



RANCANG BANGUN SMART DOOR LOCK BERBASIS PENGENALAN WAJAH

Sub Judul:

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE *INCREMENTAL ENROLLMENT* PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH BERBASIS EDGE COMPUTING

SKRIPSI

M. BERRY L MUCHTADA (2207421036)

PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



**ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE
INCREMENTAL ENROLLMENT PADA SISTEM
PENGENALAN WAJAH BERBASIS EDGE COMPUTING**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Syarat Syarat yang Diperlukan Untuk
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

M. BERRYL MUCHTADA (2207421036)

PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Berryl Muchtada
NIM : 2207421036
Jurusan/ProgramStudi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul skripsi : ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE INCREMENTAL ENROLLMENT PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH BERBASIS EDGE COMPUTING

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, 27 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



(M. Berryl Muchtada)

NIM 2207421036



© 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

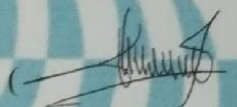
LEMBAR PENGESAHAN

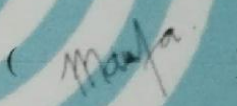
Skripsi diajukan oleh :

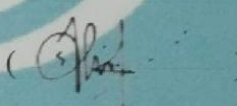
Nama : M. Berryl Muchtada
NIM : 2207421036
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE
INCREMENTAL ENROLLMENT PADA SISTEM
PENGENALAN WAJAH BERBASIS EDGE
COMPUTING

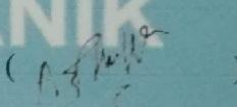
Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu , Tanggal 8 , Bulan
7, Tahun 2026 dan dinyatakan **LULUS**

Disahkan oleh

Pembimbing I : Dr. Indra Hermawan, S.Kom., M.Kom. ()

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

Penguji II : Susana Dwi Yulianti, S.Kom, M.Kom. ()

Penguji III : Asep Kurniawan, S.Pd., M.Kom. ()

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Mengetahui :

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



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

NIP. 197908032003122003



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan anugerah-Nya, sehingga proposal ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi selama proses penyusunan proposal penelitian ini.
2. Bapak Indra Hermawan, selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, serta evaluasi yang sangat berharga sejak awal hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
3. Haikal Fadhillah dan Maria Intan Prety Stefani yang telah memberikan kerja sama, masukan, serta dukungan selama proses penyusunan proposal penelitian.
4. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan angkatan 2022, atas kebersamaan, diskusi, dan bantuan yang saling melengkapi selama menempuh masa perkuliahan.
5. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga proposal ini dapat menjadi manfaat bagi pembaca.



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 dibawah ini

Nama : M. Berryl Muchtada
Nim : 2207421036
Jurusan : Teknik Informatika dan Komputer
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

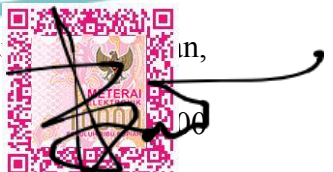
Demi pengembangan ilmu pengetahuan , menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE INCREMENTAL ENROLLMENT PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH BERBASIS EDGE COMPUTING

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, 27 Juli 2026

Ya  in,

(M. Berryl Muchtada)

NIM. 2207421036

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

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE INCREMENTAL ENROLLMENT PADA SISTEM PENGENALAN WAJAH BERBASIS EDGE COMPUTING

ABSTRAK

*Sistem smart door lock berbasis pengenalan wajah menggunakan arsitektur MobileFaceNet dengan pretrained ArcFace Loss dalam format TensorFlow Lite yang dijalankan pada Raspberry Pi 4B. Sistem ini menerapkan metode Incremental Enrollment untuk memungkinkan penambahan identitas pengguna baru secara dinamis, serta mengoptimalkan pipeline preprocessing melalui face alignment, super resolution, dan CLAHE guna meningkatkan kualitas citra sebelum proses ekstraksi fitur. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model dengan ArcFace Loss mampu mencapai akurasi puncak sebesar **96,68%**, dengan performa validasi **97,54%** pada dataset CFP-FP dan **97,42%** pada AgeDB-30, serta menghasilkan **Equal Error Rate (EER) sebesar 0,0600**. Pengujian pada perangkat edge menunjukkan bahwa penggunaan super resolution meningkatkan kualitas citra namun menambah waktu pemrosesan. Pada proses enrollment, latensi meningkat dari **436,5 ms** menjadi **1.800 ms**, sedangkan pada proses recognition meningkat dari **311,2 ms** menjadi **1.645,3 ms**. Meskipun demikian, sistem tetap mampu beroperasi secara real-time dengan konsumsi RAM yang rendah, yaitu berkisar **13,9%–16,0%**, sehingga layak diimplementasikan pada perangkat edge computing. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu menyediakan autentikasi wajah lokal dengan tingkat akurasi yang tinggi, adaptif terhadap penambahan pengguna baru, serta tetap efisien dijalankan pada Raspberry Pi 4B.*

Kata Kunci: Smart Door Lock, Pengenalan Wajah, MobileFaceNet, ArcFace, Incremental Enrollment, Edge Computing, TensorFlow Lite, Raspberry Pi 4B.

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

DAFTAR ISI

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	5
1.4.1 Tujuan.....	5
1.4.2 Manfaat.....	6
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
Penelitian Terkait.....	8
2.1 Konsep Dasar.....	10
2.1.1 Edge Computing.....	10
2.1.2 Pengenalan Wajah (Face Recognition).....	10
2.1.3 Edge-AI / Artificial Intelligence pada Edge.....	11
2.2 Deteksi dan Pengolahan Citra.....	11
2.2.1 Face Detection (Haarcascade).....	11
2.2.2 Face Alignment.....	12
2.2.3 Image Enhancement.....	12
a. Super Resolution (FSRCNN).....	13
b. Quality Assessment.....	13
c. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).....	13
d. Denoising.....	14
e. Sharpening.....	14
2.2.4 Stepwise Recognition.....	15
2.3 Ekstraksi Fitur Wajah.....	15
2.3.1 Feature Embedding (MobileFaceNet + ArcFace).....	15
2.3.2 Feature Embedding.....	16
2.3.3 Non-Maximum Suppression (NMS).....	16
2.3.4 SQLite (Vector Storage Sederhana untuk Embedding).....	17
2.3.5 Cosine Thresholding.....	17
2.3.6 Incremental enrollment.....	18
2.4 Flowchart.....	18
3.1 Rancangan Penelitian.....	20
3.2 Tahapan Penelitian.....	21
3.3 Objek Penelitian.....	23

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

4.1 Analisis Kebutuhan Sistem.....	24
4.1.1 Analisis Kebutuhan Fungsional.....	24
4.1.2 Analisis Kebutuhan Non-Fungsional.....	25
4.1.3 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras.....	25
4.1.4 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	26
4.2 Perancangan Sistem.....	26
4.2.1 Blok Diagram.....	27
A. Blok Diagram Sistem Incremental Enrollment.....	27
B. Blok Diagram Sistem Pengenalan Wajah.....	28
4.2.2 Flowchart Sistem.....	31
A. Flowchart Sistem Incremental Enrollment.....	31
B. Flowchart Sistem Pengenalan Wajah.....	33
4.3 Implementasi Model Pengenalan Wajah.....	37
4.3.1 Dataset Pelatihan.....	37
4.3.2 Implementasi Arsitektur MobileFaceNet dan ArcFace.....	39
4.3.3 Evaluasi model.....	46
4.4 Implementasi Incremental Enrollment.....	50
4.4.1 Proses Akuisisi Data Wajah.....	50
4.4.2 Preprocessing Citra Wajah.....	51
4.4.3 Ekstraksi dan Validasi Embedding.....	58
4.4.4 Penyimpanan Embedding ke Database SQLite.....	60
4.4.5 Implementasi Recognition Embedding.....	63
4.4.6 Implementasi Pencatatan Log Sistem.....	66
4.5 Pengujian Sistem.....	69
4.5.1 Ruang Lingkup Pengujian.....	69
4.5.2 Pengujian Akurasi Pengenalan Wajah.....	70
4.5.3 Pengujian Waktu Inferensi.....	74
4.5.4 Pengujian Penggunaan Sumber Daya.....	78
4.5.6 Pengujian Fungsional Sistem (Black Box Testing).....	82
PENUTUP.....	86
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran.....	87
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	91
LAMPIRAN.....	92

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 GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol Flowchart.....	19
Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem Incremental Enrollment.....	27
Gambar 4.2 Blok Diagram Sistem Pengenalan Wajah.....	29
Gambar 4.3 Flowchart Sistem Incremental enrollment.....	32
Gambar 4.4 Flowchart Sistem Pengenalan Wajah.....	34
Gambar 4.5 Dataset MS1M-Refine-V2.....	38
Gambar 4.6 Training output model.....	45
Gambar 4.7 Grafik FAR,FRR, dan ERR sebelum Pre-train.....	48
Gambar 4.8 Grafik FAR,FRR, dan ERR sesudah Pre-train.....	48
Gambar 4.9 Struktur Folder Akuisisi Data Wajah.....	51
Gambar 4.10 FSRCNN (Fast Super-Resolution Convolutional Neural Network).....	52
Gambar 4.11 Sebelum Dan Sesudah FSRCNN.....	53
Gambar 4.12 CLAHE Gelap dan Terang.....	54
Gambar 4.13 Denoising.....	55
Gambar 4.14 Sharpen.....	56
Gambar 4.15 Haar Cascade dan Alignment.....	57
Gambar 4.16 Variasi citra.....	58
Gambar 4.17 Entity Relationship Diagram (ERD) Penyimpanan Embedding ke Database SQLite.....	61
Gambar 4.18 Tabel Penyimpanan Embedding ke Database SQLite.....	62
Gambar 4.19 Hasil Preview output Recognition.....	66
Gambar 4.20 Penyimpanan Log Sistem.....	67
Gambar 4.21 Penyimpanan Log Sistem.....	68
Gambar 4.22 Database Recognition Log.....	72
Gambar 4.23 Pengujian Pengaruh Pre-Processing Terhadap Akurasi.....	73
Gambar 4.24 Pengujian Waktu Inferensi Enrollment.....	76
Gambar 4.25 Pengujian Waktu Inferensi Recognition.....	76
Gambar 4.26 Penggunaan Sumber Daya (Idle,Enrollment,Recognition).....	79



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.....	8
Tabel 4.1 Tabel Pengujian Penggunaan Sumber Daya.....	47
Tabel 4.2 Tabel Pengujian Akurasi Pengenalan Wajah.....	70
Tabel 4.3 Tabel Pengujian Penggunaan Sumber Daya.....	80
Tabel 4.4 Pengujian Fungsional Sistem (Black Box Testing).....	83





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 KODE

Kode Program 4.1 Proses Parsing Dataset TFRecord.....	38
Kode Program 4.2 Implementasi ArcFace Loss.....	39
Kode Program 4.3 Implementasi Inverted Residual Block.....	41
Kode Program 4.4 Implementasi MobileFaceNet.....	42
Kode Program 4.5 Konversi model ke TFlite.....	49
Kode Program 4.6 Implementasi Fungsi Validasi Embedding.....	58
Kode Program 4.7 Kode Cosine Similarity.....	63
Kode Program 4.8 StepWise Recognition.....	65
Kode Program 4.9 Pencatatan Waktu Inferensi Enrollment.....	74

**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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keamanan akses pintu merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam sistem keamanan bangunan. karena pintu berperan sebagai titik utama keluar dan masuknya pengguna. (Rahman et al. 2023). Namun, penggunaan sistem kunci mekanis konvensional masih memiliki berbagai kelemahan, seperti risiko kehilangan atau pencurian kunci, potensi duplikasi oleh pihak yang tidak berwenang, serta tidak tersedianya mekanisme untuk memverifikasi identitas pengguna maupun mencatat riwayat akses secara otomatis. Kondisi tersebut menyebabkan tingkat keamanan menjadi kurang optimal, terutama pada lingkungan yang membutuhkan pengawasan akses secara berkelanjutan (Kumar et al., 2021).

Perkembangan Internet of Things (IoT) mendorong munculnya berbagai perangkat pintar yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian secara otomatis, termasuk pada sistem keamanan pintu. Penerapan IoT memungkinkan perangkat saling terhubung sehingga proses autentikasi dan pengelolaan akses dapat dilakukan secara lebih efisien (Hassan et al. 2022). Salah satu penerapan IoT pada bidang keamanan pintu adalah sistem smart door lock dengan pengenalan wajah. Dibandingkan dengan penggunaan kunci fisik maupun token, autentikasi berbasis pengenalan wajah dinilai memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi karena karakteristik biometrik setiap individu bersifat unik dan relatif sulit dipalsukan (Alarifi et al., 2022).

Secara umum, sistem pengenalan wajah terdiri atas empat tahapan utama, yaitu deteksi wajah, preprocessing, ekstraksi embedding, dan pencocokan identitas sebagaimana dijelaskan oleh Wang dan Deng (2021) serta dokumentasi teknis Authme (2024).

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

Meskipun menawarkan berbagai keunggulan, implementasi sistem pengenalan wajah secara lokal pada perangkat edge computing seperti Raspberry Pi masih menghadapi sejumlah tantangan. Keterbatasan kemampuan komputasi dan kapasitas memori mengharuskan sistem mampu melakukan proses inferensi dengan cepat tanpa mengurangi tingkat akurasi. Selain itu, kualitas citra yang dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan maupun karakteristik kamera juga menjadi faktor yang memengaruhi keberhasilan proses pengenalan wajah (Liu et al., 2021).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, berbagai penelitian mengembangkan model deep learning yang ringan sehingga dapat dijalankan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Salah satu model yang banyak digunakan adalah MobileFaceNet berbasis TensorFlow Lite. Zhang et al. (2022) menunjukkan bahwa model tersebut memiliki jumlah parameter yang relatif kecil sehingga sesuai diterapkan pada perangkat edge computing, namun tetap mampu mempertahankan akurasi pengenalan wajah yang tinggi. Kinerja model kemudian dapat ditingkatkan melalui penerapan fungsi loss ArcFace yang memperbesar margin sudut antar identitas sehingga embedding wajah yang dihasilkan menjadi lebih diskriminatif. Dengan demikian, jarak antar embedding dari identitas yang berbeda semakin jelas, sedangkan embedding dari identitas yang sama menjadi lebih rapat (Setiawan et al., 2023).

Selain pemilihan model, kualitas citra masukan juga berpengaruh terhadap keberhasilan proses pengenalan wajah. Oleh karena itu, sebelum dilakukan ekstraksi embedding, citra perlu melalui beberapa tahapan preprocessing, seperti face alignment, super resolution, penilaian kualitas citra, peningkatan kontras menggunakan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), pengurangan derau, dan penajaman citra. Menurut Boutros et al. (2022), rangkaian proses tersebut mampu meningkatkan stabilitas dan konsistensi pengenalan wajah, terutama ketika sistem beroperasi pada kondisi pencahayaan yang kurang ideal.

Di samping peningkatan performa pengenalan wajah, efisiensi dalam pengelolaan data pengguna juga menjadi perhatian utama. Penelitian ini menerapkan metode

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

Incremental Enrollment yang merupakan bagian dari Incremental Learning untuk memungkinkan sistem menambahkan data wajah pengguna baru secara bertahap tanpa melakukan pelatihan ulang terhadap keseluruhan model (Van de Ven et al. 2022). Pendekatan ini memungkinkan model beradaptasi terhadap data baru secara berkelanjutan, sedangkan Wang et al. (2023) menunjukkan bahwa mekanisme tersebut mampu mengurangi kebutuhan komputasi sehingga lebih sesuai diterapkan pada perangkat edge dengan sumber daya terbatas.

Berdasarkan pembahasan di atas, penelitian ini mengembangkan sistem smart door lock berbasis pengenalan wajah dengan pendekatan edge computing yang dirancang untuk melakukan autentikasi pengguna secara lokal tanpa bergantung pada server cloud eksternal. Mengingat keterbatasan sumber daya komputasi pada perangkat edge, penelitian ini menggunakan MobileFaceNet berbasis TensorFlow Lite sebagai model lightweight yang sesuai untuk diimplementasikan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Model tersebut dikombinasikan dengan ArcFace untuk menghasilkan embedding wajah yang lebih diskriminatif sehingga dapat meningkatkan performa pengenalan wajah. Untuk memastikan kualitas dan konsistensi data masukan, sistem menerapkan preprocessing pipeline yang terdiri atas face alignment, super resolution, quality assessment, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), denoising, dan sharpening ringan guna meningkatkan kualitas citra wajah sebelum proses ekstraksi fitur dilakukan. Selain itu, penelitian ini mengimplementasikan metode Incremental Enrollment yang memungkinkan penambahan pengguna baru secara dinamis dengan menyimpan embedding wajah tanpa memerlukan proses retraining model, sehingga proses pendaftaran pengguna menjadi lebih fleksibel dan sesuai untuk diterapkan pada perangkat edge computing dengan sumber daya komputasi terbatas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

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

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem smart door lock berbasis pengenalan wajah menggunakan MobileFaceNet pada perangkat edge computing sehingga proses autentikasi dapat dilakukan secara lokal?
2. Bagaimana mengimplementasikan pipeline preprocessing yang meliputi face alignment, super resolution, quality assessment, CLAHE, denoising, dan sharpening untuk meningkatkan kualitas citra sebelum proses ekstraksi fitur wajah?
3. Bagaimana menerapkan metode Incremental Enrollment agar sistem mampu menambahkan data wajah pengguna baru tanpa melakukan proses retraining model?
4. Bagaimana performa sistem smart door lock yang dikembangkan berdasarkan hasil pengujian akurasi pengenalan wajah, FAR, FRR, waktu inferensi, penggunaan sumber daya (CPU, RAM, dan penyimpanan), serta pengujian fungsional sistem pada perangkat edge computing?
5. Bagaimana pengaruh penerapan pipeline preprocessing terhadap akurasi pengenalan wajah dan waktu inferensi pada sistem yang dikembangkan?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian lebih terarah, batasan masalah yang diterapkan adalah:

1. Penelitian dibatasi pada perancangan dan implementasi sistem smart door lock berbasis pengenalan wajah menggunakan model MobileFaceNet pada perangkat edge computing dengan proses autentikasi dilakukan secara lokal (*on-device*). Penelitian tidak mencakup implementasi aktuator fisik seperti relay atau mekanisme penguncian pintu.
2. Implementasi pipeline preprocessing dibatasi pada tahapan face alignment, super resolution, quality assessment, CLAHE, denoising, dan sharpening sebelum proses ekstraksi fitur 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

3. Implementasi Incremental Enrollment dibatasi pada proses penambahan data wajah pengguna baru melalui penyimpanan embedding tanpa melakukan pelatihan ulang (*retraining*) model MobileFaceNet.
4. Evaluasi performa sistem dibatasi pada parameter akurasi pengenalan wajah, FAR, FRR, waktu inferensi, penggunaan CPU, penggunaan memori (RAM), dan pengujian fungsional sistem pada perangkat edge computing.
5. Analisis pengaruh pipeline preprocessing dibatasi pada perubahan akurasi pengenalan wajah dan waktu inferensi. Pengujian dilakukan pada kondisi pencahayaan normal hingga cukup terang dengan jarak pengguna sekitar 50 cm hingga kurang dari 100 cm serta tidak mencakup pengujian pada kondisi pencahayaan ekstrem, wajah tertutup sebagian, maupun mekanisme keamanan biometrik lanjutan.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem smart door lock berbasis pengenalan wajah menggunakan MobileFaceNet pada perangkat edge computing sehingga proses autentikasi dapat dilakukan secara lokal.
2. Mengimplementasikan pipeline preprocessing yang meliputi face alignment, super resolution, quality assessment, CLAHE, denoising, dan sharpening untuk meningkatkan kualitas citra sebelum proses ekstraksi fitur wajah.
3. Menerapkan metode Incremental Enrollment agar sistem mampu menambahkan data wajah pengguna baru tanpa melakukan proses retraining model.
4. Mengevaluasi performa sistem smart door lock berdasarkan hasil pengujian akurasi pengenalan wajah, FAR, FRR, waktu inferensi, penggunaan sumber

daya perangkat (CPU, RAM, dan penyimpanan), serta pengujian fungsional pada perangkat edge computing.

5. Menganalisis pengaruh penerapan pipeline preprocessing terhadap akurasi pengenalan wajah dan waktu inferensi pada sistem yang dikembangkan.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Menjadi alternatif sistem penguncian konvensional dengan menyediakan mekanisme autentikasi berbasis pengenalan wajah yang lebih praktis, cepat, dan aman pada perangkat edge computing.
2. Meningkatkan variasi embedding wajah melalui penerapan pipeline preprocessing sehingga sistem lebih mampu beradaptasi terhadap perbedaan kondisi pencahayaan, kualitas citra, dan karakteristik perangkat kamera yang digunakan.
3. Menjadi alternatif penerapan sistem pengenalan wajah berbasis kecerdasan buatan yang memungkinkan penambahan pengguna baru tanpa memerlukan proses retraining model, sehingga pengelolaan data pengguna menjadi lebih efisien.
4. Menyediakan informasi hasil evaluasi performa sistem berdasarkan pengujian akurasi pengenalan wajah, FAR, FRR, waktu inferensi, penggunaan sumber daya perangkat, serta pengujian fungsional sebagai acuan dalam pengembangan implementasi sistem pada perangkat edge computing.
5. Memberikan gambaran mengenai kontribusi masing-masing tahapan pipeline preprocessing terhadap peningkatan performa sistem, khususnya dalam menghasilkan keseimbangan antara akurasi pengenalan wajah dan waktu inferensi, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan dan optimasi sistem pengenalan wajah berbasis edge computing di masa mendatang.

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

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan proposal penelitian ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan sebagai gambaran umum penyusunan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang menjadi landasan dalam penelitian, meliputi konsep edge computing, pengenalan wajah (face recognition), Edge-AI, deteksi dan pengolahan citra, MobileFaceNet, ArcFace, metode Incremental Enrollment, serta teknologi pendukung yang digunakan dalam pengembangan sistem. Selain itu, bab ini juga memuat penelitian terkait sebagai referensi dan pembandingan terhadap penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi rancangan penelitian, tahapan penelitian, serta objek penelitian yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi model pengenalan wajah, implementasi metode Incremental Enrollment, serta hasil pengujian sistem. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian akurasi pengenalan wajah, waktu inferensi, penggunaan sumber daya perangkat, dan pengujian fungsional sistem. Selain itu, pada bab ini juga dilakukan pembahasan terhadap hasil implementasi dan pengujian yang telah diperoleh.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pengenalan wajah berbasis MobileFaceNet dengan metode Incremental Enrollment pada platform edge computing Raspberry Pi 4B, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem smart door lock berbasis pengenalan wajah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan Raspberry Pi 4B sebagai perangkat edge computing, ESP32-CAM sebagai sumber akuisisi citra, serta MobileFaceNet berbasis TensorFlow Lite sebagai model ekstraksi fitur wajah. Sistem mampu melakukan seluruh proses autentikasi secara lokal (on-device), mulai dari deteksi wajah, preprocessing, ekstraksi embedding, penyimpanan data, hingga pengenalan identitas tanpa memerlukan server cloud eksternal.
2. Pipeline preprocessing yang terdiri atas face alignment, super resolution, quality assessment, CLAHE, denoising, dan sharpening berhasil diintegrasikan ke dalam sistem. Berdasarkan hasil pengujian, kombinasi Alignment + Super Resolution + CLAHE memberikan tingkat pengenalan perbandingan wajah terbaik sebesar 93,75%, lebih tinggi dibandingkan penggunaan Alignment saja yang memperoleh akurasi 75,00%. Sementara itu, penerapan denoising dan sharpening tidak memberikan peningkatan akurasi yang signifikan.
3. Metode Incremental Enrollment berhasil diterapkan sehingga sistem mampu menambahkan data wajah pengguna baru secara dinamis tanpa melakukan proses retraining model. Embedding wajah hasil proses enrollment langsung disimpan ke dalam database SQLite dan dapat segera digunakan pada proses

recognition sehingga penambahan pengguna dapat dilakukan secara lebih fleksibel pada perangkat edge computing.

4. Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan performa yang baik pada perangkat edge computing. Model MobileFaceNet yang dipretrain menggunakan ArcFace memperoleh akurasi sebesar 97,54% pada dataset CFP-FP dan 97,42% pada dataset AgeDB-30. Pada dataset LFW, penggunaan ArcFace meningkatkan akurasi verifikasi dari 95,41% menjadi 96,68% serta menurunkan nilai Equal Error Rate (EER) dari 0,0615 menjadi 0,0600. Pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan memori selama proses enrollment dan recognition berada pada kisaran 13,9%–16,0% tanpa penggunaan swap memory, serta seluruh fungsi utama sistem berhasil dijalankan sesuai hasil yang diharapkan berdasarkan pengujian Black Box Testing.
5. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan pipeline preprocessing mempengaruhi akurasi pengenalan wajah dan waktu inferensi sistem. Penggunaan Super Resolution meningkatkan akurasi pengenalan wajah, tetapi juga meningkatkan waktu pemrosesan baik pada proses enrollment maupun recognition dibandingkan konfigurasi tanpa Super Resolution. Dengan demikian, penerapan preprocessing memberikan pengaruh terhadap keseimbangan antara akurasi pengenalan wajah dan waktu inferensi pada sistem yang dikembangkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Penggunaan kamera dengan spesifikasi yang lebih baik disarankan untuk meningkatkan kualitas citra wajah pada proses *enrollment* maupun *recognition*. Kamera dengan resolusi lebih tinggi dan kualitas sensor 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

lebih baik berpotensi menghasilkan citra wajah yang lebih jelas sehingga dapat meningkatkan kualitas embedding dan akurasi pengenalan wajah.

2. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan model *face recognition* yang lebih modern dan memiliki performa lebih tinggi dibandingkan MobileFaceNet. Selain itu, perlu dilakukan perbandingan performa antara MobileFaceNet dengan model *pre-trained* seperti ArcFace untuk mengevaluasi perbedaan akurasi, waktu inferensi, dan penggunaan sumber daya pada perangkat edge computing.
3. Pengembangan metode *preprocessing* yang lebih cepat dikarenakan Super resolution (FSRCNN) sangat memakan waktu yang lama.

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



DAFTAR PUSTAKA

- Alarifi, A., Tolba, A., & Al-Makhadmeh, Z. (2022). Robust Biometric Authentication System for Smart Buildings based on Deep Learning. *Journal of Information Security and Applications*, 64, 103068.
- Aprianto, A. D., & Ramayanti, D. (2024). Penggunaan Klasifikasi Objek dalam Aplikasi Android untuk Melestarikan Kuliner Khas Indonesia. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 16(1), 25. <https://doi.org/10.22441/fifo.2024.v16i1.003>
- Arakadakis, K., Charalampidis, P., Makrogiannakis, A., & Fragkiadakis, A. (2022). Firmware Over-the-air Programming Techniques for IoT Networks-A Survey. *ACM Computing Surveys*, 54(9). <https://doi.org/10.1145/3472292>
- Arbain, A., Muhammad, M. A., Septiana, T., et al. (2022). Learning hoax news pada local dan cloud computing deployment menggunakan Google App Engine. *JITET*, 10(3), 183. <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v10i3.2646>
- Authme. (2024a). Face recognition system. Retrieved from <https://authme.com>
- Authme. (2024b). Face Recognition Technology and Authentication Steps. Retrieved from <https://authme.com>
- Ayuningtyas, P. K., Atmodjo, D., & Rachmadi, P. (2023). Performance And Functional Testing With The Black Box Testing Method. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 39(2), 212–218. <http://portal.perbanas.id>.
- Baazaoui, M. K., Ketata, I., Fakhfakh, A., & Derbel, F. (2023). Modeling of Packet Error Rate Distribution Based on Received Signal Strength Indications in OMNeT++ for Wake-Up Receivers. *Sensors*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/s23052394>
- Bara, M. S. B., & Hendrawati, T. D. (2023). Rancangan *smart door lock* berbasis *IoT* dengan verifikasi wajah. Dalam *Prosiding SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)* (hlm. 451–454). Politeknik Sukabumi.

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

- Barus, E., Pardede, K. M., & Manjorang, J. A. P. Br. (2024). Transformasi digital: Teknologi cloud computing dalam efisiensi akuntansi. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(3), 904–911. <https://doi.org/10.55338/saintek.v5i1.2862>
- Bauwens, J., Ruckebusch, P., Giannoulis, S., Moerman, I., & De Poorter, E. (2020). Over-the-Air Software Updates in the Internet-of-Things: An Overview of Key Principles. *IEEE Communications Magazine*. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900125>
- Behnke, I. (2024). Real-Time Aware IP-Networking for Resource-Constrained Embedded Devices. <https://doi.org/10.14279/depositonce-20667>
- Boutros, F., Damer, N., Kirchbuchner, F., & Kuijper, A. (2022). ElasticFace: Elastic Margin Loss for Deep Face Recognition. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*.
- Braten, A. E., Kraemer, F. A., & Palma, D. (2020). Autonomous IoT Device Management Systems: Structured Review and Generalized Cognitive Approach. *IEEE Access*, 8, 209228-209241.
- Deng, J., Guo, J., Zhou, Y., Yu, J., Kotsia, I., & Zafeiriou, S. (2021). RetinaFace: Single-shot multi-level face localisation in the wild. *International Journal of Computer Vision*, 129(1), 104–119.
- Guo, J., Deng, J., Lattas, A., & Zafeiriou, S. (2021). ArcFace: Additive angular margin loss for deep face recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43(2), 596–610.
- Hassan, A. M., Ali, A. B., & Mohammed, H. (2022). IoT-Based Smart Home Security Systems: A Comprehensive Review and Future Directions. *IEEE Access*, 10, 45678-45695.
- Huang, X., Wang, G., Zhang, Y., & Liu, Z. (2022). Research on facial expression recognition based on improved multi-feature fusion network. *Applied Sciences*, 12(15), 1–18.
- Kumar, S., Singh, P., & Sharma, A. (2021). Vulnerabilities in Traditional Access Control Systems and The Shift Towards IoT-Based Smart Locks. *International Journal of Network Security*, 23(4), 677-685.

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

Kumar, S., Singh, P., & Sharma, A. (2022). Edge-based Face Authentication using ArcFace and Edge-TPU. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(12), 9845-9856.

LanceDB. (2023). LanceDB documentation. Retrieved from <https://lancedb.com>

Li, H., Wang, N., Ding, X., & Yang, X. (2021). On deep learning for face recognition in the wild: A survey. *Pattern Recognition*, 110, 107617.

Li, Y., Zhang, X., & Chen, H. (2022). Framework for face recognition on edge devices. *Sensors*, 22(18), 1–20.

Liu, M., Li, S., & Liu, B. (2024). Single image super-resolution via global aware external attention and multi-scale residual channel attention network. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 15, 2309–2321.

Liu, Y., Yang, C., Jiang, L., Xie, S., & Zhang, Y. (2021). Edge Intelligence: Architectures, Challenges, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 23(4), 2826-2865.

Martins, J., Silva, R., & Costa, P. (2024). Innovative approaches to biometric authentication in smart door locks. *International Journal of Security and Privacy*, 18(2), 1–15.

Mun, S., & Lee, J. (2022). Visitor authentication system using face recognition on Raspberry Pi and Jetson Nano. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(5), 1–8.

Nettey, R. N. (2022). TinyML-based facial recognition system for resource-constrained devices. *International Journal of Embedded Systems and Applications*, 12(3), 45–56.

Nivas, K., Reddy, P., & Kumar, S. (2024). Incremental learning-enhanced ensemble convolutional neural network for robust pose-invariant face recognition. *Journal of Artificial Intelligence Research and Applications*, 8(1), 55–69.

OpenCV. (2024). Cascade classifier for object detection. Retrieved from <https://docs.opencv.org>

Öztürk, Ş. (2025). A new approach for standardized zero-shot face verification using Siamese neural networks with dynamic thresholding. *European Journal of*

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

Technique (EJT), 15(1), 1–15.

Pratama, A., Setiawan, B., & Widodo, T. (2023). Enhancing IoT Smart Door Lock Security using Image Enhancement and Cosine Similarity. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 7(2), 310-318.

Rahman, M. A., Asyhari, A. T., & Leong, P. (2023). Smart Building Security: Integrated Access Control and Identity Management Using Edge IoT. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(2), 1145-1158.

Rahman, M. A., Asyhari, A. T., & Leong, P. (2024). Localized Authentication for Smart Home using ESP32-CAM and Raspberry Pi. *IEEE Access*, 12, 15420-15435.

Restu Putra, G. N. (2025). Sistem Presensis Siswa Menggunakan Pengenalan Wajah Dengan Metode MobileFaceNet Berbasis Mobile. Undergraduate thesis, Politeknik Negeri Jember.

Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2021). LightFace: A hybrid deep face recognition framework. arXiv preprint arXiv:2109.02734. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2109.02734>

Setiawan, B., Pratama, A., & Widodo, T. (2023). Optimization of Face Recognition on Edge Devices Using ArcFace and Lightweight CNNs. *Journal of Computer Science and Information*, 15(1), 45-56.

SQLite Consortium. (2024). SQLite documentation. Retrieved from <https://www.sqlite.org/docs.html>

Van de Ven, G. M., Tuytelaars, T., & Tolias, A. S. (2022). Three Types of Incremental Learning. *Nature Machine Intelligence*, 4, 1185–1197.

Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep Face Recognition: A Survey. *Neurocomputing*, 429, 215-244.

Wang, M., Deng, W., Hu, J., Tao, X., & Huang, Y. (2020). Racial faces in the wild: Reducing racial bias by information maximization adaptation network. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)* (pp. 692–702).

Wang, X., Chen, Y., & Liu, Z. (2023). Efficient Incremental Learning for

Resource-Constrained Edge Devices. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2134-2143.

Wang, X., Zhang, S., Wang, Z., & Yan, J. (2021). Face recognition: From traditional to deep learning methods. *IEEE Access*, 9, 104936–104958.

Wang, Y., Zhang, X., & Li, M. (2024). Accelerating non-maximum suppression: A graph theory perspective. arXiv preprint arXiv:2409.20520. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2409.20520>

Zhang, H., Wu, J., & Li, M. (2022). Lightweight Face Recognition for Edge Computing based on MobileFaceNet. *Pattern Recognition Letters*, 158, 120-127.

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



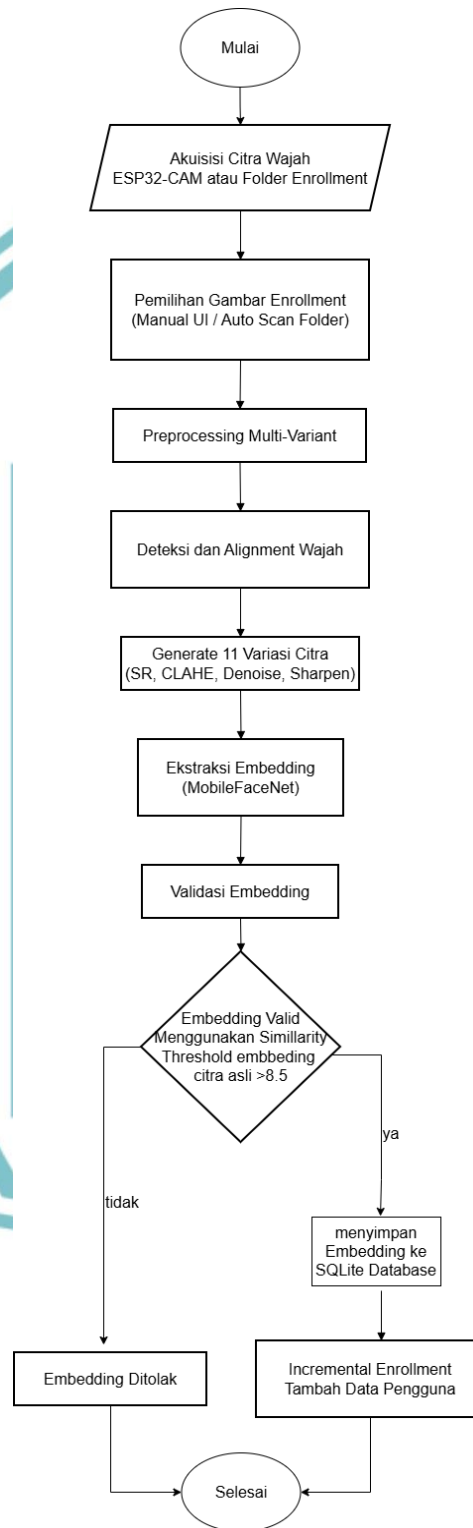
M. Berryl Muchtada

Penulis lahir di Makassar pada tahun 2004 dan merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Saat ini penulis berdomisili di Cimanggis, Kota Depok. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 106 Jakarta. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan tinggi pada Program Diploma Empat (D4) di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan. Saat ini penulis merupakan mahasiswa tingkat akhir pada program studi tersebut.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Lampiran 1

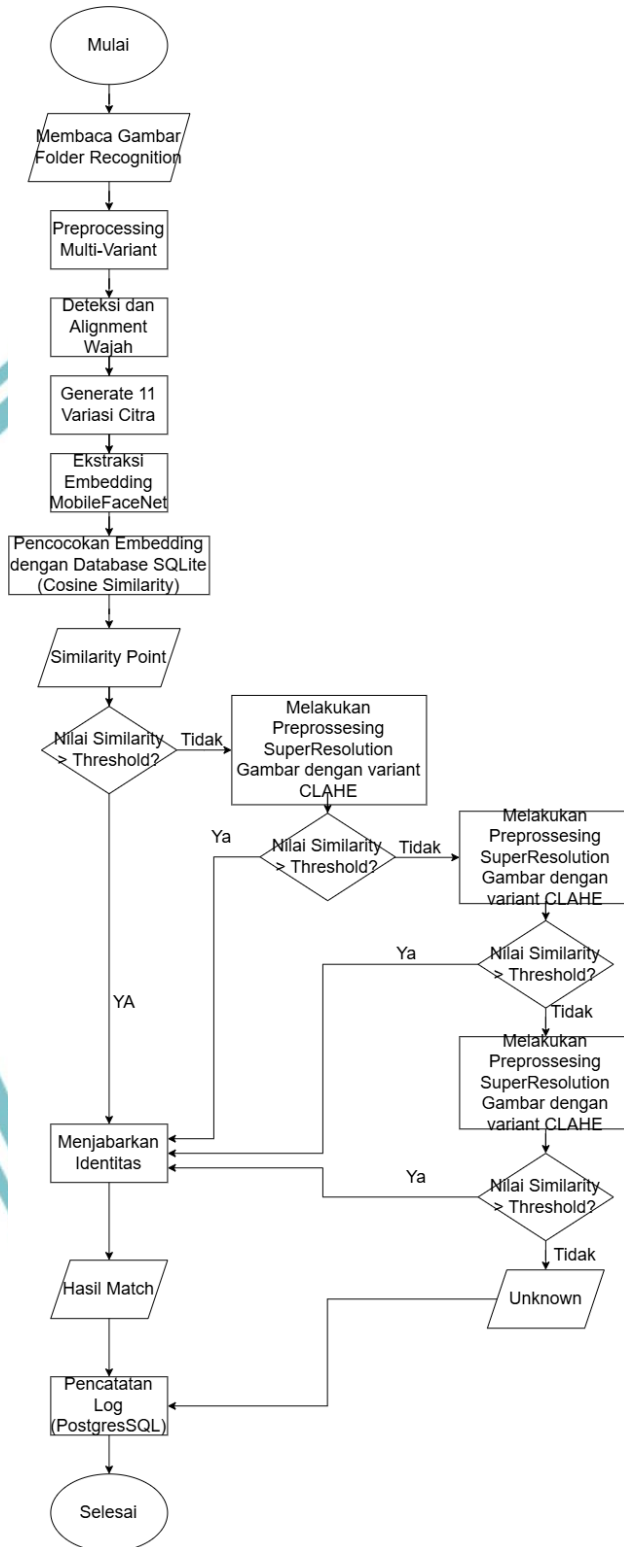
LAMPIRAN



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

Lampiran 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

Lampiran 3

Kode Program Implementasi ArcFace Loss

```
class ArcFace(Layer):
    def __init__(self, n_classes=10, s=64.0, m=0.50, regularizer=None, **kwargs):
        super(ArcFace, self).__init__(**kwargs)
        self.n_classes = n_classes
        self.s = s
        self.m = m
        self.regularizer = regularizers.get(regularizer)

    def build(self, input_shape):
        self.W = self.add_weight(name='W',
                                shape=(input_shape[0][-1], self.n_classes),
                                initializer='glorot_uniform',
                                trainable=True,
                                regularizer=self.regularizer)
        super(ArcFace, self).build(input_shape[0])

    def call(self, inputs):
        cos_m = math.cos(self.m)
        sin_m = math.sin(self.m)
        mm = sin_m * self.m
        threshold = math.cos(math.pi - self.m)

        embedding, labels = inputs

        embedding_norm = tf.norm(embedding, axis=1, keepdims=True)
        embedding = tf.divide(embedding, embedding_norm,
                               name='norm_embedding')
        weights = self.W
        weights_norm = tf.norm(weights, axis=0, keepdims=True)
        weights = tf.divide(weights, weights_norm, name='norm_weights')
        cos_t = tf.matmul(embedding, weights, name='cos_t')
        cos_t2 = tf.square(cos_t, name='cos_2')
        sin_t2 = tf.subtract(1., cos_t2, name='sin_2')
        sin_t = tf.sqrt(sin_t2, name='sin_t')
        cos_mt = self.s * tf.subtract(tf.multiply(cos_t, cos_m), tf.multiply(sin_t,
sin_m), name='cos_mt')

        cond_v = cos_t - threshold
        cond = tf.cast(tf.nn.relu(cond_v, name='if_else'), dtype=tf.bool)

        keep_val = self.s*(cos_t - mm)
```

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

```
cos_mt_temp = tf.where(cond, cos_mt, keep_val)

mask = labels
inv_mask = tf.subtract(1., mask, name='inverse_mask')

s_cos_t = tf.multiply(self.s, cos_t, name='scalar_cos_t')

logit = tf.add(tf.multiply(s_cos_t, inv_mask), tf.multiply(cos_mt_temp, mask),
name='arcface_loss_output')
out = tf.nn.softmax(logit)
return out

def compute_output_shape(self, input_shape):
    return (None, self.n_classes)

def get_config(self):
    return {'s': self.s, 'm': self.m, 'n_classes': self.n_classes}
```

Lampiran 4

Kode Program Implementasi Inverted Residual Block

```
def correct_pad(inputs, kernel_size):
    img_dim = 2 if tf.keras.backend.image_data_format() == 'channels_first' else 1
    input_size = tf.keras.backend.int_shape(inputs)[img_dim:(img_dim + 2)]

    if isinstance(kernel_size, int):
        kernel_size = (kernel_size, kernel_size)

    if input_size[0] is None:
        adjust = (1, 1)
    else:
        adjust = (1 - input_size[0] % 2, 1 - input_size[1] % 2)

    correct = (kernel_size[0] // 2, kernel_size[1] // 2)

    return ((correct[0] - adjust[0], correct[0]),
            (correct[1] - adjust[1], correct[1]))

def inverted_res_block(inputs, expansion, stride, filters, block_id):
    channel_axis = -1
    in_channels = tf.keras.backend.int_shape(inputs)[channel_axis]
```

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

```
pointwise_filters = filters
x = inputs
prefix = 'block_{ }_'.format(block_id)
```

```
# Expand
x = Conv2D(
    expansion * in_channels,
    kernel_size=1,
    padding='same',
    use_bias=False,
    activation=None,
    name=prefix + 'expand')(x)
x = BatchNormalization(
    axis=channel_axis,
    epsilon=1e-3,
    momentum=0.999,
    name=prefix + 'expand_BN')(x)
```

```
# Depthwise
if stride == 2:
    x = ZeroPadding2D(
        padding=correct_pad(x, 3),
        name=prefix + 'pad')(x)
x = DepthwiseConv2D(
    kernel_size=3,
    strides=stride,
    activation=None,
    use_bias=False,
    padding='same' if stride == 1 else 'valid',
    name=prefix + 'depthwise')(x)
x = BatchNormalization(
    axis=channel_axis,
    epsilon=1e-3,
    momentum=0.999,
    name=prefix + 'depthwise_BN')(x)
```

```
x = ReLU(6., name=prefix + 'depthwise_relu')(x)
```

```
# Project
x = Conv2D(
    pointwise_filters,
    kernel_size=1,
    padding='same',
    use_bias=False,
```

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

```

activation=None,
name=prefix + 'project')(x)
x = BatchNormalization(
axis=channel_axis,
epsilon=1e-3,
momentum=0.999,
name=prefix + 'project_BN')(x)

if in_channels == pointwise_filters and stride == 1:
    return Add(name=prefix + 'add')([inputs, x])

return x

```

Lampiran 5

Kode Program Implementasi MobileFaceNet

```

def mobilefacenet_arcface(n_classes=85742):
    weight_decay=0.00005

    # input
    input = Input(shape=(112, 112, 3), name='input')
    y = Input(shape=(n_classes), name='label')

    # Conv2D
    x = Conv2D(64, (3, 3), padding='same', strides=(2, 2),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), use_bias=False,
name='sec1_conv2d')(input)
    x = BatchNormalization(name='sec1_bn')(x)
    x = ReLU(name='sec1_relu')(x)

    # DepthwiseConv2D
    x = DepthwiseConv2D((3,3), padding='same', strides=(1, 1),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), use_bias=False,
name='sec2_depthwiseconv2d')(x)
    x = BatchNormalization(name='sec2_bn')(x)
    x = ReLU(name='sec2_relu')(x)
    x = Conv2D(64, (1, 1), padding='same', strides=(1, 1),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), name='sec2_conv2d',
use_bias=False)(x)

```

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

```
x = BatchNormalization(name='sec2_bn2')(x)

# InvertedResidualBlock
x = inverted_res_block(x, 2, 2, 64, 0)
x = inverted_res_block(x, 4, 2, 128, 1)
x = inverted_res_block(x, 2, 1, 128, 2)
x = inverted_res_block(x, 4, 2, 128, 3)
x = inverted_res_block(x, 2, 1, 128, 4)

# Conv2D 1x1
x = Conv2D(512, (1, 1), padding='same', strides=(1, 1),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), name='sec8_conv2d',
use_bias=False)(x)
x = BatchNormalization(name='sec8_bn')(x)
x = ReLU(name='sec8_relu')(x)

# linear GDConv 7x7
x = DepthwiseConv2D((7,7), padding='valid', strides=(1, 1),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), use_bias=False,
name='sec9_depthwiseconv2d')(x)
x = BatchNormalization(name='sec9_bn')(x)
x = Conv2D(512, (1, 1), padding='valid', strides=(1, 1),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), name='sec9_conv2d',
use_bias=False)(x)
x = BatchNormalization(name='sec9_bn2')(x)

# linear Conv2D 1x1
x = Conv2D(128, (1, 1), padding='same', strides=(1, 1),
kernel_initializer='glorot_uniform',
kernel_regularizer=regularizers.l2(weight_decay), use_bias=False,
name='sec10_conv2d')(x)
x = BatchNormalization(name='sec10_bn')(x)

# faltten
x = Flatten(dtype='float32')(x)

# embedding
x = tf.keras.layers.Lambda(lambda k: tf.keras.backend.l2_normalize(k, axis=-1),
name="embedding")(x)

# loss function
```

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

```
output = ArcFace(n_classes=85742, dtype='float32')([x, y])

return Model([input, y], output)
```

Lampiran 6

Kode Program StepWise Recognition

```
def _recognize_stepwise(self, image: np.ndarray, database: dict):
    # Kalau database kosong / image invalid, langsung unknown.
    if image is None or image.size == 0:
        return {
            'result': {'matched': False, 'user_id': None, 'similarity': 0.0, 'top_matches':
[]},
            'used_stage': 'UNKNOWN_FACE',
            'face_location': None,
            'quality_report': {},
            'used_face_for_preview': None,
        }

    variant_frames = self.pipeline.generate_enrollment_frames(image)
    if not variant_frames:
        return {
            'result': {'matched': False, 'user_id': None, 'similarity': 0.0, 'top_matches':
[]},
            'used_stage': 'UNKNOWN_FACE',
            'face_location': None,
            'quality_report': {},
            'used_face_for_preview': None,
        }

    best_similarity = -1.0
    best_result = {'matched': False, 'user_id': None, 'similarity': 0.0, 'top_matches':
[]}
    best_face_location = None
    best_quality_report = {}
    used_stage = 'UNKNOWN_FACE'
    used_face_for_preview = None

    for frame, variant_name in variant_frames:
        frame = self._to_uint8(frame)

    # FACE DETECTION (Haar + crop 112, sama helper dengan enrollment).
```

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

```

        face_crop, face_location = self.pipeline.detect_and_crop_face(frame,
padding_ratio=0.20)
        if face_crop is None or face_crop.size == 0:
            continue

        # QUALITY ANALYSIS pada face crop.
        quality_report =
self.pipeline.quality_checker.generate_quality_report(face_crop)

        # ORIGINAL RECOGNITION untuk varian ini (FaceEmbedder menangani
resize/normalize).
        embedding = self.embedder.extract_embedding(face_crop, enhance=False)
        if embedding is None:
            continue

        is_valid, _ = self.validator.validate_embedding(embedding)
        if not is_valid:
            continue

        result = self.recognizer.match(embedding, database)
        sim = float(result.get('similarity', 0.0))

        # Simpan best overall untuk logging kalau tetap no match.
        if sim > best_similarity:
            best_similarity = sim
            best_result = result
            best_face_location = face_location
            best_quality_report = quality_report
            used_face_for_preview = face_crop
            used_stage = variant_name

        # Kalau sudah match di varian ini, stop.
        if result.get('matched'):
            return {
                'result': result,
                'used_stage': variant_name,
                'face_location': face_location,
                'quality_report': quality_report,
                'used_face_for_preview': face_crop,
            }

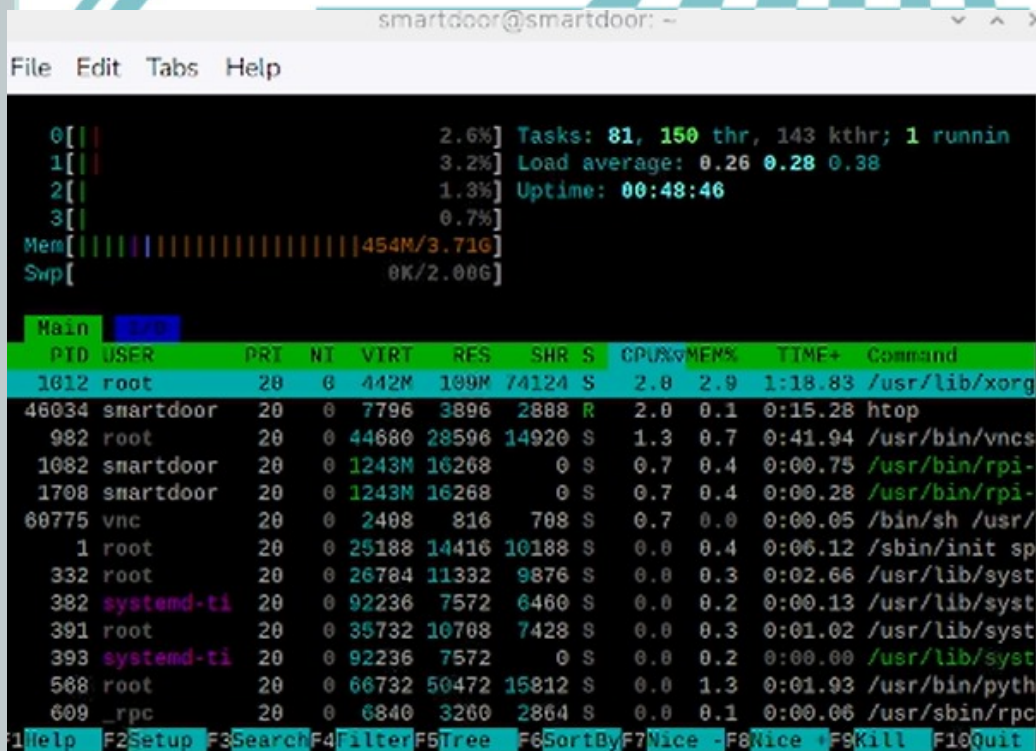
        # UNKNOWN FACE: pakai best_result yang similarity-nya paling tinggi
        meskipun < threshold.
        best_result['matched'] = False

```

```
best_result['user_id'] = None

return {
    'result': best_result,
    'used_stage': used_stage,
    'face_location': best_face_location,
    'quality_report': best_quality_report,
    'used_face_for_preview': used_face_for_preview,
}
```

Lampiran 7
Pengujian Penggunaan Sumber Daya Idle



Lampiran 8
Pengujian Penggunaan Sumber Daya Enrollment

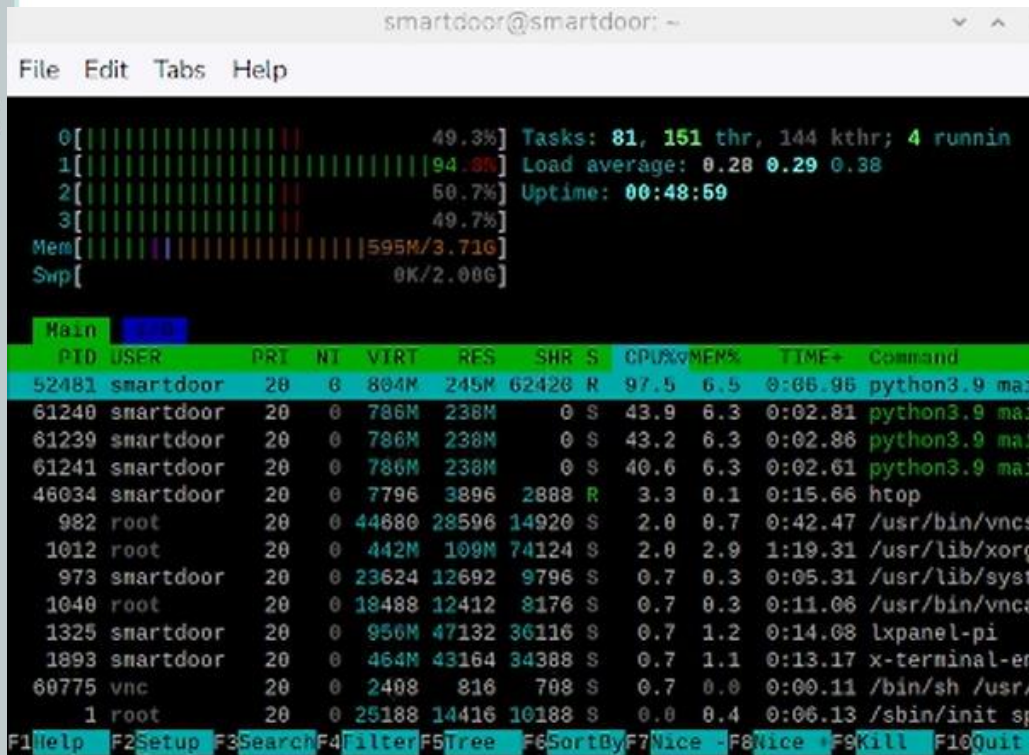
Hak Cipta :

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 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



Lampiran 9

Pengujian Penggunaan Sumber Daya Recognition

