

Deteksi Penggunaan Helm pada Akses Masuk ATM Berbasis Raspberry Pi

Zulfazli^{1*}, Calvin Chandra Winata², Haryansyah³, Okky Herodion Simung⁴

^{1*2,3,4}Program Studi Teknik Informatika, STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, Tarakan, Kalimantan Utara
Email: ^{1*}2251051@student.ppkia.ac.id, ²2251025@student.ppkia.ac.id, ³haryansyah@ppkia.ac.id, ⁴okky@ppkia.ac.id

Abstrak

Keamanan ruang ATM menjadi perhatian yang cukup serius, khususnya terkait potensi penyamaran identitas menggunakan helm yang dapat menghalangi kamera pengawas dalam mengenali wajah pengguna. Sistem peringatan konvensional berupa tulisan yang ditempelkan pada dinding ruang ATM terbukti belum efektif untuk memberikan kesadaran kepada pengguna untuk melepaskan helm sebelum memasuki ruang ATM. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan ruang ATM berbasis computer vision menggunakan metode Haar Cascade Classifier yang dijalankan pada Raspberry Pi 3 Model B. Kamera yang terpasang di pintu masuk menangkap citra pengguna secara real-time, kemudian setiap frame diproses untuk mendeteksi keberadaan helm. Agar keputusan sistem lebih stabil dan tidak mudah salah deteksi, diterapkan mekanisme frame counter yang mengakumulasi hasil deteksi dari beberapa frame sebelum mengambil keputusan akhir. Apabila helm terdeteksi, sistem memberikan peringatan suara melalui speaker dan pintu tetap terkunci melalui solenoid doorlock. Sebaliknya, jika pengguna tidak mengenakan helm, sistem membunyikan notifikasi izin masuk dan membuka pintu secara otomatis selama 9 detik sebelum kembali terkunci. Pengujian dilakukan pada delapan skenario berbeda dan menghasilkan tingkat akurasi sebesar 87.5%, sehingga sistem ini dinilai layak diterapkan sebagai solusi keamanan ruang ATM yang otomatis, responsif, dan terintegrasi.

Kata Kunci: Deteksi Helm, Deteksi Wajah, Haar Cascade, Keamanan ATM, Raspberry Pi.

Raspberry Pi-Based Helmet Detection at ATM Entrances

Abstract

ATM booth security is a serious concern, particularly regarding the potential for identity concealment using helmets, which can prevent surveillance cameras from recognizing users' faces. Conventional warning systems—such as signs posted on ATM booth walls—have proven ineffective at raising users' awareness of the need to remove their helmets before entering the booth. This study designs and implements a computer vision-based ATM booth security system using the Haar Cascade Classifier method, which runs on a Raspberry Pi 3 Model B. A camera mounted at the entrance captures real-time images of users, and each frame is processed to detect the presence of a helmet. To ensure the system's decisions are more stable and less prone to false positives, a frame-counter mechanism accumulates detection results across several frames before making a final decision. If a helmet is detected, the system issues an audio warning through a speaker, and the door remains locked by a solenoid-operated door lock. Conversely, if the user is not wearing a helmet, the system sounds a notification granting entry and automatically unlocks the door for 9 seconds before locking it again. Testing was conducted across eight scenarios and achieved an accuracy of 87.5%, making this system suitable for implementation as an automated, responsive, and integrated security solution for ATM rooms.

Keywords: ATM Security, Face Detection, Haar Cascade, Helmet Detection, Raspberry Pi.

I. PENDAHULUAN

Mesin ATM sudah menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari masyarakat modern. Lewat perangkat ini, nasabah bisa melakukan berbagai transaksi perbankan, seperti tarik tunai, transfer dana, pembayaran tagihan, hingga cek saldo, tanpa perlu antri di bank. Kemudahan ini membawa dampak positif

yang cukup besar, namun di sisi lain juga memunculkan tantangan tersendiri di bidang keamanan, khususnya soal identifikasi pengunjung yang masih mengenakan helm ketika memasuki ruang ATM.

Hampir di setiap ruang ATM sudah terpasang imbauan untuk melepas helm sebelum masuk, namun pada praktiknya masih banyak pengguna yang mengabaikan. Kondisi ini cukup

mengkhawatirkan karena helm bisa menghalangi kamera pengawas dalam mengenali identitas seseorang apabila terjadi tindakan kriminal. Sistem peringatan konvensional yang hanya mengandalkan tulisan terbukti belum efektif, dan tanpa pengawasan otomatis tidak tersedia mekanisme yang mampu merespon pelanggaran tersebut secara langsung [1].

Perkembangan teknologi Computer Vision membuka peluang untuk mengatasi permasalahan itu secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan sistem komputer mengenali dan menganalisis informasi visual dari citra atau video tanpa keterlibatan manusia secara langsung, dan sudah banyak diterapkan pada berbagai sistem keamanan akses berbasis kamera, termasuk dalam kontrol pintu otomatis yang memanfaatkan deteksi objek secara real-time [2]. Salah satu metode yang populer digunakan adalah Haar Cascade Classifier, sebuah pendekatan berbasis machine learning yang dikenal karena kecepatan dan efisiensi proses deteksinya sehingga dapat berjalan baik bahkan pada perangkat komputasi ringan [3].

Penelitian-penelitian sebelumnya memperlihatkan potensi yang menjanjikan dari pendekatan ini. Pradana dkk. [1] telah mengembangkan sistem yang mendeteksi apakah seseorang mengenakan masker, menggunakan Haar Cascade dengan alarm otomatis, sebuah konsep yang berdekatan dengan kebutuhan penelitian ini. Nugroho & Sela [3] menjelaskan cara kerja algoritma Haar Cascade Classifier untuk deteksi objek secara real-time menggunakan OpenCV, dan menunjukkan performa yang cukup baik dalam berbagai kondisi pengambilan citra. Sementara itu Ramadini & Haryatmi [4] membuktikan bahwa metode ini bisa diandalkan untuk sistem pengenalan berbasis kamera secara langsung. Pada implementasi perangkat keras, Handayani dkk. [2] memperlihatkan bahwa integrasi kamera, kunci solenoid, dan pemrosesan citra bisa dijadikan satu sistem keamanan pintu yang mampu bekerja otomatis dengan akurasi yang cukup baik untuk lingkungan nyata.

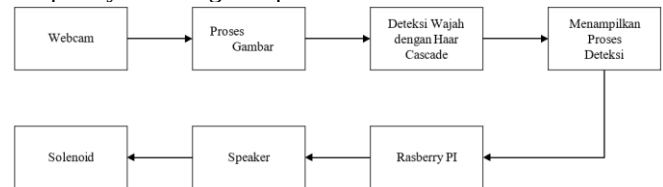
Berdasarkan beberapa hasil pada penelitian terdahulu, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem keamanan ruang ATM berbasis deteksi helm menggunakan metode Haar Cascade Classifier yang diproses menggunakan Raspberry Pi. Sistem dilengkapi peringatan suara otomatis serta mekanisme kontrol kunci pintu menggunakan relay dan solenoid doorlock, sehingga akses masuk hanya bisa dilakukan setelah helm dilepas. Dengan begitu, kepatuhan pengguna bisa lebih terjamin tanpa harus bergantung pada kehadiran petugas di ruangan ATM [5].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Arsitektur Perangkat Keras

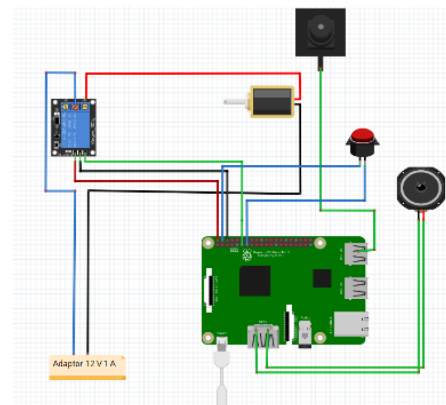
Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menggabungkan dua komponen utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Pusat dari pemrosesan keseluruhan sistem yang digunakan adalah Raspberry Pi 3 Model B untuk menjalankan proses pengolahan citra, logika deteksi, dan kontrol penguncian pintu. Komputer mini ini dipilih karena ukurannya yang ringkas, konsumsi daya yang rendah, dan kemampuannya menjalankan Python serta pustaka OpenCV, kombinasi yang sudah terbukti memadai untuk aplikasi computer vision berbasis perangkat tertanam [6].

Webcam dengan resolusi minimal 720p dihubungkan melalui port USB untuk deteksi citra. Kendali pintu menggunakan relay yang terhubung ke raspberry pi sebagai saklar otomatis, dan solenoid doorlock sebagai pengunci pintu ATM. Selain itu, tersedia pula push button untuk keperluan pembukaan pintu secara manual, serta speaker yang terhubung ke port audio untuk notifikasi suara. Gambaran alur kerja sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan detail koneksi masing-masing komponen ke Raspberry Pi dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 1. Blok Diagram Kerja Sistem

Gambar 2 merupakan skema elektronika dari perangkat yang dibangun.



Gambar 2. Skema Elektronika

Berdasarkan Gambar 2, penjelasan mengenai fungsi dan pemasangan pin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Perangkat pada Raspberry Pi

Perangkat	Pin	Fungsi
Webcam	Port USB	Pengambilan citra secara <i>real-time</i>
Relay	GPIO 17	Kendali solenoid
Push button	GPIO 27	Pembuka pintu manual
Speaker	Port audio	Notifikasi suara
Solenoid	Terpasang di relay	Pengunci pintu ATM

B. Dataset

Dataset yang dipakai terdiri dari dua, yang pertama adalah positive samples, yaitu citra orang yang sedang memakai helm. Kedua adalah negative samples, berupa citra tanpa menggunakan helm. Total keseluruhan data adalah 1.900 citra, 900 positif dan 1.000 negatif, yang dikumpulkan dari

pengambilan langsung menggunakan kamera maupun dari sumber dataset pendukung. Gambar 3 merupakan sampel data positif dan negatif



Gambar 3. Sampel Data Positif dan Negatif

Proses anotasi dilakukan menggunakan aplikasi LabelImg untuk menandai bounding box pada setiap citra positif. Hasil anotasi yang awalnya berbentuk XML kemudian dikonversi ke format TXT berisi informasi koordinat pusat objek (x_center , y_center), lebar, dan tinggi bounding box dalam bentuk ternormalisasi. File TXT inilah yang kemudian dipakai untuk membentuk file vector (.vec) sebagai input pada proses training [7].

C. Prapemrosesan Citra

Setiap frame yang didapatkan dari webcam, melewati tahapan preprocessing sebelum ke proses deteksi. Tahap pertama adalah konversi citra RGB ke grayscale, menggunakan persamaan berikut[8]:

$$\text{Grayscale} = (R \times 0.299) + (G \times 0.587) + (B \times 0.114)$$

Proses ini dilakukan karena Haar Cascade lebih efektif bekerja pada citra grayscale, dan sekaligus mengurangi beban komputasi, hal ini sangat penting mengingat keterbatasan sumber daya Raspberry Pi. Sebagai ilustrasi, citra dengan nilai $R=100$, $G=100$, $B=100$ akan menghasilkan nilai grayscale ≈ 99.99 .



Gambar 4. Contoh Conversi Citra RGB menjadi Grayscale

Setelah konversi, kemudian dilakukan penyeragaman ukuran citra dan normalisasi pencahayaan untuk meminimalkan pengaruh kondisi cahaya yang tidak merata di area ATM. Tahap terakhir adalah pengurangan noise yang bertujuan meningkatkan kejelasan fitur objek sebelum proses deteksi dijalankan.

D. Proses Training Haar Cascade

Training dilaksanakan dengan menjalankan perintah `opencv_traincascade` menggunakan parameter: 900 citra positif, 1.000 citra negatif, 20 stage, dan ukuran window 40×40 piksel. Algoritma yang mendasari proses ini adalah metode

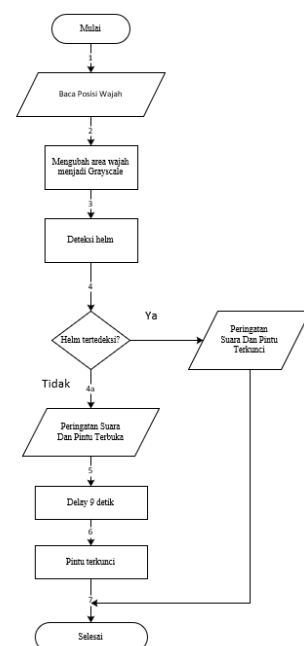
Viola-Jones, yang bekerja melalui empat tahapan utama [3], yaitu:

1. Haar-like Feature, adalah tahap ekstraksi fitur yang bekerja dengan menghitung selisih intensitas antara area gelap dan terang pada citra. Fitur inilah yang digunakan untuk membedakan area yang terdapat helm dan yang tidak.
2. Integral Image, digunakan untuk mempercepat perhitungan fitur Haar. Dengan metode ini, nilai piksel pada suatu area persegi panjang bisa dihitung hanya menggunakan empat titik referensi, tanpa harus menjumlahkan setiap piksel satu per satu.
3. AdaBoost bertugas memilih fitur-fitur terbaik dari sekian banyak fitur yang tersedia, lalu menggabungkan sejumlah weak classifier menjadi satu strong classifier. Bobot awal setiap data training ditetapkan sebesar $D_1(i) = 1/N$, sehingga untuk total $N = 1.900$ data diperoleh bobot awal sebesar 0,000526.
4. Cascade Classifier, menyusun classifier-classifier tersebut secara bertingkat. Sub-citra yang sudah terbukti tidak relevan akan langsung ditolak di tahap awal tanpa diproses lebih lanjut, sehingga keseluruhan proses deteksi menjadi jauh lebih efisien.

Hasil akhir dari proses training ini adalah sebuah file XML yang berisi model classifier dan siap digunakan pada tahap deteksi helm secara real-time.

E. Alur Program Sistem Deteksi Helm

Alur program sistem saat beroperasi bisa dilihat pada Gambar 5, dan secara garis besar berjalan seperti berikut. Setelah inisialisasi perangkat dan pemuatan file XML, kamera mulai membaca frame secara real-time dalam perulangan. Tiap frame dikonversi ke grayscale, lalu sistem mendeteksi wajah pengguna menggunakan Haar Cascade. Di dalam area wajah yang terdeteksi itu, sistem kemudian menjalankan deteksi helm secara terpisah.



Gambar 5. Alur Program Sistem Deteksi Helm

Jika helm terdeteksi, speaker langsung aktif memberikan peringatan suara dan solenoid tetap terkunci, artinya pengguna tidak bisa masuk. Sebaliknya, kalau tidak ada helm yang terdeteksi, sistem memberikan notifikasi izin masuk, solenoid membuka pintu selama 9 detik, lalu secara otomatis mengunci kembali.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Sistem yang dibangun dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara bersamaan. Pada perangkat keras, komponen utama yang digunakan adalah Raspberry Pi 3 Model B sebagai pengendali, webcam untuk menangkap gambar, relay dan solenoid doorlock untuk mengontrol pintu, serta speaker untuk notifikasi suara. Sementara pada perangkat lunak, sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka OpenCV yang dijalankan langsung di atas Raspberry Pi.

Proses pengembangan dan pelatihan model dilakukan terlebih dahulu di laptop dengan spesifikasi Intel Core i5-10300H, RAM 8 GB, dan graphics card 4 GB menggunakan sistem operasi Windows 11. Perangkat lunak pendukung yang digunakan antara lain Visual Studio Code sebagai editor dan Python sebagai bahasa pemrograman utama. Setelah model classifier berhasil dilatih dan menghasilkan file XML, barulah model tersebut dipindahkan ke Raspberry Pi untuk dijalankan secara real-time.

B. Implementasi Program

Program utama sistem deteksi helm ini terdiri dari beberapa bagian yang saling terhubung. Bagian pertama adalah penggunaan dua model classifier sekaligus, satu untuk mendeteksi wajah, dan satu lagi untuk mendeteksi helm menggunakan file xml hasil training [3]. Deteksi wajah dilakukan lebih dulu, baru kemudian di dalam area wajah yang terdeteksi itulah sistem menjalankan deteksi helm.

Supaya sistem tidak memberikan keputusan yang salah, maka diterapkan mekanisme counter berbasis frame. Sistem mengakumulasi hasil deteksi citra dari beberapa frame secara berurutan, kemudian menghitung frame yang menunjukkan helm dan berapa yang tidak, lalu kemudian mengambil keputusan berdasarkan mana yang lebih banyak. Pendekatan ini terbukti cukup membantu mengurangi kesalahan deteksi yang bisa muncul akibat perubahan pencahayaan mendadak atau noise sesaat pada gambar [6].

Setelah keputusan diambil, sistem akan memberikan respons sesuai kondisi. Jika helm terdeteksi, speaker akan memutar file audio peringatan, dan relay diset HIGH sehingga solenoid tetap terkunci. Sebaliknya, jika tidak ada helm, speaker memutar notifikasi izin masuk dan relay diset LOW sehingga pintu terbuka selama 9 detik sebelum otomatis terkunci kembali.

C. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario berbeda untuk melihat sejauh mana sistem mampu mendeteksi kondisi penggunaan helm secara akurat. Hasil pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sistem

Kondisi	Keterangan	Status	Akurasi
	Tidak pakai Helm	Tidak Pakai Helm (solenoid Terbuka dan Suara)	Sesuai
	Tidak Pakai Helm, menghadap kanan	Tidak pakai Helm (solenoid Terbuka dan suara)	Sesuai
	Pakai helm	Pakai helm (solenoid terkunci dan suara)	Sesuai
	Pakai helm dan kaca helm ditutup	Pakai helm (solenoid terkunci dan suara)	Sesuai
	Pakai Helm kondisi malam	Pakai helm (solenoid terkunci dan suara)	Sesuai
	Pakai Helm 2 orang	Pakai Helm (Solenoid terkunci dan suara)	Sesuai

	Pakai Masker	Tidak tertedeksi	Tidak Sesuai
	Tidak Pakai Helm	Speker Berbunyi Dan Solenoid Terbuka	Sesuai

Dari 8 skenario yang dilakukan, sistem berhasil memberikan respons yang sesuai pada 7 skenario, sedangkan 1 skenario mengalami kegagalan deteksi yaitu pada kondisi pengguna memakai masker tanpa helm. Nilai akurasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Akurasi = \frac{7}{8} \times 100 = 87.5\%$$

D. Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, metode Haar Cascade Classifier menunjukkan performa yang cukup baik dalam mendeteksi helm di ruang ATM. Sistem terbukti mampu mendeteksi helm dalam berbagai kondisi, baik saat kaca helm terbuka maupun tertutup, bahkan dalam kondisi pencahayaan malam hari. Ini sejalan dengan temuan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa Haar Cascade cukup handal untuk mendeteksi perlengkapan yang dikenakan seseorang secara real-time [1].

Komponen solenoid doorlock dan relay bekerja dengan baik selama pengujian. Push button sebagai alternatif pembuka pintu manual juga berfungsi normal, sehingga sistem tetap bisa dioperasikan kalau sewaktu-waktu terjadi gangguan pada proses deteksi [2]. Jarak deteksi yang paling optimal ditemukan tidak lebih dari empat meter dari kamera, di luar jarak itu, objek menjadi kurang jelas dan akurasi cenderung menurun.

Terdapat satu kelemahan yang cukup terlihat dari hasil pengujian, yaitu sistem gagal mendeteksi kondisi pengguna yang memakai masker tanpa helm. Ini terjadi karena classifier yang dilatih hanya difokuskan pada pola objek helm, sehingga ketika wajah tertutupi masker sistem tidak bisa mengenali wajah dengan baik dan proses deteksi helm pun ikut terganggu. Kasus seperti ini memang merupakan keterbatasan umum dari metode Haar Cascade yang sangat bergantung pada kualitas dan variasi dataset training [3].

Satu hal lain yang perlu dipahami adalah performa Raspberry Pi 3 yang kurang optimal saat menjalankan proses deteksi secara real-time. Kecepatan pemrosesan tidak selalu stabil, terutama saat kondisi pencahayaan berubah-ubah. Hal ini wajar mengingat keterbatasan spesifikasi hardware Raspberry Pi 3, dan menjadi salah satu poin yang bisa dikembangkan pada penelitian berikutnya, misalnya dengan

menggunakan Raspberry Pi 4 atau perangkat lainnya yang memiliki spesifikasi lebih tinggi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menerapkan sistem keamanan ruang ATM berbasis deteksi helm menggunakan metode Haar Cascade Classifier pada Raspberry Pi 3 Model B. Sistem mampu mendeteksi penggunaan helm secara otomatis melalui kamera di pintu masuk, memberikan peringatan suara, sekaligus mengontrol kunci pintu lewat solenoid doorlock secara real-time. Dari hasil pengujian delapan skenario yang dilakukan, sistem mencapai tingkat akurasi sebesar 87.5%, menunjukkan bahwa pendekatan ini sudah cukup layak diterapkan sebagai solusi keamanan ruang ATM berbasis computer vision.

Akan tetapi sistem masih memiliki keterbatasan, terutama pada kondisi pencahayaan rendah, jarak lebih dari 4 meter, dan kasus pengguna yang memakai masker tanpa helm yang belum bisa terdeteksi dengan baik. Untuk pengembangan ke depan, disarankan agar cakupan deteksi diperluas mencakup masker, kacamata, dan topi, serta mempertimbangkan penggunaan perangkat komputasi yang lebih tinggi guna meningkatkan kestabilan deteksi secara *real-time*.

REFERENSI

[1] I. Pradana, “Deteksi Ketepatan Penggunaan Masker Wajah Dengan,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 2305–2316, 2022, doi: <https://doi.org/10.35957/jatisi.v9i3.2912>.

[2] T. Handayani, A. Basuki, S. Sudiana, and I. Dirgantara, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu menggunakan Metode Pengenalan Wajah berbasis Internet of Things,” *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls (AVITEC)*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2022, doi: [10.28989/avitec.v5i1.1393](https://doi.org/10.28989/avitec.v5i1.1393).

[3] F. T. Nugroho and E. I. Sela, “Deteksi Citra Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 37–44, 2024, doi: [10.57152/malcom.v4i1.988](https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.988).

[4] F. L. Ramadini and E. Haryatmi, “Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH Untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime,” *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 6, no. 2, pp. 289–296, 2022, doi: <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v6i2.4714>.

[5] R. S. Anwar, T. Hasanuddin, and S. M. Abdullah, “Sistem Keamanan Pintu Asrama berbasis Pengenalan Wajah dengan Algoritma Haar Cascade,” *BUSITI : Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 3, no. 3, pp. 213–218, 2022, doi: <https://doi.org/10.33096/busiti.v3i3.1197>.

[6] A. Sani, R. Julianto, H. M. Maulidiah, and M. J. W. Wicaksono, “Sistem Keamanan Pintar Menggunakan Kamera Berbasis OpenCV,” *Journal of Applied*

- Electrical Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 42–47, 2023, doi: 10.30871/jaee.v7i1.5017.
- [7] C. N. Prabiantissa, M. Kurniawan, and A. F. Bhahreisy, “Deteksi Mata dan Alis Menggunakan AdaBoost Classifier dan Haar Cascade,” *Jurnal Fasilkom*, vol. 14, no. 3, pp. 705–714, 2024, doi: <https://doi.org/10.37859/jf.v14i3.7394>.
- [8] Z. N. Khudhair *et al.*, “Color to Grayscale Image Conversion Based on Singular Value Decomposition,” *IEEE Access*, vol. 11, no. April, pp. 54629–54638, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3279734.