

**RANCANG BANGUN  
SISTEM PENGENALAN WAJAH  
MENGUNAKAN FILTER GABOR**

TESIS

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-2 Program Studi  
Magister Sistem Informasi



Oleh :  
**DWI ELY KURNIAWAN**  
**24010410400015**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2012**

# HALAMAN PENGESAHAN

## TESIS

### RANCANG BANGUN SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGUNAKAN FILTER GABOR

Oleh:  
**DWI ELY KURNIAWAN**  
**24010410400015**

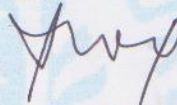
Telah diujikan dan dinyatakan lulus ujian tesis pada tanggal 25 Juni 2012 oleh tim penguji Program Pascasarjana Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro

Pembimbing I



Dr. Kusworo Adi, MT  
NIP. 197203171998021001

Penguji I




Dr. Suryono, S.Si, M.Si  
NIP. 197306301998021001

Pembimbing II



Adian Fachtur Rohim, MT  
NIP. 197302261998021001

Penguji II



Aris Sugiharto, S.Si, M.Kom  
NIP. 197111081997021004

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Magister Sistem Informasi



Drs. Bayu Surarso, M.Sc, Ph.D  
NIP. 19631105 198803 1 001

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, Juni 2012

Dwi Ely Kurniawan

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, kekuatan, dan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan tesis ini. Penulis menyadari bahwa penyelesaian tesis ini merupakan tugas yang amat sulit, berat dan melelahkan. Ujian dan cobaan yang mengiringi perjalanan, semakin menambah semangat penulis untuk bersungguh-sungguh dalam menyelesaikan studi. Alhamdulillah penulisan tesis ini dapat terselesaikan.

Tesis dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Filter Gabor*” adalah tugas akhir untuk memenuhi sebagian syarat mencapai derajat sarjana S-2 Program Studi Magister Sistem Informasi, Universitas Diponegoro. Selama pelaksanaan penelitian, perancangan sistem sampai pada penyusunan laporan, banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan bimbingan. Doa dan pahala berlipat ganda untuk semuanya, dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Bayu Surarso, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Dr. Kusworo Adi, M.T selaku pembimbing I dan Bapak Adian Fatchur Rochim, M.T selaku pembimbing II yang telah memberikan semangat dan arahan serta penulisan dalam mengerjakan tesis ini.
3. Kepala Sekolah SMK Bina Nusantara Ungaran dan segenap karyawan.
4. Semua pihak yang telah membantu namun tidak disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini jauh dari kesempurnaan, namun demikian penulis berharap tesis ini dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Juni 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
DAFTAR ARTI LAMBANG .....	xii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Keaslian Penelitian .....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	4
1.6. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. Landasan Teori .....	7
2.2.1. Sistem Biometrika.....	7
2.2.2. Pengenalan Pola .....	10
2.2.3. Pengenalan Wajah .....	11
2.2.4. Pengolahan Citra .....	13
2.2.5. Prapemrosesan .....	15

2.2.6. Ekstraksi Ciri .....	15
2.2.6.1 Filter Gabor.....	16
2.2.6.2 Kernel PCA .....	19
2.2.7. Pencocokan .....	20
2.2.7.1 Euclidean Distance .....	21
2.2.7.2 Chebyshev Distance .....	21
2.2.7.3 Cosine Distance .....	22
2.2.7.4 Mahalanobis Distance .....	22
2.2.8. Penentuan Nilai Ambang .....	23
2.2.9. Evaluasi Sistem Biometrika .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1. Bahan Penelitian .....	26
3.2. Alat Penelitian .....	27
3.3. Desain Penelitian .....	27
3.3.1. Metode Pengumpulan Data .....	27
3.3.2. Metode Pengembangan Perangkat Lunak .....	28
3.4. Analisis Kebutuhan .....	30
3.5. Pembuatan <i>Prototype</i> .....	31
3.5.1. Desain Utama .....	31
3.5.2. Desain <i>Input</i> Data .....	32
3.5.3. Desain <i>Output</i> Data .....	33
3.6. Perancangan .....	33
3.6.1. Tahap Akuisisi Citra .....	35
3.6.2. Tahap Prapemrosesan .....	36
3.6.3. Tahap Ekstraksi Ciri .....	37
3.6.4. Tahap Pendaftaran Citra .....	38
3.6.5. Tahap Pencocokan Citra .....	39
3.6.6. Tahap Keputusan .....	39
3.7. Algoritma Program .....	40
3.8. Tahap Implementasi dan Pengujian .....	41

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	42
4.1. Hasil Penelitian .....	42
4.1.1. Implementasi Sistem .....	42
4.1.2. Pengujian Sistem .....	45
4.2. Pembahasan .....	49
4.2.1. Tingkat Kesalahan Sistem .....	49
4.2.2. Kesalahan Proses Pendaftaran Citra .....	53
4.2.3. Pemilihan Metode Pengenalan .....	54
4.2.4. Perbandingan Basisdata Citra .....	55
4.2.5. Waktu Komputasi.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	57
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	59
LAMPIRAN .....	63

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Diagram sistem biometrika ..... 9
Gambar 2.2	Struktur sistem pengenalan pola..... 10
Gambar 2.3	Sistem pengenalan wajah..... 12
Gambar 2.4	Pengenalan wajah (1:M) ..... 12
Gambar 2.5	Proses ekstraksi ciri dan pengenalan ..... 16
Gambar 2.6	(a) Citra wajah asli ..... 17
	(b) Citra wajah hasil <i>filter gabor</i> 8x5..... 17
Gambar 2.7	Proses konvolusi citra wajah dengan filter gabor ..... 18
Gambar 2.8	Grafik distribusi pengguna asli atau palsu ..... 25
Gambar 3.1	Contoh basisdata wajah <i>AT&amp;T Face</i> dan <i>Face</i> <i>Realtime</i> ..... 26
Gambar 3.2	Desain penelitian ..... 28
Gambar 3.3	Siklus hidup pengembangan sistem ..... 29
Gambar 3.4	Model pengembangan perangkat lunak ..... 29
Gambar 3.5	Desain utama sistem identifikasi wajah ..... 31
Gambar 3.6	Desain <i>input</i> data ..... 32
Gambar 3.7	Desain <i>output</i> data ..... 33
Gambar 3.8	Perancangan sistem pengenalan wajah ..... 34
Gambar 3.9	Diagram alir tahap pemasukan dan pencocokan data ..... 34
Gambar 3.10	Akuisisi citra wajah ..... 35
Gambar 3.11	Contoh urutan basisdata citra wajah ..... 36
Gambar 3.12	Proses pada pra-pemrosesan ..... 37
Gambar 3.13	Contoh <i>feature vector</i> hasil ekstraksi ciri ..... 38
Gambar 3.14	Algoritma proses identifikasi wajah ..... 40
Gambar 4.1	Hasil tampilan utama ..... 42
Gambar 4.2	Hasil tampilan <i>input</i> data ..... 43



Gambar 4.3	Hasil tampilan <i>output</i> data .....	43
Gambar 4.4	Identifikasi wajah dikenali cocok . . . . .	44
Gambar 4.5	Identifikasi wajah dikenali tidak cocok .....	45
Gambar 4.6	Nilai Similarity citra .....	50
Gambar 4.7	Penghitungan nilai citra uji dan basisdata .....	50
Gambar 4.8	Grafik nilai <i>EER</i> .....	53
Gambar 4.9	Grafik perbandingan dari beberapa metode pengenalan ...	54

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan kelebihan dan kekurangan karakteristik biometrika.....	8
Tabel 4.1 Pengujian metode <i>Gabor</i> KPCA pada <i>AT&amp;T Face</i> .....	46
Tabel 4.2 Pengujian metode <i>Gabor</i> KPCA pada <i>Face Realtime</i> .....	47
Tabel 4.3 Pengujian tingkat kesalahan sistem menerima .....	51
Tabel 4.4 Pengujian tingkat kesalahan sistem menolak .....	51
Tabel 4.5 Hasil pengujian tingkat kesalahan sistem .....	52
Tabel 4.6 Perbandingan basisdata citra.....	55
Tabel 4.7 Waktu komputasi proses pendaftaran dan pencocokan data ...	56

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Pengujian False Acceptance Rate (FAR)
- Lampiran 2. Pengujian False Rejection Rate (FRR)
- Lampiran 3. Kode Program

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

### DAFTAR ARTI LAMBANG

Lambang	Arti Lambang
$\mu$	Rata-rata Populasi
$\sigma$	Standar Deviasi
$t$	Nilai Ambang / Threshold
$C$	Kovarian Matrik
$R$	Red
$G$	Green
$B$	Blue
$m, n$	Jumlah Data Sampel
$\Sigma$	Jumlah
$K$	Kernel
$\theta$	Sudut
$f$	Frekuensi
$\pi$	Phi
$\Omega$	sigma
%	Persen
$\psi$	Phsi

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

### DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan Singkatan
JST	Jaringan Syaraf Tiruan
EBGM	Elastic Bunch Graph Map
PCA	Principal Component Analysis
KPCA	Kernel Principal Component Analysis
KTP	Kartu Tanda Penduduk
SIM	Surat Izin Mengemudi
MD	Mahalanobis Distance
ED	Euclidean Distance
CS	Cosine Similarity
CD	Chebyshev Distance
LDA	Linear Discriminant Analysis
FAR	False Acceptance Rate
FRR	False Rejection Rate
FMR	False Match Rate
FNMR	False Non Match Rate
2D	Dua dimensi
GKPCA	Gabor Kernel Principal Component Analysis
GRR	Genuine Rejection Rate
GAR	Genuine Acceptance Rate

## ABSTRAK

Sistem biometrika pengenalan wajah merupakan pengembangan metode dasar sistem autentifikasi dengan menggunakan karakteristik alami wajah sebagai basisnya. Pendekatan sistem identifikasi merupakan pengenalan wajah seseorang dengan mencari keseluruhan *template* dalam basisdata untuk pencocokan karakteristik satu ke banyak (1:M). Sistem biometrika pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap pemasukan data dan pencocokan ciri. Sistem mengakuisisi wajah dengan beberapa posisi sudut, pencahayaan dan ekspresi yang berbeda-beda. Citra wajah hasil dari akuisisi, diekstraksi menggunakan metode *Gabor Kernel Principal Component Analysis* (Gabor\_KPCA) dengan skala 8x5 untuk didaftarkan ke dalam basisdata sebagai tahap pemasukan dan tahap pencocokan dengan melakukan pengukuran jarak antara citra uji dengan citra basisdata wajah. Penelitian ini menggunakan basisdata citra wajah *AT&T Face* dan *Face Realtime* 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%.

Kata Kunci: Identifikasi, Pencocokan, Filter Gabor, KPCA.

## **ABSTRACT**

Face recognition biometrical system is a basic method of authentication system development by using face natural characteristic as its base. Identification system approach is a face recognizing system by searching overall template in a database for characteristic matching one to many (1:M). Biometrical system in this study is divided into two phases of enrollment and matching. The system records the face in several different angles, exposures and expressions. The images of this acquisition are extracted by using Gabor Kernel Principal Component Analysis (Gabor\_KPCA) with 8 orientation and 5 method to be enrolled into a database as the enrollment phase and the next phase is a matching by measuring the distance between the token image and images in the database using Mahalanobis Distance. This study uses AT &T Face and Face Realtime Database with 40 samples and 10 positions. The result of the study shows that biometrical system that is developed can recognize a face with 97,5% accuracy.

**Keywords** : Identification, Matching, Filter Gabor, Kernel PCA.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan informasi teknologi pengenalan wajah diilhami dari sistem autentifikasi yang lebih cepat dan akurat, dimana suatu sistem komputer dapat bekerja dengan mengenali identitas wajah seseorang. Pengenalan wajah juga telah mendapat perhatian yang tinggi karena peran penting dalam menangani berbagai masalah keamanan yaitu: kontrol akses pintu masuk ruangan, duplikasi paspor, SIM dan identifikasi tersangka dalam video pengawasan. Meskipun telah ada peningkatan yang substansial dalam kinerja sistem pengenalan wajah, tetapi masih belum memenuhi harapan dan persyaratan forensik, penegakan hukum dan aplikasi komersial. Beberapa kesulitan dalam pengenalan wajah muncul karena variabilitas wajah seperti ekspresi, penuaan, kemiripan wajah dari hubungan keluarga, pencahayaan, akuisisi di keramaian wajah, tambahan variasi kumis, jenggot, kaca mata dan lain sebagainya.

Metode pengenalan wajah dari berbagai penelitian yang berkembang saat ini berfokus pada penghitungan nilai fitur vektor pada tahap ekstraksi ciri. Salah satu penelitian yang sedang populer dalam menghitung nilai fitur vektor adalah menggunakan *filter gabor*. Metode *filter gabor* dikenal sebagai detektor ciri yang sukses, memiliki kemampuan menghilangkan variabilitas wajah. Keunggulan dari pada *filter gabor* adalah mampu merepresentasikan citra kedalam skala orientasi sudut dan frekuensi, sehingga ekstraksi citra yang dihasilkan akan lebih detail.

Penelitian ini mengembangkan metode *filter gabor* dengan memadukan *Kernel Principal Component Analysis* (KPCA) dalam menghasilkan nilai *eigen* yang akan digunakan pada proses pencocokan wajah. Tahap pencocokan wajah dilakukan dengan menghitung kesamaan ciri menggunakan pengukuran jarak *Euclidean* dan *Mahalanobis*. Proses pencocokan atau pengenalan wajah ini menggunakan pendekatan identifikasi, kemudian menguji sistem berdasarkan unjuk kerja sistem biometrika.



## 1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini diarahkan untuk menyelesaikan permasalahan berikut.

- 1) Bagaimana merancang sistem pengenalan wajah yang mampu mengenali dan mencari identitas personal wajah seseorang.
- 2) Bagaimana performansi sistem yang telah dirancang berdasarkan tingkat kesalahan sistem (*False Acceptance Rate/False Rejection Rate*)

## 1.3 Batasan Masalah

Suatu penelitian setidaknya membutuhkan batasan-batasan agar tidak menyimpang dari apa yang telah direncanakan sebelumnya sehingga tujuan yang sebenarnya dapat tercapai. Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) Proses pengambilan citra wajah dilakukan dengan tingkat pencahayaan dan latarbelakang yang disesuaikan, sehingga diperoleh kualitas citra yang lebih baik.
- 2) Format *file* citra dari hasil pengambilan dapat berupa *file*: bmp, jpg, jpeg, png, tif, dan pgm dengan ukuran 128 x 128 piksel.
- 3) Proses ekstraksi ciri *filter gabor* dilakukan dengan skala 8 orientasi sudut dan 5 frekuensi spasial.
- 4) Aplikasi sistem dapat mengenali dan mengidentifikasi seseorang dengan menyebutkan identitas personal wajah seseorang.
- 5) Aplikasi sistem dijalankan pada sistem operasi Windows dan dirancang menggunakan Matlab.

#### 1.4 Keaslian Penelitian

Beberapa laporan penelitian terkait topik sistem pengenalan wajah berfokus pada identifikasi atau verifikasi personal menggunakan metode yang sejenis yakni dengan metode ekstraksi ciri citra *filter gabor* dan pencocokan ciri dengan metode pengukuran jarak (*measure distance*) telah banyak berkembang.

Penggunaan *filter gabor* dengan memadukan metode PCA atau LDA untuk menghasilkan nilai *eigen* dari citra dua dimensi, kemudian pencocokan citra dengan menghitung tingkat kesamaan ciri menggunakan *euclidean distance*, *mahalanobis distance* atau *cosine distance*, memperoleh akurasi pengenalan mencapai 98% dari 400 citra wajah ketika menggunakan *mahalanobis distance* (Thiyagarajan dkk, 2010).

Metode *Elastic Bunch Graph Map* (EBGM) menggunakan fungsi *filter gabor* pada skala 8x5 dengan mengambil nilai intensitas maksimum (*feature point*) yang ditandai pada setiap citra titik acuan. Proses pengenalan dilakukan dengan mengukur setiap titik acuan citra tersebut menggunakan jarak *Euclidean* yang menghasilkan tingkat pengenalan 94,29% dari 70 data citra wajah (Sharif dkk, 2011).

Pengukuran jarak hasil ekstraksi ciri PCA menggunakan *mahalanobis distance* secara *realtime* pada 50 citra wajah pelatihan. Citra wajah dari 10 sampel dengan pengambilan gambar 5 kali dengan ekspresi wajah yang berbeda-beda seperti; wajah marah, sedih, bahagia, wajah muak dan wajah normal. Hasil penelitian menyatakan bahwa sistem pengenalan yang dikembangkan dapat mendeteksi dengan menyebutkan ekspresi dari setiap citra wajah uji (Kapoor, 2010).

Penelitian pada tahap pencocokan menggunakan metode statistik, yakni mengukur jarak fitur vektor hasil ekstraksi ciri PCA diantaranya dengan *euclidean distance*, *city block distance*, *angle negative angle between image vector* dan *mahalanobis distance*. Penelitian menghasilkan pengenalan identifikasi yang lebih baik menggunakan *Mahalanobis* hingga 75% untuk 1.195 citra wajah pendaftaran (Ahuja dkk, 2011).

Penelitian pada pengenalan identifikasi personal wajah yang menggunakan variasi tambahan seperti kumis, jenggot, hidung panjang dan alis mata. Metode pengenalan menggunakan *filter gabor* dengan skala 3x6 pada tahap ekstraksi ciri dan membandingkan metode *diffusion distance* atau *bayesian model* pada tahap pencocokan. Hasil penelitian mengungkap bahwa pengenalan menggunakan metode *bayesian* lebih baik dari pada *diffusion distance* (Prasanna dan Kapargam, 2012).

Penelitian identifikasi wajah menggunakan metode pengenalan *gabor wavelet* dan *classifier ensemble*. Setiap citra wajah tahap pemasukan data dilakukan skala ulang 128x128 piksel dengan *kernel gabor* 5 frekuensi spasial ( $\omega=0,1,2,3,4$ ) dan 8 orientasi ( $\theta=0,1,2,3,4,5,6,7$ ). Hasil penelitian membuktikan bahwa dari 300 sampel dengan 2 kali pengambilan citra wajah yang berbeda didapatkan 600 citra dan sistem mampu mengenali hingga 92,67% akurasi pengenalan (Parvin dkk, 2012).

Beberapa jurnal dan makalah penelitian tersebut diatas, penulis tertarik untuk meneliti sistem identifikasi personal wajah menggunakan metode *filter gabor* dengan *kernel PCA* (KPCA) untuk pencarian nilai *eigen* dan metode *mahalanobis distance* untuk pengukuran tingkat kesamaan ciri citra dalam tahap pencocokan. Pengambilan metode tersebut berdasarkan keunggulan *filter gabor* dalam representasi multi skala frekuensi spasial dan orientasi sudut, sedangkan *kernel PCA* memudahkan dalam representasi data *non-linear*.

## 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mendesain dan mengimplementasikan perangkat lunak pengenalan wajah. Aplikasi melakukan pengenalan dengan proses pemasukan dan pencocokan data. Sedangkan pengambilan data citra wajah dilakukan secara manual dengan meng-*capture* citra wajah pada *webcam* dengan berbagai posisi sudut dan ekspresi.

Secara khusus penelitian ini bertujuan sebagai berikut.

- 1) Menentukan nilai *feature vector* sebagai nilai untuk pengukuran dalam pencocokan ciri setiap citra wajah personal.
- 2) Merancang aplikasi sistem pengenalan wajah dengan menyertakan informasi berupa identitas personal setiap citra wajah ke dalam basisdata.
- 3) Menganalisis sistem berdasarkan unjuk kerja sistem biometrika.

## **1.6 Manfaat Hasil Penelitian**

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu sistem pengenalan wajah berupa aplikasi sistem identifikasi personal wajah seseorang. Hal ini mendukung sistem informasi pada basisdata Kartu Tanda Penduduk (KTP) dan kepolisian. Selain itu untuk memperkaya literatur mengenai bidang sistem biometrika, pengenalan pola dan pengolahan citra khususnya pengenalan wajah dengan metode *filter gabor*.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Subjek pengenalan wajah selalu tetap menjadi fokus penelitian utama. Tantangan dari sistem pengenalan yang dikembangkan adalah *ekstraktor* dan *matcher* yang baik. Dua pendekatan utama dalam penelitian menganalisis fitur wajah adalah pendekatan geometris dan pendekatan bergambar (Starovoitov, 2002). Pendekatan geometris menggunakan pemetaan spasial fitur wajah. Bagaimana citra wajah diklasifikasikan menurut jarak geometris, parameter area, dan sudut, yang ditentukan dari titik ke titik, sebagai contoh mencari jarak antara mata kiri dan mata kanan pada citra wajah. Pendekatan bergambar melibatkan pembangunan *template* dari fitur wajah. *Template* fitur wajah yang dihasilkan memiliki nilai unik sehingga mampu membedakan wajah lain.

Metode yang digunakan pada pendekatan geometris (*analytic method*) seperti: metode pengenalan *Elastic Bunch Graph Matching* (Wiskott dkk, 1997) dan metode pengenalan *Active Appearance Model* (Edwards, 1998). Pendekatan bergambar yang disebut sebagai *holistic method* merupakan pendekatan subruang. Metode *holistic* berbasis *template* mengikuti metode subruang yang disebut *eigenface*. Teknik ini didasarkan pada transformasi *Karhunen-Loeve* atau *Principal Component Analysis* (PCA) yang diperkenalkan oleh Kirby dan Sirovich (1990). Penelitian tersebut sukses besar dan menjadi standar *de facto* pada tolak ukur kinerja pengenalan wajah. *Eigenface* (Turk dan Pentland, 1991) merupakan metode subruang yang sederhana. Ada banyak teknik yang mengikuti ide di belakangnya dan mencoba untuk menemukan subruang yang lebih efektif, seperti *Linear Discriminant Analysis* (Sukthankar, 2000), *Fisherface* (Belhumeur, 1997) dan metode *Bayesian* (Moghaddam, 2000).

Selanjutnya terdapat pendekatan yang disebut *hybrid method* (Ghosal, 2009) yang merupakan penggabungan metode *holistic* dan *analytic*. Teknik yang

digunakan seperti: *Neural Network* atau Jaringan Syaraf Tiruan (Zhang dkk, 1997), *Support Vector Machine* (Osuna dkk, 1997) dan dengan metode *Statistic* dan *Wavelet* (Schneiderman, 2000). Beberapa permasalahan pengenalan wajah yang mungkin terjadi adalah perubahan skala, perubahan posisi, perubahan cahaya, detil dan ekspresi wajah.

Penelitian ini menggunakan teknik *holistic* dengan pendekatan bergambar. Ekstraksi ciri menggunakan *filter gabor* skala 8x5 dan *kernel PCA* untuk menemukan nilai fitur vektor dari masing-masing citra. Pencocokan ciri (*matcher*) menggunakan metode pengukuran jarak. Beberapa penelitian belum mengungkap metode tersebut, yang selanjutnya disebut *Gabor\_KPCA* dengan pencocokan membandingkan jarak *Euclidean* dan *Mahalanobis*.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sistem Biometrika**

Biometrika berasal dari bahasa Yunani yaitu *bios* dan *metron*. *Bios* yaitu hidup dan *metron* yaitu ukuran, sehingga bila disimpulkan biometrika merupakan suatu ukuran pengenalan makhluk hidup yang didasarkan pada bagian tubuh atau karakteristik individu yang unik. Karakteristik biometrika tersebut diantaranya: tanda tangan, sidik jari, wajah, retina mata, suara, DNA dan lain-lain. Untuk penggunaan sebagai otentikasi, karakteristik biometrika tersebut harus terlebih dahulu dimasukkan ke dalam basisdata sistem. Biometrika wajah seseorang akan berfungsi baik bila wajah orang tersebut telah terlebih dahulu dimasukkan ke dalam basisdata untuk dilatih, sehingga sistem dapat mengenalinya.

Secara umum penerapan sistem biometrika dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok aplikasi antara lain: aplikasi komersial, aplikasi pemerintahan dan aplikasi forensik. Beberapa contoh aplikasi yang tergolong dalam kelompok komersial seperti: proses *login* komputer, baik *standalone* ataupun jaringan, sistem keamanan data elektronik, sistem absensi, *e-banking*, ATM, telpon selular, rekam medis dan lain-lain. Selain itu, pada aplikasi pemerintahan dipakai dalam pembuatan KTP, pembuatan SIM, pengawasan perbatasan suatu negara,

pembuatan paspor dan aplikasi untuk forensik seperti investigasi kriminal, identifikasi mayat, identifikasi teroris dan penentuan hubungan kekeluargaan.

Dalam pemilihan suatu karakteristik biometrika beberapa persyaratan yang harus dipenuhi diantaranya seperti: karakteristik tersebut dimiliki oleh setiap individu/orang, karakteristik memiliki kemampuan membedakan antara satu orang dengan yang lain, karakteristik tersebut tidak cepat berubah, karakteristik mudah didapat, unjuk kerja yang bagus, dapat diterima oleh setiap orang dan tidak mudah dikelabui. Berikut ini tabel perbandingan beberapa biometrika.

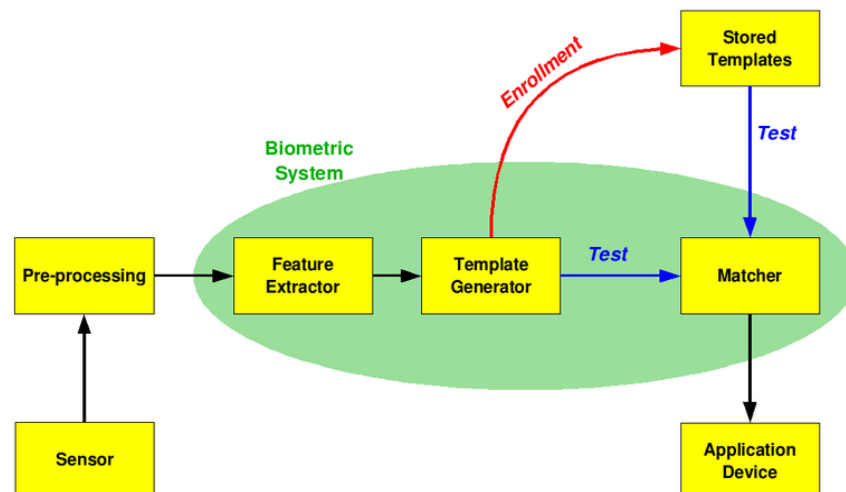
Tabel 2.1 Perbandingan kelebihan dan kekurangan karakteristik biometrika (Putra, 2009 hal 31, T = tinggi, M = menengah dan R = rendah)

Karakteristik Biometrika	Universalitas	Membedakan	Permanen	Mudah didapat	Unjuk kerja	Penerimaan	Dapat dikelabui
DNA	T	T	T	R	T	R	R
Telinga	M	M	T	M	M	T	M
Wajah	T	R	M	T	R	T	T
Thermogram wajah	T	T	R	T	M	T	R
Sidik jari	M	T	T	M	T	M	M
Gaya berjalan	M	R	R	T	R	T	M
Geometri tangan	M	M	M	T	M	M	M
Pembuluh tangan	M	M	M	M	M	M	R
Iris	T	T	T	M	T	R	R
Hentakan tombol	R	R	R	M	R	M	M
Bau	T	T	T	M	T	R	R
Telapak tangan	M	T	T	M	T	M	M
Retina	T	T	M	R	T	R	R
Tanda tangan	R	R	R	T	R	T	T
Suara	M	R	R	M	R	T	T

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa setiap biometrika dapat memverifikasi dengan tingkat kesulitan dan keakuratan yang berbeda-beda. Selain itu juga, terdapat kelebihan dan kekurangan tiap biometrika terhadap tingkat keamanan, penerimaan pengguna, software dan hardware yang digunakan. Oleh karena itu, bila ingin meningkatkan kehandalan biasanya menggabungkan beberapa biometrika kedalam sistem yang akan dirancang. Teknologi ini disebut sebagai *biometrika multimodal*, sebagai contoh menggabungkan performansi sidik jari dan wajah, wajah dan iris mata, sidik jari dan DNA dan yang lainnya untuk pengenalan individu.

Ada dua jenis kesalahan yang mungkin terjadi pada pengukuran sistem biometrika yakni, kesalahan penerimaan dan kesalahan penolakan. Kesalahan ini bervariasi dari satu teknologi biometrika dan yang lain. Hal ini tergantung pada nilai ambang yang digunakan untuk menentukan pencocokan.

Identifikasi biometrika umumnya bekerja dalam enam modul dasar yakni; modul sensor (*akuisisi*), modul prapemrosesan (*pre-processing*), modul ekstraksi ciri (*feature extraction*), modul penyimpanan, modul pencocokan (*matching*), modul keputusan (*decision*).



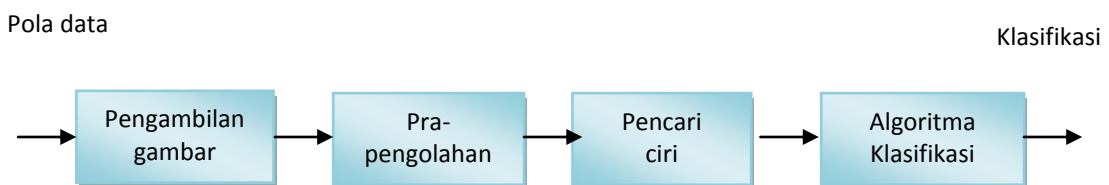
Gambar 2.1 Diagram Sistem Biometrika (Damato, 2007)



Modul sensor merupakan modul untuk mengumpulkan data atau akuisisi data, yang mengambil data biometrika pengguna dan mengolahnya menjadi bentuk yang layak untuk proses selanjutnya. Modul ekstraksi ciri merupakan modul untuk menghasilkan ciri unik berupa representasi matematika (matrik) dari biometrika sehingga dapat membedakan satu orang dengan yang lain. Modul pencocokan merupakan modul untuk menentukan tingkat kesamaan atau ketidaksamaan antara ciri biometrika yang diuji dengan ciri biometrika acuan pada basisdata sistem. Modul keputusan merupakan modul untuk memutuskan apakah pengguna yang diuji diterima/ditolak berdasarkan skor hasil pencocokan. Sah atau tidak sahnya pengguna diputuskan berdasarkan suatu nilai ambang. Modul penyimpanan merupakan modul untuk mendaftarkan ciri atau referensi atau template biometrika pengguna ke dalam basisdata. Tahap pemasukan data ciri vektor ke dalam basisdata ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengenalan.

### 2.2.2 Pengenalan Pola

Pengenalan pola merupakan suatu ilmu untuk mengklasifikasikan atau menggambarkan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif ciri atau sifat dari objek. Pola dapat berupa kumpulan hasil pengukuran yang bisa dinyatakan dalam notasi vektor atau matriks. Pola tersebut merupakan suatu entitas yang terdefinisi dan dapat di-identifikasi dan diberi nama. Struktur sistem pengenalan pola digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.2 Struktur Sistem Pengenalan Pola (Putra, 2009 )

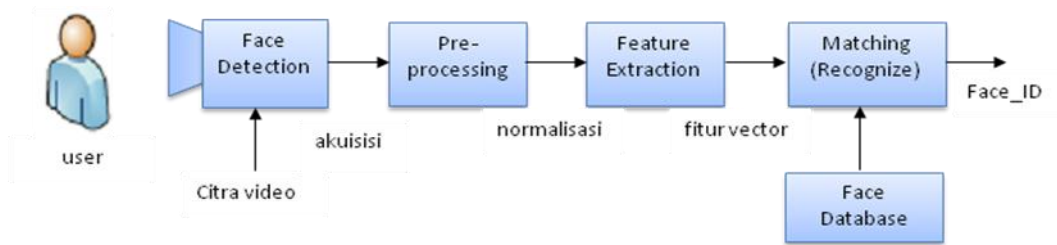
Secara garis besar metode-metode pengenalan pola dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu metode statistik, metode struktural dan metode jaringan syaraf tiruan. Metode statistik adalah pengenalan pola dengan mengukur jarak ciri fitur untuk kemudian diklasifikasikan pada tingkat kesamaan ciri. Metode struktural adalah pengenalan pola dengan mencari ciri khas/fitur yang unik dari suatu citra tertentu. Metode jaringan syaraf tiruan adalah pengenalan pola dengan melakukan proses pembelajaran atau pelatihan ciri fitur pada tiap masukan untuk kemudian dilakukan proses pengenalan.

### **2.2.3 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 (Zayuman, 2010)

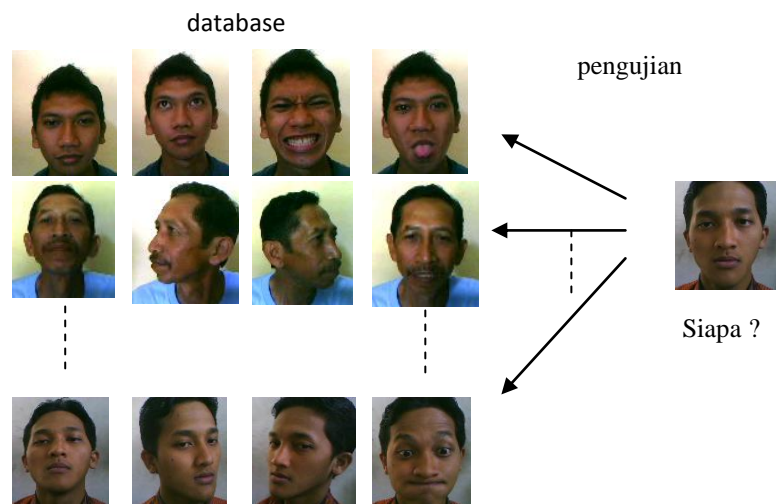
Sistem pengenalan wajah seseorang tidak mengganggu kenyamanan seseorang saat akuisisi citra. Pendekatan yang paling umum untuk pengenalan wajah didasarkan pada bentuk dan penempatan atribut wajah seperti mata, alis mata, hidung, bibir dan dagu serta hubungan antara atribut tersebut atau analisis wajah 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.



Gambar 2.3 Sistem Pengenalan Wajah (Stan Li, 2009)

Sistem pengenalan wajah merupakan sistem yang secara otomatis dapat mengidentifikasi atau memverifikasi seseorang dari sebuah gambar digital dan atau bingkai video dari kamera pengawas. Putra (2009) menyebutkan 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 2.4 Pengenalan wajah 1:M

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) (Budiman, 2006).

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?” (Putra, 2009).

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.

#### **2.2.4 Pengolahan Citra**

Pengolahan citra merupakan proses mengolah piksel-piksel dalam citra digital untuk suatu tujuan tertentu. Citra merupakan gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi (2D) yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Gambar analog dibagi menjadi x baris dan y kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Persilangan antara baris dan kolom tertentu disebut dengan piksel. Contohnya adalah gambar/titik diskrit pada baris x dan kolom y disebut dengan piksel (x,y). Secara matematik sebuah citra merupakan fungsi *countinue* dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi.

Sumber cahaya menerangi objek dan objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra terekam. Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang dimiliki mengalami penurunan mutu (*degradasi*), misalnya mengandung cacat atau derau, warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Citra yang seperti ini tentu saja menjadi lebih sulit diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.

Sampling adalah proses untuk menentukan warna pada piksel tertentu pada citra dari sebuah gambar yang kontinu. Pada proses sampling biasanya dicari warna rata-rata dari gambar analog yang kemudian dibulatkan. Proses sampling sering juga disebut proses digitisasi. Ada kalanya, dalam proses sampling, warna rata-rata yang didapat di relasikan ke tingkat warna tertentu. Contohnya apabila dalam citra hanya terdapat 16 tingkatan warna abu-abu, maka nilai rata-rata yang didapat dari proses sampling harus diasosiasikan ke 16 tingkatan tersebut. Proses mengasosiasikan warna rata-rata dengan tingkatan warna tertentu disebut dengan kuantisasi.

Derau adalah gambar atau piksel yang mengganggu kualitas citra. Derau dapat disebabkan oleh gangguan fisis (optik) pada alat akuisisi maupun secara disengaja akibat proses pengolahan yang tidak sesuai. Contohnya adalah bintik hitam atau putih yang muncul secara acak yang tidak diinginkan di dalam citra. Banyak metode yang ada dalam pengolahan citra bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan noise (Putra, 2009).

Elemen-elemen citra digital apabila ditampilkan dalam layar monitor akan menempati sebuah ruang yang disebut dengan piksel. Teknik dan proses untuk mengurangi atau menghilangkan efek degradasi pada citra digital meliputi: perbaikan citra, restorasi citra, dan transformasi spasial. Subyek lain dari pengolahan citra digital diantaranya adalah pengkodean citra, segmentasi citra, representasi dan diskripsi citra.

### 2.2.5 Prapemrosesan

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

Prapemrosesan 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.

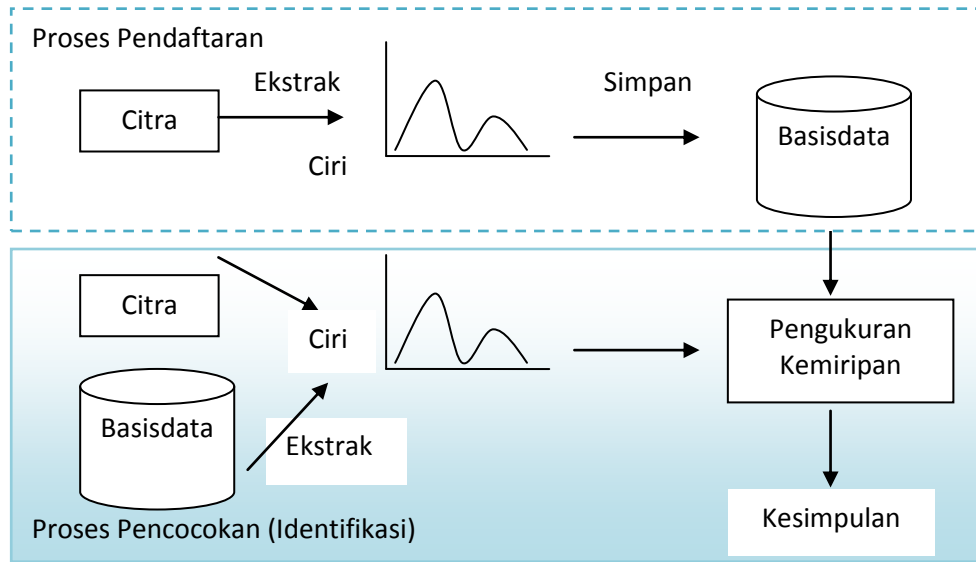
$$I(x, y) = \alpha.R + \beta.G + \gamma.B \quad (1)$$

dengan konstanta nilai  $\alpha = 0.2989$ ,  $\beta = 0.5870$  dan  $\gamma = 0.1140$ .

### 2.2.6 Ekstraksi Ciri

Pendekatan fitur vektor dalam pengenalan wajah menggunakan suatu *landmark* atau penanda yang digunakan sebagai detektor ciri. Informasi ciri citra wajah diperoleh dengan mengekstraksi citra wajah sehingga memungkinkan untuk mendapatkan nilai unik fitur vektor yang nantinya digunakan sebagai pembanding dalam proses pengenalan. Beberapa teknik pemisahan ciri diantaranya adalah deteksi garis, deteksi tepi, histogram, *co-occurrence*, nilai *eigen* dan vektor *eigen*,

*filter gabor, spectrum fourier, alih ragam wavelet, dimensi fractal* dan metode simpul proyeksi.

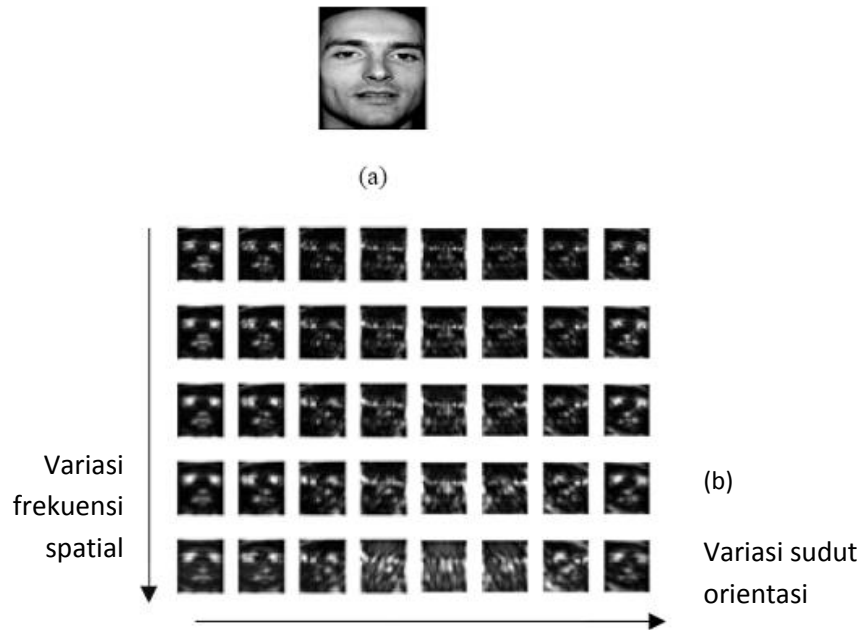


Gambar 2.5 Proses ekstraksi ciri dan pengenalan

Gambar 2.5 menjelaskan bahwa dua proses utama dalam ekstraksi ciri ini adalah proses menyimpan ciri dalam basisdata dan pencocokkan ciri citra uji dengan citra basisdata acuan. Basisdata berfungsi menyimpan hasil nilai fitur vektor yang terdiri dari nama user dan nilai hasil ekstraksi.

### 2.2.6.1 Filter Gabor

Tahap ekstraksi ciri bertujuan untuk mendapatkan informasi penting dari tekstur suatu citra. Teknik ekstraksi ciri menggunakan fungsi *gabor* dengan mengekstrak ciri dari citra yang ternormalisasi. *Filter gabor* merupakan sebuah pilihan tradisional untuk memperoleh informasi frekuensi yang terlokalisasi. *Filter gabor* menawarkan lokalisasi simultan terbaik dari informasi frekuensi spasial. Akan tetapi, *filter gabor* memiliki dua keterbatasan utama, *bandwidth* maksimum sebuah *filter gabor* terbatas pada sekitar satu oktaf dan tidak optimal jika digunakan untuk mencari informasi spektral yang luas dengan lokalisasi spasial yang maksimal.



Gambar 2.6 (a) Citra wajah asli (b) Citra wajah hasil filter gabor dengan 5 frekuensi spasial dan 8 orientasi (Ghosal, 2009)

Setiap landmark dari wajah direpresentasikan dengan respon-respon *filter gabor*. *Filter gabor* 2D diperoleh dengan memodulasi gelombang sinus 2D pada frekuensi dan orientasi tertentu dengan *Gaussian envelope*. Fungsi 2D *filter gabor* meminimalisasi ciri yang tidak penting dalam kawasan spasial dan frekuensi. Fungsi dasar 2D *gabor* didefinisikan persamaan sebagai berikut.

$$\psi_{f,\theta}(x,y) = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left\{ \frac{x_{\theta_n}^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_{\theta_n}^2}{\sigma_y^2} \right\} \right] \exp(2\pi f x_{\theta_n}) \quad (2)$$

dimana

$$\begin{bmatrix} x_{\theta_n} \\ y_{\theta_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta_n & \cos \theta_n \\ -\cos \theta_n & \sin \theta_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (3)$$

Persamaan 2 untuk  $\sigma_x$  dan  $\sigma_y$  adalah standard deviasi *Gaussian envelope* sepanjang dimensi x dan y, sedangkan f adalah pusat frekuensi gelombang sinusoidal bidang, dan  $\theta_n$  orientasi. Rotasi bidang x-y oleh sudut  $\theta_n$  akan



menghasilkan *filter gabor* pada orientasi  $\theta_n$ . Sudut  $\theta_n$  didefinisikan sebagai berikut.

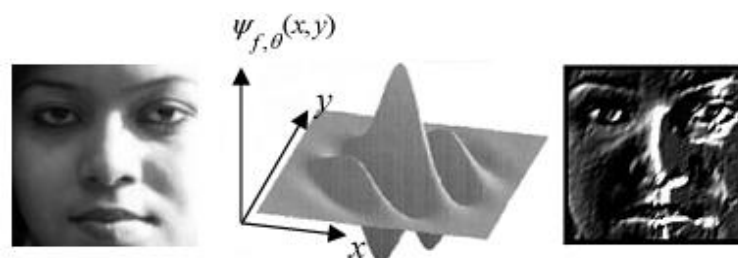
$$\theta_n = \frac{\pi}{p} (n - 1) \quad (4)$$

Persamaan 4 nilai  $n=1,2,\dots,p$  dimana  $p$  menunjukkan jumlah orientasi. Desain *filter gabor* dilakukan dengan *tuning filter* oleh frekuensi bandpas spasial tertentu dan orientasi dengan tepat memilih parameter *filter*, penyebaran *filter*  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ , radial frekuensi  $f$  dan orientasi  $\theta_n$  *filter*.

Representasi *gabor* dari citra wajah dihitung dengan mengkonvolusi citra wajah misalnya:  $f(x, y)$  menjadi intensitas pada  $(x, y)$  koordinat dalam gambar wajah *grayscale*, konvolusi dengan sebuah *filter gabor*  $\psi_{f,\theta}(x,y)$  didefinisikan sebagai berikut.

$$g_{f,\theta}(x,y) = f(x,y) \otimes \psi_{f,\theta}(x,y) \quad (5)$$

Persamaan 5 tanda  $\otimes$  menunjukkan operator konvolusi. Gambar 2.7 menggambarkan hasil konvolusi dari citra wajah dengan *filter gabor*. Respon terhadap setiap representasi *kernel filter gabor* adalah fungsi kompleks dengan bagian nyata dan bagian imajiner. Setiap *output* dari *filter gabor*, masing-masing citra hendaknya telah dinormalisasi lebih dahulu untuk mengurangi pengaruh kondisi pencahayaan.



Gambar 2.7 Proses konvolusi citra wajah dengan filter gabor (Khatun, 2011)

Masalah yang paling penting dalam desain *filter gabor* untuk pengenalan wajah adalah pada pemilihan parameter penyaringan. Penelitian ini akan menggunakan 8 parameter orientasi sudut  $\theta \in \left\{0, \frac{\pi}{8}, \frac{2\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}, \frac{4\pi}{8}, \frac{5\pi}{8}, \frac{6\pi}{8}, \frac{7\pi}{8}\right\}$  dan 5 frekuensi spasial yang menghasilkan 40 saluran *filter gabor*.

### 2.2.6.2 Kernel PCA

Representasi *linear* data pada PCA seringkali mengalami kesulitan untuk memodelkan data yang sangat kompleks. *Kernel PCA* (KPCA) merupakan pengembangan *non-linear* dari PCA, sehingga data lebih mudah dimodelkan dalam representasinya. Metode KPCA menghitung PCA di *feature space*, dimana data  $x$  dipetakan melalui sebuah fungsi *non-linear*  $\Phi^{(x)}$  dan dekomposisi *eigenvalue* dilakukan terhadap matriks kovarian dari data yang telah dipetakan sesuai dengan persamaan berikut.

$$C^\Phi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Phi(X_i)\Phi(X_i)^T \quad (6)$$

Fungsi pemetaan *non-linear* mengakibatkan penambahan jumlah dimensi yang cukup besar dan kadangkala menjadi tak terhingga pada data yang telah dipetakan. Perkalian titik pada *feature space* ini dapat digantikan dengan fungsi *kernel*  $k(x_i, x_j) = \Phi(x_i)\Phi(x_j)^T$  yang dapat dievaluasi pada *input space*. Cara ini disebut sebagai *kernel trick* yang dapat dipakai untuk semua algoritma dengan memformulasikan perkalian titik *feature space*. Fungsi *kernel* ini, digunakan untuk membentuk matriks *kernel*.

$$K = \begin{bmatrix} k(x_1, x_1) & \cdots & k(x_1, x_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k(x_n, x_1) & \cdots & k(x_n, x_n) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Persamaan 7 nilai  $K$  merupakan pengganti matriks kovarian pada PCA. Dekomposisi *eigenvalue* akan dilakukan terhadap matriks *kernel* tersebut, sehingga menghasilkan fungsi

$$\alpha_1 = \left[ \alpha_1^{(k)}, \dots, \alpha_n^{(k)} \right]_{(k=1, \dots, n)}^T$$

(8)

Persamaan 8 nilai  $\alpha_1$  merupakan nilai *eigenvector* dari nilai *eigenvalue* hasil dekomposisi, sehingga representasi data baru untuk setiap citra dapat diperoleh menggunakan persamaan tersebut (Hariadi, 2011).

### 2.2.7 Pencocokan

Proses pencocokan adalah menampilkan citra sesuai dengan *similarity* atau kesamaan citra. *Similarity* bertujuan untuk membandingkan *feature vector* yang didapatkan dari hasil ekstraksi ciri dengan basisdata acuan. Proses pencocokan dimulai dengan memindahkan variabel *array* dan membandingkan *array* basisdata dengan *array* citra uji. Nilai *array* setiap citra yang terdekat dengan nilai *array* basisdata dipilih dan disimpan menjadi *template* biometrika wajah. Setelah seluruh citra *array* diekstraksi dan didaftarkan, proses dilanjutkan dengan menghitung nilai terdekat dengan basisdata. Proses ini dilakukan sebanyak basisdata yang telah didaftarkan dimulai dengan memindahkan basisdata ke variabel *array* hingga mendapatkan nilai *similarity*. Nilai *similarity* yang terbesar dinyatakan paling mirip dengan citra wajah.

Metrika pencocokan digunakan untuk menentukan tingkat kesamaan (*similarity*) atau ketidaksamaan (*dissimilarity*) dua vektor ciri. Tingkat kesamaan berupa suatu skor dan berdasarkan skor tersebut dua vektor akan dikatakan mirip atau tidak. Pada sistem biometrika skor tersebut digunakan untuk mengenali suatu vektor ciri apakah sesuai (cocok) atau tidak. Misalnya terdapat data ke-*i* dan data ke-*k*, maka sifat-sifat ukuran ketidakmiripan (*dissimilarity*) adalah:

- a.  $d_{ik} \geq 0$
- b.  $d_{ik} = 0$
- c.  $d_{ik} = d_{ki}$
- d.  $d_{ik} \leq d_{ij} + d_{jk}$

### 2.2.7.1 Euclidean Distance

*Euclidean distance* adalah metrika yang paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan 2 vektor. Jarak *euclidean* menghitung akar dari kuadrat perbedaan 2 vektor (*root of square differences between 2 vector*). Persamaan dari jarak *euclidean* adalah (Putra, 2009).

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (9)$$

Contoh:

Terdapat 2 vektor ciri berikut;

$$A = [0,3,4,5]$$

$$B = [7,6,3,-1]$$

Jarak *euclidean* dari vektor A dan B adalah;

$$d_{AB} = \sqrt{(0-7)^2 + (3-6)^2 + (4-3)^2 + (5-(-1))^2} = \sqrt{95} = 9,747$$

### 2.2.7.2 Chebyshev Distance

*Chebyshev distance* disebut juga nilai jarak maksimum (*maximum value distance*), dengan memeriksa sebuah *magnitude absolute* dari perbedaan 2 vektor. Masing-masing nilai perbedaan akan dipilih, nilai yang paling besar menjadi jarak *chebyshev*. Persamaan dari jarak *chebyshev* sebagai berikut (Putra, 2009).

$$d_{ij} = \max_k |x_{ik} - x_{jk}| \quad (10)$$

Contoh:

Terdapat vektor A dan B berikut;

$$A = [0,3,4,5]$$

$$B = [7,6,3,-1]$$

Jarak *Chebyshev*-nya adalah;

$$d_{AB} = \max\{|0-7|, |3-6|, |4-3|, |5+1|\} = \max\{7,3,1,6\} = 7$$

### 2.2.6.3 Cosine Distance

*Cosine distance* atau *cosine similarity* merupakan metode perhitungan jarak antara vektor  $d1$  dan  $d2$  yang menghasilkan sudut *cosine*  $\theta$  diantara kedua vektor tersebut. Metode ini digunakan untuk menghitung nilai kedekatan vektor  $d$  dengan *centroid* atau pusat massa pada masing-masing *cluster*. Persamaan perhitungan *cosine similarity* (Gracia, 2006).

$$\text{Sin}(A, B) = \text{Cosine } \theta = \frac{A \cdot B}{|A| |B|} \quad (11)$$

Persamaan 11 nilai  $A \cdot B$  merupakan *dot product* yang merupakan nilai untuk mengekspresikan sudut antara dua vektor. *Dot product* merupakan skalar nilai hasil dari operasi dua vektor yang memiliki jumlah komponen yang sama. Jika vektor  $A$  dan  $B$  memiliki komponen sebanyak  $n$ , maka *dot product* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Dunlop, 2005).

$$A \cdot B = A_1 B_1 + \dots + A_n B_n \quad (12)$$

Persamaan 12 *dot product* dapat dihitung dengan menjumlahkan *product* dari masing-masing komponen pada kedua vektor tersebut.

### 2.2.6.4 Mahalanobis Distance

*Mahalanobis distance* merupakan suatu metode statistika untuk mengelompokkan data pada jarak tertentu. *Mahalanobis distance* digunakan untuk membandingkan dua buah matrik ciri dari citra wajah yang telah melalui proses ekstraksi ciri. Jarak *mahalanobis* merupakan vektor jarak yang memakai aturan  $\Sigma^{-1}$ . Suku  $\Sigma^{-1}$  ini dapat ditafsirkan sebagai faktor pemulur dalam ruang fitur. Untuk matriks kovariansi identitas ( $\Sigma=I$ ), jarak *mahalanobis* tereduksi menjadi jarak *euclidian*. Persamaan jarak *mahalanobis* adalah (Ommy, 2008)

$$d(\vec{x}, \vec{y}) = \sqrt{(\vec{x} - \vec{y})^T P^{-1} (\vec{x} - \vec{y})} \quad (13)$$

Persamaan 13 nilai  $x$  dan  $y$  merupakan dua matrik yang akan dicari nilai perbandingannya dan  $P^{-1}$  merupakan kovarian matrik.

#### 2.2.6.7 Penentuan Nilai Ambang

Nilai ambang ditentukan dengan menghitung kesamaan ciri citra uji dan citra basisdata, menggunakan fungsi *Normalized Cross Correlation* (Sugiharto, 2005)

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} w'_{ij}}{\sum_i \sum_j [w_{ij}]^2} \quad (14)$$

#### 2.2.8 Evaluasi Sistem Biometrika

Secara umum ada tiga tipe dalam evaluasi terhadap sistem biometrika yakni, evaluasi teknologi, evaluasi skenario dan evaluasi operasional. Evaluasi teknologi, membandingkan algoritma pada teknologi yang sama. Pengujian dilakukan dengan membandingkan metode basisdata yang ada. Evaluasi skenario, menentukan unjuk kerja suatu sistem secara keseluruhan pada suatu *prototype* atau simulasi aplikasi. Selain itu pengujian juga dilakukan terhadap keseluruhan sistem seperti layaknya pengujian aplikasi pada model dunia nyata. Basisdata sampel diperoleh dari lingkungan dan populasi yang sama. Evaluasi operasional, mengukur unjuk kerja suatu sistem biometrika secara keseluruhan aplikasi.

Suatu citra uji akan dilakukan pencocokkan dengan citra basisdata acuan. Pengukuran keberhasilan pencocokan dari sistem biometrika adalah dengan menguji seberapa besar respon sistem dalam menerima atau menolak. Tingkat kesalahan sistem dalam sistem biometrika dihitung berdasarkan kesalahan penerimaan dan kesalahan penolakan sebagai berikut.

- 1) *False Rejection Rate* (FRR) merupakan persentase dari pengguna yang sah (asli), namun dikenali oleh sistem sebagai penyusup (*imposter*). Ini disebut juga *False Positive / False Match / False Alarm Rate*.

- 2) *False Acceptance Rate* (FAR) merupakan persentase dari pengguna yang tidak sah (penyusup), namun dikenali oleh sistem sebagai pengguna yang sah (asli). Ini disebut juga *False Negative / False Nonmatch*.

Unjuk kerja suatu sistem biometrika dinyatakan dengan rasio kesalahan (*Decision Error Rate*), yaitu Rasio Kesalahan Pencocokan (*False Matching Rate/FMR*) dan Rasio Kesalahan Ketidaccocokan (*False Non Matching Rate/FNMR*). Rasio kesalahan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Putra, 2009).

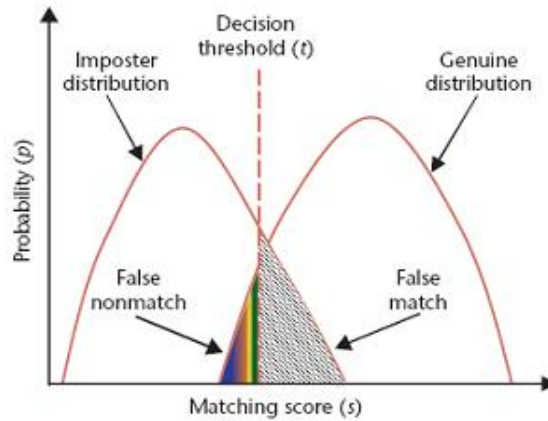
$$\text{Rasio Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah Kesalahan}}{\text{Jumlah Keseluruhan Proses}} \times 100\%$$

Apabila sistem menerima citra uji padahal kenyataannya citra tersebut tidak terdapat pada basisdata acuan maka, sistem telah melakukan kesalahan menerima, artinya akurasi sistem akan menjadi rendah apabila diterapkan dalam sistem keamanan. Begitu sebaliknya apabila sistem menolak citra uji padahal kenyataannya citra tersebut terdapat pada basisdata acuan maka, sistem telah melakukan kesalahan menolak, artinya akurasi sistem akan menjadi tinggi apabila diterapkan dalam sistem keamanan.

Selain itu untuk menyatakan tingkat kesuksesan pengenalan suatu sistem biometrika (bukan tingkat kesalahan) disebut sebagai *Genuine Acceptance Rate* (GAR) dan dihitung menggunakan persamaan berikut (Putra, 2009).

$$\text{GAR} = 1 - \text{FRR} \text{ atau } \text{GAR} = 1 - \text{FNMR} \quad (16)$$

Kinerja biometrika ditentukan berdasarkan kedua parameter tersebut. Jika tingkat kesalahannya tinggi, maka sistem biometrika harus ditinjau apakah memang ada kesalahan algoritma atau kesalahan pembacaan sensor atau memang tipe biometrika itu sendiri tidak bisa memenuhi kriteria kekhasan.



Gambar 2.8 Grafik distribusi pengguna asli atau palsu (Putra, 2009)

Gambar 2.9 menggambarkan bahwa sumbu  $x$  adalah skor hasil pencocokan seluruh pasangan sampel pada saat pengujian, sedangkan sumbu  $y$  menyatakan persentase kemunculan skor acuan. Grafik ini menggunakan asumsi semakin besar skor berarti pasangan sampel semakin mirip. Bagian tumpang tindih dari kedua distribusi pengguna diatas merupakan bagian terjadinya kesalahan dan nilai ambang akan menentukan probabilitas kesalahan. Umumnya semakin besar ukuran basisdata atau jumlah pengguna dalam basisdata, maka bagian tumpang tindih akan semakin besar yang berarti FMR/FNMR meningkat, dan demikian pula sebaliknya.