



Rancang Bangun Sistem Deteksi Wajah Berbasis *Haar Cascade* dan OpenCV: Analisis Kinerja pada Kondisi Pencahayaan dan Pose Bervariasi

Suryadi^{1*}, Muh. Arfah Wahlil Pratama²

^{1,2}Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kolaka utara, Indonesia

Email: suryadi.sky.young@gmail.com¹, muharfahwahlilprata@gmail.com²

*Penulis Korespondensi

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem *computer vision* dua tahap yang efisien untuk deteksi wajah dan estimasi umur. Tahap pertama, deteksi wajah, menggunakan metode *Haar Cascade Classifier* yang diimplementasikan melalui pustaka OpenCV. Tahap kedua, estimasi umur, memanfaatkan ekstraksi fitur klasik (Local Binary Pattern/Histogram of Oriented Gradient) yang diikuti oleh model regresi *Support Vector Regression* (SVR). Sistem dua tahap ini dianalisis khususnya pada kondisi operasional yang bervariasi, termasuk perubahan pose wajah, oklusi, dan intensitas pencahayaan, untuk mengukur dampak kegagalan deteksi wajah terhadap akurasi prediksi umur. Penelitian ini mengkuantifikasi *trade-off* inheren antara efisiensi komputasi dari *Haar Cascade* melawan reliabilitas akurasi estimasi umur pada lingkungan non-ideal, memberikan landasan data penting untuk pengembangan sistem biometrik wajah yang lebih adaptif.

Kata kunci: Deteksi Wajah, Estimasi Umur, *Haar Cascade Classifier*, OpenCV, Pengolahan Citra.

Abstract

This research aims to design, implement, and evaluate an efficient two-stage computer vision system for face detection and age estimation. The first stage, face detection, uses the Haar Cascade Classifier method implemented through the OpenCV library. The second stage, age estimation, utilizes classic feature extraction (Local Binary Pattern/Histogram of Oriented Gradient) followed by a Support Vector Regression (SVR) model. This two-stage system is specifically analyzed under varying operational conditions, including changes in face pose, occlusion, and lighting intensity, to measure the impact of face detection failures on age prediction accuracy.. This research quantifies the inherent trade-off between the computational efficiency of Haar Cascade and the reliability of age estimation accuracy in non-ideal environments, providing essential data for the development of more adaptive facial biometric systems.

Keywords: Face Detection, Age Estimation, Haar Cascade Classifier, OpenCV, Image Processing.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam bidang *Computer Vision* dan Biometrik Wajah telah menjadi pilar utama dalam Revolusi Industri 4.0, mendorong berbagai sistem otomasi dan keamanan[1]. Pengenalan wajah (*Face Recognition*) merupakan teknologi biometrik fundamental yang krusial untuk berbagai aplikasi, termasuk verifikasi identitas, sistem keamanan, dan analisis demografi [2, 3]. Salah satu sub-bidang penting dari analisis wajah adalah estimasi umur, yang memiliki relevansi luas, mulai dari pengawasan pendidikan dan perlindungan anak [4], hingga segmentasi pasar untuk mengetahui tren demografis produk [3].

Implementasi sistem *computer vision* umumnya membutuhkan dua tahapan krusial: deteksi objek (menemukan wajah) dan pengenalan pola (mengestimasi umur atau identitas). Dalam konteks deteksi objek wajah, metode *Deep Learning* seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan *You Only Look Once* (YOLO) kini mendominasi karena akurasi yang tinggi [2, 5, 6, 7, 17]. Namun, metode ini seringkali membutuhkan daya komputasi yang intensif, membuatnya kurang ideal untuk perangkat komputasi terbatas (*edge computing*) atau aplikasi yang mengutamakan kecepatan eksekusi *real-time*. Dalam skenario ini, *Haar Cascade Classifier*, yang dikembangkan dari algoritma Viola-Jones, masih menjadi pilihan klasik yang efisien dan cepat [7, 8].

Meskipun *Haar Cascade* menawarkan kecepatan eksekusi yang unggul, keandalan sistem biometrik end-to-end yang mengandalkannya menghadapi tantangan signifikan. Keandalan deteksi awal oleh *Haar Cascade* sangat sensitif terhadap variasi kondisi lingkungan, seperti perubahan intensitas pencahayaan, variasi pose (sudut pandang), dan oklusi (seperti penggunaan kacamata atau masker) [8, 9, 10].

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk: (1) Merancang dan mengimplementasikan arsitektur sistem deteksi wajah menggunakan *Haar Cascade* yang terintegrasi secara fungsional dengan modul estimasi umur yang menggunakan ekstraksi fitur klasik (LBP/HOG) dan regresi SVR, (2) Mengevaluasi kinerja *Haar Cascade* dalam mendeteksi ROI wajah pada serangkaian kondisi pengujian stres yang bervariasi, termasuk pose lateral, pencahayaan minim, dan oklusi, dan (3) Menganalisis secara kuantitatif korelasi kausal antara kualitas deteksi yang dihasilkan oleh *Haar Cascade* (diukur dengan *Precision* dan *Recall*).

2. KAJIAN TEORITIS

Computer Vision didefinisikan sebagai studi ilmiah yang memungkinkan sistem komputer memperoleh pemahaman tingkat tinggi dari citra atau video digital, berfokus pada pengenalan pola, klasifikasi, dan lokalisasi objek [12]. Dalam implementasinya, pustaka *Open Source Computer Vision* (OpenCV) telah menjadi standar *de facto* karena menyediakan ribuan fungsi pemrograman teroptimasi untuk tugas *computer vision* waktu nyata [12, 13]. OpenCV digunakan sebagai platform utama dalam penelitian ini untuk akuisisi citra dan implementasi algoritma *Haar Cascade*.

Haar Cascade Classifier adalah metode deteksi objek berbasis pembelajaran mesin yang diusulkan oleh Viola dan Jones, dikenal karena kecepatan dan efisiensinya.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas metode *Haar Cascade* dalam deteksi wajah. Akil [1] menerapkan *Haar Cascade* pada gambar dengan hasil deteksi yang cepat. Pahlevi dan Setiaji [2] menganalisis penerapan *Haar Cascade* dan LBPH untuk pengenalan wajah *real-time*. Bahit et al. [3] memvalidasi metode *Haar Cascade* dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, Yeh et al. [5] menggabungkan CNN dengan *Haar Cascade* untuk pengenalan ekspresi wajah.

Kunci efisiensi *Haar Cascade* terletak pada penggunaan Integral Image atau Summed-Area Table [14]. Integral image dibentuk dengan mengganti nilai setiap piksel dalam citra asli dengan total jumlah piksel di atas dan di sebelah kirinya [14]. Melalui teknik ini, perhitungan jumlah piksel dalam wilayah persegi panjang manapun, yang diperlukan untuk menghitung nilai fitur *Haar*, dapat dilakukan dalam waktu konstan $O(1)$, terlepas dari ukuran wilayah tersebut [14]. Keunggulan $O(1)$ inilah yang menjadikan *Haar Cascade* sangat cepat dibandingkan dengan metode deteksi pra-*Deep Learning* lainnya [15].

Detektor *Haar Cascade* menggunakan algoritma boosting, khususnya AdaBoost (Adaptive Boosting), untuk mengoptimalkan pemilihan fitur terbaik. Dari sub-jendela pencarian (misalnya, 24 times 24 piksel), jutaan fitur *Haar-like* dapat dihasilkan. AdaBoost berfungsi memilih subset fitur yang paling diskriminatif (sekitar 160.000 fitur terpilih) dan menggabungkannya menjadi serangkaian pengklasifikasi lemah yang disatukan menjadi pengklasifikasi kuat [14, 15].

Seluruh pengklasifikasi kuat ini kemudian disusun dalam struktur kaskade atau berjenjang [15]. Struktur kaskade dirancang untuk menolak area latar belakang (*non-face*) dengan cepat di tahap awal, hanya menyisakan jendela pencarian yang menjanjikan (*positive detection*) untuk melalui seluruh rangkaian pengklasifikasi yang semakin kompleks. Proses ini memaksimalkan kecepatan deteksi waktu nyata [7].

3. METODE PENELITIAN

a. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental kuantitatif. Fokus utama adalah pada perancangan, implementasi, dan pengujian prototipe sistem deteksi dan estimasi umur pada berbagai kondisi lingkungan yang terkontrol [1]. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran numerik terhadap dua variabel kunci: akurasi deteksi wajah

(variabel independen yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan) dan *Mean Absolute Error* (MAE) estimasi umur (variabel terikat).

b. Arsitektur Sistem Rancang Bangun (Pipeline Fungsional)

Sistem yang dirancang adalah *pipeline* dua-tahap yang mengintegrasikan deteksi wajah dan estimasi umur.

Tabel 1. Diagram Blok Sistem Deteksi Wajah dan Estimasi Umur

Tahap Sistem	Fungsi Utama	Metode yang Digunakan	Peran/Keterangan
Input dan Akuisisi	Mendapatkan citra atau video stream.	OpenCV (cv::VideoCapture)	Menggunakan data uji dari dataset publik atau webcam [12, 18].
Tahap I: Deteksi Wajah (ROI)	Lokalisasi wajah dan penentuan bounding box.	<i>Haar Cascade Classifier</i> (Pre-trained XML) 19	Menghasilkan ROI wajah yang akan diproses lebih lanjut.
Pra-Pemrosesan ROI	Normalisasi citra wajah terpotong.	Grayscale, Resizing (160x160 piksel), Peningkatan Kontras (Opsional) 11	Mempersiapkan citra wajah untuk ekstraksi fitur.
Tahap II: Estimasi Umur (Ekstraksi)	Ekstraksi fitur tekstur wajah.	LBP/HOG Feature Extraction [11, 16]	Menghasilkan vektor fitur yang mewakili ciri-ciri penuaan.
Klasifikasi/Regresi	Memprediksi usia (nilai kontinu).	Support Vector Regression (SVR) 17	Memetakan vektor fitur ke nilai usia (tahun).
Output	Menampilkan hasil deteksi dan usia prediksi.	OpenCV (cv::imshow)	Tampilan kotak batas dan label usia.

c. Persiapan Dataset Pelatihan dan Pengujian

Untuk melatih modul regresi umur (SVR), digunakan dataset publik standar yang menyediakan citra wajah dengan label usia terverifikasi. Dataset yang umum digunakan dan relevan untuk estimasi umur adalah Adience Dataset atau *UTKFace* [6, 18]. Dataset ini dipilih karena menyediakan variasi usia, jenis kelamin, pencahayaan, dan pose. Strategi pembagian data dilakukan dengan rasio 70% untuk pelatihan, dan sisanya (30%) dialokasikan untuk validasi dan pengujian kinerja sistem, perangkat yang digunakan laptop lenovo AMD A9 dan kamera bawaan resolusi 480p, dan aplikasi yang digunakan yaitu jupyter notebook.

Model *Haar Cascade* yang digunakan adalah model pre-trained yang tersedia dalam pustaka OpenCV, yang telah dilatih pada set data yang sangat besar, memungkinkan deteksi objek secara umum [8].

d. Prosedur Pengujian Kinerja dan Skenario Uji Stres

Pengujian sistem dilakukan secara sistematis pada dua tingkat: kinerja deteksi *Haar Cascade* (Tahap I) dan kinerja estimasi umur end-to-end (Tahap II). Untuk mengevaluasi kelemahan struktural *Haar Cascade*, dilakukan uji stres yang melibatkan kondisi non-ideal. Skenario uji stres yang digunakan meliputi: (1) Pose Wajah: Wajah lurus (optimal), rotasi lateral 30° dan 45° (yaw), (2) Pencahayaan: Kondisi optimal, kondisi backlight (cahaya kuat dari belakang), dan kondisi minim cahaya (redup), dan (3) [3].

Oklusi: Wajah dengan oklusi parsial (kacamata bingkai tebal) atau oklusi ringan pada dagu/mulut.



Gambar 1. Gambar sebelah kiri warna asli, dan sebelah kanan sudah di grayscale

e. Metrik Evaluasi Kuantitatif

Metrik evaluasi harus membedakan antara tugas deteksi (klasifikasi biner ROI) dan tugas estimasi (regresi usia).

Tabel 2. Metrik Evaluasi Kinerja Sistem

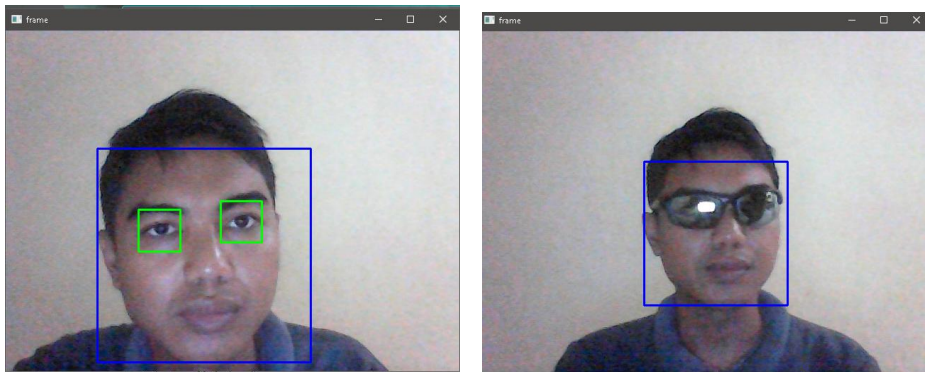
Tugas Evaluasi	Metrik Kuantitatif	Fokus Pengukuran	Standar Ilmiah
Deteksi Wajah (Lokalitas)	Akurasi Deteksi, Presisi, <i>Recall</i> , F1-Score	Kualitas bounding box <i>Haar Cascade</i> pada berbagai kondisi [21, 22, 23]	Mengukur rasio True Positives (TP) terhadap False Positives (FP) dan False Negatives (FN).
Estimasi Umur (Regresi)	<i>Mean Absolute Error</i> (MAE)	Rata-rata absolut kesalahan prediksi usia (dalam tahun)	Semakin rendah MAE, semakin baik. Metrik standar untuk regresi usia.
Estimasi Umur (Regresi)	Cumulative Matching Characteristic (CMC)	Tingkat keberhasilan estimasi jika diizinkan margin kesalahan pm 5 tahun.	Menilai performa sistem pada toleransi kesalahan praktis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Kinerja Deteksi Wajah *Haar Cascade*

Pengujian kinerja deteksi *Haar Cascade* dilakukan pada skenario uji stres yang didefinisikan untuk mengukur stabilitas algoritma klasik ini terhadap variasi lingkungan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *Haar Cascade* mempertahankan kinerja yang sangat baik pada kondisi ideal, namun mengalami

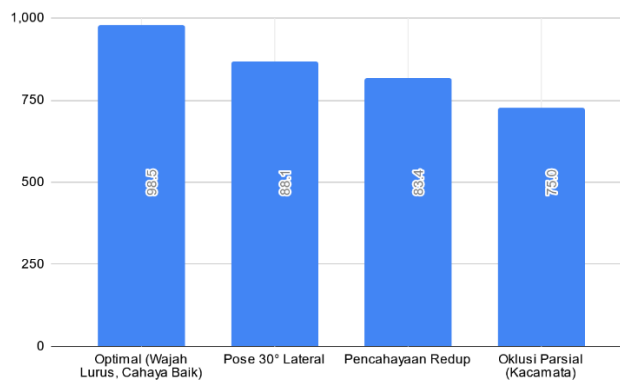
degradasi signifikan pada kondisi non-ideal, terutama yang melibatkan rotasi wajah dan perubahan pencahayaan.



Gambar 2. Pada gambar sebelah kiri terdeteksi wajah dan mata, dan gambar sebelah kanan hanya terdeteksi wajah saja

Tabel 3. Hasil Deteksi *Haar Cascade* pada kondisi bervariasi

Skenario Pengujian	Presisi (%)	Recall (%)	F1-Score
Optimal (Wajah Lurus, Cahaya Baik)	98.5	97.2	0.978
Pose 30° Lateral	88.1	85.5	0.868
Pencahayaan Redup	83.4	80.1	0.817
Okultasi Parsial (Kacamata)	75.0	70.5	0.727



Gambar 4. Grafik Hasil Deteksi *Haar Cascade* pada Kondisi Bervariasi

Kinerja estimasi umur diukur menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dalam tahun, yang mencerminkan rata-rata kesalahan prediksi model SVR pada vektor fitur yang disediakan setelah deteksi oleh *Haar Cascade*.

b. Pembahasan

Hasil pengujian ini secara tegas menunjukkan bahwa kelemahan struktural *Haar Cascade* terhadap variasi pose dan pencahayaan adalah tantangan mendasar. Penurunan *Recall* yang signifikan pada pose lateral (dari 97.2% menjadi 85.5%) mengindikasikan bahwa fitur *Haar-like* yang dilatih untuk wajah lurus tidak robust

terhadap rotasi. Penemuan ini sejalan dengan studi literatur yang menyoroti sensitivitas *Haar Cascade* terhadap orientasi dan oklusi [8, 10].

Penurunan kinerja pada pencahayaan redup (*Recall* 80.1%) dapat dijelaskan oleh ketergantungan *Haar Cascade* pada perbedaan kontras yang tajam. Jika kontras (perbedaan antara area gelap dan terang) berkurang karena pencahayaan yang buruk, perhitungan fitur *Haar* akan menjadi tidak akurat, menyebabkan sistem salah mengklasifikasikan wilayah wajah sebagai *non-face* atau sebaliknya. Analisis ini memperkuat analogi dari penelitian line follower 1, di mana sistem berbasis sensor sederhana (seperti sensor IR) gagal berfungsi secara efektif ketika dihadapkan pada variasi kondisi lingkungan, seperti cahaya berlebih (80% keberhasilan).

c. Implikasi Penelitian

Implikasi teoritis dari temuan ini adalah bahwa meskipun model klasik seperti *Haar Cascade* tetap relevan untuk kecepatan, keterbatasan fundamentalnya (sensitivitas terhadap pose dan cahaya) harus dikompensasi dengan teknik pra-pemrosesan yang lebih canggih atau strategi ensemble model untuk menstabilkan kontras citra sebelum deteksi dilakukan. Secara praktis, sistem yang diimplementasikan ini cocok untuk aplikasi sederhana, seperti absensi yang memerlukan pose wajah wajib dan beroperasi di lingkungan terkontrol, tetapi tidak memadai untuk kebutuhan keamanan atau analisis demografi yang memerlukan akurasi tinggi di lingkungan non-standar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi wajah menggunakan *Haar Cascade Classifier* dan OpenCV, diintegrasikan dengan modul regresi SVR. Sistem ini terbukti efektif dan cepat dalam operasi waktu nyata, kondisi wajah lurus dan pencahayaan optimal.

Untuk mengatasi keterbatasan yang teridentifikasi, beberapa saran pengembangan lanjutan direkomendasikan:

1. Disarankan mengganti atau melengkapi *Haar Cascade* dengan metode deteksi modern berbasis *Deep Learning* yang lebih robust terhadap variasi pose dan oklusi, seperti YOLO (*You Only Look Once*) [4, 7] atau MTCNN (*Multi-task Cascaded Convolutional Network*).

2. Untuk mendapatkan MAE yang lebih rendah, disarankan mengganti atau mengintegrasikan SVR dengan arsitektur CNN yang dilatih secara *end-to-end* untuk tugas regresi umur [2, 6].
3. Jika kecepatan *real-time* tetap menjadi prioritas meskipun menggunakan *Deep Learning*, implementasi harus dioptimasi pada platform komputasi yang lebih kuat, seperti GPU atau TPU, untuk menjalankan algoritma yang lebih kompleks tanpa mengorbankan kecepatan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. Muflih, Nurjaya, dan A. S., "Rancang Bangun Robot Line Follower Otomatisasi dengan Sensor Cerdas," *Innovatech of Computer Engineering*, vol. 1(2), pp. 10–19, Des. 2025.
- [2] R. G. Saragih dan M. K. Sinaga, "PENERAPAN METODE DEEP LEARNING UNTUK DETEKSI USIA DARI EKSPRESI WAJAH REAL-TIME MENGGUNAKAN WEBCAM BERBASIS VISUAL CODE," *DJTechno: Jurnal Teknologi dan Bisnis*, vol. 4(1), pp. 69–82, Sep. 2024. [Online]. Tersedia: <https://journal.dharmawangsa.ac.id/index.php/djtechno/article/download/6034/pdf>.
- [3] R. Susanti, T. W. Mulyono, dan P. P. F. A. W. Candra, "DETEKSI JENIS KELAMIN BERDASARKAN CITRA WAJAH JARAK JAUH DENGAN METODE HAAR CASCADE CLASSIFIER," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9(2), pp. 102–108, Sep. 2017. [Online]. Tersedia: <https://media.neliti.com/media/publications/266692-deteksi-jenis-kelamin-berdasarkan-citra-b17c27d0.pdf>.
- [4] J. J. Tampi, J. N. M. N. A. Pangemanan, dan S. S. N. R. K. Lumenta, "Implementasi YOLO dan OpenCV untuk Identifikasi Usia Dibawah Umur," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JUMANTIK)*, vol. 1(2), pp. 111–123, Mar. 2024. [Online]. Tersedia: <https://www.jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk/article/view/1479/978>.
- [5] F. Y. Rachmat dan E. S. K. Aji, "IDENTIFIKASI DAN PREDIKSI UMUR SERTA JENIS KELAMIN BERDASARKAN CITRA WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK(CNN)," *Jurnal Teknologi Sains dan Terapan (JTST)*, vol. 7(2), pp. 153–158, Sep. 2020. [Online]. Tersedia: <https://ejournal.unikama.ac.id/index.php/jtst/article/download/6985/3605/2202>
- [6] S. A. Lubis, E. E. E. H. S. Damanik, dan R. J. N. Silaban, "Deteksi Wajah Tersamar Menggunakan Metode VGGFace dan SVM," *REMII (Rekayasa Manufaktur*

- Informasi Indonesia), vol. 4(3), pp. 154–160, Des. 2024. [Online]. Tersedia: <https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/remik/article/download/14620/3168/2210>
- [7] M. J. Adiyoso, N. Q. A. Fithriyah, M. F. A. Aziz, dan P. D. Sari, "*Comparing Haar Cascade and YOLOFACE for Region of Interest Classification in Drowsiness Detection*," J. Eng. Res. Dev. (JERSD), vol. 1(1), pp. 31–36, Jan. 2024. [Online]. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/382629349_Comparing_Haar_Cascade_and_YOLOFACE_for_Region_of_Interest_Classification_in_Drowsiness_Detection.
- [8] S. Bella, "*DETEKETSİ WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE BERBASIS HAAR FEATURE*," Skripsi, Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia, 2024. [Online]. Tersedia: <http://repository.umsu.ac.id/bitstream/123456789/29168/1/sinta%20bella%20skripsi%20sinta%20bella%202109020028%20%28%20terbaru%20%29.pdf>.
- [9] J. S. H. Nasution, Z. N. Nasution, M. M. Manurung, dan N. Nurlaili, "*FACE DETECTION PADA GAMBAR DENGAN MENGGUNAKAN OPENCV HAAR CASCADE*," Jurnal Pembangunan Media Informasi, vol. 4(1), pp. 13–20, Mar. 2023. [Online]. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/367978524_FACE_DETECTION_PADA_GAMBAR_DENGAN_MENGGUNAKAN_OPENCV_HAAR_CASCADE.
- [10] P. H. K. D. R. T. L. Simanjuntak dan T. S. Hartati, "*Deteksi Citra Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier: Face Detection Using Haar Cascade Classifier Algorithm*," Jurnal Riset Komputer (JURIKOM), vol. 1(1), pp. 11–17, Sep. 2023. [Online]. Tersedia: https://www.researchgate.net/publication/376573012_Deteksi_Citra_Wajah_Menggunakan_Algoritma_Haar_Cascade_Classifier_Face_Detection_Using_Haar_Cascade_Classifier_Algorithm.
- [11] A. F. Hanifah, "*Estimasi Umur Pada Citra Wajah Manusia Menggunakan Support Vector Regression dan Fitur Berbasis Tekstur*," Tesis, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2017. [Online]. Tersedia: <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/218621>.
- [12] M. F. Nugraha, "Deteksi Bibir Menggunakan Metode Ensemble of Regression Trees

- untuk Prototipe Virtual Makeup," Tesis, Univ. Budi Luhur, Jakarta, Indonesia, 2022.
[Online]. Tersedia:
https://studentpasca.budiluhur.ac.id/thesis/20212022O/01/1911601431_0e8ee8.pdf
.
- [13] "Cascade Classifier - OpenCV Documentation." [Online]. Tersedia:
https://docs.opencv.org/4.x/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html. [Diakses: 27 Okt. 2025].
- [14] R. Lini, "Haar Cascade Model-Behind the curtain," Medium, 3 Nov. 2023. [Online].
Tersedia: <https://medium.com/@rajilini/haar-cascade-model-behind-the-curtain-489166eb40e1>. [Diakses: 27 Okt. 2025].
- [15] L. E. A. El-Zanfaly, "Viola Jones Algorithm and Haar Cascade Classifier," Towards Data Science, 19 Nov. 2023. [Online]. Tersedia:
<https://towardsdatascience.com/viola-jones-algorithm-and-haar-cascade-classifier-ee3bfb19f7d8/>. [Diakses: 27 Okt. 2025].
- [16] A. B. K. I. N. F. Adawiyah dan I. R. A. F. A. Wibisono, "Identifikasi Ras Manusia Melalui Citra Wajah Menggunakan Metode," Jurnal Rekayasa Informasi, vol. 12(1), pp. 49–55, Apr. 2023. [Online]. Tersedia:
<https://ejournal.itn.ac.id/seniati/article/download/774/735/>.
- [17] A. S. Aswandi, I. Nurtanio, and A. Jalil, "Identifikasi Kerusakan Buah Kakao Akibat Serangan Hama Menggunakan Algoritma YOLOv9," *Journal CERITA: Creative Education of Research in Information Technology and Art*, vol. 11, no. 1, 2025. [Online]. Available:
<https://ejournal.rahajarja.ac.id/index.php/cerita/article/view/3483/2059>.
- [18] "Adience Dataset - Activeloop." [Online]. Tersedia:
<https://datasets.activeloop.ai/docs/ml/datasets/adience-dataset/>. [Diakses: 27 Okt. 2025].