Segmentasi Citra,” *J. Mantik Penusa*, vol. 1, no. 2, pp. 48–51, 2017.
- [20] S. Samuel, “Pengenalan Deep Learning Part 7 : Convolutional Neural Network (CNN),” 2017. [online]. Available : https://medium.com/@samuel_sena/pengenalan-deep-learning-part-7-convolutional-neural-network-cnn-b003b477dc94. [Accessed: 27-Feb-2019] .
- [21] Sony, “Kamera High-zoom Ringkas WX800 | Perekaman 4K.” [online]. Available: <https://www.sony.co.id/id/electronics/cyber-shot-compact-camera/dsc-wx800>. [Accessed: 12-Mar-2019].