



**SISTEM PENGAMAN PINTU RUMAH OTOMATIS
DENGAN *RASPBERRY PI* MENGGUNAKAN
PENGENALAN WAJAH BERBASIS ALGORITMA
CERDAS**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan
Komputer**

Oleh

Dina Priliyana

NIM.5302414050

**PENDIDIKAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2020

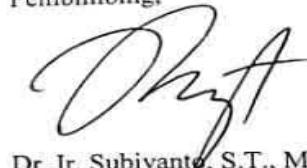
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Dina Priliyana
NIM : 5302414050
Program Studi : Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer
Judul : Sistem Pengaman Pintu Rumah Otomatis pada *Raspberry Pi* Menggunakan Pengenalan Wajah Berbasis Algoritma Cerdas

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 18 Desember 2019

Pembimbing,



Dr. Ir. Subiyante, S.T., M.T.

NIP. 197411232005011001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Sistem Pengaman Pintu Rumah Otomatis dengan *Raspberry Pi* Menggunakan Pengenalan Wajah Berbasis Algoritma Cerdas telah dipertahankan di sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 3 bulan Januari tahun 2020

Oleh

Nama : Dina Priliyana

NIM : 5302414050

Program Studi : Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer

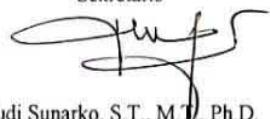
Panitia:

Ketua



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM.

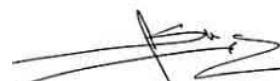
Sekretaris



Budi Sunarko, S.T., M.T., Ph.D.

NIP.197101042006041001

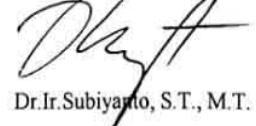
Pengaji 1


Dr. Djunkadi, M.T.
NIP.196306281990021001

Pengaji 2


Aryo Bakoko Utomo, S.T., M.T.
NIP.198409092012121002

Pengaji 3 / pembimbing


Dr.Ir.Subiyanto, S.T., M.T.
NIP. 197411232005011001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM
NIP.196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Pengaji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbeneran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 18 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,



Dina Priliyana

NIM. 5302414050

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi” (Ernest Newman)

Persembahan

- Orang tua saya Riyanto dan Wiwik Pardinah
- Kakak saya Dana Marwa dan safitri
- Teman-teman PTIK angkatan 2014
- Team UEESRG
- Teman-Teman kos Nujannah 2

RINGKASAN

Dina Priliyana. 2019. Sistem Pengaman Pintu Rumah Otomatis dengan *Raspberry Pi* Menggunakan Pengenalan Wajah Berbasis Algoritma Cerdas. Dr.Ir. Subiyanto, S.T., M.T. Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer.

Algoritma yang banyak diterapkan dalam pengenalan wajah adalah *Principal Component Analysis* (PCA). PCA merupakan algoritma yang sukses dalam bidang pengenalan wajah sebagai metode statistik dalam mereduksi dimensi, akan tetapi PCA kurang optimal dalam pengklasifikasian. Banyak algoritma yang sudah digunakan untuk mengoptimalkan PCA dalam pengklasifikasian, salah satunya algoritma genetika atau *genetic algorithm* (GA). Namun PCA-GA belum banyak diterapkan untuk sistem keamanan rumah pintar. Dalam skripsi ini, PCA yang dikombinasikan dengan GA digunakan untuk sistem keamanan rumah pintar.

PCA digunakan sebagai algoritma pengenalan wajah. GA digunakan untuk meningkatkan performa klasifikasi pencarian citra wajah. Operasi pada GA berupa inisialisasi, seleksi, *crossover*, dan mutasi. Metode yang digunakan kemudian diimplementasikan dengan *Raspberry Pi* 3 model B. Sensor ultrasonik dan modul kamera di-*install* di *Raspberry Pi*. *Raspberry Pi* digunakan untuk memproses masukan yang diterima dari sensor dan sebagai pemrosesan gambar. Sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan manusia yang kemudian digunakan untuk mengaktifkan modul kamera *Raspberry Pi*. Apabila wajah dikenali sebagai pemilik rumah, maka sirkuit *relay* akan membuka kunci rumah. Kinerja dari metode PCA-GA dibandingkan dengan algoritma PCA dan LBPH-GA.

Hasil menunjukkan bahwa metode pengenalan wajah menggunakan algoritma PCA-GA merupakan teknologi yang akurat dibandingkan dengan algoritma PCA dan pada waktu reduksi algoritma PCA-GA memiliki waktu reduksi paling cepat dan jumlah citra reduksi paling sedikit dibandingkan algoritma PCA dan LBPH-GA untuk keamanan pintu rumah pintar.

Kata kunci: algoritma genetika, pengenalan wajah, *principal component analysis*, *Raspberry Pi*, sistem rumah pintar

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul Sistem Pengaman Pintu Rumah Otomatis dengan *Raspberry Pi* Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma Cerdas. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapat safaat Nya di yaumil akhir nanti, Aamiin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM., Dekan Fakultas Teknik, Ir. Ulfah Mediati Arief, M.T., IPM., Ketua Jurusan Teknik Elektro, Budi Sunarko, S.T., M.T., Ph.D., Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T., Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulis karya ini.
4. Dr. Djuniadi, M.T. dan Aryo Baskoro Utomo, S.T., M.T., Pengaji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pernyataan, komentar, tanggapan, menambah bobot, dan kualitas karya tulis ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro FT. UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga
6. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya

Semarang, 18 Desember 2019
Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Rumusan Masalah	6
1.4. Pembatasan Masalah.....	6
1.5. Tujuan Penelitian	7
1.6. Manfaat Penelitian.....	7
1.7. Penegasan Istilah	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	10
2.1. Kajian pustaka.....	10
2.2. Python	12

2.3.	<i>Open Source Computer Vision (OpenCV)</i>	14
2.4.	Sistem Pengaman Pintu Rumah	15
2.4.1.	<i>Raspberry Pi</i>	15
2.4.2.	Modul Kamera Raspberry Pi rev 1.3	19
2.4.3.	<i>Power Supply</i>	20
2.4.4.	Modul LM2596	22
2.4.5.	<i>Relay</i>	23
2.4.6.	Sensor Ultrasonik (HC-SR04)	24
2.4.7.	<i>Solenoid Door Lock</i>	25
2.5.	Pengenalan Wajah	25
2.6.	Algoritma Cerdas	26
2.6.1.	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	26
2.6.2.	Algoritma Genetika / Genetic Algorithm (GA)	29
2.6.3.	<i>Local Binary pattern Histogram (LBPH)</i>	33
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3.	Desain Penelitian	36
3.4.	Objek Penelitian	38
3.5.	Analisis Permasalahan	39
3.5.1.	Deskripsi Sistem	39
3.5.2.	Fitur-fitur yang digunakan	40
3.6.	Desain Sistem Pengaman Pintu	42

3.6.1. Deteksi Citra Wajah	43
3.6.2. PCA-GA untuk Pengenalan Wajah.....	44
3.7. Teknik Pengumpulan Data	50
3.8. Teknik Analisis Data	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Hasil Implementasi	53
 4.1.1. Pelatihan citra wajah	54
 4.1.2. Pengujian Citra Wajah.....	57
4.2. Hasil Pengujian	58
 4.2.1. Akurasi Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Algoritma PCA-GA.....	58
 4.2.2. Akurasi Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Algoritma LBPH-GA	62
 4.2.3. Akurasi Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Algoritma PCA	66
4.3. Pembahasan	69
BAB V PENUTUP	73
5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Dimensi <i>Raspberry Pi</i>	18
Tabel 2.2	Spesifikasi Perangkat Keras Modul Kamera Rev 1.3	20
Tabel 2.3	Fitur Perangkat Keras Modul Kamera Rev 1.3	20
Tabel 2.4	Deskripsi Pin pada Sensor Ultrasonik (HC-SR04)	24
Tabel 3.1	Sistem Konfigurasi yang Digunakan pada Kerangka Kerja.....	43
Tabel 4.1	Performa Algoritma PCA-GA.....	58
Tabel 4.2	Evaluasi Kriteria Algoritma PCA-GA	59
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Citra Sesuai <i>Database</i> pada Algoritma PCA-GA....	60
Tabel 4.4	Performa Algoritma LBPH-GA	62
Tabel 4.5	Evaluasi Kriteria Algoritma LBPH-GA	62
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Citra Sesuai <i>Database</i> pada Algoritma LBPH-GA .	64
Tabel 4.7	Performa Algoritma PCA.....	66
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Citra Sesuai <i>Database</i> pada Algoritma PCA.....	67
Tabel 4.9	Perbandingan Metode PCA-GA dengan PCA dan LBPH-GA	70
Tabel 4.10	TPR, TNR, FPR, dan FNR dari 3 Algoritma Pengenalan Wajah	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbedaan Bentuk Fisik <i>Raspberry Pi</i> Model B+ dan A+	16
Gambar 2.2	Kamera <i>Raspberry Pi</i> Rev 1.3.....	19
Gambar 2.3	<i>Power Supply Switching 12 V 5 A</i>	22
Gambar 2.4	Modul LM2596	23
Gambar 2.5	Modul <i>Relay</i>	23
Gambar 2.6	Sensor Ultrasonik (HC-SR04).....	24
Gambar 2.7	<i>Solenoid 12V</i>	25
Gambar 2.8	Langkah-Langkah <i>Principal Component Analysis</i>	27
Gambar 2.9	Representasi Gen, Kromosom, Populasi	31
Gambar 2.10	<i>Crossover Point</i>	32
Gambar 2.11	Penukaran Gen Diantara <i>Parent</i>	32
Gambar 2.12	Sebelum dan Sesudah Mutasi.....	33
Gambar 2.13	<i>Local Binary Pattern</i>	33
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Alur Penelitian	36
Gambar 3.2	Diagram Blok Pengenalan Wajah dengan <i>Raspberry PI</i>	42
Gambar 3.3	Kerangka Kerja Sistem Keamanan Rumah Pintar Menggunakan Pengenalan Wajah berbasis Algoritma PCA-GA.....	45
Gambar 3.4	Ilustrasi Bentuk Kromosom.....	47
Gambar 4.1	<i>Setup</i> dan Aplikasi Keamanan Pintu Rumah Pintar Menggunakan Pengenalan Wajah.	54
Gambar 4.2	Aplikasi 01_face_dataset.py.....	55

Gambar 4.3	Contoh Deteksi Citra Wajah Menggunakan Metode <i>Haar Cascade Classification</i>	55
Gambar 4.4	Proses <i>Croping</i> dan Mengubah Citra Menjadi <i>Gray Scale</i>	56
Gambar 4.5	Contoh <i>Sub-Database</i> Citra.....	57
Gambar 4.6	Aplikasi 02_face_training.py	57
Gambar 4.7	Aplikasi 03_face_training.py	57
Gambar 4.8	Contoh Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma PCA-GA ...	58
Gambar 4.9	Citra Reduksi yang Digunakan pada Algoritma PCA.....	59
Gambar 4.10	Citra Hasil Reduksi yang Digunakan pada Algoritma LBPH-GA	63
Gambar 4.11	Citra Pelatihan yang Digunakan, Algoritma PCA, LBPH-GA, dan PCA	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 124.....	85
Lampiran 2	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 125.....	86
Lampiran 3	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 126.....	87
Lampiran 4	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 127.....	88
Lampiran 5	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 128.....	89
Lampiran 6	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 147.....	90
Lampiran 7	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 421.....	91
Lampiran 8	Citra pelatihan pada <i>sub-database</i> 123.....	92
Lampiran 9	File 01_face_dataset.py	93
Lampiran 10	File 02_face_training.py	94
Lampiran 11	File 03_face_recognition.py	95
Lampiran 12	File genetic_select.py	102
Lampiran 13	Skema sistem keamanan rumah pintar menggunakan pengenalan wajah berbasis algoritma PCA	106
Lampiran 14	Skema sistem keamanan rumah pintar menggunakan pengenalan wajah berbasis algoritma LBPH-GA.....	107

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Internet of thing (IoT) merupakan salah satu inovasi yang banyak digunakan di era saat ini dan sebagian besar peminatnya adalah lingkungan industri dan akademik (Ali *et al.*, 2019). IoT memberikan peluang baru dengan membawa beberapa tantangan di lingkungan teknologi (Horn *et al.*, 2019). Pada tahun 2006 sampai 2018 tercatat 8510 jurnal dan 16775 konferensi penelitian yang membahas tentang IoT (Dachyar *et al.*, 2019). IoT terdiri dari beberapa konsep konvensional seperti *Radio Frequency Identification* (RFID), *Near Field Communication* (NFC), dan *Sensor Network* (SN) (Takano & Kajikawa, 2018). IoT membuat konektifitas beberapa perangkat terhubung dengan internet dan dapat bertukar informasi (Bouras *et al.*, 2019). Dengan kemampuan tersebut, IoT menjadi daya tarik dan perhatian bagi beberapa peneliti karena potensinya yang dapat merubah kehidupan kita sehari-hari menjadi lebih mudah (Kravari & Bassiliades, 2019). Aplikasi dan perangkat telah berevolusi menggunakan IoT untuk mengakomodasi permintaan kebutuhan pengguna dengan cara yang paling optimal (Nour *et al.*, 2019). IoT menjadi faktor penting diberbagai bidang seperti transportasi, kesehatan, industri, pembayaran, pertanian, rumah pintar, dsb (Chifor *et al.*, 2018; Umar & Eddy, 2016). Teknologi yang sedang berkembang di bidang IoT akhir-akhir ini salah satunya adalah IoT mengarah ke kota pintar dan rumah pintar (Hui *et al.*, 2016).

Akhir-akhir ini rumah pintar menjadi yang terdepan sebagai bagian dari pasar yang berkembang di lingkungan IoT (Hong *et al.*, 2019). Dengan perkembangan IoT, rumah pintar yang dilengkapi dengan berbagai sensor dan berbagai perangkat banyak diminati oleh para peneliti (Ning *et al.*, 2019). Teknologi rumah pintar dan aplikasi IoT memberikan hunian menjadi lebih tenang, terkontrol, dan nyaman (Nikou, 2019). Saat ini konsep dari rumah pintar tidak hanya mencakup penggunaan energi yang efisien dan optimal, akan tetapi juga mencakup tentang sistem otomatisasi rumah (Schieweck *et al.*, 2018).

Otomasi bangunan mengalami perkembangan yang cepat sehingga menyediakan manajemen yang canggih untuk meminimalkan konsumsi energi, mengurangi biaya operasi, dan meningkatkan kenyamanan bagi penghuninya (Petnik & Vanus, 2018). Berbagai perangkat otomatis muncul untuk menyempurnakan rumah pintar (Nicholls & Strengers, 2019). Perangkat seperti keamanan rumah pintar sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari (Lian *et al.*, 2014). Salah satu aspek penting dalam kemampuan keamanan rumah pintar yaitu kunci pintu rumah yang dapat membuka dan mengunci secara otomatis (Gunawan *et al.*, 2017).

Secara khusus sistem keamanan rumah pintar sangat penting karena terkait erat dengan keselamatan pengguna (Han *et al.*, 2017). Sistem keamanan rumah pintar hadir untuk mengatasi masalah yang umumnya terjadi pada sistem keamanan konvensional seperti kunci hilang, lupa untuk mengunci pintu, dan tidak dapat memeriksa status kunci dari jarak jauh (Vongchumyen *et al.*, 2017). Di pasaran saat ini tersedia berbagai kunci elektronik seperti kata sandi, RFID dan biometrik

(Mathew & S, 2017). Selain itu juga terdapat sistem kunci menggunakan infra merah (Dhondge *et al.*, 2016), *Bluetooth* (Kavde *et al.*, 2017), dan NFC (Edwan *et al.*, 2018). Dari beberapa kunci elektronik, teknik biometrik merupakan teknik yang paling banyak mendapat perhatian untuk diimplementasikan di sistem keamanan karena sifatnya yang tidak mudah digandakan (Zhi & Liu, 2019). Contoh dari metode biometrik adalah sidik jari (Meenakshi *et al.*, 2019), iris (Shelke, 2017), DNA (Wang *et al.*, 2000), *gesture* tangan (Dinh *et al.*, 2014), tulisan tangan (Falilat *et al.*, 2018), pengenalan wajah (Subban *et al.*, 2014), dan sebagainya. Dari beberapa sistem biometrik, yang paling minim interaksi untuk identifikasi adalah metode pengenalan wajah (Majekodunmi & Idachaba, 2016).

Untuk meminimalkan biaya pada metode pengenalan wajah kemudian dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat IoT berbiaya rendah yaitu *Raspberry Pi*. Daya pikat dari *Raspberry Pi* berasal dari kombinasi ukuran komputer yang kecil dan harga yang terjangkau. *Raspberry Pi* merupakan komputer *linux* berbiaya rendah seukuran kartu kredit yang dapat digunakan untuk mengembangkan arsitektur biometrik dengan menghubungkan pada kamera (Shah & Bharadi, 2016).

Principal Component Analysis (PCA) merupakan algoritma yang biasa digunakan untuk mereduksi dimensi citra pada metode pengenalan wajah (Zhou *et al.*, 2014). Beberapa peneliti telah sukses menggunakan PCA sebagai algoritma pengenalan wajah. Sebagai contoh penelitian dari Zhang & Liu (2015) mengusulkan pendekatan baru bernama *Coupled Principal Component Analysis* (CPCA) dan menggabungkan metode tersebut dengan *Local Binary Pattern* (LBP). Dimana LBP digunakan untuk menangkap struktur wajah lokal dan CPCA

digunakan untuk mendapatkan informasi wajah global. CPCA yang diusulkan dapat menggabungkan gambar heterogen. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan mencapai kinerja yang baik. Vu *et al.* (2016) mengusulkan solusi *hybrid* dalam pengenalan wajah menggunakan PCA sebagai algoritma utama dengan dukungan pendekatan *triangular* dalam normalisasi wajah. Hasil menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dibanding dengan metode PCA. Min *et al.* (2019) menggunakan pemrosesan data statistik untuk meningkatkan efisiensi pengenalan wajah dengan menggunakan metode PCA. Hasil dari percobaan menunjukkan metode yang diusulkan lebih akurat daripada metode PCA. L. Chengyuan *et al.* (2016) menggunakan PCA yang dikombinasikan dengan *kernel*-PCA. Kombinasi algoritma tersebut dapat mencapai pengenalan citra wajah yang efisien dan memiliki kinerja yang lebih baik apabila dihadapkan dengan basis data yang besar.

Dari beberapa penelitian sebelumnya, algoritma PCA merupakan algoritma yang optimal dalam mereduksi dimensi citra tetapi tidak pada bidang klasifikasi (Al-arashi *et al.*, 2014). Menurut Sharma & Patterh (2015) dan Somantri *et al.* (2017) Algoritma Genetika atau *Genetic Algorithm* (GA) merupakan algoritma yang optimal dalam pengklasifikasian. Oleh sebab itu Al-arashi *et al.* (2014) menggunakan GA untuk meningkatkan performa klasifikasi PCA pada pengenalan wajah. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode tersebut akurat karena akurasi lebih tinggi dari algoritma PCA. Akan tetapi penggunaan metode tersebut belum banyak diimplementasikan lebih jauh untuk keamanan pintu rumah pintar di *Raspberry Pi*.

Penelitian ini menggunakan metode pengenalan wajah berbasis PCA-GA untuk keamanan rumah pintar yang diimplementasikan pada *Raspberry Pi*. Cara kerja dari sistem yaitu sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan manusia. Apabila keberadaan manusia terdeteksi maka modul kamera *Raspberry Pi* akan aktif dan mengambil citra wajah. Citra wajah digunakan sebagai citra pengenalan. Citra wajah dibagi menjadi dua yaitu citra latih dan citra uji. Citra latih dan citra uji diklasifikasikan menggunakan PCA-GA. Dimana PCA digunakan sebagai algoritma pengenalan wajah. GA digunakan untuk meningkatkan akurasi pada proses klasifikasi. Operasi pada GA berupa inisialisasi populasi, seleksi, *crossover*, dan mutasi. Sistem akan membuka kunci apabila citra dikenali sebagai pemilik rumah.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diidentifikasi masalah bahwa sistem keamanan konvensional memiliki beberapa kelemahan seperti kunci hilang, lupa untuk mengunci pintu, dan tidak dapat memeriksa status kunci dari jarak jauh. Sistem keamanan elektronik muncul untuk mengatasi hal tersebut. Teknik biometrik merupakan sistem keamanan elektronik yang paling banyak mendapat perhatian untuk diimplementasikan di sistem keamanan karena sifatnya yang tidak mudah digandakan. Terdapat berbagai jenis teknik biometrik akan tetapi metode pengenalan wajah merupakan metode biometrik yang paling minim interaksi untuk identifikasi. Algoritma PCA merupakan algoritma yang sering digunakan sebagai algoritma pengenalan wajah

karena sifatnya yang optimal dalam mereduksi dimensi citra, akan tetapi algoritma PCA tidak optimal dalam bidang klasifikasi citra.

1.3. Rumusan Masalah

Menurut identifikasi masalah yang dijelaskan bahwa banyak peneliti yang sudah menggunakan PCA sebagai algoritma pengenalan wajah. Metode PCA merupakan metode yang optimal dalam mereduksi dimensi citra pada pengenalan wajah, akan tetapi algoritma tersebut tidak optimal dalam bidang pengklasifikasian. Menurut Sharma & Patterh (2015) GA merupakan algoritma yang optimal dalam pengklasifikasian. Oleh sebab itu Al-arashi *et al.* (2014) menggunakan GA untuk meningkatkan performa klasifikasi pada pengolahan citra. Hasil menunjukkan bahwa algoritma PCA-GA lebih akurat daripada algoritma PCA. Akan tetapi penggunaan metode tersebut belum banyak diimplementasikan serta diinvestigasi lebih jauh performa dan tingkat akurasi untuk keamanan pintu rumah pintar di *Raspberry Pi*. Maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah berapa hasil akurasi metode pengenalan wajah menggunakan algoritma PCA-GA untuk sistem keamanan pintu rumah yang diimplementasikan di *Raspberry Pi*?

1.4. Pembatasan Masalah

Supaya pembahasan dalam penelitian yang diteliti lebih fokus, akan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan algoritma PCA-GA sebagai algoritma pengenalan wajah.

2. Algoritma pengenalan wajah digunakan sebagai sistem keamanan.
3. Sistem keamanan diimplementasikan di pintu rumah dengan menggunakan *Raspberry Pi*.
4. *Raspberry Pi* yang digunakan menggunakan *Raspberry Pi 3 model B*.
5. Algoritma deteksi wajah (*haar cascade classification*) tidak dibahas secara detail.
6. Kamera yang digunakan adalah modul kamera *Raspberry Pi rev 1.3*.
7. Uji validasi dilakukan dengan membandingkan metode algoritma PCA-GA dengan algoritma PCA dan *Local Binary Patern Histogram-Genetic Algorithm* (LBPH-GA) menggunakan perhitungan akurasi *True Positive Rate* (TPR), *True Negative Rate* (TNR), *False Positive Rate* (FPR), dan *False Negative Rate* (FNR).

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat akurasi metode pengenalan wajah menggunakan algoritma PCA-GA untuk sistem keamanan rumah pintar yang diimplementasikan dengan *Raspberry Pi*.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai:

1. Menambah wawasan ilmu pengetahuan mengenai metode pengenalan wajah menggunakan algoritma PCA-GA untuk sistem keamanan pintu rumah pintar.

2. Menjadi referensi pemilihan metode untuk sistem keamanan pintu rumah.
3. Menjadi referensi penelitian selanjutnya mengenai metode pengenalan wajah untuk sistem keamanan pintu rumah.

1.7. Penegasan Istilah

1. *Internet of Things* (IoT) merupakan kemampuan jaringan elektronik bekerja dengan cara yang standar akan tetapi terhubung dengan internet untuk memoderenisasi dan memfasilitasi kontrol perangkat, dimana mesin-mesin elektronik ini mampu mentransfer data ke *cloud* melalui internet (Ali *et al.*, 2019).
2. Rumah pintar adalah rumah yang terhubung dengan jaringan komunikasi, sensor, peralatan kontrol, dan perangkat lain sehingga memungkinkan pemantauan dan kontrol oleh penghuni (Gram-hanssen & Darby, 2018).
3. Teknik biometrik adalah teknik untuk mengenali seseorang berdasarkan karakteristik fisiologis atau perilakunya (Martin, 2013).
4. Pengenalan wajah adalah salah satu sistem identifikasi yang dikembangkan berdasarkan perbedaan ciri wajah seseorang berbasis biometrik yang memiliki keakuratan tinggi (Pratiwi & Harjoko, 2013).
5. *Principal Component Analysis* (PCA) adalah teknik multivarian yang digunakan untuk mengurangi jumlah dimensi (teknik reduksi data) yang mentransformasikan variabel asal menjadi variabel-variabel baru yang tidak saling berkorelasi menjadi saling berkorelasi (Alkarkhi & Alqaraghuli, 2019).

6. Algoritma genetika atau *Genetic Algorithm* (GA) adalah algoritma yang terinspirasi dari teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari solusi solusi suatu permasalahan dengan cara yang lebih alamiah (Xin-SheYang, 2014).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian pustaka

Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang relevan untuk dijadikan referensi dalam penelitian ini. Penelitian tersebut meliputi:

1. Sunaryono *et al.* (2019) dalam penelitiannya yang berjudul “*An Android Based Course Attendance System using Face Recognition*” mengusulkan sistem absensi di kelas berbasis android menggunakan pengenalan wajah. Algoritma yang digunakan sebagai algoritma pengenalan wajah adalah *Logistic Regression* (LR), *Linear Discriminant Analysis* (LDA), dan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Untuk memastikan siswa menghadiri kursus, kode QR dihasilkan dan ditampilkan di depan kelas. Siswa hanya perlu mengambil citra wajahnya dan menampilkan kode QR menggunakan *smartphone*-nya. Citra kemudian dikirim ke *server* untuk dimasukkan ke proses kehadiran. Hasil percobaan menunjukkan sistem absensi yang diusulkan mencapai tingkat akurasi pengenalan wajah 97,29% dengan menggunakan analisis diskriminasi linier dan hanya membutuhkan 0,000096 detik untuk mengenali citra wajah pada *server*.
2. Al-arashi *et al.* (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “*Optimizing Principal Component Analysis Performance for Face Recognition using Genetic Algorithm*” mengusulkan teknik algoritma genetika untuk meningkatkan klasifikasi pada *Principal Component Analysis* (PCA) dalam

- metode pengenalan wajah. Menggunakan citra pelatihan yang tersedia dan mencoba menemukan distribusi yang terbaik pada klasifikasi. Untuk analisis dan evaluasi digunakan dua basis data yaitu *Olivetti Research Laboratory* (ORL) dan *Yet Another Learning Environment* (Yale). Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mengungguli PCA dalam hal akurasi.
3. Gunawan *et al.* (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “*Development of Face Recognition on Raspberry Pi for Security Enhancement of Smart Home System*” mengusulkan sistem keamanan pengenalan wajah dengan menggunakan *Raspberry Pi* yang dapat dihubungkan di sistem rumah pintar. Algoritma yang digunakan adalah *eigenface* untuk ekstraksi fitur dan PCA digunakan untuk klasifikasi. Sistem bekerja apabila algoritma yang diusulkan dapat mengenali wajah maka sirkuit *relay* akan membuka kunci magnetik yang ditempatkan di pintu. Hasil menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan efektif, dimana diperoleh hasil akurasi sebesar 90% untuk pengenalan wajah.
 4. Cavalcanti *et al.* (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “*Denoising of Degraded Face Images Sequence in PCA Domain for Recognition*” mengusulkan dua teknik ekstraksi fitur untuk meminimalkan efek distorsi yang dihasilkan oleh variasi dalam pencahayaan, rotasi, dan pose kepala dalam sistem pengenalan wajah. Teknik yang diusulkan adalah *Modular Image Principal Component Analysis* (MIMPCA) dan *Weighted Modular Image Principal Component Analysis* (WMIMPCA). Untuk menentukan nilai bobot dari teknik yang diusulkan digunakan algoritma genetika. Teknik ini

menghasilkan nilai pengakuan yang lebih baik dibandingkan dengan PCA tradisional.

5. (Kumar & Rao, 2015) dalam penelitiannya yang berjudul “*Analysis and Design of Principal Component Analysis and Hidden Markov Model for Face Recognition*” mengusulkan pengenalan wajah untuk gambar dan video bergerak menggunakan PCA dan juga *Hidden Markov Model* (HMM), *Gaussian Mixture Model* (GMM), Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Teknik pengenalan wajah tergantung pada parameter seperti latar belakang, pencahayaan, mata, bibir, dan posisi fitur utama. Hasil yang diperoleh dari metode yang diusulkan mencapai parameter kinerja 99,83% untuk *False Rejection Rate* (FRR) sedangkan untuk *False Accepted Rate* (FAR) mencapai 0,62% dan akurasi sebesar 0,62%.

2.2. Python

Python merupakan bahasa pemrograman beraras tinggi yang diciptakan oleh Guido Van Rossum pada tahun 1989 di Amsterdam, Belanda. Sebagai bahasa beraras tinggi, *python* menawarkan berbagai kemudahan dalam menulis suatu program. Sebagai bahasa yang *multiplatform*, yang dapat berjalan dalam lingkungan seperti *windows*, *unix*, *linux*, dan *mac*, *python* memberikan portabilitas yang tinggi. Bahkan, saat ini *python* juga digunakan untuk memprogram perangkat keras dengan *Raspberry Pi*, sebuah komputer seukuran kartu kredit.

Versi pertama *python* dipublikasi pada tahun 1991. Sebelum tahun 2008, versi *python* yang beredar adalah *python* 2. Pada Desember 2008, versi *python* 3.0 mulai dirilis. Versi ini tidak bersifat kompatibel dengan *python* 2.

Python banyak diminati karena kesederhanaannya. Bahasa intinya hanya menyediakan sedikit tata bahasa dan kosakata sehingga mudah diingat-ingat. Hal seperti ini berbeda dengan bahasa C, yang menawarkan berbagai alternatif penulisan kode untuk melaksanakan tugas yang sama. Sebagai contoh, untuk menangani pengulangan, C menyediakan perintah *while* dan *for*, sedangkan *python* hanya menyediakan satu saja yaitu *while*. Pernyataan *for* memang tersedia pada *python*, tetapi digunakan untuk kepentingan lain, yaitu khusus untuk menangani *list*. Namun dibalik kesederhanaan ini, *python* mendukung banyak pustaka yang tersimpan dalam modul-modul. Sejumlah pustaka tersedia antara lain mendukung jaringan, antarmuka grafis, pengolahan citra, analisis dan komputasi numerik, *hypertext* (HTML, XML, dan lain-lain), dan akses basis data.

Selain sederhana kode *python* mudah untuk dibaca siapa saja, baik oleh pemula maupun oleh mereka yang sudah terbiasa dengan dunia pemrograman. Hal ini juga berarti bahwa *python* mudah untuk dipelajari. Kemudahan untuk mempelajari *python* juga disebabkan *python* menggunakan interpreter sebagai penerjemah. Dengan menggunakan interpreter *python*, pemakai dapat menguji suatu pernyataan dalam *python* secara interaktif, tidak perlu menuliskan kode dalam program.

Seiring dengan kecenderungan penggunaan pemrograman berorientasi objek, dewasa ini *python* juga sangat tepat untuk digunakan, karena *python* merupakan

bahasa pemrograman yang berorientasi objek. Oleh karena itu, keistimewaan tentang pewarisan dan polimorfisme yang ditawarkan pada bahasa berorientasi objek dapat diwujudkan pada *python*. Dengan perkataan lain, *python* mendukung konsep *reusability*, suatu kemudahan untuk mengembangkan kode terhadap kode yang sudah tersedia. Namun, berbeda dengan bahasa seperti C++, *python* jauh lebih sederhana (Hughes, 2013).

2.3. *Open Source Computer Vision (OpenCV)*

OpenCV adalah *open source computer vision* dan *library* perangkat lunak *machine learning*. OpenCV diciptakan untuk menyediakan infrastruktur umum aplikasi *computer vision* dan untuk mempercepat penggunaan *machine perception* pada produksi komersial menjadi produk berlisensi BSD, OpenCV memudahkan bisnis untuk memanfaatkan dan memodifikasi kode.

OpenCV memiliki lebih dari 2500 algoritma yang dioptimalkan, yang mencakup serangkaian komprehensif *computer vision* dan *machine learning* yang mutakhir. Algoritma ini dapat digunakan sebagai pendekripsi dan pengenalan wajah, mengidentifikasi objek, mengklasifikasikan tindakan manusia dalam video, melacak pergerakan kamera, melacak objek bergerak, mengekstrasi model objek 3D, menghasilkan titik *cloud* 3D dari kamera stereo, menemukan gambar serupa dari basis data gambar, menghilangkan *red eyes* dari gambar yang diambil dengan *flash*, mengikuti gerakan mata, dll. OpenCV memiliki lebih dari 47 ribu pengguna komunitas dan diperkirakan jumlah unduhan mencapai lebih dari 18 juta. OpenCV banyak digunakan secara luas di perusahaan, kelompok penelitian, dan badan pemerintahan.

Seiring dengan majunya perusahaan-perusahaan seperti *google*, *yahoo*, *Microsoft*, *intel*, *IBM*, *sony*, *Honda*, *Toyota* menggunakan *library* ini. Selain itu juga banyak *startup* seperti *applied minds*, *videosurf*, dan *zeitera* menggunakan OpenCV secara ekstensif (OpenCV, 2019).

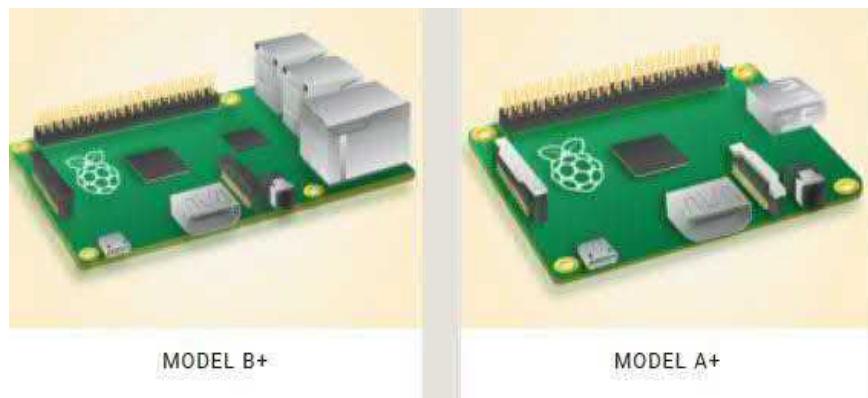
2.4. Sistem Pengaman Pintu Rumah

Pada dasarnya, semua sistem keamanan pintu rumah bekerja pada prinsip dasar yang sama yaitu mengamankan jalur yang memberikan akses baik itu masuk maupun keluar rumah seperti pintu. Sistem keamanan adalah suatu perangkat elektronik yang diimplementasikan di rumah dengan kontrol terpusat untuk mencegah terjadinya pencurian dan mengurangi potensi yang dapat membuat seseorang menyusup ke dalam rumah. Sistem keamanan pada dasarnya memberikan dan meningkatkan tingkat keamanan pada bagian rumah yang memberikan akses masuk ke dalam rumah dengan memberikan sensor dan aktuator yang diatur oleh sebuah pengontrol. Pada umumnya salah satu bagian sistem keamanan rumah adalah pengontrol sebagai kendali pusat mengendalikan sistem, sensor, dan aktuator yang diterapkan pada pintu rumah sebagai acuan untuk mendeteksi hal-hal yang mencurigakan (Prayogo *et al.*, 2015).

2.4.1. *Raspberry Pi*

Raspberry Pi merupakan komputer berukuran mini sebesar kartu kredit dengan harga relatif murah. *Raspberry Pi* memiliki beberapa sistem operasi yang mendukung fungsi dan performa *Raspberry Pi*. Beberapa sistem operasi yang mendukung *Raspberry Pi* adalah *Raspbian*, *Pidora*, *OpenElec*, *RaspBMC*, *RISC*

OS, dan *Arch Linux ARM*. Terdapat dua model pada *Raspberry Pi* yaitu model A dan model B. Perbedaan dari kedua model yaitu model A tidak memiliki *port Ethernet* sedangkan model B ada. Selain itu pada model B juga jumlah dari *port USB* dua kali lebih banyak dari pada model A. Perbedaan bentuk fisik dari kedua model tersebut direpresentasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perbedaan Bentuk Fisik *Raspberry Pi* Model B+ dan A+

Perangkat *Raspberry Pi* terlihat seperti *motherboard*, dengan berbagai *chip* dan *port* yang dipasang sama seperti komputer *desktop* atau *laptop*. Beberapa spesifikasi dari perangkat keras pada *Raspberry Pi* meliputi (Hughes, 2013):

1. **ARM CPU/GPU**

Raspberry Pi menggunakan *Broadcom BCM2835 System on Chip* yang terdiri dari unit ARM CPU dan Video *Core* dengan 4 pengolahan grafis GPU.

2. **General Purpose Input/Output (GPIO)**

GPIO merupakan salah satu komponen *Raspberry Pi*. GPIO dapat terkoneksi ke berbagai perangkat keras seperti mikrokontroler, sensor, LED, dan lain-lain.

3. **Synchronous dynamic random access memory (SDRAM)**

Untuk mengoptimalkan fungsi pemrosesan memori dalam sistem *Raspberry Pi* perlu memiliki SDRAW yang cukup besar. Untuk model A awalnya memiliki

memori sebesar 128 MB, kemudian di-*upgrade* menjadi 256 MB pada akhir Februari 2012. Sedangkan untuk model B memiliki memori sebesar 256 MB dan di-*upgrade* sebesar 512 MB sejak 15 oktober 2012.

4. USB 2.0 *port(s)*

Raspberry Pi memiliki *port* USB 2.0 untuk proses mengirim data dan komunikasi */input keyboard* dan *mouse*. *Port* USB 2.0 juga dapat digunakan sebagai *power supply* untuk *Raspberry Pi*.

5. Video *output*

Video output digunakan untuk menampilkan *display Raspberry Pi* di layar atau monitor. *Raspberry Pi* memiliki dua *port* untuk *output* video, yaitu *port* HDMI dan RCA. Kedua *port* ini tidak dapat digunakan secara bersamaan.

6. Audio *input* dan *output*

File media seperti musik, video, dan file media lainnya dapat dijalankan di *Raspberry Pi*. *Raspberry Pi* memiliki *port* audio *output* untuk dihubungkan ke *speaker* atau *headset*. Untuk audio *input*, *Raspberry Pi* dapat dihubungkan atau dipasangkan dengan *sound card* atau USB mic.

7. *Board storage*

Raspberry Pi menggunakan memori SD sebagai *storage* penyimpanan sekaligus sebagai memori *internal*. Memori *internal* digunakan sekaligus sebagai memori utama untuk penyimpanan sistem operasi *Raspberry Pi*, selain itu juga bisa digunakan untuk menyimpan data lainnya, seperti file media, file dokumen, dan file lainnya. Untuk ukuran minimum memori *internal*, disarankan menggunakan minimal 4 GB ukuran memori *internal*. Karena

untuk menyimpan hanya sistem operasi saja membutuhkan sekitar 1,8 GB dan belum ditambah untuk menyimpan file-file lainnya.

8. *Board network* (papan jaringan)

Papan jaringan pada *Raspberry Pi* hanya terdapat pada model B saja. Papan jaringan yang digunakan adalah *single RJ45 Ethernet jack*, dimana menyediakan kecepatan 10/100 Mbps

9. *Power*

Perangkat *Raspberry pi* didukung oleh 5v *micro USB*. Untuk model B menggunakan sekitar 700-1000 mA, tergantung pada periferal yang terhubung pada perangkat, misal *keyboard* mouse. Sedangkan modul A dapat menggunakan sekitar 500 mA tanpa menghubungkan periferal apapun. Kebutuhan daya yang digunakan untuk *Raspberry Pi* yaitu pin GPIO membutuhkan daya 50 mA (yang didistribusikan ke semua pin), port HDMI membutuhkan daya 50 mA, modul kamera membutuhkan daya 250 mA, dan untuk *keyboard* dan *mouse* membutuhkan 100 mA hingga 1000 mA

10. Dimensi

Raspberry Pi adalah komputer papan tunggal (*single board circuit*) seukuran kartu kredit dan dapat menjalankan aplikasi kantor. *Raspberry Pi* memiliki dua model, yaitu model A dan model B dimana kedua model tersebut memiliki dimensi yang berbeda (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Dimensi *Raspberry Pi*

Model	Ukuran (panjang, lebar, tinggi)	Berat
A	85,0 x 56,0 mm x 15 mm	31 g
B	85,0 x 56,0 mm x 17 mm	40 g

2.4.2. Modul Kamera *Raspberry Pi* rev 1.3

Raspberry Pi foundation meluncurkan kamera 5MP yang merupakan modul kamera OV5647 pada tahun 2013. Modul kamera ini dapat dikoneksikan baik dengan *Raspberry Pi* model A maupun model B menggunakan konektor pita dengan panjang 15 cm dengan 15 jalur. Seri ini dapat digunakan dengan beberapa perintah untuk mengambil gambar diam atau video. Modul kamera *Raspberry Pi* dipresentasikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kamera *Raspberry Pi* Rev 1.3

Dari peluncuran pertama *Raspberry Pi* telah memiliki konektor untuk memasang kamera ke GPU (*VideoCore 4 Graphics Processing Unit* pada *Raspberry Pi*). Koneksi ini menggunakan protokol CSI-2 dan merupakan standar yang digunakan di sebagian ponsel. Koneksi ini mampu mengirim 1 gambar berukuran 1080p (1920x1080x10bpp) pada 30 *frame* per detik. Atau resolusi lebih rendah pada *frame rate* yang lebih tinggi, karena kemampuan untuk melakukan *streaming* data video kecepatan tinggi melalui GPU tanpa interaksi dengan prosesor ARM membuat kamera jauh lebih efisien daripada *webcam* yang terpasang di USB

(Hughes, 2013). Spesifikasi perangkat keras dan fitur perangkat lunak dari modul kamera *Raspberry Pi* rev 1.3 dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan 2.3 (Hughes, 2018).

Tabel 2.2 Spesifikasi Perangkat Keras Modul Kamera Rev 1.3

Spesifikasi Modul kamera rev 1.3	Keterangan
Ukuran	Sekitar 25 x 24 x 9 mm
Berat	3 g
Resolusi	5 MP
Mode video	1080p30, 720p60 dan 640x480p60/90
Integrasi <i>linux</i>	Driver V4L2
API pemrograman C	openMAX IL
Sensor	omniVision OV5647
Resolusi sensor	3592 x 1944 piksel
Area sensor gambar	3,74 x 2,74 piksel
Ukuran piksel	1,4 μ m x 1,4 μ m
Ukuran optic	1/4 inchi

Tabel 2.3 Fitur Perangkat Keras Modul Kamera Rev 1.3

Fitur Modul kamera rev 1.3	Keterangan
Format gambar	JPEG, JPEG + RAW, GIF, BMP, PNG, YUV420, RGB888
Format video	raw h.264
Efek	<i>negative, solarise, posterize, whiteboard, blackboard, sketch, denoise, emboss, oilpaint, hatch, open, pastel, watercolour, film, blur, saturation</i>
Mode pencahayaan	<i>auto, night, nightpreview, backlight, spotlight, sports, snow, beach, verylong, fixedfps, antishake, fireworks</i>
Mode pengukuran	<i>average, spot, backlit, matrix</i>

2.4.3. *Power Supply*

Power supply adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik atau elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi

listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik. Oleh karena itu terkadang *power supply* disebut dengan *electric power converter*. Klasifikasi *power supply* secara umum dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar, yaitu berdasarkan fungsinya, berdasarkan bentuk mekanikalnya, dan juga berdasarkan metode konversinya (Kho, 2014).

1. *Power supply* berdasarkan fungsinya

Berdasarkan fungsinya *power supply* dapat dibedakan menjadi *regulated power supply*, *unregulated power supply*, dan *adjustable power supply*.

- a. *Regulated power supply* adalah *power supply* yang dapat menjaga kesetabilan tegangan dan arus listrik meskipun terkadang terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (tegangan dan arus input).
- b. *Unregulated power supply* adalah *power supply* tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- c. *Adjustable power supply* adalah *power supply* yang tegangan atau arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan knob mekanik. Terdapat dua jenis *adjustable power supply* yaitu *regulated adjustable power supply* dan *unregulated adjustable power supply*.

2. *Power supply* berdasarkan bentuknya

Power supply internal (build in) adalah *power supply* yang diletakkan di dalam atau menyatu dengan perangkat. Biasanya peralatan elektronika seperti televisi, monitor komputer, komputer *desktop*, maupun DVD *player* menggunakan *power supply*

jenis ini. Sedangkan *power supply* yang dapat berdiri sendiri (*stand alone*) biasanya terletak diluar peralatan elektronik seperti *charger handphone* dan adaptor *laptop*

3. *Power supply* berdasarkan metode konversinya

Berdasarkan metode konversinya *power supply* dibedakan menjadi *power supply linear* yang mengkonversi tegangan listrik secara langsung dari *input*-nya dan *power supply switching* (Gambar 2.3) yang harus mengkonversi tegangan *input* ke pulsa AC atau DC terlebih dahulu.



Gambar 2.3 *Power Supply Switching* 12 V 5 A

2.4.4. Modul LM2596

LM2596 merupakan sebuah regulator yang dapat digunakan sebagai penyetabil tegangan. LM2596 berfungsi sebagai *Step-Down DC converter* dengan *current rating* 3A. Regulator seri LM memiliki beberapa variasi tegangan output tetap 3,3v, 5v, 9v, 12v, dan versi *output* yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Seri LM2596 beroperasi pada frekuensi *switching* 150 KHz, sehingga memungkinkan komponen berukuran lebih kecil dari apa yang diperlukan dengan

regulator beralih ke frequensi yang lebih rendah (Texas Instrument, 2016). Modul LM2596 dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Modul LM2596

2.4.5. Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang menggunakan listrik untuk menggerakannya dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). *Relay* menggunakan prinsip elektromagnet untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan elektromagnet 5v dan 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220v 2A (Kho, 2017). *Relay* diilustrasikan pada Gambar 2.5.



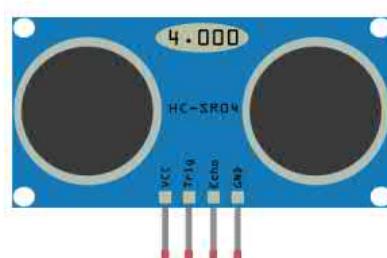
Gambar 2.5 Modul Relay

2.4.6. Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Sensor ultrasonik (HC-SR04) memiliki 4 pin seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.6. Untuk masing-masing pin bernama VCC, *trigger*, *echo*, dan *ground*. Deskripsi dari masing-masing pin disajikan pada Tabel 2.4. Sensor ultrasonik merupakan sensor yang paling populer digunakan diberbagai bidang aplikasi dimana pengukuran objek dan penginderaan dilakukan. Modul ini memiliki dua mata membentuk pemancar dan penerima ultrasonik. Pemancar ultrasonik mentransmisikan gelombang ultrasonik, gelombang ini bergerak di udara dan ketika terdapat keberadaan objek maka akan dipantulkan kembali dan diamati oleh penerima ultrasonik (Elijah J. Morgan, 2014).

Tabel 2.4 Deskripsi Pin pada Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Nomor pin	Nama pin	Deskripsi
1	VCC	Pin VCC menerima daya pada mikrokontroler, biasanya dengan 5v
2	<i>Trigger</i>	Pin <i>trigger</i> bertanggung jawab untuk mengirimkan gelombang ultrasonik. Pin ini harus tetap tinggi hingga $10 \mu\text{s}$, dimana HCSR04 akan mengirimkan delapan siklus gelombang sonik pada 40kHz
3	<i>Echo</i>	Pin <i>echo</i> digunakan untuk melakukan pengukuran jarak, setelah pin dikirim pin akan menjadi tinggi hingga gelombang ultrasonik terdeteksi kembali
4	<i>GND</i>	Pin <i>ground</i> biasanya untuk dikoneksikan ke <i>ground</i> dari sistem mikrokontroler



Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

2.4.7. *Solenoid Door Lock*

Solenoid pada dasarnya adalah elektromagnetik, terbuat dari gulungan kawat tembaga besar dengan *armature* (sebatang logam) di tengah. Ketika koil diberi energi, *slug* ditarik ke dalam pusat koil. Hal ini membuat *solenoid* mampu menarik dari satu ujung. *Solenoid* bagus dan kuat, memiliki *slug* dengan potongan miring *mounting bracket* yang bagus. Pada dasarnya kunci elektronik dirancang untuk brangkas atau pintu. Kunci selalu aktif sehingga tidak dapat membuka pintu karena *slug* masih menghalangi. Akan tetapi apabila diberikan daya 9-12 VDC, *slug* menarik kedalam sehingga tidak menonjol lagi dan pintu bisa dibuka (Adafruit, 2018). *Solenoid door lock* direpresentasikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Solenoid 12V*

2.5. Pengenalan Wajah

Wajah atau muka adalah bagian depan dari kepala pada manusia meliputi wilayah dari dahi hingga dagu, termasuk rambut, dahi, alis, mata, hidung, pipi, mulut, bibir, gigi, kulit, dan dagu. Elemen-elemen itulah yang menjadi pembeda antara wajah satu dengan yang lain. Selain elemen fisik ada faktor-faktor lain yang

mempengaruhi wajah yaitu trauma fisik, hasil pembedahan, gender, ras, pertumbuhan, dan usia. Oleh karena itu tidak ada satu wajahpun yang serupa mutlak, bahkan pada manusia kembar identik sekalipun, karena wajah digunakan untuk ekspresi wajah, penampilan, serta identitas (Putri, 2011).

Pengenalan wajah adalah teknologi komputer untuk menentukan lokasi wajah, ukuran wajah, deteksi fitur wajah, dan pengabaian citra latar, selanjutnya dilakukan identifikasi citra wajah. Pengenalan wajah melibatkan banyak variabel, misalnya citra sumber, citra hasil pengolahan citra, citra hasil ekstraksi, dan data profil seseorang. Dibutuhkan juga alat pengindera berupa sensor kamera dan metode untuk menentukan apakah citra yang ditangkap oleh kamera tergolong wajah manusia atau bukan, sekaligus untuk menentukan informasi profil yang sesuai dengan citra wajah yang dimaksud. Pengenalan wajah diperlukan oleh berbagai pihak, antara lain sipil, kepolisian, maupun miter untuk verifikasi identitas dan kontrol akses fisik (Suprianto, 2018).

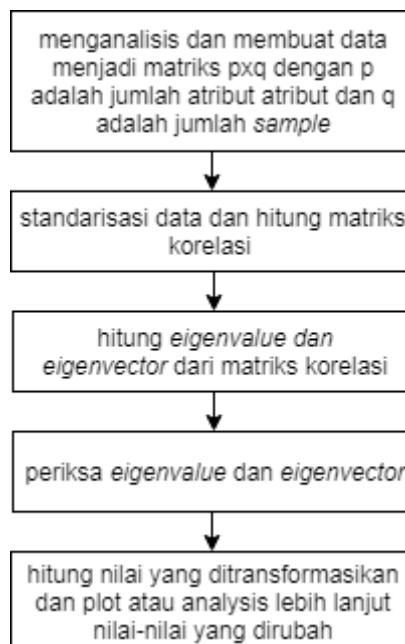
2.6. Algoritma Cerdas

Pada bagian ini beberapa algoritma cerdas yang akan digunakan untuk pengenalan wajah pada sistem keamanan pintu otomatis akan dijelaskan. Beberapa algoritma tersebut adalah *Principal Component Analysis*, Algoritma Genetika, dan *Local binary Pattern Histogram*.

2.6.1. *Principal Component Analysis (PCA)*

PCA adalah standar statistik yang digunakan dalam menganalisis data multidimensi. PCA digunakan untuk mengurangi dimensi dari suatu set data yang

terdiri dari sejumlah atribut yang saling terikat dengan mempertahankan sebanyak mungkin variasi yang ada dalam kumpulan data asli. Proses ini dilakukan dengan transformasi linear dari set atribut asli menjadi seperangkat atribut yang lebih kecil yang disebut dengan *principal component* (PC). Langkah dasar pada proses PCA diilustrasikan pada Gambar 2.8 (Silva, 2017).



Gambar 2.8 Langkah-Langkah *Principal Component Analysis*

Pertama-tama merubah citra menjadi matrik dua dimensi. Dengan matrik berisikan sekumpulan piksel yang terlihat pada Persamaan 2.1.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Dimana nn mempresentasikan piksel yang ada pada citra dan x_{nn} mewakili warna atau *gray scale*.

Matriks D dihasilkan dengan cara merata-rata data pada matrik X. Kemudian dilakukan pengurangan semua poin data dengan rata-rata data.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} - \bar{x}_1 & \dots & x_{1k} - \bar{x}_k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} - \bar{x}_k & \dots & x_{nn} - \bar{x}_k \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Dimana \bar{x}_k merupakan vektor kolom dari nilai rata-rata x_{nn} .

Kemudian dilakukan perhitungan matrik kovarian dari data set S, dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$S = \frac{D \cdot D^T}{n} \quad (2.3)$$

Dimana D^T merupakan *transpose* dari matrik D

Tujuan utama dari PCA adalah untuk mengurangi dimensi dari kumpulan data sambil mempertahankan variasi maksimum dari *dataset* asli. Matrik kovarians mendefinisikan penyebaran (varians) dan orientasi (kovarians) dari *dataset*. Oleh karena itu, matrik kovarians $k \times k$ bersama dengan nilai rata-rata dari variabel dapat sepenuhnya menjelaskan k terdistribusi normal *dataset* dimensi.

Diagonalisasi matriks adalah proses mengubah matriks kuadrat menjadi tipe khusus matriks yang disebut matriks diagonal, yang memiliki sifat dasar yang sama dari matriks kuadrat yang sebenarnya. Diagonalisasi matriks sama dengan mentrasformasikan variabel asli menjadi sebuah set khusus variabel baru, dimana matrik mengambil bentuk asli. Dengan kata lain, sama dengan menemukan *eigenvalue* dari matriks kuadrat. *Eigenvalue* akan menjadi elemen diagonal dari matriks diagonal yang dihasilkan. *Eigenvector* adalah hasil dari diagonalisasi yang merupakan kumpulan variabel baru sesuai dengan matrik diagonal.

Untuk merepresentasikan matrik korelasi dengan arah dan besaran (vektor), kita perlu mendiagonalisasi matrik korelasi S menjadi:

$$S\vec{v}_i = \lambda_i \vec{v}_i \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (2.4)$$

Dimana λ_i adalah nilai skalar yang disebut *eigenvalue* dan \vec{v}_i *eigenvector* yang sesuai dari matrik korelasi S.

$$(S - \lambda_i I) \vec{v}_i = 0 \quad (2.5)$$

Dimana I adalah matriks identitas dengan dimensi yang sama dengan S.

Lalu hitung nilai *Principal Component* dengan Persamaan (2.6).

$$pc = \text{matriks } D \times \text{eigenvector} \quad (2.6)$$

2.6.2. Algoritma Genetika / *Genetic Algorithm* (GA)

Algoritma genetika atau *genetic algorithm* (GA) adalah metode *metaheuristic* yang terinspirasi dari proses seleksi alam. GA secara keseluruhan merupakan proses yang terinspirasi dari proses seleksi evolusi Charles Darwin. Proses evolusi pada biologi terjadi pada *deoxyribonucleic Acid* (DNA). DNA merupakan rantai atau *sequence* dari *nucleotides*. *Nucleotides* inilah yang memberikan informasi penting kepada organisme. Organisme yang memiliki informasi baik atau buruk tergantung dari DNA-nya. Setiap organisme yang memiliki ciri-ciri baik dari segi fisik atau *phenotype* maupun kemampuan tidak terlihat lainnya bisa didapatkan dari perkawinan atau reproduksi antar organisme, proses ini disebut *crossover*. Suatu organisme juga dapat membentuk dirinya, beradaptasi atau ber-evolusi dari lingkungan atau yang disebut dengan seleksi dan mutasi.

Proses umum GA terdiri dari proses umum evolusi yaitu seleksi, *crossover*, dan mutasi. Pada organisme proses ini terjadi pada DNA, namun pada GA hal tersebut dikodekan sesuai dengan konteks komputasi yaitu dengan bilangan biner. Dimana setiap faktor atau variabel dari masalah dikodekan dengan biner, setiap

sekumpulan biner tersebut disebut dengan individu. Proses evolusipun biasanya terjadi pada suatu kumpulan individu atau beradaptasinya individu terhadap lingkungan, kumpulan individu tersebut disebut dengan populasi. Maka setiap biner dalam individu dan populasi tersebutlah dilakukan proses seleksi, *crossover*, dan mutasi. *Output* terbaik dari proses evolusi adalah individu yang baik dan atau biasa disebut *fitness organism*. Dalam konteks GA, *fitness* tersebut disebut dengan *fitness value*.

Kelebihan dari menggunakan GA adalah *fitness value* yang dicari dapat menyelesaikan pada masalah global optimal dimana pada metode geometrik lebih sulit ditemukan atau sering terjebak di lokal optimum. Beberapa kasus GA juga dapat mempersingkat waktu dalam pencarian lokal optimum dalam suatu optimasi parameter di metode pengolahan data.

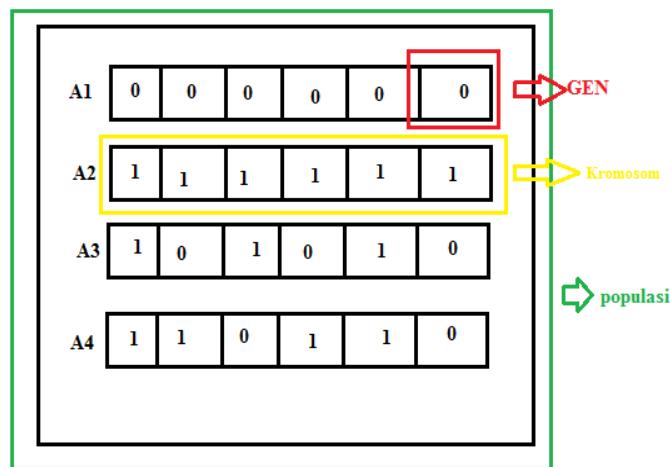
Tujuan umum dari GA adalah mencari *fitness value* dari individu di suatu populasi. Proses keseluruhan merupakan proses iterasi dari generasi ke generasi, dimana setiap generasi menghasilkan keturunan atau *offspring*, setiap keturunan mempunyai individu yang baik dibandingkan dengan *parent*-nya. Keturunan individu yang terbaik akan terpilih lagi menjadi *parent* pada generasi berikutnya.

Terdapat lima langkah dalam GA, yaitu sebagai berikut (Muhammad, 2018):

1. Inisialisasi populasi

Proses dimulai dengan menginisialisasi beberapa individu atau disebut dengan populasi. Setiap individu merupakan suatu solusi atau *fitness value* yang dicari.

Setiap individu merupakan sekumpulan dari *genes* atau gen atau disebut dengan *chromosome* (kromosom). Pada GA sekumpulan gen direpresentasikan dengan kode biner. Representasi Gen, kromosom, dan populasi diilustrasikan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Representasi Gen, Kromosom, Populasi

2. *Fitness function*

Fitness function menentukan seberapa bagus nilai dari suatu individu. Fungsi ini menghasilkan nilai atau *fitness value* yang dicari dari setiap individu.

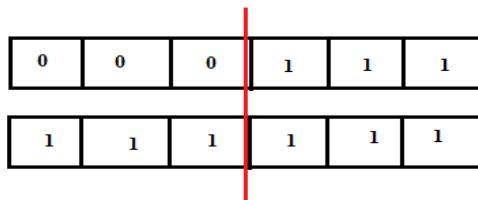
3. Seleksi

Pada fase ini individu yang memiliki nilai paling bagus dibiarkan untuk menjadi *parent* pada generasi berikutnya. Salah satu metode yang paling populer pada fase ini adalah metode *roulette*.

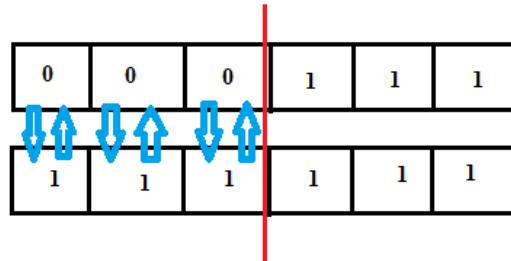
4. *Crossover*

Fase ini adalah fase paling signifikan pada GA. Setiap pasangan individu yang dijadikan *parent* kemudian disilangkan untuk membentuk individu baru. Teknik persilangan digunakan dengan menentukan *crossover point* secara random didalam

kromosom. Keturunan akan terlahir dengan menukar gen diantara *parent* sampai titik *crossover point*. *Crossover point* dan penukaran gen antar *parent* diilustrasikan pada Gambar 2.10 dan 2.11. Setelah penukaran barulah dimasukkan ke populasi.



Gambar 2.10 *Crossover Point*



Gambar 2.11 Penukaran Gen Diantara *Parent*

5. Mutasi

Setelah keturunan baru dibuat, beberapa gen pada individu dilakukan mutasi dengan probabilitas tertentu, biasanya dilakukan dengan probabilitas yang rendah. Mutasi direpresentasikan pada Gambar 2.12. Algoritma akan berhenti ketika populasi telah konvergen, tidak lagi menghasilkan keturunan yang signifikan dari generasi sebelumnya. Dengan kata lain GA telah memberikan solusi dari masalah yang didefinisikan.

Sebelum Mutasi

A5	1	1	1	0	0	0
----	---	---	---	---	---	---

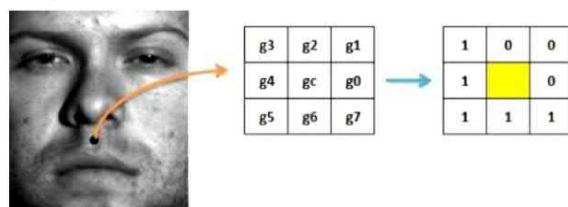
Sesudah Mutasi

A5	1	1	0	1	1	0
----	---	---	---	---	---	---

Gambar 2.12 Sebelum dan Sesudah Mutasi

2.6.3. Local Binary pattern Histogram (LBPH)

Local Binary Pattern (LBP) merupakan metode deskripsi tekstur yang juga dapat digunakan untuk mewakili wajah seseorang, karena gambar wajah dapat dilihat sebagai sebuah komposisi *micro-texture-pattern* yaitu suatu operator *non parametrik* yang menggambarkan tata ruang lokal citra. LBP didefinisikan sebagai perbandingan nilai biner piksel pada pusat citra dengan 8 nilai piksel disekelilingnya dan masing–masing piksel tersebut mempunyai nilai yang berbeda. Misal pada sebuah citra berukuran 3x3, nilai biner pada pusat citra dibandingkan dengan nilai sekelilingnya. Nilai sekelilingnya akan bernilai 1, jika nilai piksel pusat lebih kecil dan bernilai 0 jika nilai biner pusat lebih besar. Setelah itu, menyusun 8 nilai biner searah jarum jam atau sebaliknya dan merubah 8 bit biner ke dalam nilai desimal untuk menggantikan nilai piksel pada pusat (Gambar 2.13) (Fauzan *et al.*, 2018).



Gambar 2.13 Local Binary Pattern

LBP awalnya dirancang untuk deskripsi tekstur. Operator LBP akan memberikan label untuk setiap piksel dari suatu gambar dengan *thresholding* 3x3-ketetanggaan dari setiap piksel dengan nilai piksel pusat dan mengubah hasilnya sebagai angka biner. Kemudian histogram dari label bisa digunakan sebagai deskriptor tekstur.

Dari hasil komputasi akan menghasilkan sebuah nilai yang menunjukkan kode *Local Binary Pattern*. Kode-kode LBP tersebut akan direpresentasikan melalui histogram. Histogram akan menunjukkan frekuensi kejadian berbagai nilai LBP. Untuk dapat menangani tekstur pada skala yang berbeda, operator LBP kemudian diperluas dengan menggunakan ketetanggaan dengan ukuran yang berbeda.

BAB V

PENUTUP

Bab ini berisikan tentang beberapa simpulan yang dihasilkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. Selain itu pada bab ini juga dimasukkan beberapa saran yang dapat digunakan apabila penelitian ini akan dikembangkan kembali

5.1. Kesimpulan

Hasil percobaan menunjukkan bahwa algoritma PCA-GA merupakan algoritma yang akurat untuk diimplementasikan pada sistem keamanan dengan *Raspberry Pi* dengan nilai akurasi mencapai 90 %. Dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan reduksi selama 465,05 dan data reduksi yang didapatkan sebanyak 116. Nilai akurasi kemudian dijabarkan menjadi nilai TPR, TNR, FPR, dan FNR dengan hasil TPR 100%, TNR 80%, FPR 20%, dan FNR sebesar 0%.

5.2. Saran

Penelitian tentang keamanan pintu rumah menggunakan pengenalan wajah berbasis algoritma cerdas dengan *Raspberry Pi* diperoleh beberapa saran yang dapat dipergunakan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Melakukan modifikasi skenario yang lebih banyak untuk menguji tingkat optimisasi algoritma gabungan secara lebih mendetail
2. Melakukan pengujian parameter algorima *Principal Component Analysis* dan Algoritma Genetika secara lebih mendalam.

3. Untuk mendapat pengujian yang lebih akurat dalam pengenalan wajah dapat menggunakan algoritma cerdas lainnya atau menggabungkan pendekatan teknik optimasi yang lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Adafruit 2018. *lock-style selenoid - 12 VDC.* Tersedia di https://static6.arrow.com/aropdfconversion/e46bc5f4cabfac18e14c2f25d268cb82f23a99bc/pgurl_5147674064664300.pdf.
- Al-arashi, W.H., Ibrahim, H. & Suandi, S.A. 2014. Optimizing principal component analysis performance for face recognition using genetic algorithm. *Neurocomputing*, 128: 415–420. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2013.08.022>.
- Ali, H., Ali, M., Khan, S., Ali, I. & Imran, M. 2019. Perception layer security in Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, 100: 144–164. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.04.038>.
- Alkarkhi, A.F.M. & Alqaraghuli, W.A.A. 2019. Principal Components Analysis. *Easy Statistics for Food Science*. hal.125–141.
- Bouras, M.A., Ullah, A. & Ning, H. 2019. Synergy between Communication , Computing , and Caching for Sensing in Internet of Things. *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., hal.504–511. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.244>.
- Cavalcanti, G.D.C., Ren, T.I. & Pereira, J.F. 2013. Weighted Modular Image Principal Component Analysis for face recognition. *Expert Systems With Applications*, 40(12): 4971–4977. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.03.003>.
- Chengyuan, L., Ting, Z., Dongsheng, D. & Chongshan, L. 2016. Design and Application of Compound Kernel-PCA Algorithm in Face. *Proceedings of the*

- 35th Chinese Control Conference*, (2): 4122–4126.
- Chifor, B., Bica, I., Patriciu, V. & Pop, F. 2018. A security authorization scheme for smart home Internet of Things devices. *Future Generation Computer Systems*, 86: 740–749. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2017.05.048>.
- Dachyar, M., Zagloel, T.Y.M. & Saragih, L.R. 2019. Heliyon Knowledge growth and development : internet of things (IoT) research , 2006 – 2018. *Heliyon*, 5(June): e02264. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02264>.
- Dhondge, K., Ayinala, K. & Sejun, B.C. 2016. Infrared Optical Wireless Communication for Smart Door Locks Using Smartphones. *International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Networks Infrared*, 251–257.
- Dinh, D., Tai, J. & Kim, T. 2014. Hand Gesture Recognition and Interface via a Depth Imaging Sensor for Smart Home Appliances. *Energy Procedia*, 62: 576–582. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.419>.
- Edwan, E., Shaheen, A. & Alloh, A. 2018. Assets and Keys Management System Using NFC Technology. *International Conference on Promising Electronic Technologies*. IEEE, hal.8–12.
- Elijah J. Morgan 2014. *HC-SR04 Ultrasonic Sensor*. datasheet4u. Tersedia di <http://www.datasheet-pdf.com/mobile/1380136/HC-SR04.html>.
- Falilat, J., Olawuyi, D.O. & Odejobi, O.O. 2018. Yoruba Handwritten Character Recognition using Freeman Chain Code and K-Nearest Neighbor Classifier. 6(April): 129–134.
- Fauzan, A., Novamizanti, L. & Fuadah, Y.N. 2018. Implementation Identification

- of Face Recognition Using LBPH (Local Binary Pattern Histogram) Method For Attendance Presence Based Android. 5(3): 5403–5413.
- Gram-hanssen, K. & Darby, S.J. 2018. “ Home is where the smart is ” ? Evaluating smart home research and approaches against the concept of home. *Energy Research & Social Science*, 37(March 2017): 94–101. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.037>.
- Gunawan, T.S., Hamdan, M., Gani, H., Diyana, F., Rahman, A. & Kartiwi, M. 2017. Development of Face Recognition on Raspberry Pi for Security Enhancement of Smart Home System. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 5(4): 317–325.
- Han, D., Kim, H. & Jang, J. 2017. Blockchain based Smart Door Lock system ⇨. *International Conference on Information and Communication Technology Convergence*. hal.1165–1167.
- Hong, A., Nam, C. & Kim, S. 2019. What will be the possible barriers to consumers ’ adoption of smart home services ? *Telecommunications Policy*, (August): 101867. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101867>.
- Horn, J., Koohang, A. & Paliszewicz, J. 2019. The Internet of Things : Review and theoretical framework. *Expert Systems With Applications*, 133: 97–108.
- Hughes, J. 2013. *The Raspberry Pi camera*. The MagPi Ltd. Tersedia di <https://www.raspberrypi.org/>.
- Hughes, J. 2018. *Camera Module*. RASPBERRY PI FOUNDATION. Tersedia di <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/>.
- Hui, T.K.L., Sherratt, R.S. & Díaz, D. 2016. Major requirements for building Smart

- Homes in Smart Cities based on Internet of Things technologies. *Future Generation Computer Systems.* Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.10.026>.
- Kavde, S., Kavde, R., Bodare, S. & Bhagat, G. 2017. Smart Digital Door Lock System using Bluetooth Technology. *internatonal conference on information,communication & embedded systems.* hal.1–4.
- Kho, D. 2014. *pengertian power supply dan jenis-jenisnya.* teknik elektronika. Tersedia di <https://teknikelektronika.com/pengertian-power-supply-jenis-catu-daya/>.
- Kho, D. 2017. *Pengertian Relay dan Fungsinya.* teknik elektronika. Tersedia di <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>.
- Kravari, K. & Bassiliades, N. 2019. Simulation Modelling Practice and Theory StoRM : A social agent-based trust model for the internet of things adopting microservice architecture. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 94(January): 286–302. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.simp.2019.03.008>.
- Kumar, D. & Rao 2015. Analysis and Design of Principal Component Analysis and Hidden Markov Model for face recognition. *Procedia Materials Science*, 10(Cnt 2014): 616–625. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.mspro.2015.06.014>.
- Kunal yelne 2019. *Face Recognition using Raspberry Pi.* GITHUB. Tersedia di <https://github.com/kunalyelne/Face-Recognition-using-Raspberry-Pi/tree/master/>.

- Lian, K., Hsiao, S. & Sung, W. 2014. Smart home safety handwriting pattern recognition. *Computers and Electrical Engineering*, 40(4): 1123–1142. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.compeleceng.2014.02.010>.
- Majekodunmi, T.O. & Idachaba, F.E. 2016. A Review of the Fingerprint , Speaker Recognition , Face Recognition and Iris Recognition Based Biometric Identification Technologies. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, (August).
- Martin, L. 2013. *Biometrics. Computer and Information Security Handbook 2e.* Elsevier Inc. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394397-2.00056-8>.
- Mathew, M. & S, D.R. 2017. Super Secure Door Lock System For Critical Zones. *International Conference on Networks & Advances in Computational Technologies*. hal.242–245.
- Meenakshi, N., Monish, M., Dikshit, K.J. & Bharath, S. 2019. Arduino Based Smart Fingerprint Authentication System. *2019 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology (ICIICT)*, 1–7.
- Min, W.Y., Romanova, E., Lisovec, Y. & San, A.M. 2019. Application of Statistical Data Processing for Solving the Problem of Face Recognition by Using Principal Components Analysis Method. *2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*. IEEE, hal.2208–2212.
- Muhammad, G. 2018. *Algoritma genetika*. Tesis Program Pasca Sarjana. Tersedia di Institut Pertanian Bogor.

- Ng, s. c. 2017. Principal component analysis to reduce dimension on digital image. *Procedia Computer Science*.
- Nicholls, L. & Strengers, Y. 2019. Robotic vacuum cleaners save energy ? Raising cleanliness conventions and energy demand in Australian households with smart home technologies. *Energy Research & Social Science*, 50(October 2018): 73–81. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.11.019>.
- Nikou, S. 2019. Factors driving the adoption of smart home technology : An empirical assessment. *Telematics and Informatics*, 45(September): 101283. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.101283>.
- Ning, H., Shi, F., Zhu, T., Li, Q. & Chen, L. 2019. A novel ontology consistent with acknowledged standards in smart homes. *Computer Networks*, 148: 101–107. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.004>.
- Nour, B., Sharif, K., Li, F., Biswas, S., Mounbla, H. & Guizani, M. 2019. A survey of Internet of Things communication using ICN : A use case perspective. *Computer Communications*, 142–143(October 2018): 95–123. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.05.010>.
- OpenCV 2019. *About OpenCV*. Tersedia di <https://opencv.org/about/>.
- Petnik, J. & Vanus, J. 2018. Design of Smart Home Implementation within IoT with Natural Language within IoT with Natural Language Interface. *IFAC-PapersOnLine*, 51(6): 174–179. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.07.149>.
- Pratiwi, D.E. & Harjoko, A. 2013. Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis). *Indonesian Journal of Electronics and*

- Instrumentations Systems*, 3(2): 175–184.
- Prayogo, D.S., Rakhmatsyah, A. & Wijiutomo, C.W. 2015. Sistem Pengunci Pintu Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Smartphone Android. *e-proceeding of Engineering*, 2(2): 6558–6565.
- Putri, F.T. 2011. Analysis Algoritma Eigenface (Pengenalan Wajah) pada Aplikasi Kehadiran Pengajaran. *skripsi*. Tersedia di Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- RaspberryPi 2019. *Raspberry Pi 3 Model B*. Tersedia di <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/> [Accessed 26 September 2019].
- Schieweck, A., Uhde, E., Salthammer, T., Salthammer, L.C. & Morawska, L. 2018. Smart homes and the control of indoor air quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94(June 2017): 705–718. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.057>.
- Shah, D. & Bharadi, V. 2016. IoT based Biometrics Implementation on Raspberry Pi. *International Conference on Communication, Computing and Virtualization 2016*, 79: 328–336.
- Sharma, R. & Patterh, M.S. 2015. A new pose invariant face recognition system using PCA and ANFIS. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 126(23): 3483–3487. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.08.205>.
- Shelke, R. 2017. Iris Recognition System: A Novel Approach For Biometric Authentication. *2017 International Conference on Computing*,

- Communication, Control and Automation (ICCUBEA)*, 1–5.
- Silva, C.C. De 2017. Principal component analysis (PCA) as a statistical tool for identifying key indicators of nuclear power plant cable insulation degradation. *Thesis*.
- Somantri, O., Wiyono, S., Menggunakan, A., Syaraf, J., Dan, T., Genetika, A. & Teknologi, J. 2017. Peningkatan Akurasi Klasifikasi Tingkat Penguasaan Materi Bahan Ajar Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dan Algoritma Genetika. 5(September): 147–152.
- Subban, R., Mankame, D., Nayeem, S., Pasupathi, P. & Muthukumar, S. 2014. Genetic Algorithm based Human Face Recognition. *Int. Conf. on Advances in Communication, Network, and Computing*.
- Sunaryono, D., Siswantoro, J. & Anggoro, R. 2019. An android based course attendance system using face recognition. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, (xxxx): 1–9. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.01.006>.
- Suprianto, D. 2018. Sistem Pengenalan Wajah Secara Real-Time. *Thesis*, (March 2014). Tersedia di Politeknik Negeri Malang.
- Takano, Y. & Kajikawa, Y. 2018. Extracting commercialization opportunities of the Internet of Things : Measuring text similarity between papers and patents. *Technological Forecasting & Social Change*, (August): 1–24. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.008>.
- Texas Instrument 2016. LM2596 Simple Switcher ® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator. (1). Tersedia di www.ti.com.

- Umar, A.S.U.K. & Eddy, P.R.A.R. 2016. An Internet of Things Approach for Motion Detection using Raspberry Pi. *International Journal of Advanced Technology and Innovative Research*, 8(19): 3622–3627.
- Viola, P. & Jones, M. 2001. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Vongchumyen, C., Watanachaturaporn, P., Jinjakam, C., Watharapupong, A., Kasemsiri, W., Tongprasert, K., Walairacht, A., Penpokai, T., Jenweerawat, T. & Hami, A. 2017. Door Lock System via Web Application. *International Electrical Engineering Congress*. hal.8–10.
- Vu, L.G., Alsadoon, A., Prasad, P.W.C., Monem, A. & Elchouemi, A. 2016. Face Recognition Template in Photo Indexing : A Proposal of Hybrid Principal Component Analysis and Triangular Approach (PCAaTA). *Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation*. hal.177–180.
- Wang, M., McIntee, E.J., Cheng, G., Shi, Y., Villalta, P.W. & Hecht, S.S. 2000. Identification of DNA Adducts of Acetaldehyde. *Chem. Res. Toxicol.*, 1149–1157.
- Xin-SheYang 2014. Genetic Algorithms. *Nature-Inspired Optimization Algorithms*. hal.77–87.
- Zhang, Z. & Liu, S. 2015. Coupled principal component analysis based face recognition in heterogeneous sensor networks. *Signal Processing*, 1–7. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2015.08.013>.
- Zhi, H. & Liu, S. 2019. Face recognition based on genetic algorithm. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 58: 495–502. Tersedia di

[https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.12.012.](https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.12.012)

Zhou, C., Wang, L., Zhang, Q. & Wei, X. 2014. Face recognition based on PCA and logistic regression analysis. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 125(20): 5916–5919. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2014.07.080>.