

PENGENALAN WAJAH MANUSIA MENGGUNAKAN ANALISIS KOMPONEN UTAMA (PCA) DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN-BALIK

Hidayat Zayuman^[1], Imam Santoso^[2], R. Rizal Isnanto^[2]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang
e-mail : Day_47e@yahoo.com

Abstrak

Face is a part of human body that has unique characteristics, so that they can differentiate and recognize someone just by look their face. Up till now the research on biometrical system who was carried out of the university student is not completely delve yet of human characteristics with automatic face recognized on computer system. For those reasons, a research is required to be done to make a face recognition system, with the result of the system, in this case a computer can recognize or identify someone with face image like a human.

The steps of application system are face image inputing, feature extraction and reduction used Principal Component Analysis (PCA), training used artificial feedforward and backpropagation neural network. The processing test was obtained using training to data test, and then the result, of output value and based data target value was compared. Data with appropriate value between data training class and input image class selected as a recognized face.

The research shows that combination of PCA and backpropagation Artificial Neural Network is good enough for face recognition system. That is showed on introducing level during testing, with introducing level average is 85 %. The principal component can lessen up to 7 principal component. With the result is equal to the 60 principal component on the testing with ORL data and four training images. Best successful level of the system is 96,67% using input device 8 mega pixels Olympus digital camera. The while research of Wibowo^[19] intake data used digital camera on cellular phone Nokia 6600 and by downloading from internet, and grade of recognition of testing is 95 %. The principal component can lessen up to 30 principal component. With the result is equal to the 60 principal component.

Keywords - *Face recognition, Principal Component Analysis (PCA), Artificial backpropagation neural network, training images, testing images.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengenalan wajah merupakan suatu pengenalan pola (*pattern recognition*) yang khusus untuk kasus wajah. Beberapa pendekatan untuk pengenalan objek dan grafika komputer didasarkan secara langsung pada citra-citra tanpa penggunaan model tiga dimensi. Yang termasuk dalam kelompok ini antara lain: Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis*–PCA), dan jaringan syaraf tiruan. PCA adalah suatu metode ekstraksi ciri atau kompresi data yang mampu mengidentifikasi ciri tertentu yang merupakan karakteristik suatu citra (dalam hal ini adalah wajah).

Dalam tugas akhir ini dicoba penggabungan dua metode untuk mengenali wajah manusia dalam beberapa ekspresi dan posisi, yaitu PCA dan jaringan syaraf tiruan perambatan-balik. Sehingga diperoleh kesimpulan tentang penggabungan dua metode tersebut sebagai sebuah metode pengenalan wajah.

1.2 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah membuat program bantu pengenalan wajah manusia menggunakan analisis komponen utama (PCA) dan jaringan syaraf tiruan perambatan-balik.

1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, pembahasan dibatasi pada:

^[1] Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

^[2] Staf Pengajar Teknik Elektro UNDIP

1. Jenis citra wajah yang dipakai sebagai data percobaan merupakan citra skala abu-abu, dengan *format* (.bmp) yang memiliki ukuran 46 x 56 piksel.
2. Gambar wajah unduh dari internet, yaitu database gambar dari Olivetti Research Laboratory (ORL) di Cambridge, Inggris, yang diambil antara April 1992 dan April 1994 tampak depan dengan beberapa ekspresi.
3. Gambar wajah yang diambil sendiri dengan menggunakan kamera digital (Olympus) 8 mega piksel, yang telah diubah ukuran, *format*, dan warnanya menjadi 46 x 56 piksel dan 256 tingkat keabuan menyesuaikan dengan sistem yang dibuat, tanpa membahas proses yang terlibat didalamnya.
4. Citra wajah yang digunakan dalam pengujian merupakan citra wajah dengan beberapa ekspresi dan posisi (tampak depan, condong kanan, kiri, atas, bawah; hadap kanan, kiri), dan aksesoris tambahan wajah (kaca mata, topi, jilbab).
5. Metode yang digunakan adalah analisis komponen utama (PCA) dan jaringan syaraf tiruan perambatan-balik.
6. Bahasa yang digunakan adalah Borland Delphi 7, denganbeberapakomponen tambahan.

II. DASAR TEORI

2.1 Wajah



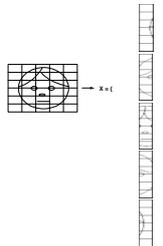
Gambar 1. Wajah manusia

Wajah atau muka adalah bagian depan dari kepala, pada manusia meliputi wilayah dari dahi hingga dagu, termasuk rambut, dahi, alis, mata, hidung, pipi, mulut, bibir, gigi, kulit, dan dagu. Wajah terutama digunakan untuk ekspresi wajah, penampilan, serta identitas. Tidak ada satu wajah pun yang serupa mutlak, bahkan pada manusia kembar identik sekalipun. Oleh sebab itu dengan melihat wajah, manusia dapat mengenali atau mengidentifikasi seseorang dengan mudah.

2.2. Citra

Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang *dwimatra* (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam^[15].

2.3. Analisis Komponen Utama (*Principal Components Analysis-PCA*)^[8]



Gambar 2. Formasi vektor wajah dari gambar wajah

Sebuah wajah, yang merupakan sebuah gambar, dapat dilihat sebagai sebuah vektor. Jika panjang dan lebar dari gambar tersebut adalah w dan h piksel maka jumlah komponen dari vektor ini adalah $w * h$. Setiap piksel dikodekan oleh satu komponen vektor.

Algoritma PCA adalah sebagai berikut^{[4][8][20][21]}:

1. Sebelum PCA dapat dilakukan, dilakukan *lexicographical ordering* untuk setiap wajah yang akan dilatihkan dimana kolom yang satu diletakkan disamping kolom yang lain sehingga membentuk vektor wajah yang merupakan vektor kolom. Vektor-vektor wajah tersebut disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu matriks X dengan orde $n \times m$, dimana n adalah banyaknya jumlah piksel ($w * h$) dan m adalah banyaknya gambar wajah. Matriks inilah yang akan digunakan sebagai masukan bagi PCA.

2. Hitung rata-rata (*mean*) setiap baris dari matriks besar tersebut, lalu kurangi semua nilai di setiap baris dengan rata-rata tersebut.

3. Membuat matriks kovarian L ,

$$L = X^t * X \quad (1)$$

4. Mencari nilai eigen (E) dan vektor eigen (C) dari matriks kovarian L .

Mengurutkan nilai-nilai eigen dan vektor eigen dari yang terbesar sampai yang terkecil, lalu pilihlah vektor eigen yang berkorespondensi dengan nilai eigen yang sudah diurutkan tersebut (di sinilah tahap reduksi dimensi sebenarnya berada, dengan memilih vektor eigen tersebut, kita tidak perlu menggunakan seluruh dimensi data yang ada, dan biasanya berkurang cukup drastis).

5. Mencari komponen utama (*principal component*) P , yaitu vektor eigen dari matriks ($X * X^t$) dengan menggunakan vektor eigen dari matriks ($X^t * X$),

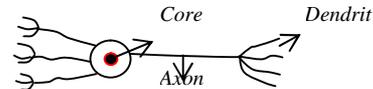
$$P = X * C \quad (2)$$

6. Menghitung komponen utama citra-citra latih Y ,

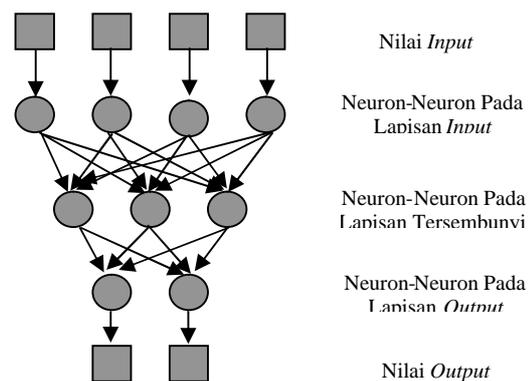
$$Y = P^t * X \quad (3)$$

Hasil transformasi ini merupakan gambar wajah yang telah direduksi menjadi beberapa variabel yang diperlukan saja yang akan dimasukkan ke jaringan syaraf tiruan.

2.4. Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar 3. Model sel saraf manusia



Gambar 4. Jaringan syaraf tiruan dengan 3 lapisan

Perambatan-balik (*Backpropagation*)

Proses pelatihan perambatan balik meliputi tiga tahap, yaitu : prosedur umpan maju, perhitungan serta perambatan balik kesalahan, dan penyesuaian bobot.

Algoritma perambatan balik diuraikan dalam langkah-langkah atau alur prosedur sebagai berikut.

- 1: Setiap unit masukan (X_n , $n = 1, \dots, n$) menerima sinyal-sinyal masukan x_n dan mengirimkan sinyal-sinyal ini ke unit-unit selanjutnya (unit-unit tersembunyi).

- 2: Setiap unit tersembunyi (I_h , $h = 1, \dots, h$) menjumlahkan sinyal-sinyal terbobotnya :

$$i_in_h = \theta_{hn} + \sum_n x_n w_{hn} \quad (4)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktifasinya untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$I_h = f(i_in_h) \quad (5)$$

lalu mengirimkannya pada semua unit lapis lapis keluaran.

- 3: Setiap unit keluaran (O_k , $k = 1, \dots, k$) menjumlahkan sinyal masukan terbobotnya :

$$o_in_k = \theta_{kh} + \sum_h i_h w_{kh} \quad (6)$$

Kemudian menerapkan fungsi aktifasi untuk menghitung sinyal keluarannya :

$$o_k = f(o_in_k) \quad (7)$$

Perhitungan dan perambatan balik kesalahan

- 4: Pada setiap unit keluaran (O_k , $k = 1, \dots, k$) menerima sebuah pola keluaran target yang berhubungan dengan pola masukan pelatihan, untuk menghitung informasi kesalahannya,

$$\delta_k = (t_k - o_k) f'(o_k) \quad (8)$$

Lalu dihitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{kh}).

$$\Delta w_{kh} = \alpha \delta_k I_h \quad (9)$$

Selanjutnya dihitung besar koreksi biasnya (yang akan digunakan untuk memperbaiki θ_{kh}).

$$\Delta \theta_{kh} = \alpha \delta_k \quad (10)$$

dan mengirimkan δ_k ke unit-unit lapis tersembunyi.

- 5: Pada setiap unit tersembunyi (I_h , $h = 1, \dots, h$) masukan deltanya (dari unit-unit lapis keluaran) dijumlahkan.

$$\delta_in_h = \sum_k \delta_k w_{kh} \quad (11)$$

Kemudian hasil ini akan digunakan untuk menghitung besar informasi kesalahannya,

$$\delta_h = \delta_in_h f'(i_h) \quad (12)$$

Lalu dihitung besar koreksi bobotnya (untuk memperbaiki w_{hn}),

$$\Delta w_{hn} = \alpha \delta_h x_n \quad (13)$$

Dan dihitung koreksi biasnya (untuk memperbaiki θ_{hn}),

$$\Delta \theta_{hn} = \alpha \delta_h \quad (14)$$

Perbaiki bobot dan bias

- 6: Masing-masing unit keluaran O_k , ($k = 1, \dots, k$) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{kh}(\text{baru}) = w_{kh}(\text{lama}) + \Delta w_{kh} \quad (15)$$

$$\theta_{kh}(\text{baru}) = \theta_{kh}(\text{lama}) + \Delta \theta_{kh} \quad (16)$$

- 7: Masing-masing unit tersembunyi (I_h , $h = 1, \dots, h$) diperbaiki bobot dan biasnya.

$$w_{hn}(\text{baru}) = w_{hn}(\text{lama}) + \Delta w_{hn} \quad (17)$$

$$\theta_{hn}(\text{baru}) = \theta_{hn}(\text{lama}) + \Delta \theta_{hn} \quad (18)$$

- 8: Proses berhenti pada saat koreksi kesalahan mencapai minimum.

Konvergen akan lebih cepat dicapai bila menggunakan penambahan metode momentum untuk perbaikan bobot. Perumusan bobot unit keluaran perambatan balik dengan momentum terlihat dalam persamaan berikut.

$$w_{kh}(t+1) = w_{kh}(t) + \alpha \delta_k I_h + \mu [w_{kh}(t) - w_{kh}(t-1)] \quad (19)$$

atau,

$$\Delta w_{kh}(t+1) = \alpha \delta_k I_h + \mu \Delta w_{kh}(t) \quad (20)$$

perbaikan pada unit tersembunyi :

$$w_{hn}(t+1) = w_{hn}(t) + \alpha \delta_h x_n + \mu [w_{hn}(t) - w_{hn}(t-1)] \quad (21)$$

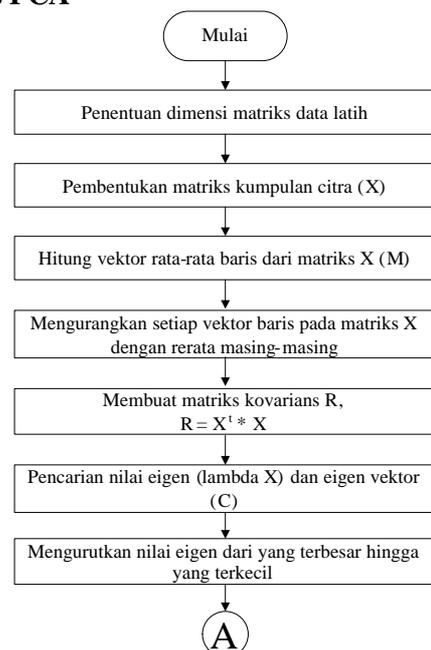
atau,

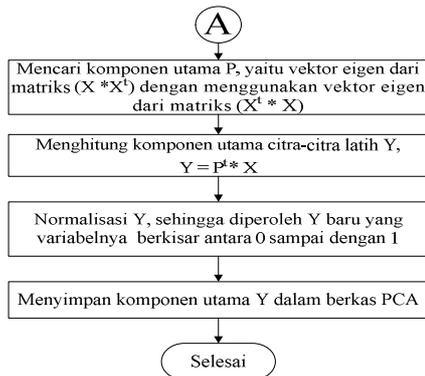
$$\Delta w_{hn}(t+1) = \alpha \delta_h x_n + \mu \Delta w_{hn}(t) \quad (22)$$

Setelah pelatihan, sebuah JST perambatan-balik hanya menggunakan tahap umpan-maju untuk prosedur pengenalan. Hasil perhitungan aktivasi Y_k dari proses umpan-maju pengenalan merupakan keluaran akhir jaringan. Untuk inisialisasi bobot awalnya digunakan bobot-bobot hasil pelatihan.

III. PERANCANGAN SISTEM DAN PERANGKAT LUNAK

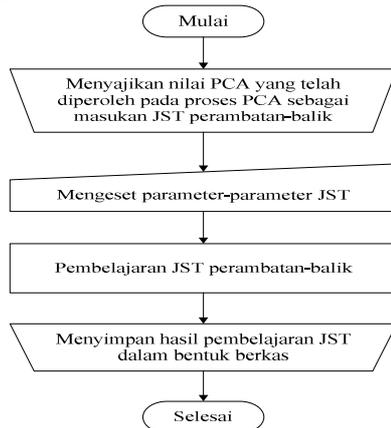
3.1 Proses PCA





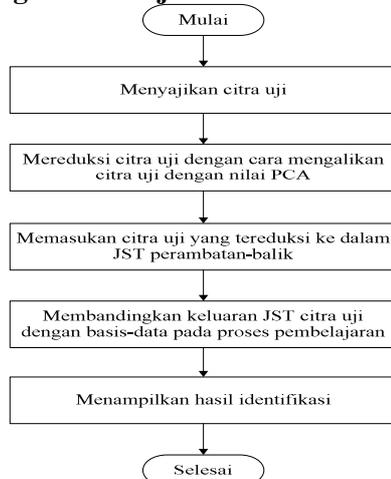
Gambar 5. Diagram alir proses PCA

3.2 Proses JST



Gambar 6. Diagram alir proses JST

3.3 Proses Pengenalan Wajah



Gambar 7. Diagram alir proses pengenalan wajah

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

4.1 Langkah-langkah Pengujian

Bab ini membahas hasil penelitian Pengenalan Wajah Manusia Menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA) dan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik, yang dibagi dalam beberapa jenis penelitian, yaitu:

1. Pengaruh jumlah citra latih terhadap hasil pengenalan wajah;
2. Pengaruh jumlah komponen utama yang digunakan untuk pelatihan terhadap hasil pengenalan;
3. Pengaruh parameter JST pada pelatihan;

4. Pengujian menggunakan data hasil pengambilan menggunakan kamera digital;
5. Pengujian menggunakan citra uji luar berupa wajah dan citra uji luar bukan wajah (citra hewan).

4.2. Citra dalam Pengujian

Citra wajah yang digunakan dalam pengujian sistem merupakan citra hasil unduh dari internet. Citra tersebut terdiri dari kumpulan citra wajah dari Olivetti Research Laboratory (ORL) di Cambridge, Inggris yang diambil antara April 1992 dan April 1994 dan citra bukan wajah (citra hewan). Dari 40 orang diambil 15 orang secara acak. Kemudian diambil 4 citra dari masing-masing orang untuk dimasukkan ke dalam berkas data latih, dan 4 citra lainnya dimasukkan ke dalam berkas data uji. Sehingga jumlah keseluruhan data latih dan data uji masing-masing adalah 60 citra. Selain citra wajah hasil unduh dari internet, adapula citra wajah yang diambil sendiri dengan menggunakan kamera digital (Olympus) 8 mega piksel. Seluruh citra tersebut berukuran 46 x 56 piksel, dengan tipe aras keabuan.

4.3. Pengujian

4.3.1 Pengujian Pengaruh Jumlah Citra Latih

Pada pengujian ini menggunakan data hasil unduh dari internet, dan parameter-parameter JST menggunakan pengaturan *default* yaitu :

Hidden Layer ke-1	= 8
Jumlah Iterasi	= 3000
Target Error	= 0,0001
Learning Rate	= 0,75
Momentum	= 0,25

Hasil pengujian diuraikan sebagai berikut:

1. Pengujian menggunakan 1 citra latih menghasilkan 45 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.
2. Pengujian menggunakan 2 citra latih menghasilkan 38 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.
3. Pengujian menggunakan 3 citra latih menghasilkan 33 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.
4. Pengujian menggunakan 4 citra latih menghasilkan 9 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.

4.3.2 Pengujian Pengaruh Jumlah Komponen Utama

Pengujian pengaruh jumlah komponen utama terhadap hasil pengenalan ini menghasilkan data-data sebagai berikut.

1. Pengujian menggunakan 60 komponen utama menghasilkan 9 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.
2. Pengujian menggunakan 8 komponen utama menghasilkan 9 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.
3. Pengujian menggunakan 7 komponen utama menghasilkan 9 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian.

4. Pengujian menggunakan 6 komponen utama menghasilkan 12 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian

4.3.3 Pengujian Pengaruh Parameter JST Pada Pelatihan

Proses pengujian pada pelatihan ini dilakukan dengan mencari konfigurasi terbaik dengan cara mengubah *learning rate*, momentum, dan jumlah neuron secara coba-coba (*trial and error*). Penentuan jumlah neuron, *learning rate*, momentum, *target error*, dan jumlah iterasi adalah hal terpenting dalam menentukan arsitektur dan parameter terbaik bagi jaringan syaraf tiruan pada proses pelatihan sehingga diharapkan proses pelatihan berlangsung dengan cepat dan konvergen untuk mencapai *target error* tertentu.

Setelah melakukan percobaan dengan cara mengubah-ubah parameter JST yang telah disebutkan diatas secara coba-coba, diperoleh hasil terbaik pengenalan dengan parameter JST sebagai berikut:

Hidden Layer ke-1	= 8
Jumlah Iterasi	= 3000
Target Error	= 0,001
Learning Rate	= 0,75
Momentum	= 0,25

Pada pengujian ini menggunakan 10 komponen utama dari 4 buah citra latih. Hasil pengujian diperoleh 6 kesalahan pengenalan dari 60 pengujian, dengan persentase tingkat keberhasilan pengenalan adalah 90 %.

4.3.4 Pengujian Menggunakan Data Hasil Pengambilan Menggunakan Kamera Digital

Pada pengujian ini baik PCA maupun JST menggunakan setingan terbaik yang diperoleh pada pengujian-pengujian sebelumnya, dengan harapan setingan terbaik tersebut juga merupakan setingan terbaik pada pengujian ini.



Gambar 8. Contoh citra wajah pada pengujian

Jumlah kesalahan pengenalan pada pengujian ini adalah 2 buah dari 60 pengujian, dengan persentase tingkat keberhasilan pengenalan adalah 96,67 %.

4.3.5 Pengujian Menggunakan Citra Uji Luar Berupa Wajah dan Citra Uji Luar Bukan Wajah (Citra Hewan)



Gambar 9. Contoh citra wajah (a) dan citra hewan (b) pada pengujian

Jumlah kesalahan pengenalan pada pengujian ini adalah 1 buah dari 60 pengujian, dengan persentase tingkat keberhasilan pengenalan adalah 98,33 %. Satu

kesalahan pengenalan tersebut terjadi pada pengujian menggunakan citra uji luar berupa wajah, sedangkan pengujian menggunakan citra uji luar bukan wajah tidak menghasilkan kesalahan pengenalan.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, mulai dari perancangan sampai pengujian dan analisis sistem, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Penggabungan dua metode yaitu analisis komponen utama (PCA) dan jaringan syaraf tiruan perambatan-balik yang diterapkan dalam sistem pengenalan wajah memberikan hasil yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan dengan tingkat pengenalan selama pengujian, yaitu dengan tingkat pengenalan rata-rata 85 %.
2. Jumlah citra latih yang digunakan pada penelitian ini berbanding lurus dengan kinerja sistem pengenalan wajah, artinya semakin banyak citra latih yang digunakan untuk pelatihan, hasil pengenalannya akan semakin baik.
3. Vektor ciri keluaran dari PCA dapat dikurangi jumlah komponen utamanya sampai pada jumlah tertentu (dalam penelitian ini sampai dengan 7 komponen utama masih bisa memberikan hasil pengenalan yang sama baiknya dengan menggunakan semua komponen utama, yaitu 60 komponen utama). Hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian dari Wibowo^[19], yang mana pengurangan komponen utamanya hanya sampai 30 komponen utama.
4. Tingkat keberhasilan sistem terbaik menggunakan data dari Olivetti Research Laboratory (ORL) adalah mencapai 90 %; tingkat keberhasilan sistem terbaik menggunakan data hasil pengambilan menggunakan kamera digital (Olympus) 8 mega piksel adalah 96,67 %. Sedangkan pada penelitian Wibowo^[19] pengambilan data menggunakan media kamera digital yang terpasang pada telepon genggam Nokia seri 6600 dan hasil unduh dari internet, dan tingkat keberhasilan pengenalannya selama pelatihan yaitu 95 %.
5. Hasil pengujian menggunakan data hasil pengambilan dengan kamera digital menunjukkan hasil lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian Wibowo^[19], sebab citra-citra diambil dengan tidak memperhatikan tingkat pencahayaan (siang ataupun malam hari), tempat pengambilan dan bayangan wajah yang timbul akibat efek pencahayaan yang kurang baik. Selain itu tingkat variasi citra yang lebih banyak (ekspresi, posisi, dan aksesoris wajah), sedangkan pada penelitian Wibowo^[19] citra wajah yang digunakan adalah citra

wajah lurus tampak depan dan mendapat tingkat pencahayaan yang sama.

6. Pelatihan untuk mendapatkan tingkat akurasi dalam pengenalan dengan jaringan syaraf tiruan perambatan-balik yang terbaik adalah sebagai berikut.
 - a. Hiden layer ke-1 = 8
 - b. Jumlah iterasi = 3000
 - c. Target galat = 0,001
 - d. Laju pembelajaran = 0,75
 - e. Momentum = 0,25
7. Secara umum penggabungan dua metode yaitu analisis komponen utama (PCA) dan jaringan syaraf tiruan perambatan-balik yang diterapkan dalam sistem pengenalan wajah lebih baik jika dibandingkan dengan hanya memakai metode analisis komponen utama (PCA) saja.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk membuat sistem pengenalan wajah secara *realtime*.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan sistem deteksi wajah, sehingga sistem menjadi lebih lengkap selain dapat mengenali wajah seseorang sistem juga dapat mendeteksi wajah seseorang dari sekumpulan citra atau citra seluruh tubuh seseorang (citra manusia).
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengenalan yang menyangkut ekspresi wajah seseorang (senyum, tertawa, cemberut dan lain-lain).
4. Perlu dilakukan penelitian tentang pengenalan yang menyangkut emosi seseorang (senang, marah, sedih, takut, berani, kaget, dan lain-lain), yang dapat diketahui dari raut wajah seseorang. Tentunya hal ini akan sangat akurat jika bekerjasama dengan disiplin ilmu psikologi.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengenali wajah seseorang dari masa ke masa (masa kecil atau anak-anak, masa remaja, masa muda, masa tua).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad, B. dan K. Firdausy, *Teknik Pengolahan Citra Digital menggunakan Delphi*, Ardi Publishing, 2005.
- [2] Arymurthy, A. Murni. dan S. Setiawan, *Pengantar Pengolahan Citra*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1992
- [3] Bahri, K.S. dan W. Sjachriyanto, *Pemrograman Delphi*, Informatika Bandung, 2005.
- [4] Belhumeur, P.N., J.P. Hespanha, and Kriegman, D.J., *Eigenfaces vs Fisherfaces : Recognition Using Class Specific Linear Projection*, IEEE Transactions on Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, July 1997.
- [5] Debord, J., *TPMath (Math library for Pascal compilers)*, 18 Agustus 2008.
- [6] Fadlisyah, *Computer Vision dan Pengolahan Citra*, Andi Yogyakarta, 2007.
- [7] Fauzan, Z. dan F. Taufiq, *Pengolahan Citra Menggunakan Delphi*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2008.
- [8] Gunadi, K. dan Sonny R.P., *Pembuatan Perangkat Lunak Pengenalan Wajah Menggunakan Principal Component Analysis*. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kristen Petra.
- [9] Herlambang, Y., *Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Pada Deteksi Wajah*, Tugas Akhir Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- [10] Jain, A.K., *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall of India, 1989.
- [11] Kristanto, A., *Jaringan Syaraf Tiruan (Konsep Dasar, Algoritma, dan Aplikasi)*, Gava Media, Yogyakarta, 2004.
- [12] Kurniawan, D., *Penentuan Wilayah Wajah Manusia Pada Citra Berwarna Berdasarkan Warna Kulit Dengan Metode Template Matching*, Tugas Akhir Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- [13] Kurniawan, S., *Pengenalan Pola Sidik Jari Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Umpan Maju (Feed Forward) Dengan Pelatihan Perambatan Balik (Back Propagation)*, Tugas Akhir Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [14] Kusumadewi, S., *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.
- [15] Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Informatika Bandung, 2004.
- [16] Prasetyo, E. dan I. Rahmatun, *Desain Sistem Pengenalan Wajah Dengan Variasi Ekspresi dan Posisi Menggunakan Metode Eigenface*. Universitas Gunadarma.
- [17] Siang, J.J., *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya menggunakan Matlab*, ANDI, Yogyakarta, 2005.
- [18] Wahana-Komputer, *Pemrograman Borland Delphi 7.0*, ANDI, Yogyakarta, 2003.
- [19] Wibowo, B.B., *Pengenalan Wajah Menggunakan Analisis Komponen Utama (Principal Components Analysis)*, Tugas Akhir Mahasiswa S-1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [20] ----, *PCA Based Face Recognition System*, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/17032>, Desember 2008.
- [21] ----, *Teknik Reduksi Dimensi (Studi kasus Principal Component Analysis)*.htm, September 2008.

BIOGRAFI**Hidayat Zayuman (L2F003507)**

Lahir di Bau-Bau (Buton), Sulawesi Tenggara; 14 Desember 1984. Menempuh pendidikan di TK Perwanida Bau-Bau; SDN 3 Bau-Bau lulus tahun 1997; SLTPN 2 Bau-Bau lulus tahun 2000; SMUN 2 Bau-Bau lulus tahun 2003. Saat ini sedang menyelesaikan studi Strata-1 di

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang dengan Konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

E-mail: Day_47e@yahoo.com

Mengetahui dan Mengesahkan,**Pembimbing I,**

Imam Santoso, S.T., M.T.
NIP. 132 162 546

Pembimbing II,

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.
NIP. 132 288 515