



## PENGEMBANGAN SISTEM PENCATAT PEMAKAIAN KOMPUTER LAB DENGAN BIOMETRIKA PENGENAL WAJAH *EIGENFACE*

Oleh

Kadek Ananta Satriadi<sup>1</sup>, Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., I Gede  
Mahendra Darmawiguna, S.Kom., M.Sc.

Jurusan Pendidikan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Kejuruan, Universitas  
Pendidikan Ganesha (Undiksha)

Email : ananta.satriadi@gmail.com

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah perangkat lunak yang dapat mencatat penggunaan komputer lab dengan proses login yang dilengkapi biometrika pengenalan wajah *eigenface*. Dengan biometrika pengenalan wajah diharapkan perangkat lunak pencatat penggunaan komputer memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi.

*Eigenface* sendiri adalah algoritma pengenalan wajah yang menggunakan proses PCA (*Principal Component Analysis*) untuk mengekstraksi ciri dari citra wajah *training* yang akan dibandingkan dengan citra wajah *login*. Dalam algoritma *eigenface* terdapat dua proses utama yaitu *training* dan *recognizing*. Ekstraksi ciri dilakukan pada proses *training* dan perbandingan atau pengenalan dilakukan pada proses *recognizing*. Selisih terkecil dari setiap perbandingan akan dikenali sebagai wajah pengguna terkait. Implementasi dari pengembangan ini menghasilkan sebuah perangkat lunak yang disebut LCLS (*Lab Computer Log System*).

LCLS dikembangkan untuk sistem operasi Linux Ubuntu 12 dengan bahasa pemrograman C++ Qt, library OpenCV 2.4.1 dan MySQL Server 5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengenalan dapat dilakukan dengan akurasi 100% pada kondisi pencahayaan citra wajah *training* dan citra wajah *login* yang relatif sama. Namun pada kondisi pencahayaan yang berbeda akurasi pengenalan turun cukup signifikan.

Kata kunci : *eigenface*, Biometrika Pengenal Wajah, PCA (*Principal Component Analysis*), Pencatat Pemakaian Komputer Lab.



***THE DEVELOPMENT OF LABORATORY COMPUTER USAGE LOG SYSTEM  
WITH FACE RECOGNIZER USING EIGENFACE ALGORITHM***

**By**

**Kadek Ananta Satriadi<sup>1</sup>, Made Windu Antara Kesiman,S.T.,M.Sc. , I Gede  
Mahendra Darmawiguna,S.Kom.,M.Sc.**

Jurusan Pendidikan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Kejuruan, Universitas  
Pendidikan Ganesha (Undiksha)

Email : ananta.satriadi@gmail.com

***ABSTRACT***

*This study aimed at developing software which was able to record the use of laboratory computers equipped with login process of biometrical Eigenface face recognition. Software using biometrical face recognition was expected to have higher level of login security.*

*Eigenface is an face recognition algorithm which is using PCA (Principal Component Analysis) process to extract characteristics of training face images compared with login face image. There are two main processes in algorithmic eigenface namely training and recognizing. Extracting characteristics is conducted in training process and comparing or recognizing conducted in recognizing process. The slightest difference in every comparing process will be recognized as the user's face himself.*

*Software known as LCLS (Lab Computer Log System) was produced from the implementation of eigenface algorithm. LCLS was developed in Linux Ubuntu 12.04 LCS operation system with kinds of programming software, such as: C++ Qt , library OpenCV 2.4.1 and MySql Server 5. The result of the study was recognition could be done at 100% of accuracy in the same lighting condition of training and login face images. However, in a different lighting condition, the accuracy of recognition significantly decreased.*

*Keywords: eigenface, Face Recognition, Laboratory Computer Usage Log System, PCA (Principal Component Analysis).*

## I. PENDAHULUAN

Sistem Biometrika merupakan teknologi pengenalan diri dengan menggunakan bagian tubuh atau perilaku manusia. Pengenalan individu khususnya manusia ini telah banyak dikembangkan. Contoh sistem biometrika antara lain pemindai iris, pemindai retina, pengenal suara, pengenal sidik jari, pengenal gerak, pengenal tanda tangan, dll. Secara umum sistem biometrika akan mengenali identitas diri seseorang secara otomatis berdasarkan pencocokan dengan basis data yang telah ada pada sistem.

Sistem pengenalan wajah adalah salah satu sistem biometrika yang dapat mengenali wajah pada sebuah citra digital melalui proses komputasi tertentu. Salah satu pemanfaatannya adalah sistem presensi karyawan dengan menggunakan pengenalan wajah. Sistem ini memanfaatkan kamera atau *webcam* sebagai alat pengambil citra wajah karyawan. Citra wajah tersebut kemudian dicocokkan dengan database wajah yang telah ada pada sistem. Sistem presensi karyawan menggunakan algoritma *eigenface* dalam proses pengenalan wajah dimana citra wajah input diambil melalui proses pengambilan gambar dari *webcam* (Fatta,2006). Algoritma *eigenface* yang diterapkan pada sistem presensi karyawan hanya menghitung selisih nilai matriks citra *training* dengan rata-rata citra wajah *training* tanpa mencari nilai dan vektor eigen dari matriks citra *training*.

*Eigenface* adalah algoritma pengenalan wajah yang banyak digunakan oleh peneliti di bidang ini. Algoritma ini pertama dikenalkan oleh L.Sirovich dan M.Kirby pada 1986. Algoritma *eigenface* ini berdasarkan PCA (*Principal Component Analysis*). Tujuan utamanya adalah merepresentasikan citra pada dimensi yang sederhana tanpa kehilangan banyak informasi dan kemudian merekonstruksinya.

Lab komputer adalah salah satu fasilitas yang biasanya terdapat di sekolah-sekolah, perguruan tinggi, atau instansi tertentu yang memerlukan keberadaannya. Sebagai fasilitas dengan biaya pengadaan dan operasional yang relatif tinggi, komputer yang terdapat di lab komputer tentunya perlu dipantau penggunaannya. Salah satu cara untuk memonitor kondisi komputer pada lab komputer adalah dengan pembuatan jurnal pemakaian pada masing-masing komputer. Setiap kali ada penggunaan komputer, maka

pengguna wajib menuliskan data penggunaan pada jurnal tersebut sehingga aktivitas penggunaan komputer bisa terpantau dari jurnal tersebut. Namun sistem jurnal komputer yang masih manual seperti itu memiliki beberapa kelemahan.

Melihat kelemahan pada jurnal komputer yang ditulis secara manual, maka perlu adanya pengembangan sebuah sistem informasi digital yang dapat menutupi kelemahan sistem jurnal manual tersebut. Melalui penelitian pengembangan ini diharapkan terciptanya suatu sistem informasi pencatat penggunaan komputer lab yang memiliki integrasi data, kemudahan pemakaian, dan keamanan yang tinggi. Sistem informasi yang akan dikembangkan memiliki basis data yang terpusat sehingga dengan menggunakan komputer *server* saja, pengelola lab komputer dapat memantau data penggunaan seluruh komputer. Selain itu sistem yang akan dikembangkan akan dilengkapi dengan sistem biometrika pengenalan wajah secara *real time* sebagai verifikasi penggunaannya dengan harapan sistem ini akan memberikan keamanan yang lebih tinggi. Algoritma *eigenface* yang digunakan akan disempurnakan dengan mencari nilai dan vektor eigen sebagai pembandingan dalam proses identifikasi sehingga pengenalan wajah akan lebih akurat.

## **II. METODOLOGI**

### **2.1 PENGENAL WAJAH (*FACE RECOGNITION*)**

Pengenalan wajah atau face recognition adalah salah satu sistem biometrika yang mampu mengenali wajah seseorang berdasarkan basis data wajah yang telah tersimpan pada sistem. Terdapat 3 macam pendekatan dalam melakukan ekstraksi ciri citra wajah, yaitu ekstraksi ciri berbasis appearance, feature, dan hybrid (Purnomo, 2010). Pada pendekatan appearance atau yang dikenal juga dengan pendekatan holistic, semua area wajah digunakan sebagai data input untuk ekstraksi fitur. Metode PCA adalah salah satu contoh metode dengan pendekatan appearance / holistic. Pada pendekatan feature, fitur-fitur lokal seperti mata, bibir, alis, bentuk wajah, dan ciri khusus lain yang ada pada wajah digunakan sebagai input. Pendekatan ini lebih rumit prosesnya karena harus mendeteksi fitur-fitur tersebut dengan menggunakan parameter geometris terlebih dahulu. Pendekatan terakhir, yaitu hybrid, merupakan gabungan antara pendekatan appearance dengan holistic.

## 2.2 PCA (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

PCA (Principal Component Analysis) atau Analisis Komponen Utama adalah suatu metode yang melibatkan prosedur matematika yang mengubah dan mentransformasikan sejumlah besar variabel yang berkorelasi menjadi sejumlah kecil variabel yang tidak berkorelasi, tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya.

PCA banyak digunakan untuk memproyeksikan atau mengubah suatu kumpulan data berukuran besar menjadi bentuk sajian data dengan ukuran yang lebih kecil. Transformasi PCA terhadap sebuah ruang data yang besar akan menghasilkan sejumlah vektor basis ortonormal dalam bentuk kumpulan vektor eigen .

Sasaran dari PCA adalah menangkap variasi total dari citra wajah yang ada di dalam basis data yang dilatihkan. Untuk kemudian mereduksinya sehingga menjadi variabel-variabel yang lebih sedikit. Misalkan jumlah data pelatihan adalah  $k$  dan masing-masing data mempunyai  $s$  model, maka jumlah sampel keseluruhan adalah  $m = k * s$ . Metode PCA ini cocok digunakan untuk pada suatu kondisi  $m$  jauh lebih kecil dari  $n$  dimana  $n$  adalah hasil perkalian panjang dan lebar citra. Atau dengan kata lain jumlah data jauh lebih kecil dari dimensi citra yang digunakan.

Sebagai contoh, terdapat 50 orang sebagai sampel dengan masing-masing 4 citra wajah berukuran  $150 \times 110$ . Maka  $m = 50 * 4 = 200$  dan  $n = 150 * 110 = 165.000$ . Pada kondisi ini  $m \ll n$  atau  $200 \ll 165.000$ . Dengan metode PCA ini dimensi citra sebanyak 165.000 dapat dibuat menjadi 200 ciri yang disebut dengan vektor eigen.

## 2.3 ALGORITMA EIGENFACE

Kata eigenface sebenarnya berasal dari bahasa Jerman “*eigenwert*” dimana “*eigen*” artinya karakteristik dan “*wert*” artinya nilai. *Eigenface* adalah salah satu algoritma pengenalan pola wajah yang berdasarkan pada Principle Component Analysis (PCA) yang dikembangkan di MIT. *Eigenface* merupakan kumpulan dari vector eigen yang digunakan untuk masalah *computer vision* pada pengenalan wajah manusia. *Eigenface* adalah sekumpulan *standardize face ingredient* yang diambil dari analisis

statistik dari banyak gambar wajah . Langkah-langkah algoritma *eigenface* adalah sebagai berikut.

1. *Menyusun Flat Vector*

*Flat vector* adalah sebuah matrik 1 x n yang dibentuk dari sebuah citra dengan ukuran W x H. Nilai n adalah hasil perkalian W x H dimana W adalah lebar citra dan H adalah tinggi citra. Masing-masing *flat vector* dilambangkan dengan  $\Gamma_1, \Gamma_2 \dots \Gamma_m$

2. *Perhitungan Vektor Rata-rata*

Vektor rata-rata adalah sebuah *flat vector* yang berisi nilai rata-rata dari semua *flat vector* yang telah tersimpan pada basis data citra. Caranya adalah dengan menjumlahkan nilai tiap kolom kemudian dibagi banyaknya kolom. Dimensi vektor rata-rata sama dengan *flat vector*.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \dots\dots\dots(2.1)$$

3. *Menentukan Vektor Eigen*

Setelah mendapatkan vektor rata-rata maka langkah berikutnya adalah menentukan vektor eigen dari setiap citra yang ada di basis data. Menentukan vektor eigen dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

4. *Menghitung Zero Mean*

Perhitungan *zero mean* pengurangan matriks *eigenface* terhadap rata-rata vektor yang dimensinya dibuat sama dengan matriks *eigenface*.

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \dots\dots\dots(2.2)$$

$$A = [\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_M] \dots\dots\dots(2.3)$$

5. *Menentukan Matriks Kovarian*

Jika matriks kovarian adalah C maka  $C = A^T \cdot A$ , dimana  $A^T$  adalah matriks transpose dari matriks A.

6. *Menentukan Eigenface.*

*Eigenface* adalah sebagian atau keseluruhan vektor eigen dari matriks kovarian C. Sedangkan vektor eigen sendiri didefinisikan sebagai berikut. Misalkan A adalah matriks  $n \times n$ , maka vektor x yang tidak nol di  $R^n$  disebut vektor eigen (*eigenvector*) dari A jika Ax adalah kelipatan skalar dari x, yaitu  $Ax = \lambda x$  untuk suatu skalar  $\lambda$ . Skalar  $\lambda$  dinamakan nilai eigen (*eigen value*) (Karso,2006).

Matriks  $A = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 8 & -1 \end{bmatrix}$ , maka vektor  $x = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$  adalah vektor eigen dari A, sebab Ax adalah kelipatan x yaitu,  $Ax = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 8 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 6 \end{bmatrix} = 3 \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = 3x$ . Dalam hal ini nilai eigen dari matriks A adalah 3.

Menurut (Karso,2006) persamaan  $\det(\lambda I - A) = 0$  dengan  $\lambda$  sebagai variabel disebut persamaan karakteristik dari matriks A. Akar-akar atau skalar-skalar yang memenuhi persamaan ini adalah nilai-nilai eigen (nilai-nilai karakteristik) dari matriks A.  $\det(\lambda I - A) \equiv f(\lambda)$  yaitu berupa polinom dalam  $\lambda$  yang dinamakan polinom karakteristik.

Setelah vektor eigen V diperoleh, maka dimensi dari matriks harus dikembalikan ke  $m \times n$  dengan membentuk suatu matriks baru U yang diperoleh dari rumus berikut.

$$U = AV \dots\dots\dots(2.4)$$

Langkah berikutnya adalah membuat matriks eigenface dengan cara menghitung proyeksi masing-masing data wajah pada ruang data wajah.

$$\begin{aligned} \Omega_1 &= U^T \Phi_1 \dots\dots\dots(2.5) \\ \Omega_2 &= U^T \Phi_2 \\ &\dots \\ \Omega_6 &= U^T \Phi_6 \end{aligned}$$

7. *Normalisasi Citra Input.*

Misalkan *flat vector* dari data wajah input adalah  $\Gamma_{input}$  dan hasil operasi *zero mean* terhadap *flat vector* tersebut adalah  $\Phi_{input}$ . Maka untuk menentukan proyeksi atau vektor eigen dari data wajah input tersebut dengan persamaan berikut ini.

$$\Omega = U^T * \Phi_{input} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana,

$\Omega$  = vektor *eigenface* wajah input

$U^T$  = transpose matriks  $U$

$\vec{r}_m$  = Hasil *zero mean* pada *flat vector* wajah input

8. *Pembandingan Dengan Euclidean Distance*

Sebelum melakukan identifikasi citra input, untuk masing-masing individu atau orang dibuat kelas vektor eigen  $\Omega_k$  dengan cara merata-ratakan vektor eigen dari setiap citra wajah per individu.

Setelah vektor eigen citra wajah input didapat maka proses indentifikasi dilakukan dengan mencari jarak euclidean dari vektor eigen citra input dengan masing-masing vektor eigen kelas wajah dan dengan keseluruhan data wajah. Jarak euclidean antara dua buah titik adalah panjang sisi miring sebuah segitiga siku-siku (Yaniar, 2011).

Jika vektor eigen input  $\Omega = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_{M'}]$  dan vektor eigen masing-masing kelas  $\Omega_k = [\omega_{k1} \ \omega_{k2} \ \dots \ \omega_{kM'}]$  dimana  $M$  adalah jumlah sampel,  $M'$  adalah banyaknya vektor eigen yang diambil, dan  $k$  adalah banyaknya kelas. Maka jarak dari  $\Omega$  dan  $\Omega_k$  dicari dengan persamaan berikut.

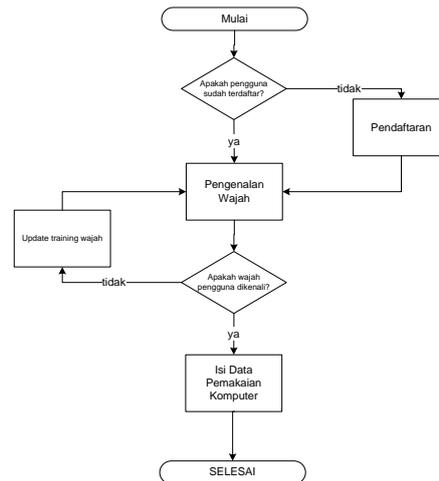
$$\epsilon_k(\Omega, \Omega_k) = \sqrt{(\omega_1 - \omega_{k1})^2 + (\omega_2 - \omega_{k2}) + \dots + (\omega_{M'} - \omega_{kM'})} \dots\dots\dots(2.7)$$

Setelah mendapatkan nilai  $\epsilon_k$  maka wajah dengan nilai  $\epsilon_k$  terkecil merupakan wajah hasil pengenalan wajah.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

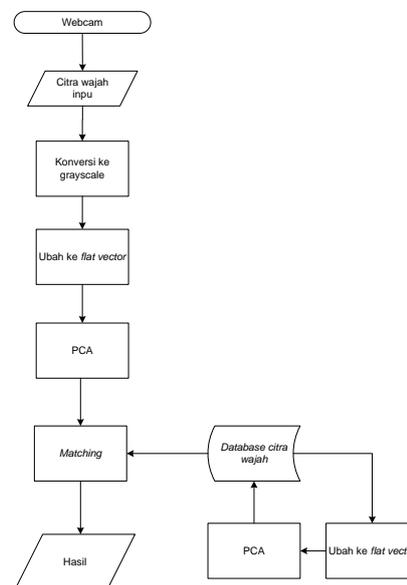
#### 3.1 IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK

Sistem yang dikembangkan memiliki diagram alir sebagai berikut.



**Gambar 3.1 Diagram Alir Perangkat Lunak**

Sedangkan proses pengenalan wajah sendiri ditunjukkan pada Gambar 2



**Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pengenalan Wajah**

Perangkat lunak yang akan dikembangkan adalah sistem pencatat pemakaian komputer lab yang mampu melakukan verifikasi pengguna dengan biometrika pengenalan

wajah eigenface. Sistem yang diberi nama LCLS (*Lab Computer Log System*) ini memiliki beberapa proses utama di dalamnya, yaitu sebagai berikut.

Proses pada perangkat lunak *client* :

- 1) mendeteksi wajah pengguna,
- 2) menyimpan citra wajah pengguna sebagai citra wajah *training*,
- 3) mengirim citra wajah dan data identitas pengguna ke *server*,
- 4) mengambil hasil proses *training* dari *server*.,
- 5) melakukan verifikasi pengguna dengan pengenalan wajah eigenface,
- 6) mengirim data penggunaan komputer ke *server*.

Proses pada perangkat lunak *server* :

- 1) menyimpan citra wajah pengguna dan data identitas pengguna dari *client*,
- 2) melakukan proses *training* wajah pengguna,
- 3) menyimpan data hasil *training* ,
- 4) mengirim data hasil *training* ke perangkat lunak *client*,
- 5) melakukan *update* citra wajah,
- 6) menyimpan data penggunaan komputer dari *client*,
- 7) membuat laporan penggunaan komputer.

Proses-proses di atas merupakan proses utama yang akan dikerjakan oleh sistem. Untuk dapat menjalankan sistem ini, diperlukan sistem operasi Linux Ubuntu 12.04 yang telah terupdate dan perangkat input kamera. Sedangkan lingkungan perangkat lunak pengembangan LCLS adalah perangkat lunak *freeware* sebagai berikut.

1. Sistem operasi yang menjadi lingkungan implementasi LCLS adalah Linux Ubuntu 12.04 LCS.
2. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C++ dengan menggunakan *editor* Qt Creator 2.41 dan *library* OpenCV 2.4.1.
3. Basis data yang digunakan adalah MySQL Server 5.5.24-0ubuntu0.12.04.1 (Ubuntu).

#### IV. UJI COBA PERANGKAT LUNAK

Dalam pengujian perangkat lunak terdapat 4 kasus uji dimana kasus uji 1 adalah mengenai kerja fungsional LCLS *Client* sebagai sistem informasi, kasus uji 2 adalah mengenai kerja fungsional LCLS *Server* sebagai sistem informasi, kasus uji 3 adalah mengenai algoritma dan pemrograman, sedangkan kasus uji 4 adalah kasus uji konseptual untuk melihat keberhasilan perangkat lunak LCLS *Client* dalam mengenali wajah. Proses pengenalan wajah akan diujikan dengan 23 orang dengan total 69 citra wajah *training* (data citra wajah *training* terlampir).

##### 1. Kasus uji 4.1

Pada kasus uji 4.1 ini, pengenalan wajah atau *login* dilakukan pada pencahayaan yang relatif sama.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kasus Uji 4.1

No	Citra wajah <i>login</i>	Citra wajah dikenali	Username		Pengenalan berhasil (ya / tidak)
			Sebenarnya	Hasil pengenalan	
1.			0915051023	0915051023	ya
2.			0915051053	0915051053	ya
3.			0915051011	0915051011	ya

No	Citra wajah login	Citra wajah dikenali	Username		Pengenalan berhasil (ya / tidak)
			Sebenarnya	Hasil pengenalan	
4.			0915051066	0915051066	ya
5.			0915051021	0915051021	ya
6.			0915051016	0915051016	ya
7.			0915051014	0915051014	ya
8.			0915051076	0915051076	ya
9.			0915051072	0915051072	Ya
10.			003	003	Ya

2. Kasus uji 4.2

Pada kasus uji 4.2 ini, pengenalan wajah atau *login* dilakukan pada pencahayaan yang berbeda.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kasus Uji 4.2

No	Citra wajah <i>login</i>	Citra wajah dikenali	Username		Pengenalan berhasil (ya / tidak)
			Sebenarnya	Hasil pengenalan	
1.			0915051023	0915051068	tidak
2.			0915051053	0915051049	tidak
3.			0915051011	0915051014	tidak
4.			0911031066	0911031066	ya
5.			0915051021	0915051063	tidak

No	Citra wajah	Citra wajah	Username		Pengenalan
6.			0915051016	0915051040	tidak
7.			0915051011	0915051040	Tidak
8.			0915051076	0915051076	Ya
9.			0915051072	0911031066	Tidak
10			003	0915051003	Tidak

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa perangkat lunak LCLS *Client* dan LCLS *Server* secara fungsional dapat bekerja dengan baik karena pada kasus uji 1 dan kasus uji 2, 100% kondisi dapat ditangani. Hal ini menandakan bahwa sebagai sebuah sistem pencatat pemakaian lab, LCLS *Client* dan LCLS *Server* sudah diimplementasikan sesuai dengan rancangan.

Dalam kasus uji 3.1, hasil pengujian fitur pengenalan wajah sebagai verifikasi pengguna menunjukkan persentase hasil sebesar 100% dalam kondisi pencahayaan yang konsisten terhadap citra wajah *training* yang dikirim dalam pendaftaran. Sedangkan pada pencahayaan

yang berbeda dalam kasus uji 3.2, fitur pengenalan wajah hanya mencapai persentase hasil sebesar 20%. Hal ini berarti sistem LCLS dapat melakukan pengenalan wajah dengan baik pada pencahayaan yang konsisten dalam lab komputer. Untuk menanggulangi hal ini LCLS telah dilengkapi dengan fitur *update* citra wajah *training* sehingga ketika pengenalan wajah tidak berhasil maka citra wajah harus dikirim ulang.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Fatta, Hanif Al. 2006. "Sistem Presensi Karyawan Berbasis Pengenalan Wajah Dengan Algoritma Eigenface". Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Sistem dan Informatika 2006, Bali, November 17, 2006.
2. Karso. 2006. "Nilai Eigen, Vektor Eigen, dan Diagonalisasi Matriks". [http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR.\\_PEND.\\_MATEMATIKA/195509091980021-KARSO/MODUL\\_11\\_ALJABAR\\_LINEAR\\_2006.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._MATEMATIKA/195509091980021-KARSO/MODUL_11_ALJABAR_LINEAR_2006.pdf). (Diakses pada 13 Mei 2012).
3. Purnomo, Mauridhi Hery dan Arif Mutansa. 2010. Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur. Yogyakarta: Graha Ilmu.
4. Yaniar, Nimas Setya. 2011. "Perbandingan Ukuran Jarak pada Proses Pengenalan Wajah Berbasis Principal Component Analysis (PCA)". <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-15451-2208100616-Paper.pdf>. (Diakses pada 13 Mei 2012).