

PERANCANGAN PINTU PINTAR UNTUK MENGENALI WAJAH NYATA BERBASIS PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN METODE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS DAN TEMPLATE MATCHING CORRELATION

DESIGN OF SMART DOOR SYSTEM FOR LIVE FACE RECOGNITION BASED ON IMAGE PROCESSING USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND TEMPLATE MATCHING CORRELATION METHODS

Valerian Ezra Vyanza¹, Budhi Irawan², Casi Setianingsih³

^{1,2,3}Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹valerianvyanza@student.telkomuniversity.ac.id, ²budhiirawan@telkomuniversity.ac.id,

³setiacasi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi pengolahan citra digital pada era modern semakin pesat perkembangannya. Dengan dukungan *software* yang banyak bermunculan, teknologi tersebut semakin mempermudah aktivitas kehidupan manusia. Salah satu disiplin ilmu yang membahas teknologi tersebut adalah *image processing*.

Tugas Akhir ini bertujuan merancang pintu pintar untuk mengenali wajah nyata berbasis pengolahan citra. Pintu pintar ini akan menjadi sebuah sistem pengenalan wajah dengan tingkat keakurasian dan kecepatan yang lebih tinggi. Dua metode utama yang digunakan dalam merancang sistem tersebut adalah *Principal Component Analysis* dan *Template Matching Correlation*.

Hasilnya menunjukkan: (a) sistem pintu pintar yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil mengenali wajah dengan tingkat akurasi **80%** (b) sistem pintu pintar ini juga dapat mengenali wajah dengan kecepatan **4.6 detik per subyek**.

Kata kunci: *image processing, pintu pintar pengenalan wajah, principal component analysis, template matching correlation*

Abstract

In recent years, digital image technology has been developing quickly. Supporting by widespread programming software development, the technology has contributed to human activity. One of sciences that elaborate the technology is image processing.

This research aimed at designing smart door for face identification based on image processing. The smart door will be a face identification system with better accuracy and speed. Two main methods used in this research are Principal Component Analysis and Template Matching Correlation.

This research founded: (a) smart door system designed in this research can identify the face with level of accuracy 80% (b) the smart door system also can identify the face with level of speed 4.6 seconds per subject.

Keywords: *image processing, smart door face identification, principal component analysis, template matching correlation*

1. Pendahuluan

Keamanan adalah keadaan bebas dari bahaya. Istilah ini bisa digunakan dengan hubungan kepada kejahatan, segala bentuk kecelakaan, dan lain-lain. Keamanan merupakan topik yang luas seperti keamanan nasional terhadap serangan teroris, keamanan rumah terhadap pencuri, keamanan finansial terhadap kehancuran ekonomi, keamanan suatu sistem terhadap *hacker* atau *cracker* dan banyak situasi berhubungan lainnya.

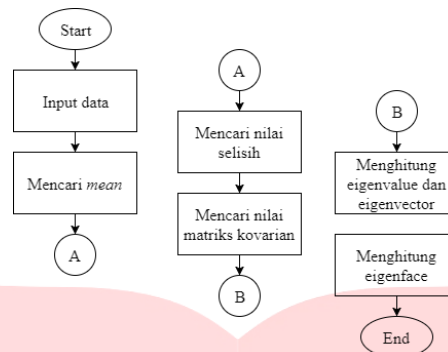
Pengenalan wajah merupakan salah satu teknologi berbasis pengolahan citra yang memanfaatkan sebagian atau seluruh wajah untuk proses autentikasi. Sehingga tingkat keamanan untuk suatu sistem lebih kuat dan meningkat. Biasanya sistem ini menggunakan kamera dan sebuah komputer. Komputer akan ditanami oleh algoritma atau metode tertentu untuk membuat kamera dapat berkomunikasi dengan komputer.

Perbedaan konsep pada penelitian ini terletak pada proses ekstraksi ciri dan klasifikasi. Pada tahap ekstraksi ciri penelitian ini menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Metode ini berfungsi untuk mereduksi dimensi pada suatu citra tanpa menghilangkan informasi didalamnya. Setelah citra tersebut diekstraksi, tahap selanjutnya adalah klasifikasi. Pada penelitian ini, tahap klasifikasi menggunakan metode *Template Matching Correlation*. Data citra latih akan dibandingkan dengan data citra uji untuk dinilai tingkat kemiripannya.

2. Dasar Teori

2.1 Principal Component Analysis

PCA adalah sebuah teknik statistika yang berguna pada bidang pengenalan, klasifikasi dan kompresi data citra. PCA juga merupakan teknik yang umum digunakan untuk menarik fitur-fitur dari data pada sebuah skala berdimensi tinggi [2].



Gambar 2.1 Langkah algoritma *eigenface*

2.2 Template Matching Correlation

Template matching adalah sebuah teknik dalam pengolahan citra digital untuk menemukan bagian-bagian kecil dari gambar yang cocok dengan *template* gambar [6]. *Template matching* merupakan salah satu ide yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana otak dapat mengenali kembali bentuk-bentuk atau pola-pola.

2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah *microcontroller* yang mempunyai *input-output digital port* seperti pada *board microcontroller*. Diantara kelebihan *Raspberry Pi* dibanding *board microcontroller* yang lain yaitu mempunyai *port* untuk *display* berupa monitor serta koneksi USB untuk *keyboard* serta *mouse*.



Gambar 2.2 Perangkat Raspberry Pi

2.4 Motor DC

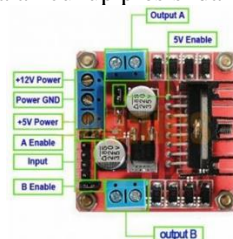
Sebuah motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatik menggunakan gaya elektrostatik.



Gambar 2.3 Perangkat Motor DC

2.5 Motor Driver L298N

Driver motor L298N merupakan *driver* motor yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah pergerakan motor. Kelebihan dari *driver* motor L298N ini adalah cukup presisi dan mudah dalam mengontrol motor.



Gambar 2.4 Perangkat L298N

2.6 Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HC-SR04 adalah sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini mirip dengan radar ultrasonik. Gelombang ultrasonik di pancarkan kemudian di terima balik oleh *receiver* ultrasonik. Jarak antara waktu pancar dan waktu terima adalah representasi dari jarak objek.



Gambar 2.5 Perangkat HC-SR04

2.7 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau *switch* elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu *coil* atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal.



Gambar 2.6 Perangkat Modul Relay 2 Channel

2.8 Solenoid Key

Kunci *solenoid* adalah perangkat yang bekerja berdasarkan arus yang diterima. Mata kunci akan tetap keluar sampai sinyal listrik diterima oleh perangkat. Alat ini sangat cocok untuk sistem yang membutuhkan keamanan berupa *door locking*.

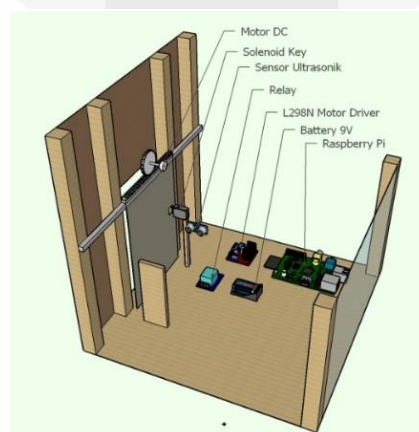


Gambar 2.7 Perangkat Kunci Solenoid

3. Analisis dan Perancangan

3.1 Gambaran Umum Sistem

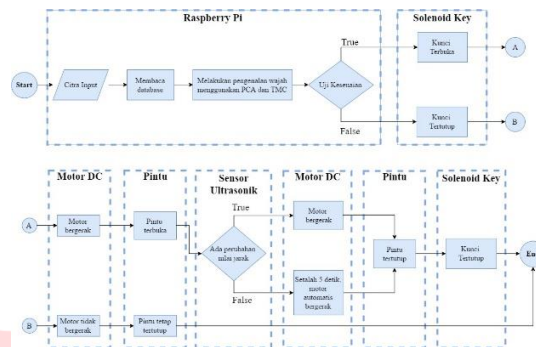
Secara umum, sistem yang digunakan pada *smart door* membutuhkan beberapa komponen perangkat keras yang diantaranya adalah mikrokontroler, kamera, sensor ultrasonik HC-SR04, relay *2 channel*, *driver* motor L298N, *power source*, motor DC dan *solenoid key*. Gambaran umum sistem dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.1 Miniatur sistem *smart door*

3.2 Analisis Sistem

Pada analisis sitem *smart door* ini akan membahas tentang hubungan antara data citra dengan seluruh perangkat keras yang saling terintegrasi. Berikut merupakan diagram alir proses kerja sistem:

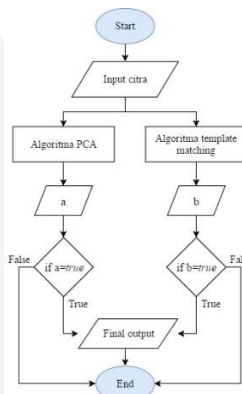


Gambar 3.1 Analisis sistem

Pada Gambar 3.1, menunjukan lokasi penempatan komponen perangkat keras pada sistem *smart door*. *Raspberry pi* berfungsi sebagai pusat kontrol sistem yang mengatur seluruh perangkat keras dan mengatur jalur *input output* data. Sistem ini juga memerlukan perangkat keras pendukung seperti relay 2 *channel*, *driver* motor L298N, kamera, sensor ultrasonik HC-SR04 dan *solenoid key*. Seluruh perangkat tersebut di-integrasikan agar dapat mendukung kinerja dari sistem pengenalan wajah. Catu daya juga dibutuhkan untuk menambahkan tegangan pada beberapa komponen agar bekerja maksimal.

3.2.1 Analisis Kebutuhan Sistem Software

Untuk analisis kebutuhan *software* akan membahas bagaimana algoritma *principal component analysis* dan *template matching* bekerja pada pemrosesan citra. Gambar dibawah ini merupakan diagram alir dari sistem *smart door*:

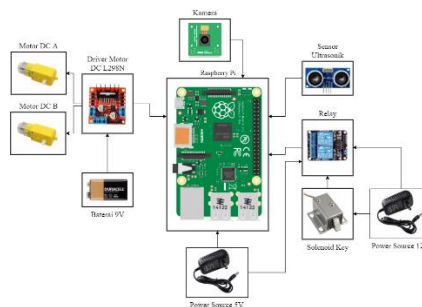


Gambar 3.2 Diagram alir keseluruhan sistem *software*

Pada Gambar 3.2, menjelaskan tentang masing-masing diagram alir dari algoritma yang digunakan di dalam sistem pengenalan wajah. Setiap citra input yang masuk ke dalam sistem akan diuji terlebih dahulu melalui kedua algoritma tersebut. Dan citra input dinyatakan valid apabila memenuhi kondisi *true* dari kedua algoritma.

3.2.2 Analisis Kebutuhan Sistem Hardware

Analisis kebutuhan *hardware* sangat diperlukan karena banyaknya komponen perangkat keras yang saling terhubung satu dengan yang lain. Gambar dibawah ini merupakan analisis jalur *input output* pada sistem:



Gambar 3.3 Jalur input output sistem

3.3 Perancangan Sistem

3.3.1 Skematik Raspberry Pi

Raspberry pi merupakan pusat kendali dari seluruh perangkat keras, maka dari itu peran *raspberry pi* sangat penting untuk mengatur jalur *input output* data. Berikut merupakan pembagian jalur *input output* terhadap setiap perangkat keras di *raspberry pi*:

Tabel 3.1 Skematik *Raspberry Pi*

Pin#	Nama Pin	Connect to
2	DC Power 5V	Vcc HC-SR04
4	DC Power 5V	Vcc L298N
6	Ground	Ground L298N
9	Ground	Ground HC-SR04
11	GPIO17	IN3 L298N
12	GPIO18	Trig HC-SR04
13	GPIO27	IN4 L298N
14	Ground	Ground relay
15	GPIO22	IN1 L298N
16	GPIO23	Echo HC-SR04
18	GPIO24	IN1 relay
22	GPIO25	IN2 L298N
37	GPIO 26	Buzzer (+)
39	Ground	Buzzer (-)

3.3.2 Skematik Motor Driver L298N

Fungsi dari driver motor L298N ini adalah untuk mengatur kecepatan dan arah putaran dari motor. Pembagian jalur input output pada L298N adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Skematik L298N

No	Nama Pin	Connect to
1	Motor A	Motor DC A
2	Motor B	Motor DC B
3	IN1	GPIO22
4	IN2	GPIO25
5	IN3	GPIO17
6	IN4	GPIO27
7	5V	DC raspberry pi 5V
8	Ground	Baterai 9V (-), ground raspberry pi
9	12V	Baterai 9V

3.3.3 Skematik Sensor Ultrasonik HC-SR04

Fungsi dari sensor ultrasonik HC-SR04 adalah untuk mendeteksi jarak dengan objek yang ada di depannya. Fungsi ini sangat membantu sistem untuk mendeteksi gerak suatu objek. Berikut skema jalur pin pada sensor ultrasonik HC-SR04:

Tabel 3.3 Skematik HC-SR04

No	Nama Pin	Connect to
1	Vcc	DC raspberry pi 5V
2	Ground	Ground raspberry pi
3	Trig	GPIO18
4	Echo	GPIO23

3.3.4 Skematik Relay

Fungsi dari *relay* adalah untuk memutus dan menyambungkan arus dalam waktu tertentu. Skematik dari *relay* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 Skematik *relay*

No	Nama Pin	Connect to
1	Vcc	Power source 5V (+)
2	Ground	Ground raspberry pi

3	IN1	GPIO24
4	NO (<i>Normally open</i>)	Power source 12V (+)
5	COM	Solenoid Key (+)

4. Implementasi dan Pengujian

Pada penelitian ini, ada 4 parameter yang dilakukan untuk pengujian yaitu jarak, cahaya, tinggi kamera dan kemiringan kamera. Jarak dari subyek ke kamera yang akan diuji adalah 0.5-meter, 0.75-meter dan 1-meter. Kondisi lingkungan yang akan diuji adalah cahaya dengan besar cahaya 36-41 lx, 70-100 lx dan 101-167 lx. Untuk tinggi kamera yang akan diuji adalah 1.5-meter, 1.75-meter dan 2-meter. Sementara kemiringan kamera yang akan diuji adalah 30, 45 dan 60°.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kondisi ideal dalam melakukan pengenalan wajah dari parameter pengujian diatas. Pengujian dilakukan oleh 6 subyek yang berbeda dengan masing-masing subyek melakukan 10 kali percobaan di setiap kondisi. Setiap subyek sudah mempunyai 15 citra *database* dengan posisis yang berbeda-beda untuk setiap citranya. Pengujian pengenalan dilakukan dengan melakukan perbandingan antara citra input terhadap citra *database*.

4.1 Hasil Pengujian Jarak

Pada pengujian ini, pengujian dilakukan pada siang hari dengan kondisi cahaya 101-167 lx (sekitar jam 12.00 – 16.00 WIB). Tempat pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan masih adanya pengaruh cahaya dari luar. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4.1 Hasil pengujian parameter jarak

Percobaan Ke-	Jarak 0.5-meter						Jarak 0.75-meter						Jarak 1-meter					
	Subyek Ke-																	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
3	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
4	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
5	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
6	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
7	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
9	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
10	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1

(Keterangan: 1 = Dikenali; 0 = Tidak Dikenali)

Dapat disimpulkan dari hasil pengujian di Tabel 4.1 bahwa jarak subyek dari kamera yang optimal untuk melakukan pengenalan wajah adalah di jarak **0.5-meter** dengan presentase keberhasilan **70%**.

4.2 Hasil Pengujian Cahaya

Pada pengujian ini, pengujian dilakukan dengan jarak dari kamera 0.5-meter. Tempat pengujian dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan masih adanya pengaruh cahaya dari luar. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4.2 Hasil pengujian parameter kondisi cahaya

Percobaan Ke-	36-41 lx						70-100 lx						101-167 lx					
	Subyek Ke-																	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0

(Keterangan: 1 = Dikenali; 0 = Tidak Dikenali)

Dapat disimpulkan dari hasil pengujian di Tabel 4.2 bahwa kondisi cahaya yang ideal untuk melakukan pengenalan wajah adalah kondisi pada saat **siang hari** (101-167 lx) dengan presentase keberhasilan **80%**.

4.3 Hasil Pengujian Tinggi Kamera

Pada pengujian ini, pengujian dilakukan pada siang hari dengan jarak dari kamera 0.5-meter. Tempat pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan lampu ruangan. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4.3 Hasil pengujian parameter tinggi kamera

Percobaan Ke-	1.5-meter						1.75-meter						2-meter					
	Subyek Ke-																	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
3	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
5	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
8	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1

(Keterangan: 1 = Dikenali; 0 = Tidak Dikenali)

Dapat disimpulkan dari hasil pengujian di Tabel 4.3 bahwa ketinggian kamera yang ideal untuk melakukan pengenalan wajah adalah setinggi **2-meter** dengan presentase keberhasilan **73.33%**.

4.4 Hasil Pengujian Kemiringan Kamera

Pada pengujian ini, pengujian dilakukan pada siang hari dengan jarak dari kamera 1-meter. Tempat pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan lampu ruangan. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4.4 Hasil pengujian parameter kemiringan kamera

Percobaan Ke-	30°						45°						60°					
	Subyek Ke-																	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
6	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
8	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
9	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
10	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1

(Keterangan: 1 = Dikenali; 0 = Tidak Dikenali)

Dapat disimpulkan dari hasil pengujian di Tabel 4.4 bahwa kemiringan kamera yang ideal untuk melakukan pengenalan wajah adalah **45°** dengan presentase keberhasilan **91.67%**.

4.5 Hasil Pengujian Lama Waktu Pengenalan

Pada skenario ini dilakukan pengujian pada kondisi ideal sistem yaitu dengan jarak 0.5-meter dari kamera, kondisi cahaya siang (101-167 lx), tinggi kamera 2-meter dan kemiringan kamera 45°. Berikut merupakan hasil pengujian lama waktu pengenalan:

Tabel 4.5 Hasil pengujian lama waktu pengenalan

Percobaan Ke-	Lama waktu pengenalan (s)					
	Subyek Ke-					
	1	2	3	4	5	6
1	4.05	4.05	3.81	5.96	5.96	4.05
2	5.96	2.86	4.05	5	2.86	5.01
3	5.01	5	5.96	4.05	5.01	4.05
4	5.01	4.05	5.96	3.09	5.01	7.86
5	3.1	5	5.96	6.19	4.05	4.05
6	4.05	4.05	5.96	4.05	2.86	5.01
7	5.96	6.91	4.05	4.05	4.05	5.01
8	2.86	5.96	4.05	3.81	5.96	5.96
9	4.05	5	4.05	4.05	4.05	4.05
10	4.05	4.05	3.81	4.05	4.05	4.05
Rata-rata	4.41	4.69	4.77	4.43	4.39	4.91

Pada Tabel 4.15, menunjukkan hasil pengujian lama pengenalan hingga pintu terbuka pada sistem. Rata-rata lama waktu pengenalan pada sistem mencapai **4.6 detik per subyek**.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem dapat mengenali wajah menggunakan program pada *raspberrypi* dengan baik (tingkat akurasi = **88.33%**) dengan rata-rata waktu pengenalan **4.6 detik per subyek**.
2. Berdasarkan hasil pengujian, sistem akan bekerja maksimal pada kondisi cahaya siang hari (101-167 lx) dengan jarak dari subjek ke kamera sejauh 0.5-meter.
3. Pengambilan citra akan berjalan optimal apabila ketinggian kamera yang digunakan yaitu 2-meter dengan kemiringan kamera 45°.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada pengembangan selanjutnya, agar dapat ditambahkan perangkat *keypad* dan *monitor* sehingga sistem dapat bekerja lebih interaktif dengan pengguna.
2. Pengambilan citra *database* dilakukan di segala kondisi jarak, cahaya, ketinggian kamera dan kemiringan kamera agar hasil yang didapatkan maksimal.

Daftar Pustaka:

- [1] Abbas, Eyad. 2017. Face Recognition Rate using Different Classifier Methods Based on PCA. Baghdad : University of Technology Baghdad.
- [2] Liu, Zhengzheng. 2016. Development of Face Recognition System Based on PCA and LBP for Intelligent Anti-Thief Doors. Tianjin : Tianjin University of Technology.
- [3] Toufiq, Rizoan. 2014. Face Recognition System using PCA-ANN Technique with Feature Fusion Method. Bangladesh : Rajshahi University of Engineering and Technology.
- [4] Joytsna. 2016. Face Recognition using Symlet, PCA and Cosine Angle Distance Measure. Dwarka : Guru Gobind Singh Indraprastha University.
- [5] Borade, Sushma. 2016. Face Recognition using Fusion of PCA and LDA : Borda Count Approach. Athens.
- [6] Nikan, Soodeh. 2015. Partial Face Recognition Based on Template Matching. Windsor : University of Windsor.
- [7] Naveena. 2015. Partial Face Recognition by Template Matching. Mysore : University of MysoreManasagangotri.
- [8] Kumar, Rajath. 2015. Artificial Neural Networks for Face Recognition using PCA and BPNN. Bangalore : R N Shetty Institute of Technology.
- [9] Karungaru, Stephen. 2004. Face Recognition using Genetic Algorithm based Template Matching. Japan : University of Tokushima.
- [10] Ai, Wang. 2004. Face Detection based on QFT Phase-only Correlation Template Match.
- [11] Trianto, Rezki. 2010. Klasifikasi Huruf *Katakana* dengan Metode *Template Matching Correlation*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [12] Pramana, Indra. 2012. Tracking Object Menggunakan Metode Template Matching Berbasis Stereo Vision. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.