

**IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN PINTU GEDUNG DENGAN
PENDEKATAN *FACE RECOGNITION* MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)
BERBASIS IOT**

SKRIPSI

REGINA PUTRI PATRECELLA

201401011



**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

**IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN PINTU GEDUNG DENGAN
PENDEKATAN *FACE RECOGNITION* MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)
BERBASIS IOT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat memperoleh ijazah
Sarjana Ilmu Komputer**

REGINA PUTRI PATRECELLA

201401011



PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

MEDAN

2024

PERSETUJUAN

Judul : IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN PINTU
GEDUNG DENGAN PENDEKATAN *FACE*
RECOGNITION MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK (CNN)
BERBASIS IOT

Kategori : SKRIPSI

Nama : REGINA PUTRI PATRECELLA

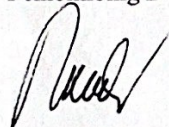
Nomor Induk Mahasiswa : 201401011

Program Studi : SARJANA (S-1) ILMU KOMPUTER

Fakultas : ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI
INFORMASI UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

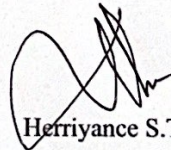
Komisi Pembimbing :

Pembimbing 2



Prof. Dr. Poltak Sihombing M.Kom.
NIP. 196203171991031001

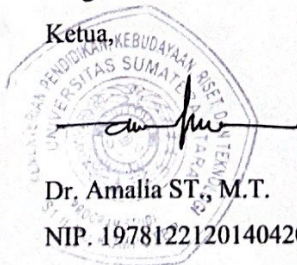
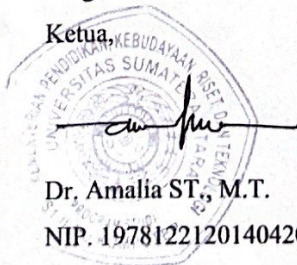
Pembimbing 1



Herriyance S.T., M.Kom
NIP. 198010242010121002

Diketahui/Disetujui Oleh
Program Studi S-1 Ilmu Komputer

Ketua,



Dr. Amalia ST., M.T.
NIP. 197812212014042001

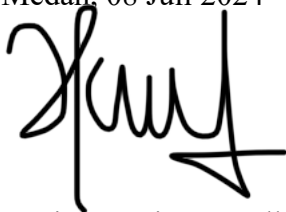
PERNYATAAN

**IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN PINTU GEDUNG DENGAN
PENDEKATAN *FACE RECOGNITION* MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)
BERBASIS IOT**

SKRIPSI

Saya mengakui bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing telah disebutkan sumbernya.

Medan, 08 Juli 2024



Regina Putri Patrecella

201401011

PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim, Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji hanya milik Allah, Tuhan semesta alam, atas segala nikmat dan petunjuk-Nya yang telah memungkinkan saya untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di jurusan Ilmu Komputer, Universitas Sumatera Utara.

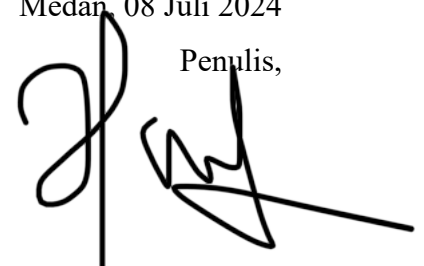
Penulis ingin mengungkapkan penghargaan dan terima kasih yang besar kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Muryanto Amin, S.Sos, M.Si. selaku Rektor Universitas Sumatera Utara.
2. Ibu Dr. Maya Silvi Lydia, B.Sc., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Amalia, ST. MT., selaku Kepala Program Studi S-1 Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.
4. Ibu Sri Melvani Hardi S.Kom., M.Kom., sebagai Sekretaris Program Studi S1 Ilmu Komputer Universitas Sumatera Utara.
5. Ibu Desilia Selvida S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan arahan, nasihat, dan dukungan kepada penulis sebagai mahasiswa dalam menempuh berbagai tahapan akademik.
6. Bapak Herriyance S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, serta dukungan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Prof. Drs. Poltak Sihombing M.Kom., Ph.D, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan serta masukan kepada penulis.
8. Pak Seniman S.Kom., M.Kom. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.

9. Ibu Hayatunnufus S.Kom, M.Cs., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
10. Seluruh Dosen Program Studi S-1 Ilmu Komputer yang telah meluangkan waktu dan energi untuk mengajar dan membimbing, sehingga penulis dapat mencapai tahap penyusunan skripsi ini.
11. Kepada kedua orang tua terkasih, Bapak Parjono Budi Sulistianto dan Ibu Rahma Donni Siahaan, yang telah berjuang keras untuk kelancaran kuliah penulis, dan juga skripsi yang telah penulis selesaikan ini, serta cinta dan kasih sayang mereka yang senantiasa tak kunjung habis.
12. Fajriatmoko Nugroho, teman seperjuangan terbaik yang selalu setia menemani, selalu mendukung kegiatan penulis, serta ada dalam keadaan apapun sampai terpuruk sekalipun dan selalu menerima penulis apa adanya dengan sifat yang sangat keras ini.
13. Tante desi yang telah memberikan semangat dan dukungan serta motivasi untuk penulis.
14. Adik tersayang Nadin Leysia Fatiha yang selalu mendukung dan menghibur penulis, serta kakak Gina Sania.
15. Sahabat penulis, Uga, Chea, Andrew, Jubed, kevin, Amru, yang selalu memberikan penulis info – info tentang penelitian tersebut.
16. Teman-teman S-1 Ilmu Komputer Stambuk 2020 terutama KOM A.
17. Dan orang-orang yang tidak dapat disebutkan satu-persatu namanya.

Medan, 08 Juli 2024

Penulis,



Regina Putri Patrecella

ABSTRAK

Pada era digital ini, sistem keamanan berbasis teknologi semakin dibutuhkan untuk meningkatkan perlindungan pada gedung dan fasilitas penting. Salah satu teknologi yang sedang berkembang adalah *face recognition* atau pengenalan wajah. *Face recognition* adalah teknologi yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang melalui analisis fitur wajahnya. Penelitian ini bertujuan untuk dapat meningkatkan keamanan gedung dengan memastikan hanya orang yang terdaftar yang dapat mengakses pintu, mengurangi risiko pelanggaran keamanan dari kunci fisik atau kartu akses. Penelitian ini melibatkan tahapan studi Pustaka untuk memahami konsep *face recognition*, *internet of things*, *convolutional neural network*, pengumpulan dataset, pelabelan, training, *test* dan evaluasi. Dari hasil data yang diuji, terdapat nilai hasil pengujian yaitu, nilai *accuracy*, nilai *precision*, nilai *recall*, dan nilai *F1-Score*. Diantaranya untuk nilai *accuracy* 66.6%, nilai *precision* 50%, nilai *recall* 75%, dan nilai *F1-Score* 60%. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi *face recognition* dengan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) memberikan hasil rekognisi wajah yang maksimal dalam kondisi pencahayaan yang baik. Namun performa sistem cenderung menurun ketika pencahayaan kurang optimal.

Kata kunci: Sistem Keamanan, *Internet of Things*, Pengenalan Wajah, *Convolutional Neural Network*.

ABSTRACT

**IMPLEMENTATION OF A BUILDING DOOR SECURITY SYSTEM USING A
FACE RECOGNITION APPROACH USING CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK (CNN) BASED IOT**

In this digital era, technology-based security systems are increasingly needed to increase protection of important buildings and facilities. One technology that is currently developing is facial recognition. Face recognition is a technology used to identify or verify a person's identity through analysis of their facial features. This research aims to improve building security by ensuring only registered people can access the door, reducing the risk of security breaches from physical keys or access cards. This research involves stages of literature study to understand the concepts of face recognition, internet of things and convolutional neural networks, dataset collection, labeling, training, test and evaluation. From the results of the tested data, there are test result values, namely, accuracy value, precision value, recall value, and F1-Score value. These include an accuracy value of 72.7%, a precision value of 50%, a recall value of 75%, and an F1-Score value of 60%. This research shows that facial recognition technology with the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm provides maximum facial recognition results in good lighting conditions. However, system performance tends to decrease when lighting is less than optimal.

Keywords: Security System, Internet of Things, Face Recognition, Convolutional Neural Network.

DAFTAR ISI

Halaman

PERSETUJUAN	iii
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	4
1. 3 Batasan Masalah	4
1. 4 Tujuan Penelitian	5
1. 5 Manfaat penelitian	5
1. 6 Metodologi Penelitian	5
1. 7 Penelitian Relevan	6
1. 8 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 LANDASAN TEORI	9
2. 1 Mikrokontroler	9
2. 2 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	9
2. 3 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	10
2. 4 <i>Face Recognition</i>	10

2. 5	ESP 32 – CAM	11
2. 6	FT232RL	12
2. 7	NodeMCU8266.....	13
2. 8	Relay	13
2. 9	Solenoid <i>Doorlock</i>	14
2. 10	Kabel Jumper	15
2. 11	<i>Breadboard</i>	16
2. 12	Adaptor 12v	17
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN		18
3. 1	Analisis Sistem	18
3. 1. 1	Analisis Masalah	18
3. 1. 2	Analisis proses	18
3. 2	Arsitektur Sistem	19
3. 3	Pemodelan sistem	20
3. 3. 1	<i>Use Case</i> Diagram.....	20
3. 3. 2	<i>Activity</i> Diagram.....	20
3. 4	<i>Flowchart</i>.....	21
3. 4. 1	<i>Flowchart</i> Sistem	22
3. 5	Perancangan <i>Convolutional Neural Network</i>	23
3. 6	Arsitektur Alat	26
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN		31
4. 1	Implementasi Sistem	31
4. 2	Pengumpulan Dataset	31
4. 3	Pelabelan Dataset	31

4. 4	Rancangan Arsitektur CNN	33
4. 5	Implementasi CNN	37
4. 6	Pengujian Hasil.....	37
4. 7	Pengujian Sistem	39
4. 7. 1	Metodologi Pengujian	39
4. 7. 2	Hasil Pengujian	40
4. 7. 3	Tampilan Hasil Sistem Deteksi Wajah	42
4. 7. 4	Hasil Data pengujian	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		47
5. 1	Kesimpulan	47
5. 2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32 CAM (Ine Agustine Cahvaningtyas dkk, 2023)	11
Gambar 2. 2 FT232RL (Ahmad Hanafie, Kamal. Rahmat Ramadhan, 2022)	12
Gambar 2. 3 NodeMCU8266 (Arifaldy Satriadi dkk, 2019)	13
Gambar 2. 4 Relay (Ilham Gantar. Safe'I Dina Fara Wadah, 2021)	13
Gambar 2. 5 Selenoid <i>Doorlock</i> (Enzo Frances Colli, dkk)	14
Gambar 2. 6 Kabel Jumper (Deny Nusyirwan, Alfarizi, 2019)	15
Gambar 2. 7 <i>Breadboard</i> (Alfiru Nur Alfani Viki Ramadhan, 2022)	16
Gambar 2. 8 Adaptor 12V (Alex Sander, Rusidi, M, Kom, Defi Pujiyanto, M. Kom, 2022)	17
Gambar 3. 1 Arsitektur Sistem	19
Gambar 3. 2 <i>Use Case Diagram</i>	20
Gambar 3. 3 <i>Activity Diagram</i>	21
Gambar 3. 4 <i>Flowchart System</i>	22
Gambar 3. 5 Arsitektur CNN	24
Gambar 3. 6 Arsitektur Alat	26
Gambar 3. 7 Rangkaian Alat	27
Gambar 4. 1 Dataset	32
Gambar 4. 2 Struktur Dataset	32
Gambar 4. 3 Rancangan Arsitektur CNN	33
Gambar 4. 4 <i>Input Layer</i>	34
Gambar 4. 5 Operasi Konvolusi	34
Gambar 4. 6 <i>Pooling Layer</i>	35
Gambar 4. 7 <i>Fully Connected Layer</i>	35
Gambar 4. 8 <i>Confusion Matrix</i>	38
Gambar 4. 9 Tampilan Hasil Wajah Dikenali	42
Gambar 4. 10 Tampilan Hasil Wajah Tidak Dikenal	43
Gambar 4. 11 Hasil Wajah <i>False</i> Positif	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Koneksi Antara ESP32-CAM dan Modul FTDI	27
Tabel 3. 2 Koneksi antara ESP8266 dan Relay	28
Tabel 3. 3 Koneksi antara Relay dan Selenoid <i>Doorlock</i>	28
Tabel 3. 4 Koneksi antara Adaptor dan Relay/Selenoid <i>Doorlock</i>	29
Tabel 4. 1 Pengujian Sistem	37
Tabel 4. 2 Hasil <i>Train</i>	39
Tabel 4. 3 Wajah Dikenali	40
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Tidak Dikenali.....	41
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian <i>False</i> Positif.....	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem keamanan adalah untuk mengamankan suatu benda yang dimana benda itu berisi sesuatu yang penting untuk di amankan seperti rumah, ruangan, gedung maupun yang lainnya. Oleh karna itu sistem kemanan di perlukan untuk mencegah seseorang melakukan tindak kejahatan baik pencurian ataupun tindak kriminal. Khususnya pada daerah yang kurang cepat penanganan saat terjadi tindak kejahatan karna akan merugikan ketika barang berharga yang hilang.(Sungkar et al., 2020)

Teknologi *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu inovasi yang berkembang pesat di era Revolusi Industri 4.0. Dengan IoT, perangkat konvensional dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh melalui jaringan internet, memberikan kemudahan signifikan bagi pengguna dalam berbagai aspek kehidupan. Efektivitas operasional dan kenyamanan pengguna menjadi indikator utama dalam menilai kemajuan suatu sistem, termasuk dalam konteks pengelolaan keamanan bangunan perkuliahan. Pengelolaan keamanan gedung perkuliahan, khususnya terkait dengan sistem penguncian pintu, menjadi aspek krusial yang memerlukan solusi teknologi yang tepat guna. Sistem keamanan berbasis IoT memungkinkan integrasi antara berbagai perangkat keamanan yang dapat diakses dan dikontrol dengan mudah, sehingga meningkatkan efisiensi serta responsivitas dalam menjaga keamanan lingkungan akademik. Implementasi teknologi ini tidak hanya menawarkan kemudahan dalam pengelolaan, tetapi juga memberikan lapisan keamanan tambahan melalui pemantauan *real-time* dan otomatisasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik suatu institusi pendidikan.(Murti et al., 2022)

CNN (*Convolutional Neural Network*) adalah suatu teknik yang digunakan untuk memproses data citra. Teknik ini terdiri dari serangkaian lapisan khusus yang disebut lapisan konvolusi, yang bertugas untuk menganalisis pola-pola dalam citra

masukan. Dengan demikian, informasi yang relevan dari berbagai bagian citra dapat diekstraksi dengan lebih efisien. Lapisan konvolusi memungkinkan jaringan untuk belajar fitur-fitur penting dalam citra, sehingga memudahkan dalam pengklasifikasian data.(Isyatan Mardiyah., 2020)

Pengenalan wajah adalah teknologi yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang dengan menganalisis dan membandingkan pola wajahnya. Teknologi ini menggunakan algoritma komputer yang memproses gambar atau video untuk mendeteksi dan mengenali wajah manusia. Pengenalan wajah sering digunakan dalam berbagai aplikasi keamanan, seperti sistem keamanan pintu, kontrol akses, pengawasan, serta autentikasi pengguna pada perangkat digital.

Masalah keamanan mendapatkan perhatian serius mengingat tingkat kriminalitas yang terus meningkat setiap tahun. Upaya untuk meningkatkan keamanan gedung diwujudkan melalui penggunaan petugas keamanan yang menjaga pintu masuk. Namun, di lokasi gedung yang ramai, tugas petugas keamanan menjadi cukup berat. Oleh karena itu, diperlukan bantuan dalam bentuk perancangan sistem keamanan gedung berbasis mikrokontroler.(Togar., 2020)

Dalam hal pengembangan, implementasi sistem keamanan pintu gedung dengan pendekatan pengenalan wajah menggunakan CNN berbasis IoT memiliki potensi pengembangan yang menarik. Potensi tersebut meliputi peningkatan kinerja melalui pengembangan algoritma pengenalan wajah, integrasi dengan teknologi lain seperti sensor pintar, perhatian terhadap keselamatan data, fleksibilitas dan skalabilitas sistem, serta pengalaman pengguna yang baik melalui antarmuka yang intuitif. Dengan pengembangan yang tepat, sistem ini memiliki potensi untuk menjadi solusi keamanan yang efektif, efisien, dan terintegrasi dengan baik dengan teknologi lainnya.

Menggunakan teknologi pengenalan wajah dan jaringan saraf tiruan, sistem keamanan pintu gedung dapat ditingkatkan. Hal ini berguna untuk mencegah kejahatan seperti pencurian dan memudahkan akses bagi penghuni atau pengguna gedung. Dengan teknologi ini, manajemen akses menjadi lebih mudah disesuaikan dengan

infrastruktur teknologi yang sudah ada, sehingga pengelolaan keamanan gedung menjadi lebih efisien.

Sistem ini akan memungkinkan pengguna untuk membuka pintu hanya dengan menggunakan wajah mereka, tanpa perlu membawa kunci atau kartu akses. Selain itu, sistem ini juga akan terintegrasi dengan berbagai perangkat pintar lainnya di dalam gedung, sehingga memudahkan manajemen akses dan meningkatkan keamanan secara keseluruhan. Dengan melakukan pengembangan yang tepat, implementasi sistem ini memiliki potensi untuk menjadi solusi keamanan yang efektif, efisien, dan terintegrasi dengan infrastruktur teknologi yang sudah ada.

Sistem keamanan merupakan aspek penting dalam menjaga keselamatan dan perlindungan gedung, terutama di tengah meningkatnya tingkat kriminalitas. Penggunaan teknologi dalam meningkatkan keamanan gedung menjadi semakin penting, mengingat perkembangan teknologi yang terus bergerak maju. Salah satu inovasi yang menjanjikan dalam bidang ini adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan perangkat dari jarak jauh melalui koneksi internet. Dengan IoT, perangkat konvensional dapat diintegrasikan ke dalam sistem yang cerdas dan otomatis, memberikan kemudahan dan efisiensi dalam pengelolaan berbagai fungsi operasional. Selain itu, teknologi pengenalan wajah yang menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) juga telah muncul sebagai solusi yang efektif dalam pengidentifikasian individu. CNN memiliki kemampuan untuk menganalisis dan mengenali pola dalam data gambar dengan tingkat akurasi yang tinggi, membuatnya ideal untuk aplikasi keamanan. Kombinasi antara IoT dan pengenalan wajah berbasis CNN menciptakan sistem yang tidak hanya cerdas dan otomatis tetapi juga aman dan andal dalam mengelola keamanan serta berbagai aspek operasional lainnya.

Oleh karena itu, penerapan sistem keamanan pintu gedung dengan pendekatan pengenalan wajah menggunakan CNN yang berbasis IoT adalah langkah yang tepat untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pengelolaan keamanan gedung. Dengan teknologi ini, pengguna dapat membuka pintu hanya dengan menggunakan wajah mereka, tanpa perlu membawa kunci atau kartu akses. Selain itu, integrasi

dengan sistem IoT memungkinkan pengelolaan akses pintu secara lebih fleksibel dan responsif.

Meskipun teknologi ini menawarkan banyak manfaat, terdapat beberapa tantangan yang masih perlu diatasi, seperti keamanan data, integrasi dengan infrastruktur yang sudah ada, dan kepatuhan terhadap regulasi privasi dan keamanan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut serta mengembangkan sistem keamanan pintu gedung yang efektif, efisien, dan terintegrasi dengan baik dengan teknologi yang telah ada.

1.2 Rumusan Masalah

Meningkatnya kebutuhan akan sistem keamanan yang andal dan efisien untuk menjaga integritas dan keamanan gedung telah mendorong pengembangan berbagai teknologi, termasuk *Internet of Things* (IoT) dan pengenalan wajah berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN). Namun, tantangan signifikan masih ada dalam memastikan bahwa teknologi ini dapat berfungsi secara terus-menerus, responsif, dan tidak mengganggu aktivitas sehari-hari pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem keamanan pintu gedung berbasis IoT dengan pengenalan wajah menggunakan CNN yang dapat beroperasi untuk meningkatkan keamanan secara signifikan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini mencakup :

1. Dataset yang digunakan untuk melatih model CNN terbatas pada jumlah dan variasi data wajah yang tersedia.
2. Sistem hanya diterapkan pada pintu gedung lantai 2 Fasilkom – TI USU ruangan Lab Penelitian Sistem Komputer, Jaringan dan Keamanan, tidak mencakup semua jenis pintu atau bangunan.
3. Sistem dirancang untuk mendeteksi dan mengenali wajah dalam kondisi pencahayaan yang baik. Performanya mungkin menurun dalam kondisi pencahayaan yang buruk.

4. Pintu akan dikunci setelah waktu yang ditentukan yaitu 2 menit.
5. Penerapan sistem selenoid menggunakan pintu yang dapat terbuka dari dalam, ketika *handle* dibuka tanpa *face id*.
6. Untuk pendeteksian wajah menggunakan ESP32CAM hanya menggunakan *frontalface* untuk deteksi pengenalan wajah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan sistem keamanan pintu gedung yang menggunakan teknologi pengenalan wajah berbasis CNN dan IOT. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan gedung dengan cara mengidentifikasi pengguna melalui wajah mereka, sehingga memungkinkan akses pintu secara otomatis tanpa memerlukan kunci fisik atau kartu akses.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi peningkatan keamanan gedung dengan mengurangi risiko akses yang tidak sah, kemudahan akses pintu tanpa perlu membawa kunci atau kartu akses, efisiensi pengelolaan akses dengan infrastruktur IoT yang sudah ada, kontribusi pada pengembangan teknologi pengenalan wajah dan IoT, penghematan biaya jangka panjang karena tidak memerlukan perawatan atau penggantian kunci fisik secara berkala, serta kenyamanan pengguna dalam membuka pintu hanya dengan menggunakan wajah mereka.

1.6 Metodologi Penelitian

Beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup :

1. Studi Pustaka

Pada tahap awal penelitian ini, pencarian referensi dilakukan melalui studi dokumen, karya ilmiah, makalah, jurnal, serta bahan tertulis lainnya yang mendukung dan relevan dengan topik penelitian ini. Langkah ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi dan pemahaman yang mendalam mengenai konsep, teknologi, dan metodologi yang akan digunakan.

2. Perancangan Sistem

Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk merancang sistem otomatisasi keamanan pintu untuk gedung perkantoran dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang menggunakan teknologi pengenalan wajah untuk mengidentifikasi pengguna dan mengatur akses pintu secara otomatis.

3. Implementasi Sistem

Penelitian ini akan mengimplementasikan Sistem identifikasi wajah menggunakan CNN untuk keamanan pintu gedung. Sistem ini akan diintegrasikan dengan infrastruktur IoT untuk memberikan akses yang aman dan efisien.

4. Pengujian Sistem

Penelitian ini akan menguji kinerja sistem keamanan pintu gedung yang memanfaatkan teknologi pengenalan wajah dan *Internet of Things* (IoT). Pengujian akan melibatkan evaluasi kecepatan, akurasi, dan efisiensi penggunaan sumber daya sistem.

5. Dokumentasi Sistem

Pada tahap ini, peneliti melakukan dokumentasi pada setiap tahap yang terjadi dalam penelitian dan membuat kesimpulan akhir dalam bentuk skripsi.

1.7 Penelitian Relevan

Penelitian ini dilakukan dengan melihat beberapa penelitian yang relevan terdahulu, antara lain :

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sebuah sistem deteksi wajah menggunakan metode CNN berhasil dikembangkan untuk mengontrol kunci pintu secara otomatis dengan memanfaatkan perpustakaan CNN untuk pengenalan wajah. Evaluasi hasil menunjukkan tingkat akurasi sebesar 76,6% dengan jarak maksimal 30 cm, baik saat dalam kondisi cahaya terang maupun gelap. Oleh karena itu, rekomendasi untuk penelitian berikutnya adalah

memusatkan perhatian pada pengembangan sistem deteksi wajah menggunakan perangkat dengan spesifikasi yang lebih tinggi untuk meningkatkan akurasi dan mengatasi keterbatasan dalam kondisi pencahayaan. (Kiki Wahyuddin, 2023)

2. Berdasarkan studi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa teknologi Pengenalan Wajah untuk mengakses karyawan di bank dapat diimplementasikan dengan menggunakan Jaringan Saraf Konvolusi (*Convolutional Neural Network/CNN*). Proses pembuatan aplikasi ini melibatkan serangkaian langkah, mulai dari pengambilan gambar, pra-pemrosesan, ekstraksi fitur, klasifikasi, hingga identifikasi data gambar menggunakan bahasa pemrograman Python. Penelitian ini menggunakan kumpulan data wajah dari lima karyawan bank, dengan setiap individu memiliki 70 data wajah yang dibagi menjadi data latih, data validasi, dan data uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengidentifikasi wajah dengan tingkat akurasi sebesar 95%. Program ini telah berhasil diimplementasikan di sebuah bank untuk mengontrol akses ke ruang perkantoran karyawan. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memanfaatkan program Pengenalan Wajah ini sebagai landasan untuk mengembangkan sistem keamanan yang lebih besar dan berjangkauan luas dalam perkembangan teknologi. (Arsal et al., 2020)
3. Berdasarkan analisis dan pengujian yang terdapat dalam skripsi "Perancangan Sistem Keamanan Pintu dengan Deteksi Wajah," dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi wajah yang dirancang dan diuji menunjukkan kinerja yang baik dan akurat, dengan tingkat akurasi mencapai 90% saat diuji pada 5 objek, di mana 2 objek sudah terdaftar dalam sistem. Penggunaan kontroler ESP 32 - CAM direkomendasikan sebagai solusi yang efektif untuk sistem keamanan rumah. Integrasi sistem informasi *Internet of Things* dengan aplikasi Telegram juga berjalan dengan baik, walaupun terdapat sedikit keterlambatan dalam pengiriman gambar karena kecepatan internet yang tinggi diperlukan. Secara keseluruhan, sistem informasi ini sangat efektif dalam memberikan notifikasi awal jika ada orang yang tidak dikenal mencoba masuk ke dalam rumah, sehingga menjadi pilihan yang baik untuk sistem keamanan pintu. (Muwardi & Adisaputro, 2021)

1. 8 Sistematika Penulisan

Penelitian ini menggunakan metode penulisan, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bagian ini menjelaskan tentang konteks studi, perumusan, tujuan, manfaat, metode, literatur terkait, dan struktur penulisan dalam skripsi.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Pada bab ini menguraikan hal yang berhubungan dengan penelitian, seperti Mikrokontroler, IOT, CNN, *Face Recognition*, ESP 32 – CAM, FT232RL, NodeMCU 8266, Relay, Selenoid *Doorlock*, Kabel Jumper, *Breadboard*, Adaptor.

BAB 3 ANALISIS PERANCANGAN

Pada bab ini memaparkan hal yang dianalisis lalu membuat perancangan dari rancangan sistem yang akan dibangun. Lalu membuat rancangan diagram alir terkait sistem tersebut.

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bagian ini menjelaskan tahapan penerapan yang sudah dibangun dari sistem dan dilakukan uji pada sistem untuk mendapatkan hasil dari analisis kinerja sistem tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Menyajikan sintesis dari beberapa bab sebelumnya dan memberikan rekomendasi guna menjadi masukan bagi peneliti untuk penelitian yang akan datang.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah perangkat kecil yang menggabungkan berbagai komponen penting ke dalam satu *chip* IC (*Integrated Circuit*), sehingga sering disebut sebagai komputer mikro tunggal. Fungsinya adalah mengontrol berbagai komponen elektronik dan biasanya dapat menyimpan program. Secara umum, mikrokontroler terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU), memori, *Input/Output* (I/O) khusus, dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang terintegrasi di dalamnya. Semua komponen ini disusun dalam satu *chip*, memungkinkan prosesor, memori, dan I/O bekerja bersama sebagai bagian dari sistem kontrol. Dengan demikian, mikrokontroler bisa dianggap sebagai versi kecil dari komputer yang dapat beroperasi secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan sistem. (Nugroho & Djaksana, 2022)

2.2 Internet Of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi canggih yang menghubungkan berbagai perangkat dan sistem di seluruh dunia melalui internet. Teknologi ini memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi, mengendalikan, dan bertukar data tanpa perlu menggunakan kabel, melalui penggunaan sensor dan perangkat lunak. IoT mendukung konektivitas nirkabel dan erat kaitannya dengan konsep *machine-to-machine* (M2M), di mana perangkat dapat berinteraksi langsung satu sama lain untuk melakukan tugas-tugas tertentu secara otomatis. (Selay et al., 2022)

Dalam konteks skripsi ini, IoT dapat digunakan untuk menghubungkan sistem keamanan pintu gedung yang menggunakan pendekatan *face recognition* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) ke internet. Dengan menggunakan IoT, informasi mengenai pengenalan wajah dapat dikirimkan secara langsung ke server atau

sistem pusat, yang kemudian dapat memberikan respons untuk mengontrol pintu gedung.

2.3 *Convolutional Neural Network (CNN)*

CNN adalah salah satu jenis jaringan saraf tiruan yang sering digunakan khususnya untuk analisis data gambar, dengan tujuan mendeteksi serta mengenali objek dalam gambar. CNN didesain untuk memproses data dalam bentuk *array*, seperti gambar berwarna yang terdiri dari tiga *array* 2D yang merepresentasikan intensitas piksel di tiga saluran warna. Jaringan CNN mengambil manfaat dari sifat alamiah sinyal, termasuk koneksi lokal, pembagian bobot, pengelompokan, dan penggunaan banyak lapisan. (Ramadhani et al., 2023).

Convolutional Neural Network (CNN) berperan sebagai algoritma utama untuk melakukan *face recognition* atau pengenalan wajah. CNN akan diimplementasikan untuk menganalisis dan memproses citra wajah yang diperoleh dari kamera pada pintu gedung. CNN bekerja dengan mempelajari fitur-fitur penting dari citra wajah, seperti pola-pola visual yang unik, seperti bentuk mata, hidung, dan mulut. Dengan memanfaatkan kecerdasan buatan CNN, sistem dapat membandingkan citra wajah yang ditangkap dengan data wajah yang tersimpan dalam *database*, dan mengidentifikasi individu dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, integrasi CNN dengan IoT memungkinkan sistem untuk terhubung dengan internet, memfasilitasi proses pengiriman data dan kontrol pintu gedung secara otomatis berdasarkan hasil pengenalan wajah. Dengan demikian, CNN merupakan komponen kunci dalam implementasi sistem keamanan pintu gedung berbasis *face recognition* yang terhubung dengan IoT.

2.4 *Face Recognition*

Face recognition adalah sebuah metode yang diterapkan pada teknologi seperti *smart- phone*, komputer, dan lain sebagainya sehingga teknologi tersebut dapat mengenali wajah. Dengan adanya perkembangan teknologi banyak hal yang dapat

direalisasikan untuk menjaga keamanan yang ada dalam suatu perusahaan.(Lesmana et al, 2019.)

face recognition atau pengenalan wajah memiliki peran sentral dalam implementasi sistem keamanan pintu gedung. Dengan menggunakan pendekatan *face recognition*, sistem dapat mengidentifikasi individu berdasarkan ciri-ciri unik dari wajah mereka. Dalam konteks ini, pengenalan wajah digunakan untuk mengotorisasi akses ke pintu gedung, sehingga hanya orang-orang yang terotorisasi yang dapat memasuki gedung. Pendekatan ini memberikan tingkat keamanan yang tinggi karena sulit untuk dipalsukan, dan juga memberikan kenyamanan karena tidak memerlukan kunci fisik atau kartu akses. Dengan memanfaatkan *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai algoritma utama untuk *face recognition*, sistem dapat belajar dan meningkatkan kemampuannya dalam mengenali wajah dengan akurasi yang tinggi. Integrasi dengan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan sistem untuk terhubung dengan jaringan internet, sehingga memungkinkan pengiriman data dan kontrol pintu secara otomatis berdasarkan hasil pengenalan wajah. Dengan demikian, *face recognition* menjadi teknologi kunci dalam meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam mengelola akses ke pintu gedung.

2.5 ESP 32 – CAM



Gambar 2. 1 ESP32 CAM (Ine Agustine Cahvaningtyas dkk, 2023)

Kamera ESP32 digunakan dalam sistem keamanan pintu untuk melakukan pengenalan wajah. ESP32Cam adalah sebuah *platform* yang memungkinkan

pemantauan secara *real-time* melalui penggunaan kamera yang terintegrasi dengan modul WiFi. Konfigurasi ESP32-Cam memerlukan perangkat FTDI USB to TTL untuk menghubungkan modul kamera dengan komputer atau laptop pribadi. Dengan demikian, teknologi ini menawarkan solusi elegan dan efisien untuk meningkatkan keamanan pintu melalui kemampuan pengenalan wajah yang canggih. (Setiawan et al., 2022)

2. 6 FT232RL



Gambar 2. 2 FT232RL (Ahmad Hanafie, Kamal. Rahmat Ramadhan, 2022)

Model port serial FT232RL adalah sebuah *chip* USB-to-serial yang diproduksi oleh perusahaan *Future Technology Devices International* (FTDI). *Chip* ini sering digunakan untuk mengubah sinyal serial UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) menjadi sinyal USB dan sebaliknya. Ini memungkinkan komunikasi antara perangkat yang menggunakan protokol serial dengan komputer melalui port USB. *Chip* FT232RL telah menjadi pilihan populer untuk banyak proyek yang memerlukan konversi antara protokol serial dan USB.

Modul port serial FT232RL berfungsi untuk mengonversi data dari port USB menjadi data serial dengan tingkat tegangan TTL. Dengan menggunakan modul FT232 ini, pengguna dapat melakukan komunikasi data serial (UART) melalui port USB. Modul ini memfasilitasi koneksi antara perangkat yang menggunakan komunikasi serial dan komputer yang menggunakan port USB, sehingga memungkinkan transfer data yang efisien dan stabil antara kedua jenis antarmuka tersebut. (Jegen Sukrilah & Mediaty Arief, 2014.)

2.7 NodeMCU8266



Gambar 2. 3 NodeMCU8266 (Arifaldy Satriadi dkk, 2019)

NodeMCU adalah sebuah *platform Internet of Things (IoT)* bersifat *open source*, yang terdiri dari perangkat keras berbentuk sistem-*on-chip* ESP8266 yang diproduksi oleh Espressif, serta *firmware* yang menggunakan bahasa pemrograman skrip Lua. Secara umum, istilah NodeMCU merujuk pada *firmware* yang digunakan sebagai pengganti perangkat keras pengembangan. NodeMCU memiliki kesamaan dengan papan pengembangan Arduino yang menggunakan modul ESP8266, namun dilengkapi dengan kemampuan pemrograman yang lebih fleksibel dan fitur-fitur yang dirancang khusus untuk aplikasi IoT. Dengan kombinasi perangkat keras yang andal dan perangkat lunak yang mudah diprogram, NodeMCU menawarkan solusi yang efisien dan efektif untuk pengembangan berbagai proyek IoT. (Fadly et al., 2021).

2.8 Relay



Gambar 2. 4 Relay (Ilham Gantar. Safe'I Dina Fara Wadah, 2021)

Relay merupakan suatu komponen elektronika yang berperan sebagai sebuah peranti saklar atau *switch* listrik yang diaktifkan dengan menggunakan energi listrik. Komponen ini dikenal sebagai sebuah elemen elektromekanik yang terdiri dari dua bagian kunci, yakni kumparan elektromagnetik atau coil, dan kontak mekanis atau saklar. Relay elektromekanik ini secara rinci dapat dijelaskan sebagai suatu alat saklar yang dikendalikan secara mekanis oleh aliran energi listrik melalui kumparan, yang menghasilkan medan magnet yang menjalankan fungsi membuka atau menutup sirkuit listrik. Keberadaan relay ini memiliki signifikansi dalam berbagai aplikasi, termasuk di dalam sistem otomotif, industri, dan sistem keamanan, karena memberikan keandalan dan daya tahan yang tinggi serta kemampuan untuk memisahkan sinyal kontrol dari sirkuit daya, yang memungkinkan pengendalian perangkat dengan tegangan atau arus yang berbeda. (Fadly et al., 2021)

2. 9 Selenoid *Doorlock*



Gambar 2. 5 Selenoid *Doorlock* (Enzo Frances Colli, 2022)

Solenoid *door lock* adalah jenis kunci pintu otomatis yang menggunakan solenoid sebagai komponen utamanya. Ini bekerja dengan cara mengontrol gerakan mekanis sebuah penahan pintu menggunakan medan magnet yang dihasilkan oleh solenoid saat arus listrik dialirkan melaluinya. Ketika solenoid diaktifkan, penahan pintu akan terbuka atau tertutup sesuai dengan perintah yang diberikan, memungkinkan pintu untuk dibuka atau dikunci secara otomatis. Solenoid *door lock* sering digunakan

dalam sistem keamanan pintu pada berbagai aplikasi, seperti pintu masuk bangunan, kendaraan, atau peralatan industri, untuk memberikan akses yang terkendali dan aman.

Solenoid digunakan sebagai sebuah aktuator yang sering digunakan dalam aplikasi seperti kunci pintu otomatis. Ketika diberi tegangan, solenoid akan aktif dan bergerak. Solenoid umumnya beroperasi pada tegangan sekitar 12 volt, meskipun terdapat variasi dengan tegangan 6 volt dan 24 volt. Prinsip kerja dari kunci pintu solenoid adalah dalam keadaan standar, solenoid valve berada dalam posisi tertutup atau terkunci, dan ketika diberi tegangan, tuas akan membuka atau bergerak ke posisi terbuka. (Fadly et al., 2021)

2. 10 Kabel Jumper



Gambar 2. 6 Kabel Jumper (Deny Nusyirwan, Alfarizi, 2019)

Kabel jumper merupakan kabel yang digunakan untuk menyambungkan satu komponen dengan komponen lainnya atau untuk menghubungkan jalur rangkaian yang terputus pada *breadboard*. (Nusyirwan, 2019)

2. 11 Breadboard



Gambar 2. 7 Breadboard (Alfiru Nur Alfani Viki Ramadhan, 2022)

Breadboard adalah sebuah platform percobaan yang tak ternilai dalam domain elektronika, khususnya bagi para pemula yang tengah menjelajahi dunia ini. Didesain dengan hati-hati, *breadboard* hadir dengan susunan lubang yang teliti, memperbolehkan pemasangan komponen tanpa keharusan untuk menjadikannya permanen. Di sinilah keajaiban terjadi, setelah selesai dengan satu percobaan, komponen-komponen itu dapat dengan leluasa dilepas, siap untuk diatur kembali. (Nusyirwan, 2019)

2. 12 Adaptor 12v



Gambar 2. 8 Adaptor 12V (Alex Sander, Rusidi, M, Kom, Defi Pujiyanto, M. Kom, 2022)

Adaptor adalah suatu perangkat yang berguna dalam mengonversi tegangan listrik AC yang tinggi menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Adaptor seringkali digunakan sebagai alternatif untuk sumber daya DC, seperti baterai atau aki, karena ketersediaan aliran listrik AC yang lebih umum di banyak tempat. Selain itu, adaptor banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik sebagai sumber daya, termasuk amplifier, radio, televisi mini, dan perangkat lainnya. Secara keseluruhan, adaptor merupakan sebuah komponen elektronika yang bertugas mengubah tegangan listrik AC tinggi menjadi tegangan listrik DC yang lebih rendah. (Sander et al., 2022).

BAB 3

ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis Sistem

Analisis sistem merupakan langkah terperinci untuk memahami, merencanakan, dan mengevaluasi sistem yang sedang dianalisis atau dikembangkan dalam skripsi.

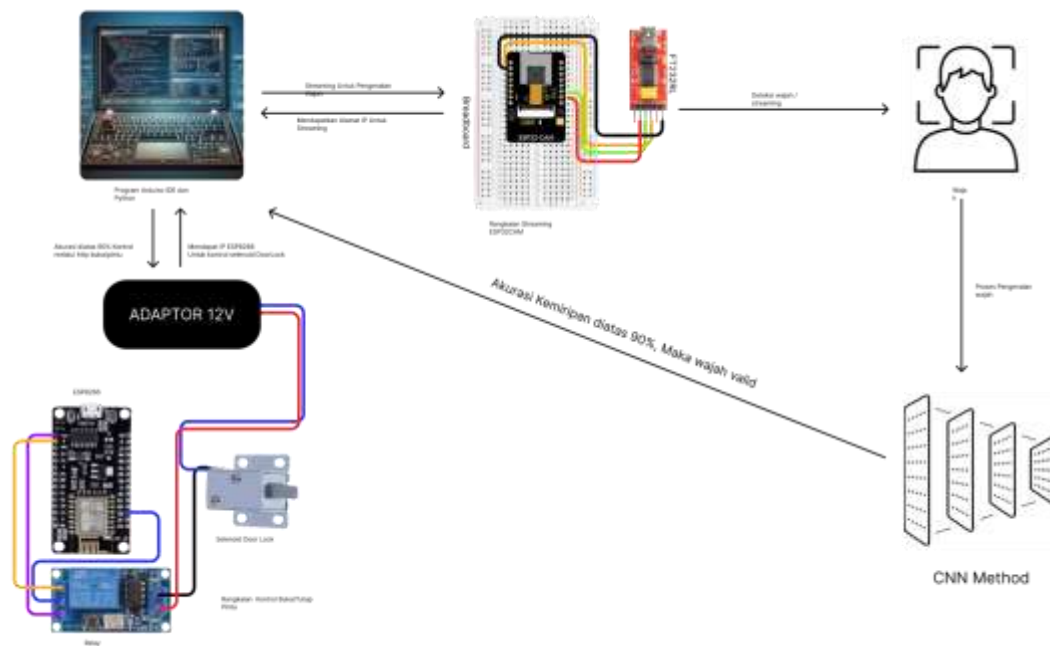
3.1.1 Analisis Masalah

Analisis permasalahan melibatkan proses mengenali dan memahami masalah utama yang ingin diselesaikan oleh sistem keamanan pintu gedung dengan pendekatan *face recognition* menggunakan CNN berbasis *Internet of Things* (IoT). Ini mencakup pemahaman tentang masalah keamanan yang ingin diselesaikan, tantangan yang dihadapi dalam mengimplementasikan solusi *face recognition* dengan CNN, serta kendala yang mungkin muncul dalam mengintegrasikan teknologi IoT ke dalam sistem.

3.1.2 Analisis proses

Proses mengidentifikasi, mendokumentasikan, dan menganalisis alur kerja atau proses yang terlibat dalam implementasi sistem keamanan pintu gedung dengan pendekatan *face recognition* menggunakan CNN berbasis IoT. Ini mencakup pemahaman tentang bagaimana data wajah diperoleh, diolah, dan digunakan untuk mengontrol akses pintu, serta bagaimana komunikasi antara perangkat keras mikrokontroler dan solenoid *doorlock*.

3. 2 Arsitektur Sistem



Gambar 3. 1 Arsitektur Sistem

Cara kerja dari semua bagian sistem yang bekerja sama untuk mengamankan pintu gedung.

Dapat kita lihat pada gambar diatas, dari arsitektur tersebut terdapat dua kode pada bahasa pemrograman yang berbeda, kode Arduino IDE digunakan untuk mengambil *IP Address* dari masing masing *Mikrokontroller* (*ESP32 CAM* dan *NodeMCU8266*). Kemudian kode *Python* untuk mengeksekusi perintah *streaming* melalui *IP Address ESP32 CAM* yang telah di dapatkan pada serial monitor *Arduino IDE*. Setelah melakukan *Streaming*, maka pendeteksian wajah dimulai lalu pendekteksian wajah ini di proses menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*) yang sudah *Training*, dan apabila wajah tersebut dikenali dan terdapat pada dataset maka akan menghasilkan akurasi, akurasi ini lah yang menjadi kondisi untuk perintah pembukaan pintu dan penutup pintu. Ketika akurasi wajah $>90\%$ maka perintah di jalankan melalui HTTP dari *IP Address ESP8266* untuk membuka pintu

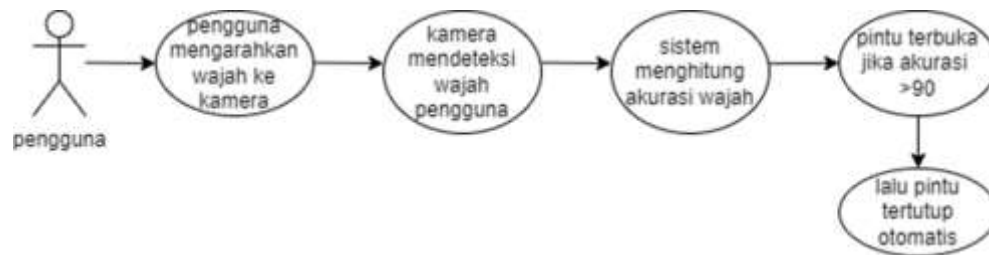
melalui kode *Arduino IDE* sehingga mengaktifkan relay dan membuka *Solenoid Doorlock*.

3.3 Pemodelan sistem

Use Case Diagram, *Activity Diagram*, dan *Flowchart* akan digunakan untuk menggambarkan pemodelan sistem dalam penelitian ini.

3.3.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram adalah representasi visual dalam rekayasa perangkat lunak yang mengilustrasikan bagaimana pengguna atau aktor berinteraksi dengan sistem.

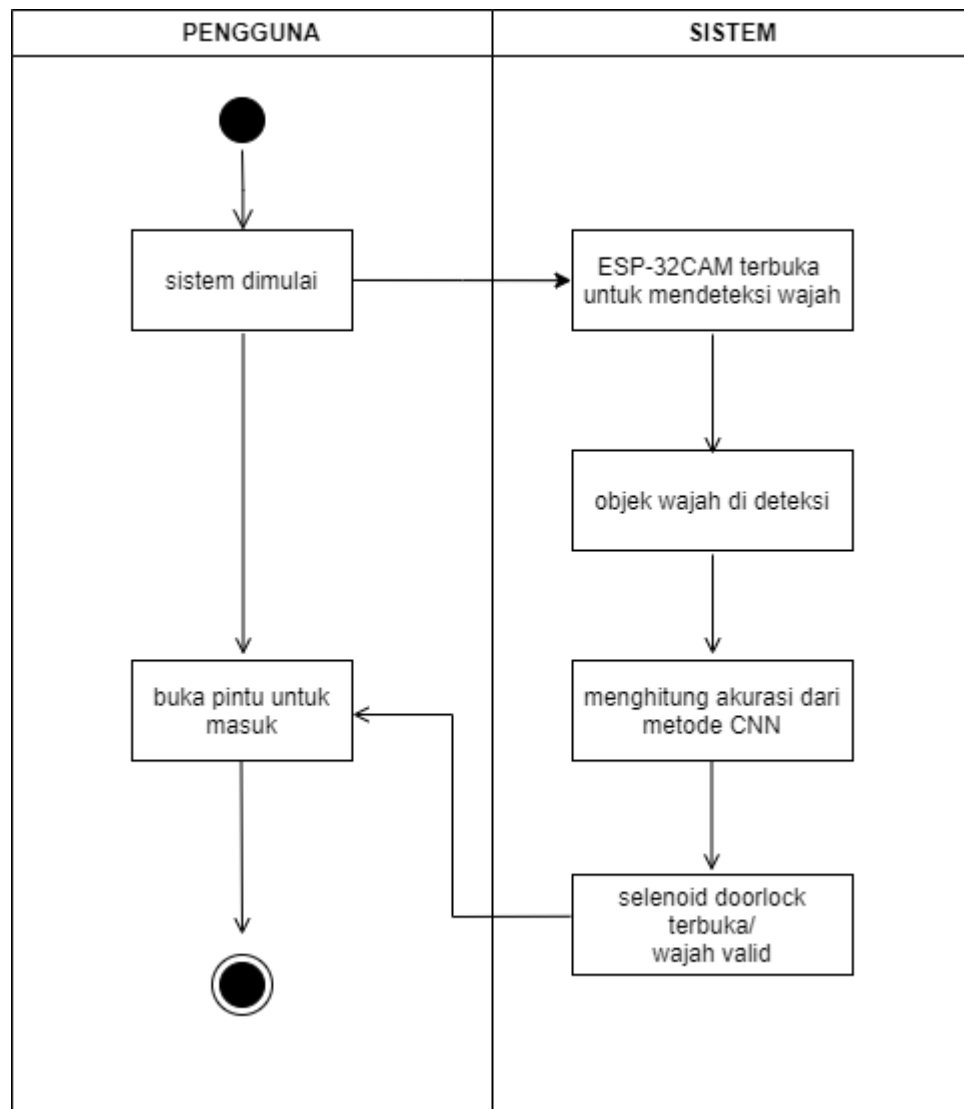


Gambar 3.2 *Use Case Diagram*

Use case diagram yang tergambar menunjukkan bagaimana sistem berinteraksi dengan pengguna atau aktor dalam alur proses yang terstruktur.

3.3.2 Activity Diagram

Activity Diagram merupakan sebuah gambaran dalam bahasa pemodelan *Unified Modeling Language (UML)* yang menggambarkan aliran kerja atau aktivitas dalam sebuah sistem.



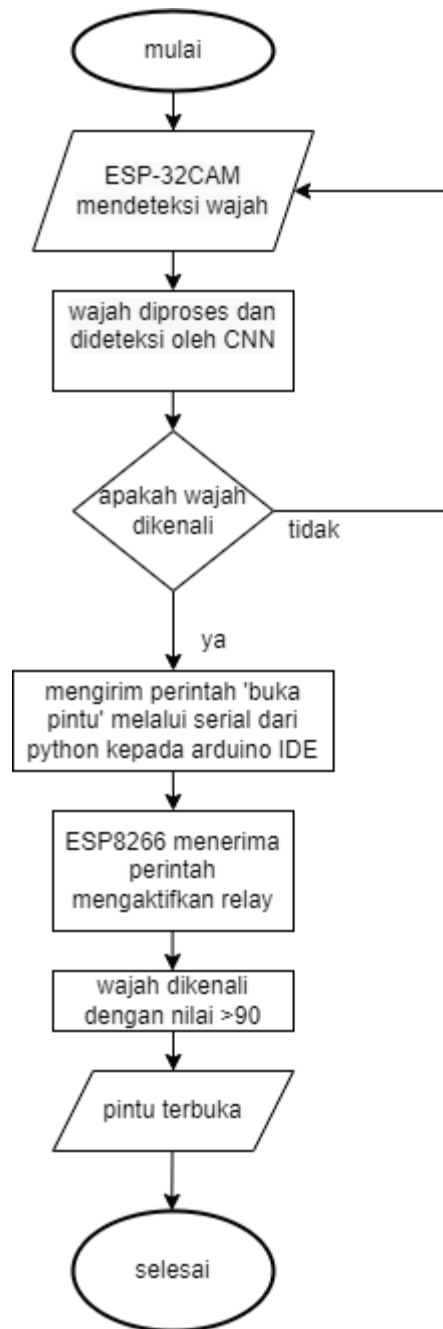
Gambar 3. 3 Activity Diagram

Activity diagram yang tertera pada gambar diatas menunjukkan alur user yang menggunakan sistem tersebut. Saat sistem dimulai, maka ESP-32CAM membaca untuk mendeteksi wajah dan akan dihitung akurasinya dari metode CNN, jika terdeteksi maka pintu akan bisa dibuka, dan user bisa masuk.

3. 4 Flowchart

Flowchart adalah representasi visual dari alur proses atau langkah-langkah dalam sebuah sistem.

3. 4. 1 *Flowchart* Sistem



Gambar 3. 4 *Flowchart* Sistem

Flowchart yang tertera pada gambar diatas adalah menunjukkan langkah-langkah sistem bekerja. Pada saat user memulai sistem, maka ESP-32CAM mendeteksi wajah, dan wajah user akan diproses lalu dideteksi oleh

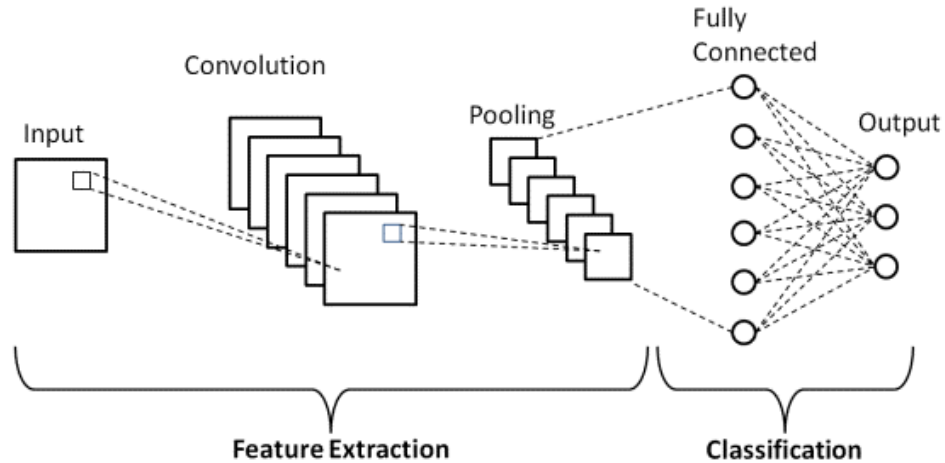
CNN. Jika wajah dikenali maka sistem akan mengirim perintah melalui serial dari python kepada arduino IDE, dimana ESP8266 yang akan menerima perintah tersebut untuk mengaktifkan relay, maka pintu akan terbuka lalu setelah user masuk ke dalam ruangan makan pintu akan terkunci dan sistem selesai. Sebaliknya, jika wajah *user* tidak dikenali, maka ESP-32CAM mengulang mendeteksi wajah user tersebut.

3. 5 Perancangan *Convolutional Neural Network*

Lapisan konvolusi bertanggung jawab untuk mendeteksi fitur-fitur lokal pada gambar dengan menerapkan filter (kernel) yang bergerak melintasi seluruh gambar. Setiap filter mampu menangkap karakteristik spesifik seperti tepi, tekstur, atau pola tertentu pada gambar. Lapisan *pooling*, biasanya menggunakan *max-pooling*, bertugas untuk mengurangi dimensi data dan komputasi dengan mengambil nilai maksimum dari setiap *patch* fitur yang dihasilkan oleh lapisan konvolusi. Ini membantu dalam mengurangi overfitting dan membuat model lebih efisien.

Setelah beberapa lapisan konvolusi dan *pooling*, *output* akan dilewatkan ke lapisan *fully connected*. Lapisan ini berfungsi untuk menggabungkan semua fitur yang telah diekstraksi dan membuat prediksi akhir berdasarkan kombinasi fitur-fitur tersebut. Biasanya, lapisan *fully connected* diikuti oleh fungsi aktivasi seperti ReLU (*Rectified Linear Unit*) dan *softmax* untuk menghasilkan probabilitas klasifikasi yang normal.

Berikut adalah gambar arsitektur *Convolutional Neural Network* yang menggambarkan proses tersebut:



Gambar 3. 5 Arsitektur CNN

3.5.1 Visualisasi Arsitektur Model

1. Conv2D Layer (32 filters, 3x3 kernel):

- Menghasilkan 32 *feature maps* dengan kernel 3x3
- Aktivasi ReLU

2. Conv2D Layer (64 filters, 3x3 kernel):

- Menghasilkan 64 *feature maps* dengan kernel 3x3
- Normalisasi *batch*
- Aktivasi ReLU

3. Conv2D Layer (64 filters, 1x1 kernel):

- Menghasilkan 64 *feature maps* dengan kernel 1x1
- *Dropout* 50%
- Normalisasi *batch*
- Aktivasi ReLU

4. Conv2D Layer (128 filters, 3x3 kernel):

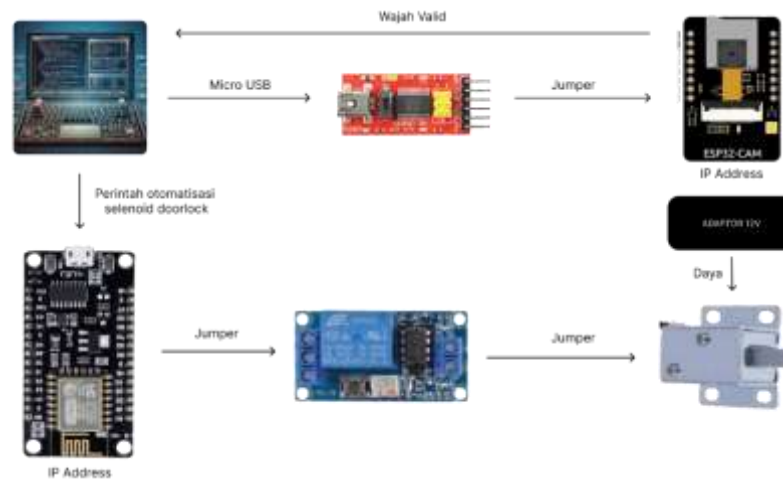
- Menghasilkan 128 *feature maps* dengan kernel 3x3
- *Dropout* 50%

- Aktivasi ReLU
- 5. **MaxPooling Layer (2x2 pool size):**
 - Melakukan *down-sampling* pada *feature maps* ukuran *pool* 2x2
- 6. **Conv2D Layer (64 filters, 1x1 kernel):**
 - Menghasilkan 64 *feature maps* dengan kernel 1x1
 - Aktivasi ReLU
- 7. **Flatten Layer:**
 - Mengubah *feature maps* 3D menjadi vektor 1D
- 8. **Dense Layer (32 units):**
 - *Fully connected layer* dengan 32 unit
- 9. **Dense Layer (Output layer):**
 - *Fully connected layer* dengan `num_classes` unit
 - Aktivasi *softmax*

Arsitektur CNN terdiri dari beberapa jenis lapisan utama. Lapisan Conv2D melakukan operasi konvolusi dengan kernel berukuran 3x3 atau 1x1. Setiap lapisan konvolusi ini diikuti oleh aktivasi ReLU untuk memperkenalkan *non-linearitas*, dan beberapa lapisan juga memiliki normalisasi *batch* untuk menstabilkan dan mempercepat pelatihan, serta dropout untuk regularisasi guna mengurangi *overfitting*. Setelah beberapa lapisan konvolusi, terdapat lapisan *MaxPooling2D* yang melakukan *pooling* maksimum dengan ukuran *pool* 2x2 untuk mengurangi dimensi data, yang membantu dalam mengurangi jumlah parameter dan beban komputasi. Selanjutnya, *output* dari lapisan *pooling* ini diubah menjadi vektor 1D oleh lapisan *Flatten*, yang mempersiapkan data untuk diproses oleh lapisan *fully connected* (*Dense layers*). Lapisan *fully connected* terakhir menggunakan fungsi aktivasi *softmax* untuk mengubah *output* menjadi probabilitas kelas, memungkinkan klasifikasi ke dalam beberapa kelas.

3.6 Arsitektur Alat

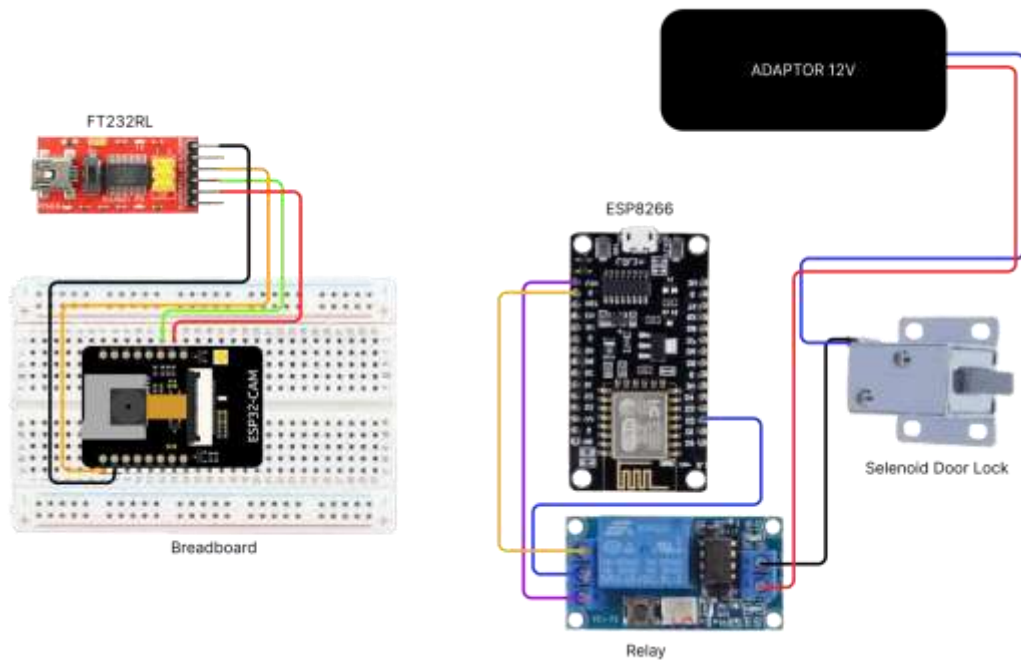
Dibawah ini merupakan perancangan keseluruhan alat yang akan di implementasikan pada sistem.



Gambar 3. 6 Arsitektur Alat

Dapat dilihat pada gambar arsitektur alat diatas, dijelaskan bahwa terdapat beberapa alat yang dibutuhkan untuk membangun sistem Pengenalan wajah berbasis IoT (*Internet Of Things*). Terdapat laptop sebagai alat utama untuk menjalankan kode program untuk mengintegrasikan alat dan sistem. Dengan menyambungkan laptop dan FT232RL Menggunakan *Micro USB*, kemudian untuk mengaktifkan kamera ESP32 CAM, maka FT232RL dihubungkan menggunakan jumper ke ESP32 CAM, setelah Proses deteksi telah selesai dan menyatakan akurasi wajah >90% maka Program *python* dieksekusi menggunakan *HTTP* Sebagai penghubung antara Arduino IDE dengan *Python*. Lalu pembukaan pintu dapat dilakukan oleh NodeMCU8266 yang berfungsi sebagai mikrokontroler dengan perintah untuk mengaktifkan Relay serta Selenoid Doorlock. Adapun Adaptor 12V berfungsi sebagai daya utama untuk mengaktifkan/membuka Selenoid Doorlock. Selenoid Doorlock akan terkunci kembali setelah waktu yang ditentukan.

3.6.1 Rangkaian Alat



Gambar 3. 7 Rangkaian Alat

Berikut adalah tabel yang menunjukkan koneksi antara ESP32-CAM dan modul FTDI:

Tabel 3. 1 Koneksi Antara ESP32-CAM dan Modul FTDI

ESP32-CAM	FTDI
V5	VCC
GND	GND
UOT	RX
UOR	TX

Penjelasan:

VCC (ESP32-CAM) ke V5 (FTDI): Memberikan daya 5V ke ESP32-CAM.

GND (ESP32-CAM) ke GND (FTDI): *Ground* bersama untuk kedua perangkat.

UOT (ESP32-CAM) ke RX (FTDI): Jalur data dari ESP32-CAM ke modul FTDI.

UOR (ESP32-CAM) ke TX (FTDI): Jalur data dari modul FTDI ke ESP32-CAM.

Berikut adalah tabel yang menunjukkan koneksi antara ESP8266, relay, solenoid *door lock*, dan adaptor:

Tabel 3. 2 Koneksi antara ESP8266 dan Relay

ESP8266	Relay
3V3	VCC
GND	GND
GPIO (D2)	IN 3

Penjelasan ESP8266 ke Relay:

3V3 (ESP8266) ke VCC (Relay): Memberikan daya 3.3V ke relay.

GND (ESP8266) ke GND (Relay): *Ground* bersama untuk kedua perangkat.

GPIO (D1) ke IN (Relay): Kontrol sinyal dari ESP8266 ke relay.

Tabel 3. 3 Koneksi antara Relay dan Solenoid Doorlock

Relay	Solenoid Door Lock
NO (<i>Normally Open</i>)	+ (<i>Positive</i>)
COM (<i>Common</i>)	- (<i>Negative</i>)

Penjelasan Relay ke Solenoid *Door Lock*:

NO (*Normally Open*) ke + (*Positive*): Menghubungkan pin *Normally Open* pada relay ke terminal positif pada solenoid *door lock*.

COM (*Common*) ke - (*Negative*): Menghubungkan pin *Common* pada relay ke terminal negatif pada solenoid *door lock*.

Tabel 3. 4 Koneksi antara Adaptor dan Relay/Solenoid *Doorlock*

Adaptor	Relay	Solenoid Door Lock
+12V	COM	+ (Positive)
GND	GND	- (Negative)

Penjelasan Adaptor ke Relay/Solenoid *Door Lock*:

+12V (Adaptor) ke COM (Relay): Memberikan daya 12V dari adaptor ke pin Common pada relay.

GND (Adaptor) ke GND (Relay): Menghubungkan *ground* dari adaptor ke *ground* pada relay.

+12V (Adaptor) ke + (Solenoid *Door Lock*): Memberikan daya 12V dari adaptor ke terminal positif pada solenoid *door lock*.

GND (Adaptor) ke - (Solenoid *Door Lock*): Menghubungkan ground dari adaptor ke terminal negatif pada solenoid *door lock*.

ESP32-CAM berfungsi untuk menangkap gambar dan melakukan deteksi wajah menggunakan kamera bawaan. Untuk memprogram ESP32-CAM dan memastikan komunikasi serial antara komputer dan modul, digunakan modul FTDI. Koneksi dilakukan untuk mengunggah kode dan mengatur konfigurasi jaringan untuk ESP32-CAM. Setelah diatur, ESP32-CAM akan memproses gambar yang ditangkap dan melakukan deteksi wajah. ESP8266 bertindak sebagai pengontrol utama untuk mengendalikan relay yang terhubung ke solenoid *door lock*. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan atau memutus aliran listrik dari adaptor 12V ke solenoid *door lock*, sehingga memungkinkan pintu untuk dibuka atau ditutup. ESP8266 diprogram untuk menerima sinyal dari ESP32-CAM melalui jaringan lokal. Ketika ESP32-CAM mendeteksi wajah yang *valid*, dikirimkan sinyal melalui permintaan HTTP ke ESP8266.

ESP8266 menerima sinyal dari ESP32-CAM yang akan mengaktifkan relay yang kemudian menghubungkan daya dari adaptor 12V ke solenoid *door lock*, membuka atau menutup pintu sesuai dengan instruksi yang diterima. Setelah operasi ini selesai, ESP8266 dapat mengirimkan status kembali ke ESP32-CAM untuk memastikan bahwa pintu telah beroperasi dengan benar. Penerapan sistem mikrokontroler pada penelitian ini menghasilkan dua URL: satu untuk ESP32-CAM dan satu lagi untuk ESP8266. URL ESP32-CAM digunakan untuk mengakses kamera dan hasil deteksi wajah, seperti <http://192.168.28.6/stream>. Sementara itu, URL ESP8266 digunakan untuk mengontrol pintu secara manual atau memantau status pintu, seperti <http://192.168.28.9/on> atau [http:// 192.168.28.9/off](http://192.168.28.9/off).

BAB 4

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

Perangkat yang disebutkan dalam penelitian ini adalah elemen dasar yang harus tersedia dalam sistem agar dapat berfungsi secara optimal.

1.1.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

1. *Processor* Intel Core i3 Seri N
2. 4 GB DDR4 RAM

1.1.2 Perangkat Lunak (*Software*)

1. Visual Studio Code
2. Arduino IDE

4.2 Pengumpulan Dataset

Tahapan pengumpulan dataset yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menggunakan fitur kamera dari *ESP32Cam*.
2. Pengambilan dataset berturut dikumpulkan berdasarkan mandiri. Sebanyak 2 gambar wajah digunakan untuk penelitian ini.

4.3 Pelabelan Dataset

Pelabelan dataset adalah langkah krusial dalam proses pelatihan model *face recognition*. Dalam penelitian ini, setiap gambar wajah diberi label yang sesuai dengan identitas orang tersebut. Proses pelabelan dilakukan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data:

Dataset dikumpulkan secara mandiri dari berbagai sumber. Proses ini melibatkan pengambilan gambar wajah dari relawan dengan persetujuan mereka. Setiap gambar diambil dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut untuk memastikan variasi yang cukup dalam dataset.

2. Proses Pelabelan Otomatis:

Proses pelabelan dilakukan secara otomatis menggunakan skrip Python. Setiap gambar yang dikumpulkan diberi label yang sesuai dengan identitas orang tersebut secara otomatis. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan:

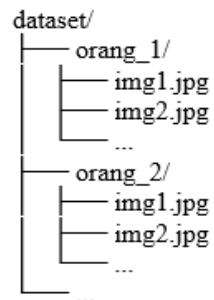
- Identifikasi Identitas: Setiap gambar diberi nama file yang mencakup ID atau nama individu yang sesuai.
- Pelabelan Otomatis: Skrip *Python* membaca nama file dan menetapkan label yang sesuai ke setiap gambar. Skrip ini juga mengorganisir gambar ke dalam struktur folder yang sistematis.



Gambar 4. 1 Dataset

3. Struktur Penyimpanan Data:

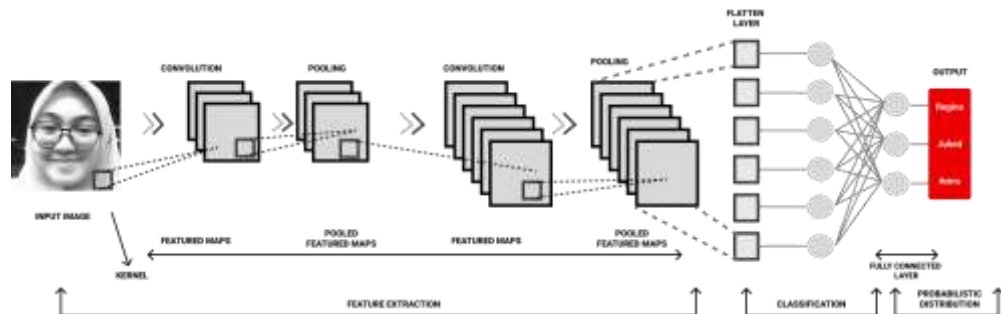
Gambar-gambar yang telah diberi label disimpan dalam struktur folder yang sistematis. Setiap folder mewakili satu individu dan berisi semua gambar wajah yang bersangkutan. Contohnya:



Gambar 4. 2 Struktur Dataset

4.4 Rancangan Arsitektur CNN

Pada sub bab ini, akan dibahas implementasi pelatihan model *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur VGG16. VGG16 adalah model yang terdiri dari 16 lapisan dengan bobot yang dapat dilatih dan telah menunjukkan performa tinggi dalam berbagai tugas pengenalan citra. Implementasi ini melibatkan beberapa tahap utama yang akan diuraikan sebagai berikut:



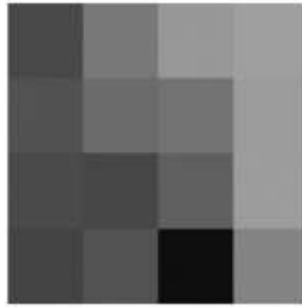
Gambar 4. 3 Rancangan Arsitektur CNN

Gambar ini akan menunjukkan struktur arsitektur CNN, termasuk urutan lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, dan lapisan *fully connected*. Pada pengujian sistem untuk pengenalan wajah, kamera yang digunakan untuk streaming video untuk mendeteksi objek wajah tampak depan akan dijalankan, jika objek pada kamera terdeteksi maka pengambilan gambar *frame by frame* akan dilakukan. *Capture* Gambar ini lah yang akan menjadi input dan melewati proses CNN dari model yang telah di buat. Berikut adalah tahapan tahapan yang akan dilakukan setelah mendapatkan *capture* wajah tampak depan.

4.4.1 Input Layer

Input layer bertanggung jawab untuk menerima data gambar wajah sebagai input. Setiap gambar wajah yang masuk akan direpresentasikan dalam bentuk matriks pixel dengan ukuran sample 306x306 pixel. Setelah menerima gambar wajah sebagai input, input layer juga melibatkan proses preprocessing untuk menormalisasi intensitas piksel untuk memastikan data input berada dalam ukuran 224 x224 dan dengan tiga saluran warna (RGB) yang kemudian akan dikirimkan ke lapisan-lapisan berikutnya untuk dilakukan ekstraksi fitur

dan pengenalan pola wajah menggunakan pendekatan *face recognition*. Input layer mempersiapkan data masukan agar dapat diolah secara efektif oleh jaringan neural untuk tujuan pengenalan wajah.



Gambar 4. 4 *Input Layer*

4.4.2 *Convolution Layer*

CNN menggunakan lapisan konvolusi untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar. Setiap lapisan konvolusi memiliki beberapa filter atau kernel yang bergerak di atas gambar untuk menghasilkan peta fitur. Berikut dibawah ini merupakan visualisasi lapisan konvolusi dengan filter 4x4 :



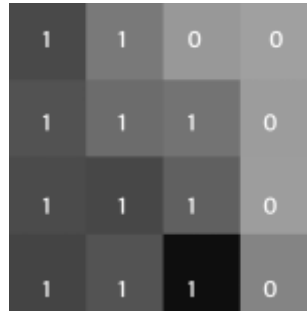
Gambar 4. 5 Operasi Konvolusi

4.4.3 *Activation Layer*

Setelah operasi konvolusi, fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU) diterapkan. Fungsi ini memperkenalkan *non-linearitas* ke dalam model, yang membantu dalam menangkap variasi fitur wajah dengan lebih baik.

4.4.4 Pooling Layer

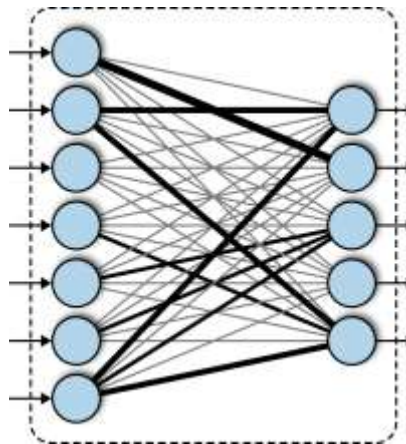
Lapisan *pooling* digunakan untuk mengurangi dimensi spasial dari aktivasi yang dihasilkan oleh lapisan konvolusi. Hal ini membantu mengurangi jumlah parameter dalam jaringan dan membuatnya lebih toleran terhadap pergeseran dalam objek dalam gambar.



Gambar 4. 6 Pooling Layer

4.4.5 Fully Connected Layer

Di bagian akhir jaringan, lapisan *fully connected* (atau *dense*) digunakan untuk menghubungkan semua neuron dari lapisan sebelumnya ke setiap neuron di lapisan ini. Lapisan akhir dari jaringan adalah lapisan *softmax* yang menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas. Gambar yang telah melalui proses sebelumnya, dilanjutkan kepada proses ini, berikut merupakan gambar proses *Fully Connected Layer* dan penjelasan bagaimana proses ini berjalan.



Gambar 4. 7 Fully Connected Layer

1. *Flatten Layer (Flatten)*:

lapisan yang mengambil output dari lapisan sebelumnya yang berbentuk seperti kubus atau tensor dengan ukuran tertentu, dan meratakannya menjadi satu baris panjang atau vektor satu dimensi. Ini berarti lapisan ini mengubah bentuk data menjadi satu dimensi agar bisa diproses oleh lapisan berikutnya.

2. *Dense Layer 1 (Dense(32))*:

menghubungkan setiap neuron dari lapisan sebelumnya ke 32 neuron baru di lapisan ini. Matriks bobot (*weight matrix*) yang menghubungkan dua lapisan ini memiliki ukuran yang sesuai dengan jumlah elemen di lapisan sebelumnya dan 32 neuron di lapisan ini. Selain itu, ada vektor bias (bias vector) yang ukurannya sama dengan jumlah neuron di lapisan ini, yaitu 32.

3. *Dense Layer 2 (Dense(num_classes))*:

menghubungkan setiap neuron dari lapisan sebelumnya ke sejumlah neuron yang sesuai dengan jumlah kelas yang ingin diprediksi. Matriks bobot yang menghubungkan dua lapisan ini berukuran sesuai dengan 32 neuron dari lapisan sebelumnya dan jumlah kelas (*num_classes*) yang ingin diprediksi.

4. *Activation (Softmax)*:

fungsi aktivasi yang diterapkan setelah lapisan Dense terakhir. Fungsi ini mengubah output menjadi probabilitas untuk setiap kelas, sehingga jumlahnya selalu biner dan bisa digunakan untuk menentukan kelas yang akan diprediksi oleh sistem.

4.4.6 *Output Layer*

Lapisan softmax di akhir memberikan probabilitas untuk setiap kelas wajah dan menentukan identitas wajah yang paling mungkin dari gambar input.

4.5 Implementasi CNN

Implementasi dilakukan pada dataset wajah menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*), data tersebut kemudian diproses melalui rancangan model CNN diatas menggunakan pemrograman *Python* dengan bantuan dari *Tensorflow*.

4.6 Pengujian Hasil

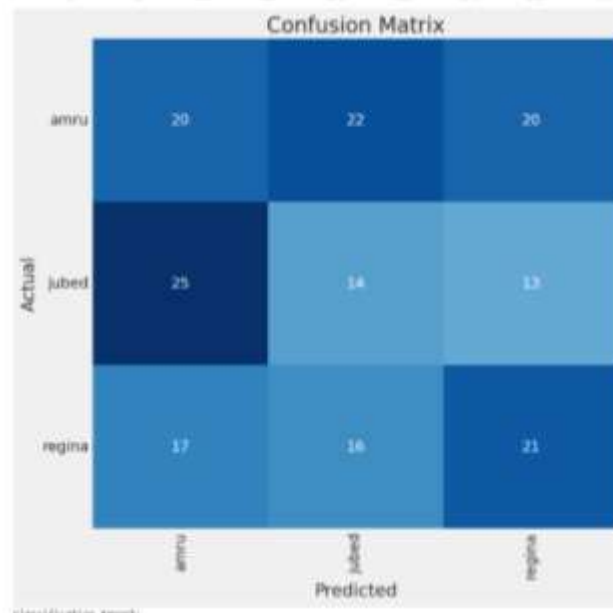
1. Dataset

Data yang digunakan berupa citra dari wajah tampak depan sebanyak 70 gambar untuk setiap kelas nya. Terdapat 3 kelas data, Perbandingan data yang digunakan adalah 90% : 10%. Dengan 70 gambar per kelas dan terdapat 3 kelas dalam dataset, maka total dataset adalah 210 gambar untuk *Train* dan 21 gambar untuk proses *Test*. Berikut merupakan tabel dataset yang dilakukan pada pengujian sistem di *Google Colab*.

Tabel 4. 1 Pengujian Sistem

Nama Kelas	Total Gambar	Pelatihan Data (<i>Train</i>) 90%	Uji Data (<i>Test</i>) 10%
Regina	77	70	7
Jubed	77	70	7
Amru	77	70	7

Dari hasil pengujian sistem pada google colab yang dirangkum pada tabel diatas didapati *confusion matrix* yang digunakan untuk mengevaluasi sistem berdasarkan hasil dari data uji.



Gambar 4. 8 *Confusion Matrix*

Gambar di atas adalah *confusion matrix* yang menunjukkan kinerja model klasifikasi. Matriks ini memiliki baris yang mewakili kelas asli (amru, jubed, regina) dan kolom yang mewakili kelas yang diprediksi. Matriks ini membantu kita memahami seberapa baik model memprediksi setiap kelas dan di mana model tersebut membuat kesalahan.

2. Hasil Train

Pada proses ini dataset akan dilatih untuk menghasilkan model untuk klasifikasi sistem, Tabel dibawah merupakan hasil dari pelatihan data *train*.

Tabel 4. 2 Hasil *Train*

<i>Epoch</i>	<i>Loss</i>	<i>Accuracy</i>
1	1.1857	0.4524
2	0.4803	0.7798
3	0.0774	0.9881
4	0.1186	0.9345
5	0.0592	0.9821
6	0.0110	1.0000
7	0.0021	1.0000
8	4.9682e-04	1.0000
9	3.2710e-05	1.0000
10	1.5241e-05	1.0000

Tabel diatas merupakan hasil dari *training data* wajah dengan angka akurasi mencapai 100% dan nilai *loss* menunjukkan 1.5241e-05.

4. 7 Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem keamanan pintu berbasis IoT dengan menggunakan teknologi *face recognition* dan model *Convolutional Neural Network* (CNN). Pada tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem dalam berbagai kondisi, serta untuk memastikan bahwa sistem memenuhi spesifikasi dan tujuan yang telah ditetapkan.

4. 7. 1 Metodologi Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan metode eksperimental, di mana sistem diuji dalam lingkungan nyata untuk mensimulasikan kondisi operasional yang sebenarnya. Beberapa skenario pengujian yang dipertimbangkan meliputi:

- Variasi Pencahayaan: Sistem diuji di bawah kondisi pencahayaan yang berbeda, termasuk pencahayaan yang baik dan redup.

- Jarak Wajah dari Kamera: Sistem diuji dengan jarak wajah yang bervariasi dari kamera, mulai dari jarak dekat hingga jarak jauh.
- Variasi Sudut Pengambilan Gambar: Pengujian dilakukan dengan variasi sudut pengambilan gambar wajah, seperti dari depan, samping, dan sudut atas/bawah.
- Kecepatan Respon: Waktu yang diperlukan oleh sistem untuk memproses gambar wajah dan membuka/menutup pintu diukur untuk mengevaluasi kecepatan respon sistem.

4. 7. 2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dilakukan untuk melihat kinerja dari sistem mikrokontroler yang telah diterapkan berdasarkan metodologi pengujian. Terdapat beberapa sample wajah dalam yaitu, Regina, Jubed dan Amru. Untuk mengetahui sistem dapat berjalan dengan baik maka dilakukan percobaan. Berikut adalah hasil dari pengujian sistem yang jelaskan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. 3 Wajah Dikenali

No	Nama	Skenario Pengujian	Hasil Deteksi	Waktu Respon	Skor Kemiripan	Status Pintu
1	Regina	Wajah Dikenali	Ya	31 (ms)	100%	Terbuka
2	Jubed	Wajah Dikenali	Ya	30 (ms)	100%	Terbuka
3	Amru	Wajah dikenali	Ya	36 (ms)	98%	Terbuka

Dapat kita lihat bahwa wajah yang ada pada dataset terdeteksi dengan baik dan dapat membuka pintu secara otomatis, uji coba tidak hanya dilakukan pada wajah yang terdapat di dalam dataset adapun untuk pengujian wajah tidak dikenali (tidak terdapat didalam dataset) juga dilakukan, berikut adalah tabel dari hasil uji coba sistem untuk mendeteksi wajah yang tidak dikenali:

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Tidak Dikenali

No	Nama	Hasil Deteksi	Waktu Respon	Skor Kemiripan	Status Pintu
1	tama	Tidak dikenal	33 (ms)	56%	Terkunci
2	uga	Tidak dikenal	33 (ms)	76%	Terkunci
3	gilang	Tidak dikenal	22 (ms)	76%	Terkunci
4	akbar	Tidak dikenal	29 (ms)	68%	Terkunci
5	Fadli	Tidak Dikenal	44 (ms)	81%	Terkunci

Pada tabel dapat dilihat bahwa hasil pengujian menunjukkan deteksi wajah tidak dikenali dari 5 wajah yang tidak terdapat didalam dataset skor kemiripan dibawah 90%. Ketika sistem dijalankan terdapat kesalahan deteksi wajah sehingga orang yang tidak terdapat didalam dataset terdeteksi sebagai wajah yang ada didalam dataset. Berikut adalah tabel pengujiannya:

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian False Positif

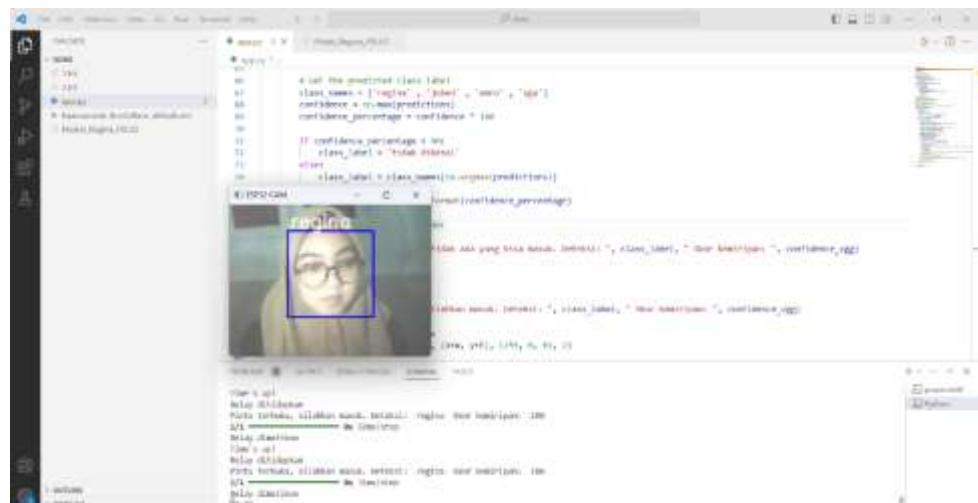
No	Nama	Hasil Deteksi (Nama)	Waktu Respon	Skor Kemiripan	Status Pintu
1	Akbar	Amru	25 (ms)	100%	Terbuka
2	gilang	Jubed	37 (ms)	100%	Terbuka
3	tama	Jubed	29 (ms)	100%	Terbuka

Kealahan deteksi pada sistem terjadi karena beberapa faktor, adapun faktor-faktor yang mempengaruhi adalah sebagai berikut :

1. Pada Akbar (orang tidak dikenal) mencoba masuk, tetapi kamera berhasil menangkap wajah yang terdeteksi pada wajah Amru dan pintu terbuka, itu dikarenakan ada kemiripan pada postur muka.
2. Pada Gilang (orang tidak dikenal) mencoba masuk, tetapi kamera berhasil menangkap wajah yang terdeteksi pada wajah Jubed dan pintu terbuka, itu dikarenakan kemiripan pada ekspresi wajah dan pada saat itu pencahayaan sedang sangat tidak baik.
3. Pada Tama (orang tidak dikenal) mencoba masuk, tetapi kamera berhasil menangkap wajah yang terdeteksi pada wajah jubed dan pintu terbuka, itu dikarenakan pencahayaan yang kurang baik.

4. 7. 3 Tampilan Hasil Sistem Deteksi Wajah

1. Tampilan Wajah Dikenal



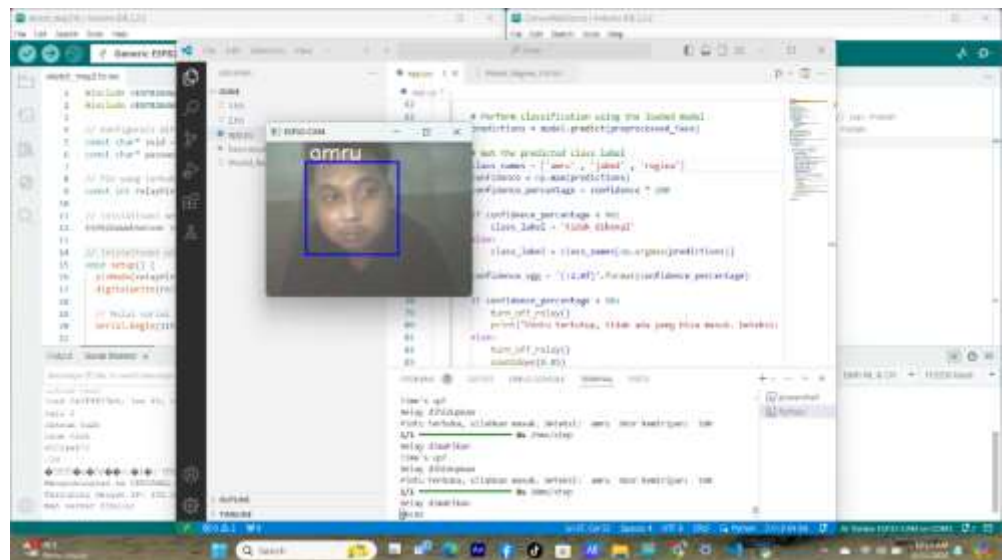
Gambar 4. 9 Tampilan Hasil Wajah Dikenali

2. Tampilan wajah Tidak Dikenal



Gambar 4. 10 Tampilan Hasil Wajah Tidak Dikenal

3. Tampilan Wajah *False Positif*



Gambar 4. 11 Hasil Wajah *False Positif*

Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi pengenalan wajah oleh model CNN yang diimplementasikan pada ESP32CAM. Dari 11 sampel wajah pengujian dengan berbagai kondisi, hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- **Akurasi Pengujian dalam Pencahayaan Baik: 100%**
- **Akurasi Pengujian dalam Pencahayaan Redup: 80%**
- **Akurasi Pengujian dalam Pencahayaan Sangat Rendah: 50%**
- **Akurasi Pengujian dengan Jarak Dekat (0,5-1 meter): 50%**
- **Akurasi Pengujian dengan Jarak Menengah (1-2 meter): 40%**
- **Akurasi Pengujian dengan Jarak Jauh (2-3 meter): 30%**
- **Akurasi Pengujian dari Sudut Depan: 90%**
- **Akurasi Pengujian dari Sudut Samping: 70%**
- **Akurasi Pengujian dari Sudut Atas/Bawah: 80%**

Dari hasil yang didapatkan, disimpulkan bahwa sistem memiliki performa yang sangat baik dalam kondisi pencahayaan yang baik dan jarak yang dekat hingga menengah. Namun, performa menurun pada kondisi pencahayaan yang sangat rendah dan jarak yang lebih jauh.

1. Pengujian Waktu Respon

Waktu respon sistem diukur dari saat gambar wajah ditangkap hingga pintu terbuka atau tertutup. Pengujian dilakukan pada 8 sampel wajah untuk mendapatkan rata-rata waktu respon:

- **Waktu Respon Rata-rata: 2,8 detik**
- **Waktu Respon Tercepat: 2 detik**
- **Waktu Respon Terlama: 4 detik**

Waktu respon ini cukup baik untuk aplikasi keamanan pintu, di mana kecepatan respon yang cepat dan konsisten sangat penting untuk kenyamanan dan keamanan pengguna.

2. Accuracy

Akurasi dapat mengidentifikaikan seberapa baik model dapat melakukan klasifikasi secara tepat.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \dots (1)$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai dari akurasi menggunakan data pada tabel diatas adalah sebagai berikut:

$$\frac{3+5}{3+3+1+5} \times 100 \% = 66.6\%$$

3. Precision

Presisi (*precision*) adalah sebuah matriks yang digunakan untuk mengukur seberapa akurat model klasifikasi dalam mengidentifikasi kasus-kasus positif.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \dots (2)$$

$$Precision = \frac{3}{6} \times 100\% = 50\%$$

4. Recall

Recall, juga dikenal sebagai "*sensitivity*" atau "*true positive rate*," adalah salah satu metrik evaluasi klasifikasi yang mengukur seberapa banyak dari kasus positif yang diprediksi dengan benar dibandingkan dengan total kasus positif yang sebenarnya.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots (3)$$

$$Recall = \frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$$

5. F1-score

F1-score adalah ukuran gabungan dari precision dan recall yang berguna untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi, terutama ketika kelas-kelas tidak seimbang.

$$F1-Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \dots (3)$$

$$F1score = 2 \times \frac{(50\% \times 75\%)}{(50\% + 75\%)} = 60\%$$

4. 7. 4 Hasil Data pengujian

Dari hasil data yang diuji, terdapat nilai hasil pengujian yaitu, nilai *accuracy*, nilai *precission*, nilai *recall*, dan nilai F1- Score. Diantaranya untuk nilai *accuracy* 66.6%, nilai *precission* 50%, nilai *recall* 75%, dan nilai *F1-Score* 60%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis komprehensif terhadap penelitian ini, peneliti dapat menyimpulkan beberapa poin kunci tentang penerapan sistem keamanan pintu gedung dengan menggunakan pendekatan pengenalan wajah melalui *Convolutional Neural Network* (CNN) yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Beberapa kesimpulan utama yang dapat diambil meliputi:

1. Sistem yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan dengan menggunakan ESP32CAM untuk klasifikasi wajah dan ESP8266 untuk kontrol pintu. Komunikasi antara kedua perangkat menggunakan alamat IP atau protokol HTTP, yang menghasilkan pertukaran data berjalan dengan baik.
2. Sistem menunjukkan akurasi pengenalan wajah yang tinggi pada kondisi pencahayaan yang baik, dan jika pencahayaan kurang baik maka akurasi akan menurun. menunjukkan bahwa pencahayaan merupakan faktor penting dalam performa sistem.
3. Waktu respon rata-rata sistem adalah 2,8 detik, yang dianggap cukup cepat untuk aplikasi keamanan pintu.
4. Penggunaan teknologi IoT memungkinkan sistem untuk beroperasi secara *real-time* dan terintegrasi dengan baik, memberikan fleksibilitas dan efisiensi dalam pengelolaan keamanan pintu gedung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil temuan dan analisis dalam penelitian ini, penulis merekomendasikan beberapa saran untuk pengembangan sistem keamanan pintu gedung di masa mendatang:

1. Menggunakan lensa kamera dengan fitur *zoom* otomatis atau lensa dengan

sudut pandang yang lebih lebar untuk meningkatkan akurasi pengenalan wajah pada jarak yang lebih jauh.

2. Menambahkan fitur enkripsi pada komunikasi antara ESP32CAM dan ESP8266 melalui HTTP untuk meningkatkan keamanan data yang ditransmisikan.
3. Pembuatan aplikasi mobile atau web untuk memonitor dan mengontrol sistem keamanan pintu secara *real-time*, memberikan notifikasi, dan menyimpan log aktivitas.

Dengan memperhatikan saran-saran di atas, diharapkan sistem keamanan pintu berbasis *face recognition* dan IoT dapat terus dikembangkan dan ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan keamanan yang semakin kompleks dan menuntut di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsal, M., Agus Wardijono, B., & Anggraini, D. (2020). Face Recognition Untuk Akses Pegawai Bank Menggunakan Deep Learning Dengan Metode CNN. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 6(1), 55–63. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v6i1.2020.55-63>
- Fadly, E., Wibowo, S. A., & Sasmito, A. P. (2021). SISTEM KEAMANAN PINTU KAMAR KOS MENGGUNAKAN FACE RECOGNITION DENGAN TELEGRAM SEBAGAI MEDIA MONITORING DAN CONTROLLING. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 5, Issue 2).
- Jejen Sukrilah, M., & Mediaty Arief, U. (n.d.). *Rancang Bangun Trainer Sensor Berbasis Arduino*.
- Kebun Dan Sawah, C., & Isyatan Mardiyah, M. (n.d.). *IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK IMAGE CLASSIFICATION MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA TUGAS AKHIR*.
- Lesmana, C., Lim, R., & Santoso, L. W. (n.d.). *Implementasi Face Recognition menggunakan Raspberry pi untuk akses Ruangan Pribadi*.
- Murti, T. N., Ruslianto, I., & Ristian, U. (2022). Implementasi Sistem Kendali dan Monitoring Keamanan Pintu Berbasis IoT Menggunakan Perangkat Mobile. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), 1760. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i6.5032>
- Muwardi, R., & Adisaputro, R. R. (2021). Design Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Face Detection. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 120. <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i3.004>

Nugroho, B. A., & Djaksana, Y. M. (2022). IMPLEMENTASI MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN MULTI SENSOR PADA TEMPAT SAMPAH. In *Scientia Sacra: Jurnal Sains* (Vol. 2, Issue 4). <http://pijarpemikiran.com/index.php/Scientia>

Nusyirwan, D. (2019). “FUN BOOK” RAK BUKU OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DAN BLUETOOTH PADA PERPUSTAKAAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS SISWA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, 12(2), 94. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v12i2.31140>

Ramadhani, F., Satria, A., & Salamah, S. (2023). Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network dalam Mengidentifikasi Dini Penyakit pada Mata Katarak. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(4), 167–175. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i4.408>

Sander, A., Pujiyanto, D., Asia, M., Jend Yani No, J. A., Tanjung Baru, A., & Selatan Korespondensi, S. (2022). MEMBANGUN PERANGKAT BILIK MASKER OTOMATIS UNTUK PENCEGAHAN COVID-19. In *JTIM* (Vol. 5, Issue 1).

Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Izdhihar, M., Wahyudi, B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). INTERNET OF THINGS. In *Karimah Tauhid* (Vol. 1).

Setiawan, D., Jaya, H., Nurarif, S., Syahputra, T., Syahril Syafnur, M., & Triguna Dharma, S. (2022). IMPLEMENTASI ESP32-CAM DAN BLYNK PADA WIFI DOOR LOCK SYSTEM MENGGUNAKAN TEKNIK DUPLEX. In *Journal of Science and Social Research* (Issue 1). <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>

Sistem Deteksi Wajah Keamanan Pintu Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Arduino. (n.d.).

Studi, P., Elektro, T., Tinggi, S., & Immanuel, T. (n.d.). Sistem Keamanan Gedung Berbasis Mikrokontroler Togar Timoteus Gultom. In *JURNAL ILMIAH CORE IT* (Vol. 8, Issue 2).

Sungkar, M. S., Elektronika, T., Harapan, P., & Tegal, B. (2020). *SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS*. 9(2).
<https://id.wikipedia.org/wiki/Keamanan>.