



TUGAS AKHIR - SM141501

**APLIKASI METODE *FILTER BANK GABOR* PADA
IDENTIFIKASI CITRA WAJAH DARI INDIVIDU
YANG BERGERAK DAN TIDAK BERGERAK**

**AZARIA ELVINAROSA
NRP 1213 100 010**

**Dosen Pembimbing
Drs. Nurul Hidayat, M.Kom**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SM141501

**APPLICATION OF *GABOR FILTER BANK*
METHOD ON IDENTIFICATION OF FACE
IMAGES FROM MOVING AND STATIC
INDIVIDUALS**

**AZARIA ELVINAROSA
NRP 1213 100 010**

**Supervisor
Drs. Nurul Hidayat, M.Kom**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**APLIKASI METODE *FILTER BANK GABOR* PADA
IDENTIFIKASI CITRA WAJAH DARI INDIVIDU
YANG BERGERAK DAN TIDAK BERGERAK**

***APPLICATION OF GABOR FILTER BANK METHOD
ON IDENTIFICATION OF FACE IMAGES FROM
MOVING AND STATIC INDIVIDUALS***

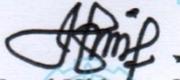
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada bidang minat Ilmu Komputer
Program Studi S-1 Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

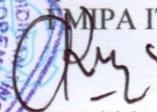
Oleh :

**AZARIA ELVINAROSA
NRP. 1213 100 010**

Menyetujui,
Dosen Pembimbing,


**Drs. Nurul Hidayat, M.Kom
NIP. 19630404 198903 1 001**

Mengetahui,
Kepala Departemen Matematika
FMIPA ITS,


**Dr. Imam Mukhlash, S.Si, M.T
NIP. 19700831 199403 1 003
Surabaya, Juli 2017**



APLIKASI METODE *FILTER BANK GABOR* PADA IDENTIFIKASI CITRA WAJAH DARI INDIVIDU YANG BERGERAK DAN TIDAK BERGERAK

Nama Mahasiswa : Azaria Elvinarosa
NRP : 1213 100 010
Departemen : Matematika
Dosen Pembimbing : Drs. Nurul Hidayat, M.Kom

Abstrak

Biometrika merupakan cabang matematika terapan yang bidang garapnya adalah mengidentifikasi individu berdasarkan ciri khas yang dimilikinya, seperti sidik jari, telapak tangan, iris mata, suara ucapan dan wajah. Pada Tugas Akhir ini dibuat suatu sistem pengenalan individu melalui identifikasi wajah menggunakan metode *Filter Bank Gabor*. *Gabor Filter* yang digunakan adalah *Gabor Wavelet*. Adapun tahap penelitian yang dilakukan mencakup akuisisi data, *preprocessing*, normalisasi, ekstraksi ciri dengan kernel *Gabor*, pendaftaran, dan pencocokan dengan menghitung jarak Euclidean ternormalisasi. Data citra wajah dari individu tidak bergerak direpresentasikan melalui foto, sedangkan dari individu bergerak direpresentasikan melalui video. Dari hasil uji coba, penggunaan 48 kernel *Gabor* menghasilkan pengenalan yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan 40 kernel *Gabor*. Dengan data sejumlah 173 citra referensi, 90 citra uji dari individu tidak bergerak dan 17 citra uji dari individu bergerak, hasil akurasi uji coba mencapai 91,12% untuk citra uji dari individu tidak bergerak, dan 88,23% untuk citra uji dari individu bergerak.

Kata kunci: *Euclidean Distance* ternormalisasi, *Filter Bank Gabor*, *Gabor Wavelet*, sistem pengenalan wajah

APPLICATION OF GABOR FILTER BANK METHOD ON IDENTIFICATION OF FACE IMAGES FROM MOVING AND STATIC INDIVIDUALS

Name of Student : Azaria Elvinarosa
NRP : 1213 100 010
Department : Mathematics
Supervisor : Drs. Nurul Hidayat, M.Kom

Abstract

Biometrics is a branch of applied mathematics whose field of work is identifying individuals based on their own characteristics, such as fingerprints, palms, iris, speech and faces. In this Final Project, an individual recognition system through face identification using the Gabor Filter method is created. Gabor Wavelets used as Gabor Filter. The research stages include data acquisition, preprocessing, normalization, feature extraction with Gabor kernel, registration, and matching by calculating normalized Euclidean distance. The face image data of the static individuals is represented through the photographs, while the moving individuals is represented through the video. From the trial results, the use of 48 Gabor kernels resulted a better recognition compared to the use of 40 Gabor kernels. With a total of 173 reference images, 90 test images of static individuals and 17 test images of moving individuals, the results of test accuracy reached 91.12% for test images of static individuals, and 88.23% for test images of moving individuals.

Keywords: *facial recognition system, Gabor Filter Bank, Gabor Wavelet, normalized Euclidean Distance*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin . Segala puji syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, petunjuk dan ridlo-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

“APLIKASI METODE *FILTER BANK GABOR* PADA IDENTIFIKASI CITRA WAJAH DARI INDIVIDU YANG BERGERAK DAN TIDAK BERGERAK”

yang merupakan salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan Program Sarjana Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat kerja sama, bantuan, dan dukungan dari banyak pihak. Suatu kebahagiaan dan kewajiban bagi penulis untuk menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si, M.T selaku Kepala Departemen Matematika ITS.
2. Dr. Drs. Subiono, M.Sc selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan akademik selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Matematika ITS.
3. Drs. Nurul Hidayat, M.Kom selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi S1 Departemen Matematika ITS.
5. Drs. Iis Herisman, M.Sc selaku Sekretaris Program Studi S1 Departemen Matematika ITS.
6. Dr. Dwi Ratna Sulistyaningrum, S.Si, M.T, Alvida Mustika Rukmi, S.Si, M.Si, dan Soleha, S.Si, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran demi perbaikan Tugas Akhir ini.

7. Seluruh jajaran dosen dan staf Departemen Matematika ITS.
8. Teman-teman mahasiswa matematika angkatan 2013, 2014, dan 2015 yang telah bersedia membantudalam proses pengumpulan data Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

Special Thanks To :

1. Mama, Papa, Naufal, Dela, serta keluarga besar tercinta yang selalu memberikan dukungan, nasehat, dan doa pada penulis.
2. Metta, Faaiza, Afifah, Melynda, Retno, Putri, Airin dan Fika, selaku teman penulis selama perkuliahan yang selalu mengingatkan, membantu dan mendukung dalam kondisi apapun.
3. Vina dan Xenny, selaku teman setopik Tugas Akhir yang telah memberikan bantuan dan motivasi.
4. Teman-teman angkatan 2013 yang sudah memberikan banyak dukungan, motivasi, cerita, bantuan dari awal perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Zella, Dili, Pipit, Kevin, dan Yogi, sahabat penulis yang selalu mendukung dan mendengarkan keluh kesah penulis.
6. Mbak Ngatini dan teman-teman mentoring, yang telah banyak memberikan ilmu dan nasehat.
7. Fisti, Femi, Fifin, Fay, Yukko, Aulia, Ardian, dkk, yang selalu berhasil menghibur penulis dengan candaannya.
8. M. Shahbana Satriawan, yang selalu membantu, menemani dan memotivasi penulis.
9. Teman-teman UKM Bridge ITS, yang telah menjadi teman penulis dalam menyalurkan hobi, mencari hiburan dan juga prestasi.
10. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan doa, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah membalas dengan balasan yang lebih baik bagi semua pihak yang telah membantu penulis. *Aaamiin yaa rabbal'aalamiin.*

DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Citra Digital.....	8
2.3 Video.....	9
2.4 Pengenalan Wajah.....	10
2.5 <i>Preprocessing</i>	12
2.6 Deteksi Wajah Viola-Jones.....	13
2.7 Normalisasi.....	14
2.8 Transformasi Fourier Diskrit Dua Dimensi.....	15
2.9 Konvolusi.....	16
2.10 <i>Filter Bank Gabor</i>	17
2.11 <i>Euclidean Distance</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Objek dan Aspek Penelitian.....	21
3.2 Peralatan.....	21
3.3 Data Penelitian.....	22
3.4 Tahap Penelitian.....	22

BAB IV PERANCANGAN SISTEM	27
4.1 Perancangan Sistem	27
4.2 Perancangan Data.....	27
4.3 Gambaran Proses secara Umum.....	29
4.4 Proses Akuisisi Data	30
4.5 Proses <i>Preprocessing</i>	31
4.5.1 <i>Preprocessing</i> Citra Wajah Individu tidak Bergerak.....	31
4.5.2 <i>Preprocessing</i> Citra Wajah Individu Bergerak..	33
4.6 Proses Normalisasi.....	33
4.7 Proses Ekstraksi Ciri	34
4.7.1 Proses Filterisasi	34
4.7.2 Proses Perhitungan Vektor Ciri	41
4.8 Proses Pendaftaran	42
4.9 Proses Pengenalan.....	43
BAB V IMPLEMENTASI SISTEM	45
5.1 Implementasi Antarmuka.....	45
5.2 Implementasi Tahap Akuisisi Data	50
5.3 Implementasi Tahap <i>Preprocessing</i>	51
5.4 Implementasi Tahap Normalisasi.....	51
5.5 Implementasi Tahap Ekstraksi Ciri.....	52
5.5.1 Implementasi Proses Filterisasi	52
5.5.2 Implementasi Proses Perhitungan Vektor Ciri...52	
5.6 Implementasi Tahap Pendaftaran.....	53
5.7 Implementasi Tahap Pengenalan.....	54
BAB VI PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN HASIL.....	57
6.1 Pengujian Tahap Akuisisi Data.....	57
6.2 Pengujian Tahap Deteksi Wajah	57
6.3 Pengujian Tahap <i>Preprocessing</i>	58
6.4 Pengujian Tahap Normalisasi	59
6.5 Pengujian Tahap Ekstraksi Ciri.....	61
6.6 Pengujian Tahap Pengenalan	61
6.6.1 Pengujian Pengenalan Citra Wajah Individu Tidak Bergerak	63

6.6.2	Pengujian Pengenalan Citra Wajah Individu Bergerak.....	65
6.6.3	Penentuan Nilai Ambang (<i>Threshold</i>)	67
6.7	Pembahasan Hasil Pengujian	67
6.8	Pembahasan Penyebab Besar Kecil Akurasi.....	69
BAB VII	PENUTUP	71
7.1	Kesimpulan	71
7.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75
BIODATA PENULIS	95

DAFTAR GAMBAR

	hal
Gambar 2.1 Sistem Pengenalan Wajah[9]	11
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Deteksi Wajah <i>Viola-Jones</i> ..	14
Gambar 2.3 <i>Gabor Filter</i> dengan 5 Frekuensi dan 8 Orientasi .	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian	23
Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Akuisisi Data	31
Gambar 4.2 Diagram Alir <i>Preprocessing</i>	32
Gambar 4.3 <i>Gabor Filter</i> dengan Frekuensi $m=1$ dan Orientasi $k=1$ (a) Bagian Real (b) Bagian Imajiner	36
Gambar 4.4 <i>Gabor Filter</i> Real dengan 6 Frekuensi dan 8 Orientasi	37
Gambar 4.5 <i>Gabor Filter</i> Imajiner dengan 6 Frekuensi dan 8 Orientasi	37
Gambar 4.6 <i>Magnitude Gabor Filter</i> dengan 6 Frekuensi dan 8 Orientasi	38
Gambar 4.7 Ilustrasi Proses Perhitungan Vektor Ciri.....	42
Gambar 5.1 Antarmuka Halaman Utama.....	45
Gambar 5.2 Antarmuka Halaman Pendaftaran	47
Gambar 5.3 Antarmuka Halaman Pengenalan.....	48
Gambar 5.4 Antarmuka Halaman Bantuan.....	50
Gambar 6.1 Citra Hasil Akuisisi dari 4 Individu Berbeda dengan Posisi Wajah Berbeda	57
Gambar 6.2 (a)Deteksi Wajah dari Individu Tidak Bergerak (b)Deteksi Wajah dari Individu Bergerak	57
Gambar 6.3 (a) Citra Hasil Akuisisi (b) Citra Hasil <i>Grayscale</i>	58
Gambar 6.4 (a) Citra Hasil <i>Grayscale</i> (b) Citra Hasil Deteksi, <i>Cropping</i> Wajah, dan <i>Resize</i>	59
Gambar 6.5 48 Citra Hasil Filterisasi	61

DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 4.1 Data Proses	28
Tabel 5.1 Kegunaan Menu dalam Sistem	46
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Normalisasi dengan Nilai Parameter Berbeda.....	60
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Tidak Bergerak Menggunakan 40 <i>magnitude Gabor filter</i>	63
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Tidak Bergerak Menggunakan 48 <i>magnitude Gabor filter</i>	63
Tabel 6.4 Hasil Pengujian Data Uji Individu Tidak Bergerak Menggunakan 40 <i>magnitude Gabor filter</i>	64
Tabel 6.5 Hasil Pengujian Data Uji Individu Tidak Bergerak Menggunakan 40 <i>magnitude Gabor filter</i>	64
Tabel 6.6 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Bergerak Menggunakan 40 <i>magnitude Gabor filter</i>	65
Tabel 6.7 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Bergerak Menggunakan 48 <i>magnitude Gabor filter</i>	65
Tabel 6.8 Hasil Pengujian Data Uji Individu Bergerak Menggunakan 40 <i>magnitude Gabor filter</i>	66
Tabel 6.9 Hasil Pengujian Data Uji Individu Bergerak Menggunakan 48 <i>magnitude Gabor filter</i>	66
Tabel 6.10 Akurasi Hasil Pengujian terhadap Citra Referensi dari Individu Tidak Bergerak	68
Tabel 6.11 Akurasi Hasil Pengujian terhadap Citra Uji dari Individu Tidak Bergerak	68
Tabel 6.12 Akurasi hasil pengujian terhadap citra referensi dari individu bergerak.....	69
Tabel 6.13 Akurasi Hasil Pengujian terhadap Citra Uji dari Individu Bergerak.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

	hal
LAMPIRAN A	75
A. Kode Prosedur Akuisisi Citra Wajah.....	75
LAMPIRAN B	77
B.1 Kode Fungsi <i>Preprocessing</i>	77
B.2 Kode Fungsi Proses Normalisasi	77
LAMPIRAN C.....	79
C.1 Kode Fungsi Proses Filterisasi.....	79
C.2 Kode Fungsi Proses Perhitungan Vektor Ciri.....	80
LAMPIRAN D	85
D. Kode Prosedur Proses Pendaftaran.....	85
LAMPIRAN E.....	87
E. Kode Fungsi Proses Pengenalan Wajah.....	87
LAMPIRAN F	89
F Data Citra Wajah dari Individu Tidak Bergerak	89

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan hal-hal yang melatarbelakangi munculnya permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini. Kemudian permasalahan tersebut disusun kedalam suatu rumusan masalah. Selanjutnya dijabarkan juga batasan masalah untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan serta manfaat yang dapat diperoleh. Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini akan diuraikan di bagian akhir bab ini.

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, sistem keamanan yang menjamin kerahasiaan personal/data semakin dibutuhkan. Identifikasi merupakan unsur penting dalam terjaminnya keamanan dan kerahasiaan personal/data. Cabang matematika terapan yang sangat berperan untuk keperluan identifikasi individu adalah biometrika[1].

Biometrika adalah pengembangan dari metode dasar sistem autentifikasi dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya misalnya wajah, sidik jari, telapak tangan, iris mata, suara dan DNA[3]. Sebelum ada sistem biometrika, pengenalan diri biasa dilakukan dengan menggunakan sistem tradisional, seperti PIN, password, kartu, dan kunci. Penggunaan sistem ini dapat menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain adanya faktor lupa, dapat digunakan atau diduplikasi oleh orang lain yang tidak berwenang, dan dapat hilang atau dicuri. Kelemahan-kelemahan tersebut dapat diatasi dengan penggunaan teknologi biometrika[2].

Wajah merupakan bagian yang paling umum dan alamiah yang dapat digunakan untuk mengenali individu. Sistem pengenalan individu melalui wajah sudah banyak digunakan dalam sistem keamanan, antara lain ijin akses masuk ruangan, pengawasan lokasi, pencarian identitas individu. Pengambilan citra wajah untuk diidentifikasi sehingga dikenali dapat dilakukan

dengan beberapa cara. Misalnya melalui foto individu yang tidak bergerak dan video individu yang bergerak.

Pola wajah memiliki ciri unik untuk setiap individu. Namun wajah mempunyai karakteristik yang sangat kompleks, sehingga kerumitan dalam identifikasi wajah tidak jarang dialami, karena adanya variabilitas wajah. Munculnya variabilitas wajah ini biasanya karena perubahan posisi wajah, kualitas pencahayaan, dan lain-lain. Akan tetapi, variabilitas wajah ini dapat diminimalisasi dengan pencarian ciri wajah melalui detektor ciri.

Metode *Filter Bank Gabor* merupakan detektor ciri berbasis tekstur. Metode ini dikenal sebagai detektor ciri yang sukses karena memiliki kemampuan mengeliminasi parameter variabilitas wajah yang disebabkan oleh iluminasi kontras dan sedikit pergeseran serta deformasi citra dimana pada metode lainnya sering mengganggu dalam proses pengenalan. Keunggulan *Filter Bank Gabor* lainnya yaitu mampu merepresentasikan citra ke dalam skala orientasi sudut dan frekuensi, sehingga ekstraksi ciri yang dihasilkan akan lebih merepresentasikan citra wajah yang diekstrak[3][4].

Metode *Filter Bank Gabor* juga telah banyak digunakan pada beberapa penelitian sebelumnya. Ahmad Fahmi Jatnika mengaplikasikan metode ini pada identifikasi sidik jari sedangkan Ricky Kurniadi mengaplikasikannya untuk membuat sistem identifikasi telapak tangan[5][2]. Selain itu, ada Dwi Ely Kurniawan dkk yang menggunakan metode ini dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Identifikasi Biometrika Wajah Menggunakan Metode Gabor KPCA dan Mahalanobis Distance”[3].

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini dibuat suatu program atau perangkat lunak untuk mengenali individu melalui identifikasi wajahnya. Identifikasi wajah seseorang dilakukan dengan cara membandingkan nilai citrawajah yang

diambil dari individu yang bergerak dan tidak bergerak tersebut setelah diekstraksi dengan database citra wajah yang sudah ada sebelumnya dan telah direkam atau disimpan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Melakukan *preprocessing* terhadap citra wajah dari individu yang bergerak dan tidak bergerak.
2. Mengaplikasikan metode *Filter Bank Gabor* untuk mengekstraksi ciri berbasis tekstur pada wajah individu dan proses identifikasi wajah.
3. Membuat sistem dalam bentuk program atau perangkat lunak untuk mengenali individu melalui identifikasi citra wajahnya.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pembahasan permasalahan pada Tugas Akhir ini maka ditentukan beberapa batasan sebagai berikut :

1. Citra wajah yang diambil adalah citra wajah individu/manusia.
2. Citra wajah diambil menggunakan kamera digital dan disimpan dalam format .jpg jika berupa gambar dan disimpan dalam format .wmv jika berupa video.
3. Video diambil dengan jarak 20cm-250cm dari individu.
4. *Input* citra hanya menggunakan bagian wajah individu, ekspresi wajah normal, dan tidak menggunakan aksesoris seperti berkacamata atau berkerudung.
5. *Input* citrahanya mengandung satu wajah individu.
6. *Gabor Filter* yang digunakan adalah *Gabor Wavelet*.
7. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat aplikasi pengenalan individu adalah Matlab.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, didapat tujuan umum dan khusus pada Tugas Akhir ini.

Tujuan umum Tugas Akhir ini adalah mendapatkan program atau perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mengenali individu melalui identifikasi wajahnya.

Adapun tujuan khususnya adalah :

1. Mendapatkan program *preprocessing* terhadap citra wajah individu.
2. Mendapatkan program untuk mengekstraksi ciri berbasis tekstur pada wajah individu dan mengidentifikasi wajah tersebut untuk mengenali individu pemilik wajah dengan mengaplikasikan metode *Filter Bank Gabor*.
3. Mendapatkan *source code* program atau perangkat lunak untuk mengenali individu melalui identifikasi wajahnya.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai pengenalan individu berdasarkan identifikasi wajah menggunakan metode *Filter Bank Gabor* dengan asumsi identitas wajah sudah didaftarkan oleh pengguna dan dapat dimanfaatkan oleh suatu instansi atau lembaga untuk tujuan tertentu.
2. Sistem deteksi dini terhadap orang yang memasuki area yang membutuhkan keamanan tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan beberapa bab sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan
Bab ini berisi tentang gambaran umum dari penulisan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan, serta sistematika penulisan.
2. BAB II Tinjauan Pustaka
Bab ini berisi tentang teori dasar yang mendukung dan digunakan penulis dalam Tugas Akhir ini, antara lain Citra Digital, Video, pengenalan wajah, *pre-processing*, deteksi wajah *Viola-Jones*, normalisasi, Transformasi Fourier Diskrit Dua Dimensi, konvolusi, metode *Filter Bank Gabor*, *Euclidian Distance*.
3. BAB III Metodologi Penelitian
Bab ini menjelaskan tahap pengerjaan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sehingga penelitian ini dapat dirancang sistematis dan diatur dengan sebaik-baiknya.
4. BAB IV Perancangan Sistem
Bab ini menjelaskan tahap persiapan pengolahan data dan penentuan parameter dalam metode yang digunakan sebagai acuan dalam implementasi sistem.
5. BAB V Implementasi Sistem
Bab ini membahas proses untuk implementasi dengan menggunakan pemrograman Matlab berdasarkan perancangan sistem yang telah dibuat pada bab sebelumnya.
6. BAB VI Pengujian dan Pembahasan Hasil
Bab ini membahas tentang pengujian sistem yang telah terimplementasi dengan melakukan proses verifikasi dan validasi beserta pengujian kinerja dari sistem yang telah dibuat.

7. BAB VII Penutup

Bab ini berisi kesimpulan Tugas Akhir yang diperoleh dari bab pengujian dan pembahasan hasil serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai dasar teori yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Dasar teori yang dijelaskan dibagi menjadi beberapa sub bab yaitu penelitian terdahulu, Citra Digital, Video, pengenalan wajah, *pre-processing*, deteksi wajah *Viola-Jones*, normalisasi, Transformasi Fourier Diskrit Dua Dimensi, konvolusi, metode *Filter Bank Gabor*, *Euclidian Distance*.

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebagai detektor ciri yang memiliki keunggulan, metode *Filter Bank Gabor* telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian biometrika. Misalnya yang dilakukan oleh Ahmad Fahmi Jatnika pada tahun 2010. Penelitian mengembangkan sistem identifikasi sidik jari yang dilakukan dengan membuat 8 buah filter Gabor. Presentase tingkat keberhasilan sistem dalam mengidentifikasi pengguna mencapai 90,667% dengan menggunakan vektor ciri 64 sektor[5].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ricky Kurniadi pada tahun 2012 dengan judul “Pengembangan Sistem Identifikasi Telapak Tangan dengan Menggunakan Metode Filter Bank Gabor”. Penelitian ini mengembangkan teknik pencocokan telapak tangan berbasis *Filter Bank Gabor* yang merupakan salah satu dari teknik pencocokan telapak tangan berbasis pola. Penelitian ini hanya menggunakan telapak tangan sebagai objeknya. Tetapi berdasarkan hasil pengujian identifikasi telapak tangan pengguna dengan menggunakan metode tersebut, diperoleh unjuk kerja yang cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan cukup tingginya persentase tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan identifikasi pengguna, yaitu sebesar 92,727% [2].

Selanjutnya ada penelitian tugas akhir yang dilakukan oleh Ita Ernia pada tahun 2015. Penelitian tersebut mengembangkan

sistem pengenalan wajah menggunakan *Filter Bank Gabor*, tetapi hanya menggunakan citra wajah individu tidak bergerak yang ditangkap menggunakan kamera digital sebagai data masukannya. Dengan menggunakan data uji sebanyak 10 laki-laki dan 10 perempuan dengan sampel sebanyak 10 foto pada masing-masing individu diperoleh unjuk kerja sistem yang sangat tinggi, yaitu rata-rata sebesar 98% mengenali individu dengan benar[6].

Penelitian lain yang juga mengaplikasikan metode *Filter Bank Gabor* adalah “Sistem Identifikasi Biometrika Wajah Menggunakan Metode Gabor KPCA dan Mahalanobis Distance” yang dilakukan oleh Dwi Ely Kurniawan, Kusworo Adi, dan Adian Fatchur Rohim pada tahun 2012. Sistem biometrika pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap pemasukan data (*enrollment*) dan pencocokan ciri (*matching*). Sistem mengakuisisi wajah dengan beberapa posisi sudut, pencahayaan dan ekspresi yang berbeda-beda. Citra wajah hasil dari akuisisi, diekstraksi menggunakan metode *Gabor KPCA* (8x5 filter) untuk didaftarkan ke dalam database sebagai tahap *enrollment* citra wajah dan tahap selanjutnya pencocokan ciri (*matching*) dengan melakukan pengukuran jarak antara citra uji dengan citra database wajah menggunakan *Mahalanobis Distance*. Penelitian ini menggunakan database citra wajah AT&T Face dengan sampel 40 orang dan 10 posisi wajah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem biometrika yang dikembangkan dapat mengenali wajah dengan tingkat akurasi mencapai 97.5% [3]. Namun penelitian ini menggunakan data citra yang ditangkap (*capture*) menggunakan webcam saja.

2.2 Citra Digital

Citra adalah representasi, kemiripan atau imitasi dari suatu objek atau benda[6]. Secara matematis, citra dinyatakan sebagai suatu fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah objek. Citra dibedakan menjadi dua yaitu citra kontinu diperoleh dari sistem optik yang menerima sinyal

analog(mata manusia dan kamera analog) dan citra diskrit(digital) dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra kontinu.

Proses digitalisasi pada citra digital dibagi menjadi dua proses yakni sampling dan kuantisasi. Proses sampling merupakan proses pengambilan nilai diskrit koordinat ruang (x, y) secara periodik dengan periode sampling T . Proses kuantisasi merupakan proses pengelompokkan nilai tingkat keabuan citrakontinu kedalam beberapa level atau merupakan proses membagi skala keabuan $(0, L)$ menjadi G buah level yang dinyatakan dengan suatu harga bilangan bulat(*integer*), dinyatakan sebagai $G = 2^m$, dengan G adalah derajat keabuan dan m adalah bilangan bulat positif.

Dengan demikian citra digital dapat didefinisikan suatu matriks A berukuran M (baris) x N (kolom) dimana indeks baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya menyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut.

$$A = \begin{bmatrix} a_{0,0} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & \dots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{M-1,0} & \dots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix}$$

2.3 Video

Video digital dapat disebut array 3 dimensi dari piksel berwarna[7]. 2 dimensi melayani arah spasial dari gambar bergerak (horizontal dan vertikal) dan satu dimensi lainnya akan merepresentasikan domain waktu.

Arsitektur video digital tersusun atas sebuah format untuk mengodekan dan memainkan kembali file video dengan komputer dan menyertakan sebuah pemutar (player) yang mengenali dan membuka file yang dibuat untuk format tersebut. Contoh arsitektur video digital di antaranya adalah Apple QuickTime, Microsoft Windows Media Format, dan Real Network RealMedia. Format video yang terkait dengan arsitektur tersebut adalah QuickTime movie (.mov), Audio Video Interleaved (.avi),

dan RealMedia (.rm). beberapa pemutar dapat mengenali dan memainkan lebih dari satu format file video.

Video digital sebenarnya terdiri atas serangkaian gambar digital yang ditampilkan dengan cepat pada kecepatan yang konstan. Dalam konteks video, gambar ini disebut frame. Satuan ukuran untuk menghitung frame rata-rata yang ditampilkan disebut frame per second. Setiap frame merupakan gambar digital yang terdiri dari raster piksel. Gambar digital yang terdiri dari raster piksel. Gambar digital akan mempunyai lebar sebanyak W piksel dan tinggi sebanyak H piksel. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa frame size adalah $W \times H$.

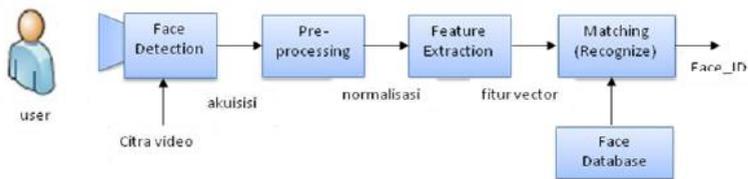
2.4 Pengenalan Wajah

Wajah merupakan bagian depan dari kepala yang meliputi: daerah dari dahi hingga dagu, termasuk juga rambut, dahi, alis, mata, hidung, pipi, mulut, bibir, gigi, dagu dan kulit. Wajah digunakan untuk menunjukkan sikap seseorang terhadap ekspresi wajah, penampilan, serta identitas dari seseorang. Tidak ada satu pun wajah yang sama atau serupa mutlak, bahkan pada manusia kembar sekalipun. Wajah sebagai objek dua dimensi digambarkan dengan berbagai macam iluminasi, pose dan ekspresi wajah untuk diidentifikasi berdasarkan citra dua dimensi dari wajah tersebut. Oleh sebab itu dengan melihat wajah, manusia dapat mengenali atau mengidentifikasi seseorang dengan mudah[8].

Sistem pengenalan wajah seseorang tidak mengganggu kenyamanan seseorang saat akuisisi citra. Pendekatan yang paling umum untuk pengenalan wajah didasarkan pada bentuk dan penempatan atribut wajah seperti mata, alis mata, hidung, bibir dan dagu serta hubungan antara atribut tersebut atau analisis wajah secara keseluruhan yang menghadirkan suatu wajah sebagai suatu kombinasi dari sejumlah wajah kanonik. Suatu sistem pengenalan wajah pada prakteknya agar dapat bekerja dengan baik maka sistem harus secara otomatis dapat mendeteksi kehadiran wajah pada citra yang diperoleh, menempatkan posisi wajah dan mengenali wajah dari suatu sudut pandang umum atau

berbagai pose. Beberapa kesulitan dalam penggunaan biometrika wajah, diantaranya: penyamaran, deteksi wajah ditengah keramaian orang, sudut pandang atau pose dan intensitas penerangan yang berbeda. Secara komputasi mesin komputer dapat mengenali seperti layaknya sistem kerja manusia.

Sistem pengenalan wajah merupakan sistem yang secara otomatis dapat mengidentifikasi atau memverifikasi seseorang dari sebuah gambar digital dan atau bingkai video dari kamera pengawas. Ada dua cara pendekatan identifikasi dan verifikasi dalam biometrika pengenalan wajah. Pendekatan pertama identifikasi, bertujuan untuk mencari jawaban identitas wajah siapa orang tersebut. Pendekatan kedua verifikasi, bertujuan memastikan apakah benar wajah orang yang dimaksud, bukan orang lain.



Gambar 2.1 Sistem Pengenalan Wajah[9]

Sistem identifikasi akan mengenali suatu individu dengan mencari keseluruhan template dalam basisdata untuk karakteristik yang cocok dengan pencocokan satu ke banyak (1:M). Sistem verifikasi akan memverifikasi identitas seseorang dengan membandingkan karakteristik biometrika dari suatu template yang telah disimpan dalam basisdata dengan pencocokkan satu ke satu (1:1)[8].

Sistem verifikasi bertujuan menerima atau menolak identitas yang diklaim oleh seseorang. Sistem verifikasi biasanya menjawab pertanyaan “apakah identitas saya sama dengan identitas yang saya klaim?”. Sedangkan sistem identifikasi bertujuan untuk memecahkan identitas seseorang. Pengguna dapat tidak memberi klaim atau memberi klaim implisit negatif untuk

identitas terdaftar. Hal ini diperlukan pencocokan satu ke banyak, yaitu pencarian ke seluruh basisdata identitas terdaftar. Sistem identifikasi biasanya menjawab pertanyaan “identitas siapakah ini?”.

Sistem pencarian adalah proses pencarian kemiripan antara suatu objek dengan objek yang tersimpan dalam sistem basisdata. Sistem ini tidak dapat dikatakan sebagai sistem pengenalan, verifikasi ataupun identifikasi karena sistem ini tidak akan mengetahui apakah objek yang dimaksud ada atau tidak pada hasil pencarian. Sistem ini dapat dianalogikan dengan mencari seorang tersangka tindak pidana, dimana hanya diketahui sketsa wajah dari tersangka.

2.5 *Preprocessing*

Prapemrosesan citra bertujuan untuk memperbaiki citra dengan cara memanipulasi parameter citra agar mendapatkan kualitas yang lebih baik. Prapemrosesan citra adalah mengolah citra masukan dengan meningkatkan kualitas penampakan atau menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung dalam citra dengan perbaikan atau modifikasi tertentu, selanjutnya mengelompokkan citra kedalam kelas tertentu sesuai dengan pemiliknya dan menyamakan ukuran piksel dan banyaknya data citra[8].

Di dalam prapemrosesan terdapat beberapa proses berikut :

- i. Mendeteksi dan *cropping* bagian wajah pada citra. Proses deteksi wajah yang dilakukan pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Viola-Jones*. *Cropping* bagian wajah pada citra dilakukan dengan mendeteksi bagian wajah terlebih dahulu. Deteksi wajah dilakukan dengan tujuan apakah dalam akuisisi citra tersebut mengandung wajah manusia[10].
- ii. *Grayscale*. Dilakukan dengan mengubah citra dari RGB ke *grayscale*, segmentasi dan perhitungan orientasi. *Grayscale* adalah teknik yang digunakan untuk mengubah citra berwarna menjadi bentuk tingkat aras keabuan (hitam-

putih). Jumlah warna pada citra *grey* adalah 256, karena citra *grey* jumlah bitnya adalah 8, sehingga jumlah warnanya adalah $2^8=256$, nilainya berada pada jangkauan 0-255. Pengubahan dari citra warna ke bentuk *grayscale* menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$I(x, y) = \alpha.R + \beta.G + \gamma.B \text{ dengan konstanta nilai } \alpha = 0.2989, \beta = 0.5870 \text{ dan } \gamma = 0.1140 [7].$$

- iii. Menyamakan ukuran citra, sebelum dilakukan proses selanjutnya, terlebih dahulu citra wajah hasil *cropping* disamakan ukurannya. Proses ini dilakukan untuk mempermudah proses-proses selanjutnya[10].

2.6 Deteksi Wajah Viola-Jones

Deteksi wajah perlu dilakukan untuk proses pengenalan wajah. Deteksi wajah dilakukan untuk menentukan apakah objek yang terdapat dalam gambar berupa citra digital adalah wajah manusia.

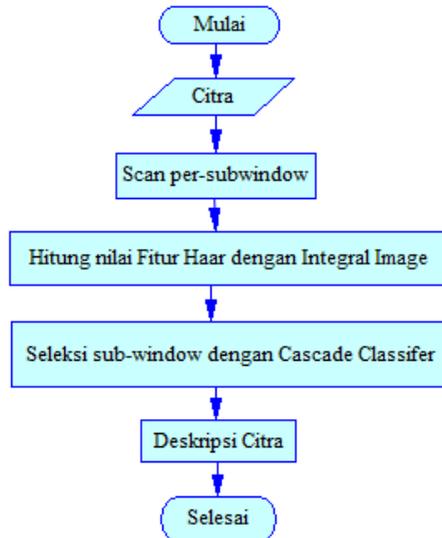
Metode Viola-Jones relatif mendapatkan hasil yang cepat, akurat, dan efisien dalam melakukan deteksi wajah pada gambar. Metode Viola-Jones merupakan algoritma yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi wajah. Metode ini terdiri atas tiga komponen penting yaitu integral image digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya fitur Haar tertentu pada sebuah gambar, metode AdaBoost *machine learning* yang digunakan untuk memilih fitur Haar yang spesifik yang akan digunakan serta untuk mengatur nilai ambang (*threshold*), dan *cascade classifier* sebagai pengklasifikasi akhir untuk menentukan daerah wajah pada gambar dari metode ini[11].

Diagram alir proses deteksi wajah ditunjukkan pada Gambar 2.2 .Viola Jones mengklasifikasikan citra dari nilai fitur-fitur sederhana dan menggunakan tiga jenis fitur, yaitu fitur persegi, fitur tiga persegi, dan fitur empat persegi. Nilai dari fitur-fitur tersebut adalah selisih antara daerah hitam dan putih.

Di dalam tiap *sub-window image*, jumlah total dari Fitur Haar sangat besar, jauh lebih besar jika dibandingkan dengan

jumlah piksel. Untuk memastikan pengklasifikasian dapat dilakukan secara cepat, proses pembelajaran harus menghilangkan fitur-fitur mayoritas yang tersedia, dan memusatkan pada sekumpulan kecil fitur yang perlu.

AdaBoost bertujuan untuk membentuk template wajah. Suatu metode klasifikasi yang menggunakan beberapa tingkatan dalam penyeleksian. Pada tiap tingkatan dilakukan penyeleksian menggunakan Fitur Haar. Penyeleksian berguna untuk memisahkan antara *sub-window* yang mengandung positif objek (gambar yang terdeteksi memiliki objek yang diinginkan) dengan negatif objek (gambar yang terdeteksi tidak memiliki objek yang diinginkan).



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Deteksi Wajah *Viola-Jones*

2.7 Normalisasi

Normalisasi dibentuk untuk menghilangkan efek *noise sensor* dan deformasi derajat keabuan sebagai akibat dari ketidakseragaman pencahayaan. Citra yang telah dinormalisadidefinisikan sebagai berikut[12] :

$$N(x, y) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{V_0\{(I(x,y)-M)^2\}}{V}} & \text{jika } I(x, y) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{V_0\{(I(x,y)-M)^2\}}{V}} & \text{jika } I(x, y) \leq M \end{cases} \quad (2.1)$$

dengan:

$N(x, y)$ adalah derajat nilai keabuan yang telah dinormalisasi pada piksel (x, y) .

$I(x, y)$ adalah nilai intensitas pada piksel (x, y)

M adalah rata-rata intensitas pada citra.

M_0 adalah nilai rata-rata intensitas yang ditetapkan/diinginkan.

V adalah nilai nilai varian intensitas piksel pada citra.

V_0 adalah nilai varian intensitas piksel yang diinginkan.

2.8 Transformasi Fourier Diskrit Dua Dimensi

Dalam pengolahan citra digital dikenal 2 domain yang digunakan dalam proses pengolahan citra, yaitu domain spasial dan domain frekuensi. Domain spasial direpresentasikan dengan baris dan kolom. Pemrosesan citra dilakukan dengan mengolah citra piksel per piksel langsung. Sedang domain frekuensi dapat merepresentasikan domain spasial. Konsep frekuensi dalam citra adalah komponen frekuensi tinggi dikaitkan dengan perubahan piksel ke piksel secara cepat sepanjang citra. Disamping itu juga komponen frekuensi tinggi dikaitkan dengan fitur berskala besar pada citra. Misal : daerah dengan intensitas konstan, atau piksel yang jumlahnya mendominasi dalam seluruh daerah citra. Perubahan domain spasial ke domain frekuensi dapat dilakukan dengan transformasi Fourier.

Transformasi Fourier yang digunakan dalam pengolahan citra digital adalah transformasi Fourier diskrit dua dimensi. Secara umum transformasi Fourier dua dimensi dirumuskan dalam persamaan berikut[17].

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-2\pi i \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)} \quad (2.2)$$

Setelah diubah ke dalam domain frekuensi, citra dapat dikembalikan ke dalam domain spasial dengan menggunakan invers transformasi Fourier dengan persamaan berikut.

$$f(x, y) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} F(u, v) e^{2\pi i \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)} \quad (2.3)$$

Untuk $x = 0, 1, \dots, M - 1 ; y = 0, 1, \dots, N - 1 ; x = 0, 1, \dots, M - 1 ; y = 0, 1, \dots, N - 1$. Dengan $f(x, y)$ adalah citra sebelum transformasi Fourier, $F(u, v)$ citra hasil transformasi Fourier, M dan N ukuran baris dan kolom pada matriks citra.

2.9 Konvolusi

Di dalam matematika, konvolusi adalah sebuah operasi matematika dari dua fungsi f dan g yang menghasilkan fungsi ketiga h . Jenis konvolusi terdapat dua jenis yaitu konvolusi kontinu dan konvolusi diskrit. Di dalam pengolahan citra diberlakukan pada domain spasial sehingga konvolusi yang digunakan adalah jenis konvolusi diskrit dengan operasinya secara umum didefinisikan sebagai berikut[6] :

$$\begin{aligned} h(x, y) &= f(x, y) * g(x, y) \\ &= \sum_{a=-\infty}^{\infty} \sum_{b=-\infty}^{\infty} f(a, b) g(x - a, y - b) \end{aligned}$$

Fungsi $f(x, y)$ adalah sebuah fungsi yang direpresentasikan sebagai citra dan fungsi $g(x, y)$ adalah kernel konvolusi atau kernel pelapis (*filter*). Kernel $g(x, y)$ merupakan suatu jendela yang dioperasikan secara bergeser pada sinyal masukan $f(x, y)$, yang dalam hal ini, jumlah perkalian kedua fungsi pada setiap titik merupakan hasil konvolusi dinyatakan sebagai keluaran fungsi $h(x, y)$. Oleh karena ukuran citra terbatas pada ukuran $M \times N$ dengan kernel berukuran $m \times n$ maka operasi fungsi konvolusi didefinisikan sebagai berikut[6]:

$$(f * g)(x, y) = \sum_{a=x-h}^{x+h} \sum_{b=y-w}^{y+w} f(a, b) g(x - a, y - b) \quad (2.4)$$

Dimana $m = 2h + 1$ adalah tinggi kernel dan $n = 2w + 1$ adalah lebar kernel. Operasi dilakukan dengan melakukan kombinasi linear dari mengambil bagian input citra yang sama dengan kernel dan nilai hasil operasi disimpan berupa elemen nilai matriks kemudian dilanjutkan dengan menggeser kernel piksel per piksel sampai terhimpun keseluruhan nilai piksel baru[13].

Selain itu proses konvolusi dapat dilakukan pada domain frekuensi dengan perhitungan yang lebih cepat yaitu dengan perkalian skalar antara $F(x, y)$ dengan $G(x, y)$, dimana $F(x, y)$ merupakan hasil DFT (*Discrete Fourier Transform*) dari $f(x, y)$ dan $G(x, y)$ hasil DFT dari $g(x, y)$.

2.10 Filter Bank Gabor

Fungsi *Gabor* pertama kali diperkenalkan oleh Denis Gabor pada tahun 1946 sebagai *tools* untuk deteksi sinyal dalam *noise*. Daugman mengembangkan kerja *Gabor* kedalam *filter* dua dimensi pada tahun 1980. *Gabor Filter* adalah *filter* linier yang digunakan dalam pengekstrasian fitur citra sebagai detektor ciri. *Gabor Filter* dikenal sebagai detektor ciri yang sukses karena memiliki kemampuan menghilangkan variabilitas yang disebabkan oleh iluminasi kontras dan sedikit pergeseran serta deformasi citra. *Output Gabor Filter* telah banyak digunakan dengan sukses untuk pengenalan wajah pada penelitian sebelumnya[13].

Gabor Wavelet kernel 2-D diperoleh dengan memodulasi gelombang sinus 2-D pada frekuensi dan orientasi tertentu dengan *Gaussian Envelope*. Metode ini pada prinsipnya suatu citra wajah yang telah ternormalisasikan, dikonvolusi dengan n buah kernel filter Gabor dengan arah orientasi yang berbeda. Sehingga pada akhirnya terbentuk n buah citra baru terfilterisasi. *Gabor Wavelet* dengan masing-masing arah orientasi dibangun dari persamaan berikut[14]:

$$G(x, y) = \frac{f_0^2}{\pi \sigma_x \sigma_y} \exp \left\{ -f_0^2 \left[\frac{x_r^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_r^2}{\sigma_y^2} \right] \right\} \cdot \exp [2\pi i f_0 x_r + i\phi] \quad (2.5)$$

$$x_r = (x - x_0) \cos \theta + (y - y_0) \sin \theta$$

$$y_r = -(x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta$$

$$\theta_k = \frac{(k-1)\pi}{n}$$

$$f_{0m} = \frac{f_{max}}{f_{ratio}^{m-1}}$$

dimana

f_0 adalah frekuensi gelombang sinusoidal dengan sudut θ dari sumbu x ,

σ_x dan σ_y adalah lebar dari *Gaussian envelope* sepanjang sumbu x dan y ,

\emptyset adalah penyeimbang gelombang sinusoidal

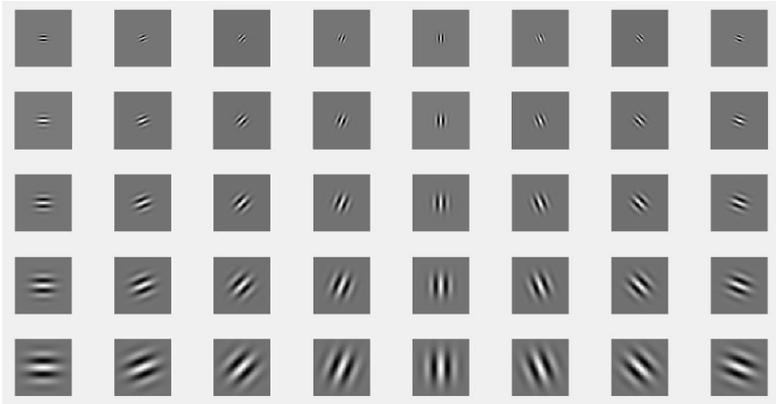
x_0 dan y_0 adalah posisi *wavelet*,

θ adalah sudut berlawanan arah jarum jam antara gelombang sinusoidal dan sumbu x

$k = 1, 2, \dots, n$; n adalah jumlah orientasi

$m = 1, 2, \dots, p$; p adalah jumlah frekuensi

Dengan parameter-parameter diatas, *filter bank Gabor* dapat dibentuk sejumlah $n \times p$ filter. Berikut adalah gambar contoh hasil pembuatan *Gabor kernel*.



Gambar 2.3 *Gabor Filter* dengan 5 Frekuensi dan 8 Orientasi

Setelah citra ternormalisasi di konvolusi dengan *Gaborfilter*, maka terbentuklah sejumlah $n \times p \times \text{magnitude}$. Untuk memperoleh vektor ciri citra, perlu dibentuk suatu window W_o dengan ukuran $W \times W$. Perhitungan vektor ciri dimulai dengan mencari nilai maksimum pada *magnitude* pertama dengan prosedur menempatkan window W_o . Pada setiap window berukuran $W \times W$, dicari nilai maksimumnya. Nilai maksimum tersebut merupakan *feature points*. Kemudian koordinat dari tiap nilai maksimum pada *magnitude* pertama akan di proyeksikan ke *magnitude* 2 sampai terakhir. Sehingga nilai yang diambil dari *magnitude* 2 sampai terakhir adalah nilai yang berada pada koordinat yang sama dengan koordinat nilai maksimum pada *magnitude* pertama. Setelah didapatkan *feature points* maka disusun untuk membentuk suatu vektor ciridengan menghitung mean dari *feature points* tiap *magnitude*[16].

2.11 *Euclidean Distance*

Proses pencocokan citra wajah merupakan sebuah proses pengukuran kesamaan antara vektor ciri *query* dengan vektor ciri referensi. Vektor ciri *query* diperoleh dari vektor ciri citra wajah pengguna yang akan melakukan identifikasi. Sedangkan vektor ciri referensi merupakan vektor ciri pengguna yang sudah

tersimpan di basis data. Hasil dari pencocokan citar wajah berupa suatu skor yang menentukan apakah pengguna berhasil diidentifikasi dengan benar atau tidak. Pengukuran kesamaan antara vektor ciri *query*, misal dilambangkan dengan huruf u dan vektor ciri referensi dilambangkan dengan huruf v , dihitung dengan persamaan jarak Euclidian ternormalisasi sebagai berikut[12] :

$$\bar{d}(u, v) = (\sum_i (\bar{u}_i - \bar{v}_i)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$$

dengan :

$$\bar{u}_i = \frac{u_i}{\|u\|} \text{ dan } \bar{v}_i = \frac{v_i}{\|v\|}$$

$$\|u\| = \left(\sum_i u_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \text{ dan } \|v\| = \left(\sum_i v_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Semakin kecil skor $\bar{d}(u, v)$ maka semakin mirip kedua vektor fitur yang dicocokkan. Sebaliknya, semakin besar skor $\bar{d}(u, v)$ maka semakin berbeda kedua vektor ciri. Sifat dari jarak Euclidean ternormalisasi adalah bahwa hasilnya berada pada rentang $0 \leq \bar{d}(u, v) \leq 2$.

Sedangkan untuk mendapatkan skor hasil pencocokan citra wajah maka digunakan metode pengukuran kesamaan (*similarity measure*) pada persamaan berikut[12] :

$$\text{skor} = 1 - \frac{\bar{d}(u, v)}{2} \quad (2.7)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian agar proses pengerjaan dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pembahasan metode penelitian diawali dengan penjelasan tentang objek dan aspek penelitian, peralatan yang digunakan, dan tahap penelitian.

3.1 Objek dan Aspek Penelitian

Objek yang akan diteliti adalah citra wajah yang diambil menggunakan kamera digital.

Sedangkan aspek penelitian yang digunakan yaitu mengenali individu melalui identifikasi wajah dengan menggunakan metode *Filter Bank Gabor*.

3.2 Peralatan

Peralatan utama penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan usulan Tugas Akhir ini adalah :

1. Perangkat keras
 - i. Komputer/laptop dengan spesifikasi
 - Prosesor Intel® Core™ i5-3230M CPU @ 2.60GHz
 - RAM 2 GB DDR3
 - Tipe sistem 32-bit
 - AMD Radeon™ HD 7670M.
 - Sistem Operasi Windows 7
 - Resolusi layar minimal 800x600 *pixel* , maksimal 1366x768 *pixel*
 - ii. Kamera digital
2. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program simulasi sistem pengenalan individu melalui identifikasi wajah adalah Matlab dengan versi minimum

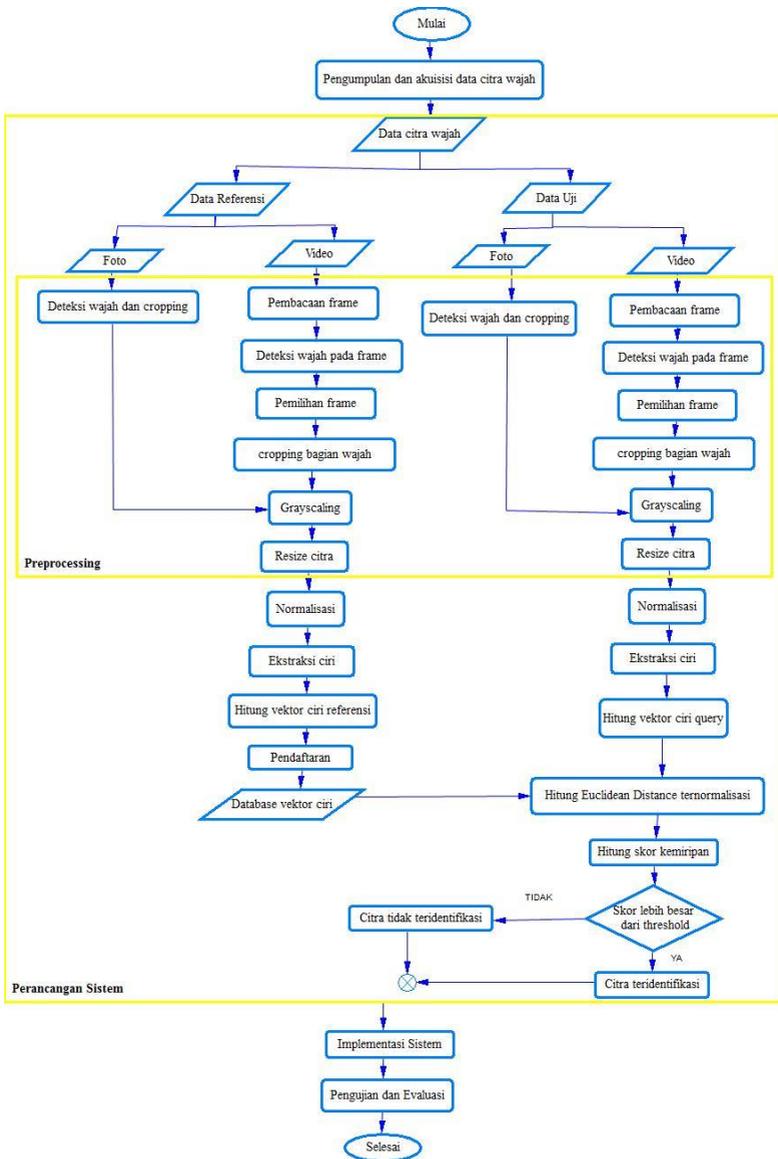
R2015a dan database menggunakan Microsoft Office Excel.

3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data primer citra wajah individu yang bergerak dan tidak bergerak yang ditangkap (*capture*) menggunakan kamera digital. Citra wajah dari individu tidak bergerak direpresentasikan melalui foto. Sedangkan citra wajah dari individu bergerak direpresentasikan melalui video.

3.4 Tahap Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir dari tahap penelitian yang dilakukan beserta penjelasannya.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian

a. Pengumpulan dan Akuisisi data

Akuisisi data adalah proses pengambilan citra wajah dengan menggunakan kamera digital. Pada tahap ini akan diperoleh kumpulan data citra wajah 45 individu tidak bergerak dan data citra wajah 15 individu bergerak yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas akhir ini.

b. Data Citra Wajah

Data citra wajah yang diperoleh kemudian disimpan dalam komputer yang digunakan. Kemudian data citra wajah dikelompokkan menjadi data referensidan data uji untuk masing-masing data citra wajah dari individu bergerak dan tidak bergerak.

c. Preprocessing

Preprocessing dilakukan dengan mendeteksi bagian wajah, *cropping*, mengubah citra dari RGB ke *grayscale*, dan penyamaan *size*. Tahap ini bertujuan untuk memperbaiki citra dengan cara memanipulasi parameter citra agar mendapatkan kualitas yang lebih baik sehingga lebih mudah diolah pada proses selanjutnya.

d. Normalisasi

Tahap ini berguna untuk menyeragamkan nilai keabuan citra wajah sehingga dihasilkan citra yang telah ternormalisasi yang siap untuk diekstraksi cirinya..

e. Ekstraksi ciri

Ekstraksi ciri adalah tahap yang bertujuan untuk mendapatkan informasi penting dari tekstur suatu citra. Tahap ini terdiri dari proses filterisasi dan proses perhitungan vektor ciri. Teknik filterisasi pada Tugas Akhir ini menggunakan fungsi *Gabor Wavelet*. Setelah kernel *Gabor* dibangun, proses filterisasi dilakukan terhadap citra yang telah ternormalisasi. Perhitungan vektor ciri dapat dilakukan berdasarkan matriks citra terfilter.

f. Pendaftaran

Pada tahap ini dilakukan proses penyimpanan ciri citra wajah hasil ekstraksi ke dalam database acuan beserta dengan identitas pemiliknya. Database ini akan menjadi acuan saat proses pengenalan.

g. Pencocokan

Pada tahap ini dilakukan proses pengukuran kesamaan/ketidaksamaan antara vektor ciri wajah *query* dengan vektor ciri referensi untuk menghasilkan suatu skor.

h. Implementasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan pembuatan *interface* sistem dan mengintegrasikannya menjadi sebuah sistem pengenalan individu berbasis wajah dengan metode *Filter Bank Gabor* menggunakan *software* Matlab.

i. Uji Coba dan Evaluasi

Setelah melakukan tahap implementasi sistem, akan dilakukan uji coba terhadap sistem yang telah dibuat untuk kemudian dianalisis dan dievaluasi hasilnya.

BAB IV

PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan mengenai perancangan sistem yang berisi tentang penjelasan perancangan data dan perancangan proses.

4.1 Perancangan Sistem

Tampilan dari sistem pengenalan individu melalui identifikasi wajah ini dibangun dengan tampilan yang sederhana. *Software* yang digunakan untuk membangun sistem ini adalah Matlab 2015a dan Microsoft Office Excel.

4.2 Perancangan Data

Data yang digunakan dalam sistem pengenalan individu ini dibagi menjadi 3 macam, yaitu data masukan, data proses, dan data keluaran. Data masukan merupakan data citra wajah input dari pengguna sistem. Data proses adalah data ketika tahap-tahap pemrosesan citra wajah sedang dilakukan. Sedangkan data keluaran adalah data yang ditampilkan kepada pengguna sistem.

a. Data Masukan

Data masukan merupakan data yang dimasukkan oleh pengguna sistem berupa citra wajah yang telah diakuisisi.

Untuk data citra wajah dari individu tidak bergerak, 45 wajah individu digunakan dalam Tugas Akhir ini, dengan masing-masing wajah akan ditangkap (*capture*) dari 4 posisi berbeda. 40 individu didaftarkan sebagai data referensi dengan masing-masing memiliki 4 citra referensi. Sehingga didapat 160 citra data referensi individu tidak bergerak. Sedangkan untuk data citra wajah dari individu bergerak, 15 individu digunakan dengan masing-masing wajah akan ditangkap (*capture*) dari 2 videodengan sudut pengambilan berbeda. 13 individu didaftarkan dengan masing-masing memiliki 1

video sebagai referensi. Sehingga didapat 13 data referensi.

Untuk data uji individu tidak bergerak, digunakan 90 citra wajah, dengan rincian 80 citra dari individu terdaftar dan 10 citra dari individu tidak terdaftar. Untuk data uji individu bergerak, digunakan 17 video, dengan rincian 13 video dari individu terdaftar dan 4 citra dari individu tidak terdaftar.

Data citra referensi disimpan dalam format *.jpg*. Sedangkan untuk data citra uji, berupa 90 data citra berformat *.jpg* dan 17 video dalam format *.wmv*.

b. Data Proses

Tabel 4.1Data Proses

No.	Nama Data	Tipe Data	Keterangan
1.	Citra RGB	Uint8	Data ini berupa matriks representasi citra wajah RGB
2.	Citra <i>grayscale</i>	Uint8	Data ini berupa nilai piksel hasil proses citra keabuan
3.	Citra terdeteksi wajah	Uint8	Data ini berupa nilai piksel citra keabuan setelah proses deteksi wajah dan <i>resize</i> menjadi berukuran 128x128
4.	Citra ternormalisasi	Uint8	Data ini berupa nilai piksel citra terdeteksi wajah setelah proses normalisasi dengan ukuran matriks citra 128x128
5.	Vektor ciri	Double	Data ini berupa vektor fitur hasil ekstraksi ciri energi citra ternormalisasi menggunakan <i>gabor filter</i>

c. Data Keluaran

Data keluaran yang dihasilkan dari sistem ini adalah berupa identitas nama individu yang

dikenali. Identitas tersebut berdasar pada kemiripan ciri citra uji dengan citra *database*. Dari keseluruhan citra *database*, yang memiliki nilai kemiripan yang paling dekat dengan fitur ciri citra uji tersebutlah yang menentukan identitas individu yang dikenali. Sehingga keluaran data berupa informasi identitas citra uji dikenali sebagai siapa.

4.3 Gambaran Proses secara Umum

Gambaran proses secara umum merupakan gambaran keseluruhan proses yang dilakukan sistem serta algoritma-algoritma yang digunakan untuk mengerjakan masing-masing proses tersebut. Sistem ini terdiri dari 5 proses utama, yaitu :

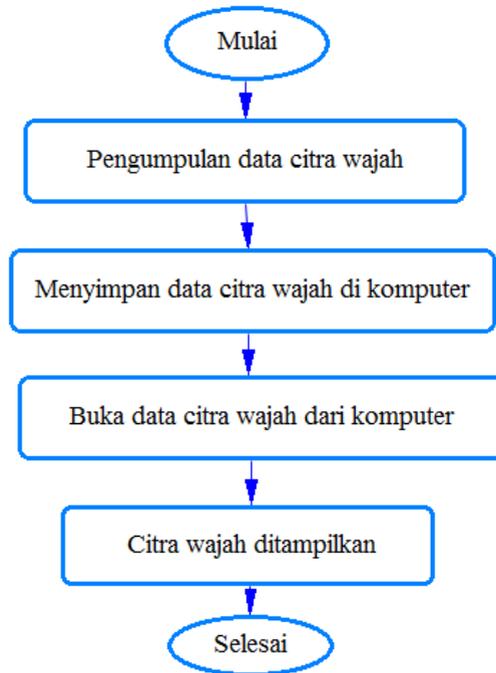
- a. Proses akuisisi citra wajah, berupa citra wajah yang diambil secara langsung menggunakan kamera digital, yang kemudian disimpan dalam perangkat keras yang digunakan untuk membuat sistem pengenalan individu bergerak dan tidak bergerak.
- b. Proses *preprocessing* adalah serangkaian proses untuk mempersiapkan citra wajah sebelum proses ekstraksi ciri dengan *Gabor Filter*. Proses pengolahan citra meliputi beberapa proses, yakni proses deteksi wajah, *cropping* bagian wajah, *grayscale*, dan *resize*.
- c. Proses normalisasi adalah proses yang bertujuan untuk menyeragamkan nilai keabuan citra wajah sehingga dihasilkan citra ternormalisasi yang siap diekstraksi cirinya.
- d. Proses ekstraksi ciri dengan *Gabor Filter* merupakan tahapan mengekstrak ciri/informasi dari objek di dalam citra yang ingin dikenali/dibedakan dengan objek lainnya. Hasil dari proses ekstraksi ini nantinya adalah citra terfilter dan vektor ciri.
- e. Proses pendaftaran, proses ini dilakukan saat melakukan proses penyimpanan data. Data masukan yang telah didapatkan ciri dan identitas pengguna sistem disimpan

dalam basis data. Dalam hal ini sarana penyimpanan yang digunakan adalah Microsoft Office Excel.

- f. Proses pengenalan, proses ini merupakan tahapan menghitung jarak vektor ciri citra uji dengan vektor ciri citra referensi dengan menggunakan *Euclidean Distance* ternormalisasi. Kemudian dihitung skor kemiripan. Hasil skor terbesar yang didapat dijadikan acuan untuk mengenali identitas pemilik citra uji.

4.4 Proses Akuisisi Data

Akuisisi citra wajah merupakan proses pengambilan citra wajah pengguna sehingga dapat digunakan untuk melakukan beberapa proses yang lain terhadap citra wajah tersebut. Pada Tugas Akhir ini, proses pengambilan citra wajah dilakukan menggunakan kamera digital dan disimpan dengan format .jpg untuk citra foto dan format.wmv untuk citra video. Untuk data citra individu tidak bergerak diambil dari 45 individu dengan setiap individu diambil 4 sampel foto berukuran 448 x 299 piksel. Untuk data citra individu bergerak diambil dari 15 individu dengan setiap individu diambil 2 sampel video. Setelah penyimpanan ke komputer, citra wajah dapat dibuka yang kemudian dapat diolah ke dalam proses selanjutnya. Gambar (4.1) berikut menunjukkan proses yang dilakukan pada saat mengakuisisi citra wajah.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Akuisisi Data

4.5 Proses *Preprocessing*

Sebelum memperoleh fitur citra wajah, terlebih dahulu dilakukan *preprocessing*. *Preprocessing* dilakukan untuk menjamin kelancaran proses berikutnya. *Preprocessing* pada Tugas Akhir ini dibedakan menjadi dua yaitu *preprocessing* citra wajah dari individu tidak bergerak dan *preprocessing* citra wajah dari individu bergerak. Penjelasannya disajikan sebagai berikut.

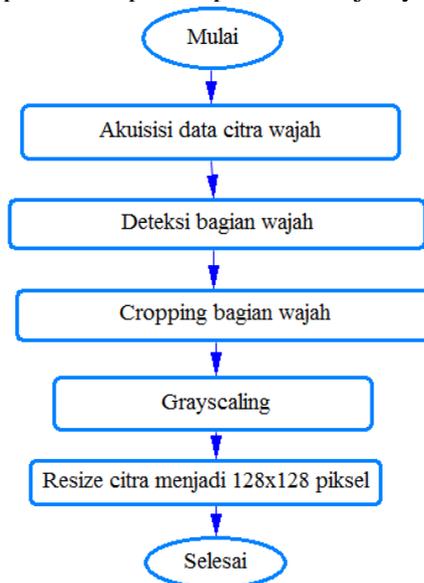
4.5.1 *Preprocessing* Citra Wajah Individu tidak Bergerak

Preprocessing citra wajah dari individu tidak bergerak terdiri dari tiga proses, yaitu :

- Proses deteksi wajah dan *cropping*, yaitu proses mendeteksi dan *cropping* bagian wajah pada citra.

Proses deteksi wajah yang dilakukan pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Viola-Jones*. *Cropping* bagian wajah pada citra dilakukan dengan mendeteksi bagian wajah terlebih dahulu. Deteksi wajah dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah dalam akuisisi citra tersebut mengandung wajah manusia.

- b. Proses *grayscale*, yaitu proses mengubah citra RGB (*Red, Green, Blue*) menjadi citra yang memiliki nilai keabuan. Proses ini membuat citra RGB yang memiliki tiga channel warna yakni *channel* warna merah, hijau dan biru menjadi citra *grayscale*.
- c. Proses *resize*, yaitu proses menyamakan ukuran citra, sebelum dilakukan proses selanjutnya, terlebih dahulu citra wajah hasil *cropping* disamakan ukurannya menjadi 128x128. Proses ini dilakukan untuk mempermudah proses-proses selanjutnya.



Gambar 4.2 Diagram Alir *Preprocessing* Citra Wajah Individu tidak Bergerak

4.5.2 *Preprocessing* Citra Wajah Individu Bergerak

Preprocessing citra wajah dari individu bergerak terdiri dari lima proses, yaitu :

- a. Proses membaca frame video, yaitu proses membaca semua frame video sehingga video berjalan dan dapat diproses untuk mendapatkan citra wajah individu bergerak.
- b. Proses deteksi wajah, yaitu proses mendeteksi bagian wajah individu bergerak pada video. Proses deteksi wajah yang dilakukan pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Viola-Jones*. Proses deteksi wajah dilakukan pada semua frame video. Deteksi wajah dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah dalam akuisisi citra tersebut mengandung wajah manusia. Kemudian frame pertama yang terdapat hasil deteksi wajah dipilih untuk dilakukan proses-proses selanjutnya.
- c. Proses *Cropping*, yaitu proses *cropping* bagian wajah pada citra frame yang telah dipilih pada proses sebelumnya.
- d. Proses *grayscale*, yaitu proses mengubah citra RGB (*Red, Green, Blue*) menjadi citra yang memiliki nilai keabuan. Proses ini membuat citra RGB yang memiliki tiga channel warna yakni *channel* warna merah, hijau dan biru menjadi citra *grayscale*.
- e. Proses *resize*, yaitu proses menyamakan ukuran citra, sebelum dilakukan proses selanjutnya, terlebih dahulu citra wajah hasil *cropping* disamakan ukurannya menjadi 128x128.

4.6 Proses Normalisasi

Setelah dilakukan *preprocessing*, proses selanjutnya adalah melakukan normalisasi citra wajah. Proses ini yang dilakukan untuk menghilangkan efek *noised* dengan cara menyeragamkan nilai

keabuan citra wajah. Persamaan yang digunakan untuk normalisasi dapat dilihat pada persamaan (2.1).

Besarnya nilai-nilai M_0 dan V_0 ditentukan secara empiris sesuai dengan keadaan. Pada proses ini ditetapkan nilai $M_0 = 100$ dan $V_0 = 100$. Nilai didapat setelah melakukan beberapa percobaan yang akan ditunjukkan pada bab selanjutnya.

Langkah-langkah selengkapnya untuk melakukan proses normalisasi citra wajah adalah sebagai berikut :

- a. Hitung nilai rata-rata untuk nilai piksel pada citra wajah input.
- b. Hitung nilai varian untuk nilai piksel pada citra wajah input.
- c. Gunakan persamaan (2.1) untuk memperoleh hasil proses normalisasi nilai keabuan citra wajah.
- d. Dihasilkan citra yang telah ternormalisasi $N(x, y)$.

4.7 Proses Ekstraksi Ciri

Proses ekstraksi dilakukan untuk memperoleh ciri suatu citra wajah yang dapat membedakan dengan citra wajah yang lain, serta dapat dilakukan suatu proses komputasi. Untuk mengubah suatu citra wajah hingga menjadi suatu fitur atau ciri wajah, terdapat dua proses yang dilakukan, yaitu :

1. Memfilter citra wajah ternormalisasi dengan filter *Gabor*.
2. Menghitung vektor ciri dari citra terfilter.

Berikut ini dijelaskan kedua proses yang digunakan pada proses ekstraksi ciri citra wajah.

4.7.1 Proses Filterisasi

Proses filterisasi merupakan proses mengkonvolusi citra wajah ternormalisasi dengan *Gabor filter*. Sebelum proses konvolusi dilakukan, *Gabor filter* dibangun dari persamaan (2.5).

Dalam Tugas Akhir ini nilai-nilai parameter diperoleh dari analisis nilai varian untuk pengenalan wajah yang optimal[14]

yang telah melakukan uji coba dengan menggunakan 5 macam database wajah antara lain FERET, FRAV2D, FRAV3D, FRGC dan XM2VTS. Adapun nilai-nilai parameter tersebut adalah 6 frekuensi, 8 orientasi, $f_{max} = 0,25$, $f_{ratio} = \sqrt{2}$, $\sigma_x = \sigma_y = 1$, $\phi = 0$ radian. Posisi *wavelet* berada di tengah filter, sehingga dengan dimensi kernel 128x128 maka $x_0 = y_0 = \frac{128+1}{2} = 64,5$.

Karena dimensi kernel 128x128 piksel maka satu *Gabor filter* terdiri atas 16384 piksel. Berikut contoh perhitungan membangun *Gabor Filter* pada frekuensi dan orientasi untuk $k = 1$ dan $m = 1$ dan untuk satu piksel yaitu (1,1).

$$\begin{aligned}\theta_k &= \frac{(k-1)\pi}{n} \\ &= \frac{(1-1)\pi}{8} \\ &= 0\end{aligned}$$

$$f_{0m} = \frac{f_{max}}{f_{ratio}^{m-1}}$$

$$\begin{aligned}f_{01} &= \frac{0,25}{\sqrt{2}^{1-1}} \\ &= 0,25\end{aligned}$$

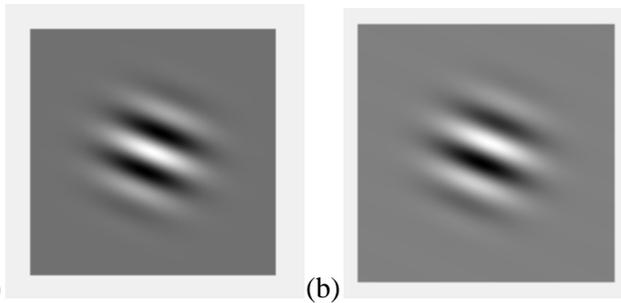
$$\begin{aligned}x_r &= (x - x_0) \cos \theta + (y - y_0) \sin \theta \\ &= (1 - 64,5) \cos 0 + (1 - 64,5) \sin 0 \\ &= (-63,5) \cdot 1 + (-63,5) \cdot 0 \\ &= -63,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_r &= -(x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta \\ &= -(1 - 64,5) \sin 0 + (1 - 64,5) \cos 0 \\ &= -(-63,5) \cdot 0 + (-63,5) \cdot 1 \\ &= -63,5\end{aligned}$$

$$G(x, y) = \frac{f_o^2}{\pi \sigma_x \sigma_y} \exp \left\{ -f_o^2 \left[\frac{x_r^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_r^2}{\sigma_y^2} \right] \right\} \cdot \exp [2\pi i f_o x_r + i\phi]$$

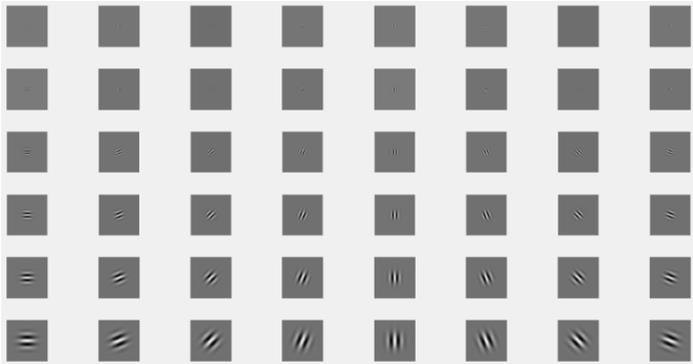
$$\begin{aligned}
G(1,1) &= \frac{f_o^2}{\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left\{-f_o^2\left[\frac{x_r^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_r^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \cdot \exp[2\pi i f_o x_r + i\phi] \\
&= \frac{(0,25)^2}{\pi(1)(1)} \exp\left\{-(0,25)^2\left[\frac{(-63,5)^2}{1^2} + \frac{(-63,5)^2}{1^2}\right]\right\} \cdot \exp[2\pi i(0,25)(-63,5) + i(0)] \\
&= \frac{0,0625}{\pi} \exp\{-0,0625[4032,25 + 4032,25]\} \cdot \exp[(-31,75)\pi i] \\
&= \frac{0,0625}{\pi} \exp(-504,0313) \cdot \exp[-31,75\pi i] \\
&= 0,0199 \cdot \exp(-504,0313) \cdot \exp(-99,7456i) \\
&= 0,0199 * (1,2647e - 219)(0,7071 + 0,7071i) \\
&= 1,7796e^{-221} + 1,7792e^{-221}i
\end{aligned}$$

Kemudian Dilakukan Perhitungan hingga 16384 piksel (128,128), Berikut *GaborFilter* pada orientasi dan frekuensi untuk $k = 1$ dan $m = 1$, setelah dilakukan perhitungan.

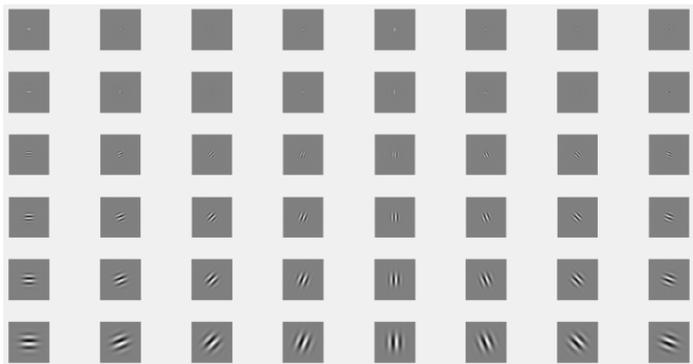


Gambar 4.3 *Gabor Filter* dengan Frekuensi $m=1$ dan Orientasi $k=1$ (a) Bagian Real (b) Bagian Imaginer

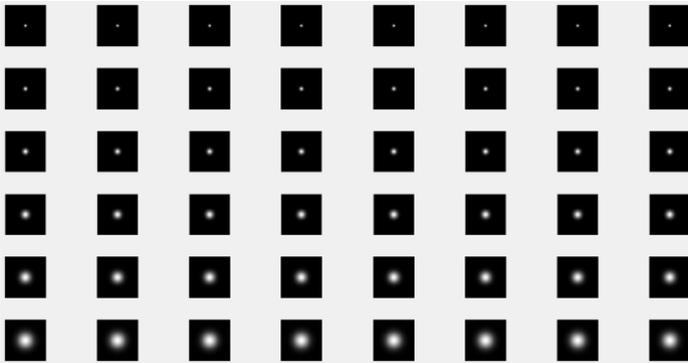
Dengan parameter 6 frekuensi dan 8 orientasi, maka akan dihasilkan 48 buah *Gabor filter*. Berikut adalah hasil *Gabor Filter* secara keseluruhan. *Magnitude* adalah nilai kompleks dari *Gabor Filter* yang diperoleh dari akar penjumlahan kuadrat *filter* real dan imajiner.



Gambar 4.4 *Gabor Filter* Real dengan 6 Frekuensi dan 8 Orientasi



Gambar 4.5 *Gabor Filter* Imajiner dengan 6 Frekuensi dan 8 Orientasi



Gambar 4.6 Magnitude Gabor Filter dengan 6 Frekuensi dan 8 Orientasi

Setelah *Gabor filter* dibangun dan citra wajah telah ternormalisasi, proses filterisasi dapat dilakukan dengan cara mengkonvolusi citra wajah ternormalisasi dengan *Gabor filter*. Dengan 48 buah *Gabor filter*, maka akan dihasilkan 48 buah citra terfilter. Proses konvolusi dapat dilakukan pada domain spasial atau domain frekuensi. Berikut ini adalah contoh sederhana perhitungan proses filterisasi menggunakan domain frekuensi.

Yang pertama dilakukan adalah perhitungan transformasi Fourier pada *Gabor filter* dan citra ternormalisasi untuk mengubah domain spasial ke frekuensi. Misal diberikan $f(x, y)$ citra ternormalisasi dan $g(x, y)$ *Gabor filter*.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad ; \quad g(x, y) = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Transformasi Fourier dilakukan menggunakan rumus persamaan (2.2), yaitu :

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-2\pi i \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)}$$

Maka untuk $f(x, y)$ akan dihitung $F(u, v)$.

$$F(u, v) = \frac{1}{9} \sum_{x=0}^{3-1} \sum_{y=0}^{3-1} f(x, y) e^{-2\pi i \left(\frac{ux}{3} + \frac{vy}{3} \right)}$$

$$\begin{aligned} F(0,0) &= \frac{1}{9} \sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 f(x, y) e^{-2\pi i \left(\frac{0x}{3} + \frac{0y}{3} \right)} \\ &= \frac{1}{9} \sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 f(x, y) \\ &= \frac{1}{9} [f(0,0) + f(0,1) + f(0,2) + f(1,0) + f(1,1) \\ &\quad + f(1,2) + f(2,0) + f(2,1) + f(2,2)] \\ &= \frac{1}{9} (0 + 1 + 2 + 1 + 2 + 0 + 2 + 0 + 1) \\ &= \frac{1}{9} (9) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(0,1) &= \frac{1}{9} \sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 f(x, y) e^{-2\pi i \left(\frac{0x}{3} + \frac{1y}{3} \right)} \\ &= \frac{1}{9} \sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 f(x, y) e^{-2\pi i \left(\frac{y}{3} \right)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(0,1) &= \frac{1}{9} [f(0,0)e^{-2\pi i \left(\frac{0}{3} \right)} + f(0,1)e^{-2\pi i \left(\frac{1}{3} \right)} \\ &\quad + f(0,2)e^{-2\pi i \left(\frac{2}{3} \right)} + f(1,0)e^{-2\pi i \left(\frac{0}{3} \right)} \\ &\quad + f(1,1)e^{-2\pi i \left(\frac{1}{3} \right)} + f(1,2)e^{-2\pi i \left(\frac{2}{3} \right)} \\ &\quad + f(2,0)e^{-2\pi i \left(\frac{0}{3} \right)} + f(2,1)e^{-2\pi i \left(\frac{1}{3} \right)} \\ &\quad + f(2,2)e^{-2\pi i \left(\frac{2}{3} \right)}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{9} [0 + 1(-0,5 - 0,866i) + 2(-0,5 + 0,866i) + 1 \\
&\quad + 2(-0,5 - 0,866i) + 0(-0,5 \\
&\quad + 0,866i) + 2 + 0(-0,5 - 0,866i) \\
&\quad + 1(-0,5 + 0,866i)] \\
&= \frac{1}{9} [(-0,5 - 0,866i) + (-1 + 1,7321i) + 1 + (-1 \\
&\quad - 1,7321i) + 2 + (-0,5 + 0,866i)] \\
&= \frac{1}{9} (0) \\
&= 0
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan sampai $F(3,3)$ sehingga didapatkan hasil transformasi Fourier diskrit dari matriks $f(x, y)$ yaitu :

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0,5 + 0,2887i & 0 \\ 0 & 0 & -0,5 - 0,2887i \end{bmatrix}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan sehingga didapatkan hasil transformasi Fourier diskrit dari matriks $g(x, y)$, yaitu :

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 + 0,2887i \\ 0 & 0,5 - 0,2887i & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dari hasil transformasi Fourier didapatkan dua matriks dengan domain frekuensi yang selanjutnya akan dikonvolusi. Proses konvolusi domain frekuensi yaitu dengan melakukan perkalian skalar antara $F(u, v)$ dan $G(u, v)$ yang melalui proses perhitungan sebagai berikut :

$$H(u, v) = F(u, v) * G(u, v)$$

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0,3333 \\ 0 & -0,3333 & 0 \end{bmatrix}$$

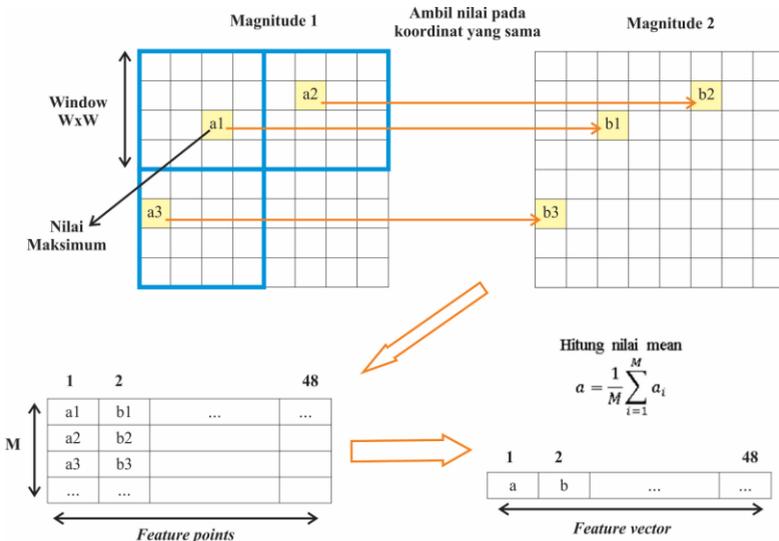
Langkah terakhir adalah mengubah $H(u, v)$ ke domain spasial dengan menggunakan invers transformasi Fourier dengan langkah perhitungan seperti transformasi Fourier yang dicontohkan sebelumnya. Dari perhitungan invers transformasi Fourier, didapatkan hasil yaitu :

$$H = \begin{bmatrix} 0,0370 & 0,1481 & 0,1481 \\ 0,1481 & 0,0370 & 0,1481 \\ 0,1481 & 0,1481 & 0,0370 \end{bmatrix}$$

4.7.2 Proses Perhitungan Vektor Ciri

Proses filterisasi menghasilkan 48 *magnitude* citra terfilter yang dibutuhkan untuk mendapatkan vektor ciri. Proses perhitungan vektor ciri dimulai dengan menentukan ukuran window W_0 . Untuk mendapatkan ukuran window terbaik, perlu dilakukan beberapa percobaan yang akan dibahas pada bab pengujian.

Setelah ukuran W_0 ditentukan, dilakukan peninjauan terhadap *magnitude* pertama. *Magnitude* pertama dicari nilai maksimum dengan prosedur menempatkan window W_0 dengan ukuran $W \times W$. Pada setiap window berukuran $W \times W$, dicari nilai maksimumnya. Nilai maksimum tersebut merupakan *feature points*. Kemudian koordinat dari tiap nilai maksimum pada *magnitude* pertama akan di proyeksikan ke *magnitude* 2 sampai 48. Sehingga nilai yang diambil dari *magnitude* 2 sampai 48 adalah nilai yang berada pada koordinat yang sama dengan koordinat nilai maksimum pada *magnitude* pertama. Pada setiap *magnitude*, akan menghasilkan $\frac{16284}{W^2}$ *feature points*, sehingga *feature points* yang didapat berukuran $\frac{16284}{W^2} \times 48$. Kemudian dihitung mean dari *feature points* sehingga didapatkan vektor cirdengan ukuran 1×48 . Vektor ciri yang dimiliki oleh data citra tersebut disusun pada satu database. Proses perhitungan vektor ciri ini diilustrasikan melalui gambar berikut.



Gambar 4.7 Ilustrasi Proses Perhitungan Vektor Ciri

4.8 Proses Pendaftaran

Proses pendaftaran merupakan proses penyimpanan data-data milik pengguna yang melakukan pendaftaran pada sistem. Citra wajah pengguna disimpan pada folder khusus dalam memori komputer yang digunakan untuk menampung citra-citra wajah. Vektor ciri citra wajah dan nama identitas pengguna disimpan dalam basis data yang telah dibuat sebelumnya.

Adapun langkah-langkah untuk melakukan proses penyimpanan wajah adalah sebagai berikut :

- a. Akuisisi citra wajah pengguna yang akan disimpan. Citra wajah ini digunakan sebagai citra wajah input.
- b. Masukkan nama identitas pengguna.

- c. Kerjakan proses ekstraksi ciri citra wajah input. Hasil dari proses ekstraksi ini berupa vektor ciri input.
- d. Simpan identitas pengguna dan vektor ciri input pada basis data sistem.

4.9 Proses Pengenalan

Proses pengenalan wajah merupakan sebuah proses pengukuran kesamaan antara vektor ciri *query* dengan vektor ciri referensi. Vektor ciri *query* diperoleh dari vektor ciri citra wajah pengguna yang akan diidentifikasi. Sedangkan vektor ciri referensi merupakan vektor ciri pengguna yang sudah tersimpan di basis data. Hasil dari proses pencocokan wajah berupa suatu skor yang menentukan apakah pengguna berhasil dikenali dengan benar atau tidak. Pengukuran kesamaan antara vektor ciri *query*, misal dilambangkan dengan u , dan vektor ciri referensi, misal dilambangkan dengan v , dihitung dengan persamaan jarak Euclidean ternormalisasi pada persamaan (2.6).

Adapun langkah-langkah untuk melakukan proses pengenalan wajah adalah sebagai berikut :

- a. Akuisisi citra wajah pengguna yang akan melakukan identifikasi. Citra wajah ini dapat berupa foto atau video, dan digunakan sebagai citra wajah input.
- b. Kerjakan proses *preprocessing* dan ekstraksi ciri citra wajah input. Hasil dari proses ekstraksi ciri ini berupa vektor ciri *query*.
- c. Untuk setiap vektor ciri referensi yang tersimpan di basis data, hitung skor hasil pencocokan wajah antara vektor ciri *query* dengan vektor ciri referensi dengan menggunakan persamaan (2.7).
- d. Vektor ciri referensi yang menghasilkan skor terbesar setelah skor pada langkah ke-3 dikali 100 dijadikan sebagai vektor ciri teridentifikasi.
- e. Jika skor dari vektor ciri teridentifikasi lebih besar dari nilai ambang maka sistem berhasil mengidentifikasi

pengguna. Output dari sistem berupa nama pemilik vektor ciri teridentifikasi yang dianggap sebagai pengguna yang berhasil diidentifikasi.

- f. Sebaliknya jika skor dari vektor ciri teridentifikasi tidak lebih besar dari nilai ambang maka sistem tidak berhasil mengidentifikasi pengguna. Output dari sistem berupa keterangan “Tidak dikenali”.
- g. Nilai ambang dicari melalui uji coba sistem sehingga didapat nilai 90. Dikarenakan pada nilai diatas 90 pengguna berhasil dikenali dengan benar dengan akurasi tertinggi.

BAB V

IMPLEMENTASI SISTEM

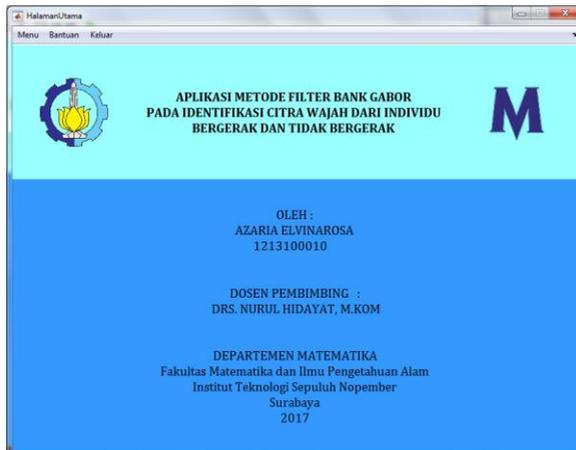
Pada bab ini, dibahas mengenai langkah-langkah dalam pengimplementasian sistem berdasarkan desain sistem yang telah dirancang.

5.1 Implementasi Antarmuka

Pada tugas akhir ini, antarmuka sistem dibangun dengan menggunakan form dan kontrol yang terdapat pada Matlab. Adapun antarmuka yang diimplementasikan untuk menunjang penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Halaman Utama

Halaman utama merupakan antarmuka yang berisi judul aplikasi, keterangan nama penulis dan dosen pembimbing, dan juga menampilkan menu-menu antarmuka lain yang ada di dalam sistem. Hasil implementasi halaman utama dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Antarmuka Halaman Utama

Halaman utama dibuat dalam bentuk yang sederhana, terdiri dari 3 bagian utama, diantaranya :

- a. Bagian *title bar*
- b. Bagian *menu bar*
- c. Bagian *main window*

Title bar merupakan bagian yang menunjukkan judul dari antarmuka yang sedang ditampilkan. Di bawah *title bar* terdapat *menu bar* yang berisi sederetan menu-menu yang digunakan oleh sistem. Adapun kegunaan menu-menu yang ditampilkan pada antarmuka utama sistem disajikan dalam Tabel 5.1 berikut ini :

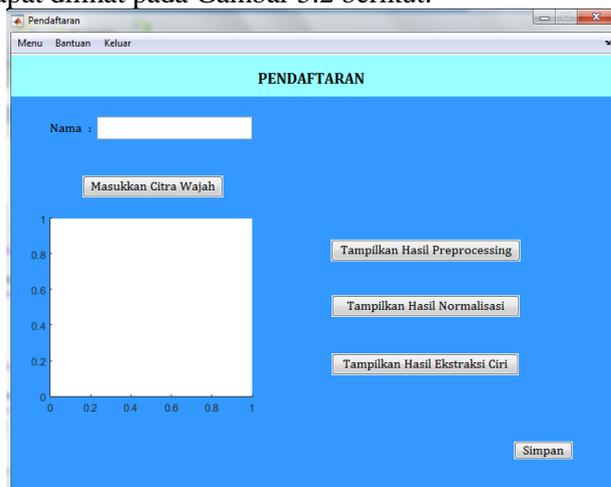
Tabel 5.1 Kegunaan Menu dalam Sistem

Menu dan Submenu	Kegunaan
Menu	Menampilkan pilihan menu layanan yang disediakan oleh sistem, yaitu pendaftaran dan pengenalan
Pendaftaran	Melakukan pendaftaran untuk penyimpanan data nama dan citra wajah individu agar sistem dapat mengenali individu tersebut
Pengenalan	Melakukan <i>input</i> citra wajah untuk dikenali oleh sistem. <i>Output</i> yang didapat berupa nama dan foto individu yang dikenali
Bantuan	Berisi keterangan dan petunjuk penggunaan menu yang disediakan oleh sistem
Keluar	Keluar dari sistem

Main window merupakan bagian antarmuka yang digunakan untuk menampilkan judul, nama penulis, nama dosen pembimbing, dan nama instansi.

2. Halaman Pendaftaran

Halaman pendaftaran merupakan antarmuka yang berguna untuk melakukan proses pendaftaran citrawajah dan identitas individu baru yang belum masuk dalam *database*. Hasil implementasi halaman pendaftaran dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Antarmuka Halaman Pendaftaran

Pada antarmuka ini, ada beberapa tombol, edittext, dll. dengan fungsi yang berbeda-beda yaitu:

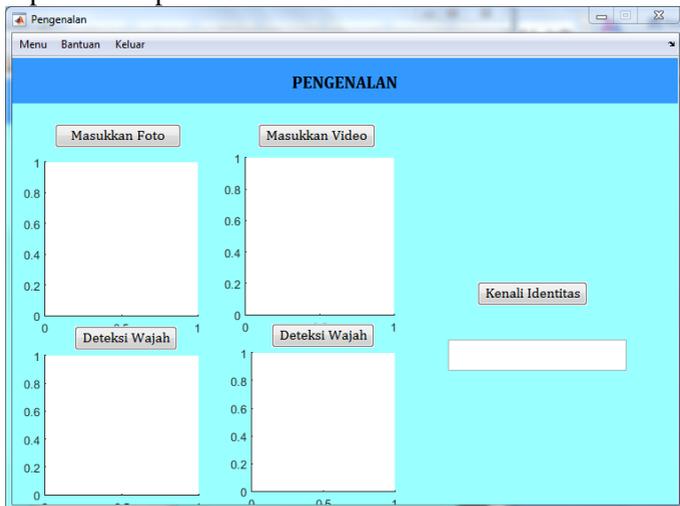
- Edittext digunakan untuk memasukkan string nama individu yang didaftarkan.
- Tombol “Masukkan Citra Wajah” digunakan untuk mengambil citra wajah individu yang didaftarkan.
- Axis1 digunakan untuk menampilkan citra wajah yang telah diambil.
- Tombol “Tampilkan Hasil Preprocessing” digunakan untuk menampilkan hasil citra wajah setelah

mengalami *preprocessing* (deteksi wajah, *cropping*, *grayscale*, dan *resize*).

- e. Tombol “Tampilkan Hasil Normalisasi” untuk menampilkan hasil citra wajah setelah mengalami *preprocessing* dan normalisasi.
- f. Tombol “Tampilkan Hasil Ekstraksi Ciri” digunakan untuk menampilkan hasil citra wajah setelah mengalami *preprocessing*, normalisasi dan filterisasi dengan metode *Filter Bank Gabor*.
- g. Tombol “Simpan” digunakan untuk melakukan proses pengolahan terhadap citra wajah sekaligus penyimpanan data nama dan vektor fitur hasil ekstraksi ciri ke dalam *database*.

3. Halaman Pengenalan

Halaman pengenalan merupakan antarmuka yang berguna untuk melakukan pengujian terhadap citra wajah berupa gambar atau video yang dimasukkan dalam sistem. Hasil implementasi halaman pengenalan dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



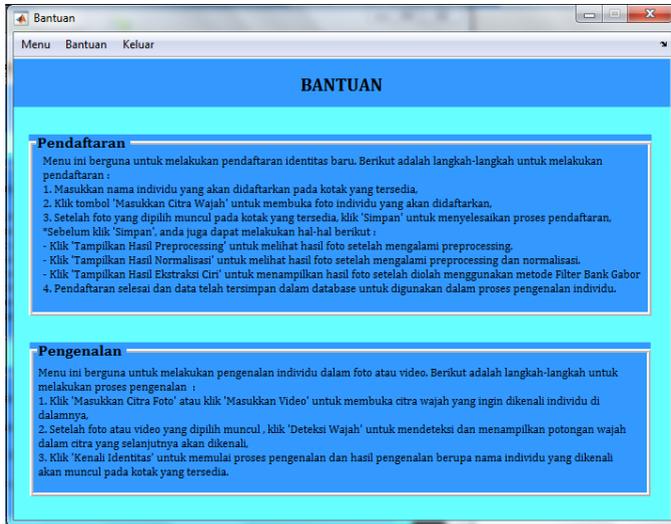
Gambar 5.3 Antarmuka Halaman Pengenalan

Pada antarmuka ini, ada beberapa tombol, edittext, dll. dengan fungsi yang berbeda-beda yaitu:

- a. Tombol “Masukkan Foto” digunakan untuk mengambil dan memasukkan citra wajah yang ingin dikenali ke dalam sistem. Citra wajah berupa gambar.
- b. Tombol “Masukkan Video” digunakan untuk mengambil dan memasukkan citra wajah yang ingin dikenali ke dalam sistem. Citra wajah berupa video.
- c. Axes1 dan Axes2 digunakan untuk menampilkan citra wajah yang telah diambil.
- d. Tombol “Deteksi Wajah” digunakan untuk melakukan *preprocessing* dan normalisasi terhadap citra wajah yang telah dimasukkan dalam sistem.
- e. Axes3 dan Axes4 digunakan untuk menampilkan hasil citra wajah setelah mengalami *preprocessing* dan normalisasi.
- f. Tombol “Kenali Identitas” digunakan untuk melakukan proses pengenalan yaitu ekstraksi ciri, penghitungan *Euclidean Distance* antara vektor ciri *query* dan vektor ciri *database*, penghitungan skor, penentuan hasil pengenalan.
- g. Edittext digunakan untuk menampilkan nama individu hasil pengenalan.

4. Halaman Bantuan

Halaman bantuan merupakan antarmuka yang berisi keterangan dan petunjuk mengenai penggunaan menu-menu yang ada dalam sistem. Hasil implementasi halaman bantuan dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Antarmuka Halaman Bantuan

5.2 Implementasi Tahap Akuisisi Data

Proses akuisisi citra wajah digunakan untuk mendapatkancitra wajah. Proses ini tidak dilakukan secara otomatis. Namun, membutuhkan interaksi pengguna untuk mencari dan mengambil citra yang dibutuhkan di dalam media penyimpanan. Proses akuisisi citra wajah diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini :

```
[FileName, PathName]=uigetfile('*.*jpg', 'Pilih File Foto');
```

```
[FileName, PathName]=uigetfile('*.*wmv', 'Pilih File Video');
```

Kode program selengkapnya dari fungsi ini disajikan pada Lampiran A.

5.3 Implementasi Tahap *Preprocessing*

Proses Pra-pengolahan diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini:

1. Proses Deteksi dan *Cropping* Wajah

```
faceDetector = vision.CascadeObjectDetector;
box = step(faceDetector,gs);
fd = imcrop(gs,box);
```

```
while(true)
    frame=step(vid);
    bboxes = step(faceDetector,frame);
    IFaces =
insertObjectAnnotation(frame,'rectangle',bboxes);
    imshow(IFaces,'border','tight');
```

2. Proses *Grayscale*

```
gs = rgb2gray(ori);
```

3. Proses *Resize*

```
cr = imresize(fd,[128,128]);
```

Kode program selengkapnya dari fungsi ini disajikan pada Lampiran B.1. Fungsi ini menghasilkan sebuah *image* keabuan dengan nilai pixel berupa data *uint8*. *Image* ini berupa citra wajah yang telah dilakukan proses deteksi, *cropping* wajah, dan *grayscale*, berukuran 128x128 piksel.

5.4 Implementasi Tahap *Normalisasi*

Proses normalisasi diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini:

```
normal = normalisasi(cr);
```

Kode program selengkapnya dari fungsi ini disajikan pada Lampiran B.2. Fungsi ini menghasilkan sebuah *image* keabuan dengan nilai piksel bertipe data *uint8*. *Image* ini merupakan data

hasil proses normalisasi citra wajah. Parameter dari fungsi merupakan *image* keabuan dengan nilai pixel bertipe data uint8 yang berisi data hasil proses pra-pengolahan.

5.5 Implementasi Tahap Ekstraksi Ciri

5.5.1 Implementasi Proses Filterisasi

Proses pembuatan Gabor kernel diimplementasikan menjadi sebuah program dalam fungsi berikut ini:

```
gaborArray = gaborFilterBank(u, v, m, n)
```

Parameter dalam fungsi ini adalah jumlah frekuensi, jumlah orientasi, dan ukuran 2 dimensi dari filter.

Selanjutnya proses filterisasi diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini :

```
gaborResult = gaborFilter(I, gaborArray)
```

Parameter dalam fungsi filterisasi adalah citra wajah yang telah ternormalisasi dan *Gabor filter* yang telah dibuat.

Kode program selengkapnya dari fungsi di atas disajikan pada Lampiran C.1. Fungsi ini menghasilkan *cell* dengan nilai piksel *double*. *Cell* ini merupakan hasil konvolusi antara 48 Gabor kernel dan citra wajah ternormalisasi. Pada Tugas Akhir ini menggunakan 48 *Gabor filter* untuk proses filterisasi citra wajah, sehingga dalam fungsi ini memanggil fungsi konvolusi sebanyak 48 kali. Masing-masing pemanggilan fungsi akan menghasilkan sebuah citra wajah terfilter sesuai dengan frekuensi dan orientasi yang digunakan.

5.5.2 Implementasi Proses Perhitungan Vektor Ciri

Proses penghitungan vektor ciri diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini :

```
[ V, Xj ] = featureVector( image, matriks )
```

Kode program selengkapnya dari fungsi ini disajikan pada Lampiran C.2. Parameter fungsi ini adalah citra wajah

yang telah ternormalisasi dan ukuran sisi window. Fungsi ini menghasilkan sebuah vektor ciri berukuran 1x48.

5.6 Implementasi Tahap Pendaftaran

Proses penyimpanan vektor ciri diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini :

```
nama=get(handles.nama, 'String') ;
guidata(hObject, handles);
startcol='A';
datanama=xlsread('Database.xlsx','Sheet1');
nextRow=size(datanama,1)+1;
range=sprintf('%s%d',startcol,nextRow);
xlswrite('Database.xlsx',{nama},'Sheet1',range);
I = normal;
[V, Xj] = featureVector (I, 4);
fitur = mean(Xj);
startcol='B';
datafitur=xlsread('Database.xlsx','Sheet1');
nextRow=size(datafitur,1)+1;
range=sprintf('%s%d',startcol,nextRow);
xlswrite('Database.xlsx',fitur,'Sheet1',range);
msgbox('Pendaftaran berhasil!');
```

5.7 Implementasi Tahap Pengenalan

Proses pengenalan diimplementasikan menjadi sebuah program ke dalam fungsi berikut ini :

```

I = handles.normal;
[V, Xj] = featureVector (I, 4);
fiturquery = mean(Xj);
fitur
xlsread('Database.xlsx','Sheet1','B1:A0200');
[bar, kol] = size(fitur);
%menghitung euclidean distance ternormalisasi
x = [];
for i=1:bar
for j=1:kol
    x(i,j)= (fitur(i,j)).^2;
end
end
y = [];
for i=1:bar
    y(i)=sum(x(i,:));
end
normfitur = sqrt(y);
fiturreferensi=[];
for i=1:bar
for j=1:kol
    fiturreferensi(i,j)=
fitur(i,j)/normfitur(i);
end
end
a=[];
for i=1:bar
for j=1:kol
    a(i,j)= ((fiturquery(j)/norm(fiturquery))-
fiturreferensi(i,j)).^2;
end
end
b=[];
for i=1:bar
    b(i)=sum(a(i,:));
end
dist=[];

```

```
for i=1:bar
    dist(i)=sqrt(b(i));
end
skor = [];
for i=1:bar
    skor(i) = 1-(dist(i)/2);
end
[num,txt,row] =
xlsread('Database.xlsx','Sheet1','A1:A200');
[maxval,idx]= max(skor);
nama = txt(idx);
if skor>=90
    nama = txt(idx);
    set(handles.hasil,'String',nama);
end
else    set(handles.hasil,'String','Individu
tidak dikenali');
```


BAB VI

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN HASIL

6.1 Pengujian Tahap Akuisisi Data

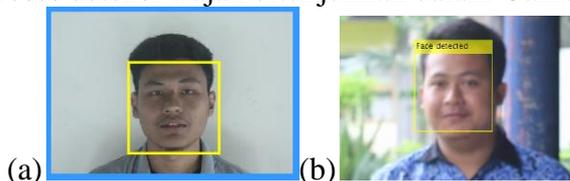
Tujuan dari pengujian tahap akuisisi adalah untuk mengetahui bahwa sistem telah mendapatkan citra wajah. Proses dilakukan dengan cara menginputkan file citra wajah ke dalam program yang telah dibuat. Hasil akuisisi citra wajah ditunjukkan dalam Gambar 6.1. Untuk detail data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran F.



Gambar 6.1 Citra Hasil Akuisisi dari 4 Individu Berbeda dengan Posisi Wajah Berbeda

6.2 Pengujian Tahap Deteksi Wajah

Tujuan dari pengujian tahap deteksi wajah adalah untuk mengetahui bahwa sistem telah mampu mendeteksi bagian wajah dari individu bergerak dan tidak bergerak. Hasil proses deteksi wajah ditunjukkan dalam Gambar 6.2.

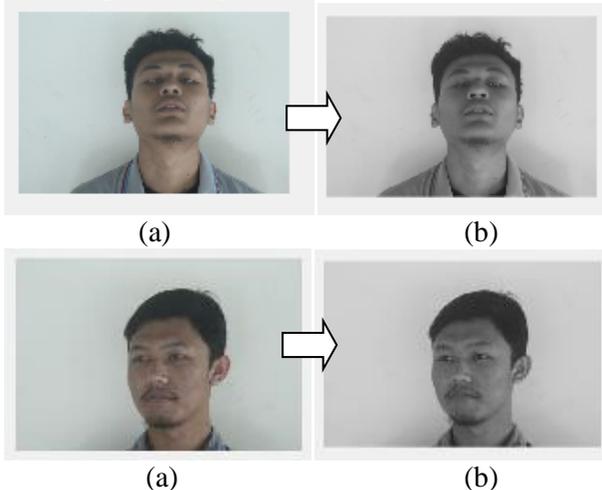


Gambar 6.2 (a) Deteksi Wajah dari Individu Tidak Bergerak (b) Deteksi Wajah dari Individu Bergerak

6.3 Pengujian Tahap *Preprocessing*

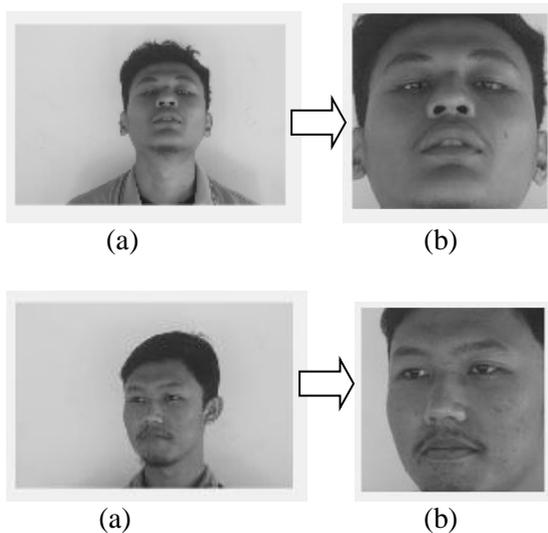
Pengujian ini dilakukan terhadap proses-proses pada tahap pengolahan citra. Pengujian bertujuan untuk mengetahui bahwa proses-proses pada tahap Pengolahan citra sudah benar, sehingga data yang disajikan dari tahap ini dipastikan dapat menjadi input pada tahap berikutnya. Pada tahap ini terdapat 3 proses yaitu deteksi wajah, *grayscale*, *resize*.

- a. Proses *grayscale*, yaitu proses mengubah citra RGB (*Red, Green, Blue*) menjadi citra yang memiliki nilai keabuan. Proses ini membuat citra RGB yang memiliki tiga channel warna yakni *channel* warna merah, hijau dan biru menjadi citra *grayscale*.



Gambar 6.3 (a) Citra hasil akuisisi (b) Citra hasil *grayscale*

- b. Proses *resize*, yaitu proses menyamakan ukuran citra, sebelum dilakukan proses selanjutnya, terlebih dahulu citra wajah hasil *cropping* disamakan ukurannya menjadi 128x128. Proses ini dilakukan untuk mempermudah proses-proses selanjutnya.



Gambar 6.4 (a) Citra Hasil *Grayscale* (b) Citra Hasil Deteksi, *Cropping* Wajah, Dan *Resize*

6.4 Pengujian Tahap Normalisasi

Pengujian proses normalisasi. Proses ini bertujuan untuk mengetahui bahwa sistem telah mengubah citra hasil *preprocessing* menjadi citra yang telah dinormalisasi. Dilakukan percobaan menggunakan parameter yang berbeda. Dilakukan percobaan dengan $M_0 = 100$ dan $V_0 = 100$ [6]. Kemudian dengan $M_0 = 180$ dan $V_0 = 180$ [10]. Dan juga dengan $M_0 = 100$ dan $V_0 = 500$ [9]. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut.

Tabel 6.1 Tabel hasil pengujian normalisasi dengan nilai parameter berbeda

M_0	V_0	Waktu Komputasi	Hasil
100	100	0,3345 detik	
180	180	0,3686 detik	
100	500	0,3468 detik	

Pada semua percobaan normalisasi dengan parameter berbeda terlihat bahwa citra telah mengalami keseragaman cahaya. Tetapi dengan $M_0 = 180$ dan $V_0 = 180$, garis-garis wajah yang terdapat pada citra menjadi kurang terlihat jelas. Sedangkan pada normalisasi dengan $M_0 = 100$ dan $V_0 = 100$ dan $M_0 = 100$ dan $V_0 = 500$, garis-garis wajah pada citra terlihat lebih jelas.

Karena diantara dua percobaan tersebut terdapat perbedaan waktu komputasi sebesar 0,0123 detik, penulis menetapkan menggunakan yang memiliki waktu komputasi lebih cepat yaitu dengan parameter $M0 = 100$ dan $V0 = 100$.

6.5 Pengujian Tahap Ekstraksi Ciri

Program hasil implementasi proses filterisasi mendapatkan input berupa citra wajah yang telah dinormalisasi. Citra wajah yang telah di normalisasi kemudian dikonvolusi dengan *Gabor filter*. Output yang dihasilkan pada proses ini berupa 48 buah citra wajah terfilter. Gambar menunjukkan contoh hasil pengujian implementasi proses filterisasi citra wajah.



Gambar 6.148 Citra Hasil Filterisasi

6.6 Pengujian Tahap Pengenalan

Data citra pada sistem pengenalan individu melalui identifikasi wajah ini dibagi menjadi data referensi dan data uji. Untuk data citra wajah dari individu tidak bergerak, 45 wajah individu digunakan dalam Tugas Akhir ini, dengan masing-masing wajah akan ditangkap (*capture*) dari 4 posisi berbeda. 40 individu didaftarkan sebagai data referensi dengan masing-masing memiliki 4 citra referensi. Sehingga didapat 160 citra data referensi individu tidak bergerak. Sedangkan untuk data citra

wajah dari individu bergerak, 15 individu digunakan dengan masing-masing wajah akan ditangkap (*capture*) dari 2 videodengan sudut pengambilan berbeda. 13 individu didaftarkan dengan masing-masing memiliki 1 video sebagai referensi. Sehingga didapat 13 data referensi.

Untuk data uji individu tidak bergerak, digunakan 90 citra wajah, dengan rincian 80 citra dari individu terdaftar dan 10 citra dari individu tidak terdaftar. Untuk data uji individu bergerak, digunakan 17 video, dengan rincian 13 video dari individu terdaftar dan 4 citra dari individu tidak terdaftar.

Pengujian tahap pengenalan menggunakan acuan vektor-vektor ciri yang telah tersimpan dalam database berformat .xlsx.

Penulis melakukan 24 macam pengujian, dengan rincian 12 pengujian citra wajah individu tidak bergerak dan 12 pengujian citra wajah individu bergerak. Pengujian pengenalan dilakukan terhadap data referensi dan data uji. Pengujian pengenalan dilakukan dengan menggunakan *Gabor filter 40 magnitude* dan *48 magnitude* untuk mengetahui pengaruh jumlah kernel terhadap akurasi pengenalan. Ukuran window untuk menghitung vektor ciri harus cukup kecil untuk menangkap ciri penting tetapi juga harus cukup besar untuk menghindari redundansi[16]. Maka dari itu diperlukan beberapa pengujian ukuran berbeda untuk mendapatkan ukuran terbaik. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan pengujian menggunakan ukuran window 2x2, 4x4, dan 8x8. Setiap hasil pengujian akan dihitung akurasi keberhasilannya sehingga dapat ditarik kesimpulan nilai parameter terbaik untuk pengenalan individu.

6.6.1 Pengujian Pengenalan Citra Wajah Individu Tidak Bergerak

Ada 12 macam pengujian pengenalan citra wajah individu tidak bergerak yang terbagi menjadi 2, 6 macam pengujian terhadap data referensi dan 6 macam pengujian terhadap data uji.

i Pengujian terhadap data referensi

Data referensi individu tidak bergerak berjumlah 160 citra berasal dari 40 individu berbeda. Telah dilakukan 6 macam pengujian terhadap data referensi. 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter 40 magnitude* dan 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter 48 magnitude*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.2 dan 6.3.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Tidak Bergerak Menggunakan 40 *Magnitude Gabor Filter*

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	160	160	160
Salah	0	0	0
Total	160	160	160

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Tidak Bergerak Menggunakan 48 *Magnitude Gabor Filter*

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	160	160	160
Salah	0	0	0
Total	160	160	160

ii Pengujian terhadap data uji

Data uji individu tidak bergerak berjumlah 90 citra berasal dari 45 individu berbeda, dengan rincian 40 individu terdaftar dan 5 individu tidak terdaftar. Telah dilakukan 6 macam pengujian terhadap data uji. 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter* 40 *magnitude* dan 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter* 48 *magnitude*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.4 dan 6.5.

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Data Uji Individu Tidak Bergerak Menggunakan 40 *Magnitude Gabor Filter*

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	74	75	73
Salah	16	15	17
Total	90	90	90

Tabel 6.5 Hasil Pengujian Data Uji Individu Tidak Bergerak Menggunakan 48 *Magnitude Gabor Filter*

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	79	82	80
Salah	11	8	10
Total	90	90	90

6.6.2 Pengujian Pengenalan Citra Wajah Individu Bergerak

Ada 12 macam pengujian pengenalan citra wajah individu tidak bergerak yang terbagi menjadi 2, 6 macam pengujian terhadap data referensi dan 6 macam pengujian terhadap data uji.

i Pengujian terhadap data referensi

Data referensi individu bergerak berjumlah 13 citra berasal dari 13 individu berbeda. Telah dilakukan 6 macam pengujian terhadap data referensi. 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter 40 magnitude* dan 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter 48 magnitude*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.6 dan 6.7.

Tabel 6.6 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Bergerak Menggunakan 40 Magnitude Gabor Filter

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	13	13	13
Salah	0	0	0
Total	13	13	13

Tabel 6.7 Hasil Pengujian Data Referensi Individu Tidak Bergerak Menggunakan 48 Magnitude Gabor Filter

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	13	13	13
Salah	0	0	0
Total	13	13	13

ii Pengujian terhadap data uji

Data uji individu tidak bergerak berjumlah 17 citra berasal dari 15 individu berbeda, dengan rincian 13 individu terdaftar dan 2 individu tidak terdaftar. Telah dilakukan 6 macam pengujian terhadap data uji. 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter* 40 *magnitude* dan 3 macam pengujian menggunakan *Gabor Filter* 48 *magnitude*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.8 dan 6.9.

Tabel 6.8 Hasil Pengujian Data Uji Individu Bergerak Menggunakan 40 *Magnitude Gabor Filter*

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	13	14	11
Salah	4	3	6
Total	17	17	17

Tabel 6.9 Hasil Pengujian Data Uji Individu Bergerak Menggunakan 48 *Magnitude Gabor Filter*

Ukuran window Hasil Deteksi	2x2	4x4	8x8
Benar	14	15	14
Salah	3	2	3
Total	17	17	17

6.6.3 Penentuan Nilai Ambang (*Threshold*)

Pada proses pengenalan wajah, pengguna yang tersimpan pada database yang memiliki skor terbesar merupakan pengguna yang berhasil diidentifikasi oleh sistem. Agar dapat ditetapkan apakah pengguna tersebut sah atau tidak maka perlu ditentukan sebuah nilai ambang (*threshold*) sebagai batas pengambilan keputusan. Dengan demikian jika pengguna dengan skor terbesar mewakili skor yang lebih kecil dari *threshold* maka pengguna tersebut dianggap bukan pengguna yang teridentifikasi. Begitu juga sebaliknya, jika pengguna tersebut skornya lebih besar atau sama dengan *threshold* maka pengguna tersebut adalah pengguna yang teridentifikasi. Dengan melalui proses uji coba didapatkan nilai ambang 90 dengan verifikasi akurasi pengenalan tertinggi.

6.7 Pembahasan Hasil Pengujian

Pembahasan hasil pengujian difokuskan pada hasil pengujian dan proses pengenalan individu melalui identifikasi wajah. Pada Tugas Akhir ini pembahasan hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui kinerja sistem pengenalan individu melalui identifikasi wajah menggunakan *Filter Bank Gabor*. Dari hasil yang didapatkan pada subbab sebelumnya, sistem mampu mengenali dengan cukup baik. Pada subbab ini akan diberikan cara menghitung tingkat akurasi sistem dengan menggunakan Persamaan 6.1.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Hasil Benar}}{\text{Jumlah citra uji}} \times 100\% \quad (6.1)$$

Dengan Hasil Benar adalah jumlah citra wajah yang dikenali oleh sistem.

Perhitungan akurasi dilakukan pada data referensi dan data uji dari individu bergerak maupun tidak bergerak. Perhitungan ini dilakukan untuk penggunaan 40 dan 48 *magnitude* dengan ukuran window 2x2, 4x4, dan 8x8. Sehingga terdapat 12 nilai akurasi pada data referensi dan 12 nilai akurasi pada data uji. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6.2 sampai dengan Tabel 6.9 di dapatkan akurasi sistem sebagai berikut ditunjukkan pada Tabel 6.10 - Tabel 6.13.

Tabel 6.10 Akurasi Hasil Pengujian terhadap Citra Referensi dari Individu Tidak Bergerak

Jumlah <i>magnitude</i>	40			48		
Ukuran window	2x2	4x4	8x8	2x2	4x4	8x8
Akurasi	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 6.11 Akurasi Hasil Pengujian terhadap Citra Uji dari Individu Tidak Bergerak

Jumlah <i>magnitude</i>	40			48		
Ukuran window	2x2	4x4	8x8	2x2	4x4	8x8
Akurasi	82,23%	83,34%	81,11%	87,78%	91,12%	88,89%

Tabel 6.12 Akurasi Hasil Pengujian terhadap Citra Referensi dari Individu Bergerak

Jumlah <i>magnitude</i>	40			48		
Ukuran window	2x2	4x4	8x8	2x2	4x4	8x8
Akurasi	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel 6.13 Akurasi Hasil Pengujian Terhadap Citra Uji dari Individu Bergerak

Jumlah <i>magnitude</i>	40			48		
Ukuran window	2x2	4x4	8x8	2x2	4x4	8x8
Akurasi	76,47%	82,35%	64,70%	82,35%	88,23%	82,35%

Dilihat dari hasil pengujian , pengujian terhadap data referensi selalu menghasilkan akurasi 100%. Ini menandakan bahwa implementasi sistem telah benar dan dapat digunakan. Dan dilihat dari hasil pengujian pengenalan terhadap data uji, nilai jumlah *magnitude* dan ukuran window berpengaruh terhadap tinggi rendahnya akurasi. Dari hasil pengujian-pengujian tersebut didapat bahwa penggunaan 48 *magnitude* menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dengan hasil terbaik ukuran window 4x4.

6.8 Pembahasan Penyebab Besar Kecil Akurasi

Penyebab utama citra uji tidak dikenali dengan benar sehingga mempengaruhi besar kecilnya akurasi adalah sebagai berikut :

1. Data citra referensi yang kurang bervariasi mempengaruhi tingkat akurasi karena jika semakin banyak posisi berbeda yang menjadi referensi maka hasil pencocokan dengan data uji akan semakin akurat.

2. Hasil rotasi citra referensi sebesar 5 derajat yang kemudian dijadikan citra uji mempengaruhi menurunnya tingkat akurasi pengenalan.
3. Kualitas video yang diambil memiliki kualitas yang kurang baik sehingga citra wajah yang dihasilkan kurang jelas dan mempengaruhi hasil pengenalan.

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian sistem pengenalan individu dengan identifikasi wajah menggunakan metode *Filter Bank Gabor*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses-proses yang dilakukan sebelum citra wajah diekstraksi ciri meliputi deteksi dan *cropping* bagian wajah, proses *grayscale*, *resize*, dan proses normalisasi sehingga menghasilkan citra yang siap diekstraksi cirinya.
2. Pemfilteran citra wajah dilakukan dengan mengkonvolusi citra wajah dengan 48 buah *Gabor filter* yang dibangun menggunakan *Gabor Wavelet* untuk menghasilkan 48 buah citra terfilter.
3. Proses pencocokan wajah yang diekstraksi dan direpresentasikan oleh metode *Filter Bank Gabor* dihitung dengan menggunakan persamaan jarak *Euclidean Distance* ternormalisasi.
4. Penggunaan 48 *magnitude gabor filter* menghasilkan persentase tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan 40 *magnitude*.
5. Ukuran window 4x4 untuk penghitungan vektor ciri teruji menghasilkan persentase tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran 2x2 dan 8x8.
6. Persentase tingkat keberhasilan sistem pengenalan individu dengan identifikasi wajah menggunakan metode *Filter Bank Gabor* dapat mencapai 100% untuk citra dalam *database*, 91,12% untuk citra uji dari individu tidak bergerak, dan 88,23% untuk citra uji dari individu bergerak.

7.2 Saran

Dengan melihat hasil yang dicapai pada penelitian ini, ada beberapa hal yang penulis sarankan untuk pengembangan selanjutnya yaitu :

1. Sebelum citra wajah difilter dengan menggunakan *filter gabor*, perlu adanya proses perbaikan citra wajah untuk menutupi kemungkinan citra wajah yang diakuisisi tidak begitu baik kualitasnya.
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambahkan kebebasan menggunakan jenis *file* gambar selain *.jpg* dan file video selain *.wmv*.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan dapat mengenali wajah input lebih dari 1 individu.
4. Metode pencocokan wajah dalam penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan metode klasifikasi, misalnya LVQ.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sarwoko, Eko Adi. 2006. “Mekanisme Sistem Identifikasi Biometrik”.**Prosiding Seminar Nasional SPMIPA**. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [2] Kurniadi, Ricky.2012. **Pengembangan Sistem Identifikasi Telapak Tangan dengan Menggunakan Metode Filter Bank Gabor**. Tugas Akhir, Matematika. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Kurniawan,Dwi Ely,dkk.2012. “Sistem Identifikasi Biometrika Wajah Menggunakan Metode Gabor KPCA dan Mahalanobis Distance”. **Jurnal Sistem Informasi Bisnis 01**. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] Kurniawan, Benny ,dkk.**Implementasi Metode Gabor Dan Jaringan Syaraf Tiruan PadaSistem Pengenalan Wajah**.Tugas Akhir, Sistem Komputer. Bandung: Universitas Telkom.
- [5] Jatnika, Ahmad Fahmi. 2010. **Pengembangan Sistem Identifikasi Sidik Jari dengan Menggunakan Metode Filter Bank Gabor**. Tugas Akhir, Matematika. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Gonzalez, R.C and Rafael E.W. 2008. **Digital Image Processing**.United State, America:Prentice-Hall. Inc.
- [7] Iwan, Binanto. 2010. **Multimedia Digital-Dasar Teori dan Pengembangannya**. Yogyakarta: ANDI.
- [8] Kurniawan,Dwi Ely. 2012. **Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Filter Gabor**. Tesis, Sistem Informasi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [9] Li, S.Z., Jain and Anil, K. 2005. **Handbook of Face Recognition**. New York: Springer Science Business Media, Inc.
- [10] Ernia, Ita. 2015.**Pengembangan Sistem Pengenalan Wajah dengan menggunakan Filter Bank Gabor**. Tugas Akhir, Matematika. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [11] Putro , M. Dwisnanto , dkk. 2012. "Sistem Deteksi Wajah dengan Menggunakan Metode Viola-Jones". **Seminar Nasional "Science, Engineering and Technology"**. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [12] Putra, Darma. 2009. **Sistem Biometrika**. Yogyakarta: ANDI.
- [13] Mac Developer Library. **Performing Convolution Operations**. <URL:<https://developer.apple.com/library/mac/documentation>>.
- [14] Carmona, R. Hwang, W. L. Torresani, B. 1998. "Practical Time Frequency Analysis: Gabor and Wavelet Transforms with an Implementation in S". **Wavelet Analysis and Its Application**9: 1-490. Cambridge, USA: Academic Press.
- [15] Serrano, A., Conde, C., dkk. 2011. "Analysis of Variance of Gabor Filter Banks Parameters for Optimal Face Recognition". **Pattern Recognition Letters** 32, 1998-2008.
- [16] Kepenekci, B. 2001. **Face Recognition using Gabor Wavelet Transform**. Thesis, Department of Electrical and Electronics Engineering. Ankara, Turkey: Middle East Technical University.
- [17] Putra, Darma. 2010. **Pengolahan Citra Digital**. Yogyakarta: ANDI.
- [18] Arman, Hera. 2012. **Analisa Performance Metode Gabor Filter Untuk Pengenalan Wajah**. Tugas Akhir, Teknik Informatika. Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [19] Saputra, Dhanar Intan Surya., dkk. 2017. "Pelacakan Dan Deteksi Wajah Menggunakan Video Langsung pada Webcam". **Jurnal Telematika**10, 1 . Purwokerto: STMIK AMIKOM Purwokerto.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

A. Kode Prosedur Proses Akuisisi Citra Wajah

```
[FileName, PathName]=uigetfile('*.*jpg', 'Pilih  
File Gambar');  
ori = imread([PathName, FileName]);  
handles.FileName = FileName;  
handles.ori=ori;  
axes(handles.axes1);  
imshow(ori);  
guidata(hObject, handles);  
  
[FileName, PathName]=uigetfile('*.*wmv', 'Pilih  
File Video');  
faceDetector = vision.CascadeObjectDetector;  
axes(handles.axes4);  
obj = vision.VideoFileReader(FileName);
```


LAMPIRAN B

B. 1 Kode Fungsi *Preprocessing*

```
ori = handles.ori;
gs = rgb2gray(ori);
faceDetector = vision.CascadeObjectDetector;
box = step(faceDetector,gs);
for i=1:size(box,1)
rectangle('Position',box(i,:), 'LineWidth',2, 'LineStyle','-', 'EdgeColor','y');
end
fd = imcrop(gs,box);
cr = imresize(fd,[128,128]);
handles.cr = cr;
figure;
imshow(cr);
guidata(hObject,handles);
```

B. 2 Kode Fungsi *Normalisasi*

```
function [nor] = normalisasi(I)
jml = sum(sum(I));
ukuran = (size(I,1)*size(I,2));
rata=jml/ukuran;
var=0;
for x=1:size(I,1)
for y=1:size(I,2)
var=var+((double(I(x,y))-double(rata))^2)/(ukuran-1));
end
end
nor=uint8(zeros(size(I)));
for k=1:size(I,1)
for j=1:size(I,2)
if I(k,j)<rata
nor(k,j)=uint8(100-
double(sqrt((00*(double(I(k,j))-double(rata))^2)/var)));
end
if I(k,j)>rata
```

LAMPIRAN B (LANJUTAN)

```
nor(k, j)=uint8(100+double(sqrt((100*(double(I(k,
j))-double(rata))^2)/var)));
end
end
end
end
```

LAMPIRAN C

C.1 Kode Fungsi Proses Filterisasi

```
function gaborArray= gaborFilterBank(u,v,m,n)
if (nargin ~= 4)
    error('Jumlah paramter harus ada 4, yaitu
jumlah skala, jumlah orientasi, dan ukuran 2
dimensi dari filter')
end
gaborArray = cell(u,v);
fmax = 0.25;
sigma_x = 1;
sigma_y = 1;
for i = 1:u
    fo = fmax/((sqrt(2))^(i-1));
    alpha = fo/sigma_x;
    beta = fo/sigma_y;

    for j = 1:v
        theta = ((j-1)/v)*pi;
        gFilter = zeros(m,n);

        for x = 1:m
            for y = 1:n
                xr = (x-((m+1)/2))*cos(theta)+(y-
((n+1)/2))*sin(theta);
                yr = -(x-((m+1)/2))*sin(theta)+(y-
((n+1)/2))*cos(theta);
                gFilter(x,y) =
(fo^2/(pi*sigma_x*sigma_y))*exp(-
((alpha^2)*(xr^2)+(beta^2)*(yr^2)))*exp(1i*2*
pi*fo*xr);
            end
        end

        gaborArray{i,j} = gFilter;
    end
end
```

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

```

        end
    end
    I = double(I);

    %3b2. Lakukan proses filter pada data gambar
    menggunakan masing-masing matriks dalam array
    gabor
    [u,v] = size(gaborArray);
    gaborResult = cell(u,v);

    for i = 1:u
    for j = 1:v
        I1 = fft2(I,128,128);
        I2 = fft2(gaborArray{i,j},128,128);
        gaborResult{i,j} =
        abs(ifft2(I1.*I2));
    end
    end

```

C.2 Kode Fungsi Proses Penghitungan Vektor Ciri

```

function [V,Xj]= featureVector(image,matriks)
I = image;

%kotak-kotak
u = 6;
v = 8;
m = 128;
n = 128;
gaborArray = gaborFilterBank(u,v,m,n);
gaborResult = gaborFilter(I,gaborArray);
res = gaborResult{1,1};
[row,col]=size(res);
maxM=titik(res,row,col,matriks);
[Mx,My]=koordinat(maxM,res,row,col,matriks);

[isimaxM,saveg]=IsimaxM(I,matriks,Mx,My);
for i=1:length(Mx)

```

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

```

    V(i,:)=[Mx(i) My(i) isimaxM(i,:)];
    Xj(i,:)=[isimaxM(i,:)];
end
end
%mencari nilai max dari magnitudo pertama dan
%nilai-nilai dari magnitudo
%berikutnya berdasarkan koordinat magnitudo
%pertama

function [isimaxM, saveg]=IsimaxM(image, matriks
,Mx, My)
I=image;
%parameter

u = 6;
v = 8;
m = 128;
n = 128;
gaborArray = gaborFilterBank(u,v,m,n);
gaborResult = gaborFilter(I,gaborArray);
isimaxM=[];
ii=1;
z=1;

for j=1:u
for k=1:v
    [res]=gaborResult{j,k};
    saveg(:, :, z)=res;
    z=z+1;

for i=1:length(Mx)
    isimaxM(i, ii)=res(My(i), Mx(i));
end

    ii=ii+1;
end
end

```

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

```

end
%fungsi ini untuk mencari titik max dari 4x4
function maxM = titik(M,row,col,matriks)
%maxm=hasil max dari 1 magnitude
%M=magnitude
a=1;
b=matriks;
aa=1;
bb=matriks;
for r=1:row/matriks
for c=1:col/matriks
    i=a:b;
    j=aa:bb;
    maxM(r,c)= max(max(M(i,j)));
    aa=aa+matriks;
    bb=bb+matriks;
if (aa==row+1)
    aa=1;
    bb=matriks;
end
end
    a=a+matriks;
    b=b+matriks;
    aa=1;
    bb=matriks;
    end
end
%fungsi untuk mencari koordinat dari titik
max
function [Mx,My]=koordinat(maxM, M, row, col,
matriks)
%Mx=koordinat magnitude maxM untuk x sebagai
kolom
%My=koordinat magnitude maxM untuk y sebagai
baris
Mx=[];
My=[];
a=1;

```

LAMPIRAN C (LANJUTAN)

```

b=matriks;
aa=1;
bb=matriks;
brs=1;
kol=1;
for r=1:row/matriks;
for c=1:col/matriks
    i=a:b;
    j=aa:bb;
    MMM=M(i,j);
for ii=1:matriks
for jj=1:matriks
if (MMM(ii,jj)==maxM(r,c))
Mx=[Mx jj+(matriks*(c-1))];
My=[My ii+(matriks*(r-1))];
        kol=kol+1;
        aa=aa+matriks;
        bb=bb+matriks;
if (aa==row+1)
                aa=1;
                bb=matriks;
end
end

end
end
end

    a=a+matriks;
    b=b+matriks;
    aa=1;
    bb=matriks;
    brs=brs+1;
    kol=1;
end
end

```


LAMPIRAN D

D. Kode Fungsi Penyimpanan Data

```
global nama
nama=get(handles.nama, 'String') ;
guidata(hObject, handles);
startcol='A';
datanama=xlsread('Database.xlsx','Sheet1');
nextRow=size(datanama,1)+1;
range=sprintf('%s%d',startcol,nextRow);
xlswrite('Data.xlsx',{nama},'Sheet1',range);
I = normal;
[V, Xj] = featureVector (I, 4);
fitur = mean(Xj);
startcol='B';
datafitur=xlsread('Database.xlsx','Sheet1');
nextRow=size(datafitur,1)+1;
range=sprintf('%s%d',startcol,nextRow);
xlswrite('Data.xlsx',fitur,'Sheet1',range);
```


LAMPIRAN E

E. Kode Fungsi Proses Pencocokan Wajah

```
I = handles.normal;
[V, Xj] = featureVector (I, 4);
fiturquery = mean(Xj);
fitur
=
xlsread('Database.xlsx','Sheet1','B1:A0200');
[bar, kol] = size(fitur);
%menghitung euclidean distance ternormalisasi
x = [];
for i=1:bar
for j=1:kol
    x(i,j)= (fitur(i,j)).^2;
end
end
y = [];
for i=1:bar
    y(i)=sum(x(i,:));
end
normfitur = sqrt(y);
fiturreferensi=[];
for i=1:bar
for j=1:kol
    fiturreferensi(i,j)=
fitur(i,j)/normfitur(i);
end
end
a=[];
for i=1:bar
for j=1:kol
    a(i,j)=
((fiturquery(j)/norm(fiturquery))-
fiturreferensi(i,j)).^2;
end
end
b=[];
for i=1:bar
    b(i)=sum(a(i,:));
end
```

LAMPIRAN E (LANJUTAN)

```
dist=[];
for i=1:bar
    dist(i)=sqrt(b(i));
end
skor = [];
for i=1:bar
    skor(i) = 1-(dist(i)/2);
end
[num,txt,row] =
xlsread('Database.xlsx','Sheet1','A1:A200');
[maxval,idx]= max(skor);
nama = txt(idx);
set(handles.hasil,'String',nama);
guidata(hObject,handles);
set(handles.text4,'String',max(skor));
```

LAMPIRAN F

Data Citra Wajah dari Individu Tidak Bergerak

No.	Nama	Posisi			
		Depan	Kanan	Kiri	Atas
1.	Aditya Barulhadi				
2.	M Afif Nasrul				
3.	Agus Setiawan				
4.	Alfin Asmara				
5.	Amelia Margaretha				
6.	Christina Anasztasia				
7.	Anindya Rachmawati				
8.	Anshar Zamrudillah				

No.	Nama	Depan	Kanan	Kiri	Atas
9.	Wahyu Ardiansyah				
10.	Ardi Firmansyah				
11.	Athyah Danni				
12.	Aufa Biahdillah				
13.	I Gusti Ayu				
14.	Maulana Bhara				
15.	Briyan Fadi				
16.	Corry Sara				

No.	Nama	Depan	Kanan	Kiri	Atas
17.	Dasilva Ayu				
18.	Firdaus Priyatno				
19.	Dian Eka				
20.	Fadhlan Septianto				
21.	Faizin Anshori				
22.	Fella Diandra				
23.	Feri Winata				
24.	Gery Dias				

No.	Nama	Depan	Kanan	Kiri	Atas
25.	Hayu Martha				
26.	Indra Alim				
27.	Roselina Dewi Intan				
28.	Isabella Anjani				
29.	Ivan Octaviano				
30.	M. Khoirul Roziq				
31.	Lingga Ayu				
32.	Nirwana Fatria				

No.	Nama	Depan	Kanan	Kiri	Atas
33.	Nuke Eva				
34.	Prima Aditya				
35.	Achmad Romli				
36.	M Fakhur Rozi				
37.	Uyun Fitriani				
38.	Hartanto Setiawan				
39.	Acmad Zaki				
40.	M Sabila Zamani				

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Azaria Elvinarosa, yang biasa dipanggil Aza. Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 27 Februari 1995. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu di SDN Burengan 2 Kediri, SMP N 1 Kediri, dan SMA N 2 Kediri. Kemudian melanjutkan pendidikan di Matematika ITS pada tahun 2013. Semasa menempuh jenjang pendidikan S-1, penulis juga aktif dalam kegiatan non-akademis diantaranya aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan ITS yaitu menjadi staf LDJ Matematika ITS yang bernama Ibnu Muqhlah pada periode 2014/2015 dan 2015/2016, Sekretaris UKM Bridge ITS periode 2014/2015 dan 2015/2016. Untuk mendapatkan informasi yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini dapat ditujukan ke alamat email aza.elvinarosa@gmail.com