

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENALAN WAJAH
BERBASIS *FACE TRACKING* MENGGUNAKAN
FRAMEWORK MEDIAPIPE DAN MIKROKONTROLER
ESP-32**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Pertanian
Universitas Islam Nusantara

Oleh

Mukhlis Aburizal Khordowi

41037006221015



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
BANDUNG
2026**

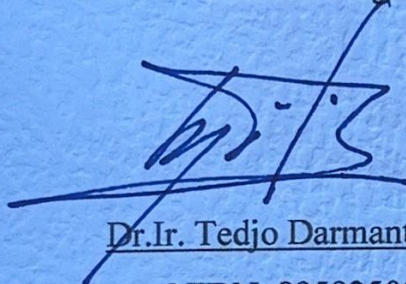
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas : Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis
Akhir *Face Tracking* Menggunakan *Framework* MediaPipe
dan Mikrokontroler ESP-32
Nama : Mukhlis Aburizal Khordowi
NIM : 41037006221015
Program Studi : Teknik Informatika

Tanggal Lulus: 24 Juli 2026

Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Dr. Ir. Tedjo Darmanto, M.T.

NIDN. 8959250022

Pembimbing II,



Galih, S.T., M.Kom.

NIDN. 0427068707

Diketahui oleh,

Dekan,

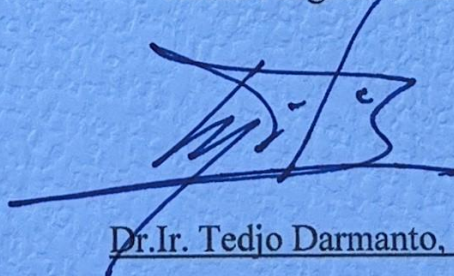


FTP UNINUS
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Dr. Debby Ustari, S.P., M.P.

NIDN. 0401129202

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Tedjo Darmanto, M.T.

NIDN. 8959250022

HALAMAN PENGESAHAN SIDANG

Judul Tugas : Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis
Akhir *Face Tracking* Menggunakan *Framework* MediaPipe
dan Mikrokontroler ESP-32
Nama : Mukhlis Aburizal Khordowi
NIM : 41037006221015
Program Studi : Teknik Informatika

Telah dipertahankan di depan dewan penguji dalam sidang tugas akhir:

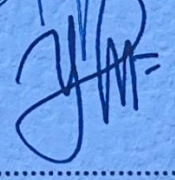
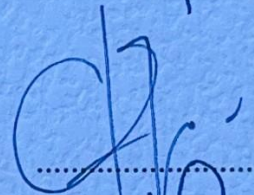
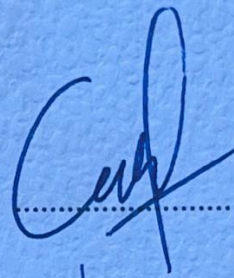
Hari : Jum'at
Tanggal : 24 Juli 2026

Disetujui,

Ketua Sidang : M. Ikmal Wirawan,
S.Tr.Kom., M.Kom.
NIDN. 0429089401

Penguji 1 : Siti Nur, S.ST., M.Kom.
NIDN. 0425058705

Penguji 2 : Yenni Fatman, S.T., M.T.
NIDN. 0403048106



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Mukhlis Aburizal Khordowi
NIM : 41037006221015
Fakultas : Teknik dan Pertanian
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis
Face Tracking Menggunakan *Framework* MediaPipe
dan Mikrokontroler ESP-32

dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis atau diterbitkan sebelumnya, kecuali yang secara tertulis dikutip dan diacu dalam naskah ini sesuai kode etik ilmiah.
2. Data, informasi, dan hasil analisis yang disajikan adalah valid, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik, serta tidak mengandung unsur manipulasi atau fabrikasi data.
3. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiarisme, pemalsuan data, atau pelanggaran integritas akademik lainnya, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Islam Nusantara, termasuk pembatalan gelar yang telah diperoleh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada paksaan dari pihak mana pun, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 20 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,

Mukhlis Aburizal Khordowi
NIM. 41037006221015

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala Puji dan Syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, kemudahan dan karunia-Nya yang diberikan kepada saya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta para umatnya hingga akhir zaman. Berkat limpahan rahmat dari Allah SWT dan tuntunan Rasulullah SAW, akhirnya skripsi ini yang berjudul “**Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis Face Tracking Menggunakan Framework MediaPipe dan Mikrokontroler ESP-32**” dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Informatika di Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara.

Saya menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa ada bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung pada saat penyusunan skripsi ini, diantaranya:

1. Yang tercinta dan tersayang, kedua orang tua saya, **Bapak Purnomo** dan **Ibu Sriati**, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, motivasi, serta pengorbanan yang tiada henti dalam setiap langkah perjalanan saya. Tidak lupa kepada kakak-kakak saya, **Isnaini Khusnul Rohmah** dan **Annisa Husnul Khotimah**, yang selalu menjadi *support system*, memberikan semangat, perhatian, dan dorongan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak **Dr. Ir. Tedjo Darmanto, M.T** selaku pembimbing I, atas segala waktu, bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak **Galih, S.T., M.Kom** selaku pembimbing II, atas bimbingan, saran, dan koreksi yang membangun sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan lebih baik.

4. Bapak **Dr. Ir. Tedjo Darmanto, M.T** selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Nusantara Bandung.
5. Ibu **Dr. Debby Ustari, S.P., M.P** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Pertanian Universitas Islam Nusantara Bandung.
6. Ibu **Siti Nur, S.ST., M.Kom** yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, dan motivasi selama masa perkuliahan sehingga menjadi bekal yang berharga dalam perjalanan akademik saya.
7. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama saya menempuh masa perkuliahan.
8. Sahabat-sahabat saya yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan menjadi tempat berbagi cerita selama menjalani masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh pimpinan, rekan kerja, dan keluarga besar **PT. Radar Telekomunikasi Indonesia**, yang telah memberikan dukungan, pengalaman, serta ilmu yang bermanfaat selama proses magang dan penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Informatika angkatan 2022, atas kebersamaan, diskusi, dan semangat saling mendukung selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir.
11. Diri saya sendiri, yang telah berusaha, berjuang, dan terus percaya hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis *Face Tracking* Menggunakan *Framework MediaPipe* dan Mikrokontroler ESP-32"**. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Pertanian, Universitas Islam Nusantara Bandung.

Laporan ini disusun dengan tujuan mengembangkan sistem pengawasan ruangan berbasis *face tracking* dan *face recognition* yang dapat membantu proses pemantauan serta identifikasi orang yang memasuki ruangan, khususnya di PT Radar Telekomunikasi Indonesia. Dalam penyusunannya, penulis melaksanakan berbagai tahapan penelitian menggunakan metode pengembangan *Prototyping* hingga diperoleh sistem yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan, baik dari segi penulisan maupun substansi penelitian. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan penelitian di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi salah satu referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Informatika, *Computer Vision*, dan Internet of Things (IoT).

Bandung, 24 Juli 2026

Mukhlis Aburizal Khordowi

ABSTRAK

MUKHLIS ABURIZAL KHORDOWI. 2026. Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis *Face Tracking* Menggunakan *Framework* MediaPipe dan Mikrokontroler ESP-32. Dibimbing oleh Dr.Ir. Tedjo Darmanto, M.T. dan Galih, S.T., M.Kom.

Perkembangan teknologi *computer vision* telah mendorong pengembangan berbagai sistem yang mampu mendeteksi, melacak, dan mengenali objek secara otomatis. Salah satu penerapannya adalah sistem pengenalan wajah yang memanfaatkan teknologi *face tracking* dan *face recognition*. Agar proses pengenalan wajah dapat berlangsung secara optimal, sistem perlu mampu menjaga posisi wajah tetap berada dalam bidang pandang kamera selama proses identifikasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pengenalan wajah berbasis *face tracking* menggunakan Framework MediaPipe dan mikrokontroler ESP-32. Framework MediaPipe digunakan untuk mendeteksi posisi wajah secara *real-time* sekaligus mengendalikan pergerakan kamera melalui mekanisme *servo pan-tilt* yang dikontrol oleh ESP-32, sedangkan Framework DeepFace dengan model ArcFace digunakan untuk mengenali wajah yang telah terdaftar pada dataset serta membedakannya dengan Orang Tidak Dikenal (OTK). Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Prototype, yang meliputi tahapan *Communication, Quick Plan, Modeling Quick Design, Construction of Prototype*, serta *Deployment, Delivery and Feedback*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi wajah pada berbagai orientasi yang diuji, mengikuti pergerakan wajah secara *real-time* dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 30,65 ms, mendeteksi wajah hingga jarak sekitar 4 meter, serta mengenali wajah secara optimal hingga jarak sekitar 2 meter. Pengujian *face recognition* terhadap empat karyawan dan satu objek OTK dengan total 50 titik pengamatan menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 80%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi deteksi, pelacakan, dan pengenalan wajah secara otomatis sesuai dengan tujuan penelitian.

Kata Kunci : *Computer Vision, Face Tracking, Face Recognition*, Pengawasan Ruangan, MediaPipe.

ABSTRACT

MUKHLIS ABURIZAL KHORDOWI. 2026. Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Berbasis *Face Tracking* Menggunakan *Framework* MediaPipe dan Mikrokontroler ESP-32. Dibimbing oleh Dr.Ir. Tedjo Darmanto, M.T. dan Galih, S.T., M.Kom.

The advancement of computer vision technology has encouraged the development of various systems capable of automatically detecting, tracking, and recognizing objects. One of its applications is a face recognition system that utilizes face tracking and face recognition technologies. To ensure an optimal face recognition process, the system must be able to keep the face within the camera's field of view during the identification process. This study aims to design and develop a face recognition system based on face tracking using the MediaPipe Framework and the ESP-32 microcontroller. The MediaPipe Framework is utilized to detect face positions in real time and control camera movement through a pan-tilt servo mechanism driven by the ESP-32, while the DeepFace Framework with the ArcFace model is employed to recognize registered faces and distinguish them from Unknown Persons. The system was developed using the Prototype method, which consists of the Communication, Quick Plan, Modeling Quick Design, Construction of Prototype, and Deployment, Delivery and Feedback stages. The experimental results show that the system is capable of detecting faces in all tested orientations, tracking face movements in real time with an average detection time of 30.65 ms, detecting faces at distances of up to 4 meters, and recognizing faces optimally at distances of up to 2 meters. Face recognition testing conducted on four registered employees and one unknown subject with a total of 50 observation points achieved an average recognition accuracy of 80%. Based on these results, the developed system successfully performs automatic face detection, tracking, and recognition in accordance with the objectives of this study.

Keywords: *Computer Vision, Face Tracking, Face Recognition, Surveillance, MediaPipe.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Jadwal Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 State of the Art	8

2.2 Pengolahan Citra Digital.....	14
2.3 <i>Computer Vision</i>	14
2.4 <i>Deep Learning</i>	15
2.5 <i>Face Detection</i>	16
2.6 <i>Face Tracking</i>	17
2.7 <i>Face Recognition</i>	17
2.8 MediaPipe	19
2.9 DeepFace.....	20
2.10 ArcFace	21
2.11 <i>Cosine Similarity</i>	22
2.12 Mikrokontroler ESP-32.....	23
2.13 Motor Servo	24
2.14 Webcam.....	25
2.15 Python	26
2.16 Metode Prototyping.....	26
2.17 <i>Unified Modeling Language (UML)</i>	28
2.17.1 <i>Use Case Diagram</i>	28
2.17.2 <i>Activity Diagram</i>	29
2.17.3 <i>Sequence Diagram</i>	30
2.17.4 <i>Deployment Diagram</i>	31
2.18 Pengujian Blackbox	33
2.19 Gambaran Umum Perusahaan.....	33
2.19.1 Visi dan Misi Perusahaan.....	34
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	35
3.1 Kerangka Berpikir.....	35

3.2 Metode Penelitian.....	37
3.3 Prosedur Penelitian.....	39
3.4 Perbandingan Metode Pengembangan	44
3.5 Identifikasi Kebutuhan Sistem	46
3.5.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	46
3.5.2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	47
3.6 Rancangan Sistem	47
3.6.1 Arsitektur Sistem.....	48
3.6.2 Perancangan Perangkat Keras.....	49
3.6.3 Persiapan Dataset.....	51
3.6.4 Perancangan Perangkat Lunak.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Implementasi Sistem	60
4.1.1 Implementasi Perangkat Keras	60
4.1.2 Implementasi Dataset.....	65
4.1.3 Implementasi Perangkat Lunak	66
4.2 Pengujian Sistem.....	77
4.2.1 Pengujian Face Detection	78
4.2.2 Pengujian Face Tracking.....	81
4.2.3 Pengujian Face Recognition	83
4.2.4 Pengujian Jarak Operasional Sistem.....	97
4.2.5 Pengujian Waktu Deteksi Wajah.....	98
4.3 Analisis Hasil Pengujian	99
BAB V PENUTUP.....	102
5.1 Kesimpulan	102

5.2 Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN.....	108
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	116

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jadwal Penelitian	6
Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya (State of the Art).....	8
Tabel 2. 2 Notasi <i>Use Case Diagram</i>	29
Tabel 2. 3 Notasi <i>Activity Diagram</i>	30
Tabel 2. 4 Notasi <i>Sequence Diagram</i>	31
Tabel 2. 5 Notasi <i>Deployment Diagram</i>	32
Tabel 3. 1 Perbandingan Metode Pengembangan.....	44
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dataset Karyawan.....	65
Tabel 4. 2 Pengujian Face Detection	78
Tabel 4. 3 Pengujian Face Tracking.....	82
Tabel 4. 4 Pengujian Face Recognition	84
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian terhadap Karyawan Ahnaf.....	87
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian terhadap Karyawan Febi.....	89
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian terhadap Karyawan Arga	91
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian terhadap Karyawan Misbah.....	92
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian terhadap Orang Tidak Dikenal	94
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Akurasi Face Recognition	96
Tabel 4. 11 Pengujian Jarak Operasional Sistem.....	97
Tabel 4. 12 Pengujian Waktu Deteksi Wajah.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Face Landmark Detection and Segmentation using MediaPipe	20
Gambar 2. 2	Proses Pembentukan Vector Embeddings pada DeepFace	21
Gambar 2. 3	Mikrokontroler ESP-32	23
Gambar 2. 4	Motor Servo	24
Gambar 2. 5	Webcam.....	25
Gambar 2. 6	Metode Prototyping	27
Gambar 3. 1	Kerangka Berpikir	35
Gambar 3. 2	Alur Prosedur Penelitian	39
Gambar 3. 3	Arsitektur Sistem	48
Gambar 3. 4	Rancangan Perangkat Keras	49
Gambar 3. 5	<i>Pan-Tilt Bracket</i>	50
Gambar 3. 6	Folder Wajah Karyawan	51
Gambar 3. 7	Flowchart	52
Gambar 3. 8	<i>Use Case Diagram</i>	53
Gambar 3. 9	Activity Diagram	55
Gambar 3. 10	<i>Sequence Diagram</i>	56
Gambar 3. 11	<i>Deployment Diagram</i>	57
Gambar 3. 12	Wireframe Antarmuka Sistem.....	58
Gambar 4. 1	Implementasi Mekanisme Bracket Pan-Tilt.....	61
Gambar 4. 2	Implementasi Integrasi <i>Servo</i> dengan <i>ESP-32</i>	62
Gambar 4. 3	Implementasi Keseluruhan Sistem.....	63
Gambar 4. 4	Tampak Belakang Sistem dan Koneksi Serial USB	64
Gambar 4. 5	Struktur Folder Dataset Karyawan	65
Gambar 4. 6	Inisiasi Detektor.....	67
Gambar 4. 7	Kode Proses Deteksi Wajah.....	68
Gambar 4. 8	Kode Ekstraksi <i>Bounding Box</i>	68
Gambar 4. 9	Kode Pengiriman Perintah Serial ke <i>ESP-32</i>	69
Gambar 4. 10	Kode <i>Load Encoding Dataset</i>	70

Gambar 4. 11 Kode Ekstraksi <i>Embedding</i> Wajah.....	71
Gambar 4. 12 Kode Pencocokan Wajah	72
Gambar 4. 13 Kode Inisialisasi ESP-32	73
Gambar 4. 14 Kode Pergerakan Servo ESP-32	74
Gambar 4. 15 Tampilan Sistem Sebelum Deteksi Wajah	75
Gambar 4. 16 Tampilan Sistem Saat Wajah Karyawan Terdeteksi.....	76
Gambar 4. 17 Tampilan Sistem Saat Orang Tidak Dikenal Terdeteksi	77
Gambar 4. 18 Pengujian Face Detection Wajah Menghadap Depan.....	79
Gambar 4. 19 Pengujian Face Detection Wajah Menghadap Kanan.....	79
Gambar 4. 20 Pengujian Face Detection Wajah Menghadap Kiri.....	80
Gambar 4. 21 Pengujian Face Detection Wajah Menghadap Atas	80
Gambar 4. 22 Pengujian Face Detection Wajah Menghadap Bawah	81
Gambar 4. 23 Pengujian Face Tracking Wajah Bergerak ke Kiri (Sebelum)	82
Gambar 4. 24 Pengujian Face Tracking Wajah Bergerak ke Kiri (Setelah)	83
Gambar 4. 25 Pengujian Face Recognition pada Wajah Karyawan (Febi)	85
Gambar 4. 26 Pengujian Face Recognition pada Wajah Karyawan (Misbah).....	85
Gambar 4. 27 Pengujian Face Recognition pada Wajah Orang Tidak Dikenal (OTK).....	86
Gambar 4. 28 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Ahnaf pada Detik Ke-2	88
Gambar 4. 29 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Ahnaf pada Detik Ke-12	89
Gambar 4. 30 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Febi pada Detik Ke-8.....	90
Gambar 4. 31 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Febi pada Detik Ke-8.....	90
Gambar 4. 32 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Arga pada Detik Ke-4	91
Gambar 4. 33 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Arga pada Detik Ke-18	92
Gambar 4. 34 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Arga pada Detik Ke-8	93
Gambar 4. 35 Hasil Pengujian Akurasi Subjek Arga pada Detik Ke-10	93
Gambar 4. 36 Hasil Pengujian Akurasi Orang Tidak Dikenal pada Detik Ke-10	95
Gambar 4. 37 Hasil Pengujian Akurasi Orang Tidak Dikenal pada Detik Ke-20	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat balasan atau izin dari PT Radar Telekomunikasi Indonesia .	108
Lampiran 2 Dokumentasi Observasi dan Komunikasi dengan Karyawan PT. RTI	109
Lampiran 3 Hasil Komunikasi dengan Pihak PT Radar Telekomunikasi Indonesia	110
Lampiran 4 Dokumentasi Pengambilan Dataset Wajah Karyawan.....	112
Lampiran 5 Dokumentasi Perakitan Perangkat Keras.....	113
Lampiran 6 Dokumentasi Proses Menulis Program.....	114
Lampiran 7 Dokumentasi Serah Terima Sistem.....	115