



**Perancangan Elektrikal Raspberry Pi dan Servo
pada Implementasi Pengolahan Citra Guna
Mendeteksi Wajah Mahasiswa Saat PBL di
Ruangan**

Tugas Akhir

**Oleh:
Muhammad Rifkia Erza (3232311055)**

Program Studi Teknik Instrumentasi

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Batam

2026

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul "Perancangan Elektrikal Raspberry Pi dan Servo pada Implementasi Pengolahan Citra Guna Mendeteksi Wajah Mahasiswa Saat PBL di Ruangan" sepenuhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Penyusunan tugas ini dilakukan tanpa melibatkan cara-cara yang tidak diperkenankan, serta tidak menyalin atau mengklaim karya orang lain sebagai milik pribadi. Seluruh sumber yang digunakan telah dicantumkan secara lengkap dalam daftar pustaka. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, saya siap menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 09 Desember 2025



Muhammad Rifkia Erza
NIM: 3232311055

Lembar Pengesahan

**Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam**

**Oleh:
Muhammad Riskia Erza (3232311055)**

**Tanggal Sidang: 21 Januari 2026
Disetujui oleh :**

1. Penguji I



**Aditya Gautama Darmoyono,
S.T., M.T.
NIK: 117180**

2. Penguji II



**Ahmad Syafi'i, S.Pd., M.T.
NIK: 124311**

1. Pembimbing I



**Mu'thiana Gusnam, S.Kom.,
M.T.
NIK: 123293**

Perancangan Elektrikal Raspberry Pi dan Servo pada Implementasi Pengolahan Citra Guna Mendeteksi Wajah Mahasiswa Saat PBL di Ruangan

Abstrak

Teknologi pengolahan citra dan *computer vision* yang saat ini sedang populer dan banyak digunakan untuk sistem absensi ataupun sistem *monitoring*. Pada teknologi pengolahan citra bagian tubuh yang sering digunakan sebagai objek yang akan dikenali adalah wajah. pengenalan wajah (*face recognition*) akan digunakan *library* pada python yang diaplikasikan pada OpenCV dan *Face recognition* yang bersifat *open source* dan kamera akan diintegrasikan dengan *Raspberry Pi* sebagai perangkat yang akan mengontrol sistem dalam melakukan pengenalan wajah. Sistem ini akan menggunakan *Dataset* 130 foto per orang, dengan jumlah orang yang akan di daftarkan yaitu 5 orang. keseluruhan data akan disimpan dalam bentuk file excel sebagai dokumen validasi. Citra ini akan digunakan untuk mendeteksi wajah mahasiswa saat Pbl di ruangan. Sistem ini dapat mencatat dan mengenali wajah mahasiswa secara *real time*.

Kata Kunci: *Raspberry Pi*, OpenCV dan *Face recognition*

Electrical Design of a Raspberry Pi and Servo System for Image Processing Implementation to Detect Student Faces During PBL in a Room

Abstract

Image processing and computer vision technologies are currently popular and widely used for attendance and monitoring systems. In image processing technology, the body part that is often used as the object to be recognized is the face. Face recognition will use a library in Python that is applied to OpenCV and Face recognition, which are open source, and the camera will be integrated with Raspberry Pi as the device that will control the system in performing face recognition. This system will use a Dataset of 130 photos per person, with a total of 5 people to be registered. All data will be stored in Excel files as validation documents. These images will be used to detect students' faces during PBL in the room. This system can record and recognize students' faces in real time.

Keywords: Raspberry Pi, OpenCV, and Face recognition

Kata Pengantar

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena atas Rahmat, limpahan dan karunia-Nya, Shalawat serta salam senantiasa penulis kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Perancangan Elektrikal Raspberry Pi dan Servo pada Implementasi Pengolahan Citra Guna Mendeteksi Wajah Mahasiswa Saat PBL di Ruang”. Proyek Akhir ini dibuat dan disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Proyek Akhir dan Laporan serta menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T.) dari jenjang Diploma 3, Program Studi Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Batam.

Proyek akhir ini dapat diselesaikan semata-mata karena penulis menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak serta ridho-Nya. Maka dari itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan yang Maha ESA atas segala Rahmat, kasih, dan karunia-Nya
2. Orang tua yang selalu memberikan nasehat, semangat dan motivasi untuk menyelesaikan proyek akhir ini.
3. Ibu Mu'thiana Gusnam, S.Kom., M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, serta memberikan masukan, saran dan juga arahan hingga akhir.
4. Ibu Mu'thiana Gusnam, S.Kom., M.T. selaku Dosen Wali.
5. Untuk teman se-angkatan Putra dan Ories yang mau meluangkan waktunya untuk membantu saya dalam mengambil data.
6. Untuk sahabat saya Faris dan Lutfi yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan semangat untuk menyelesaikan proyek akhir ini, dan teman se-angkatan, dan seluruh teman-teman seperjuangan baik secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam proses pengerjaan proyek akhir.
7. Untuk abang saya Ridho Anugrah Ramadhan yang selalu mengingatkan saya dan menyemangatkan saya untuk tetap fokus kuliah dan menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis sadar bahwa Proyek Akhir ini tak luput dari kekurangan baik segi isi maupun penulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran akan penulis terima dengan senang hati. Penulis berharap semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Batam, 09 Desember 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Muhammad Rifkia Erza

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	2
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Sistem <i>Monitoring</i> Kehadiran Mahasiswa	4
2.2. Pengenalan Wajah (<i>Face recognition</i>)	4
2.3. <i>Face Detection</i> Dengan Metode HOG (<i>Histogram of Oriented Gradients</i>) ..	4
2.4. <i>Face Encoding</i> Dengan <i>Deep Learning</i> (<i>dlib ResNet</i>)	5
2.5. <i>Graphic User Interface (GUI)</i>	5
2.6. Hardware Yang Digunakan	6
2.6.1 Raspberry Pi	6
2.6.2 Kamera	6
2.6.3 servo	6
Bab 3. Metode Pelaksanaan	7
3.1. Perancangan	7
3.1.1. Pengumpulan Data	7
3.1.2. Perancangan Dan Pembuatan Mekanikal	8
3.1.3. Perancangan Dan Pembuatan Elektrical	9
3.1.4. Perancangan Dan Pembuatan Program Pengenalan Wajah	9

3.1.5.Perancangan Dan Pembuatan <i>Interface</i>	10
3.2. Pengujian.....	10
3.2.1.Pengujian Sistem.....	10
3.2.2.Pengujian Alat.....	10
Bab 4. Hasil dan Pembahasan.....	11
4.1. Penerapan <i>Face Detection</i> dengan metode HOG (<i>Histogram of oriented gradients</i>)	11
4.2. Hasil <i>Encoding Data</i>	11
4.3. Hasil Pengujian	13
4.3.1.Pengujian Sistem	13
4.3.1.1.Pengujian Akurasi <i>Face recognition</i>	13
4.3.1.2.Pengujian akurasi <i>face recognition</i> berdasarkan jarak dan resolusi.....	14
4.3.1.3.Pengujian penyimpanan <i>Log Real time</i>	18
4.3.1.4.Pengujian GUI	18
4.3.2.Pengujian Alat	20
Bab 5. Kesimpulan dan Saran.....	21
5.1.Kesimpulan	21
5.2.Saran.....	21
Daftar Pustaka	23
Biodata	24
Lampiran	25

Daftar Gambar

Gambar 1. Proses HOG	4
Gambar 2. Proses Encoding.....	5
Gambar 3. Flowchart Tahapan Perancangan	7
Gambar 4. Desain 3D box mekanikal	8
Gambar 5. Perancangan elektrikal	9
Gambar 6. Alur perancangan program.....	9
Gambar 7. Flowchart GUI	10
Gambar 8. Hasil encoding wajah	11
Gambar 9. Grafik penyebaran data face encoding	12
Gambar 10. Source code untuk parameter toleransi	14
Gambar 11. Hasil log dan tampilan GUI	18
Gambar 12. Pengujian GUI oleh pihak selain pemogram.....	19
Gambar 13. (a) servo posisi ke kiri;(b) servo posisi tengah;(c) servo posisi ke kanan	20
Gambar 14. Fisik produk sistem deteksi wajah	25
Gambar 15. Tampilan fisik bagian elektrikal.....	25
Gambar 16. Tampilan user interface secara menyeluruh.....	25
Gambar 17. Tampilan pengujian akurasi dataset	25

Daftar Tabel

Tabel 1. Work Breakdown Structure..... 3

Tabel 2. *Dataset*..... 8

Tabel 3. Pengujian akurasi face recognition 13

Tabel 4. Spesifikasi parameter CV scaler 14

Tabel 5. Pengujian akurasi berdasarkan jarak dengan cv_scaler 4 15

Tabel 6. Pengujian akurasi berdasarkan jarak dengan cv_scaler 2 16

Tabel 7. Pengujian GUI 19

Tabel 8. Pengujian servo..... 20

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman maka teknologi diberbagai bidang juga akan ikut berkembang dengan cepat. Berbagai inovasi akan bermunculan untuk mempermudah pekerjaan manusia [1]. Salah satunya adalah teknologi pengolahan citra dan *computer vision* yang saat ini sedang populer dan banyak digunakan untuk sistem absensi ataupun sistem *monitoring*. Sistem *monitoring* presensi yang dilakukan untuk memvalidasi seseorang pada suatu kegiatan mulai beralih kepada penggunaan pengolahan citra seperti *face recognition*. Seperti halnya pada sistem perkuliahan, absensi adalah sesuatu yang penting bagi dosen untuk dijadikan poin penilaian bagi mahasiswa [2].

Monitoring atau pemantauan sangat penting, khususnya jika kegiatan perkuliahan bersifat pengerjaan proyek didalam ruangan yang tidak terpantau langsung oleh dosen. Sehingga dibutuhkan sistem yang dapat mendeteksi kehadiran mahasiswa dan *memonitoring* mahasiswa agar memastikan bahwa mahasiswa memang mengerjakan proyek pada ruangan bukan hanya sekedar mengisi kehadiran lalu pergi. Sebagai contoh, ada kemungkinan seorang mahasiswa yang hanya datang sebentar kemudian pergi dan tidak mengerjakan proyek bersama tim lainnya [3].

Pengolahan citra merupakan penemuan dibidang komputer yang menangani kasus mengenai pemrosesan gambar. Tidak jauh berbeda dengan *computer vision* yang membuat komputer dapat mengenali citra atau gambar kemudian membuat sebuah keputusan tentang objek yang ditangkap dari sebuah sensor atau perangkat [4]. Pada teknologi pengolahan citra bagian tubuh yang sering digunakan sebagai objek yang akan dikenali adalah wajah. Untuk mengenali seseorang umumnya akan melihat wajah sebagai penanda dikarenakan memiliki keunikan sehingga digunakan sebagai identitas atau penanda seseorang [5]. Komputer akan bekerja untuk menganalisis pola citra wajah yang ada pada gambar atau video yang kemudian akan menghasilkan sebuah *output* keputusan dari hasil analisis citra tersebut.

Pengenalan wajah ini pada umumnya akan dilakukan dengan bantuan perangkat kamera untuk menangkap gambar dari sisi depan dengan memperhatikan juga aspek pencahayaan [6]. Dalam melakukan pengenalan wajah (*face recognition*) akan membutuhkan sistem yang pintar untuk bisa memproses wajah dengan melewati beberapa tahapan penting seperti pendeteksian wajah, ekstraksi fitur-fitur penting, dan pengenalan wajah [7]. Untuk melakukan tahapan tersebut dibutuhkan beberapa *library* pada python yang dapat membantu untuk melakukan tugas pengenalan wajah seperti OpenCV dan *Face recognition* yang bersifat *open source*. Sistem ini juga nantinya akan memanfaatkan kamera yang telah diintegrasikan dengan *Raspberry Pi* sebagai perangkat yang akan mengontrol sistem dalam melakukan pengenalan wajah. Kemudian keseluruhan data akan disimpan dalam bentuk file excel sebagai dokumen validasi.

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa dengan adanya sistem ini akan sangat membantu dalam proses absensi dan *monitoring* kehadiran mahasiswa dengan pemanfaatan *library* OpenCV dan *Face recognition*. Penelitian Dikakus Ceme dkk (2023) [8] membuktikan keunggulan dari OpenCV dan *Face recognition*

dalam aplikasi presensi kehadiran guru yang mampu mengidentifikasi wajah seseorang secara *realtime*. Begitu juga dengan penelitian Andi Asvin dan Andi Syawarni (2021), yang menggunakan teknologi *Qr Code* dan *Face recognition* yang mampu menangkap dan menyimpan data kehadiran mahasiswa secara transparan dan *realtime*. Dari beberapa penelitian terdahulu, diharapkan penelitian ini dapat mengintegrasikan pengenalan wajah sebagai sistem absensi dan *monitoring* yang efisien. Penelitian ini juga akan menyajikan *Graphic User Interface* (GUI) yang mudah dipahami sehingga memudahkan penggunaan sistem yang akan dilengkapi dengan sistem login untuk hal keamanan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada proyek akhir ini sebagai berikut.

1. Bagaimana sistem dapat mendeteksi wajah mahasiswa serta mengenali wajah tersebut seperti nama atau NIM mahasiswa?
2. Bagaimana sistem ini dapat digunakan dengan mudah dan efisien oleh berbagai pihak selain pemrogram?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi mahasiswa didalam ruangan lengkap dengan nama dan NIM
2. Membuat user *interface* yang efisien untuk memudahkan penggunaan sistem

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan dan menyimpan secara otomatis data *monitoring* mahasiswa yang sedang berada dalam ruangan berupa nama, NIM, waktu dan durasi
2. Mengoptimalkan pemantauan atau *monitoring* mahasiswa selama aktivitas PBL berjalan

1.5. Batasan

Adapun batasan masalah dalam proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang dikumpulkan dan disimpan mencakup nama, NIM, waktu terdeteksi pertama kali, waktu keluar terakhir dan durasi dalam format excel.
2. Penelitian ini menggunakan metode *face recognition* berbasis *dlib* dengan pendekatan HOG dan *face encoding*.
3. Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Raspberry Pi 4* dan kamera *Arducam* dengan pengaturan resolusi yang disesuaikan agar tetap ringan saat pemrosesan *realtime*

1.6. *Work Breakdown Structure*

Tabel 1. *Work Breakdown Structure*

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Muhammad Rifkia Erza	Elektrikal: Perencanaan dan pengujian sistem elektrikal pada <i>Raspberry Pi</i>
2	Widia Setyawati	Pemrograman: Perancang dan Implementasi sistem <i>monitoring</i>
3	Annisa Fajriyah	Mekanikal: Desain mekanisme penempatan kamera dan <i>Raspberry Pi</i>

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sistem *Monitoring Kehadiran Mahasiswa*

Monitoring atau pemantauan sangat penting, khususnya jika kegiatan perkuliahan bersifat pengerjaan proyek didalam ruangan yang tidak terpantau langsung oleh dosen. Sehingga dibutuhkan sistem yang dapat mendeteksi kehadiran mahasiswa dan *memonitoring* mahasiswa agar memastikan bahwa mahasiswa memang mengerjakan proyek pada ruangan bukan hanya sekedar mengisi kehadiran lalu pergi. Sistem ini nantinya akan memanfaatkan kamera yang telah diintegrasikan dengan *Raspberry Pi* sebagai perangkat yang akan mengontrol sistem dalam melakukan pengenalan wajah. Kemudian keseluruhan data akan disimpan dalam bentuk file excel sebagai dokumen validasi.

2.2. Pengenalan Wajah (*Face recognition*)

Face recognition adalah sebuah teknologi untuk mengenali wajah yang saat ini banyak digunakan untuk berbagai pekerjaan manusia. *Face recognition* atau pengenalan wajah adalah salah satu implementasi dari bidang biometrik untuk mengenali atau mengidentifikasi identitas seseorang berdasarkan karakteristik unik pada wajah [9]. Pada sistem *face recognition* terdapat beberapa tahapan utama agar sistem dapat bekerja yaitu, pengambilan citra wajah, pendeteksian wajah, ekstraksi ciri (*feature extraction*), dan proses pencocokan wajah. Dalam penelitian ini *face recognition* digunakan sebagai dasar dari sistem *monitoring* mahasiswa.

2.3. *Face Detection* Dengan Metode HOG (*Histogram of Oriented Gradients*)

Face Detection adalah proses untuk melakukan pendeteksian wajah pada suatu citra atau video sebelum proses pengenalan wajah dilakukan (*face recognition*). Tahapan ini penting karena menjadi penentu dari keakurasian sistem dalam mengenali wajah. Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Histogram of Oriented Gradients* (HOG). Metode ini digunakan untuk mengekstraksi fitur pada gambar seperti informasi gradien atau arah perubahan intensitas cahaya pada suatu gambar atau citra.



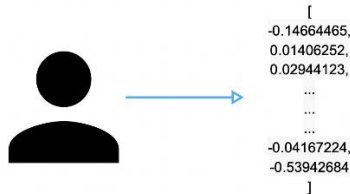
Gambar 1. Proses HOG

<https://www.ml-science.com/histogram-of-oriented-gradients>

Informasi gradien kemudian dikumpulkan dan dikelompokkan dalam bentuk histogram untuk mempresentasikan pola tepi atau bentuk objek seperti wajah manusia [10]. Penulis memilih metode ini karena keunggulannya dalam mendeteksi wajah dengan cukup baik pada kondisi pencahayaan yang stabil serta beban komputasi yang relatif ringan.

2.4. Face Encoding Dengan Deep Learning (dlib ResNet)

Face Encoding adalah proses ekstraksi ciri wajah dengan tujuan untuk mempresentasikan wajah dalam bentuk vektor numerik. Proses ini dijalankan setelah wajah telah berhasil dideteksi menggunakan *face detection*. Pada penelitian ini, proses *face encoding* menggunakan model *Deep Learning* berbasis ResNet yang dikembangkan oleh *dlib*. Cara kerja model ini adalah mengubah citra wajah menjadi vektor fitur berukuran 128 dimensi yang bersifat unik dari setiap individu. Vektor ini berisi representasi dari karakteristik wajah seperti jarak antar mata, bentuk hidung, rahang dan struktur wajah lainnya.



Gambar 2. Proses Encoding

<https://www.elastic.co/blog/how-to-build-a-facial-recognition-system-using-elasticsearch-and-python>

Metode *face encoding* berbasis *Deep Learning* ini memiliki keunggulan dalam mengenali wajah dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi serta tahan terhadap variasi pose, pencahayaan, dan ekspresi wajah. *Output* dari *encoding* wajah akan disimpan dalam bentuk data numerik yang kemudian digunakan untuk proses pencocokan (*face matching*).

2.5. Graphic User Interface (GUI)

Graphical User Interface (GUI) adalah antarmuka pengguna yang memungkinkan *computer* atau perangkat lainnya berinteraksi melalui elemen grafis seperti tombol, ikon, label atau menu lainnya. *Interface* pada sistem ini dibuat untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan program dan perangkat (sistem) dengan penggunaan elemen visual yang intuitif sehingga lebih mudah dipahami dan efisien.

2.6. Hardware Yang Digunakan

2.6.1 *Raspberry Pi*

Raspberry Pi adalah sebuah computer yang berukuran kecil yang biasa digunakan untuk pembelajaran computer dan pemrograman. Pada sistem absensi ini *Raspberry Pi* akan digunakan sebagai perangkat yang mengontrol sistem dan pemrograman pengenalan wajah. *Raspberry Pi* akan berfungsi sebagai otak dari sistem ini yang akan menjalankan alat, dimana akan menyimpan segala data baik itu data mentah dan data yang sudah diolah.

2.6.2 Kamera

Penggunaan kamera pada sistem absensi ini adalah untuk menangkap gambar atau merekam gambar mahasiswa yang ada di ruangan PBL. Kamera akan diletakkan pada sudut ruangan dan akan diintegrasikan dengan *Raspberry Pi* untuk merekam setiap mahasiswa yang ada didalam ruangan.

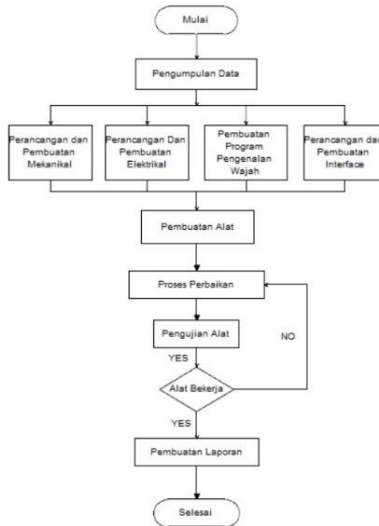
2.6.3 *Servo*

Servo motor merupakan suatu perangkat aktuator untuk mengatur pergerakan sudut secara presisi. Pada sistem ini akan digunakan sebagai perangkat keras pendukung yang akan menggerakkan mekanikal atau box sesuai dengan perintah yang dikirimkan oleh *Raspberry Pi*.

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1 Perancangan

Tahapan pelaksanaan proyek diuraikan pada Gambar 3 yang menjelaskan secara umum urutan pelaksanaan kegiatan proyek akhir.



Gambar 3. Flowchart Tahapan Perancangan

3.1.1. Pengumpulan Data

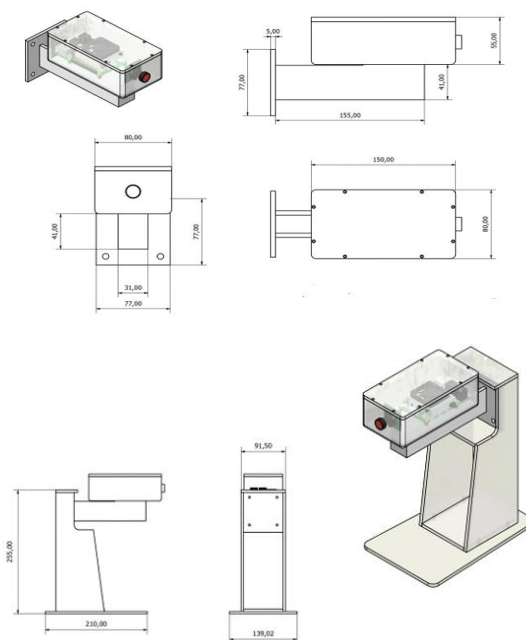
Dalam pengumpulan data dibutuhkan pemahaman serta banyak referensi. Kemudian proses dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan mekanikal yang berisi penjelasan pada perakitan mekanikal pada sistem pendeteksi wajah, elektrikal yang berisi penjelasan pada perakitan elektrikal pada sistem pendeteksi wajah, program yang berisi penjelasan mengenai program yang akan di gunakan untuk menjalankan sistem pengenalan wajah dan terakhir pembuatan *interface* yang dimana dapat mempermudah pengguna untuk mengontrol dan menyimpan data dari absensi tersebut. *Dataset* wajah juga dikumpulkan sebagai bahan untuk *training*, berikut data yang dikumpulkan:

Tabel 2. Dataset

No	Nama	Jumlah Data
1	Muhammad Rifkia Erza	130
2	Widia Setyawati	130
3	Annisa Fajriyah	130
4	Ories Tiana Vitriani	130
5	Putra Ramadandi	130

3.1.2. Perancangan Dan Pembuatan Mekanikal

Perancangan mekanikal dalam pembuatan system absensi berbasis pengolahan citra, dibuat menggunakan 3D printing dengan membuat kotak atau box. Box tersebut didesain untuk melindungi komponen dan mencegah adanya kontak langsung antar komponen elektrikl dengan manusia. Sehingga keamanan lebih terjaga dan lebih rapi dikarenakan komponen tertutup.

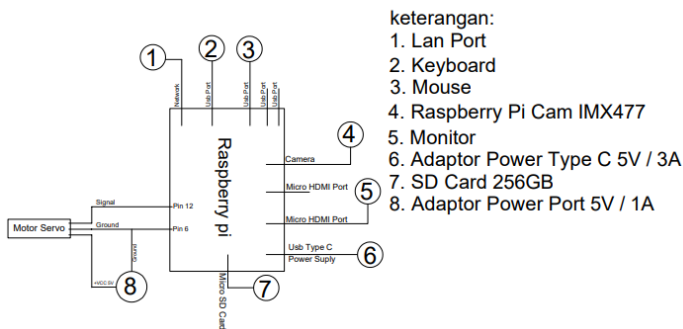


Gambar 4. Desain 3D box mekanikal

mekanikal ini di buat dengan bahan filament dengan ukuran kotak atau box nya panjang 150 mm, lebar 80 mm dan tinggi box 55 mm. lalu ukuran stand atau kedudukannya tinggi stand nya 41 mm, panjang 155 mm. Dan stand holder memiliki ukuran tinggi 255 mm dengan lebar keseluruhan 210 mm.

3.1.3. Perancangan Dan Pembuatan Elektrikal

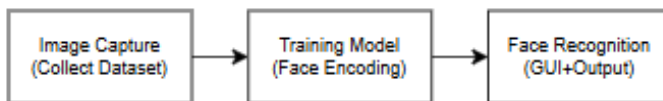
Perancangan pada elektrikal ini menggunakan website tinkercad, untuk mengetahui apakah rangkaian itu benar atau salah. Pada rangkaian desain elektrikal *Raspberry* sebagai pengendali atau control di hubungkan dengan komponen komponen lainnya antara lain, seperti kamera, monitor dan kipas. Adapun pada pemasangan desain elektrikal di lakukan secara luring



Gambar 5. Perancangan elektrikal

3.1.4. Perancangan Dan Pembuatan Program Pengenalan Wajah

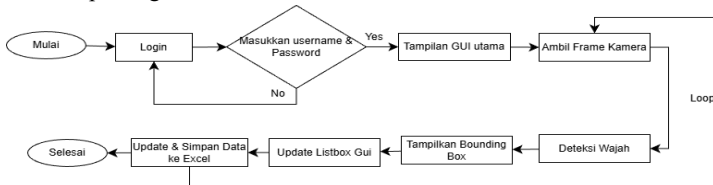
Alur program akan dibagi menjadi 3 tahap utama yaitu, *image capture*, *training model*, dan *face recognition* yang dapat dilihat pada gambar dibawah. Program pertama *image capture* akan bekerja untuk mengambil gambar dan mengumpulkan *Dataset* untuk di training, kemudian program kedua yaitu *training model* untuk melakukan *face encoding* dan menyimpan hasil ekstraksi ciri wajah, serta program ketiga yaitu *face recognition* yang akan menjadi main program. Main program akan menggunakan hasil *encoding* untuk melakukan pengenalan wajah secara *real time* melalui GUI dan menyimpan hasil kehadiran kedalam format excel secara otomatis.



Gambar 6. Alur perancangan program

3.1.5. Perancangan Dan Pembuatan *Interface*

Graphical User Interface (GUI) pada sistem ini dibangun menggunakan *library Tkinter*, yang tersedia secara *open source* pada bahasa pemrograman Python. *Tkinter* memiliki keunggulan karena mudah diimplementasikan, ringan dan kompatibel untuk dijalankan pada perangkat *Raspberry Pi*. GUI dilengkapi dengan canvas untuk menampilkan video secara *real time* dari kamera dan daftar mahasiswa yang terdeteksi. Serta ada fitur login diawal ketika sistem dijalankan untuk alasan keamanan, sehingga tidak sembarang di jalankan oleh orang yang tidak berkepentingan.



Gambar 7. Flowchart GUI

3.2. Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan proyek yang dilakukan terhadap tujuan awal yang telah direncanakan. Sistem yang telah dirancang, kemudian dilakukan pengujian secara satu maupun secara keseluruhan

3.2.1. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem meliputi pengujian fungsi kamera, pendeteksian wajah, pengenalan wajah, tampilan GUI dan hasil *output* data log excel. Hasil pengujian akan menentukan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pengujian fungsional sistem akan dihitung keakurasian nya dalam mendeteksi dan mengenali wajah dengan membandingkan hasil dari sistem dengan identitas asli. Hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mengenali wajah pada kondisi pencahayaan yang normal. Pengujian terhadap GUI juga dilakukan untuk memastikan *interface* dapat dengan mudah dimengerti penggunaan dan fungsional nya.

3.2.2. Pengujian Alat

Tahap pengujian berikutnya adalah pengujian terhadap alat mekanikal servo dalam menggerakkan box mekanikal. Pengujian servo dilakukan untuk mengetahui akurasi dari pergerakan sudut, waktu respon dan kemampuan servo dalam menggerakkan box sesuai program. Pengujian akurasi sudut servo dilakukan dengan mencatat hasil aktual dengan program untuk mengetahui apakah servo bergerak sesuai perintah pada program.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Penerapan *Face Detection* Dengan Metode HOG (*Histogram of Oriented Gradients*)

Metode HOG (*Histogram of Oriented Gradients*) digunakan dalam sistem ini sebagai metode utama untuk melakukan pendeteksian wajah mahasiswa secara *realtime*. Cara kerja HOG adalah dengan mengekstraksi pola arah gradien dari citra untuk membedakan dan menentukan area wajah dan non-wajah. Metode ini dipilih karena keunggulannya yang memiliki komputasi ringan sehingga sesuai untuk diimplementasikan pada perangkat *Raspberry Pi 4* yang memiliki keterbatasan sumber daya. Berdasarkan hasil pengujian, HOG mampu mendeteksi wajah dengan baik pada kondisi pencahayaan normal, namun mengalami penurunan performa pada kondisi pencahayaan rendah dan sudut wajah tertentu.

4.2. Hasil *Encoding Data*

Proses *face encoding* dilakukan untuk merepresentasikan ciri khas setiap wajah dengan mengubah citra wajah mahasiswa menjadi vektor numerik. Setiap kumpulan *Dataset* akan diekstraksi menjadi sebuah data *encoding* berupa nilai numerik berdimensi 128 dan disimpan dalam file *encodings.pickle*. Nilai yang dihasilkan bersifat unik untuk setiap individu, sehingga data tersebut digunakan sebagai pencocokan pada tahap pengenalan wajah. Hasil data *encoding* dapat dilihat pada gambar dibawah.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Nama	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	rfkia3232311055	-0.11726	0.04154	0.04995	-0.07297	-0.04237	-0.01678	0.03008	-0.01027	0.17053	-0.06251	0.2579	-0.0349	-0.1694	-0.16442	-0.00613
3	rfkia3232311055	-0.07083	0.06672	0.04962	-0.06793	0.00604	-0.0046	-0.01705	-0.08708	0.14041	-0.13196	0.25099	-0.06738	-0.17572	-0.18494	-0.01342
4	rfkia3232311055	-0.05175	0.10506	0.01311	-0.0282	0.02922	-0.03571	0.00138	-0.0366	0.11046	-0.02196	0.27816	-0.03293	-0.15079	-0.1966	0.02134
5	rfkia3232311055	-0.05114	0.07683	0.02926	-0.03301	0.02627	-0.03442	-0.02163	-0.01948	0.09209	-0.0444	0.17793	-0.00501	-0.14743	-0.18458	-0.01166
6	rfkia3232311055	-0.06802	0.09535	0.02085	-0.03466	0.0272	-0.02275	-0.0015	-0.02531	0.10773	-0.01744	0.27107	-0.01229	-0.14426	-0.20335	0.01082
7	rfkia3232311055	-0.02036	0.10409	0.03043	-0.02629	0.04171	-0.03372	-0.01221	-0.01375	0.11143	-0.02991	0.26887	-0.01068	-0.15973	-0.18113	0.00169
8	rfkia3232311055	-0.11395	0.07258	0.10511	-0.01956	0.01142	-0.03893	0.00182	-0.09263	0.12596	-0.06849	0.30894	0.00627	-0.17761	-0.21197	-0.02806
9	rfkia3232311055	-0.12251	0.12077	0.10287	-0.04659	-0.00793	-0.06956	0.01157	-0.07155	0.14828	-0.09433	0.2939	-0.06134	-0.20025	-0.11671	-0.00541
10	rfkia3232311055	-0.11726	0.07396	0.07532	-0.07563	-0.02404	-0.04223	0.0204	-0.00804	0.18568	-0.03968	0.25861	-0.03557	-0.17071	-0.15811	-0.0243
11	rfkia3232311055	-0.12116	0.08415	0.08099	-0.03445	-0.05994	-0.09012	0.01106	-0.08136	0.15411	-0.07187	0.27704	-0.07038	-0.25903	-0.09231	0.01876
12	rfkia3232311055	0.00205	0.07523	0.03141	-0.0327	0.03397	-0.00498	-0.01547	-0.07646	0.10893	-0.06393	0.27779	-0.0362	-0.17068	-0.19724	0.01662
13	rfkia3232311055	-0.06621	0.11177	0.05956	-0.04843	-0.04982	0.00621	-0.04307	-0.10648	0.14792	-0.07592	0.24657	-0.00269	-0.18672	-0.17275	-0.05763
14	rfkia3232311055	-0.05804	0.11882	0.05993	-0.04737	-0.03785	0.0206	-0.02913	-0.09005	0.14156	-0.07173	0.26647	-0.01169	-0.18296	-0.20471	-0.04893
15	rfkia3232311055	-0.09834	0.12096	0.07384	0.00346	-0.02961	-0.02883	-0.00199	-0.04409	0.1745	-0.04241	0.26166	-0.08587	-0.20752	-0.11501	-0.0492
16	rfkia3232311055	-0.00954	0.07981	0.03155	-0.02049	0.01607	0.00975	-0.01954	-0.09038	0.10418	-0.07865	0.26193	-0.05449	-0.18869	-0.20006	0.00915
17	rfkia3232311055	-0.12947	0.03778	0.0524	-0.07349	-0.03737	-0.0286	0.01679	-0.07159	0.15467	-0.05944	0.25216	-0.0471	-0.16466	-0.1666	-0.01086
18	rfkia3232311055	-0.00205	0.08162	0.03887	-0.02358	0.0329	0.00194	-0.01497	-0.09399	0.10865	-0.08166	0.27117	-0.03877	-0.1815	-0.20882	0.02194
19	rfkia3232311055	-0.04311	0.08115	0.0381	-0.03025	0.0103	-0.00524	-0.0129	-0.09051	0.10898	-0.08278	0.27245	-0.06148	-0.18831	-0.20808	0.01162
20	rfkia3232311055	-0.06573	0.08231	0.04779	-0.05969	0.01733	0.01111	-0.02416	-0.08667	0.13402	-0.10822	0.25207	-0.05106	-0.1701	-0.20689	-0.00396
21	rfkia3232311055	-0.06192	0.06422	0.05366	-0.0494	0.02221	0.00066	-0.00694	-0.0808	0.13996	-0.12317	0.25038	-0.06216	-0.15686	-0.19225	0.00707
22	rfkia3232311055	-0.06764	0.11162	0.07698	-0.05863	0.01055	-0.00321	-0.02241	-0.13632	0.12718	-0.10049	0.28566	-0.02968	-0.18537	-0.21605	-0.03975

Gambar 8. Hasil *encoding* wajah

Data diatas terdiri dari 128 kolom (0 – 127) yang setiap barisnya mewakili fitur numerik dari satu gambar/wajah, yang merupakan vektor fitur wajah (128-*dimensional face embedding*) yang dihasilkan oleh model pengenalan wajah berbasis *Deep Learning* (*dlib ResNet*). *Face embedding* adalah sebuah representasi matematis wajah dalam bentuk vektor numerik yang berdimensi tinggi.

Secara rumus:

$$\mathbf{E} = [f_0, f_1, f_2, \dots, f_{127}] \quad (1)$$

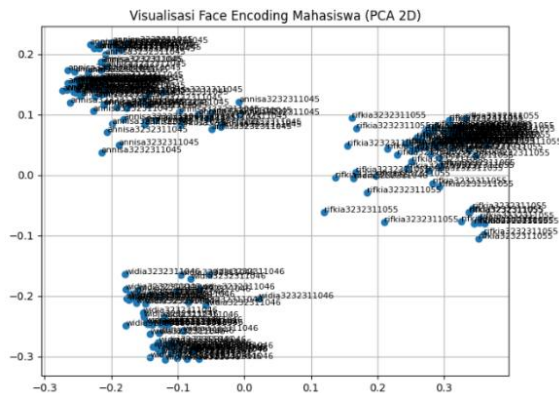
di mana:

- f_i = nilai fitur ke- i
- setiap $f_i \in \mathbb{R}$ (bilangan real)
- seluruh vektor merepresentasikan identitas wajah

Setiap dimensi pada *embedding* mengandung korelasi laten yang diperoleh dari hasil pembelajaran jaringan saraf konvolusional terhadap pola wajah. Fitur-fitur tersebut tidak merepresentasikan secara eksplisit bagian wajah tertentu, melainkan merupakan representasi dari karakteristik global wajah secara abstrak. Sehingga tiap kolom tidak berdiri sendiri, namun akan bermakna sebagai satu vektor utuh dimana kolom ke-128 akan berfungsi sebagai pembentuk ruang vektor 128 dimensi. Hubungan antar fitur membentuk ruang vektor yang memungkinkan pengukuran kesamaan antar wajah menggunakan metode perhitungan jarak, seperti *Euclidean Distance* atau *Cosine Similarity*.

$$Distance = \sqrt{\sum_{i=1}^{128} (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

Berdasarkan hasil *encoding* yang diperoleh, seluruh data berhasil dikonversi menjadi data numerik. Data kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik PCA 2D untuk menunjukkan perbedaan karakteristik antar wajah mahasiswa. Pada grafik terlihat bahwa setiap wajah membentuk penyebaran pola yang berbeda, menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan identitas mahasiswa dengan baik.



Gambar 9. Grafik penyebaran data *face encoding*

4.3. Hasil Pengujian

4.3.1. Pengujian Sistem

4.3.1.1. Pengujian Akurasi *Face recognition*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat sistem dalam mengenali wajah manusia, dengan membandingkan data yang terdeteksi dengan data aktual atau identitas sebenarnya. Kemudian dilakukan beberapa kali percobaan pengenalan wajah setiap individu untuk mengetahui akurasi dari sistem dalam mengenali mahasiswa. Hasil akan dihitung berdasarkan rumus dibawah:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Pengenalan Benar}}{\text{Jumlah Seluruh Percobaan}} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 3. Pengujian akurasi *face recognition*

No	Nama	Jumlah Uji	Benar	Salah	Akurasi (%)
1	Rifkia	10	10	0	100
2	Widia	10	10	0	100
3	Anisa	10	10	0	100
4	Ories	10	10	0	100
5	Putra	10	10	0	100
	Total	50	50	0	100%

Hasil menunjukkan setiap mahasiswa yang sebelumnya sudah terdaftar atau di *encoding* dapat dideteksi dan dikenali sesuai dengan identitas sebenarnya. Namun saat ada mahasiswa lain yang datanya tidak ada didalam file *encoding* terdeteksi dalam kamera, maka sistem akan mencoba mencocokkan wajah tersebut dengan data yang sudah terdaftar.

Sistem melakukan pendeteksiian wajah dengan melewati beberapa proses, karena setiap gambar akan selalu menghasilkan angka tidak langsung memberi label. Gambar yang sudah di *encoding* akan dibandingkan dengan seluruh *encoding* wajah yang tersimpan, kemudian sistem akan menghitung jarak numerik menggunakan rumus *Euclidean Distance*. Semakin kecil angka perhitungan yang dihasilkan maka diasumsikan sebagai kandidat paling mirip. Sehingga sistem menetapkan batas parameter toleransi yaitu:

$$\text{jika distance} \leq 0.4 \rightarrow \text{dikenali} \quad (4)$$

$$\text{jika distance} > 0.45 \rightarrow \text{Unknown} \quad (5)$$

Jadi toleransi yang dimaksud akan menjadi ambang batas keputusan bagi sistem untuk memberikan label apa pada gambar yang telah ditangkap oleh sistem. Sehingga sistem tidak menilai atau menentukan label berdasarkan kemiripan visual, namun menggunakan perhitungan nilai jarak numerik yang dihitung dari setiap

gambar. Dengan demikian, proses pengenalan wajah sepenuhnya berbasis pada perhitungan numerik, dimana setiap gambar akan dievaluasi secara objektif berdasarkan parameter toleransi yang telah ditetapkan.

```
for enc in face_encodings:
    matches = face_recognition.compare_faces(
        known_face_encodings, enc, tolerance=0.4
    )
    distances = face_recognition.face_distance(known_face_encodings, enc)
    best = np.argmin(distances)
    name = "Unknown"
    if matches[best] and distances[best] < 0.4:
        name = known_face_names[best]
```

Gambar 10. Source code untuk parameter toleransi

Nilai toleransi 0.4 dipilih karena memberikan keseimbangan yang baik pada akurasi sistem. Secara *default* dari karakteristik *library face_recognition*, nilai jarak wajah untuk individu yang sama umumnya berada dibawah 0.45, sedangkan individu yang berbeda berada diatas 0.5. Dengan menggunakan nilai toleransi 0.4, sistem akan lebih selektif dan optimal, sehingga dapat mengurangi tingkat kesalahan pengenalan wajah yang berbeda sebagai orang yang sama.

4.3.1.2. Pengujian Akurasi *Face recognition* Berdasarkan Jarak dan Resolusi

Pengujian akurasi *face recognition* berdasarkan jarak dan resolusi dilakukan secara paralel untuk mengetahui sejauh mana kinerja sistem mampu mengenali wajah mahasiswa secara akurat pada variasi jarak tertentu serta mengetahui pengaruh resolusi. Pengujian dilakukan dengan beberapa parameter jarak kamera terhadap objek pada kondisi pencahayaan yang normal pada 2 kondisi pengaturan resolusi. Sedangkan pengaturan resolusi diperoleh melalui parameter *cv_scaler* yang ada pada program, yang berfungsi untuk mengatur skala ukuran atau resolusi citra sebelum diproses. Parameter *cv_scaler* yang digunakan dalam range 1-10 yang digunakan untuk mengatur resolusi dari citra yang diambil.

Tabel 4. Spesifikasi parameter *CV scaler*

No	<i>Cv_scaler</i>	<i>Pixel</i>	<i>FPS</i>	<i>Dellay (s)</i>
1	10	128 x 72	2.8	0.3
2	9	142 x 80	2.8	0.5
3	8	160 x 90	2.8	0.7
4	7	183 x 103	2.7	0.9.
5	6	213 x 120	2.7	1.14
6	5	256 x 144	2.7	1.30
7	4	320 x 180	2.4	1.60
8	3	427 x 240	2.0	1.74
9	2	640 x 360	1.3	2.00
10	1	1280 x 720	0.5	4.90

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengaturan *CV scaler* memiliki berpengaruh signifikan terhadap resolusi citra, nilai FPS, dan delay sistem. Resolusi citra yang diproses semakin besar saat nilai semakin kecil (mendekati 1), namun terjadi penurunan FPS serta peningkatan delay secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya beban komputasi pada proses pengolahan citra dan pendeteksian wajah mahasiswa.

Pada *CV scaler* tinggi (10-6), sistem menghasilkan FPS yang relatif stabil pada kisaran 2.7 – 2.8 FPS dengan delay yang rendah, namun resolusi citra yang dihasilkan membuat detail wajah menjadi kurang optimal. Sebaliknya, pada *CV scaler* rendah (1-3), resolusi citra meningkat dan mencapai 1280×720 pixel, namun terjadi penurunan drastis pada FPS dan delay mencapai 4.9 detik, yang menyebabkan pergerakan sistem tidak responsif.

Berdasarkan pengujian dan beberapa pertimbangan untuk menghasilkan konfigurasi yang optimal, *CV scaler* 2 dipilih sebagai parameter yang digunakan. Pada parameter ini, sistem mampu menghasilkan resolusi citra sebesar 640×360 pixel dengan nilai FPS sebesar 1.3 FPS dan delay 2.0 detik, yang dinilai cukup optimal untuk pendeteksian wajah mahasiswa, yang masih berada dalam batas toleransi pergerakan dan respons sistem.

Pembagian resolusi dibagi menjadi 2 pengujian dengan tujuan untuk menganalisis dan memberikan perbedaan pengaruh skala resolusi terhadap akurasi pengenalan wajah serta kecepatan pemrosesan sistem. Berikut data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5 dibawah.

Tabel 5. Pengujian akurasi berdasarkan jarak dengan *cv_scaler* 4

No	Jarak	Terdeteksi	Hasil Percobaan	Akurasi	Error
1	1m	3		100%	0%
2	1.3m	3		100%	0%

3	1.5m	3		0%	100%
---	------	---	---	----	------

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada 3 parameter jarak dengan pengaturan *cv_scaler* bernilai 4, diperoleh nilai error sebesar 0% pada pengujian dijarak 1 dan 1,3 meter. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali wajah dengan baik pada kondisi jarak 1 meter sampai batas maksimal 1,3 meter. Namun, pada pengujian ke-3 diperoleh error sebesar 100%, yang menandakan sistem gagal melakukan pengenalan wajah pada jarak diatas 1,3 meter. Kegagalan pada beberapa pengujian kemungkinan disebabkan oleh faktor resolusi tidak cukup tinggi untuk menangkap detail wajah pada jarak jauh, sehingga beberapa fitur wajah seperti mata, hidung, dan kontur tidak terbaca dengan baik oleh algoritma.

Tabel 6. Pengujian akurasi berdasarkan jarak dengan *cv_scaler* 2

No	Jarak	Terdeteksi	Hasil Percobaan	Akurasi	Error
1	1m	5		100%	0%
2	1.3m	3		100%	0%
3	1.5m	3		100%	0%

4	1.7m	3		100%	0%
5	2m	5		100%	0%
6	2.3m	3		100%	0%
7	2.5m	3		100%	0%
8	3m	0		0%	100%

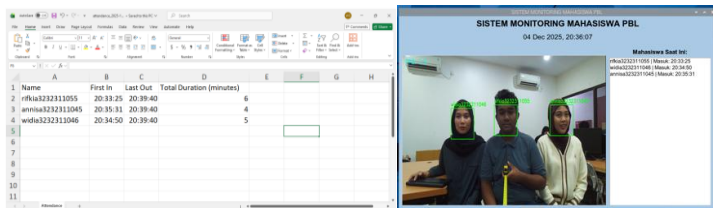
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada *cv_scaler* 2 sebanyak 8 kali percobaan dengan beberapa parameter jarak, diperoleh nilai error sebesar 0% pada pengujian ke-1 sampai ke-7. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali wajah dengan sangat baik pada kondisi jarak 1 meter sampai batas maksimal 2,5 meter. Namun, pada pengujian ke-8 diperoleh error sebesar 100%, yang menandakan sistem gagal melakukan pengenalan wajah pada jarak diatas 2,5 meter.

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada parameter *cv_scaler* 2, sistem mampu mempertahankan detail wajah dengan sangat baik dengan kecepatan pemrosesan dan kestabilan *frame per second* (FPS) yang cukup tinggi. Sementara itu, nilai *cv_scaler* 4 masih mampu mempertahankan detail wajah dengan cukup baik dengan kecepatan pemrosesan dan kestabilan *frame per second* (FPS) yang

relatif tinggi. Jika dibandingkan diantara keduanya, maka penggunaan parameter *cv_scaler* 2 memiliki kinerja yang lebih baik karena mampu mengenali wajah sampai batas maksimal 2,5 meter sedangkan parameter *cv_scaler* 4 hanya mampu pada jarak maksimal 1,3 meter. Namun dari segi kecepatan pemrosesan, parameter 4 memang lebih cepat dibanding parameter 2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa akurasi pendeteksian wajah menurun ketika ukuran wajah di *frame* terlalu kecil, karena pada dasarnya kinerja metode HOG sebagai dasar dari *face encoding* akan menurun jika kualitas gambar mengalami penurunan resolusi.

4.3.1.3 Pengujian Penyimpanan Log *Realtime*

Pengujian penyimpanan data dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat menyimpan log data pengenalan wajah mahasiswa secara *realtime*. Data yang tersimpan berisi nama mahasiswa, waktu pertama terdeteksi (*first in*). Waktu terakhir terdeteksi (*last out*), serta total durasi kehadiran selama berada didalam ruangan (*total duration*). Proses penyimpanan dilakukan secara otomatis dalam format excel yang disimpan per hari. Selain menyimpan log data dalam bentuk excel, sistem juga menyimpan log dalam bentuk video per hari secara otomatis.



Gambar 11. Hasil log dan tampilan GUI

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mencatat setiap mahasiswa yang terdeteksi tanpa adanya kehilangan data. Namun data mahasiswa akan tersimpan dalam excel jika mahasiswa tersebut sudah tercatat keluar oleh sistem, dan sistem akan mengisi data mahasiswa yang terdeteksi dan melengkapi informasi waktu kedalam kolom *first in*, *last out* dan *total duration*. Untuk video akan tersimpan otomatis secara *realtime* saat sistem dijalankan.

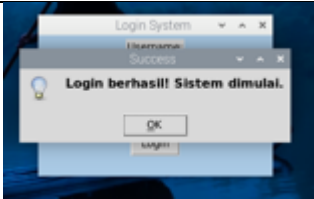
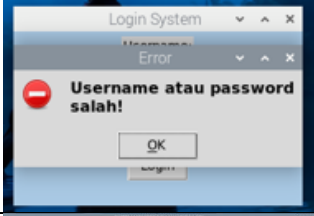
4.3.1.4 Pengujian GUI

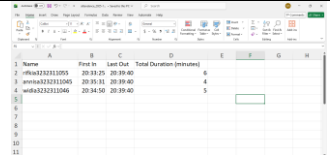
Pengujian GUI dilakukan pada beberapa skenario meliputi login, canvas untuk menampilkan kamera dan log data deteksi wajah. Pengujian bertujuan untuk memastikan *interface* berfungsi, responsif, mudah dipakai dan mudah dipahami oleh pengguna. Pengujian juga dilakukan oleh mahasiswa lain yang baru pertama kali menggunakan *interface* ini untuk mengetahui tingkat kemudahan dalam memahami setiap tombol dan output yang ada pada *interface*.



Gambar 12. Pengujian GUI oleh pihak selain pemogram

Tabel 7. Pengujian GUI

No	Kasus Uji	Hasil	Output	Status
1	<i>Login valid</i>	GUI utama terbuka		<i>Pass</i>
2	<i>Login invalid</i>	Muncul dialog, error tidak lanjut		<i>Pass</i>
3	Deteksi wajah	<i>Bounding box</i> & nama tampil		<i>Pass</i>
4	<i>Unknown face</i>	Tampil “Unknown” (atau tidak dikenali)		<i>Pass</i>

5	Simpan log	Baris Excel terbentuk (nama, <i>first in</i> , <i>last out</i> , durasi)		Pass
9	Tombol CLOSE	Semua <i>process stop</i> , window tertutup bersih		Pass

4.3.2 Pengujian Alat

Pengujian *servo* dilakukan untuk mengetahui kinerja *servo* dalam merespon perintah yang telah diatur dalam program serta memastikan pergerakan *servo* berjalan sesuai dengan program. Berdasarkan hasil pengujian, *servo* mampu bergerak sesuai dengan sudut yang telah ditentukan pada program tanpa mengalami keterlambatan yang signifikan. Setiap perintah terhadap perubahan sudut yang dikirimkan oleh sistem dapat dieksekusi oleh *servo* dengan baik secara *realtime*. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi *Raspberry Pi* dan *servo* berjalan dengan stabil. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 8. Pengujian *servo*

No	Sudut Awal (°)	Sudut Tujuan (°)	Waktu Delay (detik)	Posisi <i>Servo</i>	Hasil Pergerakan
1	90°	45°	5 detik	Kiri	Servo bergerak dari tengah ke kiri
2	45°	90°	5 detik	Tengah	Servo kembali ke posisi netral (tengah)
3	90°	135°	5 detik	Kanan	Servo bergerak dari tengah ke kanan
4	135°	90°	5 detik	Tengah	Servo kembali ke posisi tengah



(a)



(b)



(c)

Gambar 12. (a) *servo* posisi ke kiri;(b) *servo* posisi tengah;(c) *servo* posisi ke kanan

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* kehadiran mahasiswa berbasis *face recognition* dengan metode *HOG* dan *face encoding* menggunakan *Raspberry Pi 4* dan kamera *Arducam* telah berhasil dan berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Sistem mampu melakukan pendeteksian wajah menggunakan metode *HOG (Histogram of Oriented Gradients)*, melakukan proses *face encoding* dengan *deeplearning*, serta mengenali identitas mahasiswa secara *realtime* melalui antarmuka *GUI* yang dibangun menggunakan *library Tkinter*.

Sistem juga telah terintegrasi dengan sistem penyimpanan data kehadiran yang secara otomatis tersimpan dalam format file Excel, yang mencakup informasi nama, waktu masuk, waktu keluar, dan durasi kehadiran mahasiswa. Selain itu, pengujian pada perangkat pendukung seperti *servo* sebagai aktuator juga menunjukkan bahwa alat dapat bekerja secara responsif sesuai dengan perintah yang sudah diatur pada program.

Pada pengujian menggunakan *cv_scaler 4*, sistem menghasilkan error 0% pada jarak 1–1,3 meter, namun gagal (error 100%) pada jarak di atas 1,3 meter. Hal ini disebabkan berkurangnya detail wajah pada resolusi yang lebih kecil, sehingga fitur seperti mata, hidung, dan kontur tidak terbaca optimal. Sementara itu, pengujian dengan *cv_scaler 2* menunjukkan kinerja lebih baik, dengan error 0% pada jarak 1–2,5 meter dan error 100% hanya pada jarak di atas 2,5 meter. Parameter ini mampu mempertahankan detail wajah lebih baik meskipun memiliki kecepatan pemrosesan lebih rendah dibanding *cv_scaler 4*. Dapat disimpulkan, semakin kecil ukuran wajah pada *frame*, semakin menurun akurasi pendeteksian karena kualitas fitur yang terbaca semakin rendah sistem juga berhasil mengenali 5 kelas atau 5 mahasiswa yang telah dikumpulkan *Datasetnya* sebanyak 130 foto perorang, kemudian diencoding untuk diambil fitur unik dari setiap wajah.

Dengan demikian, sistem yang dibangun dapat dijadikan sebagai solusi alternatif dalam proses *monitoring* kehadiran mahasiswa secara otomatis, efektif, dan berbasis teknologi pengolahan citra digital, khususnya untuk mendukung kegiatan praktikum atau pembelajaran berbasis proyek.

5.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan menggunakan *Raspberry Pi* dengan spesifikasi yang lebih tinggi untuk mendukung performa pemrosesan menjadi lebih cepat dan stabil. Selain itu, metode *face recognition* berbasis *Deep Learning* seperti YOLO dan CNN dapat diterapkan jika perangkat *Raspberry* dan kamera yang digunakan memiliki spesifikasi tinggi untuk

meningkatkan akurasi pada berbagai kondisi pencahayaan dan sudut wajah. Sistem juga dapat dikembangkan dengan penyimpanan data berbasis *database* online agar *monitoring* kehadiran dapat dilakukan secara *realtime*.

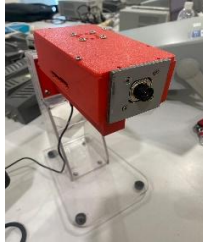
Daftar Pustaka

- [1] Ceme, D., Faizah, N. M., & Koryanto, L. (2023). Aplikasi Presensi Kehadiran Guru Di Smkn Pakisjaya Berbasis *Face recognition* Menggunakan Opencv. Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi, 4(1), 1-7.
- [2] Hutamma, R. A. (2024). Pengenalan wajah pada sistem kehadiran dengan menggunakan *Tkinter* dan OpenCV (Doctoral dissertation, UIN Sunan Gunung Djati Bandung).
- [3] Indra, E., Batubara, M. D., Yasir, M., & Chau, S. (2019). Desain Dan Implementasi Sistem Absensi Mahasiswa Berdasarkan Fitur Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Metode Haar-Like Feature: Sistem Informasi. Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP), 2(2), 363-370.
- [4] Kenda, P. (2021). Sistem Presensi Berbasis Wajah Dengan Metode Haar Cascade. KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi, 1(2), 419- 429.
- [5] Prima, A. N., & Prabowo, C. (2020). Sistem Absensi dengan OpenCV *Face recognition* dan *Raspberry Pi*. JITSI: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi, 1(2), 57-66.
- [6] Ratna, S. (2020). Pengolahan citra digital dan histogram dengan phyton dan text editor phycharm. Technologia: Jurnal Ilmiah, 11(3), 181-186.
- [7] Suradi, A. A. M., & Syarwani, A. (2021). Sistem Absensi Menggunakan Teknologi *Qr Code* Dan Face. E-JURNAL JUSITI: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi, 10(1), 62-73.
- [8] Susim, T., & Darujati, C. (2021). Pengolahan citra untuk pengenalan wajah (*face recognition*) menggunakan opencv. Jurnal Syntax Admiration, 2(3), 534- 545.
- [9] Indriawan, M. H., Shabrina, F., & Mardhiyya, A. (2022). Sistem keamanan pintu rumah berbasis *face recognition*. JUPITER: Jurnal Penerapan Ilmu-ilmu Komputer, 8(2), 34-42.
- [10] Endra, R. Y., Cucus, A., Afandi, F. N., & Syahputra, M. B. (2018). Deteksi Objek Menggunakan Histogram Of Oriented Gradient (Hog) Untuk Model Smart Room. Explore: Jurnal Sistem informasi dan telematika, 9(2), 331224.
- [11] Zein, A. (2019). Pengenalan Wajah Berdasarkan Fitur Wajah Menggunakan Opencv Python Dan Deeplearning. Jurnal Ilmu Komputer, 2(1), 2-2.

Biodata

	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Muhammad Rifkia Erza : Padang 27 September 2004 : Islam : Perumahan Golden Prima Blok i no 19 : Rifkiakia27@gmail.com SMA/SMK: SMK IBNU SINA BATAM SMP: SMP 4 BATAM
	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Widia Setyawati : Batam, 02 Juli 2001 : Islam : Kav, Sagulung Baru Blok B2 no 65 : setyawatiwidia@gmail.com SMA/SMK: SMK Negeri 5 Batam SMP: SMP Negeri 36 Batam
	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Annisa Fajriyah : Pekanbaru, 01 April 2002 : Islam : Kav. Lama jl Almubarak Blok C no 19 : annisa.fajriyah0104@gmail.com SMA/SMK: SMKN 8 Batam SMP: MTs USB Filial MTsN 1 Batam

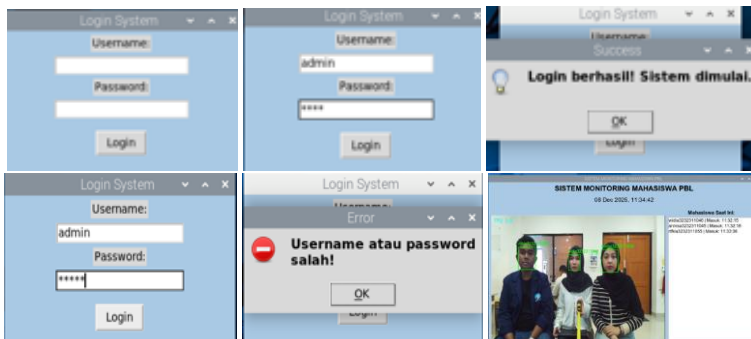
Lampiran



Gambar 14. Fisik Produk sistem deteksi wajah



Gambar 15. Tampilan Fisik bagian elektrikal



Gambar 16. Tampilan *User Interface* secara menyeluruh



Gambar 17. Tampilan pengujian akurasi *Dataset*

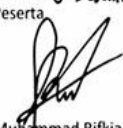
**FORMULIR LOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Muhammad Rifkia Erza
 NIM : 3232311055
 Pembimbing I : Mu'thiana Gusnam, S.kom., M.T.
 Judul : Implementasi Pengolahan Citra Guna Mendeteksi Wajah Mahasiswa Saat PBL di Ruangn

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing I & II
1	24/10/2015	Merancang Ulang Sistem	Mu'thiana
2	1/11/2015	Mencetak 3D Printing	Mu'thiana
3	10/11/2015	Perakitan Mekanikal dan dudukan servo	Mu'thiana
4	14/11/2015	Melakukan Bimbingan bersama mampro	Mu'thiana
5	18/11/2015	Melakukan Pengujian Alat di Ruangan	Mu'thiana
6	2/12/2015	Melakukan pengambilan data untuk buku	Mu'thiana
7	4/12/2015	Melakukan Bimbingan Membuat Paper	Mu'thiana
8	5/12/2015	Bimbingan Revisi Paper	Mu'thiana
9	8/12/2015	Melakukan Pengujian Alat pada mampro	Mu'thiana
10	9/12/2015	Bimbingan Buku dan Paper Tugas Akhir	Mu'thiana

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 3 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Sidang Tugas Akhir.

Batam, 9 Desember 2015
 Peserta


 Muhammad Rifkia Erza
 NIM: 3232311055

FORM PERSETUJUAN JUDUL

Nama : Muhammad Rifkia Erza

NIM : 3232311055

Prodi : Teknik Instrumentasi

- Judul Tugas Akhir dalam bahasa Indonesia : Perancangan Elektrikal Raspberry Pi dan Servo pada Implementasi Pengolahan Citra Guna Mendeteksi Wajah Mahasiswa Saat PBL di Ruangan
- Judul Tugas Akhir dalam bahasa Inggris : Electrical Design of a Raspberry Pi and Servo System for Image Processing Implementation to Detect Student Faces During PBL in a Room

Penulis,



Muhammad Rifkia Erza
NIM : 3232311055

Dosen Pembimbing I



Mu'thiana Gusnam, S.Kom., M.T.
NIK : 123293