

SISTEM PENGENALAN WAJAH DENGAN METODE 2D-PCA

Lina ¹⁾, Abdurrahman Johnsen Feriyansah ²⁾

¹⁾Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara
Jl. Letjen. S. Parman No. 1, Grogol, Jakarta Barat

E-mail : lina@untar.ac.id

²⁾Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur
Jl. Ciledug Raya, Petukangan Utara, Jakarta Selatan

E-mail : arjohnsenf@gmail.com

ABSTRACT

Face recognition systems are very popular for authentication and security purposes. However, the development of recognition algorithms has been a true challenge, especially for handling the biometric characteristics of an object. One popular method for face representation is PCA (Principal Component Analysis). PCA is able to solve many recognition problems effectively and efficiently by reducing the object (image) dimensions. However, PCA has its own drawbacks in the implementation. When the developed system uses a very large dimension of the input images, the system with the PCA method will have difficulties in constructing the covariance matrix and calculating the eigenvalues and eigenvectors. To overcome these problems, a face recognition system using the 2DPCA method is developed. The experiments show that the 2DPCA method could give higher recognition accuracies compared with that of the PCA method.

KEYWORDS

PCA, 2DPCA, Face recognition system

1. PENDAHULUAN

Sistem pengenalan menggunakan informasi biometrik banyak dikembangkan dan diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya adalah sistem pengenalan menggunakan citra wajah manusia. Sistem pengenalan wajah banyak diterapkan untuk sistem otentifikasi dan sistem sekuriti. Melalui input sebuah citra wajah manusia, sebuah algoritma pengenalan wajah dapat menghasilkan informasi identitas individu pada citra tersebut seperti nama, jenis kelamin, pekerjaan, dan masih banyak lagi. Pembuatan algoritma pengenalan wajah, memiliki tantangan tersendiri. Hal ini dikarenakan, wajah manusia relatif memiliki struktur bentuk yang sama,

yakni oval ataupun bulat. Selain itu, terdapat faktor perbedaan yang cukup besar dari suatu citra wajah pada orang yang sama, misalnya seseorang dapat mengubah gaya rambut atau menambah aksesoris pada wajah mereka, seperti menggunakan kacamata atau topi. Faktor lainnya seperti rendahnya kualitas kamera dan *noise* pada saat pengambilan citra juga dapat menjadi hambatan dalam mengenali wajah seseorang.

Salah satu metode ekstraksi ciri untuk representasi wajah yang terkenal adalah PCA (*Principal Component Analysis*). PCA mengkonversikan suatu citra wajah pada ruang citra ke dalam suatu ruang representasi yang dikenal sebagai ruang Eigen (*Eigenspace*). PCA bertujuan untuk mereduksi dimensi citra awal yang umumnya dalam bentuk matriks berdimensi besar, menjadi vektor berdimensi kecil tanpa membuat citra kehilangan informasi pentingnya. Reduksi dimensi dilakukan untuk mencari dimensi yang memuat karakteristik penting dari citra dan mempercepat waktu proses citra. Dalam dimensi yang besar sering terdapat redundansi informasi yang mengakibatkan waktu pemrosesan citra menjadi lebih lama. Selain itu, PCA juga memiliki kekurangan dalam implementasinya. Pada kumpulan data citra dengan ukuran vektor yang besar, akan terjadi masalah pada saat perhitungan matriks kovarian maupun saat pencarian vektor eigen. Untuk mengatasi masalah tersebut, metode *two-dimensional PCA (2DPCA)* dikembangkan yang dapat bekerja langsung menggunakan matriks dua dimensi dari citra yang ada, tanpa melalui proses pembentukan vektor, sehingga diharapkan dapat mengekstraksi citra dengan akurat dan cepat.

2. LANDASAN TEORI

2.1. PCA (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

PCA merupakan suatu cara dalam mengidentifikasi pola (*pattern*) dalam suatu citra, dan mengekstraksi citra tersebut hingga ditemukan suatu persamaan dan perbedaannya [1]. Kelebihan dari metode PCA adalah citra yang berdimensi besar dapat direduksi dimensinya tanpa menghilangkan informasi-informasi penting pada citra, sehingga proses pengenalan dapat lebih akurat dan efisien.

Tahapan dalam proses ekstraksi citra dengan menggunakan metode PCA adalah sebagai berikut [2]:

1. Tahap 1: Pengumpulan data.
2. Tahap 2: Normalisasi data.
3. Tahap 3: Perhitungan matriks kovarian.

$$G = \sum_{j=1}^M (A_j - \bar{A})^T * (A_j - \bar{A}) \tag{1}$$

4. Tahap 4: Perhitungan nilai Eigen dan vector Eigen dari matriks kovarian. Vektor v adalah *Eigenvector* dari matriks A dan bilangan λ adalah nilai Eigen dari matriks A apabila,

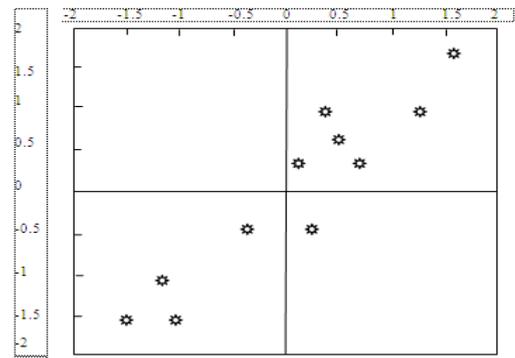
$$Av = \lambda v \tag{2}$$

Untuk mencari nilai Eigen (λ) dari matriks A , dilakukan perhitungan akar dari *characteristics polynomial*,

$$\det(A - \lambda I) = 0 \tag{3}$$

Setelah menghitung nilai Eigen, maka langkah selanjutnya adalah menghitung vektor Eigen berdasarkan beberapa nilai Eigen terbesar,

$$(\lambda I - A) \bar{x} = 0 \tag{4}$$



Gambar 1 Grafik data yang telah dinormalisasi, yang menunjukkan vektor Eigen dari matriks kovarian.

Sumber: Lindsay I Smith, *A Tutorial on Principals Component Analysis*, http://www.cs.otago.ac.nz/student_tutorials/principal_components.pdf, 26 Februari 2002

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara vektor Eigen (titik-titik yang membentuk garis diagonal) dengan data yang telah dinormalisasi. Vektor Eigen yang pertama memiliki hubungan yang paling kuat dengan data (selanjutnya akan disebut Vektor Ciri). Hal ini ditunjukkan oleh garis diagonal yang melalui poin-poin data. Sedangkan, vektor Eigen yang kedua, memiliki hubungan yang lebih lemah tingkat kepentingannya dengan data, dibuktikan dengan hanya sedikit poin data yang dilalui.

5. Tahap 5: Memilih komponen yang penting dari vektor Eigen. Tahap 5 ini juga dapat disebut sebagai tahap reduksi dimensi, karena hanya sejumlah vektor Eigen dengan nilai Eigen terbesar (garis diagonal yang banyak melalui poin data) yang akan digunakan. Sedangkan, vektor Eigen yang lain, yaitu garis diagonal yang memiliki tingkat kepentingan atau hubungan yang lebih lemah dengan data akan diabaikan.

2.2. 2DPCA (2-DIMENSIONAL PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

2DPCA merupakan perkembangan dari metode PCA[3]. Algoritma pada 2DPCA hampir menyerupai algoritma PCA. Tetapi keduanya memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan pada 2DPCA pemrosesan matriks citra dilakukan dalam representasi dua dimensi, bukan dengan vektor satu dimensi seperti metode PCA.

Dengan dasar tersebut, maka matriks citra dua dimensi tidak perlu ditransformasikan menjadi vektor satu dimensi seperti yang dilakukan pada metode *PCA*. Jadi, pemrosesan metode *2DPCA* dilakukan secara langsung dengan menggunakan matriks citra. Hal ini mengakibatkan ukuran dimensi matriks untuk perhitungan matriks kovarian menjadi lebih kecil dibandingkan dengan metode *PCA*.

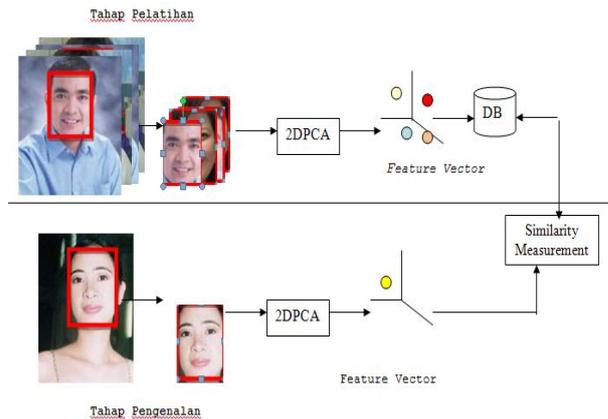
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 10000 & 10000 & 10000 & 10000 & 10000 \end{bmatrix}$$

Gambar 2. Transformasi matriks citra 2D, menjadi vektor 1D untuk perhitungan matriks kovarian

Sebagai pembuktian, terdapat 5 buah citra 2D berukuran 100 piksel x 100 piksel. Dengan menggunakan metode *PCA*, citra harus ditransformasikan terlebih dahulu menjadi vektor 1D sebelum menghitung matriks kovariannya, seperti gambar 2. Sedangkan, dengan menggunakan metode *2DPCA*, citra 2D langsung dapat digunakan untuk perhitungan matriks kovarian. Sehingga, ukuran matriks kovarian yang dihasilkan adalah tetap 100 x 100.

Berdasarkan studi literatur, dapat dikemukakan bahwa kelebihan metode *2DPCA* dibandingkan dengan metode *PCA* adalah lebih tingginya keakuratan perhitungan matriks kovarian karena proses perhitungannya tidak melalui transformasi ke dalam vektor satu dimensi terlebih dahulu. Selain itu, dengan cara pemrosesan seperti ini, waktu perhitungan untuk pembentukan vektor Eigen juga berkurang. Hal ini disebabkan karena kecilnya ukuran dimensi pada matriks kovarian dari citra

Tahapan dalam proses pengenalan wajah menggunakan metode representasi wajah *2DPCA* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tahapan proses pengenalan wajah dengan menggunakan metode *2DPCA*

Tahapan dalam proses analisa citra (data) dengan menggunakan metode *2DPCA* adalah sebagai berikut [4]:

1. Tahap 1: Mengambil citra acuan (citra pelatihan).
2. Tahap 2: Normalisasi data.
3. Tahap 3: Menentukan Matriks Kovarian dari citra.

$$G = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (A_j - A)^T * (A_j - A) \quad 5$$

4. Tahap 4: Menentukan nilai Eigen dan vektor Eigen dari matriks kovarian.
5. Tahap 5: Menentukan komponen penting berdasarkan vektor Eigen.

$$y_i^j = A_j x_i \quad 6$$

dengan,

y = Hasil proyeksi citra dengan vektor Eigen

A = Matriks citra

x = Vektor Eigen berdasarkan beberapa nilai Eigen terbesar

i,j = indeks dimana $i = 1, \dots, d$ dan $j = 1, \dots, M$.

M = jumlah citra acuan

6. Tahap 6: Memproses citra baru (citra uji).

2.3. Euclidean Distance

Setelah seluruh vektor ciri direpresentasikan ke dalam ruang Eigen, yaitu vektor ciri dari citra acuan dan vektor ciri dari citra uji, maka akan dilakukan perhitungan similaritas dengan menghitung jarak antara keduanya dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$d(B,A_j) = \sum_{i=1}^d \|y_i^B - y_i^j\|_2 \quad 6$$

$\|y_i^B - y_i^j\|$ menunjukkan jarak Euclidean antara dua *Principal Component Vectors* (vektor ciri) y_i^B (citra uji) dan y_i^j (citra acuan).

3. HASIL PENGUJIAN

Pengujian pada program pengenalan wajah dengan metode *2DPCA* ini dilakukan dengan menggunakan metode *Black Box Testing*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan citra wajah dalam posisi frontal dengan berbagai ekspresi. Metode pengekstraksian citra dengan menggunakan metode *2DPCA*.

Sistem pengenalan wajah yang dikembangkan terdiri dari beberapa *form* sebagai berikut:

Form Training merupakan *form* yang berfungsi untuk mengambil semua citra wajah yang telah ditentukan sebagai citra acuan (citra pelatihan). Pengujian dilakukan dengan melakukan pelatihan terhadap semua citra yang telah ditentukan lokasinya, dengan kondisi - kondisi seperti berikut:

1. Menggunakan citra frontal
2. Menggunakan citra dari berbagai sudut pandang

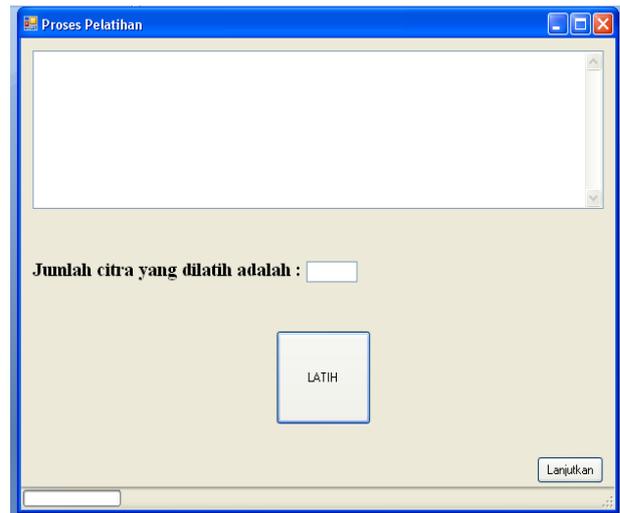
Dari proses pengujian, dapat disimpulkan bahwa seluruh citra berhasil dilatih melalui *form* ini. Tampilan *form Training* dapat dilihat pada gambar 4.

Form Recognition merupakan *form* yang berfungsi untuk mengenali sebuah citra input dengan membandingkannya dengan citra yang telah dilatih sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

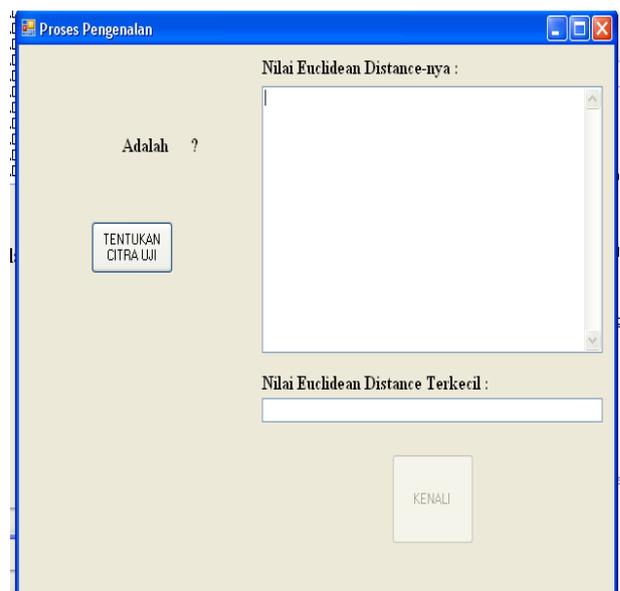
1. Menggunakan citra frontal yang digunakan sebagai citra pelatihan.
2. Menggunakan citra frontal yang berbeda dengan citra pelatihan.

3. Menggunakan citra dengan variasi sudut pandang yang sama dengan citra pelatihan.
4. Menggunakan citra dengan variasi sudut pandang yang berbeda dengan citra pelatihan.

Tampilan *Form Recognition* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Form Training



Gambar 5. Form Recognition

Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dengan menggunakan citra frontal yang sama dengan citra pelatihan, dapat disimpulkan bahwa seluruh citra yang diuji berhasil dikenali 100% oleh program pengenalan wajah.
2. Pengujian dengan menggunakan citra frontal yang berbeda dengan citra pelatihan, diperoleh hanya 39,23% citra yang diuji dapat dikenali oleh program ini.
3. Pengujian dengan menggunakan citra dengan variasi sudut pandang yang sama dengan citra pelatihan, dapat disimpulkan bahwa seluruh citra yang diuji 100% berhasil dikenali oleh program.
4. Pengujian dengan menggunakan citra dengan variasi sudut pandang yang berbeda dengan citra pelatihan, diperoleh hanya 45,38% citra yang diuji dapat dikenali oleh program.

Setelah melakukan pengujian dengan metode 2DPCA, semua data pengujian diuji kembali dengan metode PCA. Pengujian dilakukan dengan kondisi yang sama seperti saat pengujian dengan menggunakan metode 2DPCA.

Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dengan menggunakan citra frontal yang sama dengan citra pelatihan, dapat disimpulkan bahwa seluruh citra yang diuji berhasil dikenali 100% oleh program pengenalan wajah ini.
2. Pengujian dengan menggunakan citra frontal yang berbeda dengan citra pelatihan, diperoleh hanya 36,15% citra yang diuji dapat dikenali oleh program ini.
3. Pengujian dengan menggunakan citra dengan variasi sudut pandang yang sama dengan citra pelatihan, dapat disimpulkan bahwa seluruh citra yang diuji, 100% berhasil dikenali oleh program.
4. Pengujian dengan menggunakan citra dengan variasi sudut pandang yang berbeda dengan citra pelatihan, diperoleh hanya 37,69% citra uji yang dapat dikenali oleh program.

Berikut ini adalah tabel hasil perbandingan antara metode 2DPCA dengan metode PCA berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengujian dengan Citra Frontal

TRAIN	TEST	2DPCA (%)	PCA (%)
50 CITRA	50 CITRA YANG SAMA	100	100
50 CITRA	50 CITRA YANG BERBEDA	39.23	36.15

Tabel 2. Hasil Pengujian dengan Citra dengan Variasi Sudut Pandang

TRAIN	TEST	2DPCA (%)	PCA (%)
50 CITRA	50 CITRA YANG SAMA	100	100
50 CITRA	50 CITRA YANG BERBEDA	45.38	37.69

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap system pengenalan wajah dengan metode 2DPCA, maka dapat disimpulkan:

1. Pengujian dengan menggunakan citra frontal memiliki tingkat pengenalan yang lebih rendah dibandingkan dengan pengujian dengan menggunakan citra dengan variasi sudut pandang dengan variasi ekspresi.
2. Metode 2DPCA lebih akurat dibandingkan dengan metode PCA.

Daftar Pustaka

- [1] I, Smith Lindsay, A Tutorial on Principal Component Analysis, http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf, 26 Februari 2002.
- [2] Yang, Jian; zhang David; Frangi, F. Alejandro; and Yang, Jing-yu, Two-Dimensional PCA: A New Approach to Appearance-Based Face Representation and Recognition, IEEE

Transactions on Pattern Analysis And Machine.

- [3] Liu, Nguyen; Wanquan Liu; and Svetha Venkatesh, Random Subspace Two-Dimensional PCA for Face Recognition, http://www.impca.cs.curtin.edu.au/pubs/2007/conferences/nguyen_liu_venkatesh_pcm07.pdf, 14 Agustus 2009.

Lina, memperoleh gelar S.T dari Universitas Tarumangara, Indonesia pada tahun 2001, dan mendapatkan gelar M.Kom dari Universitas Indonesia, Indonesia pada tahun 2004. Pada tahun 2009 mendapatkan gelar Ph.D. dari Nagoya University, Jepang. Saat ini sebagai pengajar program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara, Indonesia.

Abdurahman Johnsen Feriyansah, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Budi Luhur, Jakarta.