

## SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) DENGAN ALGORITMA FUZZY C-MEANS (FCM)

Andri Suryadi

### Abstrak

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam computer vision menjadikan keamanan komputer menjadi sangat penting. Salah satu contoh keamanan komputer adalah dengan cara pengenalan wajah. Skripsi ini membahas algoritma tentang pengenalan suatu wajah agar dapat dikenali oleh sistem komputer berdasarkan data training yang telah ada dalam database. Fitur-fitur yang terdapat dalam wajah akan dicari menggunakan Principal Component Analysis (PCA), sedangkan untuk tahap identifikasi menggunakan algoritma Fuzzy C-means (FCM). Principal Component Analysis akan digunakan untuk mereduksi citra wajah yang menghasilkan output berupa feature yang akan dijadikan inputan ke dalam algoritma fuzzy C-means. FCM mengelompokkan data menjadi beberapa cluster yang masing-masing cluster diwakili pusat cluster. Pusat cluster inilah yang akan dijadikan dasar untuk mengenali data baru. Hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan PCA dan FCM dengan menggunakan 150 data latih yaitu sebesar 84%, 300 data latih yaitu 76% dan 450 data latih yaitu 76% sedangkan nilai akurasi rata-rata normal adalah 74%. Kemudian pengujian dengan tambahan noise yaitu menggunakan 150 data latih yaitu sebesar 26%, 300 data latih yaitu 14% dan 450 data latih yaitu 8% sedangkan nilai akurasi rata-rata noise adalah 16%. Dapat disimpulkan dengan menggunakan PCA dan FCM sistem pengenalan wajah ini menghasilkan akurasi cukup baik namun, sebaliknya dengan tambahan noise sistem pengenalan wajah tidak dapat berjalan dengan baik.

**Kata Kunci:** *Pengenalan wajah, Principal Component Analysis (PCA), Fuzzy C-means (FCM).*

### 1. Pendahuluan

Sistem Pengenalan wajah merupakan pendekatan pengenalan pola untuk keperluan identifikasi seseorang disamping pendekatan pola lainnya. Pengenalan citra berhubungan dengan obyek yang tidak pernah sama, karena adanya bagian-bagian yang dapat berubah. Perubahan ini dapat disebabkan oleh ekspresi wajah, intensitas cahaya dan sudut pengambilan gambar, ataupun perubahan aksesoris pada wajah. Dalam kaitan ini, obyek yang sama dengan beberapa perbedaan tersebut harus dikenali sebagai satu obyek yang sama (Joko Hartono, 2009).

Terdapat dua hal utama yang sangat penting dalam proses pengenalan wajah yaitu: proses ekstraksi fitur dari sampel wajah yang ada dan juga teknik pengelompokan yang digunakan untuk mengenali suatu wajah agar wajah tersebut sesuai yang diharapkan (Fitri Damayanti).

Secara garis besar tahapan yang dilakukan dalam sistem pengenalan wajah adalah sebagai berikut (Bambang Dwi Liestiawan, 2009):

#### 1. PraProses

Tahapan yang digunakan untuk menyeleksi gambar sehingga citra gambar tersebut sesuai yang diinginkan.

#### 2. Feature Extraction

Tahapan untuk mengambil data informasi penting yang terdapat dalam citra gambar.

### 3. Pengelompokan

Tahapan ini berfungsi untuk mengelompokan citra-citra gambar sehingga proses pengenalan wajah tersebut dapat dicari.

*Principal Component Analysis* (PCA) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu data dengan cara mentransformasi linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum. PCA dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. Dalam metoda ini citra wajah akan diproyeksi sebuah ruang fitur yang menonjolkan variasi yang signifikan diantara citra yang diketahui. Fitur signifikan inilah sering disebut “*Eigenface*” karena fitur-fitur tersebut adalah komponen utama dari set citra wajah untuk training. Tujuan PCA adalah menangkap variasi total pada citra latih dan merepresentasikan variasi tersebut dalam variabel-variabel yang jumlahnya lebih sedikit. PCA dikenal juga dengan sebutan transformasi Karhunen-Loeve dan transformasi Hotteling (Kartika Gunadi).

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam pengelompokan *feature vector* diantaranya: pendekatan statistik, *neural network*, algoritma genetic, *fuzzy clustering* (Krasteva,2002 :1)

Dalam pembuatan sistem pengenalan wajah ini digunakan *fuzzy c-mean* sebagai metode pengelompokan data. FCM dikenalkan pertama kali oleh JIM BEZDEK pada tahun 1981 yang merupakan suatu teknik pengclusteran data dimana tiap-tiap data dalam suatu cluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya (Cavendis,2010). Penggunaan FCM sendiri telah lebih dahulu dilakukan oleh Ahmad Ridwan (2010) dengan skripsi berjudul “Pengenalan Tulisan Tangan Aksara

Sunda Ngalagena dengan Algoritma Fuzzy C-Mean” dengan menghasilkan nilai akurasi relatif 100%. Sistem pengenalan wajah ini menggunakan algoritma yang sama dalam pengklasifikasian. Dengan metode tersebut diharapkan nilai akurasi tidak jauh berbeda dengan apa yang telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya.

## 2. Sistem Pengenalan Wajah

### 2.1 Pra Proses

Pra proses dalam pengenalan wajah ini bertujuan untuk membuat data mentah menjadi data yang dapat diolah oleh sistem. Dalam proses pengenalan wajah digunakan *image grayscale* sebagai data yang akan diolah. Hal ini dikarenakan *image* dalam bentuk *grayscale* lebih mudah untuk dianalisa apabila dibandingkan dengan *image* berwarna. *Image* berwarna adalah kombinasi dari tiga warna utama yaitu: merah, hijau dan biru yang disebut dengan sistem warna RGB. Sistem warna RGB ini terdiri dari 24 bit, masing-masing bit untuk merah, hijau dan biru. Agar lebih mudah untuk dianalisa maka *image* tersebut terlebih dahulu menjadi *image grayscale* dengan cara memberi nilai yang sama untuk masing-masing 8 bit itu (Robert Hoo, 2003 :12).

Dalam sistem pengenalan wajah yang akan dibuat ini terdapat dua Pra proses yang akan dilakukan yaitu : menangkap objek wajah dari sebuah *webcam* dalam hal ini menggunakan sebuah libray yaitu aplikasi *Open CV*, kemudian membuat sebuah *image* warna menjadi sebuah *grayscale*.

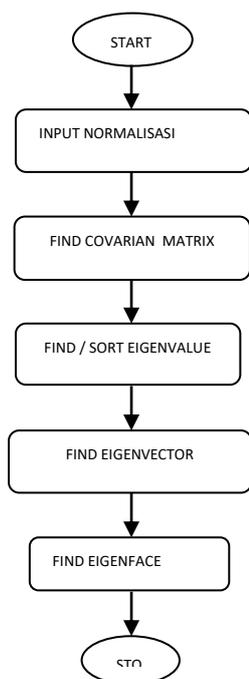
### 2.2 Feature Extraction PCA

Prinsip dasar dari *Principal Componen Analisis* (PCA) adalah dengan memproyeksi *image* ke dalam ruang *eigen*-nya / ruang wajah. Cara mendapatkannya adalah dengan mencari *eigen vector* yang dimiliki setiap *image* dan memproyeksikannya ke dalam ruang wajah. Sasaran dari *Principal Componen*

Analisis (PCA) adalah untuk menangkap variasi total didalam kumpulan wajah yang dilatihnya (Kartika Gunadi,2001 :2). Dibawah ini adalah langkah-langkah yang dilakukan *Principal Componen Analisis* (PCA) dalam proses pengenalan wajah (Robert Hoo, 2003 :13).

PCA termasuk dalam bidang *multivariate analysis* pada ilmu statistik. *multivariate analysis* secara sederhana dijelaskan sebagai metode yang berhubungan dengan variable dalam jumlah besar pada satu atau banyak percobaan. Beberapa bidang lain pada *multivariate analysis* adalah *common factor analysis, multiple regression, multiple discriminant analysis, multivariate analysis of variance* dan *covariance, conjoint analysis, canonical correlation, cluster analysis, multidimensional scaling, correspondence analysis, linear probability model, dan simultaneous / structural equation modeling* (Prentice-Hall International, 1993 :13).

Adapun *flowchart* dalam pencarian sebuah nilai PCA adalah sebagai berikut (Robert Hoo, 2003: 15):



Gambar 2.1 flow chart PCA

- a. Memasukan *image* kedalam sebuah matriks

Langkah awal dalam proses pengenalan wajah adalah dengan mengolah *image* mentah. Misal ada sebuah *image* dengan ukuran 100 x 100 piksel = 10.000. Kemudian matriks tersebut diubah menjadi 10.000 x m .

$$u = \begin{bmatrix} u_{1,1} & u_{1,2} & \dots & u_{1,m} \\ u_{2,1} & u_{2,2} & \dots & u_{2,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{10000,1} & u_{10000,2} & \dots & u_{10000,m} \end{bmatrix}$$

- b. Mencari rata-rata *image*

Langkah selanjutnya setelah pengolahan image awal adalah mencari *image rata-rata* adalah rata-rata dari seluruh *image training* yang ada dalam database. Rumus untuk mencari rata-rata adalah sebagai berikut:

$$\tilde{u} = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M u_{i,k}$$

*Image* rata-rata merupakan jumlah dari  $u_{i,k}$  dibagi dengan banyaknya *image* yang ada dalam database. Selanjutnya dari data diatas didapat sebuah matriks dengan ukuran 10.000 x 1. Berikut adalah *image* rata-rata yang didapat:



Gambar 2.2 Rata-rata image database

- c. Mencari kovarian matriks PCA

Matriks kovarian adalah semua variasi yang memungkinkan yang diperoleh dari pasangan vector kolom (Jonathon Shlens, 2005 :7). Untuk mencari kovarian matriks yaitu dengan cara mengalikan  $u$  dengan transposenya. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$C = u x u'$$

Selanjutnya dilakukan pencarian nilai *eigen* sehingga berlaku rumus sebagai berikut:

$$C x v = \lambda x v$$

$\lambda$  merupakan matriks *eigen value* sedangkan  $v$  adalah matriks *eigen vector*.  $\lambda$  dan  $v$  adalah matriks berdimensi  $n \times n$  yang mana  $n$  adalah jumlah piksel image.

$$V = \begin{bmatrix} V_{k,1} & \dots & V_{k,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{n,1} & \dots & V_{n,p} \end{bmatrix}, \quad \lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_n \end{bmatrix}$$

*Eigen value* yang didapat kemudian diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil. Hasil dari matriks ini adalah matriks  $V$  berukuran  $10.000 \times 10.000$ .

#### d. Mencari *feature* PCA

*Feature* PCA merupakan informasi paling penting yang ada dalam sebuah image yang sebelumnya telah dilakukan pencarian nilai *eigen vector*. *Feature* PCA dapat dicari dengan cara mentransformasikan *image* asal ke dalam ruang wajah dengan menggunakan persamaan berikut (Robert Hoo, 2003 :16):

$$f = \sum_{i=1}^m (I_i - \bar{u})^T \times V$$

$I$  merupakan data tiap piksel dari setiap training  $I$ ,  $m$  adalah jumlah *image training*,  $V$  adalah matriks *eigen vector* sedangkan  $f$  adalah matriks berukuran  $m \times 10.000$ .

Setelah mendapatkan *feature* setiap *image* maka selanjutnya adalah melakukan proses pengelompokan *clustering* menggunakan *Fuzzy C-Means* (FCM).

### 3. Fuzzy C-Means

*Fuzzy clustering* adalah salah satu teknik untuk menentukan *cluster* optimal

dalam suatu ruang vector yang didasarkan pada bentuk normal *Euclidian* untuk jarak antar *vector* (Kusumadewi dan Purnomo, 2004 :83). *Fuzzy c-means* merupakan salah satu metode dari *fuzzy clustering*. *Fuzzy clustering* memperbolehkan satu bagian data dimiliki oleh dua atau lebih *cluster*.

Ada dua metode dasar dalam *fuzzy clustering*. Metode pertama disebut dengan *fuzzy c-means*. Metode ini dinamakan demikian karena dengan *clustering* ini akan dibentuk sebanyak *c-cluster* yang sudah ditentukan sebelumnya. Metode yang kedua adalah metode yang banyaknya *cluster* tidak ditentukan sebelumnya. Metode ini dinamakan *subtractive clustering* (Kusumadewi, 2004) atau *fuzzy equivalence relation* (Klir, 1995).

*Fuzzy C-means* (FCM) dikenalkan pertama kali oleh JIM BEZDEK pada tahun 1981 yang merupakan salah satu metode *clustering* menggunakan model pengelompokan *fuzzy* sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau *cluster* dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Adapun konsep dari *Fuzzy C-means* (FCM) adalah sebagai berikut:

1. Penentuan pusat *cluster* yang menandai lokasi rata-rata untuk setiap *cluster*, dengan kondisi awal tidak akurat.
2. Tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk masing-masing *cluster*.
3. Tiap perulangan yang didasarkan pada minimasi fungsi obyektif, pusat *cluster* dan nilai keanggotaan diperbaiki sehingga lokasi *cluster* bisa berada pada posisi yang benar.

Algoritma FMC secara lengkap diberikan sebagai berikut (Zimmerman,1991);(Yan,1994);(Ross,2005):

1. Tentukan:
  - a. Matriks  $X$  berukuran  $n \times m$ , dengan  $n$ =jumlah data yang akan di*cluster*, dan  $m$  adalah jumlah *variable criteria*.

- b. Jumlah *cluster* yang akan dibentuk ( $C \geq 2$ ).
  - c. Pangkat (pembobot  $w > 1$ )
  - d. Maksimum iterasi
  - e. Criteria penghentian ( $\epsilon$  = nilai positif yang sangat kecil)
2. Bentuk matriks partisi awal  $U$  (derajat keanggotaan dalam *cluster*), matriks awal biasanya diberikan secara acak

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11}(x_1) & \mu_{12}(x_2) & \dots & \mu_{1n}(x_n) \\ \mu_{21}(x_1) & \mu_{22}(x_2) & \dots & \mu_{2n}(x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{c1}(x_1) & \mu_{c2}(x_2) & \dots & \mu_{cn}(x_n) \end{bmatrix}$$

3. Hitung pusat Cluster  $V$  untuk setiap cluster

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w}$$

4. Perbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap *cluster* (perbaiki matriks partisi)

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}$$

5. Tentukan criteria penghentian iterasi, yaitu perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dan iterasi sebelumnya.

$$\Delta = \|U' - U^{t-1}\|$$

Apabila  $\Delta < \epsilon$  maka iterasi dihentikan.

### Pengenalan Wajah

Cara pengenalan wajah dapat diilustrasikan sebagai berikut:

1. Citra database akan diekstrasi dan dihitung nilai PCA nya.
2. Hitung derajat keanggotaan dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}$$

3. Cari derajat keanggotaan tertinggi untuk menentukan kecenderungan terkuat suatu wajah masuk kedalam suatu *cluster*.

4. Didapatkan *cluster* pusat dan wakil dari masing-masing *cluster*.

Untuk pengenalan wajah data *testing* dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Data *Testing* akan dihitung nilai PCAny.

2. Hitung derajat keanggotaannya dengan pusat *cluster* dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^1 (x - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{2-1}}}{\sum_{i=1}^3 [\sum_{j=1}^1 (x - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{2-1}}}$$

3. Tentukan kecenderungan data masuk kedalam suatu *cluster*.

4. Tampilkan hasil kecocokan wajah. Dari pengenalan wajah dapat nilai akurasi dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{akurasi relatif} \\ &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah seluruh data}} \times 100\% \end{aligned}$$

### Pengujian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa skenario yang akan dilakukan dalam pengujian. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai akurasi sistem pengenalan wajah menggunakan PCA dan FCM. Berikut langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengujian:

- a. Pembuatan data latih menggunakan parameter yang telah dilakukan sebelumnya oleh Ahmad Ridwan dengan judul skripsi "*Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Sunda Ngalagena Dengan Algoritma Fuzzy C-Means*" dengan ketentuan sebagai berikut:

- |                          |        |
|--------------------------|--------|
| 1. Jumlah <i>cluster</i> | : 30   |
| 2. Epsilon               | : 0,01 |
| 3. Iterasi               | : 100  |
| 4. Fuzzy                 | : 2    |

- b. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dataset yang telah tersedia baik dataset dari hasil *capture webcam* ataupun dataset hasil *download* dari *internet* (<http://cswww.essex.ac.uk/mv/allfaces/faces94.zip>).
- c. Jumlah dataset yang digunakan adalah 150, 300, 450 dataset.
- d. Pengujian dilakukan sebanyak dua jenis yaitu, pengujian normal dan pengujian menggunakan tambahan *noise*.
- e. Pengujian dilakukan dengan mencoba memasukkan citra wajah yang berbeda-beda sebanyak 10 jenis wajah, setiap jenis wajah terdapat 5 wajah yang berbeda-beda yang masing-masing wajah akan dicoba dimasukkan ke dalam sistem sebanyak 5 kali.
- f. Pengujian menggunakan tambahan *noise* dilakukan dengan mencoba memasukkan citra wajah yang berbeda-beda sebanyak 10 jenis wajah, setiap jenis wajah terdapat 5 wajah yang berbeda-beda yang masing-masing wajah akan dicoba dimasukkan ke dalam sistem sebanyak 5 kali.

### Hasil Pengujian

Hasil pengujian dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 6.1 Hasil Pengujian**

No	Pengujian	Jumlah Data		Pengenalan		Akurasi
		Training	Uji	Benar	Salah	
1.	1	150	50	42	8	84%
2.	2	300	50	38	12	76%
3	3	450	50	37	13	74%
Rata-rata						78%

Dari hasil percobaan pertama diatas dengan data *training* sebanyak 150 data didapat 84% kemudian pada percobaan kedua dengan data *training* sebanyak 300

data didapat 76%, sedangkan pada percobaan terakhir dengan data *training* 450 data didapat 74%. Dari semua percobaan diatas maka dapat rata-rata persentase sebesar 78%. Dari hasil penelitian diatas dapat terlihat bahwa dengan data *training* semakin banyak tingkat akurasi semakin menurun.

**Tabel 6.1 Hasil Pengujian**

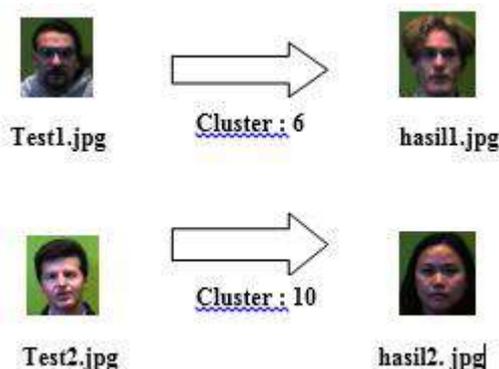
No	Pengujian	Jumlah Data		Pengenalan		Akurasi
		Training	Uji	Benar	Salah	
1.	1	150	50	13	37	26%
2.	2	300	50	7	43	14%
3	3	450	50	4	46	8%
Rata-rata						16%

Dari hasil percobaan diatas pertama dengan bantuan *noise* dan data *training* sebanyak 150 data didapat 26% kemudian dengan data *training* 300 data didapat 14%, sedangkan dengan data *training* sebanyak 450 data didapat 8%. Dari semua percobaan dengan bantuan *noise* didapat persentase sebesar 16%, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *noise* sangat mempengaruhi tingkat akurasi.

### Analisis Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian langsung dengan menggunakan citra wajah berbeda, didapat nilai akurasi 78% dan untuk tambahan *noise* didapatkan nilai akurasi 16%. Penggunaan *noise* sangat mempengaruhi pada nilai akurasi sistem pengenalan wajah.

Beberapa kesalahan yang didapat dari penelitian diatas, misalnya:



Dari data contoh kesalahan yang diambil misalnya *image* test.jpg menempati *cluster* 6. Hasil yang didapatkan tidak sesuai dengan yang diinginkan, hal ini disebabkan *cluster* 6 diwakili oleh *image* hasil.jpg. Begitupun dengan contoh kesalahan yang kedua yaitu *image* test2.jpg menempati *cluster* yang salah yaitu *cluster* 10 yang diwakili oleh *image* hasil2.jpg. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan kesalahan dalam menempati *cluster* diantaranya:

- Jumlah data *training* yang dapat menyebabkan banyaknya variasi wajah.
- Adanya gangguan pada citra wajah *input-an* yang dapat menyebabkan nilai wajah berubah.

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan diatas diantaranya :

- Principal Component Analysis* (PCA) dan algoritma *Fuzzy C-Means* telah mampu mengenali citra wajah dengan akurasi relatif 86,16%. Nilai akurasi sangat dipengaruhi oleh fitur ekstraksi PCA dan parameter FCM.
- Dari hasil penelitian diatas didapat rata-rata persentasi kebenaran dengan pengujian normal yaitu sebesar 86,16%, dengan bantuan *noise* sebesar 40,50%, dengan

menggunakan *webcam* yaitu sebesar 80,66%, dan menggunakan *webcam+noise* sebesar 8,66%.

- Keakuratan sistem pengenalan wajah ini sangat dipengaruhi oleh citra *image* yang masuk hal ini terlihat dengan penggunaan *noise*.

### Saran

Beberapa saran yang dianjurkan untuk penelitian lebih lanjut dalam sistem pengenalan wajah ini adalah sebagai berikut :

- Untuk menghasilkan nilai akurasi yang lebih tinggi disarankan menambah atau mengganti fitur ekstraksi dengan fitur ekstraksi yang lebih akurat.
- Dapat menggunakan metode lain sebagai bahan perbandingan dalam penelitian ini misalnya : KNN, ANN dan lain sebagainya.

### Daftar Pustaka

- Annoymous. *A Tutorial Clustering Algorithm*. Online.Tersedia di :[http://home.dei.polimi.it/matteucc/Custering/tutorial\\_html/cmeans.html](http://home.dei.polimi.it/matteucc/Custering/tutorial_html/cmeans.html). [5 September 2010]
- Fatta, Al,Hanif.2009.*Rekayasa Sistem Pengenalan Wajah*. Yogyakarta: Andi Luthfi, Emha Taufiq.2007.*Fuzzy C-Means Untuk Clustering Data*. Yogyakarta : STMIK AMIKOM
- Gunadi, Kartika. Posngsitanan, Sonny Reinard.2001.*Pembangunan Perangkat Lunak Pengenalan Wajah Menggunakan Principal Component Analysis*.Jurnal Informatika Vol.2 No.2.Surabaya:Universitas Kristen Petra.

- M.Turk, A Pentland.1991. *Eigenface for Recognition*. Journal of Cognitive Neuroscience. 71-86
- Ridwan, Achmad. 2010. *Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Sunda Ngalagen Dengan Algoritma Fuzzy C-Means*. Skripsi tidak terpublikasi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Shalens,Jonathan.2005. *A Tutorial Principal Componen Analysis*.Sandiego La Jolla : University of California.
- Smith, Lindsay I.2002. *A Tutorial Principal Componen Analysis*. Online. Tersedia di : [www.cs.otago.ac.nz/cosc453/...tutorials/principal\\_components.pdf](http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/...tutorials/principal_components.pdf) . [19 Juni 2010]
- Trivedi, Shubhendu.2009. *Face Recognition using Eigenfaces and Distance Classifiers: A Tutorial*.Online.Tersedia di : <http://onionesquereality.wordpress.com/> .[20 Juni 2010]
- Yudha.2009. *Biometric*.Online.Tersedia di : <http://nuxer1.multiply.com/> [20 Juni 2010].