

SKRIPSI
SISTEM AKSES PINTU MASUK RUANGAN
DENGAN PENGENALAN WAJAH
MENGGUNAKAN MODEL FACENET
BERBASIS RASPBERRY PI



Oleh:
Natavijoy Alim
5103021004

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2025

SKRIPSI
SISTEM AKSES PINTU MASUK RUANGAN
DENGAN PENGENALAN WAJAH
MENGGUNAKAN MODEL FACENET
BERBASIS RASPBERRY PI

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala
Surabaya untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Elektro



Oleh:
Natavijoy Alim
5103021004

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA

2025

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi berjudul **SISTEM AKSES PINTU MASUK RUANGAN DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN MODEL FACENET BERBASIS RASPBERRY PI** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks seandainya diketahui bahwa laporan skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan skripsi ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Surabaya, 07 Januari 2025

Mahasiswa yang bersangkutan,



Natavijoy Alim

NRP. 5103021004

LEMBAR PERSETUJUAN

Naskah skripsi berjudul **SISTEM AKSES PINTU MASUK RUANGAN DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN MODEL FACENET BERBASIS RASPBERRY PI** yang ditulis oleh Natavijoy Alim/5103021004 telah disetujui dan diterima untuk diajukan ke tim penguji.

Pembimbing I:



David Budi Survadinata, S.T.

Pembimbing II:



Ir. Drs. Peter Rhatodirdjo Angka, M.Kom, IPM., ASEAN Eng.

NIK. 511.88.0136

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh **Natavijoy Alim/5103021004** dengan judul **SISTEM AKSES PINTU MASUK RUANGAN DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN MODEL FACENET BERBASIS RASPBERRY PI** telah disetujui pada tanggal 07 Januari 2025 dan dinyatakan LULUS.

Ketua Dewan Penguji



Ir. Albert Gunadhi, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 511.94.0209

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



**Prof. Ir. Felicia Edi Soetaredjo, S.T.,
M.Phil, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.**

NIK. 521.99.0391

Ketua Program Studi

Teknik Elektro



**Ir. Albert Gunadhi, S.T.,
M.T., IPU., ASEAN Eng.**

NIK. 511.94.0209

**LEMBAR PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama: Natavijoy Alim

NRP : 5103021004

Menyetujui Skripsi/Karya Ilmiah saya, dengan judul **“SISTEM AKSES PINTU MASUK RUANGAN DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN MODEL FACENET BERBASIS RASPBERRY PI”** untuk dipublikasikan / ditampilkan di Internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 07 Januari 2025

Mahasiswa yang bersangkutan,



Natavijoy Alim

NRP. 5103021004

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi merupakan salah satu syarat wajib untuk menempuh pendidikan tingkat strata satu.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan semangat, bantuan, serta bimbingan yang diberikan. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati saya sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. David Budi Suryadinata, S.T. selaku pembimbing I skripsi dan pimpinan PT. Solusi Rekatama Persada yang membimbing dan mendukung dalam penyediaan sarana belajar pembuatan skripsi.
2. Ir. Drs. Peter Rhatodirdjo Angka, M.Kom., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing II skripsi yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan dalam mengerjakan dan menyusun skripsi ini.
3. Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng. selaku dosen penasehat akademik saya.
4. Ir. Albert Gunadhi, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
5. Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc, Ph.D., IPU., ASEAN Eng., ACPE. yang memberikan beberapa fasilitas pendukung pembuatan skripsi.
6. Ir. Lanny Agustine, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng. yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam pembuatan skripsi ini.
7. Seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan penulis ilmu yang bermanfaat dalam pembuatan skripsi ini.

8. Kedua orang tua dan adik saya yang sudah memberikan semangat dan dukungan dari awal pengerjaan hingga akhir pengerjaan skripsi ini.
9. Seluruh rekan kerja PT. Solusi Rekatama Persada terutama Ir. Wong Eddyanto Wiratama, Danny Christanto, S.T., Antonius Wibowo, S.T., M.T., Bapak Bagus, Mas Kokoh, Mas Yoseph, Mas Umar, Mas Imam, dan Moch. Choyrul Ahnam, S.T. yang telah membantu dan memberi saran dalam pembuatan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya angkatan 2021 yang menyemangati penulis dalam pembuatan skripsi ini.
11. Seluruh teman-teman Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya angkatan 2021 hingga 2024 yang bersedia untuk menjadi subjek percobaan dalam pengambilan data yang mendukung pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah ditulis masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap agar laporan ini dapat berguna sebagaimana mestinya. Penulis meminta maaf apabila masih terdapat kesalahan penulisan dan teori dalam penulisan skripsi ini.

Surabaya, 07 Januari 2025

Penulis

ABSTRAK

Pada era digital, kebutuhan akan akses ruangan yang efektif dan selektif semakin meningkat. Penggunaan biometrik wajah dapat menjadi keunggulan jika diimplementasikan pada sistem akses ruangan karena bersifat tidak bersentuhan dengan sensor dan melakukan analisis dari keunikan wajah manusia itu sendiri, sehingga tidak membutuhkan perangkat tambahan yang diberikan untuk setiap subjek untuk mengakses ruangan.

Pada skripsi ini, dibuat sistem akses pintu masuk dengan pengenalan wajah menggunakan model facenet yang diakui keakuratannya yang tinggi pada perangkat Raspberry Pi. Metode klasifikasi wajah pada sistem ini menggunakan model pembelajaran mesin terawasi yaitu *k-Nearest Neighbor*. Sistem ini dilengkapi antarmuka grafis berbasis PyQt6 untuk memudahkan proses registrasi dan pengenalan wajah secara *real-time* dan dapat didaftarkan pada perangkat yang berbeda serta digunakan basis data MariaDB sebagai penyimpanan data identitas terdaftar. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan verifikasi kehidupan berupa kedipan mata berbasis kalkulasi EAR yang bertujuan untuk menghindari pembacaan pada foto atau layar ponsel karena hal ini dapat berpotensi untuk penyalahgunaan.

Melalui pengujian sistem ini, akurasi yang dihasilkan diatas 90% dengan waktu pengenalan kurang dari 1 detik. Namun, kondisi seperti perubahan intensitas cahaya ruangan dan penggunaan kamera yang berbeda antara pendaftaran dan pengenalan akan berpengaruh pada hasil pengenalan wajah. Namun sistem masih bisa mengenalinya dengan tingkat similaritas terukur dengan *euclidean distance* yang berbeda dan mendekati batas yang telah ditentukan yaitu 0,6125 berdasarkan pertimbangan yang ada.

Dengan demikian, disarankan untuk menggunakan foto yang terbaru serta membuat kondisi pencahayaan yang relatif sama antara foto yang digunakan untuk pendaftaran dengan tempat pengenalan wajah untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kata kunci: akses pintu masuk, pengenalan wajah, facenet, raspberry pi.

ABSTRACT

In the digital era, the need for effective and selective room access is increasing. The use of facial biometrics can be an advantage if implemented in the room access system because it is non-contact with the sensor and analyzes the uniqueness of the human face itself, so it does not require additional devices given to each subject to access the room.

In this thesis, an entrance access system with face recognition using a facenet model that is recognized for its high accuracy on a Raspberry Pi device is created. The face classification method in this system uses a supervised machine learning model, namely k-Nearest Neighbor. This system is equipped with a PyQt6-based graphical interface to facilitate the real-time registration and face recognition process and can be registered on different devices and a MariaDB database is used as a registered identity data storage. In addition, the system is also equipped with life verification in the form of an eye blink based on EAR calculation which aims to avoid reading on photos or cell phone screens because this can potentially be misused.

Through testing this system, the accuracy produced is above 90% with a recognition time of less than 1 second. However, environmental conditions such as differences in room light intensity between registration and recognition will affect the results of face recognition. As well as the use of different cameras will affect the results, but the system can still recognize it with a measured level of similarity with a different euclidean distance and close to the predetermined limit of 0.6125.

Thus, it is recommended to use recent photos and create relatively similar lighting conditions between the photos used for enrollment and the face recognition site to obtain optimal results.

Keywords: door access, face recognition, facenet, raspberry pi.

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Relevansi	4
1.6. Metodologi Perancangan Alat.....	4
1.7. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Pengenalan Wajah (<i>Face Recognition</i>).....	8
2.2. <i>Haarcascade Cascade Classifier</i>	9
2.3. Mediapipe	13
2.4. <i>Eye Aspect Ratio (EAR)</i>	14

2.5.	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	15
2.6.	<i>Deep Convolutional Neural Network (DCNN)</i>	19
2.7.	<i>Single Shot Multibox Detector (SSD)</i>	19
2.8.	FaceNet	20
2.9.	<i>Euclidean Distance</i>	22
2.10.	<i>k-Nearest Neighbor Classification</i>	23
2.11.	<i>Confusion Matrix</i>	26
2.12.	OpenCV	28
2.13.	Scikit-learn.....	28
2.14.	<i>Open Neural Network Exchange (ONNX)</i>	29
2.15.	Raspberry Pi.....	30
2.16.	MariaDB	32
2.17.	PyQt6	33
2.18.	<i>Electromagnetic Lock</i>	34
2.19.	<i>Magnetic Door Sensor MC-38</i>	35
2.20.	<i>Step Up Buck Converter Module XL-6009</i>	36
BAB III METODE PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT		37
3.1.	Perancangan Perangkat Keras Sistem	37
3.2.	Perancangan Perangkat Lunak pada Raspberry Pi.....	43
3.3.	Perancangan <i>Software</i> Pendaftaran Komputer Server	65
3.4.	Perancangan Konfigurasi <i>Database</i>	72
BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT		74
4.1.	Pengujian Kinerja Sistem Akses Pintu Masuk Ruangan.....	75
4.2.	Pengujian <i>Software</i> Pendaftaran pada Komputer Server.	84
4.3.	Pengujian Hasil Pengenalan Wajah Untuk Subjek Terdaftar.....	88
4.4.	Pengujian Kemampuan Sistem untuk Tidak Mengenali Wajah yang Tidak Terdaftar	92

4.5. Pengujian Lama Waktu Program untuk Melakukan Proses Pengenalan Wajah.....	94
4.6. Pengujian Lama Waktu Program Untuk Melakukan Registrasi Wajah.....	101
4.7. Pengujian Kemampuan Pengenalan Wajah dengan Kondisi Pencahayaan dan Penggunaan Kamera yang Berbeda.....	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	106
5.1. Kesimpulan.....	106
5.2. Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Blok Proses Pengenalan Wajah secara Umum.	9
Gambar 2.2. <i>Haar-like feature</i>	10
Gambar 2.3. Ilustrasi perhitungan <i>Integral Image</i>	11
Gambar 2.4. Jumlah <i>pixel</i> yang melingkupi daerah D dapat dihitung dengan referensi 4 <i>array</i>	11
Gambar 2.5. Penerapan fitur haar pada objek wajah.	12
Gambar 2.6. Skematik Proses Klasifikasi Bertingkat Fitur Haar.	13
Gambar 2.7. Distribusi lokalisasi nilai <i>landmark</i> wajah mediapipe.	14
Gambar 2.8. Landmark mata digunakan untuk perhitungan EAR.	14
Gambar 2.9. Arsitektur garis besar CNN.	15
Gambar 2.10. (a) <i>Kernel</i> dengan ukuran 2×2 (b) Operasi konvolusi dengan <i>kernel</i> yang ada.	16
Gambar 2.11. Grafik fungsi aktivasi ReLU.	17
Gambar 2.12. Ilustrasi <i>max pooling</i> serta <i>average pooling</i> dalam CNN.	18
Gambar 2.13. Ilustrasi <i>fully-connected layer</i> terhadap 2 lapisan.	19
Gambar 2.14. Arsitektur Model SSD.	20
Gambar 2.15. Struktur Model FaceNet secara umum.	22
Gambar 2.16. Skema pembelajaran <i>triplet loss function</i>	22
Gambar 2.17. Ilustrasi hasil partisisi pada 2-D <i>tree</i>	25
Gambar 2.18. Ilustrasi partisisi dan pembentukan <i>ball tree</i> 2-D.	26
Gambar 2.19. Ilustrasi <i>multilabel confusion matrix</i>	27
Gambar 2.20. Diagram kerja <i>ONNX Runtime</i>	29
Gambar 2.21. Raspberry Pi 4 Model B.	32
Gambar 2.22. Pinout pada <i>header</i> GPIO Raspberry Pi.	32
Gambar 2.23. Logo MariaDB.	33

Gambar 2.24. Tampilan program Qt Designer yang digunakan untuk mendesain antarmuka dengan metode <i>drag and drop</i> pada PyQt.	34
Gambar 2.25. <i>Electromagnetic lock</i>	35
Gambar 2.26. <i>Magnetic door sensor MC-38</i>	35
Gambar 2.27. <i>Step Up Module Buck Converter XL-6009</i>	36
Gambar 3.1. Diagram Blok Perancangan <i>Hardware</i>	37
Gambar 3.2. Rangkaian <i>pull-down</i> untuk pembacaan indikasi keadaan pintu melalui peran <i>magnetic switch sensor</i>	42
Gambar 3.3. Diagram perkabelan sistem akses pintu ruangan.	43
Gambar 3.4. Diagram blok proses pengenalan dan pendaftaran wajah.	43
Gambar 3.5. <i>State machine diagram</i> perilaku GUI pada perangkat lunak sistem pengenalan wajah.	44
Gambar 3.6. Ilustrasi hasil deteksi wajah menggunakan <i>haarcascade classifier</i> dengan nilai <i>scaleFactor</i> 1.1 dan <i>minNeighbors</i> adalah 0.	47
Gambar 3.7. Koordinat <i>landmarking face mesh</i> mediapipe untuk mata kiri dan mata kanan.	49
Gambar 3.8. Grafik status <i>liveness verification</i> berdasarkan kondisi perhitungan EAR real time.	51
Gambar 3.9. Diagram alir proses kinerja sistem akses pintu masuk menggunakan pengenalan wajah.	55
Gambar 3.10. Diagram alir proses pendaftaran pada Raspberry Pi.	56
Gambar 3.11. Diagram alir proses pengisian data saat pendaftaran.	57
Gambar 3.12. Diagram alir proses persiapan pada tahap pendaftaran.	58

Gambar 3.13. Diagram alir tahap <i>processing</i> untuk sesi pendaftaran wajah.	60
Gambar 3.14. Grafik pembacaan keadaan pin yang terhubung ke pushbutton untuk membuka pintu.....	61
Gambar 3.15. <i>State machine diagram</i> dari perilaku GUI setiap mode pendaftaran pada komputer server.	66
Gambar 3.16. Diagram alir metode pendaftaran wajah menggunakan metode pemilihan file.	69
Gambar 4.1. Tampilan GUI kondisi <i>idle</i>	79
Gambar 4.2. Tampilan GUI jika terdeteksi wajah.	79
Gambar 4.3. Tampilan GUI <i>liveness verification</i>	79
Gambar 4.4. Tampilan GUI saat wajah dikenal.	79
Gambar 4.5. Tampilan GUI ketika kondisi pintu terbuka.	80
Gambar 4.6. Tampilan GUI ketika logo EWM ditekan.	80
Gambar 4.7. Tampilan GUI ketika <i>password</i> yang dimasukan salah.	80
Gambar 4.8. Tampilan GUI ketika <i>password</i> yang dimasukan benar.....	80
Gambar 4.9. Tampilan GUI ketika data yang dimasukan kosong.....	81
Gambar 4.10. Tampilan GUI ketika nama yang dimasukan kosong.	81
Gambar 4.11. Tampilan GUI ketika NRP/NIK yang dimasukan kosong.	81
Gambar 4.12. Tampilan GUI ketika panjang nama yang dimasukan lebih dari 99 karakter.....	81
Gambar 4.13. Tampilan GUI ketika panjang NRP/NIK yang dimasukan tidak sesuai ketentuan.	82
Gambar 4.14. Tampilan GUI ketika nama terinput mengandung angka.	82

Gambar 4.15. Tampilan GUI ketika NRP/NIK yang dimasukan mengandung huruf.....	82
Gambar 4.16. Tampilan GUI ketika NRP/NIK yang dimasukan sudah terdaftar.	82
Gambar 4.17. Tampilan GUI ketika data yang dimasukan memenuhi kriteria.	83
Gambar 4.18. Tampilan GUI ketika tombol LANJUT ditekan.	83
Gambar 4.19. Tampilan GUI ketika pendaftaran selesai.	83
Gambar 4.20. Ilustrasi tampilan penambahan data yang telah didaftarkan pada database.	84
Gambar 4.21. Mode <i>idle</i> untuk memasukan data.	84
Gambar 4. 22. Tampilan GUI ketika menekan tombol pendaftaran dengan data kosong.....	85
Gambar 4.23. Tampilan GUI ketika nama yang dimasukan kosong saat tombol pendaftaran apapun ditekan.	85
Gambar 4.24. Tampilan GUI ketika nomor registrasi yang dimasukan kosong saat melakukan pendaftaran.	85
Gambar 4.25. Tampilan GUI ketika nama yang dimasukan lebih dari 99 karakter saat pendaftaran.....	85
Gambar 4.26. Tampilan GUI ketika nama yang dimasukan terdapat angka di dalamnya.	86
Gambar 4.27. Tampilan GUI ketika Panjang nomor registrasi tidak sesuai ketentuan.	86
Gambar 4.28. Tampilan GUI ketika nomor registrasi data identitas yang didaftarkan sudah ada di dalam <i>database</i>	86

Gambar 4.29. Tampilan GUI untuk mode persiapan sebelum dilakukannya pengambilan foto pada metode pendaftaran on spot.	86
Gambar 4.30. Tampilan GUI saat dilakukan pengambilan gambar pada metode pendaftaran on spot.....	87
Gambar 4.31. Tampilan GUI saat pemrosesan ekstraksi wajah dan <i>upload data</i> ke <i>database</i> yang digunakan.	87
Gambar 4.32. Tampilan GUI saat pendaftaran on spot sudah selesai.	87
Gambar 4.33. Tampilan GUI saat pemilihan foto saat pendaftaran dengan metode pemilihan file.....	87
Gambar 4.34. Tampilan GUI saat preview foto yang dipilih.	88
Gambar 4.35. Tampilan GUI saat bertanya ke user untuk menanyakan apakah ingin menambahkan foto lagi.	88
Gambar 4.36. <i>Bar chart</i> hasil pengujian pengenalan subjek terdaftar.	90
Gambar 4.37. Grafik hasil pengujian sistem pada subjek yang menggunakan kacamata untuk aktivitas kesehariannya.	92
Gambar 4.38. Grafik hasil pengujian terhadap subjek yang tidak didaftarkan dalam sistem.....	94
Gambar 4.39. Grafik Pengukuran Waktu Proses Deteksi Wajah Sistem dengan <i>haarcascade frontalface classifer</i>	95
Gambar 4.40. Grafik Pengukuran Waktu Proses Pengambilan Data pada <i>database</i>	96
Gambar 4.41. Grafik Pengukuran Waktu Pembaruan Data menyesuaikan dengan <i>database</i>	97
Gambar 4.42. Grafik pengukuran waktu ekstraksi <i>vector embedding</i> dengan <i>facenet</i>	98

Gambar 4.43. Grafik pengukuran waktu prediksi data wajah yang terdeteksi
pada model kNN. 99

Gambar 4.44. Grafik pengukuran total waktu pengenalan wajah pada sistem.
..... 100

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Penelitian Terdahulu Menggunakan Model FaceNet.....	2
Tabel 2.1. Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B.	31
Tabel 2.2. Karakteristik parameter dari modul XL-6009.....	36
Tabel 3.1. Konfigurasi hubungan Raspberry Pi dengan perangkat lainnya.	39
Tabel 3.2. Daftar elemen PyQt dalam pembuatan grafis di Raspberry Pi...	62
Tabel 3.3. Organisasi tampilan elemen PyQt pada setiap mode yang telah disebutkan pada aplikasi Raspberry Pi.....	64
Tabel 3.4. Spesifikasi komputer yang digunakan sebagai komputer <i>server</i>	65
Tabel 3.5. Daftar elemen PyQt dalam pembuatan grafis di komputer <i>server</i>	69
Tabel 3.6. Organisasi tampilan elemen PyQt pada setiap mode yang telah disebutkan pada komputer <i>server</i>	71
Tabel 3.7. Tabel <code>face_embeddings</code> untuk penyimpanan data terdaftar.	72
Tabel 3.8. Tabel presensi untuk penyimpanan data identitas yang terdeteksi saat pintu terbuka.	73
Tabel 4.1. Hasil pengujian sistem elektronika dan GUI pada alat yang dirancang.....	75
Tabel 4.2. Hasil pengujian secara langsung melalui alat yang digunakan untuk memprediksi wajah yang terdaftar pada sistem.	90
Tabel 4.3. Hasil pengujian kemampuan sistem untuk memberikan akses kepada subjek berkacamata.....	91
Tabel 4.4. Hasil pengujian kemampuan sistem untuk tidak mengenali subjek yang tidak terdaftar.	93

Tabel 4.5. Hasil pengukuran lama waktu registrasi wajah pada Raspberry Pi.	102
Tabel 4.6. Hasil pengukuran lama waktu registrasi wajah pada komputer pribadi.....	103
Tabel 4.7. Hasil pengujian pengenalan wajah jika wajah didaftarkan pada kamera yang sama yaitu pada perangkat Raspberry Pi.	104
Tabel 4.8. Hasil pengujian pengenalan wajah jika pendaftaran dilakukan pada perangkat yang berbeda dengan pengenalan wajah.	105

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Listing Program pada Akses Pintu Masuk	115
LAMPIRAN B. Listing Program Pendaftaran pada Komputer Server	175
LAMPIRAN C. Tampak Depan Alat yang Dirancang	202
LAMPIRAN D. Tampak Belakang Alat yang Dirancang	203