

**SISTEM PENDETEKSIAN EMOSI MULTI-WAJAH
MENGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK (CNN)**

*Diajukan sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh:

Ahmad Emery Rishad
NIM: 09021382126168

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**Sistem Pendeteksian Emosi Multi-Wajah Menggunakan Metode Convolutional
Neural Network (CNN)**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:

AHMAD EMERY RISHAD

09021382126168

Pembimbing 1 : Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

Pada hari Jumat tanggal 24 Juli 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Ahmad Emery Rishad
NIM : 09021382126168
Judul : Sistem Pendeteksian Emosi Multi-Wajah Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

dan dinyatakan LULUS.

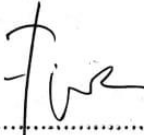
1. Ketua Penguji

Samsuryadi, M.Kom, Ph.D.
NIP. 197102041997021003



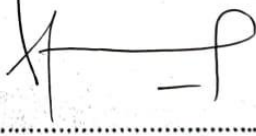
2. Penguji I

Dr. Firdaus, M.Kom
NIP. 197801212008121003



3. Pembimbing I

Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.
NIP. 198004182020121001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Emery Rishad

NIM : 09021382126168

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : Sistem Pendeteksian Emosi Multi-Wajah Menggunakan
Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin: 11%

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

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



Palembang, 25 Agustus 2025

Penulis,



Ahmad Emery Rishad
NIM 09021382126168

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“I'm not playing to beat you, I'm playing to build a beautiful pattern.”

Karya Tulis Ini Dipersembahkan Kepada

- Allah SWT
- Kedua Orang tua dan Keluargaku
- Teman-teman Seperjuangan
- Dosen Pembimbing
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

This research aims to develop and implement a real-time multi-face detection and emotion recognition system. The Haar Cascade method is used in the face detection stage to identify the position of faces in the image, while the Convolutional Neural Network (CNN) is used in the emotion classification stage based on the detected faces. The datasets used include FDDB for face detection testing and FER-2013 for emotion classification testing. The results of multi-face detection testing using Haar Cascade on a subset of FDDB showed an accuracy of 63%. Emotion classification testing using CNN on the FER-2013 dataset resulted in an accuracy of 74%. The overall success rate of the application was calculated, resulting in a value of 47%. Based on these results, the system is capable of performing real-time multi-face detection and emotion classification with a moderate success rate and still has room for improvement, especially in the multi-face detection stage.

Keywords: *Face Detection, Emotion Detection, Haar Cascade, Convolutional Neural Network (CNN), Multi-Face, FER-2013, Real-Time System.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan sistem deteksi multi-wajah dan pengenalan emosi secara real-time. Metode Haar Cascade digunakan pada tahap deteksi wajah untuk mengidentifikasi posisi wajah dalam citra, sedangkan *Convolutional Neural Network* (CNN) digunakan pada tahap klasifikasi emosi berdasarkan wajah yang telah terdeteksi. Dataset yang digunakan meliputi FDDB untuk pengujian deteksi wajah dan FER-2013 untuk pengujian klasifikasi emosi. Hasil pengujian deteksi multi-wajah menggunakan Haar Cascade pada subset FDDB menunjukkan akurasi sebesar 63%. Pengujian klasifikasi emosi menggunakan CNN pada dataset FER-2013 menghasilkan akurasi sebesar 74%. Tingkat keberhasilan keseluruhan aplikasi dihitung yang menghasilkan nilai 47%. Berdasarkan hasil ini, sistem mampu melakukan deteksi multi-wajah dan klasifikasi emosi secara real-time dengan tingkat keberhasilan moderat dan masih memiliki ruang untuk peningkatan, terutama pada tahap deteksi multi-wajah.

Kata Kunci: Deteksi Wajah, Deteksi Emosi, Haar Cascade, Convolutional Neural Network (CNN), Multi-Wajah, FER-2013, Sistem Real-Time.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan hidayah, rahmat, dan petunjuk sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Sistem Pendeteksian Emosi Multi-Wajah Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)” tepat pada waktunya.

Dalam penulisan ini, penulis menyadari bahwa tanpa adanya bimbingan, bantuan, serta dukungan maupun petunjuk dari semua pihak, tidak mungkin Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Kakak, dan Adik yang telah mendoakan, memberi dukungan, dan selalu memberi semangat.
2. Bapak Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Pak Hadipurnawan Satria, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya serta pembimbing akademik penulis.
4. Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah berkenan membimbing, memberikan motivasi dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

5. Teman seperjuangan skripsi (Kaka dan Rayhan) yang telah menjadi teman diskusi, memberikan tumpangan untuk belajar dan selalu memberikan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.
6. Teman di Bintaro (Kynan, Dhafin, Abib, Micko, Juna) yang telah berbagi ilmu, tempat bercanda tawa.
7. Semua pihak yang telah menemani dan membantu penulis dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan, oleh karena itu kritik dan saran membangun sangat diharapkan untuk kemajuan penelitian selanjutnya.

Palembang, 16 Juni 2025

Penulis,

Ahmad Emery Rishad

NIM 09021382126168

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Manfaat Hasil Penelitian	I-4
1.6 Batasan Masalah	I-4
1.7 Sistematika Penulisan	I-5
1.8 Kesimpulan	I-6
 BAB II KAJIAN LITERATUR	 II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Deteksi Emosi	II-1
2.2.2 Deteksi Wajah	II-1
2.2.3 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	II-2
2.2.3.1 Lapisan Konvolusi (<i>Convolutional Layer</i>)	II-4
2.2.3.2 Lapisan Aktivasi (<i>Activation Layer</i>)	II-4

2.2.3.3 Lapisan <i>Batch Normalization</i>	II-5
2.2.3.4 Lapisan Pooling (<i>Pooling Layer</i>)	II-5
2.2.3.5 Lapisan Terhubung Sepenuhnya (<i>Fully Connected Layer</i>)...	II-6
2.2.4 <i>Haar Cascade</i>	II-6
2.2.5 <i>Confusion Matrix</i>	II-7
2.3 Penelitian Lain yang Relevan.....	II-8
2.4 Kesimpulan.....	II-9
 BAB III PERANCANGAN SISTEM	III-1
3.1 Pendahuluan	III-1
3.2 Pengumpulan Data	III-1
3.3 Tahap Penelitian	III-2
3.3.1 Kerangka Kerja Penelitian	III-3
3.3.2 Menentukan Kriteria Penelitian	III-4
3.3.3 Menentukan Format Data Pengujian	III-5
3.3.4 Menentukan Alat Bantu Penelitian	III-7
3.3.5 Pengujian Penelitian	III-7
3.3.6 Analisis dan Kesimpulan	III-8
3.4 Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-9
3.5 Manajemen Proyek Penelitian.....	III-10
3.5 Kesimpulan.....	III-11
 BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	IV-1
4.1 Pendahuluan	IV-1
4.2 Agile	IV-1
4.2.1 <i>Timebox Planning</i>	IV-1
4.2.1.1 Ruang Lingkup Penelitian.....	IV-1
4.2.1.2 Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
4.2.1.3 Kebutuhan Non-Fungsional	IV-2
4.2.2 <i>Iterations</i>	IV-2
4.2.2.1 <i>Use Case Diagram</i>	IV-3
4.2.2.2 Definisi Tabel Aktor.....	IV-3

4.2.2.3 Definisi <i>Use Case Diagram</i>	IV-4
4.2.2.4 Skenario <i>Use Case Diagram</i>	IV-5
4.2.2.5 <i>Activity Diagram</i>	IV-9
4.2.2.6 <i>Sequence Diagram</i>	IV-11
4.2.2.7 <i>Class Diagram</i>	IV-12
4.2.3 <i>Demonstration</i>	IV-13
4.2.3.1 Desain Antarmuka Aplikasi Perangkat Lunak	IV-13
4.2.3.2 Visualisasi Deteksi Multi-Wajah	IV-15
4.2.4 <i>Retrospective Meeting</i>	IV-16
4.3 Kesimpulan	IV-17
 BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN	V-1
5.1 Pendahuluan	V-1
5.2 Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1 Data Hasil Sistem Deteksi Multi-Wajah	V-1
5.2.2 Data Hasil Sistem Deteksi Emosi	V-3
5.2.2.1 Hasil Skema Pengujian-V	V-7
5.3 Analisis Penelitian	V-10
5.4 Kesimpulan	V-11
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
6.1 Kesimpulan	VI-1
6.2 Saran	VI-1
 DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN	xix

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II-1 Arsitektur CNN (Gupta et al., 2022)	II-3
Gambar II-2 Contoh Haar-like features (Michos et al., 2020)	II-7
Gambar II-3 Bentuk Confusion Matrix 2×2 (Markoulidakis et al., 2021)	II-8
Gambar III-1 Rincian Tahapan Penelitian	III-2
Gambar III-2 Kerangka Sistem Aplikasi	III-3
Gambar III-3 Contoh <i>Intersection over Union</i> (IoU)	III-5
Gambar III-4 Contoh citra yang sudah di anatosi <i>Ground Truth</i>	III-6
Gambar III-5 Contoh citra yang sudah di anotasi per emosi	III-6
Gambar IV-1 <i>Use Case Diagram</i>	IV-3
Gambar IV-2 <i>Activity Diagram</i> Mengunggah Model	IV-9
Gambar IV-3 <i>Activity Diagram</i> Mendeteksi Wajah dari Webcam	IV-10
Gambar IV-4 <i>Activity Diagram</i> Menampilkan Emosi Terdeteksi	IV-10
Gambar IV-5 <i>Sequence Diagram</i> Mengunggah Model	IV-11
Gambar IV-6 <i>Sequence Diagram</i> Mendeteksi Wajah dari Webcam	IV-12
Gambar IV-7 <i>Sequence Diagram</i> Menampilkan Emosi Terdeteksi	IV-12
Gambar IV-8 <i>Class Diagram</i> sistem pendeteksian emosi multi-wajah	IV-13
Gambar IV-9 Tampilan halaman utama dan pengunggah model	IV-13
Gambar IV-10 Tampilan halaman ketika model berhasil dimuat	IV-14
Gambar IV-11 Tampilan halaman sebelum deteksi dengan webcam	IV-14
Gambar IV-12 Hasil Visualisasi Deteksi Multi-Wajah	IV-15
Gambar V-1 <i>Confusion matrix</i> deteksi multi-wajah	V-2

Gambar V-2 <i>Confusion Matrix</i> skema pengujian-V	V-9
---	-----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1 Tabel Fungsi Data	III-1
Tabel III-2 Tabel Manajemen Proyek Penelitian.....	III-10
Tabel IV-1 Tabel Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2 Tabel Kebutuhan Non-Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-3 Tabel Definisi Aktor	IV-3
Tabel IV-4 Tabel Definisi <i>Use Case Diagram</i>	IV-4
Tabel IV-5 Tabel Skenario <i>Use Case</i> Mengunggah Model	IV-5
Tabel IV-6 Tabel Skenario <i>Use Case</i> Mendeteksi Wajah dari Webcam	IV-6
Tabel IV-7 Tabel Skenario <i>Use Case</i> Menampilkan Emosi Terdeteksi	IV-8
Tabel IV-8 Tabel <i>Black box</i> perangkat lunak sistem	IV-16
Tabel V-1 Hasil Pengujian deteksi multi-wajah menggunakan Haar Cascade ..	V-3
Tabel V-2 Perbandingan Arsitektur CNN	V-4
Tabel V-3 Pengujian Arsitektur.....	V-5
Tabel V-4 Hasil Pengujian Arsitektur	V-6
Tabel V-5 Arsitektur Skema Pengujian-V	V-7
Tabel V-6 Hasil Evaluasi Skema Pengujian-V tiap kelas	V-9

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.1 Kode Program	xix
Lampiran.2 Cek Plagiat.....	xxix

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab ini menerangkan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

1.2 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi pengenalan wajah dan analisis emosi telah membuka peluang besar dalam berbagai bidang, seperti keamanan biometrik, interaksi manusia-komputer, dan psikologi klinis (Minaee et al., 2021). Dalam konteks ini, kemampuan sistem untuk mendeteksi dan mengenali ekspresi wajah secara real-time memiliki peranan penting. Sistem deteksi multi-wajah melakukan pemindaian seluruh area citra untuk menemukan satu atau lebih wajah dalam satu frame menggunakan Haar Cascade. Setiap wajah yang terdeteksi kemudian dipotong menjadi *region of interest* (ROI) berfungsi sebagai tahap awal untuk memastikan area wajah teridentifikasi dengan tepat, sebelum dilakukan analisis emosi. Namun, tantangan yang dihadapi meliputi variasi pencahayaan, sudut pandang wajah, ekspresi yang beragam, serta keberadaan banyak wajah dalam satu frame (Zhang et al., 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang efektif dan efisien agar sistem dapat bekerja dengan baik dalam kondisi nyata.

Pendeteksian wajah adalah proses teknologi yang menggunakan algoritma komputer untuk mengidentifikasi, melacak, dan menganalisis fitur wajah manusia dari gambar atau video. Teknik ini melibatkan ekstraksi fitur wajah, seperti bentuk

mata, hidung, mulut, dan struktur tulang wajah, untuk mengenali individu atau menganalisis atribut tertentu seperti usia, jenis kelamin, atau ekspresi emosi (Wang & Deng, 2021).

Haar Cascade adalah metode deteksi objek berbasis fitur digunakan untuk mendeteksi wajah dalam gambar atau video. Haar Cascade menggunakan fitur - fitur *Haar-like*, yang dirancang untuk mendeteksi pola tertentu yang umum dapat ditemukan pada wajah, seperti area mata yang lebih gelap dibandingkan dengan pipi. Metode ini bekerja dengan memindai gambar menggunakan jendela (*sliding window*) dan menerapkan filter *Haar* untuk menentukan apakah area mengandung wajah. Proses ini dilakukan secara bertahap, di mana setiap tahap terdiri dari *classifier* yang dilatih untuk mengidentifikasi fitur-fitur wajah (Zhang et al., 2023).

Convolutional Neural Network (CNN) memiliki beberapa keunggulan yang menjadikannya sangat efektif dalam analisis gambar wajah. Pertama, CNN mampu melakukan ekstraksi fitur-fitur hierarkis seperti tepi, tekstur, dan pola lokal dari gambar secara otomatis (LeCun et al., 2015). Kedua, CNN memiliki sifat invariansi terhadap translasi dan variasi posisi, sehingga mampu mengenali pola wajah meskipun terdapat perbedaan dalam posisi, rotasi, atau skala. Selain itu, CNN juga menunjukkan performa yang sangat tinggi pada dataset gambar. Berdasarkan studi, CNN mampu mengungguli metode tradisional seperti SVM atau Haar Cascade dalam tugas klasifikasi ekspresi wajah, dengan tingkat akurasi tinggi (Li & Deng, 2020).

Penelitian terdahulu yang dijadikan referensi adalah penelitian oleh Roslidar et al. (2022) yang berjudul Adaptasi Model CNN Terlatih pada Aplikasi Bergerak untuk Klasifikasi Citra Ternal Payudara. Studi ini membuktikan bahwa arsitektur

CNN dapat dioptimalkan untuk aplikasi berbasis mobile dengan akurasi tinggi, meskipun data input memiliki variasi termal yang signifikan (Roslidar et al., 2022).

Penelitian terdahulu yang dijadikan referensi selanjutnya adalah penelitian oleh Narin et al. (2021) tentang deteksi COVID-19 menggunakan citra X-ray melalui CNN menjadi referensi kritis karena menunjukkan kemampuan CNN dalam mengidentifikasi pola visual halus yang tidak mudah dikenali secara manual. Studi ini mencapai akurasi tinggi dengan memanfaatkan arsitektur deep learning untuk membedakan fitur patologis yang kompleks (Narin et al., 2021).

Penelitian terdahulu yang dijadikan referensi selanjutnya adalah penelitian oleh Syahputra & Wibowo (2020) tentang klasifikasi genus anggrek berbasis citra bunga menggunakan CNN. Studi ini mencapai akurasi tinggi dengan dataset terbatas (900 citra), menunjukkan bahwa CNN efektif untuk klasifikasi objek dengan variasi bentuk yang tinggi (Syahputra & Wibowo, 2020).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengembangkan aplikasi deteksi multi-wajah dengan metode Haar Cascade dan mengklasifikasikan emosinya dengan metode CNN?
2. Bagaimana akurasi aplikasi deteksi multi-wajah dengan metode Haar Cascade dan mengklasifikasikan emosinya dengan metode CNN?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan dan menerapkan deteksi multi-wajah dengan metode Haar Cascade dan mengklasifikasikan emosinya dengan metode CNN.
2. Mengevaluasi hasil *accuracy* aplikasi deteksi multi-wajah dengan metode Haar Cascade dan mengklasifikasikan emosinya dengan metode CNN.

1.5 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Model dapat diaplikasikan pada pengembangan sistem interaksi manusia-komputer yang membutuhkan kemampuan untuk mendeteksi emosi multi-wajah.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian terkait.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Deteksi multi-wajah dilakukan dengan mendeteksi setiap wajah dalam frame lalu akan dipisahkan (*cropping*) menjadi *region of interest* (ROI) hanya dilakukan pada tahap inferensi real-time.

2. Penelitian ini menggunakan dataset FER2013¹ sebagai sumber data utama untuk pelatihan model CNN. Dataset ini memiliki tujuh kelas emosi (marah, jijik, takut, senang, sedih, terkejut, dan netral).
3. Deteksi multi-wajah dilakukan menggunakan metode Haar Cascade dan menggunakan dataset FDDB² untuk evaluasi.
4. Citra wajah yang digunakan merupakan citra wajah dengan kondisi yang tidak terhalang oleh objek lain.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan pada penelitian ini.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi studi literatur terkait masalah dan metode yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Bab ini juga menguraikan penelitian-penelitian terdahulu yang terkait pada penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

¹ "FER2013 Dataset," Kaggle, diakses 24 Februari 2025, <https://www.kaggle.com/datasets/msambare/fer2013>.

² "FDDB Dataset," Kaggle, diakses 3 Maret 2025, <https://www.kaggle.com/datasets/ngoduy/dataset-for-face-detection/>.

Bab ini berisi pembahasan mengenai metodologi dan tahapan perancangan penelitian seperti pengumpulan data, metode pengembangan perangkat lunak, dan manajemen proyek penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas setiap tahapan pengembangan aplikasi pendeteksian emosi multi-wajah menggunakan metode CNN dan Haar Cascade.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini berisi hasil pengujian pada perangkat lunak yang telah dikembangkan dan bab ini juga akan memaparkan pembahasan mengenai analisis dari hasil pengujian yang dilakukan.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

1.8 Kesimpulan

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian yang akan dijadikan sebagai pokok pikiran untuk mengembangkan dan menguji sistem pendeteksian emosi multi-wajah menggunakan metode CNN dan Haar Cascade.

DAFTAR PUSTAKA

- He, X., Smith, J., & Lee, R. (2024). Evaluation metrics and statistical tests for machine learning. *Scientific Reports*, 14, 56706. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56706-x>
- Kollias, D., & Zafeiriou, S. (2020). Exploiting multi-CNN features in CNN-RNN based dimensional emotion recognition on the OMG in-the-wild dataset. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 12(3), 595–606. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2020.3014171>
- Zhang, Z., Sabuncu, M., & Lin, H. (2023). Deep learning for confusion matrix analysis: Trends and challenges. *Pattern Recognition*, *135*, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.109123>
- Syahputra, M. I., & Wibowo, A. T. (2020). Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek berdasarkan Citra Kuntum Bunga Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Li, S., & Deng, W. (2020). Deep facial expression recognition: A survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(3), 1195–1215. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2020.2981446>
- Farzaneh, A. H., & Qi, X. (2021). Facial expression recognition in the wild via deep attentive center loss. In *Proceedings of the IEEE/CVF winter conference on applications of computer vision* (pp. 2402-2411).
- Markoulidakis, I., Kopsiaftis, G., Rallis, I., & Georgoulas, I. (2021, June). Multi-class confusion matrix reduction method and its application on net promoter score classification problem. In *Proceedings of the 14th PErvasive Technologies Related to Assistive Environments Conference* (pp. 412–419). <https://doi.org/10.1145/3453892.3461323>
- Michos, E., Gkoumas, S., Siakampeti, I., & Fidas, C. (2020, November). On the extension of the Haar Cascade algorithm for face recognition: Case study and results. In *Proceedings of the 24th Pan-Hellenic Conference on Informatics* (pp. 53–56). <https://doi.org/10.1145/3437120.3437274>

- Mohammadpour, L., Ling, T. C., Liew, C. S., & Aryanfar, A. (2022). A survey of CNN-based network intrusion detection. *Applied Sciences*, 12(16), 8162. <https://doi.org/10.3390/app12168162>
- Narin, A., Kaya, C., & Pamuk, Z. (2021). Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks. *Pattern Analysis and Applications*, 24(3), 1207–1220. <https://doi.org/10.1007/s10044-021-00984-y>
- Roslidar, R., Syahputra, M. R., Muharar, R., & Arnia, F. (2022). Adaptasi model CNN terlatih pada aplikasi bergerak untuk klasifikasi citra termal payudara. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 18(3), 140–147. <https://doi.org/10.17529/jre.v18i3.8754>
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 45(4), 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002>