

**SISTEM *TRACKING* DOSEN BERBASIS *FACE RECOGNITION*
MENGUNAKAN YOLOv26 DAN ARCFACE DENGAN
FITUR PELACAKAN LOKASI *REAL-TIME* SERTA
NOTIFIKASI OTOMATIS MELALUI *BOT* TELEGRAM**

SKRIPSI



Oleh:

RIZKY YULI ANDREANTO
NIM.2205101062

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

UNIVERSITAS PGRI MADIUN

JULI 2026

**SISTEM *TRACKING* DOSEN BERBASIS *FACE RECOGNITION*
MENGUNAKAN YOLOv26 DAN ARCFACE DENGAN
FITUR PELACAKAN LOKASI *REAL-TIME* SERTA
NOTIFIKASI OTOMATIS MELALUI *BOT* TELEGRAM**

SKRIPSI



Oleh:

RIZKY YULI ANDREANTO
NIM.2205101062

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

UNIVERSITAS PGRI MADIUN

JULI 2026

**SISTEM *TRACKING* DOSEN BERBASIS *FACE RECOGNITION*
MENGUNAKAN YOLOv26 DAN ARCFACE DENGAN
FITUR PELACAKAN LOKASI *REAL-TIME* SERTA
NOTIFIKASI OTOMATIS MELALUI *BOT* TELEGRAM**

SKRIPSI

Diajukan kepada Universitas PGRI Madiun untuk Memenuhi Salah Satu
Persyaratan dalam Menyelesaikan Program Sarjana Strata 1 Teknik
Informatika

Oleh:

RIZKY YULI ANDREANTO

NIM. 2205101062

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

UNIVERSITAS PGRI MADIUN

JULI 2026

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Skripsi oleh Rizky Yuli Andreanto telah diperiksa dan disetujui untuk diuji.

Madiun, 17 Juli 2026

Pembimbing I



Yessi Yunitasari, S.Kom., M.Cs.

NIDN. 0703069204

Madiun, 13 Juli 2026

Pembimbing II



Yoga Prisma Yuda, S.Kom., M.Kom

NIDN. 0722089002

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

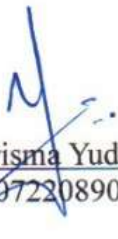
Skripsi oleh Rizky Yuli Andreanto telah dipertahankan di depan dosen penguji pada
Rabu, 23 Juli 2026.

Tim Penguji



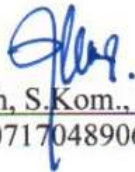
Yessi Yunitasari, S.Kom., M.Cs.
NIDN. 0703069204

Penguji I



Yoga Prisma Yuda, S.Kom., M.Kom.
NIDN. 0722089002

Penguji II



Saifulloh, S.Kom., M.Kom.
NIDN. 0717048906

Penguji III

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Nasta Profiah Hidayati, S.T., M.Pd.
NIDN. 0706108202

Menyetujui,

Kaprodi Teknik Informatika



Yoga Prisma Yuda, S.Kom., M.Kom.
NIDN. 0722089002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizky Yuli Andreanto

NIM : 2205101062

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa skripsi yang saya tulis dengan judul “Sistem *Tracking* Dosen Berbasis *Face Recognition* Menggunakan YOLOv26 Dan *Arcface* Dengan Fitur Pelacakan Lokasi *Real-Time* Serta Notifikasi Otomatis Melalui *Bot* Telegram” ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Madiun, 23 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Rizky Yuli Andreanto
NIM. 2205101062

SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN

KEPADA:

Alhamdulillahirabbil 'alamin,

*Karya ini merupakan ungkapan rasa syukur saya kepada Allah SWT
atas segala karunia dan nikmat-Nya yang tiada henti hingga saat ini.*

*Karya ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang telah berjuang
tanpa lelah demi masa depan saya, kepada kakak-kakak saya yang senantiasa
memberikan semangat, dan kepada seluruh teman-teman yang selalu memberikan
dukungan serta motivasi untuk menjadi pribadi yang lebih baik.*

MOTTO

“Ayah bekerja keras hingga usia senjanya demi membiayai pendidikan dan kehidupan anak-anaknya. Ibu telah melahirkan, merawat, serta memberikan kasih sayang dan perhatian yang tak terkira. Ketika dunia tidak berpihak dan segala sesuatu tidak berjalan sesuai rencana, mereka selalu hadir untuk mendukung saya. Dengan begitu besar pengorbanan yang telah mereka berikan, bagaimana mungkin kegagalan menjadi pilihan dan kesuksesan hanya menjadi impian? Bagi saya, anak yang telah menerima keistimewaan dari pengorbanan mereka, keberhasilan bukanlah sekadar impian, melainkan cita-cita yang harus diperjuangkan dan diwujudkan, mungkin tidak cepat tapi pasti berhasil.”

KATA PENGANTAR

Dengan segala rasa syukur dan penghargaan kepada Allah SWT, penulis berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi berjudul “Sistem *Tracking* Dosen Berbasis *Face Recognition* Menggunakan YOLOv26 Dan *Arcface* Dengan Fitur Pelacakan Lokasi Real-Time Serta Notifikasi Otomatis Melalui *Bot* Telegram”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu di Program Studi Teknik Informatika Universitas PGRI Madiun.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Supri Wahyudi Utomo, M.Pd. selaku Rektor Universitas PGRI Madiun.
2. Ibu Nasrul Rofiah Hidayati, S.T., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas PGRI Madiun.
3. Bapak Yoga Prisma Yuda, S.Kom., M.Kom. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika Universitas PGRI Madiun.
4. Ibu Yessi Yunitasari, S.Kom., M.Cs. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Yoga Prisma Yuda, S.Kom. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan dengan penuh kesabaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan

6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Informatika Universitas PGRI Madiun yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta pelayanan selama penulis menempuh pendidikan.
7. Kedua orang tua tercinta, kakak, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, semangat, dan pengorbanan yang tidak ternilai sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
8. Seluruh teman-teman Program Studi Teknik Informatika dan semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta semangat selama proses perkuliahan maupun penyusunan skripsi ini.
9. Angkringan Modjok yang telah menjadi tempat singgah sementara sejak awal masa perkuliahan yang menjadi saksi warna-warni perjuangan kami.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membutuhkan.

Madiun, 23 Juli 2026



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH SKRIPSI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Pembatasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Kegunaan Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Kajian Teoritis	9
1. Konsep Dasar <i>Website</i> dan Sistem Pelacakan Keberadaan Dosen ..	9
2. Infrastruktur Komputasi Cerdas	11
3. Kecerdasan Buatan dan Computer Vision	14
4. Sistem Pengenalan Biometrik Wajah	16
5. Arsitektur Model Deteksi dan Ekstraksi Fitur.....	19
6. Arsitektur Basis Data (Database)	23
7. Kerangka Kerja (<i>Framework</i>) Perangkat Lunak	26
8. Protokol Komunikasi dan Transmisi Waktu Nyata	30
9. Metodologi Rekayasa Perangkat Lunak	33
10. Pemodelan Visual Perangkat Lunak (UML)	37
11. Metrik Evaluasi Sistem.....	47
12. Layanan Pihak Ketiga Terintegrasi.....	48
13. Perangkat Pendukung Pemrosesan Citra	50

14. Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)	52
B. Kajian Empiris.....	56
C. Kerangka Berfikir.....	59
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	61
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	61
B. Metode Pengembangan Perangkat Lunak	62
C. Teknik Pengumpulan Data	67
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	70
A. Analisis Sistem.....	70
B. Perancangan Sistem.....	84
C. Implamentasi Sistem	147
D. Pengujian Sistem	177
BAB V PENUTUP	231
A. Kesimpulan.....	231
B. Saran.....	232
DAFTAR PUSTAKA	235
LAMPIRAN.....	240

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol dan Fungsi Flowchart	39
Tabel 2. 2 Simbol Use Case Diagram	41
Tabel 2. 3 Simbol Class Diagram.....	42
Tabel 2. 4 Simbol Activity Diagram	44
Tabel 2. 5 Simbol Sequence diagram.....	46
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	61
Tabel 4. 1 Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware).....	83
Tabel 4. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak (Software).....	83
Tabel 4. 3 Skenario Use Case Login	88
Tabel 4. 4 Skenario Use Case Kelola Pengaturan Akun	89
Tabel 4. 5 Skenario Use Case Kelola Log / Riwayat Pelacakan.....	90
Tabel 4. 6 Skenario Use Case Validasi Status Formal Dosen	91
Tabel 4. 7 Skenario Use Case Dashboard / Monitoring	92
Tabel 4. 8 Skenario Use Case Cari Keberadaan Dosen (/cari).....	93
Tabel 4. 9 Skenario Use Case Berlangganan / Kelola Notifikasi.....	94
Tabel 4. 10 Skenario Use Case Dashboard / Status Keberadaan Pribadi.....	96
Tabel 4. 11 Skenario Use Case Status Formal /Atur Status Non-Formal	97
Tabel 4. 12 Skenario Use Case Lihat Status Semua Dosen (/status)	98
Tabel 4. 13 Skenario Use Case Lihat Langganan Aktif (/langganan)	99
Tabel 4. 14 Skenario Use Case Batalkan Langganan (/batal)	100
Tabel 4. 15 Tabel Perancangan Database Users	127
Tabel 4. 16 Tabel Perancangan Database Lecturers	128
Tabel 4. 17 Tabel Perancangan Database Zones	128
Tabel 4. 18 Tabel Perancangan Database Lecturer Face Samples	129
Tabel 4. 19 Tabel Perancangan Database Camera Devices.....	130
Tabel 4. 20 Tabel Perancangan Database Detection Events.....	130
Tabel 4. 21 Tabel Perancangan Database <i>Tracking</i> Daily Summaries.....	131
Tabel 4. 22 Tabel Perancangan Database Attendance Logs	132
Tabel 4. 23 Tabel Perancangan Database Notification Requests	133
Tabel 4. 24 Tabel Perancangan Database Spoof Attempts	133
Tabel 4. 25 Tabel Perancangan Database Rooms.....	134
Tabel 4. 26 Tabel Perancangan Database Schedules.....	134
Tabel 4. 27 Tabel Perancangan Database Formal Statuses	135
Tabel 4. 28 Rangkaian lengkap pipeline	162
Tabel 4. 29 hasil training dan testing YOLOv26n	164
Tabel 4. 30 hasil training/laboratorium MiniFastNet.....	166
Tabel 4. 31 bukti training/pretrained dan testing	168

Tabel 4. 32 Pemetaan Keluaran Model AI ke Aksi Sistem	170
Tabel 4. 33 Tabel Tahapan Transisi Zona	172
Tabel 4. 34 Integrasi Enrollment Gallery dan Pipeline Runtime	175
Tabel 4. 35 parameter dan status kesiapan model	176
Tabel 4. 36 <i>Testing</i> Halaman Login	178
Tabel 4. 37 <i>Testing</i> Kelola Data Dosen	179
Tabel 4. 38 <i>Testing</i> Face Enrollment	180
Tabel 4. 39 <i>testing</i> Manajemen Zona dan Perangkat Kamera	181
Tabel 4. 40 <i>Testing</i> Kelola Log / Riwayat Pelacakan	182
Tabel 4. 41 <i>Testing</i> Validasi Status Formal	183
Tabel 4. 42 <i>Testing</i> Import Jadwal Kuliah	184
Tabel 4. 43 <i>Testing</i> Monitoring Dashboard dan Live Status	185
Tabel 4. 44 <i>Testing</i> DevTools Simulasi	185
Tabel 4. 45 <i>Testing</i> Dashboard (Beranda) Dosen	186
Tabel 4. 46 <i>Testing</i> Ajukan Status Formal dan Non-Formal	187
Tabel 4. 47 <i>Testing</i> Pengaturan Akun Dosen	187
Tabel 4. 48 <i>Testing Bot</i> Telegram (Mahasiswa)	188
Tabel 4. 49 Hasil Unit <i>Testing</i> Method Pemetaan Kehadiran	192
Tabel 4. 50 Hasil Unit <i>Testing</i> Method Anti-Spam	195
Tabel 4. 51 Hasil Unit <i>Testing</i> Method <i>evaluate_face_similarity()</i> Threshold ...	198
Tabel 4. 52 Hasil Unit <i>Testing</i> Method <i>Anti-Spoofing</i>	202
Tabel 4. 53 Hasil Unit <i>Testing</i> Method State Machine	205
Tabel 4. 54 <i>Rekapitulasi Hasil Pengujian White-Box Backend</i>	206
Tabel 4. 55 Rincian Himpunan Data Uji Lapangan Independen	209
Tabel 4. 56 Perhitungan Sampel Uji Liveness	210
Tabel 4. 57 Hitungan Pasangan Genuine ArcFace	211
Tabel 4. 58 Perhitungan Pasangan Impostor ArcFace	212
Tabel 4. 59 Progres Hasil Pelatihan YOLOv26 Nano pada Kaggle	213
Tabel 4. 60 Hasil Evaluasi Deteksi Wajah YOLOv26 Nano	214
Tabel 4. 61 Hasil Evaluasi Laboratorium MiniFASNetV2	218
Tabel 4. 62 Perbandingan Performa & Kalibrasi <i>Anti-Spoofing</i>	221
Tabel 4. 63 Metrik Evaluasi & Kalibrasi Pengenalan Wajah ArcFace	225
Tabel 4. 64 Rekapitulasi Status Pengujian dan Kalibrasi Tiga Model AI Kiosk	229

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan Akurasi dan Kecepatan Inferensi YOLO.....	21
Gambar 2. 2 Arsitektur dari Sqlite	24
Gambar 2. 3 Overview of our approach for automatically testing ORMs.,.....	26
Gambar 2. 4 Penggunaan memori tiap API.....	28
Gambar 2. 5 Utilisasi CPU tiap API,	28
Gambar 2. 6 Halaman Dashboard Dari react	30
Gambar 2. 7 Fetching data pada React Hooks,	30
Gambar 2. 8 Kartu Class Responsibilities Collaboration (CRC).....	35
Gambar 2. 9 Bagan Alir Siklus TDD	37
Gambar 3. 1 Flow Extereme Programing	63
Gambar 4. 1 Flowchart Sistem Lama.....	71
Gambar 4. 2 Flowchart Sistem Baru	73
Gambar 4.3 Use case diagram.....	86
Gambar 4. 4 Activity Diagram Login (Admin & Dosen)	102
Gambar 4. 5 Activity Diagram Kelola Pengaturan Akun.....	103
Gambar 4. 6 Activity Diagram Kelola Log / Riwayat Pelacakan	104
Gambar 4. 7 Activity Diagram Validasi Status Formal Dosen.....	105
Gambar 4. 8 Activity Diagram Dashboard / Monitoring Keberadaan Dosen	106
Gambar 4. 9 Activity Diagram Case Cari Keberadaan Dosen (/cari)	107
Gambar 4. 10 Activity Diagram Berlangganan / Kelola Notifikasi	108
Gambar 4. 11 Activity Diagram Dashboard / Status Keberadaan Pribadi	109
Gambar 4. 12 Activity Diagram Ajukan Status Formal & Atur Status Non-Formal	110
Gambar 4. 13 Activity Diagram Lihat Status Semua Dosen (/status).....	111
Gambar 4. 14 Activity Diagram Lihat Langganan Aktif (/langganan)	112
Gambar 4. 15 Activity Diagram Batalkan Langganan (/batal)	113
Gambar 4. 16 Sequence Diagram Login	114
Gambar 4. 17 <i>Sequence</i> Diagram Kelola Pengaturan Akun	115
Gambar 4. 18 <i>Sequence</i> Diagram Kelola Log / Riwayat Pelacakan	116
Gambar 4. 19 <i>Sequence</i> Diagram Validasi Status Formal Dosen	117
Gambar 4. 20 <i>Sequence</i> Diagram Dashboard / Monitoring	118
Gambar 4. 21 <i>Sequence</i> Diagram Cari Keberadaan Dosen (/cari).....	119
Gambar 4. 22 <i>Sequence</i> Diagram Berlangganan / Kelola Notifikasi.....	120
Gambar 4. 23 <i>Sequence</i> Diagram Dashboard / Status Keberadaan Pribadi	121
Gambar 4. 24 <i>Sequence</i> Diagram Status Formal & Atur Status Non-Formal.....	122
Gambar 4. 25 <i>Sequence</i> Diagram Lihat Status Semua Dosen (/status).....	123
Gambar 4. 26 <i>Sequence</i> Diagram Lihat Langganan Aktif (/langganan)	124

Gambar 4. 27 <i>Sequence Diagram</i> Batalkan Langganan (/batal)	125
Gambar 4. 28 <i>Class Diagram</i>	126
Gambar 4. 29 <i>Wireframe</i> Login Page	136
Gambar 4. 30 <i>Wireframe</i> Dashboard <i>Admin</i>	136
Gambar 4. 31 <i>Wireframe</i> Live Status	137
Gambar 4. 32 <i>Wireframe</i> Live Status	137
Gambar 4. 33 <i>Wireframe</i> Validasi Status Formal	138
Gambar 4. 34 <i>Wireframe</i> Lecturers	138
Gambar 4. 35 <i>Wireframe</i> Enrollment Daftar Dosen Baru	139
Gambar 4. 36 <i>Wireframe</i> Enrollment Update Wajah Dosen	139
Gambar 4. 37 <i>Wireframe</i> Zones	140
Gambar 4. 38 <i>Wireframe</i> Import Jadwal	140
Gambar 4. 39 <i>Wireframe</i> Dashboard Dosen Ganti Password Akun.....	141
Gambar 4. 40 <i>Wireframe</i> Dashboard Beranda Dosen	141
Gambar 4. 41 <i>Wireframe</i> Dashboard Dosen Pilih Jenis Status	142
Gambar 4. 42 <i>Wireframe</i> DevTools 1	142
Gambar 4. 43 <i>Wireframe</i> DevTools 2	143
Gambar 4. 44 <i>Wireframe</i> DevTools 3	143
Gambar 4. 45 <i>Wireframe</i> Display Radar	144
Gambar 4. 46 <i>Wireframe</i> kiosk	144
Gambar 4. 47 <i>Wireframe</i> Bot Telegram Langganan Notifikasi Dosen.....	145
Gambar 4. 48 <i>Wireframe</i> Bot Telegram Status Semua Dosen.....	145
Gambar 4. 49 <i>Wireframe</i> Bot Telegram Cari Keberadaan Dosen	146
Gambar 4. 50 <i>Wireframe</i> Bot Telegram Kelola & Batalkan.....	146
Gambar 4. 51 Tampilan Halaman Login	147
Gambar 4. 52 Tampilan Dashboard <i>Admin</i>	148
Gambar 4. 53 Tampilan Live Status Dosen.....	148
Gambar 4. 54 Tampilan Rekap Log / Riwayat Pelacakan.....	149
Gambar 4. 55 Tampilan Validasi Status Formal.....	149
Gambar 4. 56 Tampilan Kelola Data Dosen	150
Gambar 4. 57 Tampilan Face Enrollment Dosen Baru	150
Gambar 4. 58 Tampilan Face Enrollment Update Wajah Dosen	151
Gambar 4. 59 Tampilan Manajemen Zona Kampus	151
Gambar 4. 60 Tampilan Import Jadwal Kuliah	152
Gambar 4. 61 Tampilan DevTools Mock Clock	152
Gambar 4. 62 Tampilan DevTools Mock Clock	153
Gambar 4. 63 Tampilan DevTools Mock Detect.....	153
Gambar 4. 64 Tampilan DevTools Hasil Simulasi.....	154
Gambar 4. 65 Halaman beranda dosen	154
Gambar 4. 66 Tampilan Pengaturan Akun Dosen	155

Gambar 4. 67 Tampilan Pengajuan Surat Status	156
Gambar 4. 68 Tampilan Public Radar Display	156
Gambar 4. 69 Tampilan Kiosk	157
Gambar 4. 70 Tampilan <i>Bot</i> Telegram Langganan & Notifikasi Deteksi Dosen	158
Gambar 4. 71 Tampilan <i>Bot</i> Telegram Status Semua Dosen	158
Gambar 4. 72 Tampilan <i>Bot</i> Telegram Cari Keberadaan Dosen	159
Gambar 4. 73 Tampilan <i>Bot</i> Telegram Kelola & Batalkan Langganan.....	159
Gambar 4. 74 Kedudukan pipeline AI kiosk	161
Gambar 4. 75 Arsitektur dsn Pipeline Ai	162
Gambar 4. 76 Alur Kerja YOLOv26 pada Kiosk.....	163
Gambar 4. 77 Kurva training YOLOv26 (loss & mAP)	164
Gambar 4. 78 Cabang Keputusan Liveness MiniFASNetV2.....	165
Gambar 4. 79 Grafik Training MiniFastNetv2.....	166
Gambar 4. 80 Grafik Pengujian Model MiniFastNet.....	167
Gambar 4. 81 Alur ArcFace Recognition dan Matching Gallery	168
Gambar 4. 82 Distribusi cosine genuine vs impostor ArcFace	169
Gambar 4. 83 Pemetaan Keluaran Model AI ke Aksi Sistem	170
Gambar 4. 84 Arsitektur Transisi Zona Virtual	172
Gambar 4. 85 Integrasi Bot Telegram pada Sistem Dosen Tracker	174
Gambar 4. 86 Integrasi Enrollment dengan Pipeline Runtime	175
Gambar 4. 87 Ringkasan End-to-End AI ke Status Ketersediaan	177
Gambar 4. 88 Source Code Method State Ketersediaan FILO	190
Gambar 4. 89 Control Flow Graph Method State Ketersediaan FILO	190
Gambar 4. 90 <i>Source Code Method Anti-Spam</i>	193
Gambar 4. 91 <i>Control Flow Graph Method Anti-Spam</i>	194
Gambar 4. 92 Source Code Method Threshold.....	196
Gambar 4. 93 Control Flow Graph Method evaluate <i>_face_similarity()</i>	197
Gambar 4. 94 Source Code Method <i>Anti-Spoofing</i>	200
Gambar 4. 95 Control Flow Graph Method evaluate <i>_liveness_gate()</i>	200
Gambar 4. 96 Source Code Method Transisi State Machine	203
Gambar 4. 97 <i>Control Flow Graph Method Transisi State Machine</i>	204
Gambar 4. 98 gambar running seluruh test	206
Gambar 4. 99 Kurva Pelatihan YOLOv26 Nano: Penurunan Loss dan Peningkatan mAP@0.5 (Epoch 1–120)	213
Gambar 4. 100 Perbandingan Validasi Test Set	215
Gambar 4. 101 Kurva mAP dan Kurva Loss	215
Gambar 4. 102 <i>Kurva Pelatihan MiniFASNetV2</i>	219
Gambar 4. 103 <i>Kurva ROC Hasil Evaluasi Laboratorium MiniFASNetV2</i>	219
Gambar 4. 104 <i>Confusion Matrix Hasil Evaluasi Laboratorium MiniFASNetV2</i>	219
Gambar 4. 105 <i>Distribusi Liveness Score Kelas Live dan Spoof</i>	221

Gambar 4. 106 Kurva Karakteristik APCER dan BPCER s	222
Gambar 4. 107 Confusion Matrix Anti-Spoofing	222
Gambar 4. 108 Kalibrasi Anti Spoof.....	224
Gambar 4. 109 Grafik Distribusi Cosine Similarity.....	226
Gambar 4. 110 Kurva Receiver Operating Characteristic	226
Gambar 4. 111 Kurva (FAR) dan (FRR).....	227