

DETEKETSİ WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE BERBASIS HAAR FEATURE

DISUSUN OLEH

SINTA BELLA

2109020028



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2025

**DETEKETSI WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE
BERBASIS HAAR FEATURE**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer dan
Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

SINTA BELLA

2109020028

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : analisis dan implelementasi algoritma haar cascade
classifier dalam pengidentifikasi wajah
Nama Mahasiswa : Sinta Bella
NPM : 2109020028
Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Martiano S. Pd, S.Kom., M.kom)
NIDN. 0128029302

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom)
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

DETEKTSI WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE BERBASIS HAAR FEATURE

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 9 September 2025

Yang membuat pernyataan



Sinta Bella

2109020028

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Sinta Bella
NPM	: 2109020028
Program Studi	: Teknologi Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**DETEKETS WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE
BERBASIS HAAR FEATURE**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 9 September 2025

Yang membuat pernyataan


Sinta Bella
2109020028

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Sinta Bella
Tempat dan Tanggal Lahir : Manunggal, 31 juli 2002
Alamat Rumah : jln Veteran pasar 7 gg.rukun dsn IV a
Telepon/Faks/HP : 081377246209
E-mail : sintabella2506@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	:	PAB 27 HELVETIA	TAMAT: 2014
SMP	:	MTS NEGERI 3 MEDAN	TAMAT: 2017
SMA	:	MAS PAB 2 HELVETIA	TAMAT: 2020

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh, Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis dan Implementasi Algoritma Haar Cascade Classifier dalam Pengidentifikasi Wajah” dengan baik. Tanpa pertolongan dan ridha-Nya, tentu penulis tidak akan mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam proses penyusunannya, penulis menghadapi berbagai tantangan dan hambatan, namun berkat doa, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, karya ini akhirnya dapat terselesaikan. Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Fatma Sari Hutagalung, M.Kom Ketua Program Studi Teknologi Informasi
4. Bapak Muhammad Basri S.Kom., M.Kom. Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi

5. Bapak Martiano S.Pd, S.Kom., M.Kom selaku dosen pembimbing, yang dengan penuh kesabaran, perhatian, serta bimbingan telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, masukan, dan koreksi hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Ayahanda tercinta, Bapak Hariadi, sosok pejuang dan panutan dalam hidup penulis. Walaupun ayahanda belum sempat menyelesaikan pendidikannya di bangku kuliah, namun dengan kerja keras, keteguhan, dan pengorbanan yang tiada henti, beliau mampu menghantarkan anaknya untuk meraih gelar sarjana. Dari setiap tetes keringat dan usaha yang beliau curahkan demi keluarga, penulis belajar arti tanggung jawab, perjuangan, serta keikhlasan yang tulus tanpa pamrih. Doa yang selalu ayahanda panjatkan, meski tidak selalu terucap secara langsung, menjadi kekuatan besar yang tidak pernah pudar dalam hati penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kasih sayang dan keberkahan-Nya kepada Ayahanda tercinta, menganugerahkan kesehatan yang sempurna, umur yang panjang dalam ketaatan, serta membalas setiap pengorbanan dengan kebahagiaan dunia dan kemuliaan akhirat. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai wujud kecil dari rasa cinta, syukur, dan bakti penulis kepada ayahanda tercinta, dengan harapan semoga dapat menjadi kebanggaan yang indah bagi keluarga serta menjadi amal kebaikan yang tak terputus.
7. Ibunda tercinta, Marliana, cahaya dan pelita dalam kehidupan penulis. Dengan penuh kasih sayang, kesabaran tanpa batas, serta doa yang tidak pernah berhenti, ibunda selalu mendampingi setiap langkah penulis. Tidak ada kata yang cukup untuk menggambarkan betapa besar pengorbanan seorang ibu—mulai dari doa

di setiap sujud, air mata yang jatuh tanpa terlihat, hingga kasih sayang yang tidak pernah menuntut balasan. Ibunda adalah guru kehidupan pertama yang mengajarkan arti keikhlasan, ketulusan, dan cinta sejati. Keberhasilan penulis hingga mencapai titik ini tidak lepas dari doa dan restu ibunda yang selalu menyertai setiap langkah.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan keberkahan kepada ibunda tercinta. Ya Allah, berikanlah kesehatan yang sempurna, umur yang panjang dalam kebahagiaan, ketenangan hati, serta kekuatan dalam setiap langkah kehidupannya. Jadikanlah penulis sebagai anak yang mampu selalu membahagiakan ibunda, menjadi penyejuk hati, dan senantiasa mendoakan beliau hingga akhir hayat. Semoga kelak Allah SWT Memberi ibunda dalam kebahagiaan yang abadi di surga-Nya.

8. Kepada Seseorang yang tak kalah penting Hadirnya Muhammad Riziq Siregar, seseorang yang penting dalam hidup penulis. Terima kasih yang tak terhingga atas segala doa, dukungan, dan semangat yang engkau berikan, meskipun kita sama-sama tengah berjuang menyelesaikan skripsi. Dalam setiap lelah dan penat, engkau hadir membawa pengertian dan motivasi yang membuat penulis kembali kuat. Kehadiranmu menjadi pengingat bahwa perjuangan ini tidak dijalani seorang diri, melainkan ada seseorang yang berjalan seiring, saling menguatkan dalam setiap langkah. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan keberkahan kepada kita berdua, memudahkan segala urusan, dan memberi kekuatan hingga sama-sama dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Penulis

berdoa agar engkau kelancaran, serta kesuksesan, sehingga kita dapat bersama-sama meraih gelar sarjana dengan penuh kebanggaan dan kebahagiaan.

9. Kepada teman-teman seperjuangan sekaligus sahabat dalam grup “Yuk Nyusun Skripsi” yang dianggotai oleh Nikma, Miranda, Afrida, Rifdah, Hana, dan penulis sendiri. Terima kasih yang tak terhingga atas doa, dukungan, dan semangat yang kalian berikan. Kalian bukan hanya sahabat dalam perjuangan akademik, tetapi juga keluarga yang selalu ada untuk saling menguatkan di kala lelah, saling menenangkan di kala ragu, dan saling mengingatkan untuk tetap berjuang ketika hampir menyerah. Bersama kalian, perjalanan skripsi yang penuh air mata, tawa, dan doa ini terasa lebih indah. Semoga setiap perjuangan yang kita lakukan mendapat keberkahan dari Allah SWT, dan semoga kita dipertemukan di akhir perjalanan ini dengan gelar sarjana yang kita banggakan bersama.
10. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.
11. Dan yang terakhir, untuk diri penulis sendiri, Sinta Bella. Terima kasih karena telah berjuang sejauh ini. Terima kasih untuk setiap air mata yang pernah jatuh, untuk setiap rasa lelah yang tak terhitung, dan untuk setiap malam tanpa tidur yang tetap dijalani demi menyelesaikan perjalanan panjang ini. Tidak mudah melewati proses yang penuh ujian, kebimbangan, bahkan rasa ingin menyerah, tetapi diri ini memilih untuk tetap melangkah, meski dengan langkah yang kecil sekalipun. Skripsi ini adalah saksi bahwa doa, usaha, dan kesabaran tidak pernah sia-sia. Penulis belajar bahwa dalam setiap kepahitan selalu ada kekuatan, dalam

setiap keraguan selalu ada harapan, dan dalam setiap perjuangan selalu ada hasil yang indah pada waktunya. Semoga Allah SWT senantiasa meneguhkan hati ini untuk tetap rendah hati setelah pencapaian ini, menguatkan diri untuk perjuangan yang lebih besar di masa depan, dan menjadikan ilmu yang diraih sebagai keberkahan yang bermanfaat bagi keluarga, masyarakat, dan agama. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa diri ini layak untuk bangga, dan bahwa langkah kecil hari ini adalah awal dari perjalanan panjang menuju masa depan yang lebih gemilang.

DETEKTSI WAJAH MENGGUNAKAN ALGORITMA HAAR CASCADE BERBASIS HAAR FEATURE

ABSTRAK

Penelitian ini membahas implementasi algoritma Haar Cascade Classifier dalam pendeteksian wajah secara otomatis. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis kinerja sistem dalam mengenali wajah pada berbagai kondisi pencahayaan dan pose. Proses penelitian meliputi pengumpulan citra wajah, pelatihan menggunakan dataset terdaftar, serta pengujian sistem deteksi dengan kamera. Evaluasi dilakukan menggunakan confusion matrix dengan parameter True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN), dan False Negative (FN). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai akurasi 81,82%, presisi 100%, dan recall 81,82%. Nilai presisi yang tinggi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi wajah dengan tingkat ketepatan sangat baik, meskipun masih terdapat beberapa wajah yang gagal terdeteksi. Penelitian ini membuktikan bahwa Haar Cascade dapat digunakan sebagai metode yang efisien untuk sistem keamanan maupun absensi berbasis wajah, namun pengembangan lebih lanjut diperlukan agar dapat bekerja optimal pada kondisi pencahayaan rendah atau wajah yang tertutup sebagian.

Kata Kunci: Deteksi Wajah, Haar Cascade Classifier, OpenCV, Confusion Matrix

FACE DETECTION USING HAAR CASCADE ALGORITHM BASED ON HAAR FEATURES

ABSTRACT

This research discusses the implementation of the Haar Cascade Classifier algorithm in automatic face detection. The aim of this study is to analyze the system's performance in recognizing faces under various lighting conditions and orientations. The research process includes collecting face images, training using a registered dataset, and testing the detection system with a camera. The evaluation was conducted using a confusion matrix with parameters True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN), and False Negative (FN). The experimental results show that the system achieved 81.82% accuracy, 100% precision, and 81.82% recall. The high precision indicates that the system is highly accurate in detecting faces, although some faces were still missed. This study demonstrates that Haar Cascade is an efficient method for security and attendance systems based on facial detection, yet further development is needed to optimize its performance under low-light conditions or partially covered faces.

Keywords: Face Detection, Haar Cascade Classifier, OpenCV, Confusion Matrix

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PENYATAAN ORISINALITAS	ii
PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II. LANDASAN TEORI	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6

2.2 Konsep Dasar Computer Vision.....	10
2.2.1 Sejarah Computer Vision	11
2.3 Deteksi Wajah (Face Detection).....	13
2.4 Pengenalan Wajah(Face Recognition).....	14
2.5 Haar Cascade Classifier.....	15
2.6 Open Cv.....	18
2.7 Python.....	19
2.8 Citra Digital	20
2.8.1 Definisi Citra digital.....	20
2.8.2 Rekaya Citra Digital.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Pengumpulan Data	23
3.3 Variabel Penelitian	25
3.3.1 Variabel Idenpenden.....	25
3.3.2 Variabel Dependen	26
3.3.3 Variabel Kontrol.....	26
3.4 Proses Penelitian.....	27
3.4.2 Perancangan Sistem.....	28

3.5	Algoritma Haar Cascade Classier.....	29
3.5.2	Konsep Dasar Algoritma Haar Cascade	29
3.6	Spesifikasi Alat.....	29
3.7	Mengukur Akurasi.....	30
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	32
4.1	Kamera Web Cam.....	32
4.2.	Kalibrasi jarak Tangkapan Citra.....	34
4.3	Pelatihan Haar cascade.....	40
4.3.1	Pengambilan Citra Wajah.....	40
4.4.	Pengujian Pelatihan Haar cascade.....	48
4.5.	Mengukur Akurasi Wajah.....	63
BAB V	KESIMPULAN & SARAN.....	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	67
	DAFTAR PUSTAKA.....	69
	LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
TABEL 2.1. <u>Tabel Penelitian Terhadulu</u>	5
TABEL 2.2. <u>Tabel Penelitian di Bidang Visi Komputer</u>	10
TABEL 4.1. <u>Tabel Keterangan Gambar</u>	30
TABEL 4.2. <u>Tabel Nama-Nama Pengguna</u>	34
TABEL 4.3. <u>Tabel nama yang terdeteksi dan tidak terdeteksi</u>	42
TABEL 4.4. <u>Tabel Keterangan akurasi</u>	56

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1. Contoh Fitur Haar	5
Gambar 2.2. Sistem Cascade Classifiers	10
Gambar 2.3. Posisi kordinat citra digital	21
Gambar 4.1. Jarak yang paling ideal	35
Gambar 4.2. Jarak Ideal Berkacamata	36
Gambar 4.3. Wajah Tidak Terdeteksi	36
Gambar 4.4. Percobaan pertama wajah pengguna “Bella”	42
Gambar 4.5 Percobaan pertama wajah pengguna “Afrida ”	42
Gambar 4.6 Percobaan pertama wajah pengguna “Rifdah”	43
Gambar 4.7 Percobaan pertama wajah pengguna “Hana”	43
Gambar 4.8 Percobaan pertama wajah pengguna “Nikma”	44
Gambar 4.9 Percobaan pertama wajah pengguna “Surya”	44
Gambar 4.10 Percobaan pertama wajah pengguna “Rahmad”	45

Gambar 4.11	Percobaan pertama wajah pengguna “Handala”	46
Gambar 4.12	Percobaan pertama wajah pengguna “Nikma”	47
Gambar 4.13	Data Wajah Terdaftar	48
Gambar 4.14	Wajah pengguna terdaftar user id “Bella”	49
Gambar 4.15	Wajah pengguna terdaftar user id “Bella”	50
Gambar 4.16	Wajah pengguna terdaftar user id “Afrida”	51
Gambar 4.17	Wajah pengguna terdaftar user id “Afrida”	51
Gambar 4.18	Wajah pengguna terdaftar user id “Afrida”	52
Gambar 4.19	Wajah pengguna terdaftar user id “Rifdah”	52
Gambar 4.20	Wajah pengguna terdaftar user id “Rifdah”	53
Gambar 4.21	Wajah pengguna terdaftar user id “Rifdah”	54
Gambar 4.22	Wajah pengguna terdaftar user id “Hana”	55
Gambar 4.23	Wajah pengguna terdaftar user id “Hana”	55
Gambar 4.24	Wajah pengguna terdaftar user id “Hana”	56
Gambar 4.25	Wajah pengguna terdaftar user id “Nikma”	57
Gambar 4.26	Wajah pengguna terdaftar user id “Nikma”	57

Gambar 4.27	Wajah pengguna terdaftar user id “Surya”	58
Gambar 4.28	Wajah pengguna terdaftar user id “Surya”	58
Gambar 4.29	Wajah pengguna terdaftar user id “ Rahmad”	59
Gambar 4.30	Wajah pengguna terdaftar user id “Rahmad”	60
Gambar 4.31	Wajah pengguna terdaftar user id “Handala”	61
Gambar 4.32	Wajah pengguna terdaftar user id “Pia”	62
Gambar 4.33	Wajah pengguna terdaftar user id “Pia”	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di era perkembangan teknologi kecerdasan buatan yang pesat, deteksi wajah menjadi aspek penting dalam berbagai aplikasi seperti sistem keamanan dan absensi otomatis. Permasalahan utama dalam deteksi wajah adalah bagaimana mengenali wajah secara cepat dan akurat di berbagai kondisi pencahayaan dan posisi wajah yang berbeda. Kesulitan ini muncul karena variasi bentuk dan orientasi wajah serta pengaruh lingkungan yang kompleks, sehingga metode sederhana sering gagal mendeteksi wajah dengan tepat. Algoritma Haar Cascade Classifier hadir sebagai solusi yang mampu mengatasi masalah tersebut dengan efisiensi tinggi dan akurasi yang memadai. (Nugroho & Sela, 2023)

Permasalahan deteksi wajah yang sulit ini disebabkan oleh kompleksitas fitur wajah yang harus dikenali secara otomatis oleh komputer, terutama ketika wajah tidak menghadap kamera secara frontal atau pencahayaan kurang memadai. Selain itu, latar belakang yang ramai dan objek penghalang seperti masker juga menambah tantangan dalam proses pendeteksian. Haar Cascade mengatasi masalah ini dengan mengekstraksi fitur Haar-like yang merepresentasikan pola intensitas piksel di area wajah, dan menggunakan metode cascade classifier untuk menyaring area non- wajah secara bertahap sehingga mempercepat proses deteksi. (Zaitoun & Aqel, 2015)

Solusi Haar Cascade menjadi pilihan utama karena kemampuannya dalam

mendeteksi wajah secara real-time dengan kecepatan tinggi dan tingkat akurasi yang cukup baik pada berbagai kondisi. Algoritma ini menggunakan pendekatan

sliding window dan integral image untuk mempercepat perhitungan fitur Haar pada setiap sub-window. Pendekatan cascade classifier memungkinkan eliminasi cepat area yang bukan wajah, sehingga mengurangi beban komputasi secara signifikan. Implementasi Haar Cascade banyak dilakukan menggunakan pustaka OpenCV yang menyediakan model pra-latih untuk mendeteksi wajah dengan mudah.(Yulina, 2021a)

Implementasi algoritma ini dimulai dengan pengambilan citra dari kamera atau video, kemudian citra dikonversi menjadi grayscale untuk memudahkan ekstraksi fitur. Sliding window dengan berbagai ukuran digunakan untuk memindai seluruh citra, dan setiap window diuji menggunakan cascade classifier untuk menentukan keberadaan wajah. Proses pelatihan melibatkan dataset wajah dan non- wajah untuk membangun classifier yang kuat. Hasil implementasi menunjukkan bahwa Haar Cascade mampu mendeteksi wajah dengan baik dalam berbagai pose dan ukuran, serta dapat berjalan secara real-time pada perangkat standar.(Nurmalasari et al., 2023)

Hasil pengujian Haar Cascade dalam berbagai penelitian menunjukkan akurasi deteksi yang tinggi, terutama pada kondisi pencahayaan yang cukup dan wajah yang menghadap kamera. Namun, performa algoritma ini menurun pada kondisi pencahayaan rendah atau wajah yang tertutup sebagian. Oleh karena itu, beberapa penelitian menggabungkan Haar Cascade dengan metode lain seperti

Local Binary Pattern Histogram (LBPH) untuk meningkatkan akurasi dan robustnes sistem pengenalan wajah secara keseluruhan. Secara umum, Haar Cascade tetap menjadi algoritma andalan dalam pendeteksian wajah karena kecepatan dan kemudahan implementasinya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang yang telah dijelaskan , penelitian ini berusaha menjawab pertanyaan berikut:

- a. Bagaimana menguji akurasi metode haar Cascade dalam pendeteksi wajah?
- b. Bagaimana mengimplementasikan metode Haar Cascade Classifier dalam pendeteksi wajah?
- c. Bagaimana cara kerja algoritma Haar Cascade Classifier dalam mendeteksi wajah pada berbagai kondisi pencahayaan dan posisi wajah yang berbeda?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya membahas penggunaan algoritma Haar Cascade.

- a. Deteksi wajah yang dilakukan terbatas pada citra digital atau video yang diambil secara langsung menggunakan kamera
- b. Pengujian sistem dibatasi pada kondisi pencahayaan sedang hingga baik, serta posisi wajah yang sebagian besar menghadap ke kamera (frontal), meskipun beberapa variasi pose ringan tetap dipertimbangkan.
- c. Implementasi dilakukan menggunakan pustaka OpenCV dengan model Haar Cascade yang telah dilatih sebelumnya (pre-trained),
- d. Evaluasi performa hanya difokuskan pada akurasi deteksi dan kecepatan proses secara real-time.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mengimplementasikan algoritma Haar Cascade Classifier menggunakan pustaka OpenCV untuk pendeteksian wajah otomatis. Penelitian difokuskan pada kinerja algoritma dalam mengenali wajah pada berbagai kondisi pencahayaan, orientasi, dan latar belakang, serta mengukur akurasi dan efisiensinya secara real-time. Hasil penelitian diharapkan memberikan pemahaman mengenai kelebihan dan keterbatasan Haar Cascade, serta potensinya untuk diterapkan pada sistem keamanan dan absensi otomatis.

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Dalam bidang interatur memberikan manfaat yang dapat dilihat dari tiga sisi utama, yaitu studi literatur, akademik, dan pengguna. Dari sisi studi literatur, penelitian ini memperkaya referensi di bidang *Computer Vision* dan kecerdasan buatan dengan menghadirkan kajian mendalam mengenai bagaimana algoritma Haar Cascade Classifier bekerja dalam proses pengidentifikasian wajah. Hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan yang menggambarkan keunggulan maupun keterbatasan algoritma, serta dapat dijadikan pijakan oleh peneliti berikutnya dalam mengembangkan metode yang lebih modern maupun melakukan penelitian komparatif.
- b. Dari sisi akademik, penelitian ini memberikan sumbangan nyata bagi dunia pendidikan, karena mampu menunjukkan bagaimana teori yang biasanya hanya dipelajari di ruang kelas dapat diterapkan dalam bentuk sistem yang berfungsi secara langsung. Mahasiswa dapat menjadikan penelitian ini

sebagai contoh konkrit bahwa ilmu yang mereka pelajari memiliki manfaat praktis di lapangan. Bagi pengajar, hasil penelitian ini bisa digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperkaya materi perkuliahan maupun inspirasi topik riset lanjutan. Sedangkan bagi institusi pendidikan, penelitian ini dapat menjadi bukti bahwa perguruan tinggi tidak hanya menghasilkan kajian teoritis, tetapi juga inovasi yang dapat digunakan untuk menjawab tantangan di masyarakat.

- c. Dari sisi pengguna, manfaat penelitian ini dapat langsung dirasakan dalam kehidupan sehari-hari. Sistem pengidentifikasi wajah yang dihasilkan mampu digunakan untuk absensi otomatis di sekolah, kampus, maupun instansi kerja sehingga proses pencatatan kehadiran menjadi lebih cepat, efisien, dan mengurangi potensi kecurangan. Dalam bidang keamanan, sistem ini bisa mendukung pengawasan yang lebih cerdas, misalnya dengan integrasi pada akses pintu otomatis atau CCTV yang mampu mengenali wajah orang asing dan aktivitas mencurigakan. Selain itu, dengan perangkat sederhana seperti webcam, pengguna dapat memanfaatkan teknologi ini untuk mendukung inovasi berbasis Internet of Things (IoT), mulai dari pemantauan rumah dan kantor hingga aplikasi *smart system* lain yang lebih luas. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga menghadirkan solusi praktis yang bermanfaat bagi masyarakat secara langsung.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah tabel penelitian terlebih terdahulu

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian/Tahun	Judul Penelitian	Metode	Fokus Penelitian	Perbedaan
1	Hepatika Zidny Ilmadina (2022)	Deteksi Pengendara Mengantuk dengan Kombinasi Haar Cascade Classifier dan Support Vector Machine	Haar Cascade + SVM	Deteksi mata mengantuk berdasarkan blink/eye aspect ratio	Fokus pada deteksi kantuk pengemudi, bukan hanya pengenalan wajah umum

2	Moh. Ichsan Maulana dkk (2022)	Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Pelat Nomor Kendaraan Mobil Menggunakan	Haar Cascade + OCR	Identifikasi pelat nomor kendaraan	Objek yang diidentifikasi adalah pelat nomor,
		Haar Cascade dan OCR			
3	Febrin Ludia Ramadini & Emy Haryatmi (2022)	Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime	Haar Cascade + LBPH	Sistem pengenalan wajah real- time	Menggunakan LBPH untuk klasifikasi, fokus pada sistem presensi/absensi
4	Dewangga Mantara Sakti dkk (2022)	Face Recognition dengan Metode Haar Cascade dan FaceNet	Haar Cascade + FaceNet (CNN)	Pengenalan wajah dengan CNN embedding	Fokus pada face recognition berbasis CNN dan embedding vector

5	Octara Pribadi (2023)	Aplikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier dan Local Binary	Haar Cascade + LBPH	Pengenalan wajah biometrik berbasis aplikasi	Fokus pada aplikasi autentikasi pengguna, bukan analisis teknis Haar Cascade itu Sendiri
		Pattern Histogram			

Berdasarkan studi terdahulu, algoritma Haar Cascade Classifier terbukti memiliki fleksibilitas tinggi dan mampu digunakan pada berbagai aplikasi pengolahan citra. Penelitian oleh Hepatika Zidny Ilmadina (2022) menunjukkan bahwa Haar Cascade, jika dikombinasikan dengan Support Vector Machine (SVM), mampu mendeteksi kondisi mengantuk pengemudi secara akurat melalui analisis kedipan mata atau eye aspect ratio. Hal ini menunjukkan keunggulan Haar Cascade dalam mendeteksi objek spesifik pada bagian wajah secara cepat.

Penelitian Moh. Ichsan Maulana dkk (2022) memperlihatkan bahwa Haar Cascade juga dapat diaplikasikan untuk mendeteksi objek non-wajah, seperti pelat nomor kendaraan, sebelum diproses lebih lanjut menggunakan Optical Character Recognition (OCR). Keberhasilan ini mengindikasikan kemampuan Haar Cascade untuk beradaptasi pada berbagai jenis objek dengan latar belakang dan kondisi

pencahayaannya berbeda.

Febrin Ludia Ramadini dan Emy Haryatmi (2022) memanfaatkan Haar Cascade bersama Local Binary Pattern Histogram (LBPH) untuk pengenalan wajah secara real-time pada sistem presensi, menegaskan keunggulan algoritma ini dalam kecepatan deteksi yang mendukung pemrosesan langsung (live detection).

Sementara itu, Dewangga Mantara Sakti dkk (2022) menggabungkan Haar Cascade dengan FaceNet berbasis Convolutional Neural Network (CNN) untuk memanfaatkan kecepatan deteksi awal dari Haar Cascade sebelum dilakukan ekstraksi fitur yang lebih kompleks, membuktikan bahwa Haar Cascade dapat menjadi front-end detector yang efektif dalam sistem pengenalan wajah canggih.

Penelitian oleh Octara Pribadi (2023) juga menegaskan keunggulan Haar Cascade dalam mendeteksi wajah secara konsisten, yang kemudian diklasifikasikan menggunakan LBPH untuk autentikasi biometrik.

Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa keunggulan utama Haar Cascade Classifier meliputi kecepatan deteksi yang tinggi sehingga mampu bekerja secara real-time, fleksibilitas untuk mendeteksi berbagai objek baik wajah maupun non-wajah, toleransi terhadap variasi kondisi pencahayaan dan latar belakang, kemudahan integrasi dengan algoritma lain seperti SVM, OCR, LBPH, dan CNN, serta efisiensi komputasi yang memungkinkannya diimplementasikan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Faktor-faktor

inilah yang menjadikan Haar Cascade sebagai salah satu algoritma deteksi objek yang banyak dipilih dalam penelitian dan aplikasi praktis.

2.2 Konsep Dasar Computer Vision

Computer Vision ialah sebuah bidang kecerdasan buatan yang berfungsi untuk memahami beberapa informasi dari objek gambar atau video, *Computer vision* biasanya digunakan di dalam sistem seperti pengenalan wajah, deteksi beberapa objek dan lainnya. *computer vision* memiliki sebuah tugas bertujuan membuat sebuah keputusan tentang objek fisik nyata yang didapat dari sebuah perangkat dan sensor, *Computer vision* membuat komputer dapat mengenali sebuah suatu citra layaknya manusia, salah satunya ialah pengenalan wajah. Wajah ialah salah satu bentuk yang sangat unik dari setiap manusia, agar dapat mengenali bentuk wajah dapat mempelajari beberapa pola wajah. (Susim et al., 2021a)

Computer Vision merupakan sebuah ilmu pengetahuan untuk mempelajari sistem komputer agar dapat mengenali objek dengan melakukan pengamatan. Cabang ilmu ini bersama *Artificial Intelligence* akan mampu menghasilkan *Visual Intelligence System*. Namun ada beberapa perbedaan ialah, *Computer Vision* lebih mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali obyek. Sedangkan komputer grafik lebih berfokus pada memanipulasikan gambar (visual) secara digital. Bentuk sederhana dari grafik komputer adalah grafik komputer 2D yang kemudian berkembang menjadi grafik komputer 3D, pemrosesan citra, dan pengenalan pola. (Hibatur Rahman et al., n.d.-a)

2.2.1 Sejarah Computer Vision

Ketika visi komputer pertama kalinya dimulai pada tahun 1970-an, memiliki pandangan sebagai komponen persepsi virtual dari sebuah usaha abisius seorang ilmuwan yang memiliki sebuah ide yaitu meniru kecerdasan manusia dan membuat sebuah robot perilaku cerdas layaknya manusia. Dengan ditemukannya kecerdasan buatan pada tahun 1950-an, semakin mudah mengimplementasikan computer vision.

Berikut ini adalah sebuah perkembangan topik penelitian di bidang visi komputer. (Marpaung et al., n.d.)

Tabel 2.2. Penelitian di Bidang Visi Komputer

TAHUN	TOPIK
1970	Pemrosesan gambar digital, Blok dunia dan pelabelan garis Silinder umum, Pengenalan pola Korespondensi stereo.
1980	Gambar intrinsik, Aliran optik, Struktur dari gerakan, Piramida gambar, Bentuk darishading/tekstur/fokus, Pemodelan berbasis fisik, Regularisasi.
1990	Markov bidang acak, Filter Kalman, Pemrosesan data rentang 3D, Invarian proyektif, Faktorisasi, Visi berbasis fisika.
2000	Potongan grafik, Penyaringan partikel, Segmentasi berbasis energi, Pengenalan dandeteksi wajah, Pemodelan dan rendering berbasis gambar.
2010	Sintesis tekstur dan pengecatan, Fotografi komputasi, Pengenalan berbasis fitur, Pengenalan kategori, Pembelajaran mesin(Machine Learning).

2020	Memodelkan dan melacak manusia, Segmentasi semantik, SLAM dan VIO, Deep Learning, Vision dan bahasa.
------	--

Perkembangan computer vision telah mengalami kemajuan pesat sejak tahun 1970-an hingga saat ini, seiring dengan kemajuan teknologi komputasi dan algoritma pemrosesan citra. Pada era 1970-an, fokus penelitian masih pada pemrosesan gambar digital dasar, termasuk teknik block world untuk representasi objek, pelabelan garis silinder, pengenalan pola sederhana, dan korespondensi stereo untuk mengukur kedalaman.

Memasuki dekade 1980-an, penelitian mulai berfokus pada analisis gambar intrinsik seperti aliran optik (optical flow), struktur dari gerakan (structure from motion), piramida gambar, bentuk dari bayangan/tekstur/fokus, serta pemodelan berbasis fisik yang dilengkapi teknik regularisasi untuk mengatasi noise dan data yang tidak lengkap.

Pada tahun 1990-an, kemajuan signifikan terjadi dengan pemanfaatan Markov Random Field, Kalman Filter, dan pemrosesan data rentang 3D untuk merepresentasikan objek secara lebih akurat. Selain itu, muncul konsep projective invariants untuk pengenalan objek yang robust terhadap transformasi, serta metode faktorisasi dan visi berbasis fisika untuk pemodelan dunia nyata. Di era 2000-an, penelitian mengarah pada metode graph cuts, particle filtering, segmentasi berbasis energi, serta pengenalan dan deteksi wajah yang lebih akurat. Teknologi pemodelan dan image-based rendering juga berkembang pesat pada periode ini.

Memasuki dekade 2010-an, fokus computer vision bergeser pada sintesis

tekstur dan pengecatan digital, fotografi komputasi, pengenalan berbasis fitur, pengenalan kategori objek, dan integrasi machine learning untuk meningkatkan kemampuan generalisasi sistem visi komputer. Tren ini berkembang pesat pada era 2020-an dengan munculnya teknologi deep learning yang mendominasi berbagai aplikasi computer vision. Penelitian di periode ini mencakup pemodelan dan pelacakan manusia, segmentasi semantik, Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), Visual-Inertial Odometry (VIO), serta integrasi visi komputer dengan pemrosesan bahasa alami, yang membuka jalan bagi sistem persepsi multimodal yang semakin cerdas. (Marpaung et al., n.d.)

2.3 Deteksi Wajah (Face Detection)

Deteksi wajah ialah tahap awal yang sangat penting sebelum melakukan sebuah proses pengenalan wajah. Deteksi wajah dapat digunakan untuk sebagai masalah klasifikasi sebuah pola dimana inputnya ialah citra masukan dan akan di tentukan letak output yang berupa label kelas dari sebuah citra tersebut. (Ludia Ramadini & Haryatmi, 2022a)

Deteksi wajah merupakan sebuah teknologi yang sering dimanfaatkan serta dikembangkan seiring dengan perkembangan teknologi saat sekarang ini. Saat ini banyak sekali yang memakai deteksi wajah salah satu contohnya ialah di dalam teknologi smartphone yang digunakan untuk hal-hal pribadi. Dan ada juga yang memakai deteksi wajah ini sebagai bentuk presensi di perusahaan. (Santoso & Kristianto, n.d.)

Beberapa teknik pengenalan wajah yang dilakukan selama ini banyak yang menggunakan asumsi bahwa semua data wajah yang tersedia memiliki ukuran

yang sama, Tetapi nyata nya asumsi ini tidak berlaku dikarenakan wajah dapat saja muncul di dalam citra dengan berbagai ukuran. (*Willy Andika Putra, n.d.*)

2.4 Pengenalan Wajah (Face Recognition)

Wajah adalah salah satu bagian dari tubuh manusia yang menjadi fokus perhatian di dalam sebuah interaksi sosial, wajah memiliki peran vital dengan menunjukkan identitas dan emosi. Sebuah kemampuan manusia untuk mengetahui seseorang dari wajah yang berbeda – beda. Bahkan kita dapat mengenali seseorang walaupun telah terjadi perubahan pada orang tersebut karena bertambahnya usia atau perubahan gaya rambut. Oleh karena itu wajah digunakan sebagai organ dari

tubuh manusia yang dijadikan indikasi pengenalan seseorang atau face recognition. (IMPLEMENTASI FACE RECOGNITION DENGAN, n.d.)

Face recognition adalah teknologi berbasis *Biometric Artificial Intelligence (AI)* yang dapat mengidentifikasi seseorang dengan melakukan analisis pada pola berdasarkan bentuk wajah seseorang yang sebelumnya sudah pernah tersimpan di dalam sebuah database. Face recognition juga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang dapat mengidentifikasi menggunakan suatu gambar digital. Pendeteksian wajah atau Face Detection merupakan salah satu tahap awal yang sangat penting sebelum dilakukan proses pengenalan wajah (Face Recognition). (Isum et al., n.d.). Bidang – bidang penelitian yang juga erat kaitannya dengan pemrosesan wajah atau face processing adalah sebagai berikut

- a. Autentikasi Wajah (Face Authentication).
- b. Lokalisasi Wajah (Face Localization).
- c. Penjejukan Wajah (Face Tracking).
- d. Pengenalan Ekspresi Wajah (Facial Expression Recognition). (Isum et al., n.d).

2.5 Haar Cascade Classifier

Haar Cascade merupakan sebuah algoritma pembelajaran mesin yang bertujuan untuk mendeteksi sebuah objek. Algoritma ini ialah sebuah pendekatan berbasis pembelajaran sebuah mesin yang menggunakan cascade, fungsi nya dilatih dari berbagai citra positif dan negatif. Citra positif ialah sebuah citra yang mempunyai suatu objek yang akan dideteksi, sedangkan citra negatif ialah citra yang tidak mempunya suatu objek yang tidak dideteksi (Yulina, 2021b)

Pada proses pengenalan wajah pada penelitian ini menggunakan metode Haar Cascade Classifier. Istilah Haar memiliki fungsi matematika (Haar Walevet) yang memiliki bentuk kotak, ketika di awal pengolahan gambar bisa dilihat hanya dari nilai RGB di setiap fixel tetapi metode tersebut kurang efektif. Lalu viola dan jones mengembangkan cara untuk mengelola sebuah gambar agar lebih efektif, maka dari itu terbentuklah Haar – Like feature. (Ludia Ramadini & Haryatmi, 2022b)

Haar Cascade Classifier adalah metode deteksi wajah yang diperkenalkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001. Haar Cascade Clasifier sering digunakan untuk proses pendeteksian wajah atau objek yang berupa

gambar digital. untuk metode Cascade Classifier menggunakan beberapa langkah untuk menentukan dengan menghitung ulang nilai dari Haar Feature sehingga menghasilkan nilai yang lebih akurat, langkah klasifikasi pertama meliputi sub citra yang diklasifikasikan dengan suatu fitur, namun bila tidak memenuhi kriteria akan ditolak hasilnya.

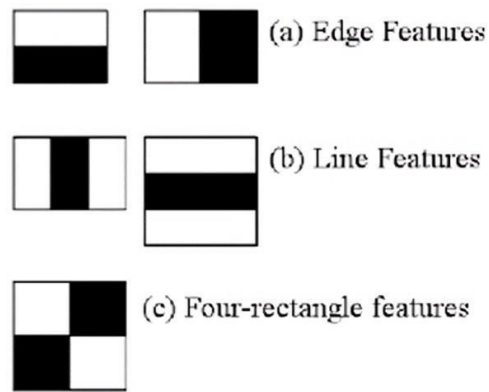
Pada klasifikasi kedua meliputi klasifikasi kembali pada citra sehingga memperoleh nilai yang ditentukan sedangkan pada klasifikasi ketiga meliputi subcitra akan lolos dan mendekati nilai citra yang sesungguhnya. (*Eninta-Ibrena, +6. +Octara(1), n.d.*). Didalam metode yang telah di usulkan oleh Viola dan Jones menggabungkan empat kunci utama untuk mendeteksi sebuah objek. (*Willy Andika Putra, n.d.*)

- a. Fitur persegi sederhana, disebut fitur Haar
- b. Integral Image untuk mendeteksi fitur agar lebih cepat
- c. Cascade Classifier untuk mengkombinasi banyak fitur

Algoritma Haar Cascade Classifier ini juga bekerja dengan mengekstraksi sebuah fitur dari gambar, algoritma Haar Cascade Classifier ini juga menggunakan

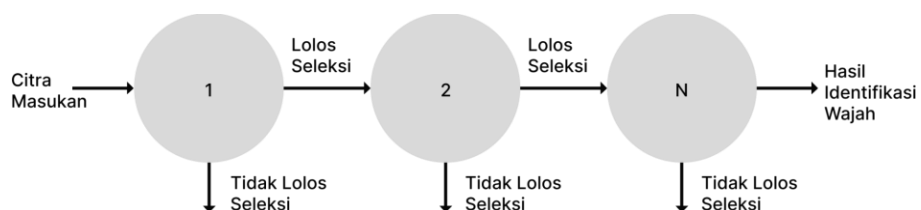
sebuah filter yang sangat mirip dengan konsep *convolutional kernel* yang disebut fitur Haar pada gambar di bawah ini . Setiap fitur Haar dapat diperoleh yaitu dengan cara mengurangi dari jumlah kotak pixel putih dan juga jumlah pixel hitam untuk mendapatkan suatu nilai selisihnya. Untuk perhitungan setiap fiturnya juga menggunakan integral image dari citra gambar dalam bentuk grayscale . beberapa fitur – fitur ini yang didapatkan kemudian diseleksi

menggunakan *Adaboost* untuk mendapatkan suatu fitur yang terbaik dari total fitur 160.000 (Rohman & Dwi Bhakti, 2024)



Gambar 2.1 Contoh Fitur Haar

Algoritma ini juga memiliki penerapan suatu konsep *Cascade Classifiers* (Klasifikasi bertingkat). Didalam setiap Tingkat, subcitra akan diklasifikasikan menggunakan suatu fitur Haar yang sudah di seleksi. Hasil dari suatu klasifikasi, jika subcitra memenuhi fitur akan dilanjutkan ketingkat selanjutnya untuk dihitung ulang dengan menggunakan fitur yang lainnya, subcitra yang tidak memiliki fitur akan di buang dan tidak akan digunakan lagi. Hasil subcitra yang didapat akan semakin sedikit hingga tersisa hanya 2% dari citra masukan, berupa area wajah. (Rohman & Dwi Bhakti, 2024)



Gambar 2.2. Sistem Cascade Classifiers

2.6 Open Cv

Open Cv merupakan pustaka open-source yang digunakan untuk membuat pemograman. Open Cv dapat dipakai diberbagai bahasa pemograman seperti C++, Phython, dan Java. Open Cv memiliki berbagai algoritma dan banyak juga memiliki beberapa fungsi, salah satunya ialah deteksi wajah, pengenalan pola, segmentasi gambar, dan pemrosesan vidio. Open Cv juga memiliki sebuah algoritma yang sederhana terkait dengan *computer vision* untuk *low level*.(Hibatur Rahman et al., n.d.-b)

Open Cv memiliki banyak fitur yang bisa dimanfaatkan, yaitu:

- a. Image and vidio I/O dengan antara muka ini kita dapat membaca sebuah data gambar dari file,
- b. Computer Vision secara umum dan pengelolaan citra digital dengan menggunakan antar muka kita dapat melakukan sebuah eksperimen uji coba dengan berbagai standart algoritma computer vision.
- c. Modul computer vision high level (*Susim et al., 2021b*)

Di dalam Open Cv terdapat 2.500 berbagai algoritma optimasi yang dapat digunakan sebagai manipulasi yang bertujuan untuk memproses dan bisa juga untuk mengedit images. (Santoso & Kristianto, n.d.).

2.7 Pyhton

Python berperan penting dalam implementasi metode Haar Cascade untuk pengidentifikasi wajah karena menyediakan lingkungan pemrograman yang fleksibel dan didukung pustaka OpenCV yang kuat. Dengan Python dan OpenCV, proses deteksi wajah menggunakan algoritma Haar Cascade dapat

dilakukan secara efisien dan real-time, mulai dari pengumpulan data citra, pra-pemrosesan, hingga klasifikasi fitur wajah seperti mata, hidung, dan mulut. (Dafa Ramadhan et al n.d.)

Haar Cascade sendiri adalah metode yang dikembangkan oleh Viola-Jones yang menggunakan fitur Haar-like untuk mendeteksi area gelap dan terang pada wajah. Python memudahkan pemrosesan ini dengan fungsi – fungsi yang mengakses nilai piksel dan menerapkan classifier secara bertahap untuk mengenali wajah dalam gambar atau video. Implementasi Python memungkinkan pengujian akurasi deteksi wajah yang mencapai sekitar 92% dengan kecepatan proses rata – rata 30 ms per frame, menunjukkan performa yang baik dalam berbagai kondisi pencahayaan dan orientasi wajah. (Dinah et al.n.d.)

Selain itu, Python dengan Open CV menyediakan API yang mudah digunakan untuk memuat model Haar Cascade yang sudah dilatih, sehingga pengembang dapat langsung mengaplikasikan deteksi wajah tanpa harus membangun model dari awal. Hal ini sangat membantu dalam pengembangan aplikasi deteksi wajah berbasis desktop, web atau mobile dengan kemampuan real-time. Contohnya, penggunaan webcam untuk menangkap gambar dan mendeteksi wajah secara langsung menggunakan Python dan Haar Cascade sangat populer dalam berbagai aplikasi pengenalan wajah. (Putri Jutika, n.d.)

Secara teknis, Python memfasilitasi pengolahan gambar menggunakan array piksel dan operasi matriks yang diperlukan dalam perhitungan fitur Haar. Kombinasi Python dan Open CV juga mendukung integrasi dengan teknologi

lain seperti machine learning untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan sistem deteksi wajah. (Rochmawati, n.d.)

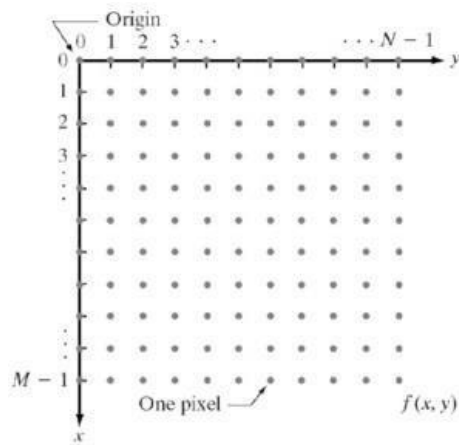
Kesimpulannya, Python adalah bahasa pemrograman utama yang mendukung implementasi metode Haar Cascade dalam pengidentifikasi wajah karena kemudahan penggunaan, dukungan pustaka Open CV dan performa yang mampu dalam pemrosesan gambar dan video secara real-time.

2.8 Citra Digital

2.8.1 Definisi Citra Digital

Berdasarkan pada umumnya, pengolahan citra digital menunjuk pada suatu pemrosesan gambar 2 dimensi yang menggunakan komputer. Dalam konteks luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data yang memiliki 2 dimensi.

Citra digital adalah sebuah larik (array) yang berisi nilai real dan kompleks yang didespresentasikan dengan deretan bit tertentu. Sebuah citra dapat diartikan sebagai fungsi $f(y,x)$, yang berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y yaitu koordinat spesial, dan amplitude f di titik koordinat (x,y) yang dinamakan dengan intensitas atau suatu tingkat keabuan dari suatu citra titik tersebut. Gambar di bawah ini menunjukan suatu posisi kordinat citra digital. (Willy Andika Putra, n.d.)



Gambar 1.jpg Koordinat representasi citra

Gambar 2.3 posisi kordinat citra digital.

2.8.2 Rekaya Citra Digital

Rekayasa citra digital merupakan salah satu bidang penting dalam teknologi informasi yang fokus utamanya adalah pemrosesan dan analisis citra menggunakan komputer. Di dalam deteksi wajah (*face detection*), rekayasa citra digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan wajah manusia dalam sebuah gambar atau video melalui serangkaian tahapan seperti normalisasi pencahayaan, segmentasi objek, hingga ekstraksi fitur penting seperti mata dan hidung.

Proses ini memungkinkan sistem mendeteksi wajah secara otomatis meskipun terdapat variasi pencahayaan, posisi, maupun ekspresi wajah. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam deteksi wajah adalah algoritma Haar Cascade Classifier, yang merupakan bagian dari pendekatan rekayasa citra klasik. Algoritma ini mengandalkan fitur Haar dan teknik klasifikasi berjenjang (Cascade Classifier) untuk menyaring fitur wajah secara cepat dan efisien. (Kenda & Witanti, n.d.-a)

Implementasi rekayasa citra dan Haar Cascade juga diaplikasikan pada sistem absensi otomatis yang memanfaatkan deteksi wajah sebagai autentikasi kehadiran karyawan. Sistem absensi dengan *face detection* memberikan akurasi tinggi dan mampu menggantikan metode manual yang rawan manipulasi data.(Miftahuddin, n.d.).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang penyusunan data dan informasi sebagai dokumen pendukung sebuah materi yang akan di jabarkan pada bagian hasil suatu penelitian. Selain itu, untuk menyelesaikan permasalahan yang terdapat dalam desain sistem, peneliti melewati beberapa tahap penelitian. Bab ini juga mencakup penjelasan mengenai komponen serta perangkat yang digunakan, serta metode penelitian yang diterapkan dalam pengembangan sistem.

3.1 Metode penelitian

Penelitian ini melakukan eksperimen untuk menguji kinerja dari algoritma Haar Cascade Classifier dalam mendeteksi wajah menggunakan OpenCv. Eksperimen dilakukan dengan bertujuan untuk menerapkan algoritma Haar Cascade pada dataset gambar atau video dengan berbagai kondisi pencahayaan, sudut wajah, dan parameter deteksi. Tujuannya ialah menganalisis akurasi. (Csurka et al., n.d.) Pendekatan eksperimen ini melibatkan beberapa tahapan utama, pengumpulan dataset, implementasi algoritma, serta evaluasi sistem kerja.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengujian sistem secara langsung terhadap beberapa orang yang berperan sebagai subjek uji. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mengetahui kemampuan

sistem dalam mengenali dan mendeteksi wajah dengan menggunakan algoritma

Haar Cascade Classifier.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan melibatkan beberapa orang yang berbeda sebagai responden sukarela. Setiap responden akan diminta untuk berdiri di depan Web Camera pada jarak tertentu, kemudian sistem akan mengambil gambar wajah dan memprosesnya menggunakan algoritma Haar Cascade. Data yang dikumpulkan meliputi :

- a. Gambar wajah yang berhasil dideteksi
- b. Jumlah wajah yang tidak terdeteksi (gagal deteksi)
- c. Kondisi pencahayaan saat pengujian
- d. Sudut atau posisi wajah saat pengujian (menghadap lurus, miring, atau sedikit menunduk)

Pengujian dilakukan dalam beberapa skenario, seperti:

- a. Pencahayaan terang dan stabil
- b. Pencahayaan redup
- c. Wajah menghadap langsung ke kamera
- d. Wajah dalam posisi miring atau sebagian tertutup

Setelah pengujian dilakukan, hasil dari setiap responden akan direkap untuk dianalisis tingkat keberhasilan deteksi wajah oleh sistem. Teknik ini bersifat kuantitatif dan deskriptif, karena mengandalkan jumlah deteksi yang berhasil dibandingkan dengan jumlah total pengujian per individu.

Melalui teknik pengumpulan data ini, peneliti dapat menilai efektivitas sistem deteksi wajah dalam kondisi nyata serta mengetahui keterbatasan dan potensi perbaikan dari metode yang digunakan.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen yang melibatkan beberapa variabel utama, yang dikategorikan kedalam tiga kelompok, yaitu variabel independen, variabel dependen, dan variabel kontrol. Setiap variabel memiliki peran penting dalam memastikan bahwa hasil yang diperoleh dapat dianalisis secara objektif dan akurat. Dengan mengidentifikasi dan mengontrol variabel-variabel ini, penelitian dapat memberikan hasil yang lebih valid serta meminimalkan bias yang mungkin terjadi selama pengujian.(Citra et al., n.d.)

3.3.1 Variabel Idenpenden

Variabel dalam penelitian ini adalah algirtma haar cascade classifier, yang digunakan sebagai metode utama dalam mendeteksi wajah pada citra digital atau vidio secara realtime. Algoritma ini bekerja dengan menggunakan fitur Haar yang diekstraksi dari gambar dan kemudian diklasifikasikan melalui pendekatan untuk meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, Haar Cascade menggunakan teknik Cascade Classifier, yang memungkinkan proses deteksi dilakukan secara bertahap dengan mengeliminasi area gambar yang tidak memiliki kemungkinan mengandung wajah, sehingga membuat proses lebih efisien. Algoritma ini dipilih dalam penelitian karena kecepatan dan efisiensinya dalam mendeteksi wajah pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya, seperti Webcam. Dengan mengontrol variabel ini, penelitian dapat berfokus pada bagaimana algoritma ini bekerja dalam berbagai kondisi lingkungan tanpa dipengaruhi oleh metode lain.(Hartika & Ahmad, 2021)

3.3.2. Variabel Dependen

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah akurasi deteksi wajah, yang akan diukur berdasarkan berbagai parameter evaluasi. Akurasi deteksi wajah menjadi parameter utama dalam menentukan efektivitas algoritma Haar Cascade Classifier dalam mengenali wajah dalam berbagai kondisi, seperti pencahayaan rendah, sudut pandang yang berbeda, serta variasi ekspresi wajah. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan algoritma pada dataset wajah yang telah dikumpulkan. Hasil yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui sejauh mana algoritma dapat menghindari kesalahan deteksi, baik dalam bentuk false positive (mendeteksi wajah padahal bukan) maupun false negative (tidak mendeteksi wajah padahal ada). Nilai akurasi ini nantinya akan menjadi dasar dalam menentukan apakah Haar Cascade cukup efektif digunakan dalam sistem berbasis IoT untuk deteksi wajah secara real-time. (Kenda & Witanti, n.d.-b)

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini terdiri dari faktor lingkungan dan parameter teknis yang dapat mempengaruhi hasil deteksi wajah. Faktor lingkungan mencakup kondisi pencahayaan, di mana variasi pencahayaan yang terlalu terang atau terlalu gelap dapat mempengaruhi kualitas citra yang diproses oleh algoritma. Selain itu, sudut pandang wajah juga menjadi variabel yang dikontrol untuk memastikan bahwa pengujian dilakukan dalam kondisi yang konsisten.

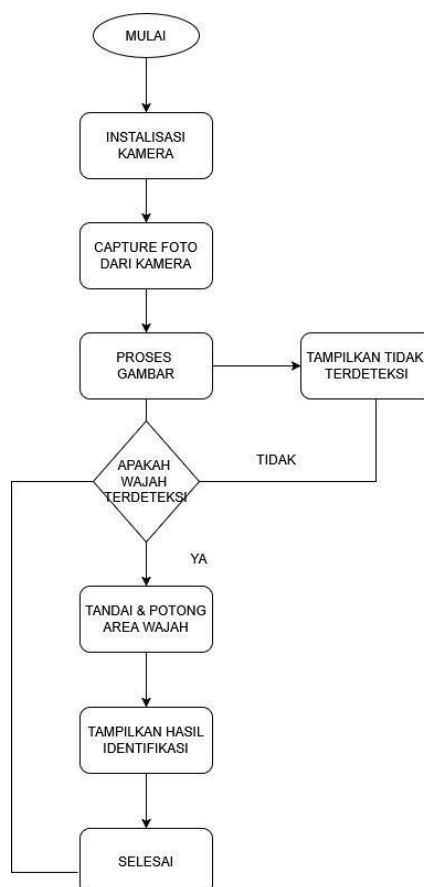
Dari sisi teknis, resolusi gambar yang digunakan dalam penelitian juga dikontrol untuk mencegah perbedaan hasil yang disebabkan oleh variasi ukuran

input. Selain itu, spesifikasi perangkat keras seperti ESP32-CAM sebagai kamera utama dan laptop dengan spesifikasi tertentu yang digunakan dalam pemrosesan

data juga dikontrol agar tidak mempengaruhi hasil penelitian. Dengan menjaga variabel kontrol ini tetap konstan, penelitian dapat memastikan bahwa perubahan dalam akurasi deteksi wajah hanya disebabkan oleh faktor utama yang diuji, yaitu efektivitas algoritma Haar Cascade Classifier.(Kenda & Witanti, n.d.-b)

3.4 Proses Penelitian

Proses penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan sistematis untuk mendapatkan hasil yang optimal.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

4.3.1. Perancangan Sistem

Flowchart pada gambar tersebut menggambarkan secara terstruktur alur perencanaan sistem identifikasi wajah berbasis Haar Cascade Classifier. Proses dimulai dari tahap inisialisasi kamera, di mana perangkat keras sistem disiapkan

untuk menangkap gambar secara real-time. Setelah kamera aktif, sistem akan melakukan proses pengambilan gambar atau foto dari objek yang berada di depan kamera, yang kemudian menjadi input utama untuk tahap selanjutnya. Gambar yang diperoleh akan diproses, untuk mempermudah deteksi fitur wajah dan mempercepat proses komputasi.

Setelah gambar diproses, sistem akan memasuki tahap pendeteksian wajah dengan menggunakan algoritma Haar Cascade. Pada tahap ini, sistem memeriksa apakah dalam gambar terdapat wajah yang dapat dikenali. Jika wajah tidak terdeteksi, maka sistem akan menampilkan pesan atau informasi bahwa wajah tidak ditemukan, dan akan kembali ke proses awal untuk mengambil gambar baru secara berulang. Namun, apabila wajah berhasil terdeteksi, sistem akan menandai area wajah dengan bounding box dan memotong bagian wajah tersebut dari gambar untuk diproses lebih lanjut.

Hasil potongan wajah yang terdeteksi kemudian dibandingkan dengan data wajah yang telah tersimpan sebelumnya di database, sehingga sistem dapat mengidentifikasi individu tersebut. Setelah proses identifikasi selesai, sistem akan menampilkan informasi hasil identifikasi kepada pengguna, misalnya berupa nama, ID, atau data lain yang relevan. Seluruh rangkaian proses ini kemudian

diakhiri dengan kondisi selesai, dan sistem siap untuk mengulangi siklusnya kembali jika diperlukan. Alur ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem berjalan secara otomatis, efisien, dan responsif terhadap berbagai kemungkinan kondisi saat proses pendeteksian wajah berlangsung.

3.5 Konsep Dasar Algoritma Haar Cascade

Haar Cascade adalah algoritma deteksi objek berbasis pola fitur Haar yang dikembangkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001. Algoritma ini dirancang untuk mendeteksi wajah dengan efisien, yang melibatkan pelatihan dengan sejumlah besar gambar positif (wajah) dan negatif (bukan wajah) (R Maale & Nandyal, 2021).

3.5.1. Fitur Haar (Haar Features)

Fitur Haar adalah metode yang membandingkan perbedaan intensitas piksel antara area terang dan gelap dalam suatu gambar. Fitur ini diekstraksi menggunakan filter persegi panjang yang memeriksa kontras antara bagian tertentu dari wajah, seperti :

- a. Perbedaan antara daerah mata (lebih gelap) dan pipi (lebih terang)
- b. Perbedaan antara daerah hidung (lebih terang) dan sekitar mulut (lebih gelap)

Proses ini memungkinkan sistem untuk mengenali pola yang khas dari wajah manusia (R Maale & Nandyal, 2021)

3.6 Spesifikasi Alat

- A. Laptop/PC untuk Pemrograman

Laptop atau komputer pribadi digunakan untuk melakukan pemrograman dan konfigurasi awal ESP32-CAM, serta untuk pengujian dan analisis data hasil

deteksi wajah. Perangkat ini juga berperan dalam menginstal dan menjalankan perangkat lunak pendukung seperti C++ untuk pemrograman mikrokontroler, serta library pendukung seperti Open CV jika pemrosesan lanjutan dilakukan di komputer. Spesifikasi minimum laptop atau PC yang digunakan antara lain prosesor Intel Core i3 atau setara, RAM minimal 4 GB dan sistem operasi Windows atau Linux.

3.7 Mengukur Akurasi

Dalam penelitian pengenalan atau deteksi wajah menggunakan algoritma Haar Cascade, akurasi sistem umumnya diukur menggunakan confusion matrix, yang mencakup parameter berikut:

- a. True Positive (TP): Jumlah wajah yang benar – benar terdeteksi.
 - b. False Positive (FP): Jumlah objek non-wajah yang salah terdeteksi sebagai wajah.
 - c. True Negative (TN): Jumlah objek non-wajah yang benar-benar tidak terdeteksi.
 - d. False Negative (FN): Jumlah wajah yang gagal terdeteksi.
- A. Rumus Akurasi:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

Rumus ini menghitung persentase deteksi yang benar terhadap keseluruhan pengujian.

- B. Rumus Presisi (Precision)

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\%$$

Presisi menunjukkan seberapa banyak deteksi wajah yang benar

dibandingkan dengan total deteksi wajah yang dilakukan.

C. Rumus Recall (Sensitivity)

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FNT} \times 100\%$$

Recall mengukur kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah dari semua wajah yang seharusnya terdeteksi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil pengujian sistem deteksi wajah yang telah dirancang menggunakan algoritma Haar Cascade Classifier pada Kamera Web Cam. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan tingkat akurasi, presisi, dan recall pada berbagai kondisi pencahayaan serta sudut pandang wajah. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui pengaruh faktor lingkungan terhadap performa deteksi, sekaligus mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan sistem yang dikembangkan. Pembahasan pada bab ini diharapkan memberikan gambaran yang jelas mengenai efektivitas metode yang digunakan serta potensi pengembangannya di masa depan.

4.1. Kamera Web Cam

Dalam penelitian ini, perangkat utama yang digunakan untuk menangkap citra wajah adalah kamera webcam bawaan pada laptop. Penggunaan kamera bawaan laptop dipilih karena memiliki tingkat integrasi yang lebih sederhana dibandingkan dengan perangkat tambahan eksternal, seperti kamera USB atau modul kamera IoT. Dengan memanfaatkan webcam internal, sistem dapat secara langsung memproses hasil tangkapan citra tanpa memerlukan perangkat perantara. Hal ini tentu memberikan keuntungan, terutama dalam hal efisiensi penggunaan perangkat keras dan kemudahan integrasi dengan perangkat lunak yang dijalankan.

Tahap awal yang dilakukan adalah menghubungkan dan mengaktifkan

kamera bawaan laptop melalui bahasa pemrograman Python dengan pustaka OpenCV (cv2). Pustaka ini berperan penting karena menyediakan fungsi – fungsi yang memungkinkan komputer untuk mengakses perangkat kamera, menangkap frame citra secara real-time, serta memproses gambar sesuai kebutuhan penelitian. Dengan perintah pemrograman yang relatif sederhana, kamera dapat dipanggil, diaktifkan, serta diarahkan untuk menampilkan atau menyimpan citra yang ditangkap. Proses inilah yang kemudian menjadi dasar bagi tahapan pendeteksian wajah menggunakan algoritma Haar Cascade Classifier.

Selanjutnya, dilakukan penyetelan terhadap resolusi kamera. Dalam penelitian ini, resolusi tangkapan citra diatur pada ukuran 1080 pixel. Pemilihan resolusi ini bukan tanpa alasan. Resolusi yang lebih tinggi memang dapat menghasilkan kualitas gambar yang lebih tajam, namun konsekuensinya adalah meningkatnya beban kerja pada perangkat keras laptop. Proses pengolahan citra pada resolusi tinggi dapat mengakibatkan peningkatan konsumsi memori (RAM). Tidak hanya itu, beban kerja yang lebih berat juga dapat menyebabkan laptop mengalami peningkatan suhu yang berdampak pada performa perangkat secara keseluruhan. Oleh karena itu, resolusi 1080 piksel dipandang sebagai pilihan yang paling seimbang, karena tetap mampu memberikan kualitas citra yang jelas dan memadai, namun tetap ringan diproses oleh perangkat keras laptop.

Dengan pengaturan tersebut, sistem deteksi wajah dapat bekerja secara stabil tanpa hambatan berarti. Kamera laptop mampu menangkap citra dengan

baik, menampilkan hasil secara langsung di layar, serta mengirimkannya ke modul algoritma Haar Cascade Classifier untuk diproses lebih lanjut. Hasil deteksi wajah pun dapat diperoleh dengan lebih cepat dan akurat, sesuai dengan tujuan penelitian ini. Pemanfaatan kamera webcam bawaan laptop dalam konteks ini menunjukkan bahwa meskipun sederhana, perangkat ini dapat dioptimalkan untuk mendukung pengembangan sistem berbasis computer vision, khususnya dalam penerapan deteksi dan identifikasi wajah secara real-time.

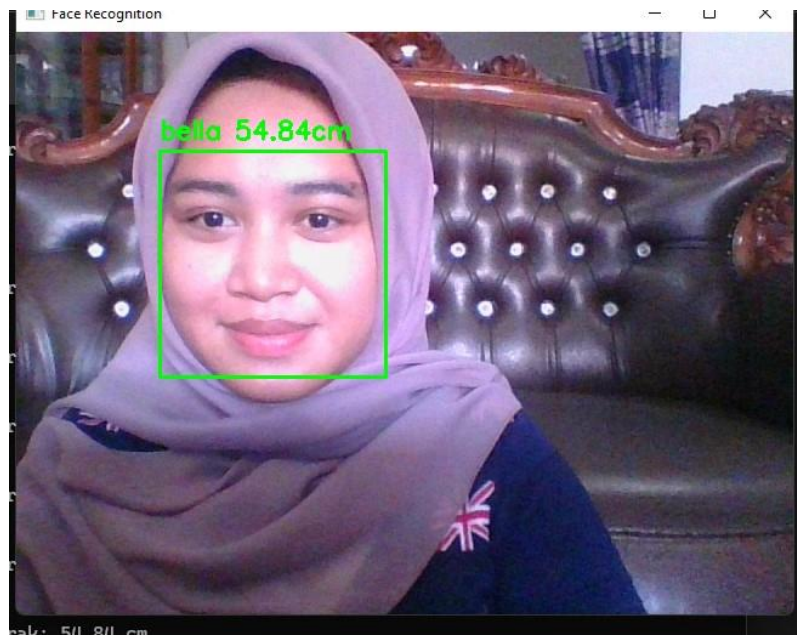
4.2 Kalibrasi jarak Tangkapan Citra

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat deteksi wajah berbasis algoritma Haar Cascade Classifier yang telah dibuat pada perangkat Kamera WebCam . Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat keberhasilan deteksi wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang wajah.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan kalibrasi tangkapan citra berdasarkan jarak, dimana pengaturan dilakukan untuk memastikan hasil tangkapan wajah dapat diperoleh secara menyeluruh. Proses kalibrasi dilakukan sebanyak tiga kali percobaan agar citra yang dihasilkan benar – benar optimal. Tujuan dari kalibrasi ini adalah memastikan bahwa kamera laptop dapat menangkap citra wajah dengan posisi yang tepat, tidak terpotong serta tampil penuh dalam bingkai gambar. Dengan demikian, hasil citra yang diperoleh lebih mudah diproses pada tahap deteksi wajah selanjutnya.

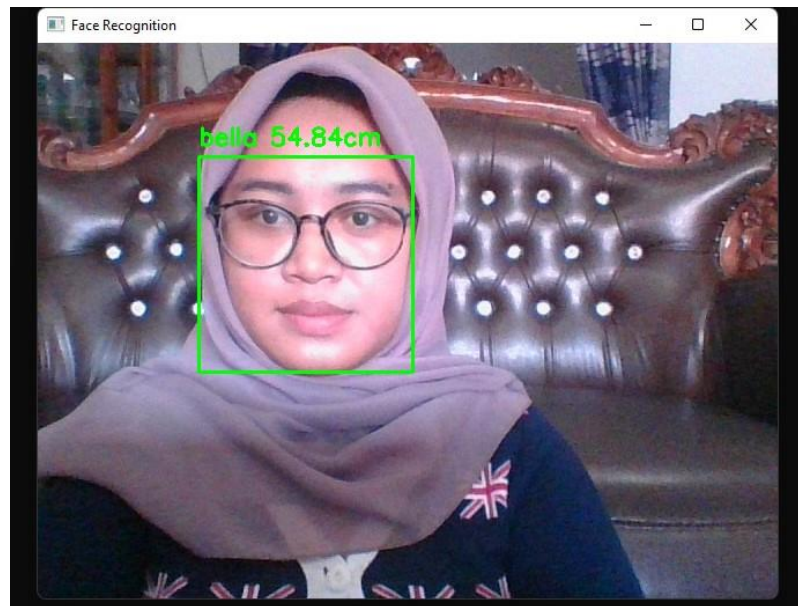
Seluruh citra hasil pengambilan gambar disimpan dalam format Joint Photographic Group (JPG), karena format ini cukup ringan dan kompatibel

dengan proses pengolahan menggunakan pustaka Open CV. Hasil tangkapan citra kemudian diuji dengan menggunakan kamera webcam laptop untuk mendeteksi wajah secara langsung melalui algoritma Haar Cascade Classifier. Proses kalibrasi dan pengujian tangkapan citra ditunjukkan pada Gambar 4.1 , Gambar 4.2 ,

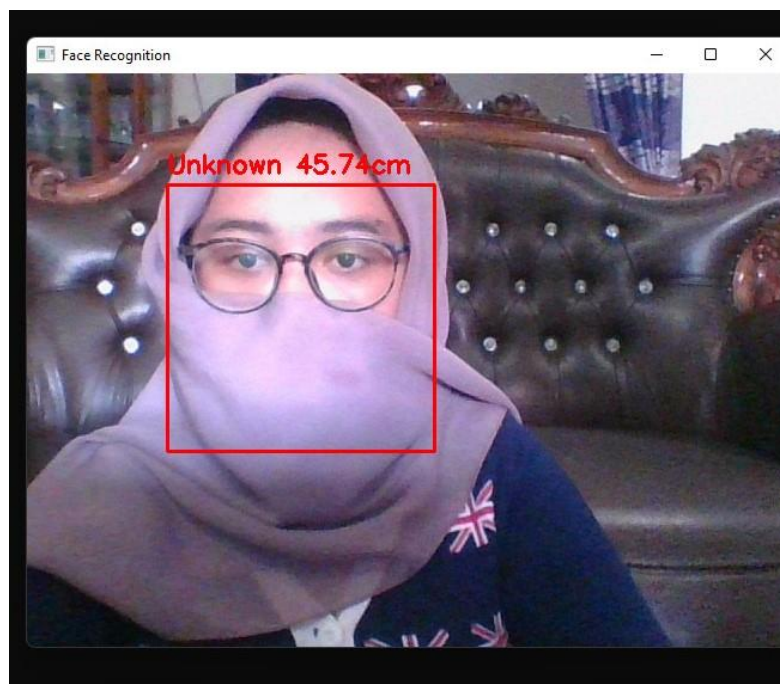


GAMBAR 4.1 Jarak yang paling ideal

dan Gambar 4.1, di mana setiap gambar merepresentasikan hasil percobaan pada jarak yang berbeda hingga diperoleh jarak yang paling ideal untuk mendukung proses deteksi wajah.



GAMBAR 4.2 Jarak Ideal Berkacamata



GAMBAR 4.3 Wajah Tidak Terdeteksi

Tabel 4.1 Keterangan Gambar

Gambar	Kondisi Wajah	Jarak (cm)	Label Deteksi	Status	Keterangan
Gambar 4.1	Tanpa kacamata, tanpa masker	54.84	Bella	TP	Sistem berhasil mengenali wajah dengan benar, citra jelas tanpa hambatan.
Gambar 4.2	Dengan kacamata	54.84	Bella	TP	Sistem tetap mengenali wajah meskipun ada aksesori tambahan (kacamata).
Gambar 4.3	Dengan kacamata + masker	45.74	Unknown	FN	Sistem gagal mengenali karena sebagian wajah tertutup masker meskipun jarak lebih dekat.

A. Gambar 4.1

- a. Kondisi: Wajah tanpa kacamata, tanpa masker.
- b. Jarak deteksi: 54.84 cm
- c. Label: bella
- d. Hasil deteksi: Sistem berhasil mengenali wajah dengan benar.
- e. Status : TP (Benar Positif / Benar Positif)
- f. Penjelasan:

Pada kondisi ini, wajah terlihat jelas tanpa adanya hambatan. Sistem dapat menangkap fitur-fitur utama wajah seperti mata, hidung, mulut, serta bentuk wajah secara optimal. Karena citra wajah yang ditangkap memiliki keselarasan tinggi dengan data latih, maka hasil deteksi dikenal sebagai *bella*

. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik pada kondisi standar tanpa gangguan, sehingga tingkat keakuratannya maksimal.

B. Gambar 4.2

- a. Kondisi: Wajah memakai kacamata.
- b. Jarak deteksi: 54.84 cm
- c. Label: bella
- d. Hasil deteksi: Sistem tetap mengenali wajah dengan benar.
- e. Status : TP (Benar Positif / Benar Positif)
- f. Penjelasan:

Pada kondisi ini terdapat tambahan aksesoris berupa kacamata. Meskipun sebagian kecil area wajah (sekitar mata) tertutupi, sistem tetap dapat melakukan ekstraksi ciri dari bagian wajah lainnya, seperti bentuk wajah, hidung, mulut, dan posisi mata secara keseluruhan. Hasil deteksi tetap sesuai dengan identitas yang ada di database, yaitu *bella* . Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki toleransi yang baik terhadap variasi penampilan ringan seperti penggunaan kacamata, sehingga tidak mengganggu proses pengenalan wajah.

C. Gambar 4.3

- a. Kondisi: Wajah memakai kacamata + sebagian wajah tertutup masker/kerudung.
- b. Jarak deteksi: 45.74 cm
- c. Label: Tidak Diketahui (Tidak Dikenal)
- d. Hasil deteksi: Sistem gagal mengenali wajah (tidak cocok dengan database).

e. Status: FN (False Negative / Negatif Palsu)

f. Penjelasan:

Pada kondisi ini sebagian besar area wajah, terutama hidung dan mulut, tertutup oleh masker dan kerudung. Hal ini menyebabkan sistem kehilangan ciri-ciri utama wajah yang biasanya digunakan sebagai acuan dalam proses pengenalan. Meskipun jarak pengambilan gambar lebih dekat (45.74 cm), kualitas deteksi justru menurun karena sistem hanya dapat membaca sebagian kecil pola wajah. Akibatnya, hasil pengenalan tidak sesuai dengan identitas dalam database dan ditampilkan sebagai *Unknown*. Kasus ini menunjukkan bahwa penggunaan masker merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan akurasi sistem pengenalan wajah.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap tiga kondisi berbeda, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem pengenalan wajah dengan bekerja sangat baik ketika wajah dalam keadaan terbuka tanpa adanya penghalang. Pada kondisi ini, semua fitur utama wajah seperti mata, hidung, dan mulut dapat ditangkap dengan jelas oleh kamera, sehingga proses pencocokan dengan data latih dapat berjalan secara optimal dan menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi.

Selanjutnya, ketika wajah diberi variasi berupa penggunaan kacamata, sistem tetap mampu melakukan identifikasi dengan benar. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan aksesoris ringan seperti kacamata tidak terlalu mempengaruhi proses pengenalan, karena sistem masih dapat membaca pola wajah dari ciri-ciri lain yang terlihat. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sistem memiliki

tingkat toleransi yang cukup baik terhadap perubahan penampilan ringan.

Namun, kondisi berbeda terlihat ketika wajah ditutupi oleh masker. Pada situasi ini, sebagian besar area penting dari wajah, terutama hidung dan mulut, tidak dapat dibaca oleh sistem. Meskipun jarak pengambilan gambar lebih dekat, hasil yang diperoleh justru menurun karena sistem kehilangan sebagian besar informasi yang dibutuhkan untuk pencocokan. Akibatnya, sistem tidak mampu mengenali identitas wajah tersebut dan memberikan hasil *Unknown*. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan masker memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kinerja sistem pengenalan wajah.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengenalan wajah cukup andal pada kondisi normal maupun dengan aksesoris ringan, tetapi masih memiliki batasan besar dalam menghadapi kondisi di mana fitur wajah utama tertutup. Keterbatasan ini penting untuk diperhatikan, terutama jika sistem akan diterapkan dalam situasi nyata yang menuntut tingkat akurasi tinggi, misalnya pada area keamanan atau absensi berbasis biometrik.

4.3 Pelatihan Haar cascade

4.3.1 Pengambilan Citra Wajah

Langkah awal dari pelatihan citra wajah yaitu mengambil data wajah yang akan dilatih untuk masing masing dengan 5 wajah yang teridentifikasi dan 4 wajah tidak disertakan dalam pelatihan dan dianggap sebagai wajah asing. Wajah wajah yang teridentifikasi dan wajah yang tidak teridentifikasi wajah asing dengan nama nama masing masing wajah yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.1

berikut ini.

Tabel 4.2 Nama-Nama Pengguna

User Id	Nama Pengguna	Status
1	Bella	Wajah Terdaftar
2	Afrida	Wajah Terdaftar
3	Rifdah	Wajah Terdaftar
4	Hana	Wajah Terdaftar
5	Nikma	Wajah Terdaftar
6	Surya	Wajah Asing
7	Rahmad	Wajah Asing
8	Handala	Wajah Asing
9	Pia	Wajah Asing

Tabel diatas menunjukkan pengguna dengan nama “Bella”, “Nikma”, “Afrida”, “Hana”, dan “Rifdah” termasuk dalam wajah terdaftar dengan arti wajah pengguna tersebut dapat dikenali oleh program dikarenakan wajah tersebut sudah masuk kedalam database, sedangkan pengguna wajah dengan nama “Surya”, “Handala”, ”Rahmad” dan “Pia” merupakan wajah pengguna dalam pelatihan pengenalan wajah dan dianggap wajah asing dari pengguna tersebut tidak terdaftar.

Wajah yang tidak dikenali tidak termasuk kedalam database. Tetapi sistem tetap dapat mengenali dengan “UNKNOWN” . Nama pengguna yang terdaftar pada Tabel diatas tersebut kemudian dilakukan pengambilan wajah dengan

kamera webcam pada proses pengambilan citra sebanyak 30 kali. Pada masing masing wajah terdeteksi dengan masing masing data citra wajah ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4.4 Percobaan pertama wajah pengguna “Bella”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Bella” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 1 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan



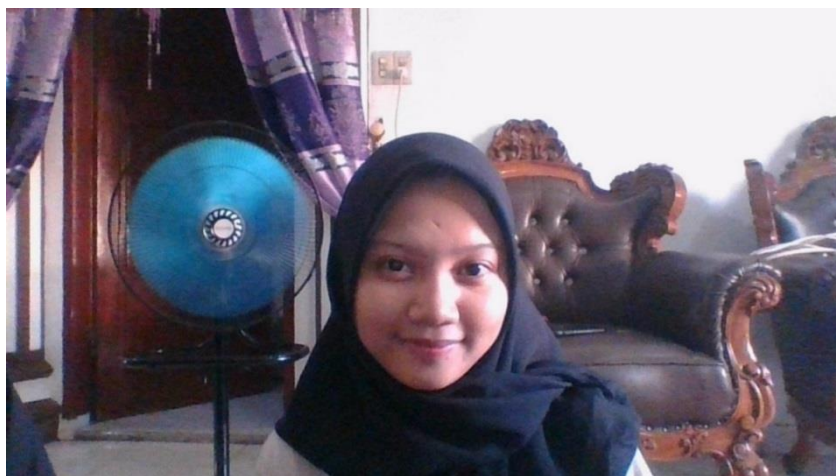
Gambar 4.5 Percobaan pertama wajah pengguna “Afrida ”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Afrida” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 2 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah.



Gambar 4.6 Percobaan pertama wajah pengguna “Rifdah”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Rifdah” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 3 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah.



Gambar 4.7 Percobaan pertama wajah pengguna “Hana”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Hana” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 4 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah



Gambar 4.8 Percobaan pertama wajah pengguna “Nikma”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Nikma” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 5 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* pengenalan wajah.



Gambar 4.9 Percobaan pertama wajah pengguna “Surya”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Surya” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 6 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah.



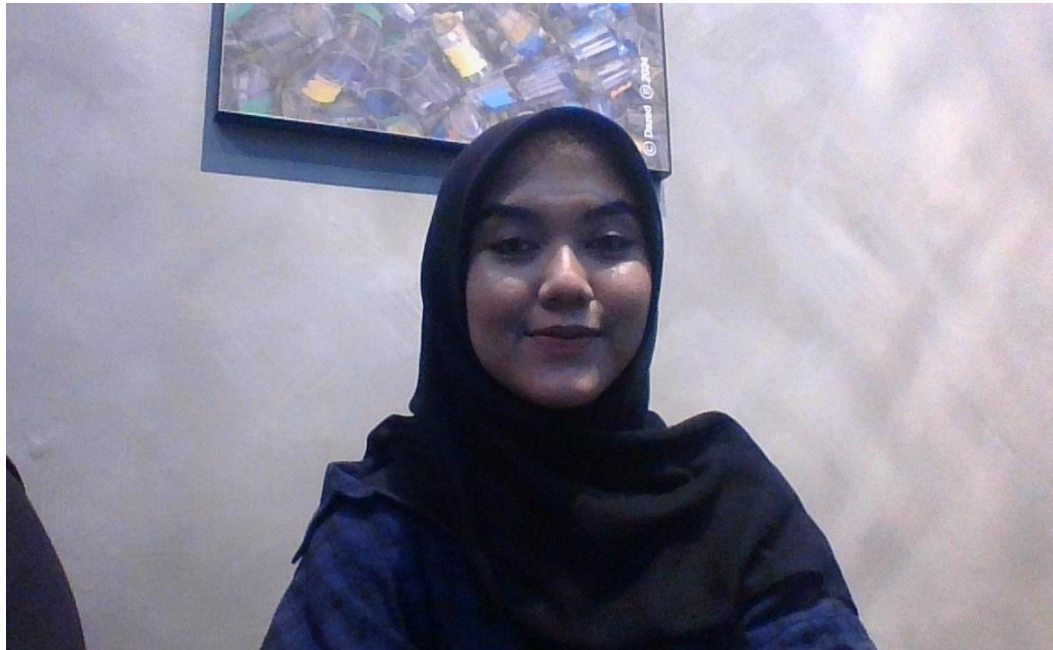
Gambar 4.10 Percobaan pertama wajah pengguna “Rahmad”

Gambar diatas menunjukkan wajah yang tidak terdaftar di database dengan nama “Rahmad” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 7 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah.



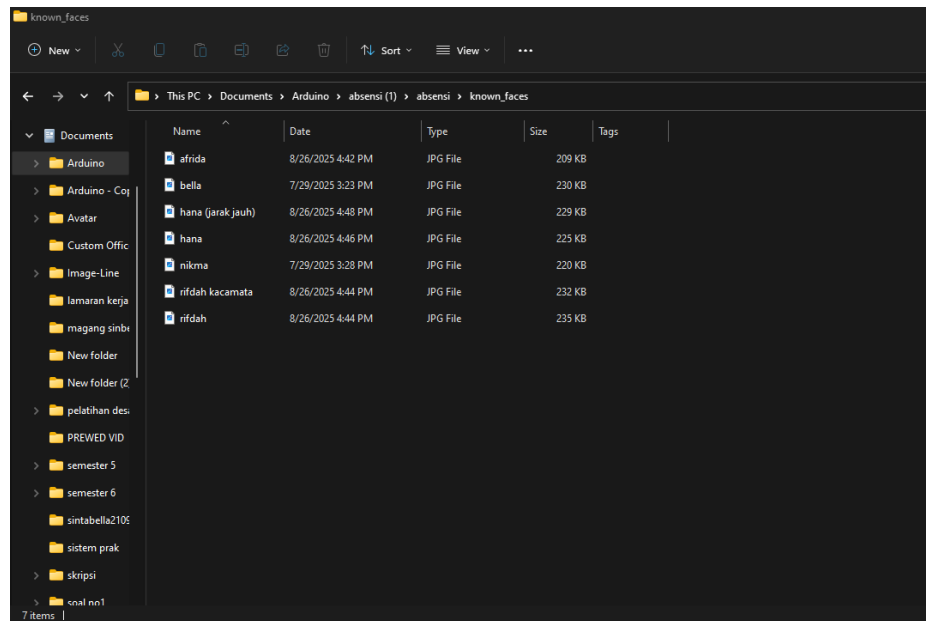
Gambar 4.11 Percobaan pertama wajah pengguna “Handala”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Handala” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 8 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah.



Gambar 4.12 Percobaan pertama wajah pengguna “Nikma”

Gambar diatas menunjukkan wajah terdaftar dengan nama “Pia” sebagai wajah identifikasi terdaftar pertama dengan user id yaitu 9 dan pengambilan citra wajah dari kamera webcam untuk pengenalan *Haar cascade* dalam pengenalan wajah.



Gambar 4.13 Data Wajah Terdaftar

Gambar diatas menunjukkan data wajah terdaftar sebagai tempat folder penyimpanan untuk kemudian dilatih sebagai para nama wajah yang terdaftar dan teridentifikasi untuk deteksi wajah melalui webcam.

4.4. Pengujian Pelatihan Haar cascade

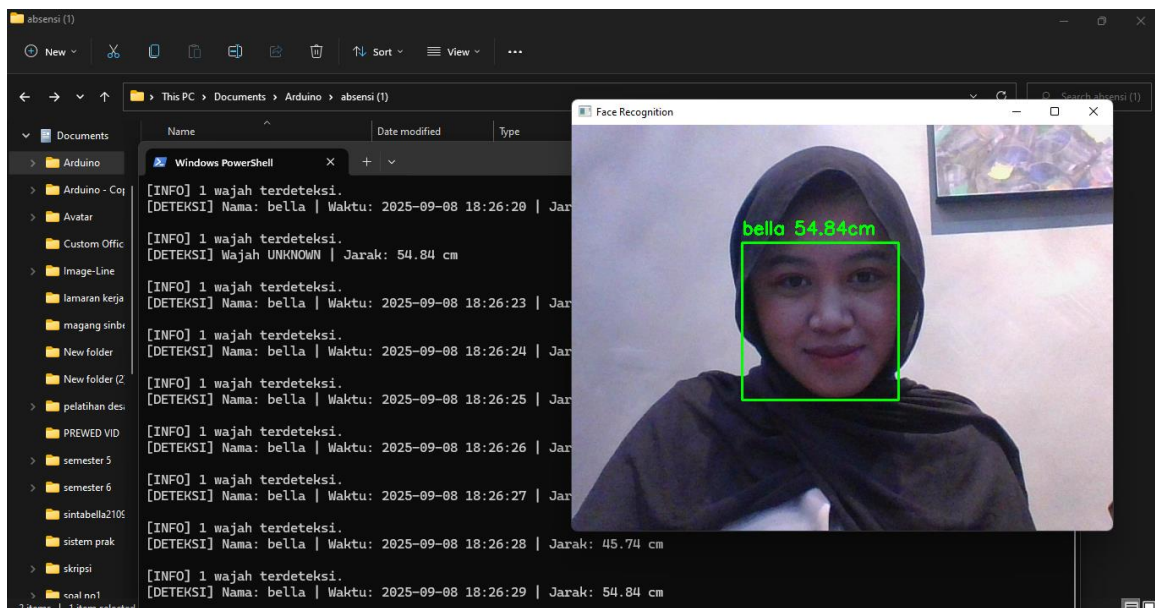
Proses berikutnya yaitu menguji hasil pelatihan dari algoritma *Haar cascade* dengan tujuan melihat hasil akurasi dari pelatihan yang telah dibuat sebelumnya dengan akurasi pelatihan 100%. Pengujian menggunakan nama wajah atau user 1 sampai 7 yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Nama yang terdeteksi dan tidak terdeteksi

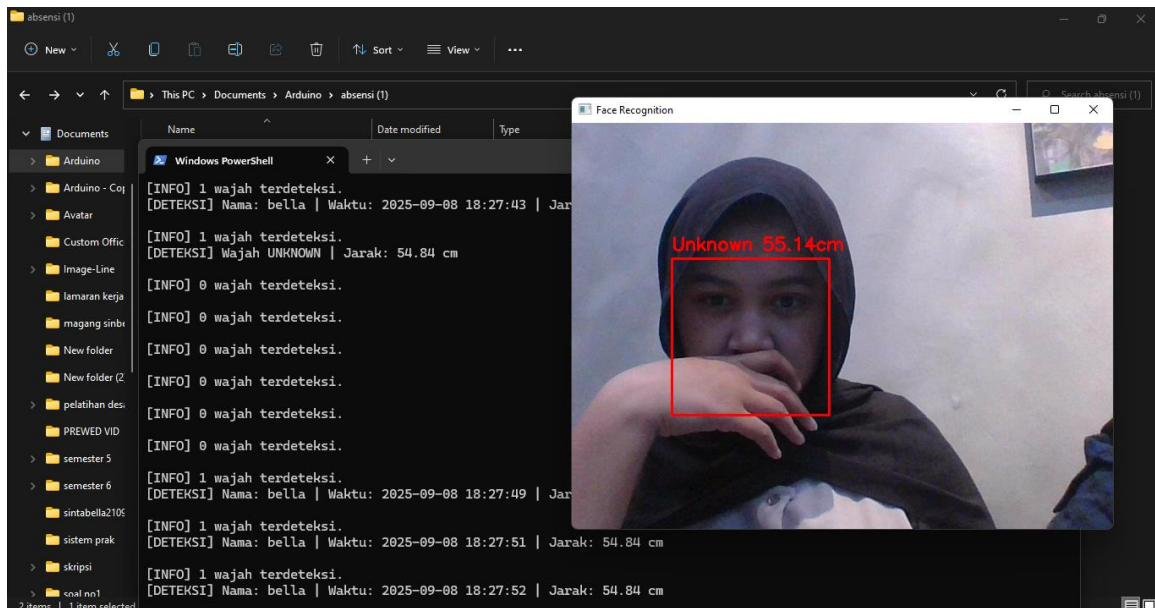
No	Nama Orang	Status Terdaftar	
		Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
1	Bella	Ya	-
2	Afrida	Ya	-

3	Rifdah	Ya	-
4	Hana	Ya	-
5	Nikma	Ya	-
6	Surya	-	Ya
7	Handala	-	Ya
8	Rahmad	-	Ya
9	Pia	-	Ya

Tabel Diatas menunjukkan klasifikasi berdasarkan wajah pengguna yang terdaftar dan tidak terdaftar. Nama wajah pengguna dengan user id nomor 1 hingga 5 adalah wajah yang terdaftar sedangkan wajah pengguna dengan nomor 6 dan 9 merupakan wajah pengguna yang tidak terdaftar.

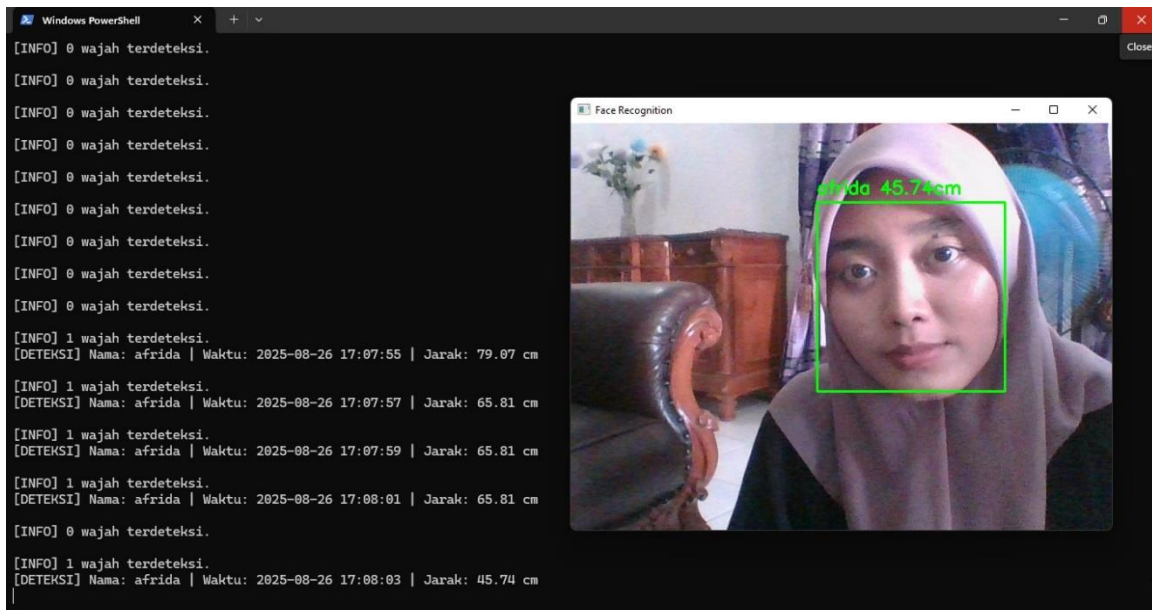


Gambar.4.14 Wajah pengguna terdaftar user id “Bella”

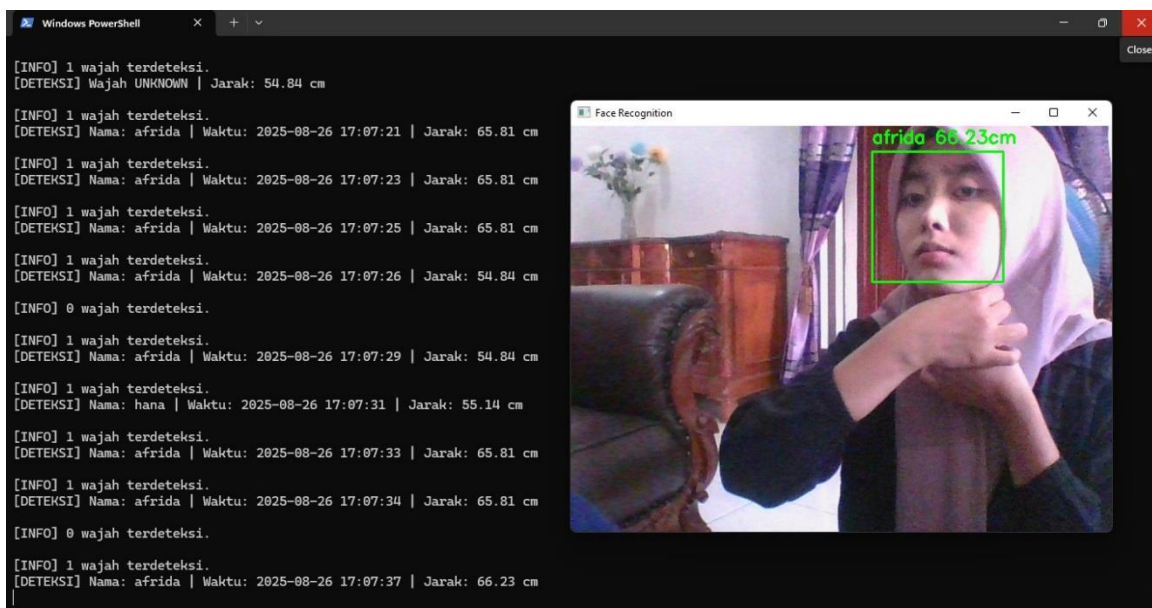


Gambar.4.15 Wajah pengguna terdaftar user id “Bella”

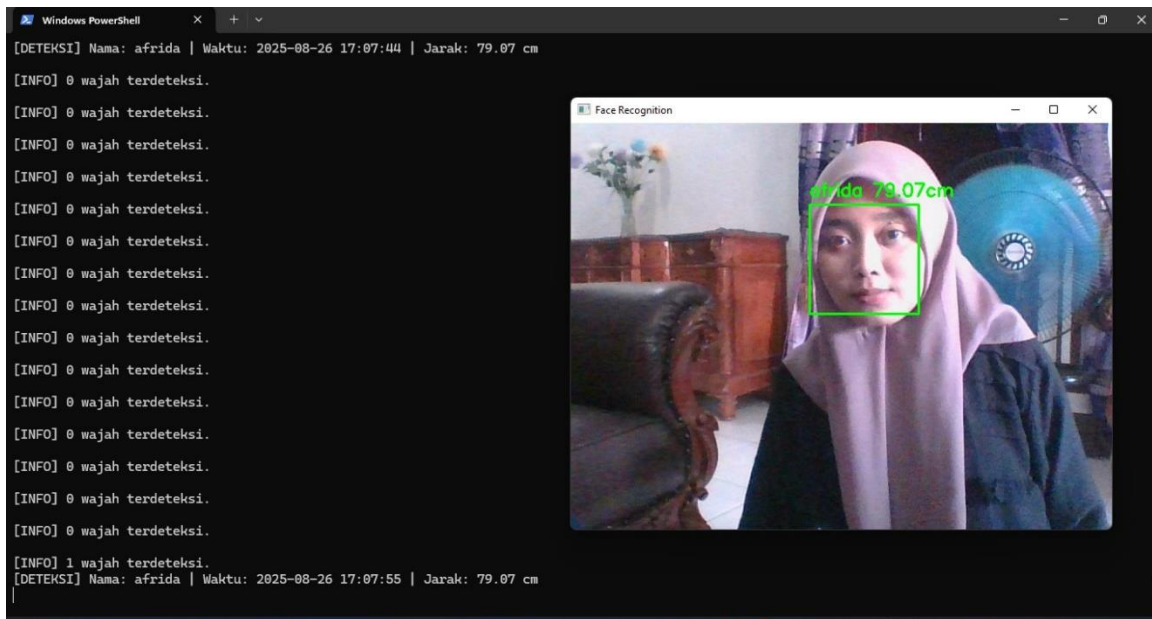
Pada percobaan pertama sistem berhasil mengenali wajah pengguna “**Bella**” dengan jarak deteksi 54,84 cm. Sistem mampu mendeteksi dengan baik bahkan pada jarak jauh. Pada percobaan kedua, sistem tidak mampu mendeteksi wajah tersebut dikarenakan tertutup oleh masker dengan jarak deteksi 55.14cm. Sistem mampu mengenali wajah pengguna “**Bella**” pada jarak jauh atau dekat, menunjukkan bahwa pengenalan masih bekerja. Dari kedua kali percobaan ini dapat disimpulkan bahwa algoritma Haar Cascade cukup baik dalam mengenali wajah “**Bella**”, dengan tingkat keberhasilan 100% setelah wajah jelas terlihat .



Gambar.4.16 Wajah pengguna terdaftar user id “Afrida”

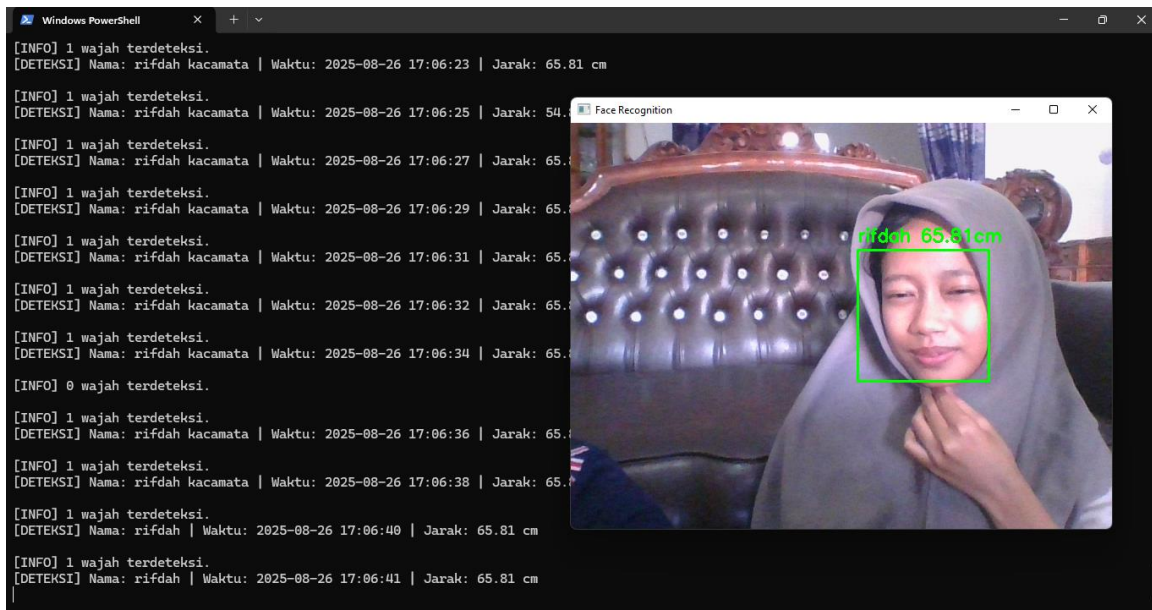


Gambar.4.17 Wajah pengguna terdaftar user id “Afrida”

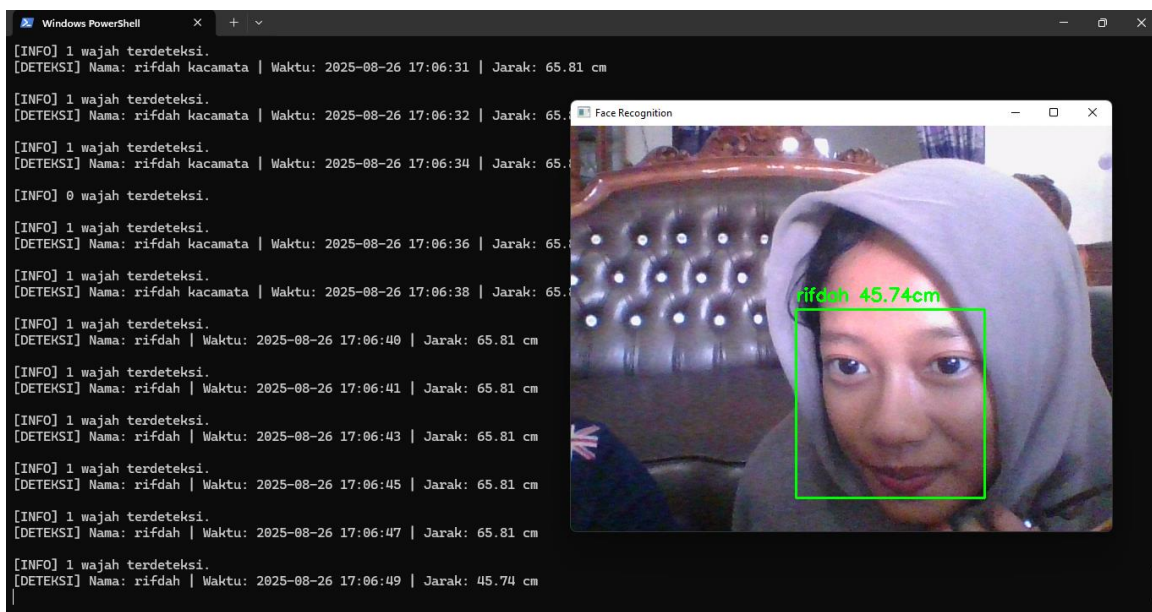


Gambar.4.18 Wajah pengguna terdaftar user id “Afrida”

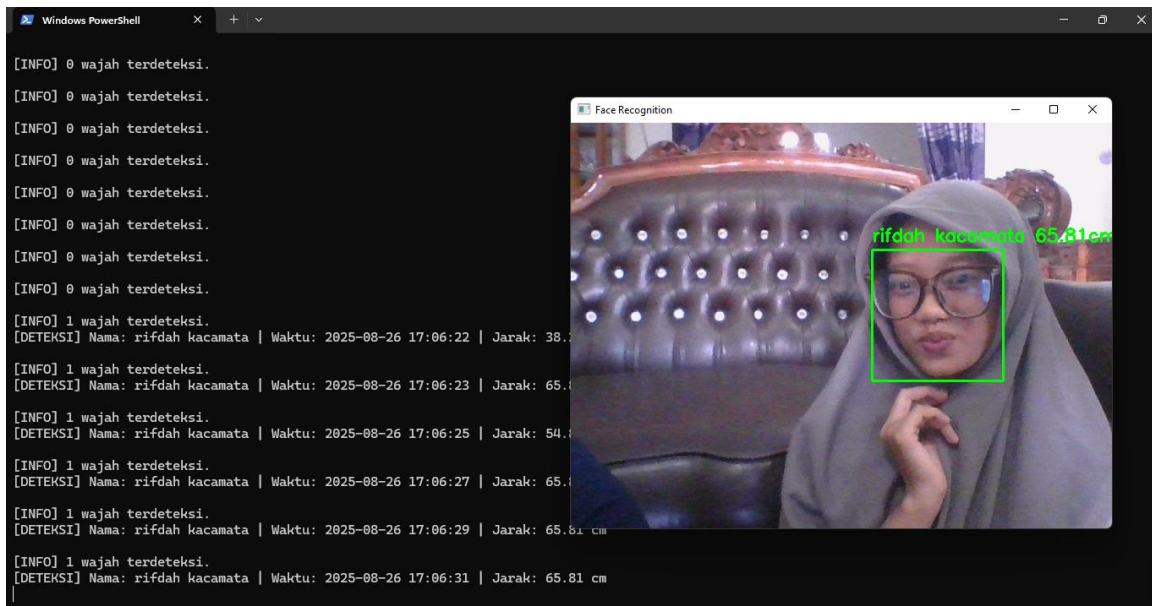
Pada percobaan pertama sistem berhasil mengenali wajah pengguna **“Afrida”** dengan jarak deteksi $\pm 45,74$ cm. Pada percobaan kedua, sistem juga berhasil mengenali wajah dengan baik pada jarak $\pm 66,23$ cm, meskipun sebelumnya sempat salah mendeteksi wajah dengan **UNKNOWN** karena kondisi wajah tidak sepenuhnya menghadap kamera. Pada percobaan ketiga, sistem tetap mampu mengenali wajah pengguna **“Afrida”** pada jarak yang lebih jauh yaitu $\pm 79,07$ cm, menunjukkan bahwa pengenalan masih bekerja meskipun jarak cukup jauh. Dari ketiga kali percobaan ini dapat disimpulkan bahwa algoritma Haar Cascade cukup baik dalam mengenali wajah **“Afrida”**, dengan tingkat keberhasilan 100% setelah wajah jelas terlihat meskipun sempat ada kegagalan deteksi ketika posisi wajah tidak ideal.



Gambar.4.19 Wajah pengguna terdaftar user id “Rifdah”

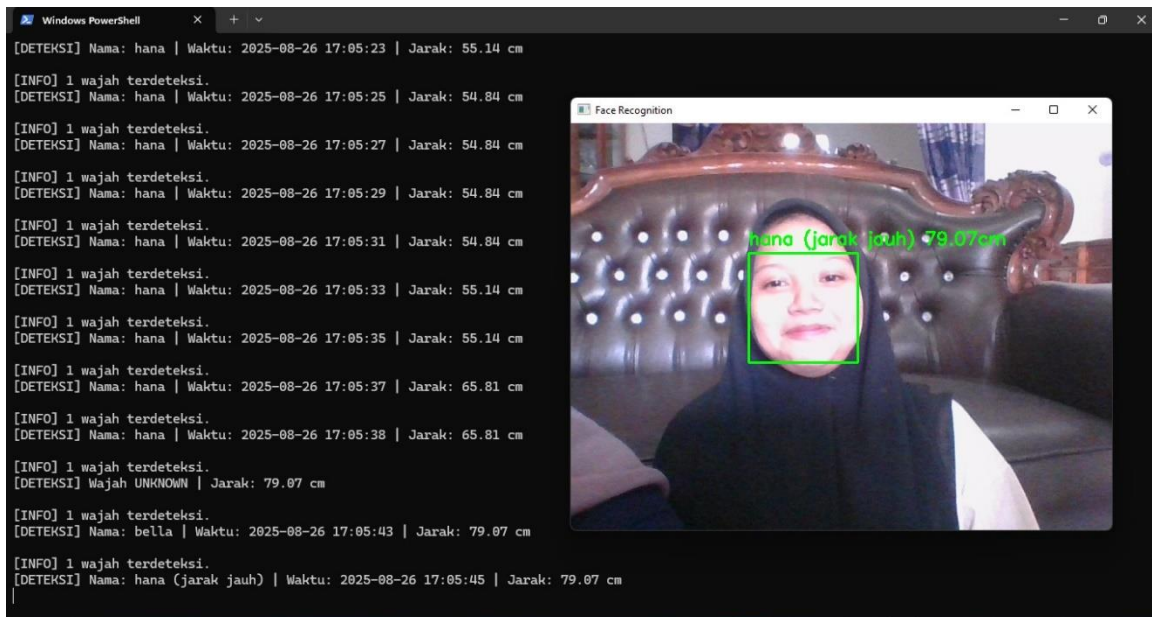


Gambar.4.20 Wajah pengguna terdaftar user id “Rifdah”

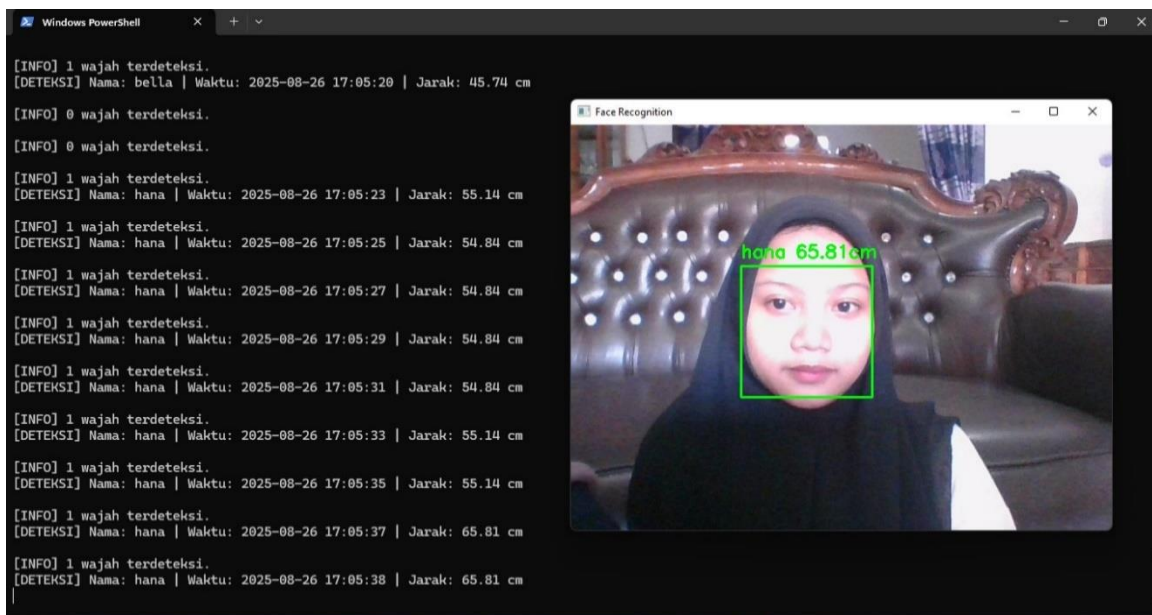


Gambar.4.21 Wajah pengguna terdaftar user id “Rifdah”

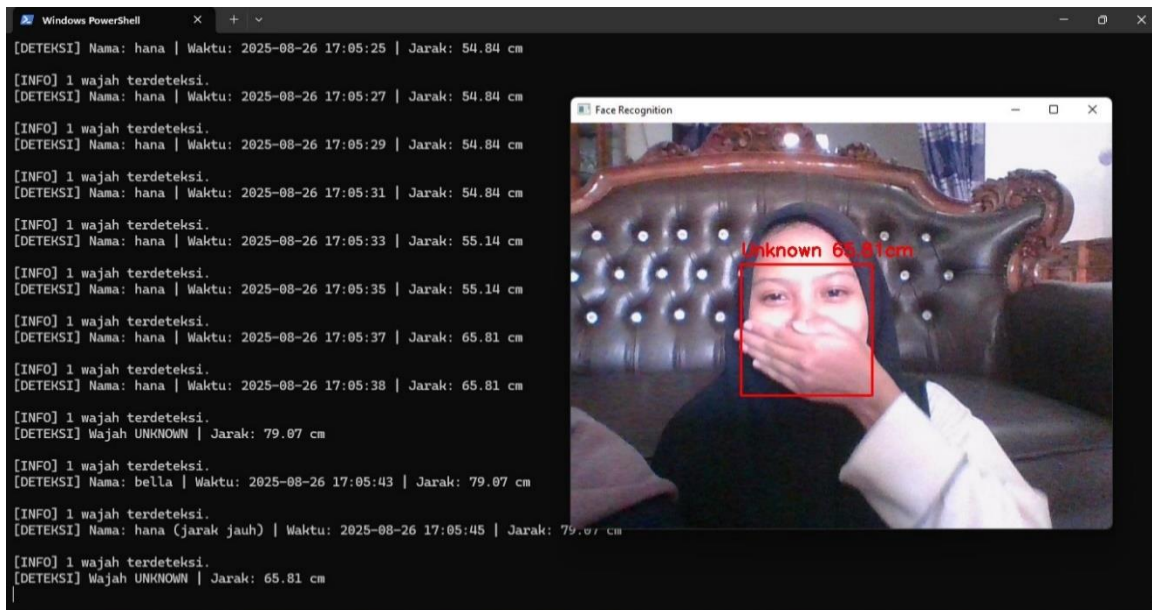
Pada percobaan pertama sistem berhasil mengenali wajah pengguna **“Rifdah”** dengan jarak deteksi $\pm 65,81$ cm. Pada percobaan kedua, sistem juga berhasil mengenali wajah dengan baik pada jarak $\pm 45,74$ cm, meskipun sebelumnya sempat salah mendeteksi wajah dengan **UNKNOWN** karena kondisi wajah tidak sepenuhnya menghadap kamera. Pada percobaan ketiga, sistem tetap mampu mengenali wajah pengguna **“Rifdah”** pada jarak yang lebih jauh yaitu $\pm 65,81$ cm, walaupun percobaan ketiga menggunakan kacamata tetapi sistem mampu mendeteksinya dengan baik. Menunjukkan bahwa pengenalan masih bekerja meskipun jarak cukup jauh. Dari ketiga kali percobaan ini dapat disimpulkan bahwa algoritma Haar Cascade cukup baik dalam mengenali wajah **“Rifdah”**, dengan tingkat keberhasilan 100% setelah wajah jelas terlihat meskipun sempat ada kegagalan deteksi ketika posisi wajah tidak ideal.



Gambar.4.22 Wajah pengguna terdaftar user id “Hana”

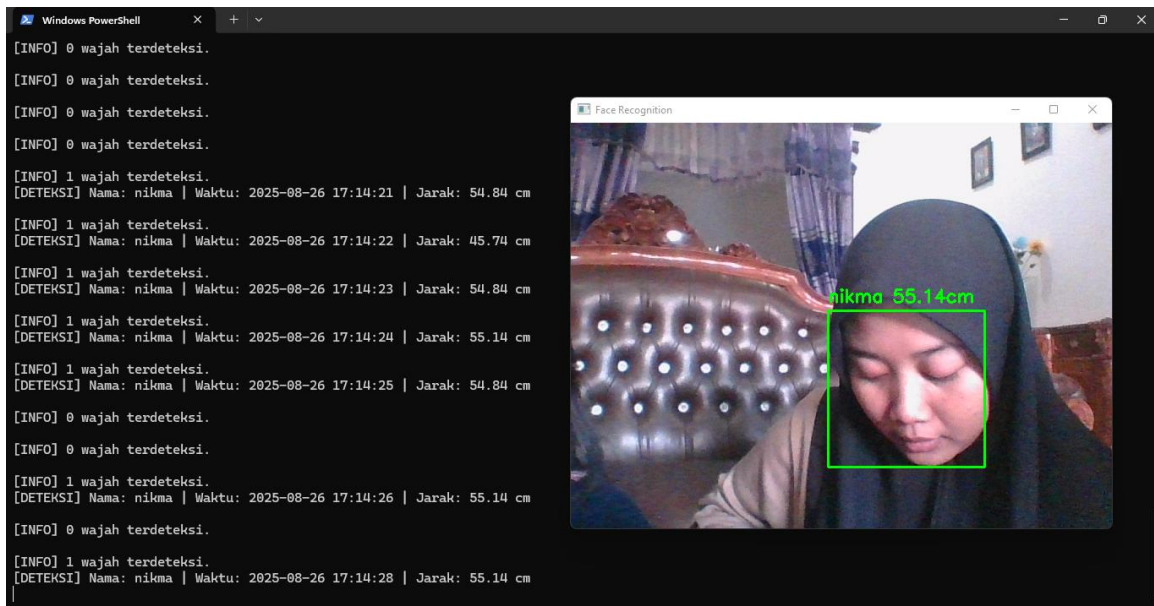


Gambar.4.23 Wajah pengguna terdaftar user id “Hana”

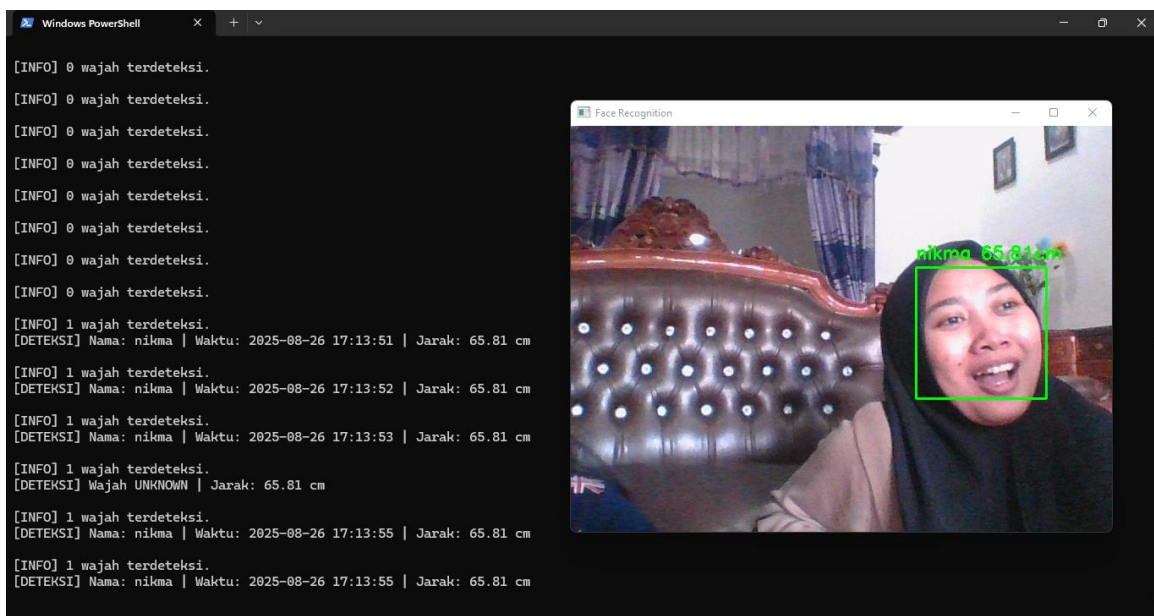


Gambar.4.24 Wajah pengguna terdaftar user id “Hana”

Pada percobaan pertama sistem berhasil mengenali wajah pengguna **“Hana”** dengan jarak deteksi $\pm 79,07$ cm. Sistem mampu mendeteksi dengan baik bahkan pada jarak jauh. Pada percobaan kedua, sistem juga berhasil mengenali wajah dengan baik pada jarak $\pm 65,81$ cm. Pada percobaan ketiga, sistem tidak mampu mendeteksi wajah tersebut dikarenakan tertutup oleh masker. Sistem mampu mengenali wajah pengguna **“Hana”** pada jarak jauh atau dekat, menunjukkan bahwa pengenalan masih bekerja. Dari ketiga kali percobaan ini dapat disimpulkan bahwa algoritma Haar Cascade cukup baik dalam mengenali wajah **“Hana”**, dengan tingkat keberhasilan 100% setelah wajah jelas terlihat meskipun sempat ada kegagalan deteksi ketika posisi wajah tidak ideal.



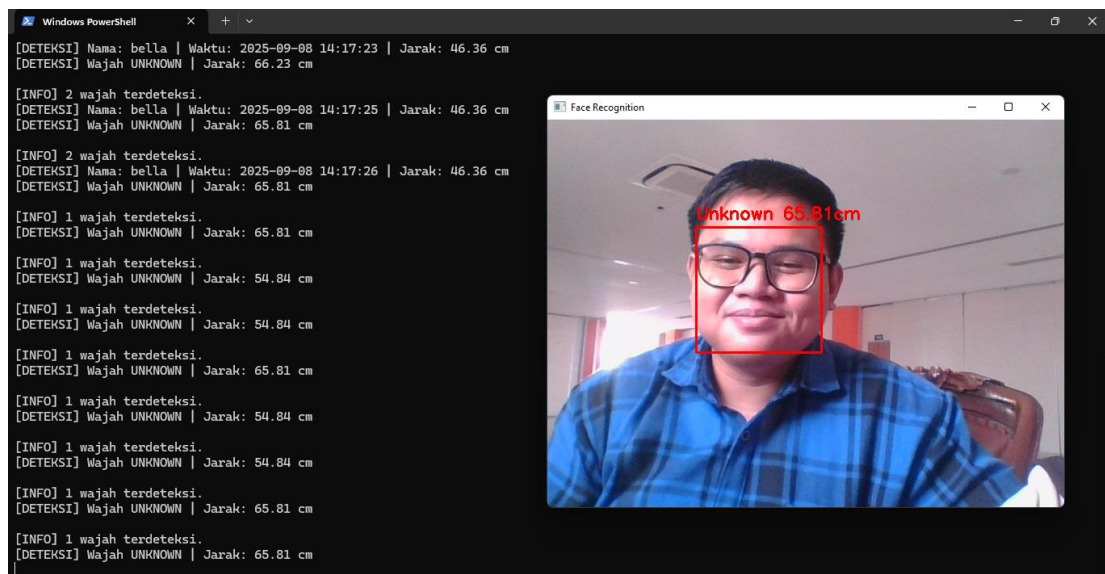
Gambar.4.25 Wajah pengguna terdaftar user id “Nikma”



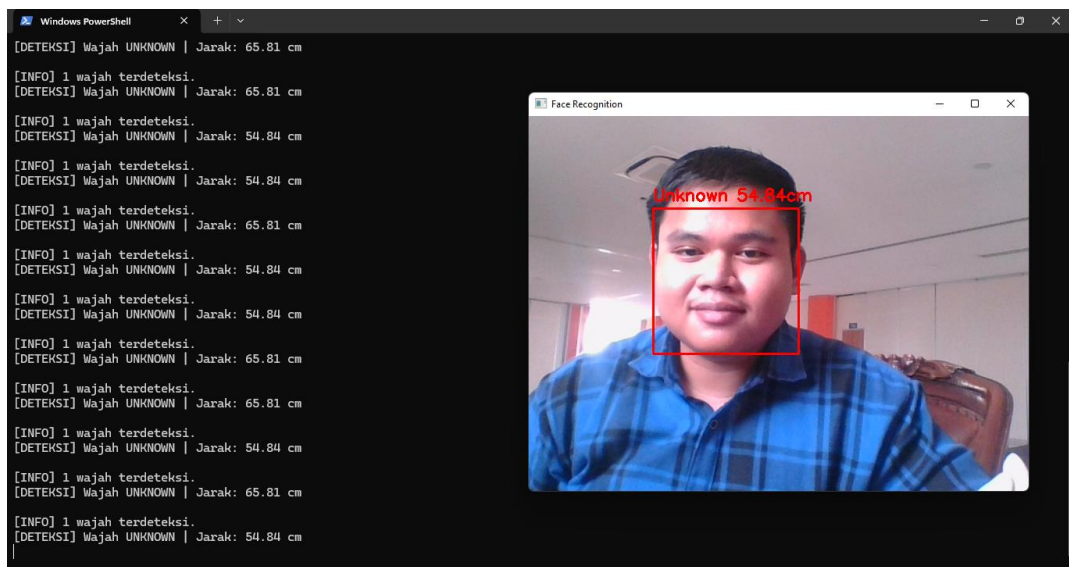
Gambar.4.26 Wajah pengguna terdaftar user id “Nikma”

Pada percobaan pertama sistem berhasil mengenali wajah pengguna “Nikma” dengan jarak deteksi $\pm 55,14$ cm. Sistem mampu mendeteksi dengan baik bahkan pada jarak jauh. Pada percobaan kedua, sistem juga berhasil mengenali wajah dengan baik

pada jarak $\pm 65,81$ cm. Dari ketiga kali percobaan ini dapat disimpulkan bahwa algoritma Haar Cascade cukup baik dalam mengenali wajah “Nikma”, dengan tingkat keberhasilan 100% setelah wajah jelas terlihat meskipun sempat ada kegagalan deteksi ketika posisi wajah tidak ideal.

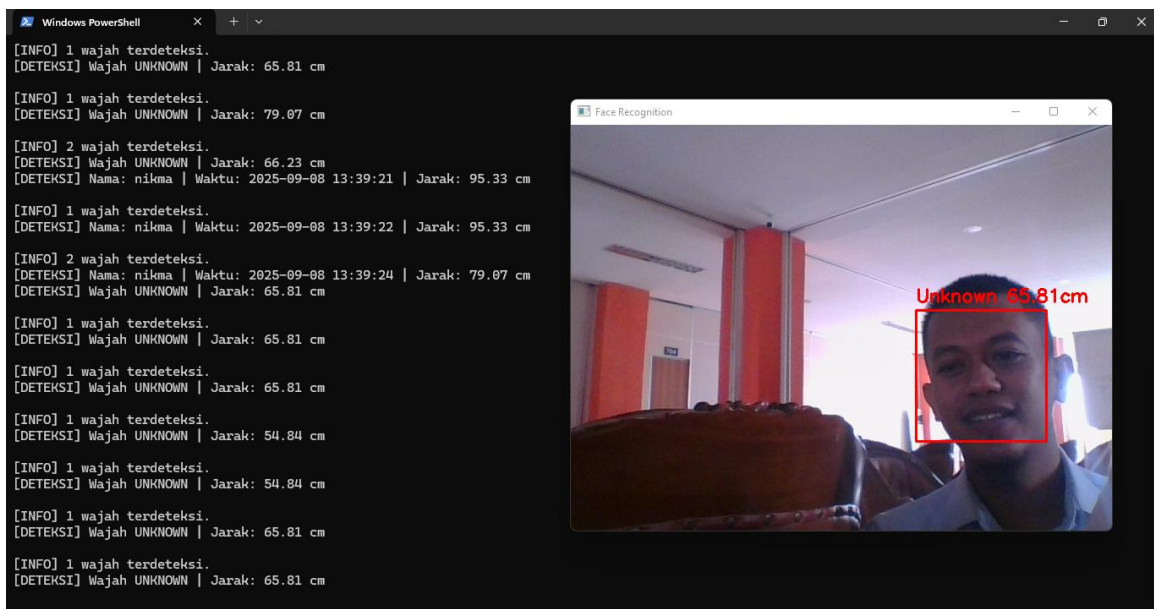


Gambar.4.27 Wajah pengguna terdaftar user id “Surya”

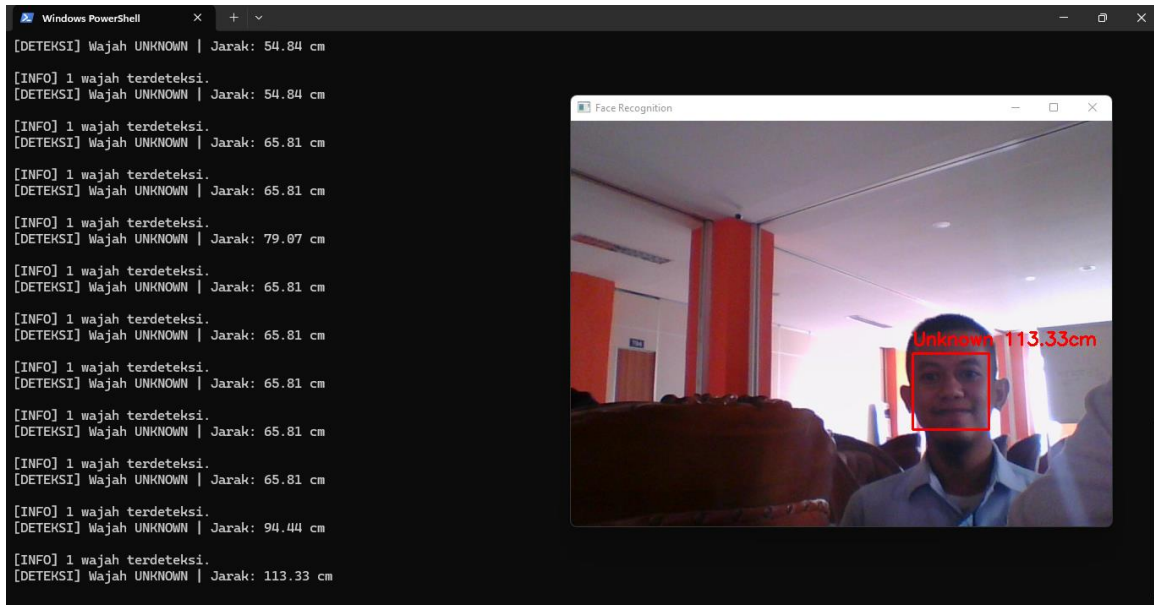


Gambar.4.28 Wajah pengguna terdaftar user id “Surya”

Pada pengujian ini, sistem **tidak berhasil mengenali wajah** karena data wajah “Surya” belum terdaftar dalam database. Sistem menampilkan hasil deteksi dengan label “UNKNOWN” pada beberapa jarak yaitu sekitar **54,84 cm – 65,81 cm**. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Haar Cascade memang dapat mendeteksi keberadaan wajah, tetapi tidak bisa memberikan identitas jika wajah tersebut belum dikenali atau belum tersimpan dalam basis data pelatihan.

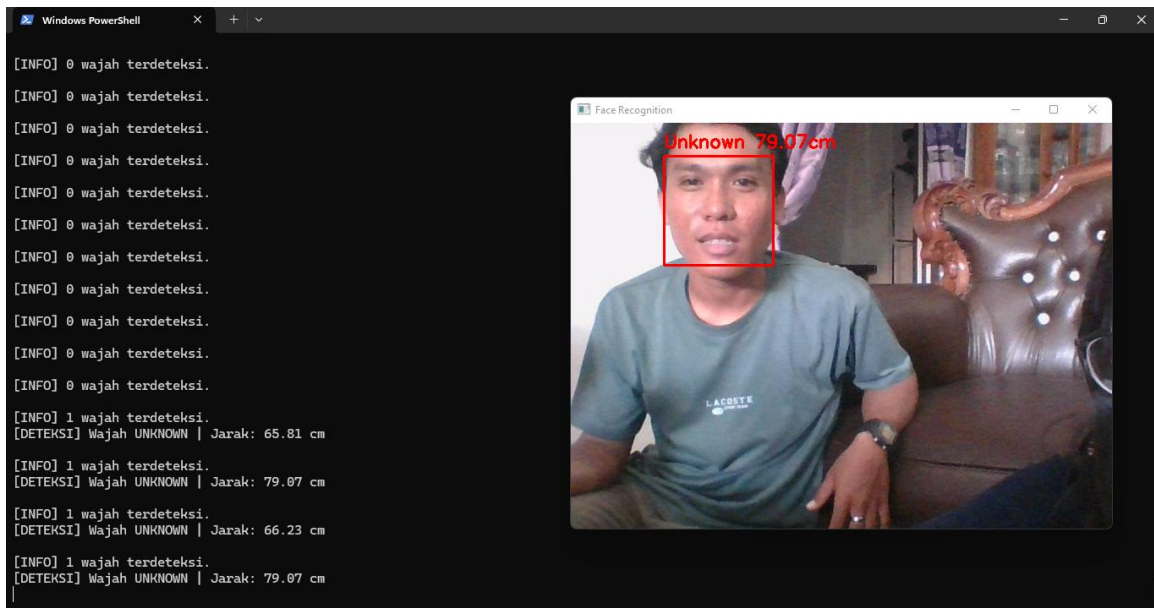


Gambar.4.29 Wajah pengguna terdaftar user id “ Rahmad”



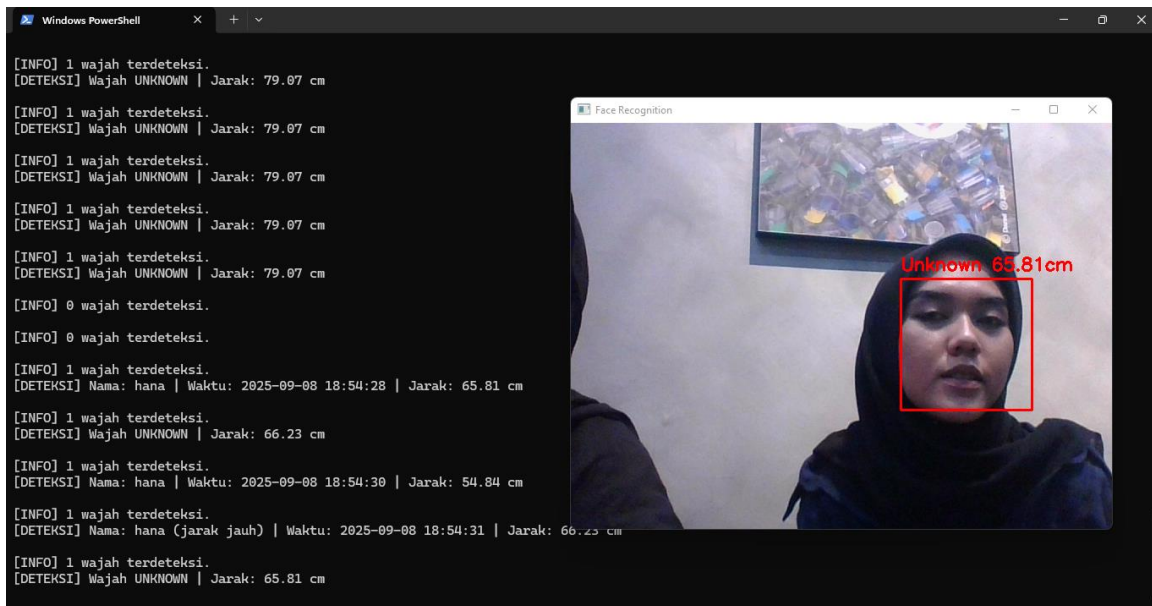
Gambar.4.30 Wajah pengguna terdaftar user id “Rahmad”

Pada pengujian ini, sistem **tidak berhasil mengenali wajah** karena data wajah “Rahmad” belum terdaftar dalam database. Sistem menampilkan hasil deteksi dengan label “UNKNOWN” pada beberapa jarak yaitu sekitar **65,81 cm – 113.33 cm**. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Haar Cascade memang dapat mendeteksi keberadaan wajah, tetapi tidak bisa memberikan identitas jika wajah tersebut belum dikenali atau belum tersimpan dalam basis data pelatihan.

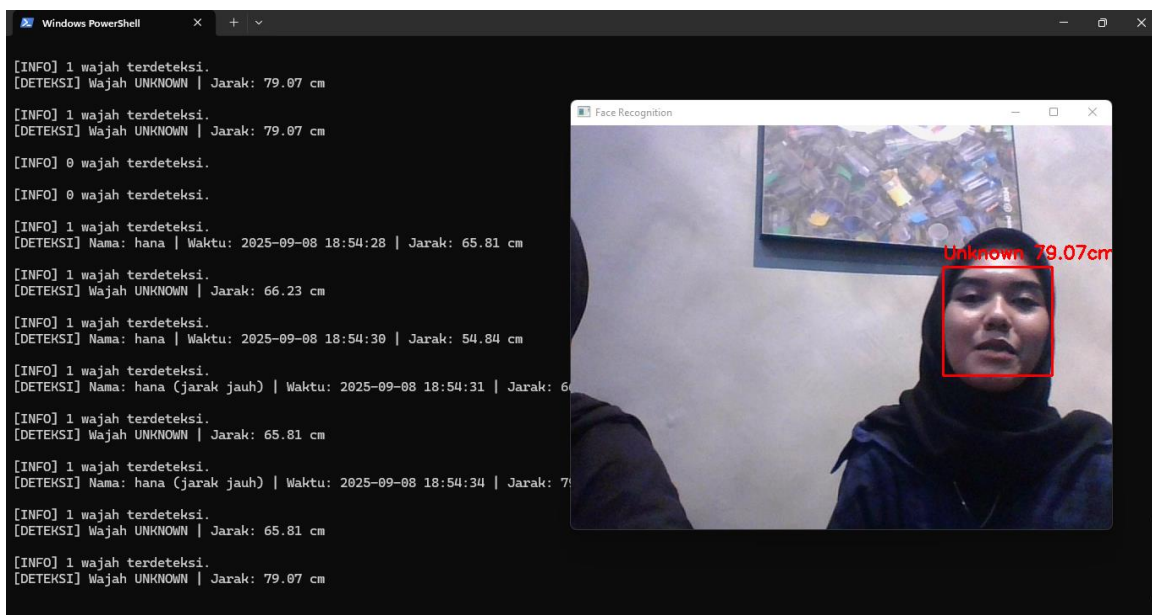


Gambar.4.31 Wajah pengguna terdaftar user id “Handala”

Pada pengujian ini, sistem **tidak berhasil mengenali wajah** karena data wajah **“Handala”** belum terdaftar dalam database. Sistem menampilkan hasil deteksi dengan label **“UNKNOWN”** pada beberapa jarak yaitu sekitar **79,07 cm**. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Haar Cascade memang dapat mendeteksi keberadaan wajah, tetapi tidak bisa memberikan identitas jika wajah tersebut belum dikenali atau belum tersimpan dalam basis data pelatihan.



Gambar.4.32 Wajah pengguna terdaftar user id “Pia”



Gambar.4.33 Wajah pengguna terdaftar user id “Pia”

Pada pengujian ini, sistem **tidak berhasil mengenali wajah** karena data wajah “Pia” belum terdaftar dalam database. Sistem menampilkan hasil deteksi dengan label “UNKNOWN” pada beberapa jarak yaitu sekitar **65,81 cm -79,07 cm**. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Haar Cascade memang dapat mendeteksi keberadaan wajah, tetapi tidak bisa memberikan identitas jika wajah tersebut belum dikenali atau belum tersimpan dalam basis data pelatihan.

4.5 Mengukur Akurasi Wajah

Tabel 4.4 Keterangan akurasi

No	Nama Orang	TP	FP	TN	FN
1	Bella	Ya	-	-	Ya
2	Afrida	Ya	-	-	-
3	Rifdah	Ya	-	-	-
4	Hana	Ya	-	-	Ya
5	Nikma	Ya	-	-	-
6	Surya	Ya	-	-	-
7	Handala	Ya	-	-	-
8	Rahmad	Ya	-	-	-
9	Pia	Ya	-	-	-

akurasi sistem umumnya diukur menggunakan confusion matrix, yang mencakup parameter berikut:

- e. True Positive (TP): Jumlah wajah yang benar – benar terdeteksi.
- f. False Positive (FP): Jumlah objek non-wajah yang salah terdeteksi sebagai

wajah.

- g. True Negative (TN): Jumlah objek non-wajah yang benar-benar tidak terdeteksi.
- h. False Negative (FN): Jumlah wajah yang gagal terdeteksi.
- A. Rumus Akurasi:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

Rumus ini menghitung persentase deteksi yang benar terhadap keseluruhan pengujian.

- B. Rumus Presisi (Precision)

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\%$$

Presisi menunjukkan seberapa banyak deteksi wajah yang benar dibandingkan dengan total deteksi wajah yang dilakukan.

- C. Rumus Recall (Sensitivity)

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

Recall mengukur kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah dari semua wajah yang seharusnya terdeteksi.

- **TP (True Positive)** = 9 (semua baris punya “Ya” pada kolom TP)
- **FN (False Negative)** = 2 (Bella dan Hana)
- **FP (False Positive)** = 0 (tidak ada)
- **TN (True Negative)** = 0 (tidak ada data non-wajah)

Ringkasan:

$$TP = 9, FN = 2, FP = 0, TN = 0$$

Dalam penelitian deteksi wajah menggunakan algoritma Haar Cascade, performa sistem

diukur menggunakan confusion matrix. Confusion matrix terdiri dari empat parameter utama: True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN), dan False Negative (FN). Berdasarkan data uji yang diperoleh, didapatkan nilai TP = 9, FP = 0, TN = 0, dan FN = 2.

Akurasi

Akurasi menunjukkan seberapa besar proporsi deteksi yang benar dibandingkan dengan keseluruhan data pengujian. Dengan kata lain, akurasi mengukur kemampuan sistem secara keseluruhan dalam mendeteksi wajah dengan benar.

$$\text{Rumus: Akurasi} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan: Akurasi} &= (9 + 0) / (9 + 0 + 0 + 2) \times 100\% = 9 / 11 \times 100\% \\ &= 81,82\% \end{aligned}$$

Presisi (Precision)

Presisi mengukur tingkat ketepatan sistem dalam mendeteksi wajah. Presisi yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar wajah yang terdeteksi memang benar wajah.

$$\text{Rumus: Presisi} = TP / (TP + FP) \times 100\%$$

$$\text{Perhitungan: Presisi} = 9 / (9 + 0) \times 100\% = 9 / 9 \times 100\% = 100\%$$

Recall (Sensitivity)

Recall atau sensitivitas mengukur kemampuan sistem dalam mendeteksi semua wajah yang seharusnya terdeteksi. Nilai recall yang tinggi berarti hanya sedikit wajah yang terlewat (false negative).

$$\text{Rumus: Recall} = TP / (TP + FN) \times 100\%$$

$$\text{Perhitungan: Recall} = 9 / (9 + 2) \times 100\% = 9 / 11 \times 100\% = 81,82\%$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan metrik evaluasi, sistem deteksi wajah menggunakan Haar Cascade mencapai akurasi sebesar 81,82%, presisi 100%, dan recall 81,82%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi wajah dengan tingkat ketepatan yang sangat baik (presisi tinggi), namun masih terdapat beberapa wajah yang tidak berhasil terdeteksi (false negative), sehingga recall tidak mencapai 100%.

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai implementasi algoritma Haar Cascade Classifier dalam pendeteksian wajah, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Sistem deteksi wajah menggunakan algoritma Haar Cascade mampu bekerja dengan tingkat akurasi sebesar 81,82%, presisi 100%, dan recall 81,82%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki ketepatan tinggi dalam mendeteksi wajah yang benar (minim false positive), meskipun masih terdapat beberapa kasus wajah yang tidak berhasil terdeteksi (false negative).

Penggunaan aksesoris ringan seperti kacamata tidak terlalu memengaruhi kinerja sistem. Namun, ketika wajah tertutup sebagian oleh masker atau kerudung, sistem mengalami kesulitan dalam mengenali wajah sehingga akurasi menurun.

Algoritma Haar Cascade efektif digunakan pada kondisi pencahayaan cukup baik dan posisi wajah menghadap kamera secara frontal. Pada kondisi pencahayaan redup atau wajah yang tertutup sebagian, performa sistem menurun.

Implementasi sistem berbasis Haar Cascade dapat menjadi solusi sederhana dan efisien untuk aplikasi keamanan maupun absensi berbasis biometrik, meskipun masih memerlukan pengembangan untuk menghadapi kondisi dunia nyata yang lebih kompleks.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

Perlu dilakukan pengujian dengan jumlah data latih dan uji yang lebih banyak serta kondisi lingkungan yang lebih bervariasi (misalnya pencahayaan rendah, pose wajah miring, dan ekspresi wajah berbeda) untuk meningkatkan keandalan sistem.

Oleh karena itu peneliti menggabungkan metode

Untuk mengatasi kelemahan Haar Cascade dalam kondisi wajah tertutup sebagian, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan kombinasi dengan metode lain seperti Local Binary Pattern Histogram (LBPH), Convolutional Neural Network (CNN), atau model berbasis deep learning agar hasil lebih akurat.

Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan perangkat IoT (misalnya ESP32-CAM) untuk pengujian real-time, sehingga lebih aplikatif pada sistem keamanan dan absensi.

Pengembangan antarmuka pengguna (GUI) juga disarankan agar sistem lebih mudah digunakan oleh pengguna non-teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Citra, D., Menggunakan, W., Cascade, A. H., Faishal, C., & Nugroho, T. (n.d.). *VOLUME 1 NOMOR 1 JANUARI 2024 Diterima: XXXX Direvisi: XXXX Disetujui: XXXX*.
- Csurka, G., Dance, C. R., Fan, L., Willamowski, J., & Bray, C. (n.d.). *Visual Categorization with Bags of Keypoints*.
- eninta-ibrena,+6.+Octara(1). (n.d.).
- Hartika, B., & Ahmad, D. (2021). Face Recognition Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier dan Convolutional Neural Network. In *Journal Of Mathematics UNP* (Vol. 6).
- Hibatur Rahman, I., Rizki Pratama, M., Jaya Subita, R., Bima Fauzan, A., Novka Alana, A., & Pratiwi, N. (n.d.-a). *PENGUJIAN IDENTIFIKASI JUMLAH KERUMUNAN FACE RECOGNITION MENGGUNAKAN HAAR CASCADE CLASIFIER*.
- Hibatur Rahman, I., Rizki Pratama, M., Jaya Subita, R., Bima Fauzan, A., Novka Alana, A., & Pratiwi, N. (n.d.-b). *PENGUJIAN IDENTIFIKASI JUMLAH KERUMUNAN FACE RECOGNITION MENGGUNAKAN HAAR CASCADE CLASIFIER*.
- IMPLEMENTASI FACE RECOGNITION DENGAN*. (n.d.).
- Isum, R., Maryati, S., & Tryatmojo, B. (n.d.). *Raden Isum Suryani Maryati Akurasi Sistem Face Recognition Akurasi Sistem Face Recognition OpenCV Menggunakan Raspberry Pi Dengan Metode Haar Cascade KATA KUNCI Akurasi Face Recognition Raspberry Pi OpenCV Haar Cascade*.
- Kenda, P., & Witanti, A. (n.d.-a). *Sistem Presensi Berbasis Wajah Dengan Metode Haar Cascade*.
- Kenda, P., & Witanti, A. (n.d.-b). *Sistem Presensi Berbasis Wajah Dengan Metode Haar Cascade*.
- Ludia Ramadini, F., & Haryatmi, E. (2022a). *Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH Untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime*. 6(2). <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v6i2.4714>
- Ludia Ramadini, F., & Haryatmi, E. (2022b). *Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH Untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime*. 6(2). <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v6i2.4714>
- Marpaung, F., Aulia, F., Suryani SKom, N., & Cyra Nabila SKom, R. (n.d.). *COMPUTER VISION DAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL*. www.pustakaaksara.co.id
- Miftahuddin, Y. (n.d.). *Implementasi Face Recognition Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier*.
- Nugroho, F. T., & Sela, E. I. (2023). Deteksi Citra Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 37–44. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.988>
- Nurmalasari, R. R., Nurhadhi, R., Ramadhan, R. M., Katresnawati, S., & Salsabila, Z. H. (2023). Face Recognition Based Attendance System Using Haar Cascade Algorithm with Histogram Equalization and Median Blur Filter.

- Jurnal Pendidikan Multimedia (Edsence)*, 5(2), 27–38.
<https://doi.org/10.17509/edsence.v5i2.65907>
- R Maale, B., & Nandyal, S. (2021). Face Detection Using Haar Cascade Classifiers. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 10(3), 1179–1182. <https://doi.org/10.21275/SR21306204717>
- Rohman, A. F., & Dwi Bhakti, H. (2024). Perancangan Deteksi Wajah pada Aplikasi Berbasis React Native Menggunakan Metode Haar Cascade. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Pendidikan*, 4(1), 32–40. <https://doi.org/10.25008/jitp.v4i1.79>
- Santoso, B., & Kristianto, R. P. (n.d.). *IMPLEMENTASI PENGGUNAAN OPENCV PADA FACE RECOGNITION UNTUK SISTEM PRESENSI PERKULIAHAN MAHASISWA*.
- Susim, T., Darujati, C., & Artikel, I. (2021a). PENGOLAHAN CITRA UNTUK PENGENALAN WAJAH (FACE RECOGNITION) MENGGUNAKAN OPENCV. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3).
- Susim, T., Darujati, C., & Artikel, I. (2021b). PENGOLAHAN CITRA UNTUK PENGENALAN WAJAH (FACE RECOGNITION) MENGGUNAKAN OPENCV. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(3).
- Willy Andika Putra. (n.d.).
- Yulina, S. (2021a). 100-109 Dokumen diterima pada 21 Januari. In *Jurnal Komputer Terapan* (Vol. 7, Issue 1). <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>
- Yulina, S. (2021b). 100-109 Dokumen diterima pada 21 Januari. In *Jurnal Komputer Terapan* (Vol. 7, Issue 1). <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>
- Zaitoun, N. M., & Aqel, M. J. (2015). Survey on Image Segmentation Techniques. *Procedia Computer Science*, 65, 797–806. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.027>

LAMPIRAN

1. **Surat SK Dosen Pembimbing**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 69/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
 Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<http://fkip.umhu.ac.id> fkip@umhu.ac.id [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/channel/UC...) [umsumedan](https://www.tiktok.com/@umsumedan)

**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING
 PROPOSAL/SKRIPSI MAHASISWA
 NOMOR : 33/IL.3-AU/UMSU-09/F/2025**

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan Persetujuan permohonan judul penelitian Proposal / Skripsi dari Ketua / Sekretaris.

Program Studi : Teknologi Informasi
Pada tanggal : 03 Januari 2025

Dengan ini menetapkan Dosen Pembimbing Proposal / Skripsi Mahasiswa.

Nama : Sinta Bella
NPM : 2109020028
Semester : VII (Tujuh)
Program studi : Teknologi Informasi
Judul Proposal / Skripsi : Integrasi Face Id Dengan Sistem Absensi Berbasis Iot Untuk Monitoring Kehadiran Karyawan Studi Kasus: Mie Ayam Haji Mahmud Medan

Dosen Pembimbing : Martiano, S.Kom.,M.Kom.

Dengan demikian di izinkan menulis Proposal / Skripsi dengan ketentuan

1. Penulisan berpedoman pada buku panduan penulisan Proposal / Skripsi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU
2. Pelaksanaan Sidang Skripsi harus berjarak 3 bulan setelah dikeluarkannya Surat Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi.
3. **Proyek Proposal / Skripsi dinyatakan " BATAL "** bila tidak selesai sebelum Masa Kadaluaarsa tanggal : 03 Januari 2026
4. Revisi judul.....

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Ditetapkan di : Medan
 Pada Tanggal : 03 Rajab 1446 H
 03 Januari 2025 M



a.n.Dekan
 Wakil Dekan I

H. Maulana, S.T., M.Kom.
 NIDN : 0121119102

Cc. File
 Scanned with CamScanner



2. Bimbingan Skripsi

3. Turnitin

Turnitin

ORIGINALITY REPORT

21 %

SIMILARITY INDEX

19 %

INTERNET SOURCES

9 %

PUBLICATIONS

12 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1Submitted to Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara

Student Paper

2 %**2**

repository.umsu.ac.id

Internet Source

2 %**3**

digilib.unimed.ac.id

Internet Source

1 %**4**

jurnaltp.web.id

Internet Source

1 %**5**

repository.ub.ac.id

Internet Source

1 %**6**

123dok.com

Internet Source

1 %**7**

ejurnal.stmik-budidarma.ac.id

Internet Source

1 %**8**

eprints.utdi.ac.id

Internet Source

1 %**9**

journal.admi.or.id

Internet Source

1 %

4. Coding

```

import cv2
import face_recognition
import numpy as np
import os
import csv
from datetime import datetime

# --- KONFIGURASI ---
KNOWN_FACE_HEIGHT_CM = 17.0 # tinggi wajah manusia rata-rata
FOCAL_LENGTH = 600          # hasil perkiraan / kalibrasi kamera
TOLERANCE = 0.5
WINDOW_NAME = "Face Recognition"

# Folder wajah yang dikenal
known_faces_folder = 'known_faces'
absensi_file = 'absensi.csv'

# Buat folder jika belum ada
os.makedirs(known_faces_folder, exist_ok=True)

# Load wajah yang dikenal
known_encodings = []
known_names = []

for filename in os.listdir(known_faces_folder):
    if filename.endswith(('.jpg', '.jpeg', '.png')):
        path = os.path.join(known_faces_folder, filename)
        image = face_recognition.load_image_file(path)
        encodings = face_recognition.face_encodings(image)
        if encodings:
            known_encodings.append(encodings[0])
            name = os.path.splitext(filename)[0]
            known_names.append(name)
        else:
            print(f"[WARNING] Tidak ada wajah terdeteksi di {filename}")

print(f"[INFO] Wajah yang dikenal: {known_names}")

# Fungsi simpan absensi
def save_to_csv(name, waktu):
    file_exists = os.path.exists(absensi_file)
    with open(absensi_file, mode='a', newline='') as file:
        writer = csv.writer(file)
        if not file_exists:

```

```

        writer.writerow(["Nama", "Waktu"])
    writer.writerow([name, waktu])

# Fungsi estimasi jarak (dalam cm)
def estimate_distance(face_height_px):
    if face_height_px <= 0:
        return None
    distance_cm = (KNOWN_FACE_HEIGHT_CM * FOCAL_LENGTH) /
        face_height_px
    return round(distance_cm, 2)

# Buka kamera laptop
cap = cv2.VideoCapture(0)

print("[INFO] Tekan 'q' untuk keluar.")

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break

    rgb_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_frame)
    face_encodings = face_recognition.face_encodings(rgb_frame,
        face_locations)

    print(f"\n[INFO] {len(face_locations)} wajah terdeteksi.")

    for (top, right, bottom, left), face_encoding in zip(face_locations,
        face_encodings):
        matches = face_recognition.compare_faces(known_encodings,
            face_encoding, tolerance=TOLERANCE)
        face_distances = face_recognition.face_distance(known_encodings,
            face_encoding)
        face_height_px = bottom - top
        distance_cm = estimate_distance(face_height_px)

    if len(face_distances) > 0:
        best_match_index = np.argmin(face_distances)
        if matches[best_match_index]:
            name = known_names[best_match_index]
            waktu = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            save_to_csv(name, waktu)

            print(f"[DETEKSI] Nama: {name} | Waktu: {waktu} | Jarak:
            {distance_cm} cm")

```

```

        # Gambar kotak hijau
        cv2.rectangle(frame, (left, top), (right, bottom), (0, 255, 0), 2)
        cv2.putText(frame, f"{name} {distance_cm}cm", (left, top - 10),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
        0.7, (0, 255, 0), 2)
    else:
        print(f"[DETEKSI] Wajah UNKNOWN | Jarak: {distance_cm} cm")

    # Gambar kotak merah
    cv2.rectangle(frame, (left, top), (right, bottom), (0, 0, 255), 2)
    cv2.putText(frame, f"Unknown {distance_cm}cm", (left, top - 10),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
        0.7, (0, 0, 255), 2)

cv2.imshow(WINDOW_NAME, frame)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
    break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```