

**PENGENALAN EKSPRESI WAJAH MENGGUNAKAN
METODE *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* DAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH :

**RATIH HANDAYANI
09011181419037**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

**Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan
Metode *Principal Component Analysis* dan
Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**

Oleh :

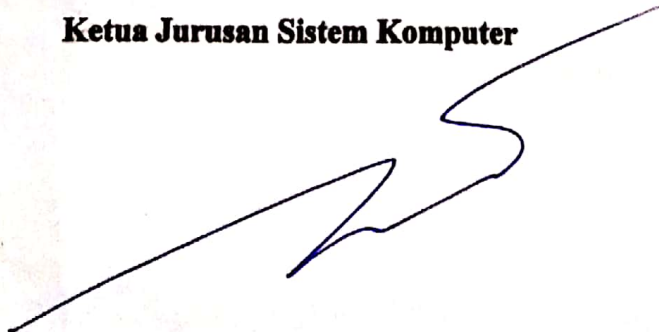
RATIH HANDAYANI

09011181419037

Indralaya, Juli 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



**Rossi Passarella, M. Eng.
NIP. 197806112010121004**

Pembimbing Tugas Akhir



**Sutarno, S.T., M.T.
NIP. 197811012010121003**

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jumat
Tanggal : 21 Juni 2019

Tim Penguji :

1. **Ketua** : Ahmad Zarkasih, S.T., M.T.

(.....)

2. **Anggota I** : Erwin, M.Si.

(.....)

3. **Anggota II** : Dr. Ir. Sukemi, M.T.

(.....)

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer**

Rossi Passarella, M. Eng.
NIP. 19780611 201012 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ratih Handayani

NIM : 09011181419037

Judul : **Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* dan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation***

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 15%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / *plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / *plagiat* dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Indralaya, Juli 2019

METERAI
TEMPEL
TGL. 20
D4828AFF8857991
6000
ENAM RIBURUPIAH

Ratih Handayani
NIM. 09011181419037

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah puji syukur penulis haturkan kehadiran ALLAH Subhanahu Wa Ta'alaatas rahmat dan karunia NYA yang telah memberikan kesehatan dan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul **“Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* dan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*”**.

Harapan dari penulisan laporan tugas akhir ini dapat memberikan referensi bagi pembaca dan menjadi pengetahuan yang berguna pada bidang citra digital khususnya *Artificial Intelligence*.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang membantu berupa bimbingan, saran, dukungan dan doa dari awal dan akhir pembuatan tugas akhir, hanya ALLAH SWT yang mampu membalas semua kebaikan. Karena itu penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. ALLAH SWT.
2. Rasulullah Muhammad SAW.
3. Kedua orang tua saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan secara moril dan materiil.
4. Saudara – Saudara saya, Rino dan Rizki yang saya sayangi.
5. Keluarga besar yang selalu mendukung dan mendoakan.
6. Best partner, M. Dian Arifin Haka yang selalu menemani.
7. Bapak Jaidan Jauhari, M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
8. Bapak Rossi Pasarella, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer.
9. Bapak Sutarno, S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir.
10. Bapak Ahmad Fali Oklilas, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik.
11. Bapak Serta Ibu Dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
12. Teman seperjuangan Sistem Komputer 2014.
13. Yuni Arli dan Intan Ayani yang selalu mendukung dan mendoakan.
14. Teman – Teman Bidadari Surga, Kristia, Fitri, Novia, Erda, Resti, Tamara, Tya, dan Annisa.

15. Grup Kerak, Kristia, Fitri, Novia, Erda, Tamara, Tya, Resti, Rendika, Yusuf, Ageng, Somame, Ilham, dan Adit.
16. Civitas Akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
17. Teman seperjuangan di FASILKOM UNSRI, UNSRI, HIMASISKO dan mahasiswa diluar sana yang mengerjakan skripsi, SEMANGAT!

Indralaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Wajah	7
2.2. Pengenalan Ekspresi.....	7
2.3. Sistem Real Time	8
2.4. Pengolahan Citra Digital	9
2.4.1 Citra Digital.....	9

2.4.1.1 Citra Digital.....	10
2.4.1.2 Citra Keabuan (Greyscale).....	11
2.4.1.3 Citra Biner.....	12
2.4.2 Cropping.....	12
2.5. Ekstraksi Ciri.....	12
2.5.1.Principal Component Analysis (PCA).....	13
2.6. Jaringan Syaraf Tiruan.....	15
2.7. Backpropagation.....	17
2.7.1 Pelatihan <i>Backpropagation</i>	17
2.7.2 Pengujian <i>Backpropagation</i>	19
2.8. Web Camera.....	20
2.9. OpenCV.....	20
2.10. Microsoft Visual C#.....	20

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan.....	21
3.2. Kerangka Kerja (<i>Framework</i>).....	21
3.3. Pengumpulan Data.....	22
3.4. Perancangan Sistem.....	23
3.5. Konsep Perancangan Sistem.....	24
3.5.1. Menu Data Latih.....	24
3.5.2. Menu Pembelajaran.....	25
3.5.3. Menu Pendeteksian.....	25
3.6. Pra Pengolahan.....	26
3.6.1. <i>Cropping</i>	27
3.6.2. <i>Grayscale</i>	27
3.7. Ekstraksi Ciri.....	28
3.8. Backpropagation.....	30

BAB IV. HASIL DAN ANALISA

4.1. Rancangan Sistem.....	33
4.2. Tahap Pengambilan Data.....	33

4.3. Tahap Pra Pengolahan.....	35
4.3.1 <i>Cropping</i>	35
4.3.2 <i>Grayscale</i>	36
4.4. Tahap Ekstraksi Ciri	37
4.5. Pembelajaran Backpropagation	39
4.6. Pengujian Data Ekspresi Wajah.....	40
BAB V. KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Hasil MSE yang didapat dari proses simulasi.....	39
2. Hasil pengenalan ekspresi wajah menggunakan data uji dari dataset KDEF	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Citra ekspresi wajah	7
2.2 Citra RGB	11
2.3 Citra Greyscale	11
2.4 Model jaringan syaraf tiruan	16
3.1 Kerangka kerja perancangan sistem	22
3.2 Diagram alir perancangan sistem	23
3.3 Alur proses tampilan data latih	24
3.4 Alur proses tampilan pembelajaran	26
3.5 Alur proses pengolahan citra	26
3.6 Blok diagram pengubahan citra RGB ke <i>greyscale</i>	28
3.7 Alur proses ekstraksi ciri PCA	28
3.8 Diagram alir perhitungan PCA	29
3.9 Arsitektur jaringan syaraf tiruan	30
3.10 Flowchart pembelajaran backpropagation	31
4.1 Tampilan awal sistem pengenalan ekspresi wajah	33
4.2 Contoh data ekspresi wajah	34
4.3 Proses pengambilan data latih melalui webcam	34
4.5 <i>Cropping</i> otomatis	36
4.6 Contoh hasil proses <i>grayscale</i>	36
4.7 Hasil proses <i>grayscale</i> pada sistem	37
4.8 Tampilan menu pembelajaran	38
4.9 Tampilan hasil ekstraksi ciri PCA	38
4.10 Tampilan hasil pendeteksian ekspresi wajah secara real time pada sistem	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Data Uji dari Dataset KDEF	47
Lampiran 2. Perhitungan Manual PCA	60
Lampiran 3. Perhitungan Backpropagation.....	66
Lampiran 4. Kode Program	71

Intoduction of Facial Expressions Using the Principal Component Analysis Method and Backpropagation Artificial Neural Networks

Ratih Handayani (09011181419037)

Computer Engineering Department, Faculty of Computer Science
Universitas Sriwijaya
Email: ratihh7@gmail.com

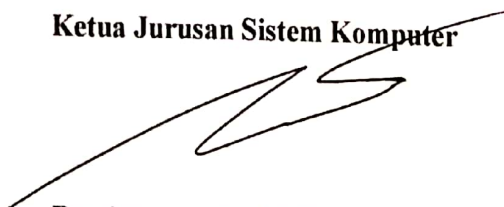
ABSTRACT

The amount of system design that can be used to identify various types of objects proves that technological development is increasingly rapid. In terms of pattern recognition, the application of artificial neural networks has proven its success, especially in computer science. ANN method is one method that is quite good for the case of the introduction of patterns, such as letters, shapes, faces, etc. This study aims to build or design a prototype that can recognize a person's facial expressions in real time. The face is part of the human head which covers the area of the forehead to the chin which plays a role in showing one's expression. Basically facial expression is nonverbal communication in humans which aims to convey intentions and emotions to others. By using a face recognition system, faces can be identified for the sake of attendance, population data collection, and security systems because human faces present something complex. In this study used the Backpropagation and Principal Component Analysis (PCA) method. The success rate of the system in this study reached 90%.

Keywords: *Pattern Recognition, Facial Expressions, Principal Component Analysis, Backpropagation*


Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, M.Eng
NIP. 1976042520101211001

Pembimbing Tugas Akhir



Sutarno, S.T., M.T
NIP. 197811012010121003

Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* dan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Ratih Handayani (0911181419037)
Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya
Email: ratihh7@gmail.com


ABSTRAK

Banyaknya perancangan sistem yang dapat digunakan untuk mengenali berbagai macam objek membuktikan bahwa perkembangan teknologi semakin pesat. Dalam hal pengenalan pola (*pattern recognition*), aplikasi jaringan syaraf tiruan telah banyak dibuktikan keberhasilannya khususnya dalam ilmu komputer. Metode JST merupakan salah satu metode yang cukup baik untuk kasus pengenalan pola-pola, seperti pola huruf, bentuk, wajah, dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk membangun atau merancang prototipe yang dapat mengenali ekspresi wajah seseorang secara *real time*. Wajah merupakan bagian dari kepala manusia yang meliputi wilayah dahi hingga dagu yang berperan dalam menunjukkan ekspresi seseorang. Pada dasarnya ekspresi wajah merupakan komunikasi nonverbal pada manusia yang bertujuan untuk menyampaikan maksud dan emosi kepada orang lain. Dengan menggunakan sistem pengenalan wajah, wajah dapat diidentifikasi untuk kepentingan absensi, pendataan penduduk, dan sistem keamanan karena wajah manusia mempresentasikan sesuatu yang kompleks. Dalam penelitian ini digunakan metode *Backpropagation* dan *Principal Component Analysis* (PCA). Tingkat keberhasilan sistem pada penelitian ini mencapai 90%.

Kata Kunci : Pengenalan Pola, Ekspresi Wajah, *Principal Component Analysis*, *Backpropagation*


Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, M.Eng
NIP. 1976042520101211001

Pembimbing Tugas Akhir



Sutarno, S.T., M.T
NIP. 197811012010121003

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya zaman, maka perkembangan teknologi juga berkembang semakin pesat. Hal ini dibuktikan dengan telah banyaknya perancangan sistem yang dapat digunakan untuk mengenali berbagai macam objek. Objek tersebut akan ditangkap menggunakan kamera digital ataupun webcam yang kemudian akan dikenali berdasarkan objek yang telah ditangkap tersebut.

Pengenalan objek ini dapat dilakukan dengan banyak metode, salah satunya adalah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST). JST merupakan salah satu metode yang telah banyak digunakan pada riset di berbagai bidang. Dalam hal pengenalan pola (pattern recognition), aplikasi jaringan syaraf tiruan telah banyak dibuktikan keberhasilannya khususnya dalam ilmu komputer. JST dapat digunakan untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola dan klasifikasi.

Peneliti sebelumnya [1] melakukan pengenalan pola senyum menggunakan *backpropagation* berbasis ekstraksi fitur *Principal Component Analysis* (PCA). Pada penelitian tersebut pola senyum seseorang diklasifikasikan menjadi lima macam (senyum manis, senyum mulut tertutup, senyum mulut terbuka, senyum mengejek, senyum yang dipaksakan) dengan menggunakan sebanyak 250 data. Hasil akurasi pengenalan tertinggi diperoleh saat dilakukan uji coba menggunakan 10 hidden layer, dan nilai eigen 15 yaitu sebesar 82,67%. Sedangkan dengan menggunakan metode *Self Organizing Maps* (SOM) berbasis ekstraksi fitur *Two-Dimensional Principal Component Analysis* (2DPCA) [2], dihasilkan rata-rata akurasi pengenalan pola senyum tertinggi yaitu sebesar 93,36% untuk 30 sampel masing-masing pola senyum.

Peneliti selanjutnya melakukan penelitian tentang pengenalan ekspresi wajah menggunakan metode k-NN dan MLP jaringan syaraf [3], dilakukan

dengan 7 keadaan emosional yang menghasilkan akurasi 90% untuk pembagian data secara acak dan 73% untuk pembagian data alami. Akurasi klasifikasi dipengaruhi oleh cara seseorang memainkan ekspresi wajahnya.

Jaringan syaraf tiruan merupakan metode yang banyak digunakan untuk proses pembelajaran dengan menggunakan konsep seperti jaringan syaraf pada manusia. Salah satu algoritma yang banyak digunakan untuk pembelajaran adalah *backpropagation*, dimana metode ini telah terbukti memberikan hasil yang cukup baik. Untuk kasus pengenalan, metode JST merupakan salah satu metode yang cukup baik untuk kasus pengenalan pola-pola, seperti pola huruf, bentuk, wajah, dan sebagainya.

Berpedoman pada penelitian sebelumnya, pada penelitian ini peneliti akan melakukan pengenalan ekspresi wajah menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Dimana pada penelitian sebelumnya metode *backpropagation* dikenal sebagai salah satu bentuk dari jaringan syaraf yang memberikan hasil yang cukup baik dalam kasus pengenalan pola [4]. Dalam penelitian ini, penulis akan menyajikan 5 ekspresi yang akan dikenali, yaitu ekspresi datar, senang, sedih, marah, dan terkejut.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun atau merancang prototipe yang dapat mengenali ekspresi seseorang dengan menggunakan metode *backpropagation* secara *real time*. Dalam penelitian ini juga digunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk ekstraksi ciri. Melalui penelitian ini, peneliti juga akan menganalisa kinerja dari metode yang digunakan dengan mengetahui hasil tingkat akurasi sistem yang dikembangkan.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengenali ekspresi seseorang berdasarkan citra wajah menggunakan metode *Principal Component Analysis* dan *Backpropagation*?

2. Bagaimana meningkatkan akurasi yang didapatkan dari sistem yang dikembangkan?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk:

1. Merancang prototipe yang dapat mengenali ekspresi seseorang dengan metode *Principal Component Analysis* dan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* secara *real time*.
2. Mengetahui tahapan proses pengolahan citra wajah dan ekstraksi fitur wajah.
3. Mengetahui tingkat akurasi sistem pengenalan ekspresi yang dikembangkan.

1.3.2. Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menghasilkan prototipe yang dapat mengenali ekspresi seseorang secara *real time*.
2. Mengembangkan sistem pengenalan ekspresi seseorang yang dapat dikembangkan untuk mengetahui kondisi psikologi seseorang dan keadaan emosional seseorang.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Data latih citra yang digunakan merupakan citra wajah yang akan di *cropping* pada daerah alis sampai dagu.
2. Jumlah ekspresi yang akan dikenali hanya 5 macam ekspresi, yaitu ekspresi datar, senang, sedih, marah, dan terkejut.

3. Citra yang diambil tidak terhalangi oleh objek apapun.

1.5. Metodologi Penulisan

Metodologi penulisan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dari penulisan penelitian ini dengan menemukan masalah yang akan diangkat menjadi tema pada penelitian ini.

2. Kajian Literatur (studi pustaka)

Pada tahap ini penulis akan mengumpulkan dan mempelajari literatur (jurnal, ebook, buku-buku pustaka) yang berkaitan dengan tema penelitian penulis.

3. Pengumpulan Data

Data yang akan dikumpulkan berupa ekspresi wajah manusia yang akan di cropping pada daerah alis sampai dagu, yang terdiri dari ekspresi datar, senang, sedih, marah, dan terkejut.

4. Perancangan Sistem

Perancangan sistem akan dilakukan dengan merancang prototipe dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* dan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk ekstraksi ciri.

5. Pengujian Sistem

Sistem yang telah dirancang akan diuji menggunakan beberapa parameter untuk mendapatkan hasil yang optimal dari pengujian tersebut. Selain itu pengujian juga dilakukan guna mengetahui tingkat akurasi/keakuratan sistem tersebut dalam mengenali ekspresi seseorang.

6. Analisis Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan analisis sistem yang bertujuan untuk mengetahui kekurangan sistem yang dibuat dan apa saja penyebab kekurangan tersebut yang dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya.

7. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pengujian dan hasil analisa sistem yang dibuat sesuai dengan tujuan penelitian penulis. Saran yang diberikan merupakan saran yang membangun untuk penulis guna penelitian di masa yang akan datang.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini dibuat untuk memberikan gambaran umum tentang penelitian penulis. Sistematika penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, tujuan, manfaat, rumusan dan batasan masalah, metodologi penulisan, serta sistematika penulisan bab per bab.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas konsep dasar dan landasan teori yang berkaitan dengan teori-teori yang berhubungan dengan pengenalan ekspresi seseorang.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas metode yang digunakan dan perancangan sistem yang akan dibangun.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Berisi penjabaran tentang hasil dan analisa dari sistem yang dibangun dengan menggunakan data yang telah dijelaskan sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari penyelesaian masalah yang dibahas dan saran yang membangun untuk penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- [1] R. T. Wahyuningrum, R. M. Wati, and A. Rachmad, "Pengenalan Pola Senyum Menggunakan Backpropagation Berbasis Ekstraksi Fitur Principal Component Analysis (PCA)," *Rekayasa*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2011.
- [2] R. T. Wahyuningrum, B. Rosyid, and K. E. Permana, "Pengenalan Pola Senyum Menggunakan Self Organizing Maps (SOM) Berbasis Ekstraksi Fitur Two-Dimensional Principal Ccomponent Analysis (2DPCA)," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2012, pp. 15–16.
- [3] P. Tarnowski *et al.*, "Emotion Recognition using Facial Expressions," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 108, pp. 1175–1184, 2017.
- [4] K. A. Nugraha *et al.*, "Algoritma Backpropagation pada Jaringan Saraf Tiruan Untuk Pengenalan Pola Wayang Kulit," in *Seminar Nasional Informatika*, 2013, pp. 8–13.
- [5] H. Zayuman, I. Santoso, and R. R. Isnanto, "Pengenalan Wajah Manusia Menggunakan PCA dan JST Back Propagation," 2008.
- [6] M. D. Wuryandari and I. Afrianto, "Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan Learning Vector Quantization pada Pengenalan Wajah," *J. Komput. dan Inform.*, vol. 1, p. 7, 2012.
- [7] B. Y. D. Immanuela P. Saputro, Ernawati, "Pengenalan Ekspresi Wajah Menggunakan Wavelet Gabor dan Backpropagation," *J. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 71–78, 2015.
- [8] P. Marhutala, R. Soelaiman, and M. Kom, "Pengenalan Ekspresi Wajah Berdasarkan Bentuk dan Tekstur," pp. 1–6.
- [9] M. Taner Eskil and K. S. Benli, "Facial Expression Recognition Based on Anatomy," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 119, pp. 1–14, 2014.
- [10] A. Barman and P. Dutta, "Facial Expression Eecognition using Distance and Shape Signature Features," *Pattern Recognit. Lett.*, 2017.
- [11] E. Setyati, "Facial Emotional Expressions Recognition Based on Active Shape Model and Radial Basis Function Network," in *2012 IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSA) Proceedings*, 2012, pp. 1–6.
- [12] W. Sugeng and K. Mustofa, "Real Time Sistem pada Jaringan Komputer," *J. Inform.*, pp. 1–9.
- [13] R. Munir, "Struktur Data untuk Citra Digital dan Format Citra," in *Pengolahan Citra Digital*, pp. 29–52.
- [14] A. S. Abdul Kadir, "Pengenalan Dasar Citra," in *Pengolahan Citra*, 2012, pp. 11–33.

- [15] I. Setiawan and W. Iskand, "Implementasi Pengenalan Citra Wajah dengan Algoritma Eigenface pada Metode Principal Component Analysis (PCA)," in *Proceeding of the 2nd Informatics Conference*, 2016, vol. 2016, pp. 46–50.
- [16] R. I. A. A. Tussaadah, "Implementasi Sistem Identifikasi Wajah pada Sistem Keamanan dengan Menggunakan Metode Haar Like Features dan Principal Component Analysis (PCA)," 2015.
- [17] F. Azmi, U. S. Utara, and P. Pola, "Analisis Learning Jaringan RBF (Radial Basis Function Network)," vol. V, no. 2, pp. 32–34, 2016.
- [18] F. Apriyanto, H. A. Sujono, and L. A. Hermanto, "Klasifikasi Kualitas Pisau Potong Tembakau (Cut Cell) Menggunakan Metode Radial Basis Function (RBF)," *INTEGER J. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 22–31, 2017.
- [19] Anonim, "Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network)," 2011, pp. 1–27.
- [20] A. Fadlil and I. Hidayat, "Sistem Pengenalan Wajah Manusia Secara Realtime Menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2008, pp. 5–8.
- [21] Wikipedia, "OpenCV," <https://id.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. .
- [22] Wikipedia, "Microsoft Visual C Sharp," https://id.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_C_Sharp. .