



**SISTEM MONITORING RUANG KELAS DENGAN
CCTV MENGGUNAKAN TEKNOLOGI IOT DAN
WEB SECARA REAL-TIME**

**PERANCANGAN IOT SISTEM MONITORING
RUANG KELAS BERDASARKAN DETEKSI WAJAH
DOSEN MENGGUNAKAN YOLOv8 DAN FACENET**

SKRIPSI

Eza Musyarof

2107421002

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



**SISTEM MONITORING RUANG KELAS DENGAN
CCTV MENGGUNAKAN TEKNOLOGI IOT DAN
WEB SECARA REAL-TIME**

**PERANCANGAN IOT SISTEM MONITORING
RUANG KELAS BERDASARKAN DETEKSI WAJAH
DOSEN MENGGUNAKAN YOLOv8 DAN FACENET**

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

Eza Musyarof

2107421002

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eza Musyarof

NIM : 2107421002

Jurusan / Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer /
Teknik Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : Sistem Monitoring Ruang Kelas Dengan CCTV
Menggunakan Teknologi IoT Dan Web Secara
Real- Time

Sub-Judul Skripsi : Perancangan IoT Sistem Monitoring Ruang Kelas
Berdasarkan Deteksi Wajah Dosen Menggunakan
YOLOv8 dan Facenet

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Depok, 9 Juni 2025

Yang membuat pernyataan



Eza Musyarof

NIM. 2107421002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Eza Musyarof
NIM : 2107421002
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Sistem Monitoring Ruang Kelas Dengan CCTV Menggunakan Teknologi IoT Dan Web Secara *Real- Time*
Sub-Judul Skripsi : Perancangan IoT Sistem Monitoring Ruang Kelas Berdasarkan Deteksi Wajah Dosen Menggunakan YOLOv8 dan Facenet

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu, Tanggal 9, Bulan Juni, Tahun 2025, dan dinyatakan **LULUS**.

Disahkan oleh:

Pembimbing I : Ayu Rosyida Zain, S.ST., M.T. ()

Penguji I : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si ()

Penguji II : Maria Agustin, S.Kom., M.Kom. ()

Penguji III : Chandra Wirawan, M.Kom. ()

Mengetahui:



Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP 197908032003122003

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sistem Monitoring Ruang Kelas Dengan CCTV Menggunakan Teknologi IoT Dan Web Secara Real-Time” dan sub-judul “Perancangan IoT Sistem Monitoring Ruang Kelas Berdasarkan Deteksi Wajah Dosen Dan Penghitungan Jumlah Manusia”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Informatika dan Komputer Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya kepada saya sehingga mampu menjalankan penelitian ini.
2. Ibu Ayu Rosyida Zain, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak/Ibu dosen Jurusan Teknik Informatika dan Komputer khususnya di Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan yang telah memberikan ilmu dan pengetahuannya selama masa perkuliahan.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan moral dan material.
5. Teman sekaligus sahabat yang senantiasa kebersamai saya dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Depok, 9 Juni 2025

Eza Musyarof

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eza Musyarof

NIM : 2107421002

Jurusan / Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer /
Teknik Multimedia dan Jaringan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Sistem Monitoring Ruang Kelas Dengan CCTV Menggunakan Teknologi
IoT Dan Web Secara Real-Time:**

**Perancangan Iot Sistem Monitoring Ruang Kelas Berdasarkan Deteksi
Wajah Dosen Menggunakan YOLOv8 Dan Facenet**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 9 Juni 2025

Yang menyatakan,



Eza Musyarof

NIM. 2107421002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perancangan IoT Sistem Monitoring Ruang Kelas Berdasarkan Deteksi Wajah Dosen Menggunakan YOLOv8 dan Facenet

ABSTRAK

Seiring berkembangnya teknologi pendidikan dan kebutuhan akan manajemen ruang kelas yang lebih efisien, pengelolaan kehadiran dosen dan mahasiswa di dalam ruang kelas menjadi salah satu tantangan yang perlu diatasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem IoT berbasis kamera CCTV yang dapat mendeteksi kehadiran dosen dan menghitung jumlah orang di ruang kelas secara otomatis. Sistem ini menggunakan YOLOv8 untuk object detection dalam menghitung jumlah orang, serta FaceNet untuk face recognition dalam mendeteksi kehadiran dosen. Kamera CCTV yang dipasang di depan ruang kelas terhubung dengan Raspberry Pi untuk menangkap gambar secara real-time dan mengirimkannya ke server. Server kemudian memproses gambar, melakukan deteksi wajah dan objek, dan mengirimkan hasilnya yang mencakup jumlah orang dan kehadiran dosen. Data ini kemudian dikirimkan kembali ke Raspberry Pi untuk ditampilkan pada layar LCD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi 95% dalam mendeteksi wajah dosen dan menghitung jumlah orang di ruang kelas. Sistem ini diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam mendapatkan informasi penggunaan ruang kelas dan mengurangi ketergantungan pada metode manual dalam pemantauan penggunaan ruang kelas.

Kata Kunci: Face Recognition, Object Detection, YOLOv8, Facenet, Raspberry Pi.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan dan Manfaat	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terkait	5
2.2. <i>Internet of Things</i> (IoT)	6
2.3. Deep Learning	7
2.4. IP Camera CCTV	7
2.5. RTSP	8
2.6. Raspberry Pi	8
2.7. Object Detection	8
2.8. Face Recognition	9
2.9. YOLO	9
2.10. FaceNet	10
2.11. Haar Cascade	10
2.12. Flask Python	11
2.13. Quality of Service (QoS)	11
2.14. Precision	11
2.15. Recall	12
BAB III METODE PENELITIAN	13

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1. Rancangan Penelitian	13
3.2. Tahapan Penelitian	13
3.3. Objek Penelitian	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1. Analisis Kebutuhan	15
4.1.1. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	15
4.1.2. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras	15
4.2. Perancangan Sistem	16
4.2.1. Diagram Blok	16
4.2.2. Topologi Sistem	18
4.2.3. Diagram Alir	18
4.2.4. Skema Rangkaian	20
4.2.5. Desain Alat	21
4.3. Implementasi Sistem	22
4.3.1. Implementasi Alat	22
4.3.2. Pemrograman Perangkat Raspberry Pi	23
4.3.3. Pemrograman Flask API Server	29
4.3.4. Pemrograman Object Detection	31
4.3.5. Pemrograman Face Recognition	32
4.4. Pengujian	35
4.4.1. Prosedur Pengujian	36
4.4.2. Data Hasil Pengujian	40
4.4.3. Analisis Pengujian	49
BAB V PENUTUP	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Diagram Blok.....	17
Gambar 4. 2 Topologi Sistem.....	18
Gambar 4. 3 Diagram Alir Smart Monitoring Classroom	19
Gambar 4. 4 Skema Rangkaian Alat IoT	20
Gambar 4. 5 Desain Alat Bagian Luar.....	21
Gambar 4. 6 Desain Alat Bagian Dalam.....	22
Gambar 4. 7 Hasil Realisasi Alat.....	23
Gambar 4. 8 Program Tes Koneksi Perangkat.....	24
Gambar 4. 9 Tampilan LCD Ketika Koneksi dengan IP Camera.....	24
Gambar 4. 10 Tampilan LCD Ketika Koneksi dengan Server Lokal.....	25
Gambar 4. 11 Program Menampilkan Informasi Pada LCD	25
Gambar 4. 12 Tampilan LCD Informasi Jumlah Orang	26
Gambar 4. 13 Tampilan LCD Informasi Nama Dosen.....	26
Gambar 4. 14 Program Pengambilan Gambar dari CCTV	27
Gambar 4. 15 Hasil Pengambilan Gambar dengan IP Camera.....	27
Gambar 4. 16 Program Pengiriman Frame ke Server.....	28
Gambar 4. 17 Program Inisialisasi Library, Model, dan Variable.....	29
Gambar 4. 18 Endpoint Deteksi Jumlah Orang dan Pengenalan Wajah Dosen	30
Gambar 4. 19 Program Pemrosesan Object Detection.....	31
Gambar 4. 20 Perbandingan Hasil Deteksi Jumlah Orang Dengan YOLOv8	32
Gambar 4. 21 Tahapan-Tahapan Face Recognition.....	33
Gambar 4. 22 Program Deteksi dan Ekstraksi Wajah.....	33
Gambar 4. 23 Pra-Pemrosesan Citra Wajah	33
Gambar 4. 24 Program Ekstraksi Embedded Wajah	34
Gambar 4. 25 Program Pengenalan dan Pencocokan Wajah.....	34
Gambar 4. 26 Perbandingan Hasil Pengenalan Wajah dengan FaceNet.....	35
Gambar 4. 27 Grafik Hasil Pengujian QoS.....	50
Gambar 4. 28 Matriks Confusion Hasil Pengujian Face Recognition	51

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait.....	5
Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	15
Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	16
Tabel 4. 3 Koneksi Pin Raspberry Pi	21
Tabel 4. 4 Tujuan Skenario Pengujian Raspberry Pi	36
Tabel 4. 5 Tujuan Skenario Pengujian LCD	37
Tabel 4. 6 Tujuan Skenario Pengujian Buzzer.....	38
Tabel 4. 7 Kategori Pengujian Akurasi.....	40
Tabel 4. 8 Pengujian Fungsionalitas Raspberry Pi	41
Tabel 4. 9 Pengujian Fungsionalitas LCD	42
Tabel 4. 10 Pengujian Fungsionalitas Buzzer.....	43
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Waktu dan Beban API Server	44
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Waktu dan Beban Raspberry Pi.....	44
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Quality of Service (QoS).....	45
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Pengujian QoS	47
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Object Detection.....	47
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Face Recognition.....	49
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Face Recognition.....	52

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Manajemen ruang kelas memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas proses pembelajaran, yang secara langsung berdampak pada prestasi belajar mahasiswa. Dengan manajemen kelas yang baik, proses belajar mengajar dapat berjalan lebih efektif, yang pada akhirnya meningkatkan prestasi mahasiswa. Sebaliknya, jika manajemen ruang kelas kurang optimal, efektivitas pembelajaran dan prestasi belajar cenderung menurun (Salifah, Kaddas, & Ma'ruf, 2023). Perhatian dalam mengelola dan mengatur ruang kelas menjadi salah satu langkah penting untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa (Aulia & Sontani, 2018).

Saat ini, Politeknik Negeri Jakarta, khususnya di Jurusan Teknik Informatika dan Komputer (TIK), menerapkan sistem moving class dalam mengelola ruang kelas untuk perkuliahan. Dalam sistem ini, mahasiswa menempati ruang kelas yang telah dijadwalkan untuk setiap mata kuliah. Sistem moving class memberikan fleksibilitas bagi dosen dan mahasiswa dalam proses pembelajaran yang lebih efektif (Putrielis, 2017). Pengelolaan ruang kelas di jurusan TIK dilakukan oleh admin jurusan melalui penjadwalan penggunaan ruang kelas dan mata kuliah. Namun, sering kali ruang kelas tidak digunakan akibat perkuliahan yang dialihkan menjadi daring atau karena memang tidak ada jadwal, di lain sisi terdapat mahasiswa yang membutuhkan ruang kelas baik untuk kelas pengganti, perkuliahan yang direschedule, maupun untuk kerja kelompok, tetapi tidak tahu lokasi dimana ruang kelas yang tidak digunakan tersebut. Hal ini didukung melalui survei yang penulis lakukan pada Januari 2025 terhadap 44 mahasiswa jurusan TIK yang terdiri dari 20 Mahasiswa TMD, 15 Mahasiswa TI, dan 9 Mahasiswa TMD, sebanyak 86,5% mahasiswa mengalami kesulitan untuk mencari ruang kelas, khususnya ketika diperlukan untuk perkuliahan kelas pengganti.

Seiring dengan perkembangan yang signifikan dari teknologi Internet of Things dan Deep Learning, semakin memperluas manfaat teknologi ini dalam membantu manusia mempermudah suatu tugas, khususnya dalam hal monitoring. Pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penelitian sebelumnya (Muharram, Suhandana, & Marcheta, 2022), sebuah sistem deteksi keramaian pada suatu ruangan dikembangkan untuk mencegah penyebaran Covid-19, hasilnya sistem mampu menangkap objek manusia dan mengirimkan peringatan melalui telegram ketika melebihi kapasitas. Penelitian serupa dilakukan (Fhatitoy, 2024) untuk mendeteksi adanya manusia di area peternakan dengan menggunakan YOLO v8. Deteksi dengan menggunakan model tersebut menghasilkan akurasi yang sangat tinggi sebesar 94,1%, presisi 88%, dan recall 92,4%, penulis memberikan saran agar menjadikan sistem ini aplikasi berbasis IoT. Sistem serupa dikembangkan dalam penelitian yang lain (Adhy, et al., 2024) untuk memonitoring keamanan Green House menggunakan ESP32-CAM dan PIR, hasilnya sistem mampu mendeteksi keberadaan manusia dengan baik. Namun pada penelitian ini, kamera digunakan hanya untuk menangkap gambar dan mengirimkannya ke telegram, penulis memberikan masukan untuk menggunakan algoritma object detection untuk menemukan tingkat akurasi yang lebih optimal.

Kondisi ini memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan akan sebuah sistem yang mampu mendeteksi ketersediaan dan jumlah manusia pada ruang kelas secara otomatis. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi mahasiswa dalam menemukan ruang kelas, sehingga mendukung efektivitas kegiatan perkuliahan. Sistem ini mampu menampilkan data ketersediaan ruangan dan jumlah mahasiswa berdasarkan data kamera.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang menjadi fokus pada penelitian ini diantaranya:

- a. Bagaimana mengintegrasikan perangkat CCTV dan Raspberry Pi dengan server menggunakan Flask API untuk monitoring ruang kelas.
- b. Bagaimana mengenali wajah dosen berdasarkan data gambar untuk mengetahui keberadaan dosen pada ruang kelas.
- c. Bagaimana menghitung jumlah manusia untuk menghasilkan data penggunaan ruang kelas berdasarkan data gambar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah dari penelitian ini agar pembahasan lebih fokus dan terarah, antara lain.

- a. Penelitian hanya dilakukan pada ruang kelas tertentu di Jurusan Teknik Informatika dan Komputer Politeknik Negeri Jakarta.
- b. Object detection dan face recognition berfokus pada deteksi manusia untuk mengetahui identitas dosen dan jumlah manusia pada ruangan.
- c. Deteksi wajah dosen digunakan untuk menentukan status penggunaan ruang kelas untuk perkuliahan.

1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Membangun perangkat IoT menggunakan Raspberry Pi yang dapat terintegrasi dengan kamera CCTV dan server menggunakan Flask API untuk monitoring ruang kelas.
- b. Mengenali wajah dosen pada ruang kelas dengan teknologi face recognition berdasarkan kamera CCTV.
- c. Menghitung jumlah manusia pada ruang kelas dengan teknologi object detection berdasarkan data kamera CCTV.

Adapun berikut manfaat dari penelitian ini.

- a. Memberikan kemudahan untuk memonitoring informasi ketersediaan ruang kelas kepada mahasiswa dan dosen sehingga penggunaan ruang kelas lebih efektif.
- b. Mempermudah pengelolaan ruang kelas dengan deteksi wajah dosen untuk memastikan kehadiran dan penggunaan ruang.
- c. Memberikan data yang akurat mengenai jumlah mahasiswa untuk optimasi penggunaan ruang kelas secara tepat.

1.5. Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini yang dibuat untuk memudahkan penulisan laporan, sebagai berikut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah berdasarkan latar belakang, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua menjelaskan tentang teori-teori dan konsep-konsep yang berkaitan dengan penelitian dan digunakan dalam perancangan dan pembuatan sistem, serta penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga menjelaskan tentang metode penelitian yang akan digunakan, meliputi rancangan penelitian, tahapan-tahapan penelitian, dan objek penelitian.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat menjelaskan tentang hasil dan pembahasan dari hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan tahapan dan metode yang digunakan diantaranya analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, hingga pengujian.

e. BAB V PENUTUP

Bab kelima menjelaskan kesimpulan akhir dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Manajemen ruang kelas memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas proses pembelajaran, yang secara langsung berdampak pada prestasi belajar mahasiswa. Dengan manajemen kelas yang baik, proses belajar mengajar dapat berjalan lebih efektif, yang pada akhirnya meningkatkan prestasi mahasiswa. Sebaliknya, jika manajemen ruang kelas kurang optimal, efektivitas pembelajaran dan prestasi belajar cenderung menurun (Salifah, Kaddas, & Ma'ruf, 2023). Perhatian dalam mengelola dan mengatur ruang kelas menjadi salah satu langkah penting untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa (Aulia & Sontani, 2018).

Saat ini, Politeknik Negeri Jakarta, khususnya di Jurusan Teknik Informatika dan Komputer (TIK), menerapkan sistem moving class dalam mengelola ruang kelas untuk perkuliahan. Dalam sistem ini, mahasiswa menempati ruang kelas yang telah dijadwalkan untuk setiap mata kuliah. Sistem moving class memberikan fleksibilitas bagi dosen dan mahasiswa dalam proses pembelajaran yang lebih efektif (Putrielis, 2017). Pengelolaan ruang kelas di jurusan TIK dilakukan oleh admin jurusan melalui penjadwalan penggunaan ruang kelas dan mata kuliah. Namun, sering kali ruang kelas tidak digunakan akibat perkuliahan yang dialihkan menjadi daring atau karena memang tidak ada jadwal, di lain sisi terdapat mahasiswa yang membutuhkan ruang kelas baik untuk kelas pengganti, perkuliahan yang direschedule, maupun untuk kerja kelompok, tetapi tidak tahu lokasi dimana ruang kelas yang tidak digunakan tersebut. Hal ini didukung melalui survei yang penulis lakukan pada Januari 2025 terhadap 44 mahasiswa jurusan TIK yang terdiri dari 20 Mahasiswa TMD, 15 Mahasiswa TI, dan 9 Mahasiswa TMD, sebanyak 86,5% mahasiswa mengalami kesulitan untuk mencari ruang kelas, khususnya ketika diperlukan untuk perkuliahan kelas pengganti.

Seiring dengan perkembangan yang signifikan dari teknologi Internet of Things dan Deep Learning, semakin memperluas manfaat teknologi ini dalam membantu manusia mempermudah suatu tugas, khususnya dalam hal monitoring. Pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penelitian sebelumnya (Muharram, Suhandana, & Marcheta, 2022), sebuah sistem deteksi keramaian pada suatu ruangan dikembangkan untuk mencegah penyebaran Covid-19, hasilnya sistem mampu menangkap objek manusia dan mengirimkan peringatan melalui telegram ketika melebihi kapasitas. Penelitian serupa dilakukan (Fhatitoy, 2024) untuk mendeteksi adanya manusia di area peternakan dengan menggunakan YOLO v8. Deteksi dengan menggunakan model tersebut menghasilkan akurasi yang sangat tinggi sebesar 94,1%, presisi 88%, dan recall 92,4%, penulis memberikan saran agar menjadikan sistem ini aplikasi berbasis IoT. Sistem serupa dikembangkan dalam penelitian yang lain (Adhy, et al., 2024) untuk memonitoring keamanan Green House menggunakan ESP32-CAM dan PIR, hasilnya sistem mampu mendeteksi keberadaan manusia dengan baik. Namun pada penelitian ini, kamera digunakan hanya untuk menangkap gambar dan mengirimkannya ke telegram, penulis memberikan masukan untuk menggunakan algoritma object detection untuk menemukan tingkat akurasi yang lebih optimal.

Kondisi ini memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan akan sebuah sistem yang mampu mendeteksi ketersediaan dan jumlah manusia pada ruang kelas secara otomatis. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi mahasiswa dalam menemukan ruang kelas, sehingga mendukung efektivitas kegiatan perkuliahan. Sistem ini mampu menampilkan data ketersediaan ruangan dan jumlah mahasiswa berdasarkan data kamera.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang menjadi fokus pada penelitian ini diantaranya:

- a. Bagaimana mengintegrasikan perangkat CCTV dan Raspberry Pi dengan server menggunakan Flask API untuk monitoring ruang kelas.
- b. Bagaimana mengenali wajah dosen berdasarkan data gambar untuk mengetahui keberadaan dosen pada ruang kelas.
- c. Bagaimana menghitung jumlah manusia untuk menghasilkan data penggunaan ruang kelas berdasarkan data gambar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah dari penelitian ini agar pembahasan lebih fokus dan terarah, antara lain.

- a. Penelitian hanya dilakukan pada ruang kelas tertentu di Jurusan Teknik Informatika dan Komputer Politeknik Negeri Jakarta.
- b. Object detection dan face recognition berfokus pada deteksi manusia untuk mengetahui identitas dosen dan jumlah manusia pada ruangan.
- c. Deteksi wajah dosen digunakan untuk menentukan status penggunaan ruang kelas untuk perkuliahan.

1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Membangun perangkat IoT menggunakan Raspberry Pi yang dapat terintegrasi dengan kamera CCTV dan server menggunakan Flask API untuk monitoring ruang kelas.
- b. Mengenali wajah dosen pada ruang kelas dengan teknologi face recognition berdasarkan kamera CCTV.
- c. Menghitung jumlah manusia pada ruang kelas dengan teknologi object detection berdasarkan data kamera CCTV.

Adapun berikut manfaat dari penelitian ini.

- a. Memberikan kemudahan untuk memonitoring informasi ketersediaan ruang kelas kepada mahasiswa dan dosen sehingga penggunaan ruang kelas lebih efektif.
- b. Mempermudah pengelolaan ruang kelas dengan deteksi wajah dosen untuk memastikan kehadiran dan penggunaan ruang.
- c. Memberikan data yang akurat mengenai jumlah mahasiswa untuk optimasi penggunaan ruang kelas secara tepat.

1.5. Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini yang dibuat untuk memudahkan penulisan laporan, sebagai berikut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah berdasarkan latar belakang, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat dari penelitian.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua menjelaskan tentang teori-teori dan konsep-konsep yang berkaitan dengan penelitian dan digunakan dalam perancangan dan pembuatan sistem, serta penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ketiga menjelaskan tentang metode penelitian yang akan digunakan, meliputi rancangan penelitian, tahapan-tahapan penelitian, dan objek penelitian.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat menjelaskan tentang hasil dan pembahasan dari hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan tahapan dan metode yang digunakan diantaranya analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, hingga pengujian.

e. BAB V PENUTUP

Bab kelima menjelaskan kesimpulan akhir dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terkait pada penelitian ini digunakan sebagai sumber acuan sebelum melakukan penelitian. Penelitian sejenis dengan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah.

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

Nama	Judul	Hasil
(Muharram, Suhandana, Marcheta, 2022)	Rancang Bangun Sistem Deteksi Keramaian Berbasis Internet of Things dalam mencegah penyebaran Covid-19	Sistem yang dirancang pada penelitian ini adalah monitoring ruangan untuk mendeteksi keberadaan dan jumlah manusia. Sistem menggunakan Raspberry Pi 4 dan Yolo untuk mendeteksi objek. Hasil deteksi dikirimkan melalui telegram.
(Fhatiroy, 2024)	Penggunaan Algoritma YOLO V8 Dalam Mendeteksi Keberadaan Peternak Pada Area Peternakan Ayam	Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring pada area peternakan untuk mengetahui apakah ada manusia atau tidak. Teknologi yang digunakan yaitu YOLO V8 dan hasilnya sistem mampu mendeteksi keberadaan manusia sebesar 94%.
(Adhy, Hermawan, Fauzi, Maesaroh, Mauhib,	Sistem Monitoring Keamanan Pada Green House	Hasil dari penelitian adalah sebuah sistem yang mampu memonitoring siapa saja yang masuk ke Green



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nama	Judul	Hasil
Rosada, Suhendar, Noor, 2024)		House menggunakan modul ESP32-CAM yang kemudian dilakukan deteksi objek dan dikirimkan ke telegram.
(Anggraini, Martunus, Shofi, dan Wardhani, 2021)	Implementasi Face Recognition Dengan OpenCV Pada “Smart CCTV” Untuk Keamanan Brankas Berbasis IoT.	Penelitian bertujuan untuk mengimplementasikan sistem keamanan brankas menggunakan smart cctv. Sistem mampu mendeteksi orang yang tidak dikenal menggunakan opencv dan mengirimkan notifikasi melalui telegram. Mikrokomputer yang digunakan adalah raspberry pi camera.
(Mun dan Lee, 2022)	Design for Visitor Authentication Based on Face Recognition Technology Using CCTV.	Sistem autentikasi pengunjung dibangun dengan menggunakan teknologi face recognition yang diambil dari data gambar CCTV. Sistem ini menggunakan mikrokomputer Raspberry Pi dan Jetsno Nano dengan Yolov3. Hasilnya sistem mampu mengenali gambar dengan Tingkat akurasi mencapai 90%.

2.2. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu teknologi yang memperluas manfaat konektivitas internet dengan menghubungkan berbagai perangkat sekitar, sehingga aktivitas manusia menjadi lebih mudah dan efisien. IoT memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi dan bertukar data melalui internet tanpa perlu interaksi langsung dari manusia. Pentingnya IoT semakin terlihat dengan penerapannya yang semakin luas dalam berbagai aspek kehidupan (Selay, et al., 2022).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

IoT terdiri dari beberapa elemen utama, seperti konektivitas, kecerdasan buatan (AI), perangkat kecil, sensor, dan active engagement. Cara kerja IoT melibatkan pemrograman algoritma untuk menghubungkan program dengan jaringan internet, sehingga perangkat dapat beroperasi secara otomatis. IoT membawa perubahan besar dalam dunia industri, mengintegrasikan sistem dan mesin dengan baik (Mantik, 2022).

2.3. Deep Learning

Deep learning merupakan salah satu cabang kecerdasan buatan (AI) yang meniru cara kerja otak manusia. Teknologi ini sangat efektif dalam mengolah data yang diinput dan membentuk pola untuk mengambil keputusan. Sebagai bagian dari machine learning, deep learning memiliki jaringan tersendiri yang dapat mengenali pola dan informasi dari data yang tidak terstruktur atau tidak berlabel tanpa perlu pengawasan. Karena kemampuannya ini, deep learning juga dikenal dengan istilah deep neural learning atau deep network learning (Naf'an, 2022). Deep learning beroperasi berdasarkan arsitektur jaringan serta prosedur optimal yang diterapkan dalam arsitektur tersebut. Setiap output dari lapisan tersembunyi dapat dipantau menggunakan grafik khusus yang dirancang untuk menampilkan output dari setiap neuron (Raup, 2022).

2.4. IP Camera CCTV

IP Camera CCTV merupakan jenis kamera keamanan digital yang menerima dan mengirim rekaman video melalui jaringan IP (Internet Protocol). IP Camera CCTV dapat dikendalikan melalui jaringan lokal dan dipantau lewat internet, bahkan tanpa memerlukan IP statis. Kamera ini menggunakan transmisi nirkabel, sehingga tidak membutuhkan kabel coaxial untuk mengirim data ke internet. Dengan koneksi internet biasa, pengguna tetap dapat memantau IP Camera CCTV dan mengatur resolusi rekaman, baik dalam kualitas SD maupun HD (Saputra, 2023).



2.5. RTSP

Real Time Streaming Protocol (RTSP) adalah protokol yang digunakan untuk pengiriman data video secara real-time dan kontinu. Dalam video streaming, RTSP memiliki keunggulan dibandingkan dengan protokol HTTP dalam hal throughput, yaitu kecepatan transfer data yang lebih tinggi, dengan selisih sekitar 200 Kbps. Namun, RTSP juga memiliki kelemahan terkait packet loss yang lebih tinggi, terutama pada jaringan seperti MANET (Mobile Ad Hoc Network), karena tidak menggunakan buffer. Akibatnya, saat terjadi perpindahan lokasi node, banyak paket yang terbuang (Firmansyah, et al., 2022).

2.6. Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer berbentuk papan tunggal (single-board computer atau SBC) berukuran sebesar kartu kredit dan dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, bermain game, atau memutar media dan video berkualitas tinggi. Raspberry Pi memiliki komponen yang mirip dengan komputer pada umumnya, seperti CPU, GPU, RAM, port USB, audio jack, HDMI, Ethernet, dan GPIO. Sebagai media penyimpanan data dan sistem operasi, Raspberry Pi menggunakan kartu Micro SD dengan kapasitas minimal 4 GB, bukan hard disk drive (HDD). Sumber daya Raspberry Pi diperoleh dari power supply microUSB dengan daya yang direkomendasikan sebesar 5V dan arus minimal 700 mA (Kajian Pustaka, 2022).

2.7. Object Detection

Object detection adalah teknologi komputer yang memungkinkan mesin untuk mengidentifikasi dan melacak berbagai objek dalam gambar atau video. Dengan menggunakan algoritma dan kecerdasan buatan, object detection memungkinkan komputer untuk mengenali objek-objek tertentu dan menentukan posisi serta batas-batasnya dalam citra visual. Ini membantu dalam otomatisasi proses analisis visual yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh manusia (Crystal Of The Sea, 2023).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.8. Face Recognition

Face recognition adalah teknologi biometrik yang mengidentifikasi dan memverifikasi orang berdasarkan fitur wajah yang unik. Sistem ini membandingkan fitur wajah yang ditangkap dalam gambar dan video dengan basis data gambar digital yang ada untuk menentukan identitas seseorang. Teknologi ini kini diandalkan untuk memperkuat keamanan transaksi digital, termasuk penggunaan fitur pay later di aplikasi, dengan mengharuskan pengguna melakukan swafoto bersama dokumen identitas seperti KTP atau paspor. Face recognition meliputi 4 tahap, yaitu deteksi wajah, analisis wajah, verifikasi/identifikasi wajah, dan pencocokan (Authme, 2024).

2.9. YOLO

Algoritma YOLO (You Only Look Once) diperkenalkan pada tahun 2015 sebagai metode deteksi objek real-time. YOLO meringkas deteksi objek sebagai masalah regresi, menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) tunggal untuk mendeteksi objek dan menghubungkan probabilitas ke masing-masing gambar. Algoritma ini populer karena kecepatan dan akurasi, sehingga digunakan dalam berbagai aplikasi seperti deteksi sinyal lalu lintas, orang, dan hewan (Algoritma, 2023). Berikut ini beberapa hyperparameter yang biasa digunakan di Ultralytics YOLO:

- Learning rate lr_0 , menentukan ukuran langkah pada setiap iterasi sambil bergerak menuju minimum dalam loss function.
- Batch ukuran batch, Jumlah gambar yang diproses secara bersamaan dalam sebuah lintasan maju.
- Jumlah epochs epochs, sebuah epoch adalah satu lintasan maju dan mundur yang lengkap dari semua contoh pelatihan.
- Spesifikasi arsitektur, seperti jumlah saluran, jumlah lapisan, jenis fungsi aktivasi, dan lainnya.



2.10. FaceNet

FaceNet adalah sebuah deep Convolutional Neural Network yang digunakan untuk pengenalan wajah, yang melibatkan tahap preprocessing citra dengan konversi ke format RGB, pengubahan ukuran menjadi 160x160 piksel, normalisasi citra, serta pengambilan identitas dan signature wajah dari database, kemudian memproses citra untuk mengenali ciri khas wajah melalui lapisan konvolusi dan fully connected layer (Sugeng, et al., 2023).

Model FaceNet terdiri dari total 425 layer, dengan berbagai jenis layer seperti Conv2D, BatchNormalization, GlobalAveragePooling2D, MaxPooling2D, dan Dense. Fungsi aktivasi non-linear seperti ReLU digunakan secara selektif setelah proses normalisasi batch, sementara sebagian besar layer Conv2D dan Dense menggunakan fungsi aktivasi linear untuk menjaga kestabilan distribusi embedding.

Model FaceNet merupakan model pre-trained, sehingga informasi terkait hyperparameter pelatihan seperti learning rate, batch size, jumlah epoch, dan optimizer tidak tersimpan secara eksplisit pada file model. Namun, mengacu pada penelitian asli oleh Schroff et al. (2015), model FaceNet umumnya dilatih menggunakan optimizer Adam dengan learning rate awal sebesar 0,001 dan triplet loss sebagai fungsi loss utama. Penggunaan batch size yang besar juga disarankan untuk stabilitas pelatihan dan performa model yang optimal (Schroff et al., 2015).

2.11. Haar Cascade

Haar Cascade adalah metode deteksi objek/foto berdasar fitur Haar dan algoritme AdaBoost. Optimal untuk deteksi real-time karena cepat dan ringan, walau performanya menurun dengan pencahayaan atau sudut wajah yang bervariasi. Versi modifikasi lebih canggih mampu meningkatkan akurasi secara signifikan. Haar Cascade meningkatkan akurasi dan kecepatan dibandingkan metode awal Viola–Jones, serta dibandingkan metode seperti LBP, SIFT, dan ORB (Kumari, et al., 2023).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.12. Flask Python

Flask Python Flask adalah sebuah web framework yang ditulis dengan Bahasa Python dan tergolong sebagai jenis microframework. Flask berfungsi sebagai kerangka kerja aplikasi dan tampilan dari suatu web (Azhari, 2022). Diciptakan pertama kali oleh Armin Ronacher pada tahun 2010, Flask muncul sebagai alternatif baru dalam ekosistem pengembangan web Python. Berbeda dengan beberapa framework lain yang memiliki struktur kaku dan memiliki banyak komponen terintegrasi secara default, Flask memiliki pendekatan yang lebih ringan dan modular (Prasetya, 2024).

Dengan menggunakan Flask dan bahasa Python, pengembang dapat membuat sebuah web yang terstruktur dan dapat mengatur behaviour suatu web dengan lebih mudah. Flask mampu membuat core dari aplikasi sesederhana mungkin tapi tetap dapat dengan mudah dimodifikasi. Sehingga fleksibilitas dan skalabilitasnya dapat dikatakan cukup tinggi dibandingkan dengan framework lainnya (Azhari, 2022).

2.13. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan suatu mekanisme pada jaringan komputer yang berfungsi untuk menjaga kualitas layanan agar tetap optimal, terutama dalam hal bandwidth, latensi, jitter, dan kehilangan paket. QoS memiliki peran sangat penting pada jaringan modern seperti Wireless Sensor Networks (WSN) serta layanan multimedia lainnya. Penggunaan algoritma adaptif dapat meningkatkan QoS seperti kecepatan transfer data dan menurunkan tingkat kehilangan paket. Selain itu, teknik routing cerdas berhasil menekan latensi sekaligus menghemat konsumsi energi dalam jaringan sensor (Senthil Kumar et al., 2024; Fei et al., 2024).

2.14. Precision

Precision merupakan rasio antara jumlah data yang diprediksi benar positif (True Positive/TP) dibandingkan dengan total data yang diprediksi positif (TP + False Positive/FP). Precision digunakan untuk mengukur ketepatan suatu sistem dalam mengidentifikasi data positif. Semakin tinggi nilai Precision, semakin sedikit kesalahan dalam memprediksi data positif. Rumus precision adalah sebagai berikut:

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}}$$

2.15. Recall

Recall adalah rasio antara jumlah data yang diprediksi benar positif (TP) terhadap total data positif yang sebenarnya (TP + False Negative/FN). Recall digunakan untuk mengukur seberapa baik sistem dapat menangkap seluruh data positif. Skor recall mengukur persentase 1 objek yang diprediksi dengan benar sehubungan dengan semua 1 objek yang sebenarnya. Rumus recall adalah sebagai berikut:

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}}$$

2.16. F1 Score

F1 Score adalah metrik yang menggabungkan Precision dan Recall ke dalam satu nilai harmonik rata-rata. F1 Score berguna untuk mendapatkan keseimbangan antara Precision dan Recall, terutama ketika terdapat trade-off di antara keduanya. F1 Score sering digunakan untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas dalam klasifikasi karena memperhitungkan baik Precision maupun Recall secara bersamaan (Sokolova & Lapalme, 2009). Rumus F1 Score dapat dihitung dengan formula berikut:

$$\text{F1 Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring yang mampu bekerja secara real-time dan memberikan respon otomatis terhadap keberadaan dosen di dalam kelas. Penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental dimana perancangan dan implementasi sistem diuji melalui serangkaian eksperimen. Pengumpulan data dilakukan melalui uji fungsionalitas perangkat keras dan uji performa sistem, meliputi waktu respon sistem, beban kerja perangkat, akurasi deteksi objek, dan ketepatan pengenalan wajah. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif guna menilai kinerja sistem dari segi akurasi, efisiensi, dan keandalan.

3.2. Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode agile dengan tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi Masalah Pada tahap ini penulis melakukan observasi dan diskusi terkait topik permasalahan dari penelitian sehingga sudah jelas rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dari penelitian yang penulis lakukan.
- b. Studi Literatur Pada tahap ini dilakukan pengumpulan jurnal, buku, dan dokumentasi terkait dengan penelitian yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini. Hasil dari studi literatur dapat digunakan dalam perancangan sistem yang akan dibuat.
- c. Perancangan Sistem Pada tahap ini, sistem mulai dirancang dan direncanakan berdasarkan identifikasi masalah dan studi literatur yang telah dilakukan. Proses perancangan mengacu pada rancangan kebutuhan yang diperlukan pada proses pembuatan sistem seperti pembuatan diagram blok, flowchart, dan skema rangkaian.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- d. Realisasi Sistem Pada tahap ini, rancangan sistem yang sudah dibuat dijadikan acuan sebagai dasar pembuatan sistem. Sistem dibuat sesuai dengan tujuan dari rancangan sistem yaitu merancang sistem monitoring ruang kelas menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokomputer dan face recognition dan object detection sebagai sistem deteksi.
- e. Pengujian dan Analisis Setelah sistem berhasil direalisasikan, maka dilakukan beberapa proses pengujian untuk mengetahui sistem yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Lalu dilakukan proses analisis hasil sistem yang dicapai untuk memenuhi kriteria yang ditetapkan.
- f. Penulisan Laporan Penelitian Setelah tahapan-tahapan penelitian dilakukan dan sistem telah diuji serta dianalisis, selanjutnya melakukan penyusunan laporan penelitian berdasarkan data-data yang telah didapat dari hasil penelitian. Kemudian Menyusun hasil penelitian menjadi sebuah dokumentasi yang akan dipublikasikan sebagai bentuk akhir dari hasil penelitian.

3.3. Objek Penelitian

Fokus dari penelitian ini adalah rancang bangun IoT sistem monitoring ruang kelas jurusan Teknik Informatika dan Komputer di Politeknik Negeri Jakarta berdasarkan kamera CCTV dan menggunakan Raspberry Pi. Data gambar dari CCTV yang dirancang diproses dan diklasifikasikan pada server untuk diketahui hasilnya menggunakan teknologi face recognition dan object detection. Dengan adanya sistem ini, mahasiswa dan dosen dapat mengetahui efektifitas penggunaan ruang kelas untuk perkuliahan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kebutuhan

4.1.1. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Sistem ini menggunakan Raspberry Pi sebagai sistem operasi untuk menjalankan sistem dan menggunakan Python sebagai bahasa pemrograman untuk mengintegrasikannya. Tabel 4.1 menunjukkan daftar kebutuhan perangkat lunak yang digunakan beserta fungsinya.

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Nama	Fungsi
1.	Raspberry Pi OS	Digunakan sebagai sistem operasi yang digunakan pada Raspberry Pi.
2.	Python 3.7.7	Digunakan untuk membangun program integrasi setiap komponen, dan pengiriman data ke server.
3.	YOLOv8	Digunakan untuk melakukan training dan detection pada frame sehingga wajah pada frame dapat dikenali.
4.	Facenet	Digunakan untuk menghitung jumlah objek manusia pada suatu frame.
5.	Visual Studio Code versi 1.100.2	Digunakan dalam perancangan dan pengembangan program pada sistem.

4.1.2. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras sistem yang dibutuhkan dapat dilihat pada table 4.2 dimana sistem menggunakan Raspberry Pi 3 B+ sebagai mikrokontroler. Kemudian terdapat perangkat LCD dan module I2C untuk menampilkan informasi dari perangkat, serta buzzer untuk pemberitahuan. Dalam penelitian ini, kamera CCTV menjadi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

perangkat terpisah dari sistem untuk mengambil gambar. Daftar kebutuhan perangkat keras dan fungsinya dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah.

Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Nama	Fungsi
1.	Raspberry Pi B+	Digunakan sebagai otak dari sistem atau perangkat sehingga setiap komponen dapat berjalan.
2.	LCD 20x4	Digunakan untuk menampilkan informasi yang dihasilkan setelah proses deteksi dan pengenalan selesai.
3.	Module I2C	Digunakan untuk mempermudah komunikasi antara Raspberry Pi dan LCD.
4.	Buzzer	Digunakan untuk membunyikan alat pada kondisi tertentu.
5.	Kamera CCTV	Digunakan untuk menangkap gambar dari ruang kelas untuk selanjutnya diproses oleh sistem.

4.2. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini penulis merancang sebuah sistem smart monitoring classroom dengan menggunakan teknologi IoT dan deep learning. Sistem smart monitoring classroom ini mampu mengetahui keberadaan dosen dan jumlah manusia di ruang kelas jurusan Teknik Informatika dan Komputer Politeknik Negeri Jakarta berdasarkan data kamera/gambar dari CCTV.

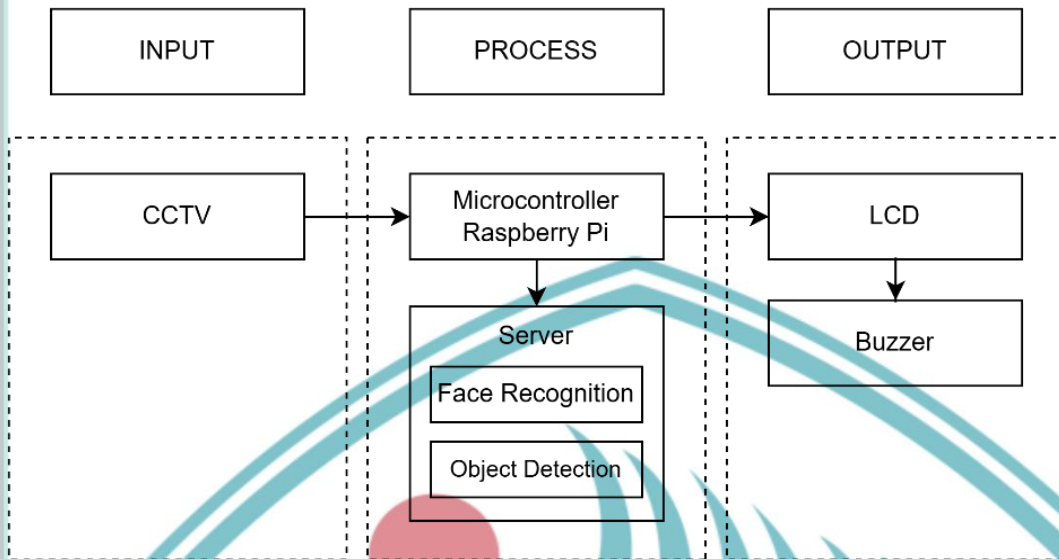
4.2.1. Diagram Blok

Blok diagram menggambarkan hubungan antar komponen atau subsistem yang ada dalam sistem smart monitoring classroom, memberikan gambaran visual yang jelas mengenai alur kerja, dan interaksi antar elemen- elemen utama.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

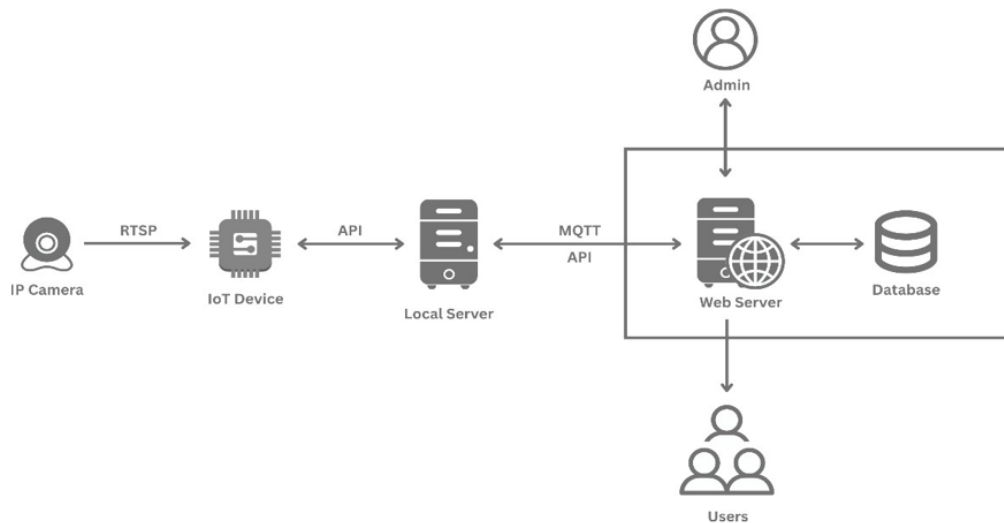


Gambar 4. 1 Diagram Blok

Pada gambar 4.1 diketahui bahwa input yang digunakan untuk membaca kondisi ruang kelas yaitu kamera CCTV untuk menangkap gambar. Mikrokomputer Raspberry Pi akan mengakses kamera CCTV menggunakan protocol RSTP. Setelah data didapat, mikrokomputer Raspberry Pi akan mengirimkan data gambar ke server. Pada server, data akan diproses menggunakan teknologi deep learning face recognition untuk mendeteksi wajah dosen dan object detection untuk mengetahui jumlah orang yang ada di ruang kelas. Setelah data diproses pada server, hasilnya akan disimpan pada database dan ditampilkan pada layar LCD. Digunakan modul buzzer untuk memberikan tanda ketika dosen berhasil dideteksi. Proses ini berjalan secara terus menerus dan realtime di dalam sistem smart monitoring classroom.



4.2.2. Topologi Sistem



Gambar 4. 2 Topologi Sistem

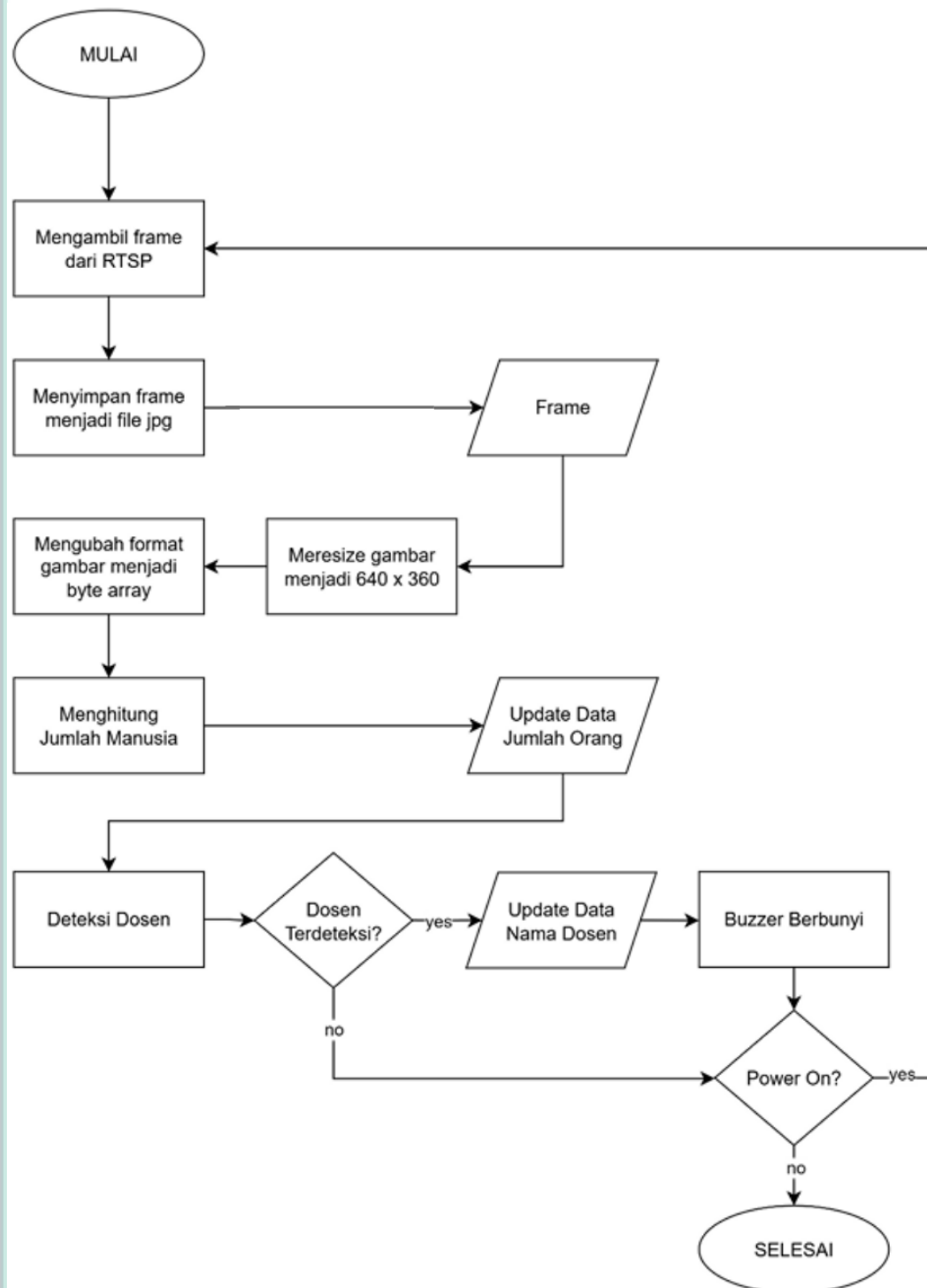
Topologi sistem pada gambar 4.2 menunjukkan rancangan arsitektur jaringan sistem monitoring ruang kelas berbasis IoT dan web. Sistem ini terdiri dari IP Camera yang menangkap video dan mengirimkannya ke Perangkat IoT menggunakan protokol RTSP. Perangkat IoT kemudian melakukan pemrosesan awal dan meneruskan data ke Server Lokal melalui API. Server lokal juga bertugas sebagai penghubung yang mengirimkan data ke Web Server menggunakan protokol MQTT dan API untuk pemantauan secara real-time. Web Server selanjutnya berinteraksi dengan Database untuk menyimpan dan mengelola data hasil monitoring. Admin memiliki akses penuh untuk mengelola sistem melalui antarmuka web, sedangkan Pengguna seperti dosen atau mahasiswa dapat mengakses informasi monitoring secara langsung. Sistem ini dirancang untuk mempermudah pengawasan kegiatan di kelas secara otomatis, efisien, dan berbasis jaringan.

4.2.3. Diagram Alir

Diagram alir digunakan untuk memvisualisasikan secara jelas bagaimana data atau informasi dihasilkan pada sistem, dimulai dari input hingga mencapai output. Diagram ini menggambarkan urutan proses, pengambilan keputusan, serta interaksi antar langkah-langkah yang ada. Alur diagram sistem monitoring classroom dapat



dilihat pada gambar 4.3 di bawah yang menjelaskan proses sistem monitoring ruangan dari awal hingga monitoring berjalan.



Gambar 4. 3 Diagram Alir Smart Monitoring Classroom

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



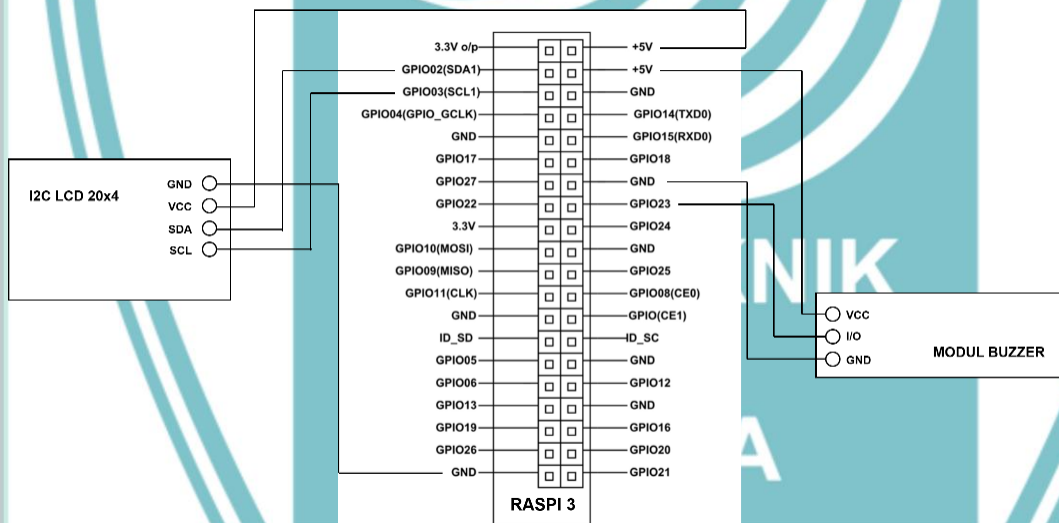
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan gambar 4.3 diagram alir, ketika sistem diaktifkan, raspberry pi akan menjalankan skrip utama sistem hingga sistem terhubung dalam jaringan yang sama dengan kamera CCTV. Data gambar dari kamera CCTV akan ditangkap dan dikirim ke server menggunakan secara realtime. Data gambar akan diproses untuk mengidentifikasi wajah dosen dan mengetahui jumlah manusia yang terdeteksi pada ruangan tersebut. Ketika dosen terdeteksi, buzzer akan berbunyi sebagai penanda kelas akan segera dimulai. Data nama dosen dan jumlah orang pada ruang kelas akan disimpan pada database dan ditampilkan pada layar LCD.

4.2.4. Skema Rangkaian

Skema rangkaian merupakan representasi visual yang menggambarkan hubungan antara berbagai komponen dalam sistem smart monitoring classroom. Skema rangkaian dari alat yang akan direalisasikan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



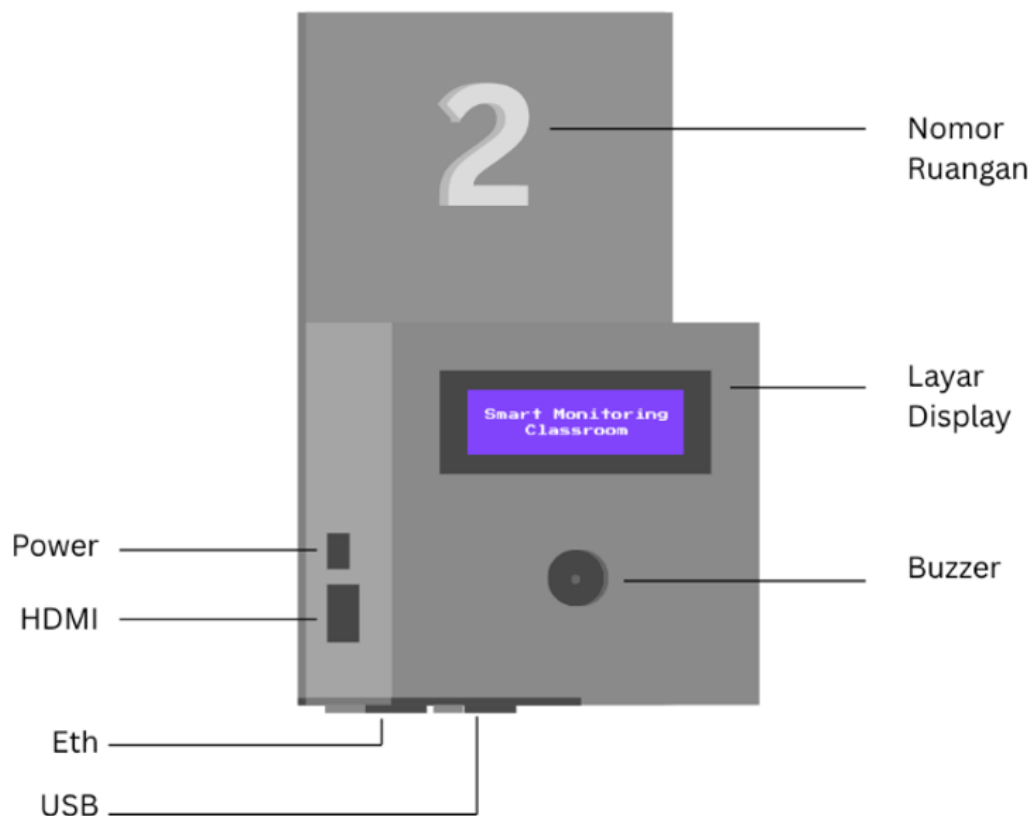
Gambar 4. 4 Skema Rangkaian Alat IoT

Seluruh komponen terhubung ke Raspberry Pi melalui pin-pin yang tersedia dengan koneksi pin masing-masing komponen yang dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah.

Tabel 4. 3 Koneksi Pin Raspberry Pi

No	Nama Komponen	Pin Raspberry Pi	Pin Komponen
1	LCD I2C	5V	VCC
		GND	GND
		SDA	SDA
		SCL	SCL
2	Buzzer	5V	VCC
		GND	GND
		GPIO 23	I/O

4.2.5. Desain Alat



Gambar 4. 5 Desain Alat Bagian Luar

Gambar 4.5 menunjukkan desain fisik dari perangkat sistem monitoring ruang kelas berbasis IoT yang dirancang dalam penelitian ini. Perangkat terdiri dari beberapa

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

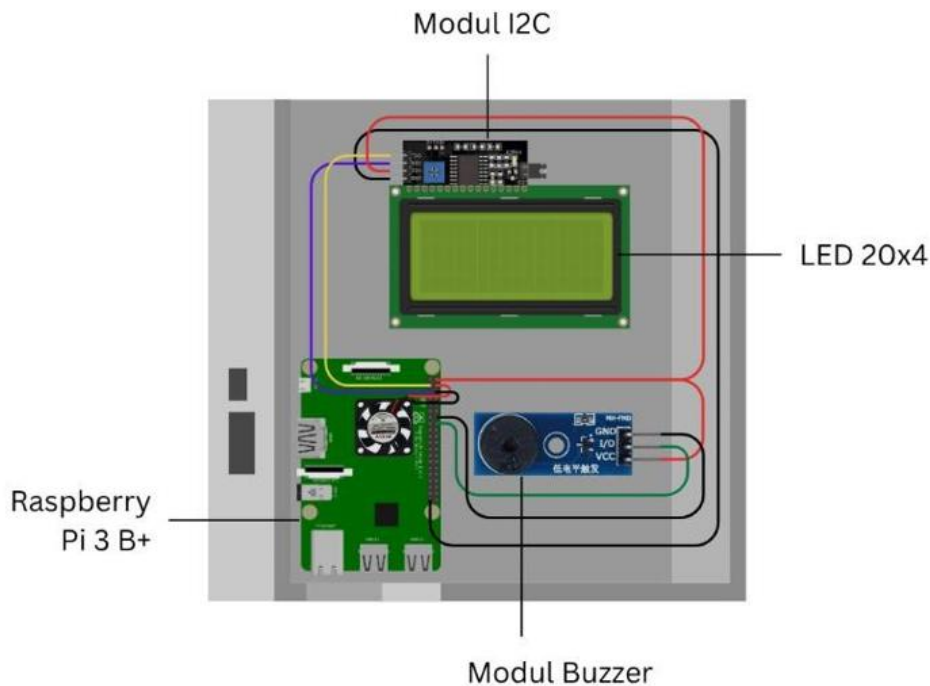
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

komponen utama yang terintegrasi dengan fungsi tertentu seperti display dan buzzer. Sisi samping perangkat dilengkapi dengan beberapa port, yaitu port power, HDMI, serta Ethernet (Eth) dan USB.



Gambar 4. 6 Desain Alat Bagian Dalam

Desain bagian dalam dari alat sistem smart monitoring classroom ditunjukkan pada gambar 4.6 yang terdiri dari Raspberry Pi 3 B+ sebagai pusat kendali, modul I2C untuk komunikasi data ke layar LCD 20x4, serta modul buzzer sebagai output suara.

4.3. Implementasi Sistem

4.3.1. Implementasi Alat

Implementasi alat merupakan tahapan merealisasikan alat sesuai perancangan yang dirancang sebelumnya. Bertujuan untuk menyatukan seluruh komponen ke mikrokomputer Raspberry Pi termasuk LCD, modul I2C, dan modul buzzer. Perangkat yang sudah direalisasikan dapat di lihat pada gambar 4.7 dimana perangkat tergabung dalam satu kesatuan dan mampu memberikan informasi terkait jumlah orang pada ruang kelas dan nama dosen yang hadir pada kelas tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 7 Hasil Realisasi Alat

4.3.2. Pemrograman Perangkat Raspberry Pi

Perangkat smart class monitoring bekerja dengan menggunakan skrip Python sehingga setiap komponen dapat berjalan. Program pertama-tama menguji koneksi ke perangkat (kamera dan server) untuk memastikan semuanya terhubung dengan baik. Kemudian, tiga thread dijalankan secara bersamaan: satu untuk menampilkan informasi di LCD (menggunakan fungsi tampil_lcd), satu untuk mengambil gambar dari CCTV (menggunakan fungsi ambil_frame), dan satu lagi untuk mengirim gambar ke server (menggunakan fungsi kirim_gambar). Ketiga thread ini berjalan secara paralel, memungkinkan program untuk berfungsi secara real-time dan responsif. Program ini akan terus berjalan hingga dihentikan secara paksa oleh pengguna, dengan menampilkan status dan pesan kesalahan di terminal jika terjadi masalah. Berikut penjelasan masing-masing bagian program.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

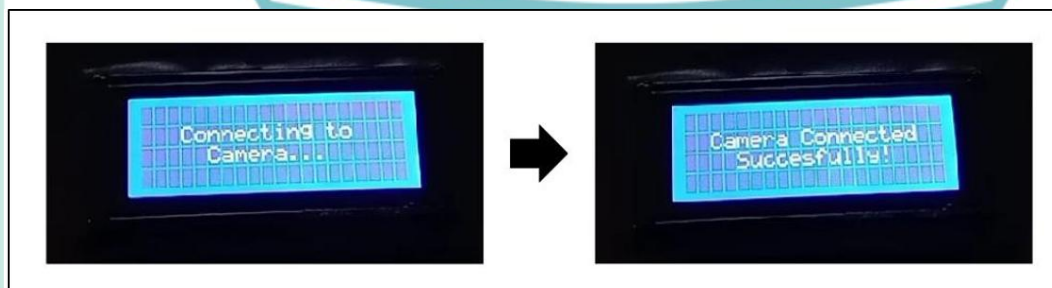
1. Pengujian Koneksi Perangkat

```
def test_connection(name, ip, port, timeout=2):
    LCD.clear()
    LCD.cursor_pos = (1, 1)
    LCD.write_string(" Connecting to ")
    LCD.cursor_pos = (2, 1)
    LCD.write_string(" " + name + "... ")
    time.sleep(3)

    while True:
        try:
            sock = socket.create_connection((ip, port), timeout=timeout)
            sock.close()
            timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            print(f"{timestamp} Connection to {ip} success!")
            break
        except (socket.timeout, socket.error):
            timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            print(f"{timestamp} Connection to {ip} failed. Retrying...")
            time.sleep(5)
```

Gambar 4. 8 Program Tes Koneksi Perangkat

Fungsi `test_connection` pada gambar 4.8 bertujuan untuk menguji koneksi raspberry pi pada perangkat seperti kamera atau server. Fungsi ini akan menampilkan status koneksi pada layar LCD dan mencoba melakukan koneksi socket ke alamat IP dan port yang ditentukan. Jika koneksi gagal, fungsi akan mencoba ulang beberapa kali hingga berhasil dan ditampilkan di LCD dengan pesan "Connected Successfully!". Fungsi ini bertujuan memastikan bahwa perangkat terhubung dengan baik sebelum melanjutkan proses lainnya. Gambar 4.9 dan 4.10 di atas merupakan tampilan LCD ketika raspberry pi mencoba melakukan koneksi dengan perangkat CCTV Camera IP dan Server Lokal.

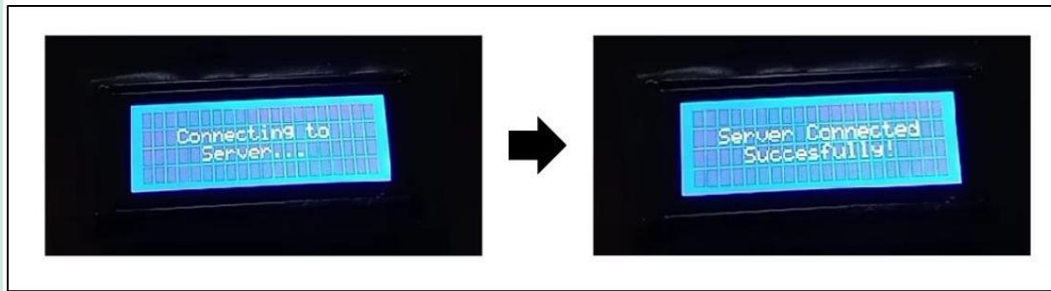


Gambar 4. 9 Tampilan LCD Ketika Koneksi dengan IP Camera



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 10 Tampilan LCD Ketika Koneksi dengan Server Lokal

2. Tampilan Informasi pada LCD

```
def tampil_lcd():
    global NAMA_DOSEN, JUMLAH_ORANG, NAMA_DOSEN_NEW

    def center_text(text, width=20):
        pad = max((width - len(text)) // 2, 0)
        return " " * pad + text + " " * pad

    def display_line1_line2(line1, line2, delay=5):
        LCD.clear()
        LCD.cursor_pos = (1, 1)
        LCD.write_string(line1)
        LCD.cursor_pos = (2, 1)
        LCD.write_string(line2)
        time.sleep(delay)

    display_line1_line2(" SMART CLASSROOM ", " DENGAN CCTV ")
    display_line1_line2(" Ruang Kelas ", center_text(ROOM_NAME))

    while True:
        if NAMA_DOSEN_NEW and NAMA_DOSEN_NEW != NAMA_DOSEN:
            NAMA_DOSEN = NAMA_DOSEN_NEW
            NAMA_DOSEN_NEW = ""
            try:
                GPIO.setmode(GPIO.BCM)
                GPIO.setup(BUZZER_PIN, GPIO.OUT)
                pwm = GPIO.PWM(BUZZER_PIN, 440)
                pwm.start(20)
                for note, duration in melody:
                    pwm.ChangeFrequency(NOTES[note])
                    time.sleep(duration)
                    pwm.ChangeFrequency(1)
                    time.sleep(0.25)
                pwm.stop()
            finally:
                GPIO.cleanup()

        if NAMA_DOSEN:
            display_line1_line2(" Dosen: ", center_text(NAMA_DOSEN), delay=3)

            display_line1_line2(" Jumlah: ", center_text(f"{JUMLAH_ORANG} orang"), delay=3)
```

Gambar 4. 11 Program Menampilkan Informasi Pada LCD

Fungsi tampil_lcd pada gambar 4.8 berfungsi menampilkan beberapa informasi penting, seperti nama ruang kelas, nama dosen, dan jumlah mahasiswa yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terdeteksi. Jika ada perubahan nama dosen, program akan memberi notifikasi dengan bunyi buzzer dan menampilkan nama dosen yang terbaru pada layar. LCD juga akan memperbarui jumlah mahasiswa yang terdeteksi secara terus menerus.



Gambar 4. 12 Tampilan LCD Informasi Jumlah Orang



Gambar 4. 13 Tampilan LCD Informasi Nama Dosen

Hasil pada program dapat dilihat pada gambar 4.12 yang menunjukkan informasi jumlah orang yang berhasil dideteksi dan gambar 4.13 yang menunjukkan nama dosen yang berhasil dikenali oleh sistem.



3. Pengambilan Gambar dari CCTV

```
def ambil_frame():
    global frame_lock
    while True:
        try:
            with frame_lock:
                timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
                print(f"\n{timestamp} Getting frame from CCTV...")
                cmd = [
                    "ffmpeg", "-rtsp_transport", "tcp", "-y",
                    "-i", RTSP_URL, "-vframes", "1", OUTPUT_IMAGE
                ]
                subprocess.run(cmd, check=True, capture_output=True, text=True)
        except subprocess.CalledProcessError as e:
            print("Terjadi error!")
            print("Return code:", e.returncode)
            print("Command:", e.cmd)
            print("Output:", e.output)
            print("Stderr:", e.stderr)
            timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            print(f"{timestamp} Getting frame failed!")
            time.sleep(0.1)
```

Gambar 4. 14 Program Pengambilan Gambar dari CCTV

Fungsi `ambil_frame` pada gambar 4.14 bertanggung jawab untuk mengambil gambar dari CCTV. Gambar diambil menggunakan perintah `ffmpeg` dengan RTSP URL yang sudah dikonfigurasi sebelumnya. Gambar disimpan dalam file `frame.jpg`, dan proses ini dijalankan secara terus-menerus menggunakan thread. Agar tidak ada konflik antara thread yang mengakses gambar, fungsi ini menggunakan `frame_lock`.



Gambar 4. 15 Hasil Pengambilan Gambar dengan IP Camera
Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil dari pengambilan kamera disimpan dalam format .jpg, berikut pada gambar 4.15 merupakan gambaran hasil pengambilan gambar menggunakan ip camera.

4. Pengiriman Gambar ke Server

```
def kirim_gambar():
    i = 1
    while True:
        i += 1
        global NAMA_DOSEN_NEW, JUMLAH_ORANG, last_hash, frame_lock
        try:
            with frame_lock:
                img = cv2.imread(OUTPUT_IMAGE)
                current_hash = hashlib.sha256(img.tobytes()).hexdigest()
                if last_hash == current_hash:
                    return True
                last_hash = current_hash

                timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
                print(f"{timestamp} Sending frame to server...")

                _, buffer = cv2.imencode('.jpg', img)
                img_bytes = buffer.tobytes()

            files = {'file': ('image.jpg', img_bytes, 'image/jpeg')}
            data = {'device_id': DEVICE_ID}

            response = requests.post(API_ENDPOINT, files=files, data=data)
            response.raise_for_status()
            result = response.json()

            NAMA_DOSEN_NEW = result.get("nama_dosen", "")
            JUMLAH_ORANG = result.get("jumlah_mahasiswa", 0)

            timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            if NAMA_DOSEN_NEW != "":
                print(f"{timestamp} > {NAMA_DOSEN_NEW} terdeteksi!")
            print(f"{timestamp} > {JUMLAH_ORANG} orang")
        except requests.exceptions.RequestException as e:
            timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            print(f"{timestamp} Sending frame to server failed!")
            test_connection("Server", SERVER_IP, 5000)
```

Gambar 4. 16 Program Pengiriman Frame ke Server

Bagian ketiga merupakan Fungsi kirim_gambar sebagaimana pada gambar 4.16, bertugas mengirim gambar yang diambil dari CCTV ke server. Sebelum gambar dikirim, fungsi ini gambar terbaru dengan membandingkan hash gambar



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menggunakan hashlib. Gambar akan dikirim melalui HTTP POST request ke server, beserta data device_id yang digunakan untuk mengidentifikasi perangkat. Setelah gambar berhasil dikirim, informasi seperti nama dosen dan jumlah mahasiswa yang terdeteksi oleh server akan diperbarui untuk selanjutnya ditampilkan pada LCD.

4.3.3. Pemrograman Flask API Server

Flask API server bertujuan untuk mengelola proses deteksi objek dan pengenalan wajah secara real-time melalui HTTP API. Program ini dapat menerima gambar dari perangkat lain. mendeteksi jumlah orang pada gambar menggunakan model YOLO, dan mengenali wajah dosen menggunakan model FaceNet. Informasi yang terdeteksi, seperti jumlah orang dan nama dosen, kemudian dikirimkan kembali ke klien dalam format JSON. Terdapat 2 bagian utama pada program yaitu bagian pertama untuk inisialisasi library, model, dan variable, kemudian bagian kedua route utama untuk menjalankan pendeteksian dan pengenalan.

5. Inisialisasi Library, Model, dan Variable

```
from flask import Flask, request, jsonify
from ultralytics import YOLO
from keras.models import load_model
from datetime import datetime
from recognize_faces import recognize_face_from_image
import cv2
import numpy as np
import pickle

app = Flask(__name__)

timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
print(f"{timestamp} Loading model YOLO dan FaceNet...")
model = YOLO("yolov8n-head.pt")
facenet = load_model("facenet_keras.h5")
face_cascade = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades + "haarcascade_frontalface_default.xml")
```

Gambar 4. 17 Program Inisialisasi Library, Model, dan Variable

Pada bagian ini sebagaimana gambar 4.17 beberapa pustaka Python diimpor untuk kebutuhan server diantaranya Flask, YOLO, Keras, CV2, Pickle dan library lainnya sebagaimana dapat terlihat pada gambar XX. Kemudian aplikasi Flask diinisialisasi, lalu model YOLO dan model FaceNet dimuat untuk digunakan nanti dalam deteksi objek dan pengenalan wajah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain itu, `face_cascade` digunakan untuk deteksi wajah menggunakan metode Haar Cascade. Variabel `known_embeddings` memuat embeddings wajah yang disimpan dalam file `face_embeddings.pkl` untuk digunakan dalam proses pengenalan dosen.

6. Endpoint Deteksi Jumlah Orang dan Pengenalan Wajah Dosen

```
@app.route('/detect', methods=['POST'])
def upload_image():
    file = request.files.get('file')
    device_id_client = request.form.get('device_id')

    if file is None:
        return jsonify({'error': 'No file part in the request'}), 400

    file_bytes = np.frombuffer(file.read(), np.uint8)
    img = cv2.imdecode(file_bytes, cv2.IMREAD_COLOR)
    cv2.imwrite('frame.jpg', img)

    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    print(f"{timestamp} Gambar diterima dari {device_id_client} pada {timestamp}")

    results = model(img, verbose=False)
    num_people = len(results[0].boxes)
    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    print(f"{timestamp} > Jumlah orang: {num_people}")

    dosen = recognize_face_from_image(facenet, face_cascade, known_embeddings, img)
    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    print(f"{timestamp} > Dosen terdeteksi: {dosen}\n")

    return jsonify({
        'device_id': device_id_client,
        'jumlah_mahasiswa': num_people,
        'nama_dosen': dosen,
        'timestamp': timestamp
    })
```

Gambar 4. 18 Endpoint Deteksi Jumlah Orang dan Pengenalan Wajah Dosen

Gambar 4.18 merupakan endpoint `/detect` yang menerima gambar dari perangkat klien melalui endpoint `/detect`. Setelah gambar diterima, aplikasi melakukan beberapa proses untuk menganalisis gambar tersebut. Pertama, gambar diubah menjadi format yang bisa diproses dengan OpenCV. Kemudian, menggunakan model deteksi objek YOLO, program menghitung jumlah orang yang terdeteksi dalam gambar berdasarkan objek yang dikenali sebagai "orang". Setelah itu, gambar diproses lebih lanjut untuk mengenali wajah dosen menggunakan model FaceNet yang sudah dilatih sebelumnya dan embeddings wajah yang disimpan. Proses pengenalan wajah ini menggunakan deteksi wajah berbasis Haar Cascade.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Setelah deteksi selesai, aplikasi mengembalikan respons JSON yang berisi informasi id perangkat pengirim gambar, jumlah orang yang terdeteksi, nama dosen yang terdeteksi, dan timestamp (waktu deteksi dilakukan).

4.3.4. Pemrograman Object Detection

Pemrograman object detection pada sistem smart monitoring classroom digunakan untuk mengenali dan melacak setiap orang dalam gambar/frame secara real-time. Proses ini melibatkan penerapan algoritma deep learning dan pemrosesan citra, yang dapat diintegrasikan dengan berbagai library pemrograman seperti OpenCV atau TensorFlow.

```
def count_people_from_image(model, frame):
    results = model.track(frame, persist=True,
                           tracker="bytetrack.yaml")
    head_count = 0
    if results[0].boxes is not None:
        for box in results[0].boxes:
            cls_id = int(box.cls[0])
            if model.names[cls_id] == "head":
                head_count += 1
    return head_count
```

Gambar 4. 19 Program Pemrosesan Object Detection

Program object detection pada gambar 4.19 digunakan untuk menghitung jumlah orang dalam sebuah frame gambar berdasarkan deteksi objek dengan label "head". Setiap kelas objek diperiksa, dan jika sesuai dengan label "head", maka jumlah nilai akan bertambah. Fungsi ini mengembalikan jumlah total kepala yang terdeteksi dalam frame, yang digunakan untuk mengestimasi jumlah orang di ruangan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 20 Perbandingan Hasil Deteksi Jumlah Orang Dengan YOLOv8

Perbandingan gambar sebelum dan sesudah deteksi orang menggunakan YOLOv8 dapat dilihat pada gambar 4.20 dimana orang yang berhasil terdeteksi pada gambar ditandai dengan garis kotak berwarna merah. Pada gambar jumlah orang yang berhasil terdeteksi sejumlah 29 orang dengan informasi berupa angka pada bagian atas kotak menunjukkan akurasi dari kepala orang yang terdeteksi.

4.3.5. Pemrograman Face Recognition

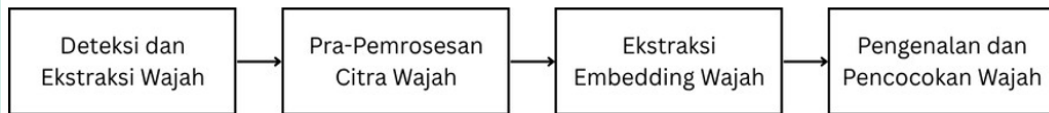
Face recognition pada sistem smart monitoring classroom dibangun menggunakan model FaceNet bertujuan untuk mengenali wajah seseorang berdasarkan citra yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

diberikan. Proses pengenalan wajah dilakukan dengan pendekatan deep learning yang bekerja dengan mengubah citra wajah menjadi bentuk representasi numerik yang unik. Berikut pada gambar 4.21 merupakan tahapan-tahapan pada face recognition dengan Facenet.



Gambar 4. 21 Tahapan-Tahapan Face Recognition

a. Deteksi dan Ekstraksi Wajah

```

def extract_face(face_cascade, image):
    gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
    face_list = []
    for (x, y, w, h) in faces:
        face = image[y:y+h, x:x+w]
        face = cv2.resize(face, (160, 160))
        face_list.append(((x, y, w, h), face))
    return face_list
  
```

Gambar 4. 22 Program Deteksi dan Ekstraksi Wajah

Proses face recognition membaca gambar yang berisi wajah, kemudian dilakukan deteksi wajah menggunakan algoritma Haar Cascade Classifier. Proses ini dapat dilihat pada gambar 4.122, yang bertujuan untuk menemukan dan memotong bagian wajah dari gambar utama.

b. Pra-Pemrosesan Citra Wajah

```

def preprocess(face):
    face = face.astype('float32')
    mean, std = face.mean(), face.std()
    return (face - mean) / std
  
```

Gambar 4. 23 Pra-Pemrosesan Citra Wajah

Program pada gambar 4.23 digunakan untuk menormalisasi citra dengan cara menghitung rata-rata dan standar deviasi piksel, lalu mengubahnya menjadi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

representasi numerik yang seragam. Tujuan dari proses ini adalah memastikan input model berada dalam skala yang tepat agar embedding yang dihasilkan konsisten.

c. Ekstraksi Embedding Wajah

```
def get_embedding(model, face_pixels):
    face_pixels = preprocess(face_pixels)
    samples = np.expand_dims(face_pixels, axis=0)
    yhat = model.predict(samples)
    return yhat[0]
```

Gambar 4. 24 Program Ekstraksi Embedded Wajah

Gambar 4.24 merupakan program dimana model FaceNet yang telah dilatih digunakan untuk mengubah citra wajah menjadi vektor embedding berdimensi 128. Embedding ini merepresentasikan fitur unik dari setiap wajah, dan menjadi dasar utama dalam proses pencocokan identitas.

d. Pengenalan dan Pencocokan Wajah

```
def recognize_face(known_embeddings, embedding):
    min_dist = 100
    identity = "Unknown"

    for name, embeds in known_embeddings.items():
        for db_embed in embeds:
            dist = np.linalg.norm(embedding - db_embed)
            if dist < min_dist:
                min_dist = dist
                identity = name
    if min_dist > 6:
        identity = "Unknown"

    return min_dist, identity
```

Gambar 4. 25 Program Pengenalan dan Pencocokan Wajah

Berdasarkan gambar 4.25, embedding hasil dari gambar input dibandingkan dengan database embedding yang telah dikenal. Program akan melakukan pencocokan dengan menghitung jarak Euclidean antara embedding input dan semua embedding dalam database. Jika ditemukan jarak terkecil di bawah ambang batas tertentu, maka wajah dianggap dikenali dan didapatkan namanya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 26 Perbandingan Hasil Pengenalan Wajah dengan FaceNet

Pada gambar 4.26 menunjukkan perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan face detection menggunakan facenet dengan hasil distance/jarak dengan data model sebesar 4,29, wajah yang berhasil dikenali ditandai dengan garis kotak berwarna hijau.

4.4. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat beroperasi sesuai dengan fungsi dan tujuan yang telah ditetapkan. Dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu pengujian fungsionalitas dan pengujian performa.

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian fungsionalitas bertujuan memverifikasi apakah seluruh komponen sistem berfungsi sesuai spesifikasi. Sementara, pengujian performa bertujuan mengevaluasi efisiensi dan keandalan sistem dalam kondisi operasional yang realtime.

4.4.1. Prosedur Pengujian

1. Prosedur Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dilakukan terhadap setiap komponen utama sistem, yaitu Raspberry Pi, LCD, dan buzzer. Pengujian dilakukan secara terpisah untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik.

a. Prosedur Pengujian Raspberry Pi

Prosedur pengujian fungsionalitas Raspberry Pi dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen utama dalam sistem dapat beroperasi sesuai dengan peran yang diharapkan. Pengujian terdiri dari lima skenario yang dirancang untuk menguji integritas fungsi pengolahan citra dan logika sistem yang dijalankan oleh Raspberry Pi sesuai dengan tujuan yang tercantum dalam tabel 4.4 di bawah.

Tabel 4. 4 Tujuan Skenario Pengujian Raspberry Pi

No	Skenario Pengujian	Fungsi Pengujian
1	Raspberry Pi dinyalakan	Memastikan bahwa Raspberry Pi dapat menyala secara otomatis dan menjalankan script utama sistem tanpa intervensi manual
2	Kamera menangkap gambar orang-orang pada ruangan	Menguji kemampuan sistem dalam memproses citra untuk mendeteksi dan menghitung jumlah orang di dalam ruangan
3	Kamera menangkap gambar wajah dosen	Memverifikasi bahwa sistem dapat mengenali wajah dosen dari citra yang ditangkap kamera
4	Kamera menangkap gambar wajah bukan dosen	Memastikan sistem tidak salah mengenali wajah selain dosen sebagai dosen



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Skenario Pengujian	Fungsi Pengujian
5	Kamera menangkap gambar wajah dosen lebih dari satu	Memastikan sistem mengenali dosen-dosen dalam satu ruangan yang sama

b. Prosedur Pengujian LCD

Prosedur pengujian fungsionalitas LCD dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan LCD dalam menampilkan status awal, jumlah orang dalam ruangan, serta identitas dosen yang terdeteksi. Pada tabel 4.5 di bawah ini terdapat lima skenario pengujian yang dirancang untuk mencerminkan kondisi operasional sistem secara nyata.

Tabel 4. 5 Tujuan Skenario Pengujian LCD

No	Skenario Pengujian	Fungsi Pengujian
1	Raspberry Pi dinyalakan	Memastikan LCD dapat menampilkan tampilan awal ketika sistem dinyalakan
2	Kamera menangkap gambar orang-orang pada ruangan	Menguji apakah LCD dapat menampilkan jumlah orang yang terdeteksi secara real-time
3	Kamera menangkap gambar wajah dosen	Memverifikasi bahwa LCD dapat menampilkan data identitas dosen yang berhasil dikenali
4	Kamera menangkap gambar wajah bukan dosen	Memastikan LCD tidak menampilkan identitas dosen yang tidak dikenali
5	Kamera menangkap gambar wajah dosen lebih dari satu	Memastikan LCD menampilkan identitas dosen sesuai dengan keberadaan dosen

c. Prosedur Pengujian Buzzer

Prosedur pengujian fungsionalitas buzzer dilakukan untuk memastikan bahwa buzzer dapat berfungsi sebagai indikator suara sesuai dengan logika yang dibuat. Pengujian ini difokuskan untuk menilai apakah buzzer aktif pada saat yang tepat,



terutama saat Raspberry Pi menyala dan ketika wajah dosen berhasil dikenali. Tujuan dari skenario pengujian buzzer dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah.

Tabel 4. 6 Tujuan Skenario Pengujian Buzzer

No	Skenario Pengujian	Fungsi Pengujian
1	Raspberry Pi dinyalakan	Memastikan buzzer dapat aktif secara otomatis selama 30 detik saat sistem pertama kali menyala
2	Kamera menangkap gambar orang-orang pada ruangan	Memastikan buzzer tidak aktif ketika hanya mendeteksi orang tanpa identifikasi dosen
3	Kamera menangkap gambar wajah dosen	Memverifikasi bahwa buzzer aktif selama 3 detik sebagai respons terhadap deteksi wajah dosen
4	Kamera menangkap gambar wajah bukan dosen	Memastikan buzzer tetap tidak aktif saat sistem mendeteksi wajah yang tidak dikenali sebagai dosen
5	Kamera menangkap gambar wajah dosen lebih dari satu	Memastikan buzzer buzzer aktif sesuai dengan wajah dosen yang dikenali sistem

2. Prosedur Pengujian Performa

Pengujian performa dilakukan terhadap tiga aspek utama sistem, yaitu waktu dan beban sistem, akurasi object detection, dan akurasi face recognition. Setiap pengujian dilakukan secara terpisah untuk mengevaluasi sejauh mana sistem dapat bekerja secara optimal dalam kondisi nyata.

a. Prosedur Pengujian Waktu dan Beban Sistem

Pengujian waktu (delay) dan beban sistem dilakukan untuk mengukur berapa resource yang digunakan oleh sistem ketika berjalan. Pengujian waktu dan beban sistem dilakukan pada API server yang bertanggungjawab menangani proses pendeteksian/pengenalan wajah dan modul atau microcomputer raspberry pi yang menjadi display informasi, pengaksesan gambar, dan pengiriman gambar ke API server.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengujian beban sistem pada API server dibuat dengan melakukan mengukur durasi pengujian, rata-rata response, failure rate (nilai kegagalan), beban CPU, dan jumlah penggunaan RAM. Data-data diambil kemudian dianalisis untuk mengetahui performa API server dalam menangani proses pendeteksian jumlah orang dan pengenalan dosen.

Sedangkan langkah pengujian pada perangkat raspberry pi dilakukan dengan menjalankan sistem pada 3 kondisi yaitu ketika ruang kosong, ruang terisi oleh mahasiswa, dan ruang terisi oleh mahasiswa dan dosen. Parameter yang diukur adalah penggunaan waktu sistem berjalan dalam menyelesaikan satu frame (s), penggunaan CPU (%), dan penggunaan RAM (%). Ketiga parameter tersebut akan dicatat ketika sistem berjalan dan dilakukan analisis berdasarkan hasil pengujian.

b. Prosedur Pengujian Quality of Service (QoS)

Pengujian performa jaringan dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan pada sistem yang dirancang. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu mulai sistem, waktu selesai sistem, latensi, ukuran data, throughput, dan status pengujian API. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali secara terus menerus dengan payload yang sama. Data kemudian direkapitulasi sehingga didapatkan data jumlah percobaan, ukuran file, rata-rata latensi, latensi maksimum, latensi minimum, rata-rata jitter, standar deviasi latensi, throughput, dan packet loss. Selanjutnya data latensi dan throughput dianalisis untuk mengetahui relasi antara kedua data tersebut.

c. Prosedur Pengujian Object Detection

Pengujian object detection dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi jumlah orang di dalam ruangan secara akurat menggunakan algoritma YOLOv8. Dalam pengujian ini, sistem diuji sebanyak 20 kali dengan kondisi tetap, yaitu 29 orang berada di dalam ruangan. Hasil deteksi sistem kemudian dibandingkan dengan data aktual untuk menghitung jumlah True Positive (TP), False Positive (FP), dan False Negative (FN). Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menilai ketepatan dan konsistensi sistem dalam mendeteksi objek. Keterangan dari masing-masing parameter pengujian dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Kategori Pengujian Akurasi

Kategori	Keterangan
TP (True Positive)	Jumlah orang yang berhasil dideteksi sebagai orang oleh sistem
FP (False Positive)	Jumlah bukan orang yang dideteksi sebagai orang oleh sistem
FN (False Negative)	Jumlah orang yang gagal dideteksi sebagai orang oleh sistem

d. Prosedur Pengujian Face Recognition

Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi sistem dalam mengenali wajah dosen yang telah dilatih dan membedakannya dari wajah yang tidak dikenal. Berikut langkah-langkah pengujian yang dilakukan:

- Dua wajah objek (dosen) dan dua wajah background (non-dosen) diuji masing-masing sebanyak 10 kali dalam dua sesi berbeda.
- Wajah objek diarahkan menghadap ke kamera, kemudian sistem akan mulai mengenali wajah.
- Setiap hasil dicatat apakah wajah dikenali dengan benar atau tidak.
- Untuk wajah background, sistem diharapkan tidak melakukan pengenalan.
- Akurasi dihitung berdasarkan jumlah pengenalan yang benar dibandingkan total percobaan.

4.4.2. Data Hasil Pengujian

1. Data Hasil Pengujian Fungsionalitas

a. Data Hasil Pengujian Raspberry Pi

Pengujian pada komponen Raspberry Pi dilakukan untuk memastikan bahwa unit ini berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam sistem. Pengujian mencakup



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

proses awal penyalaan perangkat, pengambilan dan pemrosesan citra dari kamera, serta kemampuan dalam mengenali wajah dosen. Melalui pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa Raspberry Pi mampu menjalankan skrip utama secara otomatis dan mengolah input dari kamera secara akurat. Data hasil pengujian fungsionalitas raspberry pi terdapat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Pengujian Fungsionalitas Raspberry Pi

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
1	Raspberry Pi dinyalakan	Raspberry Pi menyala otomatis dan menjalankan script utama	Sesuai	Valid
2	Kamera menangkap gambar orang-orang pada ruangan	Raspberry Pi memproses citra dan mendapatkan jumlah orang	Sesuai	Valid
3	Kamera menangkap gambar wajah dosen	Raspberry Pi memproses citra dan mengenali identitas	Sesuai	Valid
4	Kamera menangkap gambar wajah bukan dosen	Raspberry Pi memproses citra, namun tidak mengenali identitas	Sesuai	Valid
5	Kamera menangkap gambar wajah dosen lebih dari satu	Raspberry Pi memproses citra dan mengenali identitas dosen yang lebih dekat	Sesuai	Valid

b. Data Hasil Pengujian LCD

Pengujian LCD bertujuan untuk memverifikasi bahwa komponen ini dapat menampilkan informasi yang relevan sesuai dengan kondisi ruangan. Pengujian



dilakukan mulai dari tampilan awal ketika sistem dinyalakan, hingga menampilkan jumlah orang dan identitas dosen yang dikenali. Keberhasilan dalam pengujian ini menunjukkan bahwa LCD berfungsi sebagai media informasi visual utama dalam sistem monitoring kelas. Berikut tabel 4.9 yang menunjukkan hasil pengujian fungsionalitas LCD.

Tabel 4. 9 Pengujian Fungsionalitas LCD

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
1	Raspberry Pi dinyalakan	LCD menampilkan tulisan “smart monitoring class- room” dan informasi ruangan	Sesuai	Valid
2	Kamera menangkap gambar orang-orang pada ruangan	LCD menampilkan informasi jumlah orang di dalam ruangan	Sesuai	
3	Kamera menangkap gambar wajah dosen	LCD menampilkan informasi jumlah orang dan informasi dosen yang berhasil dikenali	Sesuai	Valid
4	Kamera menangkap gambar wajah bukan dosen	LCD hanya menampilkan informasi jumlah orang	Sesuai	Valid
5	Kamera menangkap gambar wajah dosen lebih dari satu	LCD menampilkan informasi jumlah orang dan informasi dosen terdekat yang berhasil dikenali	Sesuai	Valid

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

c. Data Hasil Pengujian Buzzer

Pengujian buzzer difokuskan untuk mengevaluasi apakah buzzer dapat memberikan sinyal audio pada kondisi tertentu. Pengujian dilakukan ketika sistem pertama kali dinyalakan dan ketika terjadi deteksi terhadap dosen. Keberhasilan pengujian ini menunjukkan bahwa buzzer dapat memberikan umpan balik suara yang sesuai sebagai penanda peristiwa penting. Tabel 4.10 berikut merupakan hasil pengujian fungsionalitas buzzer.

Tabel 4. 10 Pengujian Fungsionalitas Buzzer

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Uji	Kesimpulan
1	Raspberry Pi dinyalakan	Buzzer aktif selama 30 detik	Sesuai	Valid
2	Kamera menangkap gambar orang-orang pada ruangan	Buzzer tidak aktif	Sesuai	
3	Kamera menangkap gambar wajah dosen	Buzzer aktif selama 3 detik	Sesuai	Valid
4	Kamera menangkap gambar wajah bukan dosen	Buzzer tidak aktif	Sesuai	Valid
5	Kamera menangkap gambar wajah dosen lebih dari satu	Buzzer aktif selama 3 detik	Sesuai	Valid

2. Data Hasil Pengujian Performa

a. Data Hasil Pengujian Waktu dan Beban Sistem

Dari tabel 4.11 hasil pengujian dapat diketahui bahwa performa API server cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah client yang terhubung secara bersamaan. Ketika jumlah client meningkat, waktu respon server juga ikut naik, dari 2,3 detik pada 1 client hingga menjadi 14 detik saat diuji dengan 30 client. Selain itu, persentase kegagalan request atau failure rate juga bertambah, mencapai 7,31% pada beban tertinggi, yang menunjukkan bahwa semakin banyak permintaan yang tidak dapat dilayani dengan baik. Penggunaan CPU mengalami lonjakan drastis seiring bertambahnya client, meskipun terdapat sedikit penurunan pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

jumlah client lebih banyak, kemungkinan karena CPU telah mencapai batas maksimal penggunaannya. Konsumsi RAM juga terlihat meningkat pada awal pengujian, namun mulai menurun pada saat client mencapai 30. Secara umum, hasil ini mengindikasikan bahwa performa server stabil pada beban rendah, tetapi menurun secara signifikan saat dihadapkan pada beban tinggi.

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Waktu dan Beban API Server

Jumlah Client	Durasi Tes (s)	Request/s	Median Response Time (s)	Failure Rate (%)	CPU (%)	RAM (MB)
1	314	0,22	2,3	0	1,3	644,3
10	320	1,41	4,8	2,38	615,66	1061,1
20	315	1,91	8,4	7,10	586,52	1011,6
30	344	1,92	14	7,31	580,36	980,1
Rata-rata		1.37	7375	5.45	445.96	878.67

Data hasil pengujian waktu dan beban raspberry pi pada tabel 4.12 menunjukkan total 24 data dengan 3 kondisi berbeda (ruang kosong, terdapat mahasiswa, dan terdapat mahasiswa dan dosen). Sehingga dapat diketahui bahwa rata-rata delay yang dihasilkan 5.6 detik, penggunaan 0.2% penggunaan CPU, dan 36.1% RAM. Hasil pengujian waktu dan beban sistem ditampilkan pada tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Waktu dan Beban Raspberry Pi

Skenario Pengujian	Waktu Mulai (hh:mm:ss)	Waktu Selesai (hh:mm:ss)	Durasi (s)	CPU (%)	RAM (%)
Ruang Kosong	12:22:20	12:22:24	4s	0.0	35.9
	12:22:28	12:22:32	4s	0.5	36.2
	12:22:36	12:22:40	4s	0.0	36.2
	12:22:44	12:22:48	4s	0.0	35.9
	12:22:52	12:22:56	4s	0.2	36.1
	12:23:00	12:23:03	3s	0.0	36.2



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Skenario Pengujian	Waktu Mulai (hh:mm:ss)	Waktu Selesai (hh:mm:ss)	Durasi (s)	CPU (%)	RAM (%)
Kamera menangkap gambar 20-30 orang di dalam ruangan	12:23:07	12:23:11	4s	0.0	36.3
	12:23:15	12:23:19	4s	0.0	36.2
	12:21:01	12:21:07	6s	0.2	36.1
	12:21:11	12:21:16	5s	0.0	36.1
	12:21:20	12:21:26	6s	0.0	36.2
	12:21:29	12:21:35	6s	0.2	36.2
	12:21:39	12:21:47	8s	0.8	36.1
	12:21:51	12:21:57	6s	0.0	35.7
Kamera menangkap gambar 1 dosen di dalam ruangan	12:22:01	12:22:06	5s	0.3	36.4
	12:22:10	12:22:16	6s	0.7	36.1
	11:54:19	11:54:26	7s	0.2	35.4
	11:54:30	11:54:37	7s	0.0	35.9
	11:54:41	11:54:48	7s	0.3	35.9
	11:54:52	11:54:59	7s	0.2	36.1
	11:55:03	11:55:10	7s	0.0	36.3
	11:55:21	11:55:28	7s	0.0	36
Nilai Rata-Rata	11:55:39	11:55:46	7s	0.2	36.1
	11:55:50	11:55:57	7s	0.0	36
Nilai Rata-Rata			5.6s	0.2%	36.1%

b. Data Hasil Pengujian QoS

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 1, diperoleh data pengukuran Quality of Service (QoS) dari 30 kali percobaan terhadap sistem API server. Dari tabel tersebut, rata-rata latensi tercatat sebesar 2,34 detik dengan nilai minimum 2,03 detik dan maksimum 3,03 detik, serta throughput rata-rata sebesar 40,69 kb/s dengan ukuran data berkisar di angka 94,20 KB. Seluruh permintaan berhasil diproses dengan status kode 200, menandakan tidak ada error pada proses pengiriman data.

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Quality of Service (QoS)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Latensi (s)	Ukuran Data (kb)	Throughput (kb/s)	Status
1	08:56:51	08:56:53	2.0433	94.18	46.09	200
2	08:56:56	08:56:58	2.324	92.79	39.93	200
3	08:57:00	08:57:03	2.1413	94.73	44.24	200
4	08:57:05	08:57:07	2.2489	92.69	41.22	200
5	08:57:09	08:57:12	2.4112	90.2	37.41	200
6	08:57:14	08:57:16	2.2267	94.84	42.59	200
7	08:57:19	08:57:21	2.2715	89.83	39.55	200
8	08:57:23	08:57:26	2.3397	94.45	40.37	200
9	08:57:28	08:57:30	2.3776	93.76	39.43	200
10	08:57:32	08:57:35	2.4522	95.07	38.77	200
11	08:57:37	08:57:39	2.4339	95.09	39.07	200
12	08:57:41	08:57:43	2.1895	90.91	41.52	200
13	08:57:46	08:57:48	2.2975	95.32	41.49	200
14	08:57:50	08:57:53	2.1424	95.08	44.38	200
15	08:57:55	08:57:57	2.3772	94.16	39.61	200
16	08:58:00	08:58:02	2.2508	93.9	41.72	200
17	08:58:04	08:58:07	2.7009	96.1	35.58	200
18	08:58:09	08:58:12	3.0367	89.94	29.62	200
19	08:58:13	08:58:15	2.2253	91.19	40.98	200
20	08:58:18	08:58:20	2.3725	95.23	40.14	200
21	08:58:22	08:58:26	3.3916	91.54	26.99	200
22	08:58:27	08:58:29	2.1148	97.06	45.90	200
23	08:58:31	08:58:34	2.4402	95.24	39.03	200
24	08:58:36	08:58:38	2.1204	98.22	46.32	200
25	08:58:41	08:58:43	2.1228	92.85	43.74	200
26	08:58:45	08:58:47	2.1784	97.64	44.82	200
27	08:58:50	08:58:52	2.4673	95.76	38.81	200
28	08:58:54	08:58:57	2.1922	97.36	44.41	200

Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.13 yang memperjelas nilai rata- rata serta variasi dari pengujian tersebut. Sehingga diketahui rata-rata latensi adalah 2,3 detik



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dengan latency minimum 2,02 detik dan maksimum 3,39 detik, yang didukung dengan rata-rata jitter sebesar 0,27 detik serta standar deviasi latency 0,28 detik. Throughput juga dihitung dalam satuan gambar per detik sebesar 0,43 gambar/detik, dan packet loss tercatat 0%, menunjukkan tidak ada kehilangan data selama pengujian berlangsung. Secara keseluruhan, kedua tabel memberikan gambaran konsisten bahwa server mampu menangani pengiriman data dengan latensi yang stabil serta tidak mengalami packet loss. Sehingga didapatkan rekapitulasi hasil pengujian QoS pada table 4.14 berikut.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Pengujian QoS

Jumlah Percobaan	30
Ukuran File	97.04 KB
Rata-rata Latency	2.3434 detik
Latency Maksimum	3.3916 detik
Latency Minimum	2.0265 detik
Rata-rata Jitter	0.2711 detik
Standar Deviasi Latency	0.2775 detik
Throughput	0.43 gambar/detik
Packet Loss	0%

c. Data Hasil Pengujian Object Detection

Hasil pengujian object detection dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut, TP mengartikan True Positive, FP mengartikan False Positive, dan FN mengartikan False Negative. Rata-rata yang didapatkan dari TP adalah 26.25 atau 90,5% dari data aktual yang berhasil dideteksi. Nilai FP pada seluruh data adalah 0 artinya pada ke-20 data yang diuji tidak ada satupun objek yang salah dikenali. Nilai FN sebesar 2,72 (9,5%) merepresentasikan rata-rata objek yang tidak terbaca. Tabel 4.15 merupakan hasil pengujian object detection yang telah dilakukan.

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Object Detection

No	Data Aktual	Deteksi Sistem	TP	FP	FN
1.	29	25	25	0	4



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Data Aktual	Deteksi Sistem	TP	FP	FN
2.	29	26	26	0	3
3.	29	26	26	0	3
4.	29	25	25	0	4
5.	29	25	25	0	4
6.	29	23	23	0	6
7.	29	25	25	0	4
8.	29	25	25	0	4
9.	29	27	27	0	2
10.	29	27	27	0	2
11.	29	27	27	0	2
12.	29	28	28	0	1
13.	29	28	28	0	1
14.	29	28	28	0	1
15.	29	25	25	0	4
16.	29	27	27	0	2
17.	29	26	26	0	3
18.	29	27	27	0	2
19.	29	28	28	0	1
20.	29	27	27	0	2
Nilai Rata-Rata			26.25	0	2.75

d. Data Hasil Pengujian Face Recognition

Data pengujian pada tabel 4.9 menunjukkan hasil uji akurasi face recognition terhadap 2 objek dan 1 kondisi tanpa objek. Berdasarkan pengujian tersebut, diketahui nilai rata-rata akurasi face recognition dari total 60 kali percobaan adalah sebesar 92,5%. Pengujian face recognition yang sudah dilakukan ditampilkan pada tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Face Recognition

No	Nama	Jumlah Percobaan	Dikenali Benar	Percobaan Ke-N	Akurasi (%)
1.	Objek1	10	8	1	80%
2.	Objek1	10	10	2	100%
3.	Objek2	10	10	1	100%
4.	Objek2	10	9	2	90%
5.	Background	10	0	1	100%
6.	Background	10	0	2	100%
Nilai Rata-Rata					92,5%

4.4.3. Analisis Pengujian

1. Analisis Pengujian Raspberry Pi

Berdasarkan hasil pengujian Raspberry Pi, sistem terbukti dapat menjalankan program utama secara otomatis ketika perangkat dinyalakan. Tidak diperlukan inisialisasi manual dari pengguna, yang menunjukkan bahwa konfigurasi boot otomatis telah diterapkan dengan benar. Raspberry Pi juga berhasil memproses input frame dari kamera CCTV dan mendistribusikan output hasil deteksi serta pengenalan wajah ke LCD dan buzzer secara sinkron. Kinerja ini menandakan bahwa fungsi utama sebagai pusat kendali sistem telah berjalan dengan baik, serta komunikasi antar- komponen berlangsung tanpa hambatan.

Analisis terhadap durasi eksekusi sistem dan beban perangkat menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan efisien. Rata-rata waktu eksekusi adalah 5.6 detik dengan penggunaan CPU sebesar 0.2% dan RAM sekitar 36.1%. Data ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dalam batas sumber daya yang sangat rendah dalam perangkat tertanam seperti Raspberry Pi. Efisiensi penggunaan sumber daya ini mengindikasikan bahwa sistem dapat diimplementasikan secara berkelanjutan tanpa risiko overheating atau overload.

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta

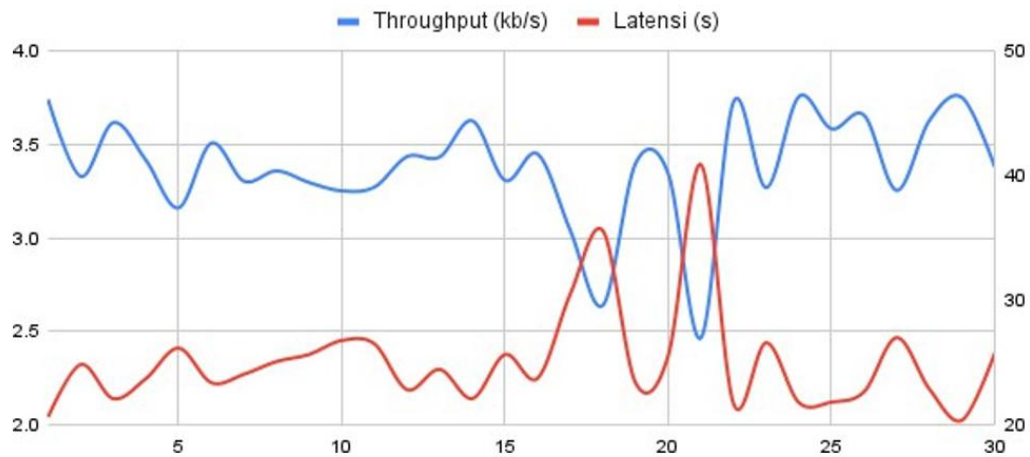


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



2. Analisis Pengujian Quality of Service (QoS)



Gambar 4. 27 Grafik Hasil Pengujian QoS

Berdasarkan grafik hasil pengujian Quality of Service (QoS) pada gambar 4.27, dua parameter utama yang dianalisis yaitu throughput (kb/s) dan latensi (s) dalam 30 kali percobaan. Secara umum, throughput menunjukkan fluktuasi pada kisaran 34 hingga 50 kb/s, dengan beberapa penurunan tajam di percobaan ke-18 hingga 22. Pada periode yang sama, latensi mengalami lonjakan signifikan dari kisaran 2 detik ke atas 3 detik bahkan sempat mendekati 3.5 detik, menunjukkan adanya penurunan performa jaringan.

Pola pergerakan throughput dan latensi berlawanan arah, di mana saat throughput menurun, latensi cenderung meningkat, dan sebaliknya. Hal ini merupakan karakteristik umum dari jaringan yang mengalami fluktuasi beban atau adanya antrean data/poses. Pada interval 20 detik ke atas, throughput kembali meningkat dan latensi menurun, mengindikasikan proses pemulihan kondisi jaringan.

Secara keseluruhan, pengujian QoS menunjukkan jaringan berada dalam kondisi cukup stabil dengan throughput yang relatif konsisten namun terdapat indikasi transient congestion atau kemacetan jaringan pada waktu tertentu. Lonjakan latensi yang tidak berlangsung lama menandakan performa jaringan masih berada dalam batas wajar.

3. Analisis Pengujian Object Detection

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil dari pengujian object detection menunjukkan bahwa sistem memiliki rata-rata True Positive (TP) sebesar 26.25 dari total 29 objek aktual, dengan False Negative (FN) sebesar 2.75, dan False Positive (FP) sebesar 0. Nilai-nilai ini menunjukkan performa yang sangat baik, terutama karena tidak ada kesalahan deteksi terhadap objek non-manusia. Dengan menggunakan metrik evaluasi:

Precision sebesar 100% menunjukkan tidak adanya alarm palsu, sedangkan Recall sebesar 90.5% menunjukkan bahwa sebagian kecil dari objek tidak terdeteksi. F1-Score senilai 95% yang tinggi menandakan keseimbangan antara akurasi dan kelengkapan deteksi.

4. Analisis Pengujian Face Recognition

Pada pengujian face recognition, rata-rata akurasi mencapai 92.5%. Nilai ini diperoleh dari enam skenario pengujian terhadap dua wajah objek dan background. Berdasarkan Gambar 4.28 yang menunjukkan matriks confusion hasil pengujian face recognition, dapat dilihat bahwa sistem mampu mengklasifikasikan objek dengan cukup baik, ditunjukkan oleh jumlah prediksi yang tepat pada masing-masing kelas.

		Actual		
		Objek1	Objek2	Background
Predict	Objek1	18	0	2
	Objek2	0	19	1
	Background	0	0	20

Gambar 4. 28 Matriks Confusion Hasil Pengujian Face Recognition



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai performa sistem, dilakukan perhitungan metrik evaluasi seperti precision, recall, dan F1 score untuk setiap kelas, sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.14. Tabel ini memberikan informasi kuantitatif mengenai tingkat akurasi klasifikasi masing-masing objek, yang menjadi dasar penilaian efektivitas model face recognition yang digunakan.

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Face Recognition

Nama	Precision	Recall	F1 Score
Object 1	0.9	1.0	0.947
Object 2	0.95	0.95	0.974
Background	0.87	1.0	0.93
Rata-Rata	0.91	0.98	0.95

Berdasarkan Tabel 4.17, sistem face recognition menunjukkan performa yang sangat baik dalam mengklasifikasikan ketiga kelas, yaitu Object 1, Object 2, dan Background. Secara keseluruhan, nilai rata-rata precision, recall, dan F1 Score masing-masing adalah 0,91; 0,98; dan 0,95. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi dalam melakukan pengenalan wajah, dengan kesalahan klasifikasi yang relatif kecil.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan perangkat CCTV dan Raspberry Pi dengan server untuk mengenali wajah dosen dan menghitung jumlah orang pada ruangan. Sistem mampu berjalan secara realtime dengan latensi sekitar 5,6 detik. Sistem ini juga mampu mengenali wajah dosen berdasarkan data gambar yang diperoleh dari CCTV dengan akurasi sebesar 95%, menggunakan model FaceNet, sehingga dapat mendeteksi keberadaan dosen di ruang kelas. Selain itu, sistem berhasil menghitung jumlah manusia dalam ruangan melalui analisis citra dengan akurasi sebesar 95% menggunakan YOLOv8 dan algoritma Haar Cascade.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pelaksanaan sistem, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Diperlukan pengujian lebih lanjut terhadap performa sistem dalam berbagai kondisi nyata, seperti pencahayaan rendah, sudut kamera yang bervariasi, serta saat jumlah orang di dalam.
2. Penggunaan metode deteksi dan pengenalan wajah yang lebih baik seperti guna meningkatkan akurasi dan kecepatan sistem.
3. Untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi, integrasi dengan sistem manajemen presensi atau sistem informasi akademik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Adhy, D. R., Hermawan, R., Fauzi, A. M., Maesaroh, S., Mauhib, A., Rosada, N. I., . . . Noor, Y. W. (2024). Sistem Monitoring Keamanan Pada Green House. Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro, 1-7.
- Algoritma. (2023, Juni 27). Algoritma YOLO: Algoritma Populer untuk Deteksi Objek. Retrieved from Situs web Algoritma: <https://blog.algoritma.ma/algoritma-yolo/#apa-itu-algoritma-yolo>
- Anggraini, N., Martunus, F., Shofi, I. M., & Wardhani, L. K. (2021). Implementasi Face Recognition Dengan OpenCV Pada "Smart CCTV" Untuk Keamanan Brankas Berbasis IoT. Jurnal Ilmiah FIFO, 1-10.
- Aulia, R., & Sontani, U. T. (2018). Pengelolaan Kelas Sebagai Determinan Terhadap Hasil Belajar . Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran, 9-17.
- Crystal Of The Sea. (2023, September 8). Apa Itu Object Detection Dan Perannya Dalam Industri Pangan. Diambil kembali dari Situs web Crystal Of The Sea: https://crystalsea.id/blog/object-detection-adalah/?srsId=AfmBOooq2_6ZmS-I6l52SVFc5e4HLE5iWaRvmckw6lK83uxog6sknJB1
- Fhatitoy, A. F. (2024). Penggunaan Algoritma YOLO vB Dalam Mendeteksi Keberadaan Peternak Pada Area Peternakan Ayam. Digital Library Unismuh Makassar, 1-109.
- Firmansyah, M. I., Suharto, N., & Prasetyo, Y. H. (2022). RTSP and HTTP Protocol Analysis for Streaming Services on Manet Networks in State Polytechnic of Malang. Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi) Vol. 12, No.3, 1-6.
- Mantik, H. (2023). REVOLUSI INDUSTRI 4.0: INTERNET OF THINGS, IMPLEMENTASI PADA BERBAGAI SEKTOR BERBASIS TEKNOLOGI INFORMASI (BAGIAN 1). Universitas Marsekal Suryadarma, 1-9.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Muharram, A. T., Suhandana, A. A., & Marcheta, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Deteksi Keramaian Berbasis Internet Of Things dalam mencegah penyebaran Covid-19. *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer MH. Thamrin*, 1-13.
- Mun, H.-J., & Lee, M.-H. (2022). Design for Visitor Authentication Based on Face Recognition Technology Using CCTV. *Digital Object Identifier*, 1-15.
- Naf'an, E., Islami, F., & Gushelmi. (2022). *Dasar-Dasar Deep Learning Dan Contoh Aplikasinya*. Solok: Penerbit Mitra Cendekia Media.
- Putrielis, E. (2017). Keterkaitan Penggunaan Moving Class Dengan Motivasi Belajar Dan Dampaknya Terhadap Kepuasan Belajar Ekonomi. *Pekbis Jurnal*, 125-139.
- Raup, A., Ridwan, W., Khoeriyah, Y., Supiana, & Zaqiah, Q. Y. (2022). Deep Learning dan Penerapannya dalam Pembelajaran. *JlIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, 3258-3267.
- Salifah, S., Kaddas, B., & Ma'ruf, M. W. (2023). Manajemen Kelas dalam Meningkatkan Efektivitas Proses Pembelajaran di MAN 1 Soppen. *Kajian Manajemen dan Pendidikan*, 1-10.
- Saputra, I. P. (2023). PERBANDINGAN KINERJA DAN KEANDALAN SISTEM PENGAWASAN: CCTV VS IP CAMERA . *BULLETIN OF NETWORK ENGINEER AND INFORMATICS*, 1-7.
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Wahyudi, Falah, M. N., Encep, M. (2022). INTERNET OF THINGS. *Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6*, 1-9.
- Sugeng, W., & Barus, D. (2023). Pengecekan Foto Paspor Menggunakan Metode DNN dan Facenet Sebagai Pengenalan Wajah. *Jurnal Pekommas Vol. 8 No. 2*, 169-180.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Susanto, D. R. (2022). Rancang Bangun Sistem Smart Room Pada Ruang Rapat Bengkel Listrik Aplikasi Blynk Dan Voice Assistant. *Repository Politeknik Negeri Jakarta*, 1-38.

Kumari et al. (2023). *A Review on Comparative Analysis of Face Detection Algorithms. International Journal of Computer Applications*.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Eza Musyarof

Lahir di Cianjur pada tanggal 6 Februari 2003. Penulis memulai pendidikan formalnya pada tahun 2009 di SDN Taruna Bakti dan lulus pada tahun 2015. Pendidikan dilanjutkan di MTS Al-Huda Al-Musri' 1, lulus pada tahun 2018. Kemudian penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMK Global Prima Islamic School, dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan di Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta. Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan non-akademik yang mendukung pengembangan diri dan kompetensi diri penulis. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat Politeknik Negeri Jakarta. Penulis memiliki minat pada bidang Process Automation, Pemrograman, dan Internet of Things. Penulis berharap ilmu yang diperoleh selama masa studi dapat bermanfaat di dunia profesional maupun dalam pengembangan diri ke depan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Lampiran 1 – Hasil Pengujian Object Detection

Tabel Hasil Pengujian Object Detection

No	Timestamp	Predict	Actual	TP	FP	FN	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
1	2025-05-27 11:37:53	25	29	25	0	4	0.86	1	0.86	0.93
2	2025-05-27 11:37:54	26	29	26	0	3	0.90	1	0.90	0.95
3	2025-05-27 11:37:55	26	29	26	0	3	0.90	1	0.90	0.95
4	2025-05-27 11:37:56	25	29	25	0	4	0.86	1	0.86	0.93
5	2025-05-27 11:37:57	25	29	25	0	4	0.86	1	0.86	0.93
6	2025-05-27 11:37:58	23	29	23	0	6	0.79	1	0.79	0.88
7	2025-05-27 11:37:59	25	29	25	0	4	0.86	1	0.86	0.93
8	2025-05-27 11:38:01	25	29	25	0	4	0.86	1	0.86	0.93
9	2025-05-27 11:38:02	27	29	27	0	2	0.93	1	0.93	0.96
10	2025-05-27 11:38:03	27	29	27	0	2	0.93	1	0.93	0.96
11	2025-05-27 11:38:04	27	29	27	0	2	0.93	1	0.93	0.96
12	2025-05-27 11:38:05	28	29	28	0	1	0.97	1	0.97	0.98
13	2025-05-27 11:38:07	28	29	28	0	1	0.97	1	0.97	0.98
14	2025-05-27 11:38:09	28	29	28	0	1	0.97	1	0.97	0.98
15	2025-05-27 11:38:10	25	29	25	0	4	0.86	1	0.86	0.93
16	2025-05-27 11:38:11	27	29	27	0	2	0.93	1	0.93	0.96
17	2025-05-27 11:38:12	26	29	26	0	3	0.90	1	0.90	0.95
18	2025-05-27 11:38:13	27	29	27	0	2	0.93	1	0.93	0.96
19	2025-05-27 11:38:14	28	29	28	0	1	0.97	1	0.97	0.98
20	2025-05-27 11:38:16	27	29	27	0	2	0.93	1	0.93	0.96
Average		26.25	29	26.25	0	2.75	0.91	1	0.91	0.95

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar Hasil Pengujian Object Detection



Lampiran 2 – Hasil Pengujian Face Recognition

Tabel Hasil Pengujian Face Recognition

No	Waktu Pengujian	Object	Jumlah Percobaan	Dikenali Benar	Akurasi (%)	Status
1	2025-05-06 11:35:29	Object1	10	8	80%	Sesuai
2	2025-05-20 11:57:15	Object1	10	10	100%	Sesuai
3	2025-05-20 11:58:56	Object2	10	9	90%	Sesuai
4	2025-06-02 12:39:40	Object2	10	10	100%	Sesuai
Average			10	9,25	92,5%	-

Gambar Hasil Pengujian Face Recognition



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 – Program Raspberry Pi

```
import os
import cv2
import base64
import json
import time
import threading
import requests
from datetime import datetime
from time import sleep
from RPLCD.i2c import CharLCD
import RPi.GPIO as GPIO

# ===== Konfigurasi ===== #
URL_CAM = "rtsp://<username>:<password>@<IP Camera>:554/stream1"
ROOM_ID = "<room_id>"
API_FACE = "http://<IP API Server>/recognize-faces"
API_PEOPLE = "http://<IP API Server>/detect-people"

# ===== LCD & GPIO Setup ===== #
lcd = CharLCD('PCF8574', 0x27, cols=20, rows=4)

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(17, GPIO.OUT)
GPIO.setup(23, GPIO.OUT) # Buzzer
pwm = GPIO.PWM(23, 440)

NOTES = { "G3": 196, "C4": 261, "G4": 392 }
MELODY = [( "G3", 0.15), ( "C4", 0.15), ( "G4", 0.2)]

# ===== Variabel Global ===== #
nama_dosen = ""
jumlah_orang = 0

# ===== Fungsi Alert ===== #
def trigger_alert():
    try:
        pwm.start(20)
        for note, duration in MELODY:
            pwm.ChangeFrequency(NOTES[note])
            time.sleep(duration)
            pwm.ChangeFrequency(1)
            time.sleep(0.25)
        pwm.stop()

        GPIO.output(17, GPIO.HIGH)
        time.sleep(2)
        GPIO.output(17, GPIO.LOW)
    except Exception as e:
        print("Alert error:", e)

# ===== Fungsi LCD ===== #
def tampil_lcd():
    global nama_dosen, jumlah_orang
    lcd.clear()
    lcd.cursor_pos = (1, 1)
    lcd.write_string(" SMART CLASSROOM ")
    lcd.cursor_pos = (2, 1)
    lcd.write_string(" DENGAN CCTV ")
    sleep(5)
```




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
while True:
    lcd.clear()
    lcd.cursor_pos = (1, 1)
    lcd.write_string("    Ruang Kelas    ")
    lcd.cursor_pos = (2, 1)
    lcd.write_string("    GSG.207      ")
    sleep(5)

    lcd.clear()
    lcd.cursor_pos = (1, 1)
    lcd.write_string("    Dosen:       ")
    lcd.cursor_pos = (2, 1)
    lcd.write_string(f" {nama_dosen[:16]:<16} ")
    sleep(5)

    lcd.clear()
    lcd.cursor_pos = (1, 1)
    lcd.write_string("    Jumlah:      ")
    lcd.cursor_pos = (2, 1)
    lcd.write_string(f" {jumlah_orang} orang ")
    sleep(5)

# ===== Fungsi Kamera & API ===== #
def kirim_gambar():
    global nama_dosen, jumlah_orang
    cap = cv2.VideoCapture(URL_CAM)
    if not cap.isOpened():
        print("Camera tidak bisa diakses!")
        return

    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            print("Gagal membaca frame!")
            sleep(1)
            continue

        _, buffer = cv2.imencode('.jpg', frame)
        encoded_image = base64.b64encode(buffer).decode("utf-8")
        timestamp = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")

        if not os.path.exists("input"):
            os.makedirs("input")
        cv2.imwrite(f"input/input_{timestamp}.jpg", frame)

        payload = {
            "image": encoded_image,
            "ruangan": ROOM_ID
        }

        try:
            # Deteksi orang
            resp_people = requests.post(API_PEOPLE, json=payload, timeout=5)
            if resp_people.status_code == 200:
                jumlah_orang = resp_people.json().get("head_count", 0)
            else:
                print("Gagal deteksi jumlah orang")

            # Deteksi wajah dosen
            resp_faces = requests.post(API_FACE, json=payload, timeout=5)
            if resp_faces.status_code == 200:
                detected_dosen = resp_faces.json().get("dosen", "")
                if detected_dosen and detected_dosen != nama_dosen:
                    nama_dosen = detected_dosen
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
else:
    print("Gagal deteksi wajah")

    print(f"[{timestamp}] Dosen: {nama_dosen}, Jumlah: {jumlah_orang}")

except Exception as e:
    print("Gagal kirim/terima API:", e)

sleep(5)

# ===== MAIN ===== #
if __name__ == "__main__":
    try:
        thread_lcd = threading.Thread(target=tampil_lcd)
        thread_cam = threading.Thread(target=kirim_gambar)

        thread_lcd.start()
        thread_cam.start()

        thread_lcd.join()
        thread_cam.join()

    except KeyboardInterrupt:
        print("Dihentikan oleh pengguna")
    finally:
        GPIO.cleanup()
```

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
from flask import Flask, request, jsonify
from ultralytics import YOLO
from keras.models import load_model
from datetime import datetime
from recognize_faces import recognize_face_from_image
from flask_cors import CORS
from werkzeug.utils import secure_filename
from io import BytesIO
import paho.mqtt.client as mqtt
import os
import cv2
import numpy as np
import pickle
import zipfile
import threading
import json

app = Flask(__name__)
CORS(app)

timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
print(f"{timestamp} Loading model YOLO dan FaceNet...")

model = YOLO("yolov8n-head.pt")
facenet = load_model("facenet_keras.h5")
face_cascade = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + "haarcascade_frontalface_default.xml")

with open('face_embeddings.pkl', 'rb') as f:
    known_embeddings = pickle.load(f)

broker = "173.249.8.102"
port = 1883
topic = "classroom/data"
client = mqtt.Client()

@app.route('/detect', methods=['POST'])
def upload_image():
    file = request.files.get('file')
    device_id_client = request.form.get('device_id_client')
    print(device_id_client)

    if file is None:
        return jsonify({'error': 'No file part in the request'}), 400

    file_bytes = np.frombuffer(file.read(), np.uint8)
    img = cv2.imdecode(file_bytes, cv2.IMREAD_COLOR)
    cv2.imwrite('frame.jpg', img)

    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    print(f"{timestamp} Gambar diterima dari {device_id_client} pada {timestamp}")

    results = model(img, verbose=False)[0]
    num_people = len(results[0].boxes)

    for box in results[0].boxes:
        x1, y1, x2, y2 = map(int, box.xyxy[0])
        cv2.rectangle(img, (x1, y1), (x2, y2), color=(0, 0, 255), thickness=2)

    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")

    annotated_frame = results[0].plot()
    cv2.imwrite(f"frame_{timestamp}.jpg", annotated_frame)

    print(f"{timestamp} > Jumlah orang: {num_people}")
    dosen = recognize_face_from_image(facenet, face_cascade, known_embeddings, img)
    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    print(f"{timestamp} > Dosen terdeteksi: {dosen}\n")

    data = {
        "device_id": device_id_client,
        "jumlah_mahasiswa": num_people,
        "nama_dosen": dosen
    }

    data_string = json.dumps(data)
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
client.connect(broker, port, 60)
client.publish(topic, data_string)
client.disconnect()

return jsonify(data)

def extract_face(image):
    gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
    if len(faces) == 0:
        return None, None
    largest_face = max(faces, key=lambda rect: rect[2] * rect[3])
    (x, y, w, h) = largest_face
    face = image[y:y+h, x:x+w]
    return cv2.resize(face, (160, 160)), (x, y, w, h)

def preprocess(face):
    face = face.astype('float32')
    mean, std = face.mean(), face.std()
    return (face - mean) / std

def get_embedding(facenet, face_pixels):
    face_pixels = preprocess(face_pixels)
    samples = np.expand_dims(face_pixels, axis=0)
    yhat = facenet.predict(samples)
    return yhat[0]

# Buat folder output jika belum ada
output_folder = 'wajah_terdeteksi/'
os.makedirs(output_folder, exist_ok=True)

dataset_dir = 'foto_training'
embedding_dict = {}

def process_training(zip_path):
    with zipfile.ZipFile(zip_path, 'r') as zip_ref:
        zip_ref.extractall(dataset_dir)

    os.remove(zip_path)

    for person_name in os.listdir(dataset_dir):
        person_dir = os.path.join(dataset_dir, person_name)
        embeddings = []

        for filename in sorted(os.listdir(person_dir)):
            path = os.path.join(person_dir, filename)
            img = cv2.imread(path)
            face, face_coords = extract_face(img)
            if face is not None:
                embedding = get_embedding(facenet, face)
                embeddings.append(embedding)

            (x, y, w, h) = face_coords
            cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)

            output_path = os.path.join(output_folder, f"{person_name}_{filename}")
            cv2.imwrite(output_path, img)

            print(f"[INFO] Processed and saved {filename} for {person_name}")
        else:
            print(f"[WARN] No face found in {filename}")

        if embeddings:
            embedding_dict[person_name] = embeddings

    with open('face_embeddings.pkl', 'wb') as f:
        pickle.dump(embedding_dict, f)

    print("[INFO] Training complete. Embeddings saved to face_embeddings.pkl")
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
@app.route('/upload-foto-training', methods=['POST'])
def upload_image_training():
    file = request.files.get('file')

    if file is None:
        return jsonify({'error': 'No file part in the request'}), 400

    if not zipfile.is_zipfile(file):
        return jsonify({'error': 'File is not a valid zip file'}), 400

    file.seek(0)
    filename = secure_filename(file.filename)

    # Save zip file temporarily
    zip_bytes = file.read()
    zip_path = os.path.join(dataset_dir, filename)
    with open(zip_path, 'wb') as f:
        f.write(zip_bytes)

    # Run training in background
    thread = threading.Thread(target=process_training, args=(zip_path,))
    thread.start()

    return jsonify({'message': 'Training started in background.'}), 202

if __name__ == '__main__':
    app.run(host='0.0.0.0', port=5000)
```

