

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS TEKNIK PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE EIGENFACE DAN LINE EDGE MAP BERBASIS CITRA DIGITAL

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS FACE RECOGNITION TECHNIQUE USING EIGENFACE AND LINE EDGE MAP METHOD BASED ON DIGITAL IMAGE

Fonizza Popy Wijaya¹, Gelar Budiman², Unang Sunarya³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹fpopyw@gmail.com, ²gelarbudiman@telkomuniversity.ac.id, ³unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Face recognition merupakan salah satu bagian dari pengolahan citra yang digunakan untuk membandingkan satu citra wajah masukan dengan suatu *database* wajah kemudian menghasilkan data wajah yang sesuai dengan citra tersebut. Biasanya wajah manusia sangat mirip dalam struktur dengan perbedaan kecil dari setiap orang. Perubahan kondisi pencahayaan, ekspresi wajah, dan variasi *pose* yang lebih rumit merupakan salah satu masalah sulit dalam analisis pola pada *face recognition*.

Pada sistem ini dibuat suatu proses pengenalan wajah yang berguna pada presensi di kelas. Proses ini membutuhkan *database* berupa nama mahasiswa. Algoritma yang digunakan dalam pengenalan wajah memang cukup banyak dan bervariasi, tetapi semuanya memiliki tiga tahap dasar yang sama, yaitu tahap deteksi wajah (*face detection*), tahap ekstraksi komponen wajah (*facial features extraction*), dan yang terakhir tahap pengenalan wajah (*face recognition*). Pada tugas akhir ini, penulis membandingkan antara metode *eigenface* dan *line edge map*. *Eigenface* terdiri atas sekumpulan vektor eigen yang merepresentasikan ciri citra wajah dalam basis data. Pada *line edge map*, fitur fisiologis dari wajah manusia seperti mulut, hidung, dan mata merupakan karakter utama dalam proses pengenalan wajah.

Dari hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa sistem berjalan dengan baik jika mendapat pencahayaan yang cukup dan *database* lengkap berisi berbagai ekspresi dan atribut, serta *webcam* dengan resolusi yang mendukung. Kedua metode baik *eigenface* dan *line edge map* dapat bekerja dengan baik pada proses capture yang berjarak 50 cm dengan akurasi mencapai 100% dan 96,66%.

Kata kunci: face recognition, face detection, eigenface, line edge map

Abstract

Face recognition is one part of the image processing used to compare the input face image with a face database and then to generate face data corresponding to that image. Usually the human face is very similar in structure with minor differences from each person. Changes in lighting conditions, facial expressions, and variations which take more complicated poses are some difficult problems in the analysis of patterns in face recognition.

In this system is made a face recognition process that is useful in recording the attendance list in class. This process requires a database such as name of student. The algorithm used in face recognition are quite numerous and varied, but all have the same three basic stages: stage face detection (*face detection*), facial component extraction stage (*facial features extraction*), and the last stage of face recognition (*face recognition*). In this thesis, the author compare the method of *eigenface* and *line edge map*. *Eigenface* consists of Eigenvector set presenting face image feature in database. In *line edge map*, phsycology feature of human face such as mouth, nouse, and eyes is the main character in face recognition.

From the test results it can be concluded that the system runs fine if bright light and complete database contains various expressions and attributes, also webcam with supporting resolution. Both of method *Eigenface* and *Line Edge Map* can work good on capture process in 50 cm distance with accuracy 100% and 96,66%.

Keywords: face recognition, face detection, eigenface, line edge map

1 Pendahuluan

Teknologi dalam kehidupan manusia memiliki peranan yang sangat penting karena dapat membantu kinerja manusia dalam berbagai bidang, salah satunya bidang keamanan, yang merupakan latar belakang utama diadakannya penelitian dasar sistem pengenalan wajah ini. Pada awal dibuatnya komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan zaman, peran komputer semakin memodifikasi kehidupan manusia. Salah satunya dalam bidang pengolahan citra digital yaitu *face recognition*. Bentuk aplikasinya adalah penggunaan sistem terkomputerisasi untuk sistem presensi mahasiswa.

Presensi mahasiswa adalah salah satu aktivitas wajib yang sangat penting, karena berkaitan dengan produktifitas dari mahasiswa tersebut.

Sekarang telah berkembang berbagai jenis sistem presensi mahasiswa, diantaranya adalah sistem presensi dengan menggunakan *barcode*, sidik jari dan pengenalan wajah. Pada penggunaan *barcode*, biasanya *barcode* dicetak pada kartu mahasiswa dan sistem hanya tinggal melakukan *scanning barcode* ini. Masalah timbul jika mahasiswa yang bersangkutan lupa membawa kartu indentitasnya, sehingga mahasiswa yang bersangkutan akan dianggap tidak masuk pada hari itu. Masalah lain timbul jika

mahasiswa yang tidak masuk menitipkan kartu identitas kepada mahasiswa lain untuk di-scan sehingga dianggap masuk. Alternatifnya adalah dengan menggunakan sidik jari sebagai pengganti *barcode*, atau juga dengan menggunakan *scan* wajah.

Pada penggunaan *barcode* dan sidik jari sudah banyak beredar *scanner barcode* maupun *scanner* sidik jari dengan alternatif harga yang beragam dan umumnya relatif mahal. Untuk penelitian ini akan dipilih penggunaan pengenalan wajah, karena teknik ini bisa diimplementasikan dengan menggunakan kamera digital sebagai media scanning wajah, atau dengan menggunakan *webcam* sehingga lebih ekonomis.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka pada tugas akhir ini diusulkan untuk dirancang sebuah sistem pengenalan wajah bersifat *realtime* yang berguna pada proses presensi di kelas. Proses ini membutuhkan *database* berupa nama mahasiswa. *Webcam* akan mendeteksi wajah mahasiswa. Ketika program mengenali bentuk umum wajah, program akan menghubungkannya dengan *database* mahasiswa. Mahasiswa yang teridentifikasi akan dinyatakan hadir dalam perkuliahan tersebut.

Software yang digunakan dalam perancangan tugas akhir ini adalah Matlab 2010b dan NetBeans IDE 7.4. Jika program ini berjalan dengan baik dan akurat, akan sangat menguntungkan. Karena akan mengurangi tingkat kebohongan mahasiswa dalam titip presensi. Ini merupakan penelitian dasar, tujuannya agar dapat diterapkan pada penelitian selanjutnya.

Pada paper ini, bagian pertama dijelaskan tentang latar belakang masalah tugas akhir ini dibuat. Bagian kedua dijelaskan tentang teknik pengenalan wajah menggunakan *eigenface* dan *line edge map*. Pada bagian ketiga dipaparkan tentang model perancangan sistem pengenalan wajah yang akan diimplementasikan pada sistem presensi perkuliahan. Kemudian pada bagian keempat akan dijelaskan mengenai hasil dari implementasi sistem pengenalan wajah. Bagian akhir yaitu kelima tentang kesimpulan dari tugas akhir ini.

2. Teknik Pengenalan Wajah Menggunakan Metode *Eigenface* dan *Line Edge Map*

2.1. *Eigenface*^[4]

Metode Ekstraksi ciri adalah suatu metode yang mengambil ciri dari suatu gambar karakter, yang nanti nilai hasil ekstraksi ciri yang didapatkan akan dianalisis untuk proses selanjutnya. Beberapa contoh metode ekstraksi ciri adalah *eigenface*, *fisherface*, dan *neural networks*.

Salah satu metode yang sering dipakai untuk ekstraksi ciri adalah *eigenface*. *Eigenface* terdiri atas sekumpulan vektor eigen yang merepresentasikan ciri citra wajah dalam basis data.

Eigenface menggunakan *unsupervised statistical technique* yang cukup populer, yaitu PCA (*Principal Component Analysis*). Metode PCA biasa

dikenal dengan metode Karhunen-Loven, berusaha melakukan proyeksi dari ruang citra dengan dimensi yang lebih tinggi ke ruang ciri dengan dimensi yang lebih rendah. Reduksi dimensi dari ruang citra ke ruang ciri dilakukan untuk meningkatkan efisien dalam proses komputasi dan mengurangi *storage* yang diperlukan.

Proses algoritma *eigenface* adalah sebagai berikut :

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ menjadi vektor random dengan $x_i \in \mathbb{R}^d$

1. Menghitung rata-rata

(1)

2. Menghitung kovarian matriks S

(2)

3. Menghitung nilai eigen λ_i dengan vektor eigen v_i dari S

(3)

4. Urutkan vektor eigen secara *descending* dengan eigen value mereka. Komponen utama k adalah vektor eigen yang sesuai dengan nilai k eigen terbesar.

Komponen utama k, vektor x diperoleh dari : $y =$

$$W^T(x-\mu) \text{ dimana } W=(v_1, v_2, \dots, v_k) \quad (4)$$

Rekonstruksi *Principle Component Analysis* (PCA) diperoleh dari :

$$x = W_y + \mu \text{ dimana } W=(v_1, v_2, \dots, v_k) \quad (5)$$

2.1.1. *Euclidean Distance*^[10]

Ruang *Euclidean* merupakan ruang dengan dimensi terbatas yang bernilai riil. Jarak *Euclidean* antara dua titik adalah panjang sisi miring dari sebuah segitiga siku-siku. Dimana x adalah citra training, dan y adalah citra input test. Jika

dan merupakan dua titik dalam

Euclidean ruang - , maka jarak *Euclidean* ke

adalah :

(6)

2.2. *Line Edge Map*^[3]

Studi psikologi kognitif menunjukkan bahwa manusia mengenali gambar garis dengan cepat dan hampir seakurat gambar *gray-level*. Hasil ini mungkin berarti bahwa tepi gambar objek dapat digunakan untuk pengenalan objek dan untuk mencapai akurasi yang sama seperti gambar *gray-level*. *Hausdorff distance* dipilih untuk mengukur kesamaan dari kumpulan dua titik, contoh, *edge map* dua wajah, karena *Hausdorff distance* dapat dihitung tanpa pasangan eksplisit poin di kumpulan data mereka masing-masing.

Algoritma ini menjelaskan teknik baru berdasarkan *line edge map* (LEM) untuk menyelesaikan pengenalan wajah. Dalam oposisi dengan algoritma lainnya, LEM menggunakan fitur

fisiologis dari wajah manusia untuk memecahkan masalah, terutama menggunakan mulut, hidung, dan mata sebagai karakter utama.

Untuk mengukur kesamaan wajah manusia, pertama - tama gambar dikonversi menjadi gambar

gray-level . Foto-foto tersebut dikodekan ke *edge maps* biner menggunakan algoritma *canny edge detection*. Sistem ini sangat mirip dengan cara manusia memandang wajah orang lain, hal ini dinyatakan dalam banyak studi psikologis.

2.2.1. Line Segment Hausdorff Distance ^[3]

Ukuran baru disparitas, *Line Segment Hausdorff Distance* (LHD), dirancang untuk mengukur kesamaan wajah LEM. LHD adalah ukuran bentuk perbandingan berdasarkan LEM. Itu adalah jarak yang didefinisikan antara dua himpunan garis. Tidak seperti kebanyakan bentuk metode perbandingan yang membangun satu-kesatu korespondensi antara gambar model dan gambar tes, LHD dapat dihitung tanpa eksplisit garis korespondensi untuk menangani masalah garis rusak yang disebabkan oleh kesalahan segmentasi. LHD untuk LEM pencocokan lebih toleran terhadap gangguan di lokasi garis daripada teknik korelasi karena mengukur kedekatan daripada superposisi yang tepat.

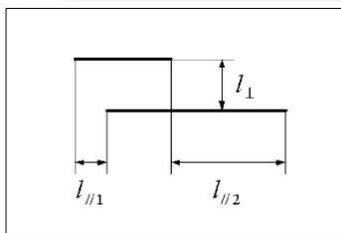
Diberikan dua LEM (wajah dari database) dan (citra masukan untuk dideteksi). LHD direpresentasikan oleh vektor . Unsur-unsur dari vektor ini mewakili tiga pengukuran jarak perbedaan, yaitu jarak orientasi, jarak paralel dan jarak tegak lurus.

(7)

(8)

(9)

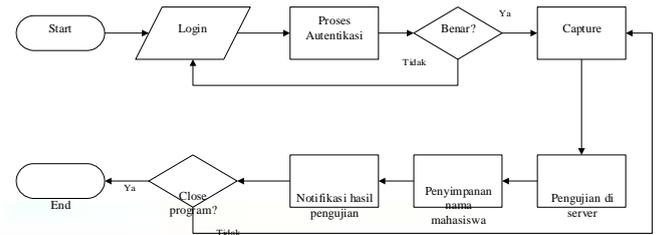
(10)



Gambar 1. Contoh untuk Menghitung Paralel dan Jarak Tegak Lurus

3. Perancangan Sistem

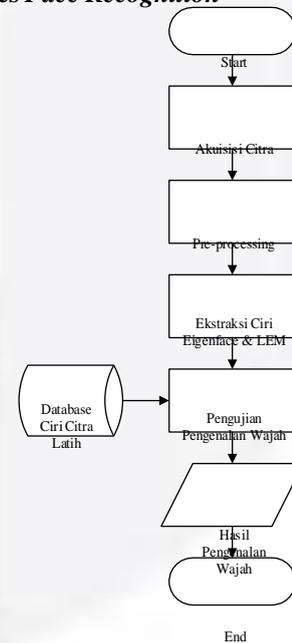
Secara umum pemodelan sistem pengenalan wajah adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Keseluruhan

Sistem ini dimulai dengan proses *login* oleh *user*. Proses selanjutnya yaitu autentikasi. Jika proses autentikasi berhasil maka kemudian proses *capture* wajah yang untuk diidentifikasi. *Webcam* yang telah terhubung dengan komputer mendeteksi adanya wajah dan kemudian dilakukan proses *cropping* pada gambar tersebut. Setelah itu gambar *cropping* di-*upload* ke *server* untuk dilakukan proses pengujian pengenalan wajah. Gambar yang di *upload* dicocokkan dengan data ciri wajah yang sudah tersimpan dalam *database*. Sistem memilih data ciri yang mirip dengan ciri wajah gambar *cropping*. Data wajah yang dikenali akan disimpan dalam *database* presensi. Kemudian notifikasi hasil pengujian diberikan ke *user*. Jika program ditutup maka sistem ini akan berhenti.

3.1. Proses Face Recognition



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Pengenalan Wajah

3.1.1. Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra dilakukan secara *realtime* dengan *webcam* yang telah terhubung dengan komputer. Citra yang diakuisisi adalah wajah manusia yang di-*capture* menggunakan *webcam* dengan pencahayaan yang cukup dan ekspresi wajah normal, tidak marah ataupun tidak senyum, tidak sedih/cemberut, wajah menghadap ke *webcam*, dalam

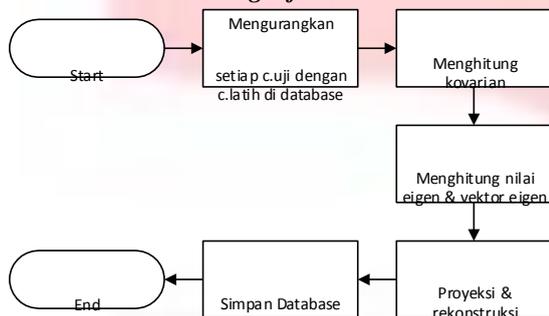
posisi tegak, dan tidak terhalangi sebagian oleh objek lain.

3.1.2. Pre-processing Citra

Tahap *pre-processing* penting dilakukan diantaranya untuk standarisasi ukuran karena proses akuisisi citra akan menghasilkan ukuran citra yang berbeda – beda. Selain itu, *pre-processing* dapat mempermudah proses komputasi untuk tahapan selanjutnya yaitu ekstraksi ciri. Tahap – tahap *pre-processing* dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

1. RGB to Grayscale
2. Cropping
3. Resize

3.1.3. Ekstraksi Ciri Eigenface



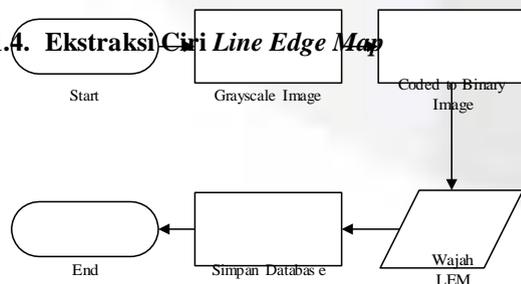
Gambar 4. Diagram Alir Tahap Ekstraksi Ciri Eigenface

Wajah yang sudah dideteksi oleh sistem akan dijadikan masukan untuk metode *eigenface*. Citra wajah yang telah diproses sebelumnya dikurangkan dengan setiap citra yang ada di *database*. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai kovarian yang digunakan untuk menghitung nilai eigen dan vektor eigen. Setelah itu dilakukan proses proyeksi dan rekonstruksi data untuk langkah selanjutnya.

Setelah proses *eigenface* selesai, hasil keluaran

algoritma *eigenface* disimpan dalam *database*. Hasil keluaran yang disimpan tersebut dijadikan masukan sebagai citra uji terhadap data yang ada di *database*. Citra uji akan dibandingkan dengan setiap data yang ada di *database* satu per satu.

3.1.4. Ekstraksi Ciri Line Edge Map



Gambar 5. Diagram Alir Tahap Ekstraksi Ciri Line Edge Map

Wajah yang sudah dideteksi oleh sistem akan dijadikan masukan untuk metode *line edge map*. Masukan algoritma *line edge map* harus berupa gambar

menggunakan algoritma *canny edge detection* untuk mendapatkan wajah *line edge map*. Wajah ini akan disimpan dalam *database*. Hasil keluaran yang disimpan tersebut dijadikan masukan sebagai citra uji terhadap data yang ada di *database*. Citra uji akan dibandingkan dengan setiap data yang ada di *database* satu per satu.

4. Pengujian dan Analisis Sistem

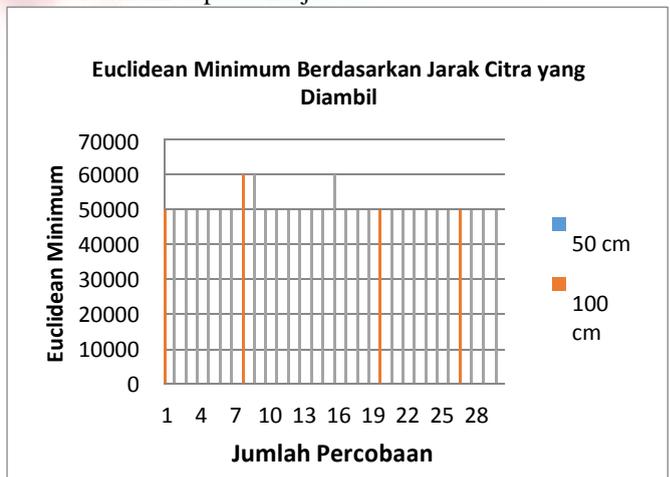
4.1. Hasil dan Analisis Pengujian Dengan Metode Eigenface

Setelah dilakukan pengujian dengan 30 kali percobaan dari masing-masing kriteria, maka hasil yang didapat sebagai berikut :

4.1.1. Pengujian Jarak Citra Yang Diambil

Tujuannya adalah untuk mengetahui

kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengenali wajah serta untuk mengetahui pada jarak berapakah sistem ini dapat bekerja.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Parameter Jarak

Rata-rata *euclidean* minimum yang di dapat adalah sekitar 50194 untuk jarak pengambilan citra 50 cm. Sedangkan untuk jarak pengambilan citra 100 cm adalah 52231,3. Kemudian untuk jarak pengambilan citra 200 cm adalah 53301,42. Semakin kecil ukuran foto yang di proses maka *euclidean* minimum semakin besar.



Gambar 7. Grafik Akurasi Sistem

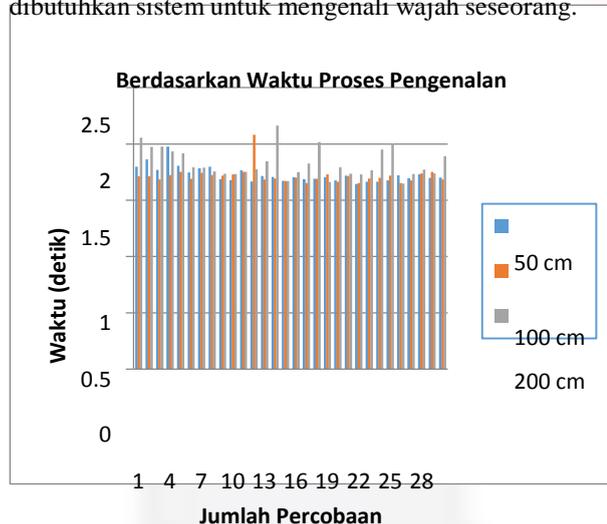
Dari hasil pengujian berdasarkan jarak citra yang diambil ditunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik pada jarak 50 cm dengan nilai akurasi dari sistem pengenalan wajah adalah 100% dari 30 kali percobaan. Akurasi sistem berkurang ketika bekerja pada jarak 100 cm dan 200 cm yaitu dari akurasi 100% turun menjadi 66,66% dan 40%.

Hal ini disebabkan karena beberapa faktor yaitu pengambilan citra pada malam hari, pengambilan citra pada kondisi gelap atau kurang pencahayaan, background pengambilan citra yang gelap,

pengambilan citra yang membelakangi cahaya, adanya atribut yang sama, contohnya kerudung. Sehingga pada saat pengambilan citra uji sebaiknya tidak terlalu banyak pencahayaan dan tidak terlalu gelap.

4.1.2. Pengujian Waktu Pengenalan Wajah

Pengujian dengan mengetahui proses deteksi wajah bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengenali wajah seseorang.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Parameter Waktu

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh sistem, rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem untuk proses pengenalan wajah yaitu sekitar 1,727 detik pada jarak 50 cm, 1,716 detik pada jarak 100 cm, 1,829 detik pada jarak 200 cm, dengan masing-masing jarak memproses 30 kali percobaan.

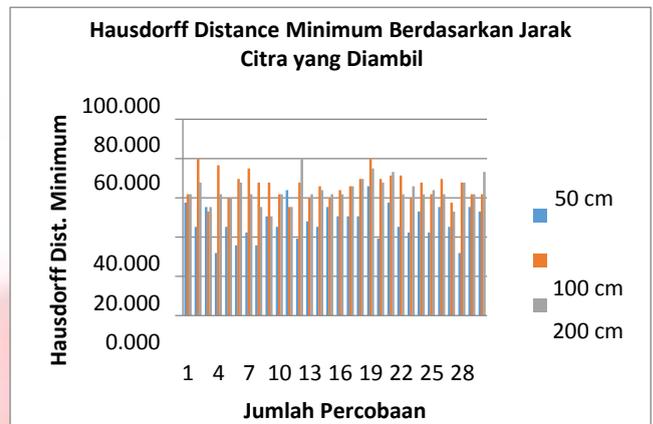
Semakin banyak database yang tersimpan maka akan semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengenalan wajah. Namun jika database semakin banyak maka tingkat akurasi sistem akan semakin baik. Jumlah database berbanding terbalik dengan waktu yang dibutuhkan untuk pengenalan wajah. Jumlah database berbanding lurus dengan nilai akurasi sistem.

4.2. Hasil dan Analisis Pengujian Dengan Metode Line Edge Map

Setelah dilakukan pengujian dengan 30 kali percobaan dari masing-masing kriteria, maka hasil yang didapat sebagai berikut :

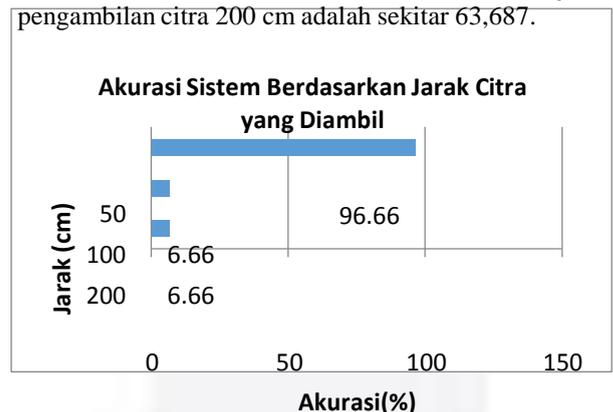
4.2.1. Pengujian Jarak Citra Yang Diambil

Tujuannya adalah untuk mengetahui pada jarak berapakah sistem ini dapat bekerja.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Parameter Jarak

Rata-rata hausdorff distance minimum yang di dapat adalah sekitar 47,774 untuk jarak pengambilan citra 50 cm. Sedangkan untuk jarak pengambilan citra 100 cm adalah sekitar 66,027. Kemudian untuk jarak pengambilan citra 200 cm adalah sekitar 63,687.



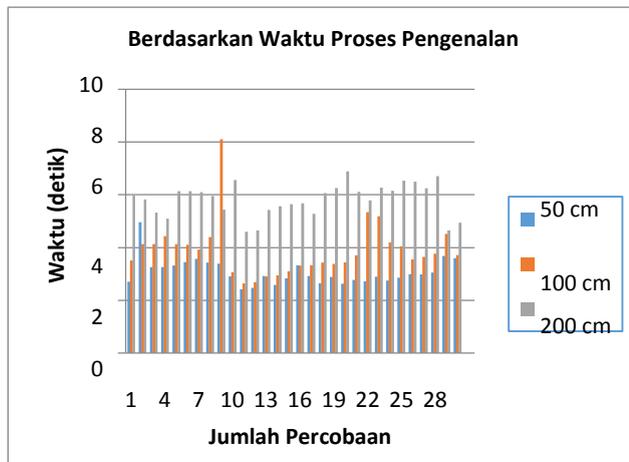
Gambar 10. Grafik Akurasi Sistem

Dari hasil pengujian berdasarkan jarak citra yang diambil yaitu 50 cm ditunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik karena sebagian besar wajah yang terdeteksi dapat dikenali sistem. Ditunjukkan dengan nilai akurasi dari sistem pengenalan wajah adalah 93,33% dari 30 kali percobaan. Sistem ini tidak dapat bekerja pada jarak jauh. Akurasi sistem berkurang ketika bekerja pada jarak 100 cm dan 200 cm yaitu dari akurasi 96,66% turun menjadi 6,66% dan 6,66%.

Hal ini disebabkan karena beberapa faktor yaitu jarak pengambilan citra, pengambilan citra pada kondisi gelap, adanya atribut, contohnya kerudung dan rambut panjang. Kerudung sangat mempengaruhi bentuk tepi wajah, sehingga disarankan pada saat pengambilan citra uji sebaiknya mengambil citra wajah pria dengan rambut pendek.

4.2.2. Pengujian Waktu Pengenalan Wajah

Pengujian dengan mengetahui proses deteksi wajah bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengenali wajah seseorang.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Parameter Waktu

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh sistem, rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem untuk proses pengenalan wajah yaitu sekitar 3,070 detik pada jarak 50 cm, 3,892 detik pada jarak 100 cm, 5,819 detik pada jarak 200 cm, dengan masing-masing jarak memproses 30 kali percobaan. Semakin kecil ukuran foto yang diproses maka waktu proses pengenalan wajah akan semakin cepat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian sistem pengenalan wajah berbasis citra digital menggunakan metode *eigenface* dan *line edge map*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan pengujian dengan parameter jarak, sistem pada kedua metode tersebut dapat bekerja dengan baik pada proses capture yang berjarak 50 cm. Pengujian *eigenface* jarak 50 cm mendapat akurasi maksimal yaitu 100% dengan 30 kali percobaan, pada jarak 100 cm dan 200 cm akurasi menurun menjadi 66,66% dan 40%. Sedangkan pengujian *line edge map* jarak 50 cm mencapai akurasi 96,66% dengan 30 kali percobaan, pada jarak 100 cm dan 200 cm, akurasi menurun drastis hingga 6,66% dan 6,66%.
2. Berdasarkan pengujian dengan parameter waktu komputasi pengenalan wajah, rata – rata waktu yang dibutuhkan untuk proses pengenalan wajah secara *non-realtime* pada *eigenface* adalah 1,757 detik sedangkan pada *line edge map* adalah 4,260 detik.

5.2. Saran

Setelah melihat dari hasil penelitian, penulis memberikan beberapa saran jika sistem ini akan dikembangkan. Berikut beberapa saran penulis.

1. Pada *eigenface* proses pendeteksian dan pengenalan wajah sangat berpengaruh pada *background* wajah, oleh karena itu penulis menyarankan untuk menggunakan algoritma *background removal*.

Daftar Pustaka :

- [1]. Anonim. *Vision.CascadeObjectDetector System Object*. [Online] Available at: <http://www.mathworks.com/help/vision/ref/visi-on.cascadeobjectdetector-class.html>. [Accessed 19 September 2014]
- [2]. Anonim. *XAMPP*. [Online] Available at: <http://id.wikipedia.org/wiki/XAMPP>. [Accessed 19 September 2014]
- [3]. Gao, Yongsheng and Maylor K.H. Leung. 2002. *Face Recognition Using Line Edge Map*. IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 24, No. 6
- [4]. Iqbal, Mohammad. 2014. *Sistem Keamanan Pintu Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Eigenface Dan Template Matching*. Tugas Akhir. Bandung. Universitas Telkom
- [5]. Nugroho, Setyo. 2004. *Sistem Pendeteksi Wajah Manusia pada Citra Digital*
- [6]. Priwadi, Ozi. *OpenCV*. [Online] Available at: <http://www.priwadi.com/2012/09/opencv.html>. [Accessed 19 September 2014]
- [7]. Tantu, Muhammad Akbar. 2014. *Simulasi dan Analisis Teknik Steganalisis Domain DWT Menggunakan Metode Uji Chi – Square*. Tugas Akhir. Bandung. Universitas Telkom
- [8]. Turk, MA and Pentland, AP. 1991. *Face Recognition Using Eigenface*. IEEE Comput. Sco. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition
- [9]. Widiastuti, Putri. *Multithreading*. [Online] Available at: <http://sangwidy.wordpress.com/web-design/oop-2/7-multi-threading/#content>. [Accessed 19 September 2014]
- [10]. Yaniar, Nimas S. *Perbandingan Ukuran Jarak pada Proses Pengenalan Wajah Berbasis Principal Component Analysis (PCA)*