
Penerapan Algoritma Gabor Wavelet Sebagai Keamanan Rumah Dengan Mengidentifikasi Wajah Berbasis Webcam

Gabor Wavelet Algorithm Application Security As Home To Identify The Face Bbased Webcam

Adil Setiawan

Universitas Potensi Utama, Jl. K.L Yos Sudarso Km. 6,5 No.3A Medan

Jurusan Sistem Informasi, Universitas Potensi Utama

Email : Adio165@gmail.com

Abstrak

Identifikasi wajah merupakan sebuah proses *face detection* yang mudah untuk diimplementasikan di dalam bidang penelitian pemrosesan wajah (*face processing*), pendeteksian wajah manusia merupakan suatu tahap awal yang sangat penting di dalam proses pengenalan wajah (*face recognition*). Sistem pengenalan wajah digunakan untuk membandingkan satu citra wajah inputan dengan suatu database wajah dan menghasilkan wajah yang paling cocok dengan citra tersebut jika terdeteksi. Sedangkan autentikasi wajah (*face authentication*) digunakan untuk menguji keaslian/kesamaan suatu wajah dengan data wajah yang telah tersimpan di dalam database sebelumnya. Aplikasi memiliki keunggulan dibanding dengan metode konvensional Dalam hal tidak mudah dicuri atau digunakan oleh pengguna yang tidak berwenang. Sistem pengenalan wajah lebih sering digunakan karena wajah telah terbukti unik, akurat, aman, mudah, dan nyaman untuk dipakai sebagai identifikasi. Dari percobaan dan pengujian yang dilakukan. Alat dapat mengenali citra wajah menggunakan visual studio 2010 dengan bahasa C# dan XML sebagai database penyimpanan datanya menggunakan metode gabor wavelet dengan tingkat keberhasilan sampai 90%. Hal ini membuktikan alat ini cukup baik dalam peruses identifikasi wajah.

Kata Kunci : *Gabor Wavelet., Face Detection, Face Recognition.*

Abstract

Identification of the face is a face detection process that is easy to implement in the research field of processing of faces (face processing), human face detection is a very important initial step in the process of face recognition (face recognition). Face recognition system is used to compare a facial image input with a facial database and generate the face that best matches the image if authentication detected. However face (face authentication) is used to verify the authenticity / similarity of a face to face data that has been stored in the database previous. Applications have advantages compared with the conventional method in terms not easily be stolen or used by unauthorized users. Face recognition system is used more often because the face has proved unique, accurate, secure, easy and convenient to use as identification. Of trial and testing. Tools can recognize a face image using Visual Studio 2010 with C # and XML as its data storage database using Gabor wavelet method with a success rate of up to 90%. This proves the tool is quite good in peruses face identification.

Keywords: *Gabor Wavelet., Detection Face, Face Recognition.*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan pada dunia teknologi informasi yang setiap saat kian makin berkembang sampai saat ini telah banyak menghasilkan berbagai aplikasi yang menggunakan citra wajah sebagai sumber informasi. Hal ini dikarenakan secara umum sebuah citra wajah dapat memberikan informasi khusus yang berkaitan dengan identifikasi personal berbasis pengenalan wajah yang dapat dimanfaatkan dalam suatu sistem pengamanan elektronik. Keuntungan yang dimiliki dari sistem pengamanan berbasis pengenalan wajah adalah kemampuan pengamanannya yang relatif sulit untuk ditembus (Soelaiman, 2006). [1]

Pelacakan dan pengenalan wajah manusia merupakan salah satu bidang penelitian yang penting, dan dewasa ini banyak aplikasi yang dapat menerapkannya, baik dibidang komersial maupun bidang penegakan hukum. Teknik pengenalan wajah pada saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat berarti. Melalui pengembangan salah satu teknik pengenalan wajah menggunakan Gabor Wavelet (Gabor Filter) komputer dapat melakukan tugas pengenalan wajah, terutama tugas-tugas yang membutuhkan pencarian pada database wajah yang besar.

Untuk menjawab semua itu maka penulis akan memberikan solusi untuk mengamankan rumah dengan penerapan face identification. home security ini sebenarnya tidak hanya menggunakan sistem pengenalan wajah.

Identifikasi ini memiliki keunggulan dibanding dengan metode konvensional. Dalam hal tidak mudah dicuri atau digunakan oleh pengguna yang tidak berwenang. Sistem pengenalan wajah lebih sering digunakan karena wajah telah terbukti unik, akurat, aman, mudah, dan nyaman untuk dipakai sebagai identifikasi. Pengenalan pola (Pattern Recognition) adalah bidang ilmu yang melakukan proses analisis gambar yang inputnya adalah gambar ataupun citra digital dan menghasilkan output suatu deskripsi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang disampaikan oleh gambar atau citra, dengan kata lain meniru kemampuan manusia (Otak manusia) dalam mengenali suatu objek atau pola tertentu (Fairhurst, 1988)

Perumusan Masalah

Masalah yang di bahas dalam jurnal ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membangun aplikasi sistem keamanan identifikasi wajah home security?
2. Bagaimana pendeteksian menggunakan metode gabor wavelet?
3. Bagaimana rancangan ini dapat memudahkan pengidentifikasian wajah?

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk membangun sebuah sistem yang dapat mendeteksi keamanan rumah menggunakan webcam yang dapat dipantau secara terus-menerus.
2. Mengimplementasikan metode Gabor Wavelet untuk memonitoring keamanan rumah melalui identifikasi wajah.
3. Untuk membantu dalam proses identifikasi wajah dalam sistem keamanan rumah yang dapat digunakan dalam berbagai bidang teknologi kecerdasan buatan khususnya pada bagian kepolisian untuk mengidentifikasi buronan menggunakan wajah.

2. METODE PENELITIAN

Pengenalan Wajah

Wajah merupakan bagian dari tubuh manusia yang menjadi fokus perhatian di dalam interaksi sosial, wajah memainkan peranan vital dengan menunjukkan identitas dan emosi. Kemampuan manusia untuk mengetahui seseorang dari wajahnya sangat luar biasa. Kita dapat mengenali ribuan wajah.

Secara umum sistem pengenalan citra wajah dibagi menjadi 2 jenis, yaitu sistem feature based dan sistem image-based. Pada sistem pertama digunakan fitur yang diekstraksi dari komponen citra wajah (mata, hidung, mulut, dll) yang kemudian hubungan antara fitur-fitur tersebut dimodelkan secara geometris. Sedangkan sistem kedua menggunakan informasi mentah dari piksel citra yang kemudian direpresentasikan dalam metode tertentu, misalnya principal component analysis (PCA), transformasi wavelet yang kemudian digunakan untuk klasifikasi identitas citra.[2]

Konvolusi

Konvolusi adalah perkalian total dari dua buah fungsi f dan h yang didefinisikan dengan: Konvolusi 2 buah fungsi $f(x)$ dan $g(x)$ didefinisikan sebagai berikut

$$h(x) = f(x) * g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(a)g(x-a)da \quad (1)$$

tanda $*$ menyatakan operator konvolusi, dan peubah (variable) a adalah peubah bantu (dummy variable).

Secara umum konvolusi didefinisikan sebagai cara untuk mengkombinasikan dua buah deret angka yang menghasilkan deret angka yang ketiga. Didalam dunia seismik deret-deret angka tersebut adalah wavelet sumber gelombang, reflektivitas bumi dan rekaman seismik.

Secara matematis, konvolusi adalah integral yang mencerminkan jumlah lingkupan dari sebuah fungsi a yang digeser atas fungsi b sehingga menghasilkan fungsi c . Konvolusi dilambangkan dengan asterisk ($*$).

Sehingga, $a*b = c$ berarti fungsi a dikonvolusikan dengan fungsi b menghasilkan fungsi c . Konvolusi dari dua fungsi a dan fungsi b dalam rentang terbatas $[0, t]$ diberikan oleh:

$$a * b = \int_0^t a(\tau)b(t-\tau)d\tau \quad (2)$$

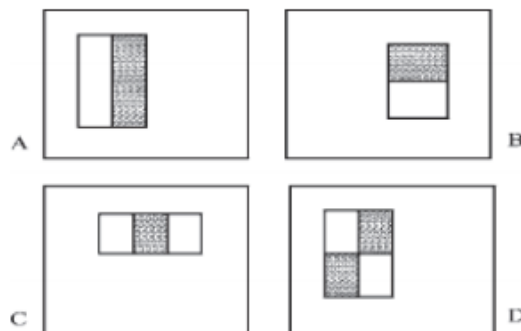
Secara diskrit:

$$c[k] = \sum_{n=0}^{n+k} a[k]b[k-n] \quad (3)$$

Deteksi Wajah Viola-Jones

Prosedur deteksi wajah Viola-Jones mengklasifikasikan gambar berdasarkan pada nilai fitur sederhana. Terdapat banyak alasan untuk menggunakan fitur daripada piksel secara langsung. Alasan yang paling umum adalah bahwa fitur dapat digunakan untuk mengkodekan pengetahuan domain ad-hoc yang sulit dalam pembelajaran terhadap data latih yang terbatas jumlahnya. Alasan penting kedua untuk menggunakan fitur adalah sistem fitur berbasis operasi jauh lebih cepat daripada sistem berbasis pixel [3].

Klasifikasi gambar dilakukan berdasarkan nilai dari sebuah fitur. Penggunaan fitur dilakukan karena pemrosesan fitur berlangsung lebih cepat dibandingkan pemrosesan citra perpixel. Terdapat tiga jenis fitur berdasarkan jumlah persegi panjang yang terdapat di dalamnya, seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini [3]:



Gambar 1. Jenis fitur gambar

Pada Gambar 1 menggambarkan bahwa fitur (a) dan (b) terdiri dari dua persegi panjang, sedangkan fitur (c) terdiri dari tiga persegi panjang dan fitur (d) empat persegi panjang. Cara menghitung nilai dari fitur ini adalah mengurangkan nilai piksel pada area putih dengan piksel pada

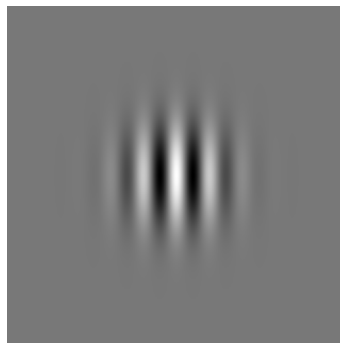
area hitam. Untuk mempermudah proses penghitungan nilai fitur, algoritma Viola-Jones menggunakan sebuah media berupa Integral Image [3].

Metode Gabor Wavelet

Metode pengenalan obyek dapat didefinisikan sebagai proses penentuan identifikasi obyek berdasarkan database citra yang ada. Pada tugas akhir ini digunakan pendekatan algoritma Gabor Wavelet. Tujuan digunakannya Gabor Wavelet adalah untuk memunculkan issaciri khusus dari citra yang telah dikonvolusi terhadap kernel . Sebagai filterdigunakan Gabor Wavelet kernel 2D yang diperoleh dengan memodulasi gelombang sinus 2D pada frekuensi dan orientasi tertentu dengan Gaussian envelope.

$$g(x,y) = \exp\left(-\frac{1}{2} \left[\frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} \right]\right) \cos[2\pi (fx + gy)] \quad (4)$$

Jika semua Gabor filter dengan variasi frekuensi (f) dan orientasi (θ) diterapkan pada satu titik tertentu (x,y), maka didapatkan banyak respon filter untuk titik tersebut, issal: digunakan empat frekuensi (f= 3, 5, 7, 10) dan delapan orientasi (θ), maka akan dihasilkan 32 respon filter untuk tiap titik citra yang dikonvolusikan dengan filter tersebut. Citra database dan citra yang akan dikenali dikonvolusi lebih dahulu dengan Gabor Filter. Konvolusi tersebut akan menghasilkan titiktitik dengan nilai tertentu yang disebut sebagai gabor jet response. Titik-titik gabor jet response dari citra database dan citra yang akan dikenali dibandingkan dengan menerapkan prosedur graph matching pada citra yang akan dikenali, yaitu dengan memaksimalkan kemiripan magnitude Gabor antara graph model wajah yang sudah ditransformasi dengan representasi graph dari citra yang akan dikenali tersebut.Penerapan graph matching tersebut dapat didefinisikan dengan persamaan (4), dimana J adalah gabor jet model dari citra database dan J' adalah gabor jet model dari citra yang akan dikenali.



Gambar 2. Gabor Kernel

Fungsi kemiripan S(J, J') didefinisikan dengan persamaan (4), dimana aj dan a'j masing-masing adalah titik-titik responsedari gabor jet model citra database dan citra yang akan dikenali.

$$s(J, J') = \frac{\sum_j a_j a'_j}{\sqrt{\sum_j a_j^2 \sum_j a'^2}} \quad (5)$$

Camera (WEB CAM)

Webcam atau web camera adalah sebuah kamera video digital kecil yang dihubungkan ke komputer melalui (biasanya) port USB ataupun port COM.

Komputer yang umum di pakai untuk aplikasi pengolahan citra saat ini hanya dapat mengolah gambar digital, dimana gambar digital dapat dihasilkan oleh alat optik yang telah dilengkapi fungsi digitalisasi, sehingga mampu menghasilkan gambar digital , dan camera web cam ini dapat digunakan untuk mengenali mata uang. Karena web cam memiliki lensa yang dapat

memasukkan gambar dan papan sirkuit yang terhubung dengan lensa yang berguna menangkap sinyal gambar. [5]

Berikut contoh gambar dari sebuah web cam.

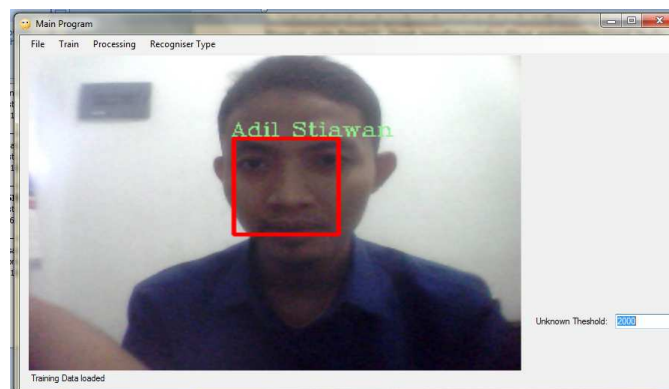


Gambar 3. Web Cam

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Sistem

Perancangan sistem aplikasi ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman C# dan dikombinasikan dengan penggunaan Library dari OpenCV untuk mempermudah digunakan Wrapper yaitu EmguCV. Untuk tampilan *interface* dibuat menggunakan Visual Studio 2010 dan Design sistem aplikasi ini dibuat agar dapat mempermudah user dalam mengoperasikan sistem keamanan rumah (Home Security) secara real time ini. Sistem ini juga menggunakan XML sebagai databasanya dimana setiap data orang yang termonitoring maka secara langsung data akan terlihat kedalam database yang telah dibuat. Sistem yang dibuat ini merupakan sistem berbasis desktop, dimana Proses – proses dalam menjalankan system dibuat secara realtime dan mudah dipahami dalam penggunaannya. Sistem ini dibuat sedemikian rupa agar mudah di proses serta dapat digunakan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. [6] Gambar 5 merupakan tampilan antarmuka dari perancangan sistem home security.



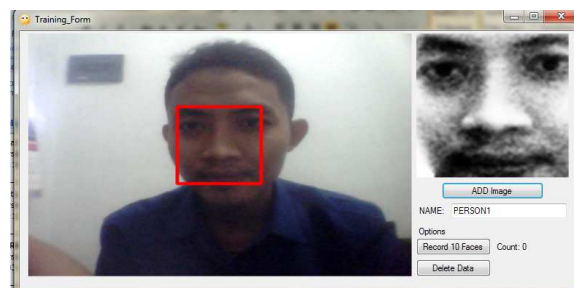
Gambar 4. Tampilan Utama Proses Monitoring Home Security Secara Real Time

Tampilan utama diatas merupakan proses tampilan real time sistem home security, yang mana proses monitoring dilakukan secara real time untuk mengidentifikasi orang yang datang dan keluar. Sebelum menekan tombol, pengguna harus memasukkan atau mengcapture wajah yang ada di dalam rumah agar terdeteksi sebagai pemilik rumah, kemudian dimasukan kedalam database, setelah terdeteksi pengguna dapat melakukan proses monitoring setelah menekan tombol add image akan menampilkan nama seseorang dalam melakukan pemantauan.



Gambar 5. Tampilan Proses Monitoring Wajah Yang Belum Diketahui

Tampilan diatas merupakan proses identifikasi real time yang namanya belum diketahui didalam sistem home security sebagai pemilik rumah didalam database, pengguna dapat melakukan proses monitoring setelah menekan tombol add image akan menampilkan nama seseorang dalam melakukan pemantauan.



Gambar 6 . Proses Penambahan Data Home Security

Pada gambar 6 merupakan tampilan proses untuk menambah data gambar wajah sebanyak 10 macam agar proses pengidentifikasi wajah lebih mudah dikenali dimana prosesnya dengan mengisi namadan menekan tombol add image yang kemudian data tersimpan yang secara otomatis mendeteksi wajah secara langsung. Atau jika ingin menghapus semua data wajah dapat dengan menekan hapus data.



Gambar 7 . Proses Pengenalan Wajah

Gambar Tampilan diatas merupakan proses tahap tahap pengenalan wajah menggunakan camera web came yang di monitoring secara real time setiap saat yang melewati pantauan kamera web came yang terpasang.

Proses Pengujian

Proses pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa tahap-tahap kebutuhan data telah dipenuhi dalam pengembangan sistem absensi realtime menggunakan metode pengenalan wajah, dan pada pengujian fungsional ini tidak berkonsentrasi pada proses yang terjadi namun hasil dari proses, adapun beberapa parameter yang digunakan dalam pengujian fungsional dan akan langsung di uji pada scenario pengujian.

Berdasarkan Pengujian yang telah dilaksanakan secara fungsional dengan 6 parameter dilakukan 10x pengujian terhadap 10 user yang berbeda dan 2 dinyatakan tidak dapat di deteksi yaitu pada user ke 4 dan user ke 8 dimana pada user ke 4 pendeteksian wajah tidak dapat dideteksi hal ini dikarenakan pencahayaan yang terlalu terang sehingga tidak termasuk dalam kesalahan sistem internal melainkan factor eksternal, sedangkan pada user ke 6 wajah user tidak dapat dikenali hal ini dikarenakan wajah user memiliki kemiripan terhadap wajah user yang lain oleh karena itu wajah yang dikenali bukan user itu sendiri melainkan wajah orang lain. sehingga dapat disimpulkan tingkat akurasi dari sistem ini dalam pendeteksian wajah adalah jumlah percobaan berhasil/jumlah percobaan *100% Sehingga diperoleh hasil dari $9/10 * 100 \% = 90\%$

Tabel 1. Pengujian Sistem Home Security

Pengujian yang dilakukan	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6
Pendeteksian posisi wajah	√	√	√	√	√	√
Pengenalan home security	√	√	√	X	X	√
Proses Penambahan data wajah	√	√	√	√	√	√
Proses penambahan data wajah tersimpan ke database	√	√	√	√	√	√
Sistem dapat mendeteksi proses identifikasi wajah menggunakan metode gabor wavelet	√	√	√	√	√	√
Sistem aplikasi dapat memantau keamanan rumah secara real time	√	√	√	√	√	√

Analisa Sistem Home Security

Di lihat dari hasil uji coba yang dilakukan dengan menggunakan sistem pengujian home security mendapatkan hasil akurasi sebesar 90%. Pengembangan sistem absensi real time melalui metode pengenalan wajah ini berhasil di rancang dan dikembangkan dengan baik berdasarkan pengujian secara fungsional serta program berjalan dengan baik berdasarkan pengujian secara blackbox berdasarkan kebutuhan user yang telah dibuat sebelumnya, dan secara scenario percobaan dengan menggunakan metode pengenalan wajah. Namun akurasi pada sistem absensi melalui metode pengenalan wajah ini akan semakin buruk jika citra wajah yang di-training memiliki banyak kesamaan. Hal ini dapat dilihat saat melakukan uji coba yang ketiga, selain itu juga pencahayaan saat melakukan absensi maupun saat melakukan training wajah sangatlah penting

dalam kondisi cukup, tidak kurang dan juga tidak berlebih, karena dapat menyebabkan program tidak berjalan seperti semestinya sebagai contohnya wajah tidak akan terdeteksi apabila pencahayaan terlalu terang. Selain itu pada saat face recognition dilakukan menggunakan webcam, sebaiknya tidak terlalu banyak gangguan di belakang pengguna (noise). [7]

Tahap Deteksi Wajah

Dari hasil pengujian didapat bahwa dengan menggunakan kamera beresolusi 1,3 megapixel, tata pencahayaan yang cukup dan adanya perbedaan daerah gelap dan terang, berhasil mendeteksi wajah dan akurat. Keakuratan ini dapat ditunjukkan seperti pada grafik 4.1 dimana dengan jarak yang cukup dekat maka wajah akan mudah terdeteksi.

Perhitungan persentase wajah dapat terdeteksi wajah :

$$\text{Jarak } 0,25\text{m } \%E = (20/20) * 100\% = 100\%$$

$$\text{Jarak } 0,5\text{m } \%E = (20/20) * 100\% = 100\%$$

$$\text{Jarak } 0,75\text{m } \%E = (20/20) * 100\% = 100\%$$

$$\text{Jarak } 1\text{m } \%E = (19/20) * 100\% = 95\%$$

$$\text{Jarak } 1,25\text{m } \%E = (17/20) * 100\% = 85\%$$

$$\text{Jarak } 1,5\text{m } \%E = (14/20) * 100\% = 70\%$$

$$\text{Jarak } 1,75\text{m } \%E = (12/20) * 100\% = 60\%$$

$$\text{Jarak } 2\text{m } \%E = (9/20) * 100\% = 45\%$$

Dengan percobaan yang lebih banyak maka tingkat kesalahan bisa diperkecil. Selain jarak masalah intensitas cahaya juga sangat berpengaruh dalam pendeteksian wajah ini.

Tahap Pemrosesan Awal Wajah

Dari pengujian yang dilakukan, tahap ini sangat ditentukan oleh keberhasilan deteksi wajah. Jika tidak mendapatkan lokasi wajah dengan baik maka hasil pemrosesan awal tidak signifikan. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5, pemrosesan awal akan berhasil saat wajah yang ditangkap menghadap kedepan, sudut kemiringan tidak terlalu besar. Untuk proses konversi RGB ke grayscale dapat berjalan dengan sempurna. Sedangkan untuk histogram equalization tergantung dari aspek pencahayaan. Jika cahaya cukup dan intensitasnya stabil maka proses dapat berjalan dengan baik.

Tahap Pengenalan Wajah

Untuk meningkatkan keberhasilan maka perlu pengambilan data yang lebih baik karena banyak data yang hampir mirip antara fitur orang pemilik pertama, kedua, dan bukan pemilik, sehingga mengakibatkan turunnya proses perhitungan. Pengambilan data dan proses pengenalan diambil dengan intensitas cahaya yang sama, hal ini dimaksudkan untuk memperkecil persentase kesalahan dalam pengenalan wajah.

Penggunaan class dalam membedakan antara wajah pemilik rumah dengan wajah pencuri lebih efisien jika wajah random (pembanding) lebih banyak dan berada dalam berbagai posisi.

Pengenalan wajah dengan menghadap frontal hasilnya cukup baik, tetapi dengan kemiringan sudut yang besar maka wajah sulit dikenali. Hal ini dapat diatasi dengan pengambilan wajah dari berbagai posisi sebagai data wajah. Pengenalan dengan cahaya yang kurang akan mengakibatkan wajah sulit dikenali dengan baik, akan lebih sering dikenali sebagai pencuri.

4. KESIMPULAN

Sebagai penutup dari penulisan ini, maka ada beberapa hal yang dapat dijadikan kesimpulan, antara lain :

1. Sistem identifikasi yang telah dibuat mampu melakukan proses kepada user secara realtime dengan mendeteksi wajah user melalui.
2. Sistem home security yang telah dibuat mampu melakukan proses identifikasi wajah secara real time dengan mendeteksi wajah user melalui metode gabor wavelet dengan tingkat akurasi sebesar 90% melalui sistem pengujian.
3. Jarak antara wajah dengan kamera webcam sangat berpengaruh dalam proses identifikasi wajah home security
4. Sistem home security identifikasi wajah menggunakan bahasa pemrograman visual c# untuk proses identifikasinya.

5. Dengan metode gabor wavelet tingkat keberhasilan persentase terbesar sebesar 90% dikenali sebagai wajah dengan data pengujian sebanyak 6 sample dan 20% tidak dikenali.

5. SARAN

Dalam penulisan jurnal ini tentu saja tidak selalu sempurna untuk itulah diambil beberapa saran demi kesempurnaan jurnal ini di masa mendatang :

1. Untuk kedepannya penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam mengembangkan home security dengan menggunakan metode pengenalan wajah lainnya seperti fisherface, iris mata dan penggunaan citra lainnya agar lebih interaktif.
2. Jenis pola sampel yang lebih banyak dan variatif, sehingga akan lebih banyak data yang dapat dijadikan sebagai pembelajaran.
3. Dalam proses identifikasi data wajah sebaiknya dilakukan di beberapa lokasi dan beberapa kondisi, untuk pendeteksian lakukan sebanyak -banyaknya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soelaiman, R., (2006), *Sistem Pengenalan Wajah dengan Penerapan Algoritma Genetika pada Optimasi Basis Eigenface dan Proyeksi Fisherface*, Tesis Master, Universitas Indonesia
- [2] Hanif Al Fatta, 2009, *Rekayasa Sistem Pengenalan Wajah*, Yogyakarta, Andi
- [3] Viola, P., Jones, M. J., "*Rapid Object Detection Using A Boosted Cascade of Simple Features* ", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Jauai, Hawaii, 2001.
- [4] Yuwana, Buddhi, "*Pengenalan Wajah dengan Menggunakan Metode Gabor Wavelet*", Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Kristen Petra Surabaya, 2002
- [5] Active WebCam Soft ware Manual (Copyright PY Software, (www.pysoft.com)
- [6] Ni Wayan Marti, (2009) *Penarapan Subruang Orthogonal pada Pengenalan Wajah Menggunakan Laplacianfaces*
- [7] Adrian, M. (2011). *Perancangan Program Aplikasi Pengenalan Wajah Dengan Metode Orthogonal Laplacianfaces*.