

# Sistem Identifikasi Biometrika Wajah Menggunakan Metode Gabor KPCA dan Mahalanobis Distance

Dwi Ely Kurniawan<sup>a</sup>, Kusworo Adi<sup>b</sup>, Adian Fatchur Rohim<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Ilmu Komputer,  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung, Jawa Barat

<sup>b</sup> Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika  
Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>c</sup> Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro, Semarang

---

## Abstract

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 database untuk pencocokan karakteristik satu ke banyak (1:M). 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%.

**Keywords :** Identifikasi, Filter Gabor, KPCA, Mahalanobis Distance

---

## 1. Pendahuluan

Biometrika adalah pengembangan dari metode dasar sistem autentifikasi dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya termasuk wajah, sidik jari, tanda tangan, telapak tangan, iris mata, telinga, suara dan DNA (Kusworo, 2003). Sistem biometrika merupakan sebuah sistem pengenalan pola dengan melakukan identifikasi atau verifikasi personal. Identifikasi personal wajah seseorang dilakukan dengan cara membandingkan wajah tersebut dengan database wajah yang sudah ada sebelumnya dan telah didaftarkan.

Sistem identifikasi biometrika pengenalan wajah umumnya terdiri dari 5 modul, yaitu: modul akuisisi dan pra-pemrosesan, modul ekstraksi ciri, modul penyimpanan (*storage*), modul pencocokan (identifikasi/verifikasi) dan modul keputusan. Sensor melakukan akuisisi citra dengan mengambil gambar wajah dengan berbagai posisi sudut, cahaya dan ekspresi wajah. Modul prapemrosesan berfungsi untuk memperbaiki kualitas citra dan memanipulasi parameter citra. Modul ekstraksi ciri berfungsi untuk menghasilkan nilai *feature vector* citra. Modul *storage*, menyimpan hasil ekstraksi ciri ke dalam database ciri citra wajah. Modul pencocokan, mencocokkan citra wajah uji dengan citra wajah yang terdapat dalam database. Sedang modul keputusan, memutuskan bahwa wajah antara citra uji dan citra dalam database menunjukkan tingkat kesamaan (*match*) dan dengan menyebutkan identitas pemilik wajah (Ahuja *et al.*, 2011).

Beberapa metode pengenalan wajah dari berbagai penelitian dan vendor atau perusahaan pengembang

software pengenalan wajah, berfokus pada pengukuran fitur atau ciri (*feature vector*). Salah satu teknik ekstraksi ciri adalah dengan menggunakan filter Gabor. Representasi filter Gabor ini dikenal sebagai *detector* ciri yang sukses karena memiliki kemampuan menghilangkan variabilitas yang disebabkan oleh iluminasi kontras dan sedikit pergeseran serta deformasi citra. Filter Gabor merupakan teknik ekstraksi ciri dengan mengambil informasi penting dari sudut orientasi dan frekuensi spasial (Kusworo, 2003).

Penelitian ini membagi 2 tahap pengenalan yakni tahap pemasukan data (*enrollment*) dan tahap pencocokan ciri (*matching*). Berdasarkan pengukuran *feature vector* penelitian berfokus pada penerapan metode Filter Gabor dengan mengkombinasikan ekstraksi ciri KPCA sebagai tahap *enrollment* dan proses pencocokan identifikasi dengan membandingkan metode pengukuran jarak *Mahalanobis Distance*.

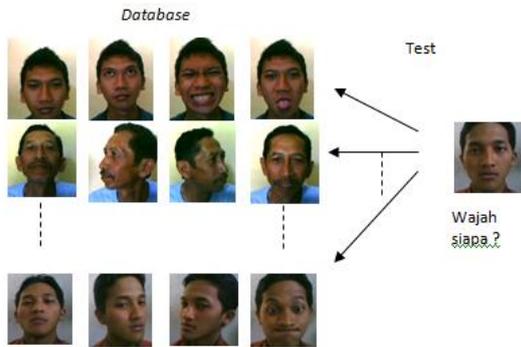
## 2. Kerangka Teori

### 2.1. Sistem Biometrika Wajah

Sistem biometrika pengenalan wajah merupakan sistem yang secara otomatis dapat mengidentifikasi atau memverifikasi seseorang dari sebuah gambar digital dan /video dari kamera pengawas (*sensor*). Putra (2009) menyebutkan dua pendekatan identifikasi dan verifikasi dalam biometrika pengenalan wajah. Pendekatan identifikasi bertujuan untuk mencari jawaban identitas wajah siapa orang tersebut. Sedangkan pendekatan

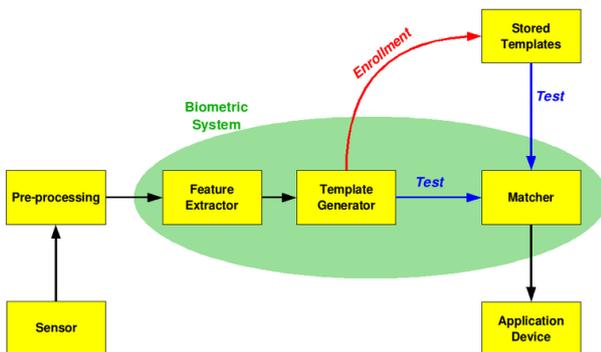
verifikasi, bertujuan memastikan apakah benar wajah orang yang dimaksud, bukan orang lain.

Sistem identifikasi akan mengenali suatu individu dengan mencari keseluruhan template dalam database untuk karakteristik yang cocok dengan pencocokan satu ke banyak seperti pada gambar 1(1:M). Sistem verifikasi akan memverifikasi identitas seseorang dengan membandingkan karakteristik biometrika dari suatu template yang telah disimpan dalam database dengan pencocokkan satu ke satu (1:1) (Budiman, 2006).



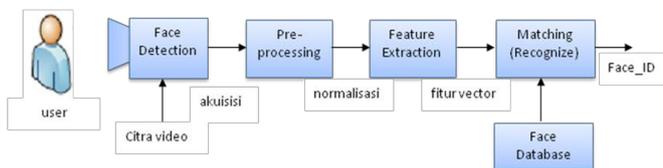
Gambar 1 Biometrika identifikasi wajah (1:M)

Berikut ini diagram sistem biometrika secara umum digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram sistem biometrika (sumber: Wikipedia, 2012)

Sedangkan sistem pengenalan wajah secara umum digambarkan oleh Li *et al.*, (2005) sebagai berikut.



Gambar 3. Sistem pengenalan wajah

2.1.1. Akuisisi

Akuisisi merupakan cara untuk mendapatkan karakteristik dari biometrika wajah. Hasil akuisisi berupa citra. Citra ini yang nantinya akan digunakan dalam prapemrosesan. Proses akuisisi atau pengambilan citra wajah dilakukan sebanyak 10x berdasarkan posisi sudut, pencahayaan dan ekspresi wajah melalui sensor webcam.

2.1.2. Prapemrosesan

Prapemrosesan bertujuan untuk memperbaiki citra dengan cara memanipulasi parameter citra agar menjadi citra dengan kualitas yang lebih baik. Dalam penelitian ini, prapemrosesan terdiri dari konversi RGB ke grayscale dan filter Gabor untuk pemisahan ciri.

2.1.2.1 Grayscale

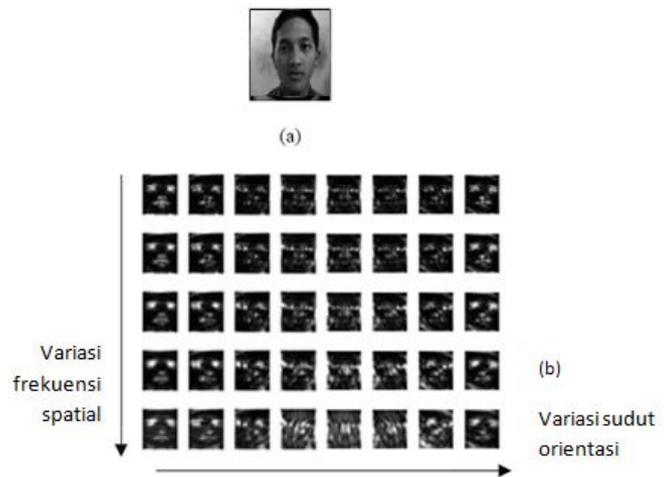
Hasil dari proses akuisisi berupa citra berwarna maka, perlu dilakukan proses grayscale untuk mendapatkan citra dengan aras keabuan. Jumlah warna pada citra grey adalah 256, karena citra grey jumlah bitnya adalah 8, sehingga jumlah warnanya adalah  $2^8=256$ , nilainya berada pada jangkauan 0-255. Untuk mendapatkan citra keabuan digunakan rumus berikut.

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

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

2.1.3. Ekstraksi ciri

Ekstraksi ciri bertujuan untuk menghasilkan ciri unik berupa representasi matematika (matrik) dari biometrika sehingga dapat membedakan satu orang dengan yang lain. Citra hasil grayscale dilakukan penskalaan orientasi sudut dan frekuensi dengan Filter Gabor (8x5) yakni 8 orientasi  $\theta \in \left\{0, \frac{\pi}{8}, \frac{2\pi}{8}, \frac{3\pi}{8}, \frac{4\pi}{8}, \frac{5\pi}{8}, \frac{6\pi}{8}, \frac{7\pi}{8}\right\}$  dan 5 frekuensi spasial (0,1,2,3,4).



Gambar 4. Filter Gabor dengan skala 8x5

Setiap landmark dari wajah direpresentasikan dengan respon-respon filter gabor yang membentuk 40 filter. 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 sebagai berikut.

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

dimana

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

Setelah mendapatkan nilai matriks hasil dari filter gabor selanjutnya menghitung nilai eigen dengan *Kernel Principal Component Analysis* (KPCA). Metode KPCA merupakan pengembangan non-linear dari PCA, sehingga representasi data lebih mudah dimodelkan. Pada metode ini, PCA dihitung *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:

$$C^\phi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi(x_i) \phi(x_i)^T \dots\dots\dots(3)$$

Perkalian titik pada *feature space* ini dapat digantikan dengan fungsi kernel

$$k(x_i, x_j) = \phi(x_i) \phi(x_j)^T \dots\dots\dots(4)$$

yang dapat dievaluasi pada *input space*. Fungsi kernel ini digunakan untuk membentuk matriks kernel.

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

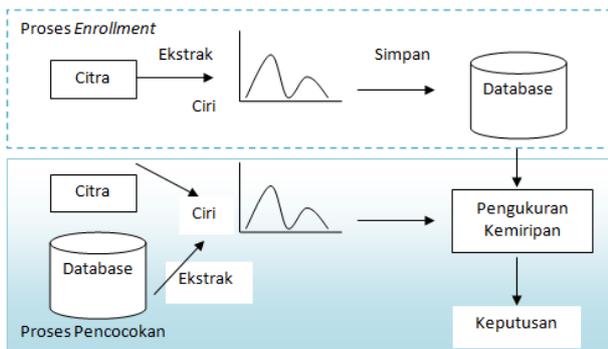
yang merupakan pengganti matriks kovarian pada PCA. Dekomposisi *eigenvalue* akan dilakukan terhadap matriks kernel, sehingga menghasilkan

$$\alpha_i = [\alpha_1^{(k)}, \dots, \alpha_n^{(k)}]^T \quad (k=1, \dots, n) \dots\dots\dots(5)$$

yang merupakan *eigenvector* dari *eigenvalue* hasil dekomposisi, sehingga representasi data baru untuk setiap data poin dapat dicari dengan rumus tersebut (Hariadi, 2011).

2.1.4. Pencocokan

Pencocokan (*matching*), bertujuan untuk menentukan tingkat kesamaan atau ketidaksamaan antara ciri biometrika yang diuji dengan ciri biometrika acuan pada database sistem. Proses pencocokan diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 5. Proses pencocokan ciri

Pengukuran kemiripan dalam penelitian membandingkan antara *Euclidean Distance* (ED), *Chebyshev Distance* (CD), *Cosine Similarity* (CS) dan *Mahalanobis Distance* (MD). Fungsi dari metode pengukuran kemiripan tersebut menggunakan rumus sebagai berikut.

*Euclidean*;  $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \dots\dots\dots(6)$

*Chebyshev*;  $d_{ij} = \max_k |x_{ik} - x_{jk}| \dots\dots\dots(7)$

*Cosine*;  $\text{Sin}(A, B) = \text{Cosine } \theta = \frac{A \cdot B}{|A||B|} \dots\dots\dots(8)$

dimana  $A \cdot B = A_1 B_1 + \dots + A_n B_n \dots\dots\dots(9)$

*Mahalanobis*;  $d(\hat{x}, \hat{y}) = \sqrt{(\hat{x} - \hat{y})^T P^{-1} (\hat{x} - \hat{y})} \dots\dots\dots(10)$

2.1.5. Storage

Storage merupakan modul untuk mendaftarkan ciri atau referensi atau template biometrika pengguna ke dalam database. Tahap pemasukan data ciri vektor atau disebut sebagai tahap *enrollment* ke dalam database sehingga nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengenalan.

2.1.6. Keputusan

Keputusan merupakan modul untuk memutuskan apakah pengguna yang diuji diterima/ditolak atau cocok/tidak cocok berdasarkan skor hasil pencocokan. Sah atau tidak sahnya pengguna diputuskan berdasarkan suatu nilai ambang (*threshold*). Pada tahap ini sistem menyebutkan identitas personal dari citra wajah uji.

2.2. Evaluasi Sistem Biometrika

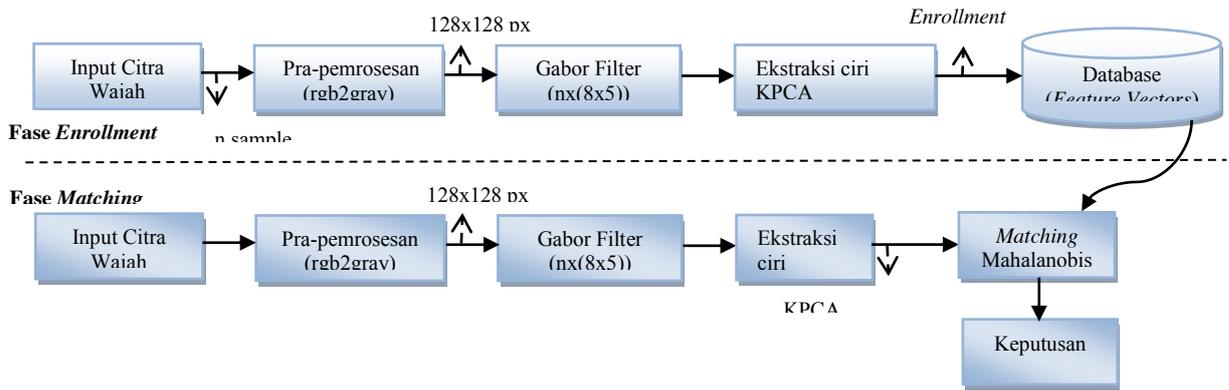
Secara umum ada tiga tipe dalam evaluasi terhadap sistem biometrika yakni, evaluasi teknologi, evaluasi skenario dan evaluasi operasional. Evaluasi teknologi, membandingkan algoritma pada teknologi yang sama. Pengujian dilakukan dengan membandingkan metode database yang ada. Evaluasi skenario, menentukan unjuk kerja suatu sistem secara keseluruhan pada prototype atau simulasi aplikasi. Evaluasi operasional, mengukur unjuk kerja suatu sistem biometrika secara keseluruhan pada lingkungan aplikasi.

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

$$\text{Rasio Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah Kesalahan}}{\text{Jumlah Keseluruhan Proses}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{GAR} = 1 - \text{FRR} \text{ atau } \text{GAR} = 1 - \text{FNMR} \dots\dots\dots(12)$$

Untuk menyatakan tingkat kesuksesan pengenalan suatu sistem biometrika disebut *Genuine Acceptance Rate* (GAR). Nilai *threshold* di-setting berdasarkan tingkat keakurasian.



Gambar 6. Tahanan sistem identifikasi biometrika wajah

3. Metodologi

3.1 Desain Sistem

Sistem yang dirancang pada penelitian ini berfokus pada biometrika pengenalan identifikasi (1:M). Pengenalan identifikasi biometrika wajah meliputi tahap pemasukan data (*enrollment*) dan tahap pencocokan (*matching*). Tahap *enrollment* dimulai dengan tahap pemasukan data wajah dengan mengakuisisi wajah melalui sensor webcam. Hasil akuisisi ini berupa citra wajah dengan ukuran 128x128 pixel diambil dengan beberapa posisi, pencahayaan dan ekspresi wajah. Citra wajah dari hasil akuisisi ini kemudian diubah menjadi bentuk citra *grayscale*.

Citra *grayscale* hasil rata-rata tersebut diproyeksikan ke dalam filter gabor dengan skala 8x5 sehingga membentuk 40 filter gabor, kemudian dihitung nilai rata-rata matrik tersebut untuk mencari nilai eigen menggunakan metode KPCA. Hasil nilai eigen tersimpan dalam database query citra wajah.

Tahap selanjutnya pencocokan wajah, dilakukan dengan menghitung tingkat kesamaan citra wajah dalam database dengan citra uji. Artinya dengan kata lain hasil penghitungan KPCA berupa nilai eigen tersebut dihitung tingkat kesamaan (*similarity*) dengan nilai eigen citra uji menggunakan *Mahalanobis Distance*.

Bahan penelitian diperoleh dari database citra wajah Face Realtime dan AT&T Face. Face Realtime didapatkan dengan mengambil citra wajah secara langsung menggunakan sensor webcam, sedangkan AT&T Face didapatkan pada database yang tersedia di internet (<http://www.cl.cam.ac.uk>). Citra wajah yang diambil tiap individu, 10 posisi wajah yang berbeda berdasarkan posisi, pencahayaan dan ekspresi wajah. Biometrika pengenalan wajah dilakukan dengan membandingkan beberapa metode ekstraksi Gabor\_KPCA, dengan mengkombinasikan jarak *Euclidean*, *Chebyshev*, *Cosine* dan *Mahalanobis* (Edwards et al., 1998).

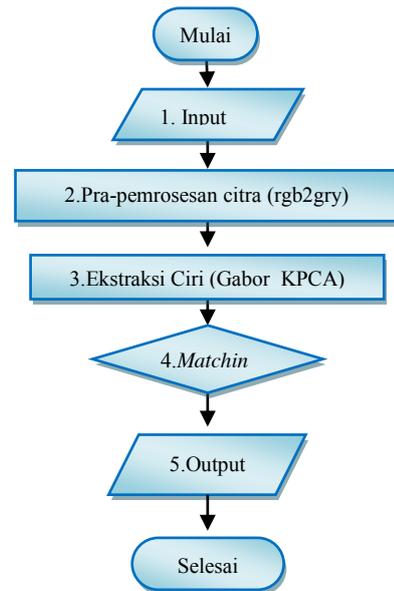
Piranti yang dibutuhkan dalam penelitian meliputi;

- a) Perangkat Keras (*Hardware*); *Processor Pentium IV 2,8GHz* keatas atau *Core 2 Dual*, *Memory RAM DDR2 512 MB*, *Hardisk 60 GB* dengan setingan layar monitor minimal resolusi 800 x 600.
- b) Perangkat Lunak (*Software*); *Windows XP*, *Matlab R2011a*, *Image Processing Toolbox*, *Image Acquisition Toolbox* dan *PhD Toolbox*.

3.2 Desain Algoritma

Untuk mengubah suatu citra wajah hingga menjadi suatu fitur atau ciri wajah, kemudian dilakukan pencocokan kesamaan ciri, algoritma proses identifikasi personal yang dilakukan adalah sebagai berikut (Ghorpade, 2010) :

- 1) Input citra wajah berupa file jpg, bmp, tif, pgm, dll dengan ukuran 128x128 pixel.
- 2) Konversi citra input dari citra berwarna menjadi citra aras keabuan (*red, green, blue* dan *rgb2gray*).
- 3) Ekstraksi ciri citra wajah untuk mendapatkan nilai *feature vector* dari masing-masing personal wajah, dengan mengkonvolusi citra 8 buah filter gabor  $\theta \in \{0, \pi/8, 2\pi/8, 3\pi/8, 4\pi/8, 5\pi/8, 6\pi/8, 7\pi/8\}$  dan metode KPCA guna mendapatkan nilai *eigen feature vector*.
- 4) *Matching* atau pencocokan ciri dengan menghitung jarak kesamaan citra ternormalisasi antara *feature vector* query dengan *feature vector* referensi database, menggunakan pengukuran jarak *Mahalanobis* (MD).
- 5) Output pencocokan berupa nilai kesamaan citra uji dan database dengan menyebutkan identifikasi personal wajah berupa pengguna yang cocok atau tidak cocok dengan menampilkan identitas personal.

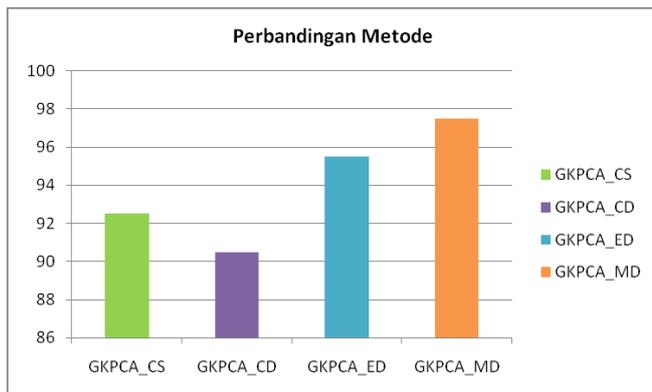


Gambar 7. Algoritma Proses Identifikasi Wajah

**4. Hasil dan Pembahasan**

Pengujian sistem dilakukan dengan variasi data *enrollment* citra wajah. Hal ini dilakukan guna mengetahui tingkat keakuratan sistem yang dibuat. Dari 40 sampel wajah terdiri dari 10 citra wajah, maka terdapat 400 citra wajah. Citra dari kesepuluh wajah disusun sesuai dengan nama pemilik divariasikan dengan banyaknya jumlah input data *enrollment*. Data *enrollment* di-*setting* mulai dari 1 sampai 10 citra menghasilkan 40 hingga 400 citra keseluruhan wajah.

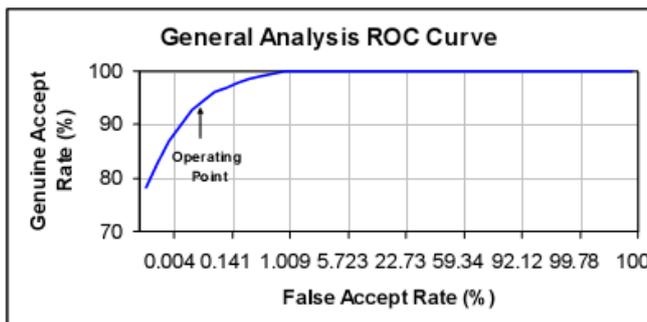
Perbandingan presentase tingkat pengenalan dari beberapa metode, menunjukkan performansi *mahalanobis distance* memiliki pengenalan sangat baik, 97,5% dari 400 citra data *enrollment*.



Gambar 8. Tingkat Perbandingan Metode

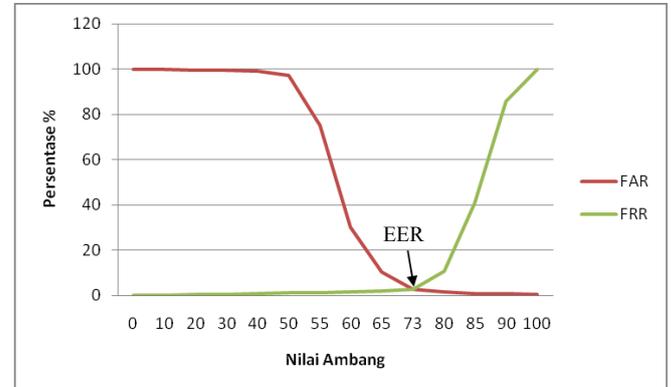
Threshold (%)	Similarity	FAR (%)	FRR (%)
0	0.050	100	0
10	0.150	100	0.05
20	0.200	99.75	0.25
30	0.300	99.5	0.5
40	0.400	99.25	0.75
50	0.500	97.5	1
55	0.555	75	1.25
60	0.600	30	1.5
65	0.650	10	1.75
73	0.700	2.5	2.5
80	0.800	1.25	10.5
85	0.850	0.75	40.75
90	0.995	0.5	85.5
100	1	0.25	99.75

Unjuk kerja sistem biometrika ditunjukkan pada kurva *Receiver Operation Characteristics* (ROC).



Gambar 9. Kurva ROC

Semakin tinggi nilai ambang (*threshold*) maka rasio kesalahan penolakan (FRR/FNMR) akan berkurang dan rasio kesalahan penerimaan (FAR/FMR) akan bertambah. Semakin rendah nilai ambang maka kesalahan penolakan akan bertambah dan kesalahan penerimaan akan berkurang.



Gambar 10. FAR dan FRR

Kedua kurva FAR/FMR dan FRR/FNMR menyilang pada titik 75 dengan nilai FAR/FMR sama dengan FRR/FNMR. Nilai pada titik potong ini disebut sebagai tingkat kesalahan sama (*Equal Error Rate-EER*)

**5. Kesimpulan**

Ekstraksi fitur bertujuan untuk menentukan ciri-ciri dari suatu citra wajah yang mampu membedakan antara citra wajah yang satu dengan yang lain. Proses pencocokan (*matching*) dilakukan dengan membandingkan fitur citra pengujian dengan fitur citra dalam database. Hasil perbandingan ini berupa nilai kesamaan. Semakin tinggi nilai kesamaan, semakin tinggi pula keabsahan pengguna.

**Daftar Pustaka**

Ahuja, M.S. and Chhabra, S., 2012. Effect of distance measures in pea based face recognition. *International Journal of Enterprise Computing and Business Systems* Vol.1 Issue 2 July 2011. India.

Budiman, A., 2006. Analisis penekanan kunci dinamik untuk verifikasi biometrik berbasis jaringan syaraf tiruan propagasi balik, *Tesis Magister Ilmu Komputer IPB, Bogor*.

Edwards G.J., Cootes, T.F. and Taylor C.J., 1998. Face recognition using active appearance models. *Proceedings of the 5th European Conference on Computer Vision*, vol. 2, Freiburg, Germany, 1998, pp. 581–595.

Ghorpade, S., Ghorpade, J., Mantri, S., and Ghorpade, D., 2010. Neural networks for face recognition using SOM. *International Journal of Computer Science and Technology (IJCSST)* Vol.1, Issue 1.

Kusworo, A., 2003. Perancangan dan realisasi sistem ekstraksi ciri sidik jari berbasis algoritma filterbank gabor. *Jurnal Berkala Fisika*, 6(2), 39–46.

Li, S.Z., Jain and Anil, K., 2005. *Handbook of Face Recognition*. New York: Springer Science Business Media, Inc.

Putra, D., 2009. *Sistem Biometrika Konsep Dasar, Teknik Analisis Citra dan Tahapan Membangun Aplikasi Sitem Biometrika*. Yogyakarta. Penerbit Andi.

Wikipedia, 2011. Filter Gabor, Sistem Biometrika, Kernel PCA. diakses 1 Juni 2012.