

APLIKASI ABSENSI BERBASIS PENGENALAN WAJAH DENGAN *HAAR CASCADE* DAN *LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM*

Reffian Oktarino¹, Jamilah*², Desy Kristyawati³, Fivi Syukriah⁴

¹Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma,

^{2,3}Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma

⁴Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

E-mail: reffyo18@gmail.com¹, jamilah@staff.gunadarma.ac.id*²,

desy_kristyawati@staff.gunadarma.ac.id³, fivi_syukriah@staff.gunadarma.ac.id⁴

Abstrak

Pengenalan wajah adalah teknologi biometrik yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang dengan menganalisis ciri-ciri wajahnya. Pengenalan wajah dalam aplikasi absensi memiliki banyak manfaat, antara lain mempermudah proses pencatatan kehadiran secara otomatis dan akurat, mengurangi risiko kecurangan Absensi atau catatan kehadiran di kampus menjadi salah satu bagian penting dalam proses belajar mengajar. Catatan kehadiran mahasiswa dapat menjadi salah satu bukti keaktifan mahasiswa dalam mengikuti kegiatan belajar di kelas. Aplikasi Pengenalan Wajah dengan menerapkan algoritma Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram (LBPH) dibuat untuk membantu dalam melakukan kegiatan absensi dengan menggunakan wajah seseorang sebagai identitas dasar. Metode penulisan menggunakan tahap analisis, perancangan, implementasi dan pengujian. Berdasarkan uji coba aplikasi ini dapat mendeteksi wajah dengan beberapa kondisi seperti menggunakan atribut kacamata dan penutup kepala kecuali menggunakan tutup muka karena inti wajah seperti hidung dan mulut tertutup sehingga sulit aplikasi untuk mengenali wajah. Aplikasi dapat mengenali subjek yang berbeda dan beberapa posisi saat melakukan pengenalan wajah dengan tingkat akurasi sebesar 100%.

Kata Kunci—Pegenalan Wajah, *Haar Cascade*, LBPH

Abstract

Face recognition is a biometric technology used to identify or verify a person's identity by analyzing their facial features. Facel recognition in attendance applications has many benefits, including simplifying the process of recording attendance automatically and accurately, reducing the risk of attendance fraud, and attendance records on campus being an important part of the teaching and learning process. Student attendance records can serve as evidence of student activity in participating in classroom learning activities. Face Recognition Application using Haar Cascade and Local Binary Pattern Histogram (LBPH) algorithms was created to assist in attendance activities by using a person's face as the basic identity. The writing method uses the stages of analysis, design, implementation, and testing. Based on the trial, this application can detect faces under several conditions such as wearing glasses and head coverings, except when using face masks because the core features of the face like the nose and mouth are covered, making it difficult for the application to recognize the face. The application can recognize different subjects and various positions when performing facial recognition with an accuracy rate of 100%

Keywords—*Face Recognition, Haar Cascade, LBPH*

1. PENDAHULUAN

Pengenalan wajah merupakan teknologi biometrik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang dengan menganalisis ciri-ciri wajahnya. Teknologi ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, seperti keamanan, akses kontrol, dan personalisasi perangkat[1]. Pengenalan wajah dalam aplikasi absensi memiliki banyak manfaat, antara lain mempermudah proses pencatatan kehadiran secara otomatis dan akurat, mengurangi risiko kecurangan dengan memastikan bahwa hanya individu yang terverifikasi yang dapat mencatat kehadirannya, serta menghemat waktu karena pengguna tidak perlu melakukan input manual. Teknologi ini juga membantu meningkatkan efisiensi dan meminimalkan kontak fisik, yang penting dalam menjaga kebersihan dan kesehatan di tempat kerja[2].

Absensi atau catatan kehadiran di kampus menjadi salah satu bagian penting dalam proses belajar mengajar. Catatan kehadiran mahasiswa dapat menjadi salah satu bukti keaktifan mahasiswa dalam mengikuti kegiatan belajar di kelas. Absensi atau catatan kehadiran secara manual terkadang kurang efektif karena rentan terhadap kecurangan[3]. Mahasiswa yang berhalangan hadir dengan mudah melakukan kecurangan dengan melakukan tipis absensi keada mahasiswa yang hadir. Absensi manual juga mudah terjadi kesalahan (*human error*, salah satunya kesalahan dalam melakukan tanda tangan kehadiran di kolom yang salah. Sistem absensi yang terkomputerisasi menjadi salah satu pilihan efektif dalam mengurangi kesalahan dalam absensi secara manual. Pengenalan wajah dalam sistem absensi dapat menghindari kecurangan yang terjadi pada absensi manual, dan menciptakan sistem kehadiran yang lebih ter monitoring agar dapat memantau secara langsung mahasiswa dan mahasiswi pada jam matakuliah berlangsung.

Sistem pengenalan wajah pada absensi dapat diwujudkan dengan menerapkan algoritma Haar cascade dan local binary pattern histogram. Algoritma Haar cascade classifier merupakan algoritma mendeteksi wajah yang dapat mendeteksi secara *real time* serta pelatihan yang cepat[4] dan Local Binary Pattern Histogram merupakan salah satu teknik ekstraksi fitur yang menghasilkan deskripsi tekstur wajah yang bermanfaat untuk pengenalan wajah dengan membandingkan intensitas piksel dengan piksel yang berdekatan[5].

Penelitian[6] Pendeteksian dan Pengenalan Wajah Pada Foto Secara Real Time Dengan Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram, penelitian tersebut menggunakan sampel 240 dataset berupa citra wajah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi dan mengenali wajah dengan baik pada jarak antara 0 dan 40 cm. Namun, ketika jarak lebih dari 40 cm, sistem tidak dapat mendeteksi dan mengenali wajah dengan baik. Penelitian selanjutnya berjudul Perbandingan Metode Eigenface, Fisherface, dan LBPH pada Sistem Pengenalan Wajah, penelitian ini menggunakan metode Eigenface, Fisherface, dan LBPH. Dalam penelitian ini, enam dataset gambar wajah digunakan; hasil menunjukkan bahwa metode LBPH, dibandingkan dengan metode Eigenface dan Fisherface, paling akurat sebesar 80,91%[7].

2. METODE PENELITIAN

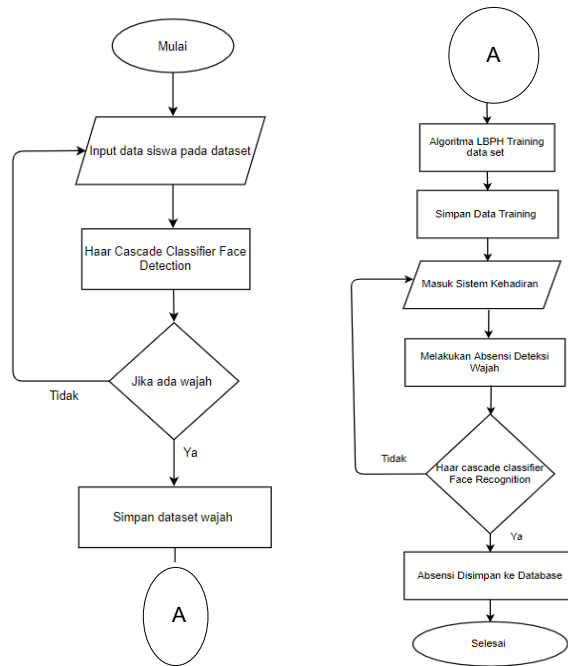
2.1 Gambaran Umum Aplikasi

Aplikasi Face Recognition terdapat 5 menu yang terdiri dari Rekam wajah, Kenali wajah, File, View, dan Help. Pada saat user memilih Rekam wajah, maka akan menampilkan tampilan input memasukkan data mahasiswa setelah memasukkan data akan melakukan proses rekam wajah. User memilih kenali wajah, maka akan memulai proses absensi hingga wajah terdeteksi. User memilih file maka akan muncul pilihan set folder absensi berfungsi untuk menentukan folder yang digunakan. Tambah kelas, matkul, dosen berfungsi untuk menambahkan kelas baru, matakuliah baru dan nama dosen baru. Set port kamera usb berfungsi untuk mendeteksi kamera external. Keluar berfungsi untuk keluar dari aplikasi. User memilih View maka akan muncul menu absensi dan mahasiswa masing-masing berfungsi untuk melihat daftar absensi dan melihat daftar mahasiswa yang terdata pada aplikasi. User memilih Help maka akan muncul menu

penggunaan yang berfungsi membantu user dalam menggunakan aplikasi, dan tentang yang berfungsi untuk melihat info pengembang aplikasi.

2.2 Flowchart

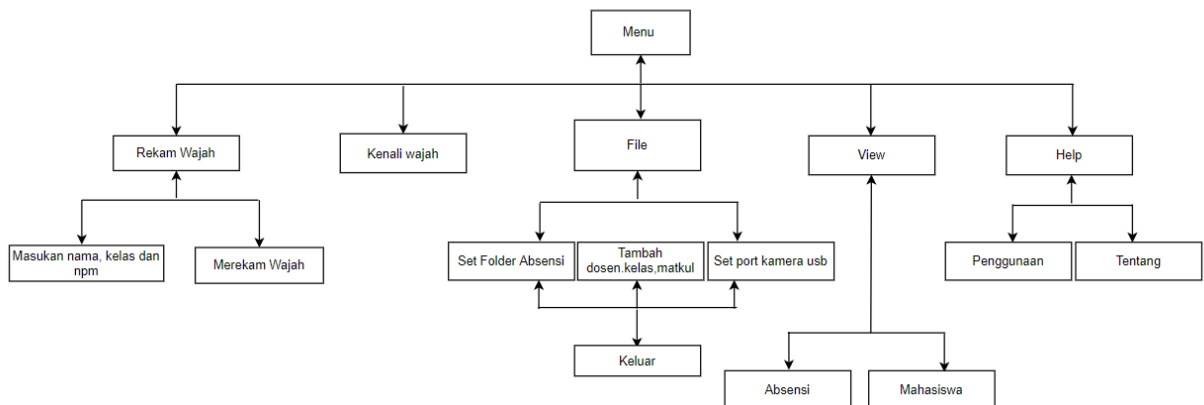
Flowchart ini menjelaskan bagaimana sistem bekerja dalam memproses data, sampai data tersimpan menjadi file.csv[8].



Gambar 1. Flowchart Sistem

2.3 Struktur Navigasi

Struktur navigasi yang digunakan pada perancangan aplikasi ini adalah struktur navigasi campuran karena setiap halaman bercabang dan terhubung juga secara non linier[9]. Struktur navigasi aplikasi dapat dilihat pada gambar 2.

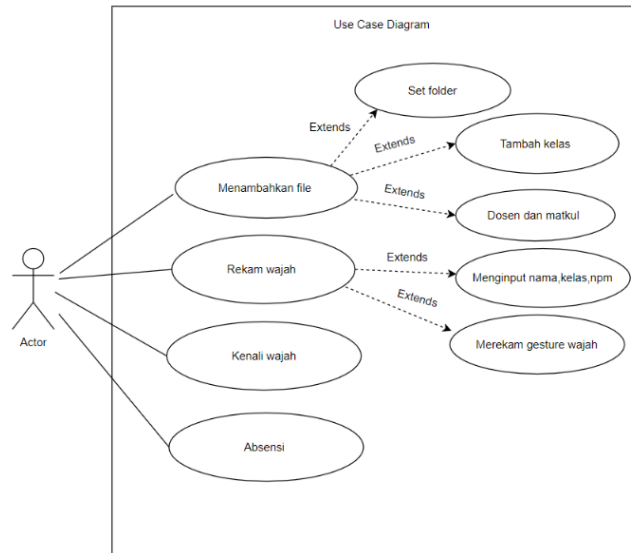


Gambar 2. Struktur Navigasi

Gambar 2 memperlihatkan bahwa aplikasi memiliki 5 halaman utama, yaitu Rekam Wajah, Kenali Wajah, File, View dan Help.

2.4 Use Case Diagram

Use case diagram dibutuhkan untuk menggambarkan fungsi-fungsi yang ada di dalam aplikasi absensi mahasiswa ini[10]. *Use Case Diagram* aplikasi dapat dilihat pada gambar 3.

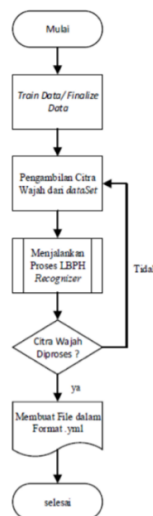


Gambar 3. Use Case Diagram

Use case diagram (gambar 3) terdapat 1 aktor, yaitu pengguna tanpa perlu login. Aktor dapat menambahkan file, melakukan rekam wajah, melakukan kenali wajah dan melakukan absensi.

2.5. Implementasi Algoritma Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram (LBPH)

Fitur Haar Cascade dan LBPH terdapat pada aplikasi OpenCV[11]. Rekaman Kedua fitur ini dimanfaatkan untuk melakukan pengenalan wajah. *Flowchart* kerja algoritma terdapat pada gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Kerja Algoritma

Berdasarkan gambar 4, Langkah pertama, Haar cascade mengambil sampel objek yang terdiri dari gambar positif dan negatif. fitur haar cascade ditentukan dengan cara mengurangi rata-rata piksel pada daerah yang gelap dari rata-rata yang bersisi terang. Proses *train* gambar menggunakan *algoritma haar cascade* dengan mengambil 20 gambar untuk setiap *user* berformat .jpg. Kemudian data gambar yang sudah dilatih menghasilkan file yml, yang akan digunakan untuk mendeteksi objek. Haar cascade merupakan metode yang lebih akurat karena menghitung nilai Haar Feature dalam jumlah berulang[12].

Pada proses mengekstraksi fitur wajah menggunakan metode LBPH, metode ini mengubah hasil latihan dari haar cascade menjadi histogram dari setiap piksel gambar yang telah diambil dan disimpan ke dalam struktur data. Setelah proses ekstraksi selesai, metode LBPH akan membandingkan histogram yang disimpan pada struktur data dengan gambar yang baru diambil, sehingga dapat dikenali atau diprediksi wajah seseorang. LBPH adalah salah satu teknik terbaru dari metode LBP yang digunakan untuk meningkat hasil pengenalan wajah bekerja[13].

2.5 Rekam dan Pengenalan wajah Wajah

Kode program pada gambar 5 berfungsi mengaktifkan fungsi *train* wajah pada aplikasi menggunakan Python[14]. Hasil *train* wajah disimpan ke dalam folder absensi yang berformat jpg foto yang disimpan tidak memiliki warna atau gray scale picture. Proses train gambar menggunakan algoritma haar cascade akan mengambil gambar lebih dari 15 gambar. Kode Program terdapat pada gambar 5.

```
def traingambar(path):
    try :
        time.sleep(2)
        #recognizer = face.createLBPHFaceRecognizer()
        recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
        #cv2.createLBPHFaceRecognizer()
        mukamuka,nomormhs= getgambardanlabel('Mahasiswa/'+path+'/gambartraining')
        recognizer.train(mukamuka, np.array(nomormhs)
    if not
        os.path.exists('Mahasiswa/'+path+'/hasiltraining/'):
        os.mkdir('Mahasiswa/'+path+'/hasiltraining/')
    recognizer.save('Mahasiswa/'+path+'/hasiltraining/Trainer.yml')
    #+,".join(str(f) for f in Id)
    #message1.configure(text= res,fg='green')
    mb.showinfo("Proses Selesai","Proses training data selesai")
    except : #message1.configure(text="Tidak ada file untuk diproses",fg='red')
    mb.showerror("No File Found","Tidak ada data gambar dan mahasiswa yang dapat diproses")
```

Gambar 5. Kode program rekam wajah

Kode program pada gambar 6 berfungsi untuk mengaktifkan proses pengenalan wajah, bagian ini akan memanggil hasil dari *train* wajah yang sudah ada, agar proses absensi mahasiswa dapat terdeteksi oleh aplikasi.

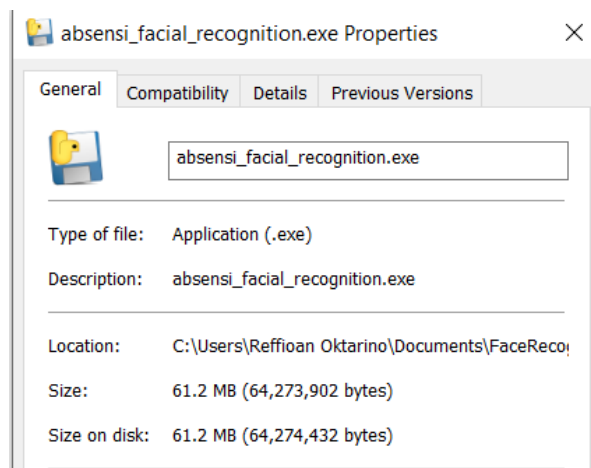
```
def kenaliwajah(kelas, penyimpanan):
try: recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()#cv2.createLBPHFaceRecognizer()
recognizer.read('Mahasiswa/'+kelas+'/hasiltraining/Trainer.yml')
faceCascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
df=pd.read_csv('Mahasiswa/'+kelas+'/DescMahasiswa.csv')
df2=pd.read_csv('Mahasiswa/daftarmatkul.csv')
df3=pd.read_csv('Mahasiswa/daftardosen.csv')
df.reset_index(drop=True)
cam = cv2.VideoCapture(portnum.get())

= nama_kolom)
while True:
ret, im =cam.read()
gray=cv2.cvtColor(im,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
mukamuka=faceCascade.detectMultiScale(gray, 1.2,5)
for(x,y,w,h) in mukamuka:
nomormhs, conf = recognizer.predict(gray[y:y+h,x:x+w])
if(conf < 40):
cv2.rectangle(im, (x,y), (x+w,y+h), (0,255,0),2)
ts = time.time()
date = datetime.datetime.fromtimestamp(ts).strftime('%d-%m-%Y')
timeStamp = datetime.datetime.fromtimestamp(ts).strftime('%H:%M:%S')
aa=df.loc[df['NPM'] == nomormhs]['Nama'].values
aa=(str(aa).lstrip("[ ").rstrip("]"))
tt=aa
```

Gambar 6. Kode Program Pengenalan Wajah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi



Gambar 7. Built Aplikasi

Pada gambar 7 telah dilakukan proses konversi file telah berbentuk .exe dengan berukuran 61,2 MB (*megabyte*).

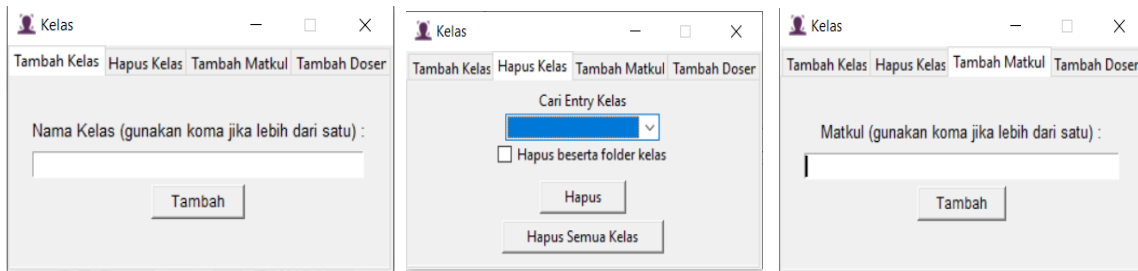
3.2 Tampilan Aplikasi

Tampilan Menu Utama terdapat pada gambar 8. Halaman ini terdapat 3 menu pilihan, File, view , dan Help. Menu file menyediakan pilihan set folder, Menu Kelas, Matkul dan Dosen serta set Port Kamera USB.



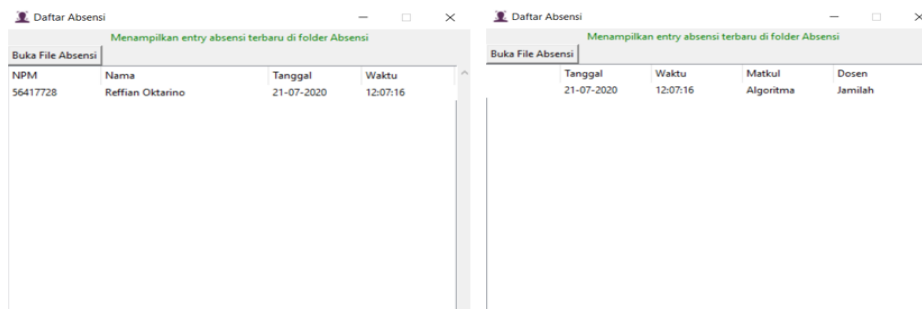
Gambar 8. Tampilan Menu Utama

Tampilan Menu Kelas, Matkul dan Dosen pada gambar 9. Halaman ini berfungsi untuk menambah data Kelas, Matakuliah dan Dosen.



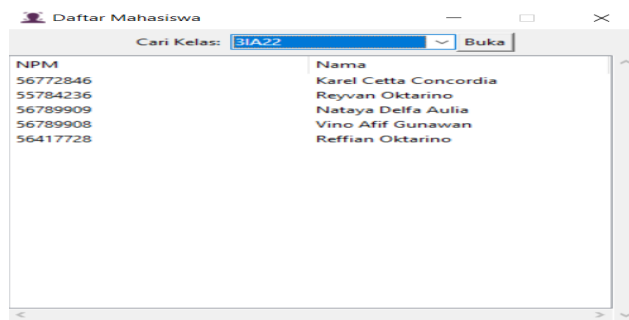
Gambar 9. Tampilan Menu Kelas, Matkul dan Dosen

Gambar 10 merupakan tampilan Daftar Absensi mahasiswa yang berhasil melakukan absensi dengan memilih menu view pada halaman utama.



Gambar 10. Tampilan Daftar Absensi

Gambar 11 merupakan Tampilan Daftar mahasiswa yang terdata pada aplikasi. Tampilan ini dapat dilihat pada menu view di halaman utama.



Gambar 11. Tampilan Daftar Mahasiswa

3.3 Pengujian Blackbox

Pengujian aplikasi digunakan metode *black box testing* dengan menggunakan perangkat laptop untuk melakukan pengujian terhadap aplikasi, pengujian aplikasi dilakukan untuk mengecek berfungsi atau tidaknya fitur-fitur yang ada pada aplikasi[15].

Tabel 1. *Blackbox Testing*

Uji Coba yang Dilakukan	Fitur	Tes yang Dilakukan	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
Rekam Wajah	Rekam Wajah	Pengguna merekam wajah	Hasil rekaman tersimpan	Berhasil
	Kenali Wajah	Pengguna menggunakan absensi wajah	Hasil absensi tersimpan aplikasi	Berhasil
Kenali Wajah	Kenali Wajah	Pengguna menggunakan absensi wajah	Hasil absensi tersimpan aplikasi	Berhasil
Set Folder Absensi	Set Folder Absensi	Menentukan set folder absensi	Folder absensi dapat ditentukan sesuai dengan keinginan	Berhasil
Fungsi Tambah Kelas, Matkul, dan Dosen	Menambah Data Kelas, Matkul dan Dosen	Menambah data kelas, matkul, dan dosen pada aplikasi	Data kelas, matkul, dan dosen bertambah	Berhasil
Fungsi Menu Keluar	Keluar Dari Aplikasi	Mencoba keluar dari aplikasi/menutup aplikasi	Keluar dari aplikasi	Berhasil
Menu Absensi	Daftar Absensi	Melihat absensi mahasiswa terbaru pada aplikasi	Absensi baru dapat dilihat	Berhasil
Menu Mahasiswa	Daftar Mahasiswa	Melihat daftar mahasiswa yang ada pada suatu kelas	Daftar mahasiswa dapat dilihat	Berhasil
Menu Help	Bantuan Penggunaan	Meminta bantuan cara penggunaan aplikasi	Bantuan singkat ditampilkan ke aplikasi	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian *blackbox testing* pada tabel 1 semua fitur dan tombol pada aplikasi berhasil tidak ada kendala.

3.4 Pengujian Pengenalan Wajah


Pada pengujian ini dilakuka 3 prosedur, yaitu pengujian penggunaan objek/benda, Pengujian posisi, dan pengujian subjek yang berbeda.




Tabel 2. Uji Coba Absensi Menggunakan Benda

Kondisi	Tes yang Dilakukan	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
Menggunakan kacamata		Subjek dikenali	Berhasil
Menggunakan penutup kepala		Subjek dikenali	Berhasil
Menggunakan masker		Subjek dikenali	Gagal

Berdasarkan hasil pengujian tabel 2 pengenalan subjek dengan menggunakan berbagai kondisi satu diantara tiga kasus diatas ada subjek yang tidak terdeteksi saat menggunakan penutup wajah (masker) karena menutupi wajah lebih dari 50%. Wajah masih dapat dikenali saat menggunakan kacamata dan penutup kepala karena inti wajah masih terlihat.

Tabel 3. Uji Coba Absensi Dari Beberapa Posisi

Posisi	Tes yang dilakukan	Hasil yang di harapkan	Kesimpulan
Lurus kedepan		Subjek dikenali	Berhasil
Serong ke kanan		Subjek dikenali	Berhasil

Serong ke kiri		Subjek dikenali	Berhasil
Wajah keatas		Subjek dikenali	Berhasil
Serong keatas		Subjek dikenali	Berhasil

Berdasarkan tabel uji coba tabel 3, Pegujian yang dilakukan sebanyak 5 kali dalam posisi subjek yang berbeda-beda, subjek berhasil dikenali dengan tingkat akurasi 100%.

Tabel 4. Uji Coba Dengan Subjek Berbeda

Fitur	Tes yang Dilakukan	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
Kenali wajah		Subjek dikenali dapat	Berhasil
Kenali wajah		Subjek dikenali dapat	Berhasil
Kenali wajah		Subjek dikenali dapat	Berhasil
Kenali wajah		Subjek dikenali dapat	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 4 kali dengan subjek yang berbeda dan subjek sudah terdaftar di database, aplikasi mampu memberikan hasil yang benar dengan tingkat akurasi 100%.

4. KESIMPULAN

Implementasi pengenalan wajah pada absensi mahasiswa telah berhasil dilakukan. dibuat dalam bentuk *file .exe* berukuran 61,2 MB (*Megabyte*) aplikasi ini dapat berjalan disistem operasi *windows*, fungsi dalam aplikasi dapat berjalan seperti rekam wajah berfungsi sebagai merekam subjek yang ingin dikenali dan fitur kenali wajah yang berfungsi untuk absen setelah melakukan *dataset* dan *dataframe* wajah. Berdasarkan uji coba aplikasi ini dapat mendeteksi wajah dengan beberapa kondisi seperti menggunakan atribut kacamata dan penutup kepala kecuali menggunakan tutup muka yang melebihi 50% karena inti wajah seperti hidung dan mulut tertutup sehingga sulit aplikasi untuk mengenali wajah. Aplikasi dapat mengenali subjek yang berbeda dan mengenali subjek dalam beberapa posisi yang berbeda dengan akurasi 100%.

5. SARAN

Berdasarkan pembuatan aplikasi untuk meningkatkan dan mengembangkan aplikasi absensi mahasiswa antara lain dapat dilakukan dengan menambahkan fitur laporan absensi per semester dalam bentuk database yang belum tersedia dalam aplikasi absensi mahasiswa agar memudahkan dosen untuk melihat berapa kali mahasiswa tidak masuk dalam sebuah mata kuliah. Untuk keamanan perlu ditambahkan fitur login agar tidak sembarang orang bias mengakses sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Shanmugamani,. *Deep Learning for Computer Vision*, Birmingham: Packt Publishing, 2018.
- [2] W. Zhang and H. Lee, “Facial Recognition-Based Attendance Systems: Benefits and Challenges”, *IEEE Access*, vol. 9, pp. 56045–56056, 2021.
- [3] H. Lee and R. Patel, “Manual Attendance Systems: Limitations and Solutions”, *Journal of Management and Technology Research*, vol.2, no.12, pp .45-58. 2019.
- [4] D.P. Aulia, N. Febrian, S. Supriyadi, V. Masullah, and P. Rosyadi, “Sistem Deteksi Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Berbasis OpenCV”, *Jurnal AI dan SPK*, vol 1, no. 4, pp. 300-302, 2024.
- [5] A. W. Wibowo, “Pendeteksian dan Pengenalan Wajah Pada Foto Secara Real Time Dengan Haar Cascade dan Local Binary Pattern Histogram”, *Jurnal Teknik Elektro Terapan*, vol.9, no.1, pp.6-11, 2020,
- [6] I. N. T. A. Putra, and K. S. Kartini, “Perbandingan Metode Pengenalan Wajah Melalui Surveillance Berbasis Pengenalan Wajah”, *Science and Information Technology Journal*, vol. 4, no.1, pp. 88-98, 2021.
- [7] A. Sutansi, M. Komaruddin ,Mustika, and P. Damayanti, “Rancang Bangun Aplikasi Perpustakaan Keliling Menggunakan Pendekatan Terstruktur”, *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, vol. 9, no.1, pp. 1-8, 2020
- [8] Suharni, S. H. Masimbangan, E. Susilowati, and R. F. Lintjewas, “Implementasi Website

-
- Sistem Informasi Pariwisata Jimbaran Menggunakan Metode Sdlc (System Development Life Cycle)”, *Jurnal Rekayasa Informatika*, No.1 Vol. 11, hal 24-35, 2022.
- [9] L. Setiyani, “Desain Usecase Diagam”, *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Adopsi Teknologi*, vol.1, no. 1, pp. 246-260, 2021.
- [10] M. A. Gunawan, H. S. Purba, N. A. B. Saputra, N. Wiranda, and M. H. Adini, “Perancangan Pendeteksi Wajah dengan Metode Haar Cascade dan Local Binary Pattern Berbasis OpenCV”, *Computing and Education Technology Journal*, vol. 4, no.1, pp. 7-16, 2024.
- [11] F. L. Ramadini and E. Haryatmi, “Penggunaan Metode Haar Cascade Classifier dan LBPH Untuk Pengenalan Wajah Secara Realtime”, *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 6, no. 2, pp. 290 -296, 2022.
- [12] O. Pribadi, “Aplikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier Dan Local Binary Pattern Histogram”, *Jurnal TIMES*, vol. 12, no.1, pp. 40-47, 2023.
- [13] Masnur, S. Alam, M. Zainal and M. E. Fazil, “Perancangan Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Python, Opencv Dan Haar Cascade”, *Jurnal Informatika Sains dan Teknologi*, vol.9, no. 2, pp. 285-298, 2024.
- [14] Masnur, S. Alam, M. Zainal, and M. E. Fazil, “Perancangan Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Python, Opencv Dan Haar Cascade”, *Jurnal Informatika Sains dan Teknologi*, vol.9, no. 2, pp. 285-298, 2024
- [15] A. P. Putra, F. Andriyanto, T. D. M. Karisman, Harti and W. Puspitasari, “Pengujian Aplikasi Point Of Sale Berbasis Web Menggunakan Black Box Testing”, *Jurnal Bina Komputer*, vol.2, no. 1, pp. 74-78, 2020.