

PERANCANGAN SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE EKSTRAKSI CIRI SUSUNAN TAPIS WAVELET GABOR 2D DENGAN JARAK EUCLIDEAN

Andre Lukito Kurniawan, R. Rizal Isnanto, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*) Email : andrelukitok@gmail.com

Abstrak

Pengenalan wajah merupakan salah satu tugas visi komputer dalam mengenal manusia berdasarkan ciri wajahnya. Aplikasi pengenalan wajah oleh sistem komputer telah dikembangkan, antara lain sistem keamanan, interaksi manusia dengan komputer, dan aplikasi multimedia. Tantangan yang dihadapi oleh sistem pengenalan wajah terletak pada perubahan kondisi wajah seperti pose, ekspresi, iluminasi, dan penggunaan aksesoris yang turut andil dalam mempengaruhi laju pengenalan. Dalam penelitian ini digunakan suatu susunan tapis wavelet Gabor 2 dimensi untuk mengekstrak wajah. Tapis Gabor memiliki karakter seperti Wavelet yang terlokalisasi pada spasial-frekuensi sehingga mampu mengekstraksi fitur lokal pada wajah. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara konvolusi 2 dimensi antara tapis dengan citra wajah aras keabuan. Hasilnya berupa representasi wajah berupa informasi magnitude yang diperoleh dari fungsi kompleks sinusoidal. Jarak Euclidean dilakukan untuk menghitung jarak antara nilai ciri data uji dengan nilai ciri basis data. Pengujian dilakukan dengan menguji deformasi pada citra wajah seperti pose dan ekspresi dan jumlah data latih. Tapis diuji dengan memberikan variasi jumlah skala dan orientasi. Sistem dengan laju pengenalan terbesar dimiliki oleh susunan tapis dengan 5 skala dan 8 orientasi yang mencapai akurasi sebesar 98,67%. Metode yang kami gunakan menunjukkan performa yang sangat baik dalam mengenali perubahan ekspresi wajah, namun kurang baik dalam mengakomodasi perubahan pose.

Kata Kunci: Pengenalan Wajah, Visi Komputer, Analisis Wavelet, Tapis Gabor, Jarak Euclidean

Abstract

Face recognition is a computer vision task which has a capability to recognize human according to their corresponding face features. Face recognition application of computer system have been developed in recent year including surveillance, human-computer interaction, and multimedia application. Some challenges will possibly be undergone in face recognition research mostly lie on deformation of face condition such as pose, expression, illumination, and accessories use that lead to a noticeable impact on recognition rate. This undergraduate thesis, we use 2 dimensional Gabor wavelet filter bank to extract face image. Gabor filter has characteristic similar to wavelet that is localized in both time and frequency domain able to extract local feature on face image. Convolution produces face representation feature called Gaborface in a terms of magnitude information obtained from sinusoidal complex function. Features are formed as a column matrix concatenation which is called feature vector. At the end of process, euclidean distance is then performed to measure test data features vector with database features. Testing has been done by giving variation in some aspects. Firstly number of train data, secondly face image deformation such pose and expression and thirdly the variant filter with variation in scale and orientation. The best system, based on this research, is achieved by 5 x 8 filter bank with accuracy up to 98,67%. Our proposed method also shows a very well performance in recognizing expression changes, but cannot accommodate properly in pose changes.

Keywords: Face Recognition, Computer Vision, Wavelet Analysis, Gabor Filter, Euclidean Distance

1. Pendahuluan

Teknologi pengenalan wajah merupakan sesuatu yang berhubungan dengan tugas mesin atau komputer

melakukan identifikasi atau verifikasi seseorang atau individu melalui wajahnya. Area ini berkaitan dengan salah satu cabang ilmu *computer vision*. Tugas ini berhubungan dengan bidang ilmu pengenalan pola dan

kecerdasan mesin yang mengkomputasi wajah dengan metode matematika dan statistik tertentu.

Tugas mesin dalam mengenal wajah semakin berat seiring fluktuasi perubahan lingkungan yang cepat dan tidak terkontrol. Perubahan tersebut antara lain pencahayaan lingkungan, ekspresi manusia, kemiringan kepala serta penggunaan aksesoris pengguna. Sehingga dalam hal ini diperlukan pembelajaran basis data dalam jumlah besar dan bervariasi.

Pada makalah ini akan dibahas bagaimana sistem ekstraksi ciri wajah menggunakan tapis wavelet Gabor. Tanggapan Tapis Gabor Wavelet mampu menyediakan informasi spektrum fitur lokal yang terkandung pada wajah secara holistik. Fungsi Gabor menyediakan resolusi teroptimasi di kawasan spasial dan waktu^[1]. Metode Gabor merupakan teknik analisis sinyal di kawasan gabungan spasial dan waktu yang mampu mendeteksi spektrum informasi sinyal non-stasioner yang berubah terhadap waktu^[2]. Tapis Gabor mampu mendapatkan informasi multi orientasi dari citra wajah pada beberapa frekuensi. Pendekatan yang dilakukan adalah membangun susunan tapis pada frekuensi dan orientasi yang berbedakan mengkonvolusi tapis dengan citra yang diberikan.

Sisa makalah ini terorganisasi ke beberapa bagian. Bagian 2 akan menjabarkan perancangan dan gambaran umum sistem. Pada bagian 3 akan dibahas mengenai teori yang menunjang perancangan sistem. Bagian 4 memaparkan hasil perancangan sistem yang telah diuji. Kesimpulan dan penelitian di masa akan datang disampaikan di bagian 5.

2. Metode

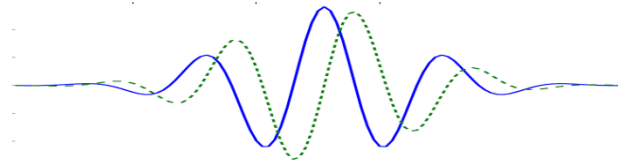
2.1 Tapis Wavelet Gabor 2D

Denis Gabor dalam jurnal ilmiahnya^[2] memaparkan sebuah metode baru mengenai analisis sinyal terlokalisasi di kawasan waktu dan frekuensi. Metode ini melampaui analisis Fourier yang hanya mampu menghadirkan sinyal dikawasan frekuensi saja, yang tidak handal bila sifat sinyal adalah non-stasioner.

Sinyal elementer atau fungsi basis Gabor 1 dimensi dideskripsikan sebagai perkalian modulasi antara sinyal sinusoida dengan fungsi probabilitas Gaussian^[2]. Fungsi basis 1D oleh^[4] dirumuskan sebagai berikut

$$\varphi(t) = \frac{f_0}{\gamma\sqrt{\pi}} \exp\left(\frac{f_0^2}{\gamma^2}\right) \exp(-j2\pi f_0 t) \quad (1)$$

Parameter γ dan f_0 masing-masing adalah bandwidth tapis dan frekuensi tapis. Bandwidth tapis memengaruhi ketajaman tapis, semakin tajam semakin sempit bandwidth tapis.



Gambar 1. Fungsi basis wavelet Gabor 1 dimensi

Oleh Daugmann^[1], fungsi basis 1 dimensi gabor kemudian diperluas menjadi 2 dimensi dengan mengganti indeks waktu t pada fungsi basis menjadi x dan y ^[7]. Bentuk 2 dimensi ini juga merupakan bentuk perkalian antara fungsi gaussian 2 dimensi dengan arah rotasi yang berbeda dan gelombang sinusoida kompleks. Pada pengenalan wajah fungsi ini dijadikan susunan tapis untuk mengekstraksi ciri citra. Fungsi 2 dimensi untuk ekstraksi ciri wajah didefinisikan sebagai berikut^{[3][7][8][9][10]}

$$G_{(x,y)} = \frac{f^2}{\pi\gamma\eta} \exp\left(-\left(\frac{f^2}{\gamma^2}x_r^2 + \frac{f^2}{\eta^2}y_r^2\right)\right) \exp(j2\pi f x_r^2) \quad (2)$$

dengan:

f = frekuensi gelombang sinusoida

θ = sudut rotasi gaussian

$\gamma = \eta = \sqrt{2}$

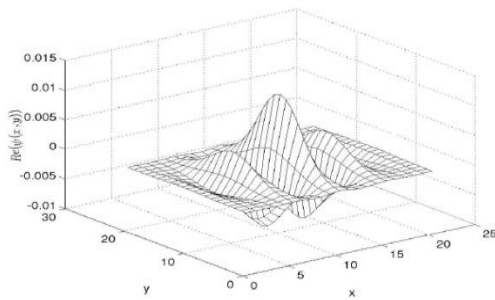
$x_r = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$

$y_r = -x \sin(\theta) + y \cos(\theta)$

Frekuensi f berperan mengontrol frekuensi modulasi sepanjang aksis. Sudut θ mengontrol arah orientasi fungsi. Parameter γ dan η menentukan rasio antara frekuensi tengah dan ukuran gaussian envelope. Sedangkan jika γ^2 dan η^2 masing-masing adalah variansi arah sumbu x dan y yang mempengaruhi bentuk fungsi Gaussian 2 dimensi. Selama rasio tetap, ukuran gaussian envelope berkurang dengan nilai frekuensi tengah. Semakin besar frekuensi tengah sinusoidal, semakin kecil area envelope gaussian pada domain spasial. α adalah ketajaman dari gaussian sepanjang koordinat aksis mayor dan beta β ketajaman aksis minor fungsi Gaussian.

2.2 Susunan Tapis

Untuk proses ekstraksi ciri, susunan tapis yang mengandung beberapa tapis digunakan untuk mengekstrak ciri dengan multi orientasi dan multi frekuensi atau skala dari citra wajah^[9]. Dengan menggunakan variasi orientasi dan skala, objek(wajah) dikenal pada beberapa orientasi dan skala^[4]. Ukuran susunan tapis yang biasa digunakan untuk ekstraksi wajah menggunakan susunan 5 skala dan 8 orientasi yang telah dilakukan oleh^{[3][7][8][9][10]}.



Gambar 2. Fungsi basis wavelet Gabor 2 dimensi

Susunan tapis $U \times V$, dimana U menyatakan frekuensi dan V menyatakan orientasi, disusun dengan melakukan iterasi masing-masing variable pada frekuensi dan orientasi fungsi basis tapis 2 dimensi dengan ketentuan

$$f_u = \frac{f_{max}}{\sqrt{2}^u}, u = 0, 1, 2, \dots, U - 1 \quad (3)$$

$$\theta_v = \frac{v}{8}\pi, v = 0, 1, 2, \dots, V - 1 \quad (4)$$

Variable f_u dan θ_v masing-masing menyatakan orientasi dan skala tapis 2 dimensi, sementara f_{max} merupakan frekuensi maksimum yang oleh [7][8] didefinisikan nilainya sebesar 0,25. Jika kita membangun tapis dengan U dan V masing-masing 5 dan 8 akan terbentuk 40 tapis. Karena tapis mengandung bilangan kompleks oleh gelombang sinusoida, maka tapis terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain bagian real, imajiner, magnitude, dan fasa. Di kebanyakan penelitian [3][7][8][9] dan Penelitian ini menggunakan bagian magnitude nya untuk proses ekstraksi ciri. Namun penelitian yang dilakukan oleh [10] menggunakan bagian fasa untuk proses ekstraksi. Bagian magnitude dan real tapis yang terbentuk ditunjukkan pada gambar 3.

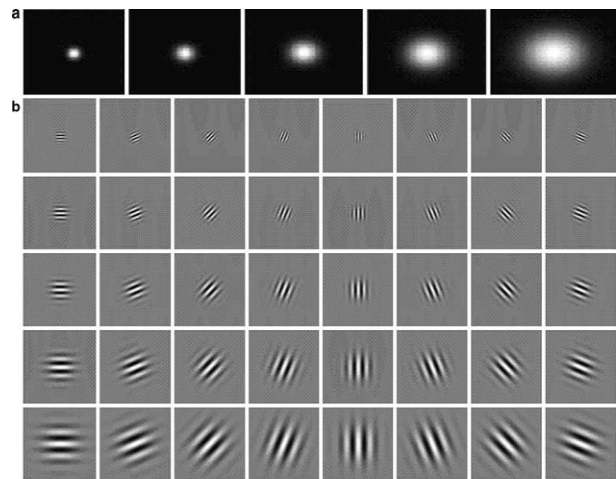
2.2 Ekstraksi Ciri Citra Wajah

Pada kawasan waktu, operasi antara sinyal masukan dan sistem dilakukan dengan konvolusi. Ekstraksi ciri citra dilakukan dengan operasi konvolusi citra aras keabuan dengan tapis yang terbentuk. Dimisalkan citra dinotasikan dengan $I_{(x,y)}$ dan tapis dinotasikan dengan $G_{(x,y)}$, maka penapisan atau ekstraksi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$O_{(x,y)} = I_{(x,y)} * G_{(x,y)} \quad (5)$$

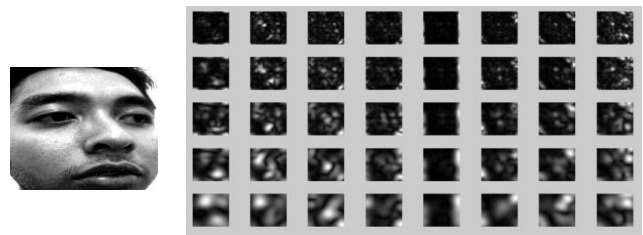
Hasil konvolusi citra dengan tapis merupakan informasi magnitude representasi wajah (*Gaborface*) yang nilainya ditampung dalam vector ciri dengan ukuran $N \times 1$. Jika kita mengekstraksi citra dengan piksel 120×120 dengan menggunakan tapis 5×8 , maka jumlah N dalam vector fitur dengan sesuai aturan

$$N = X \times Y \times U \times V \quad (6)$$

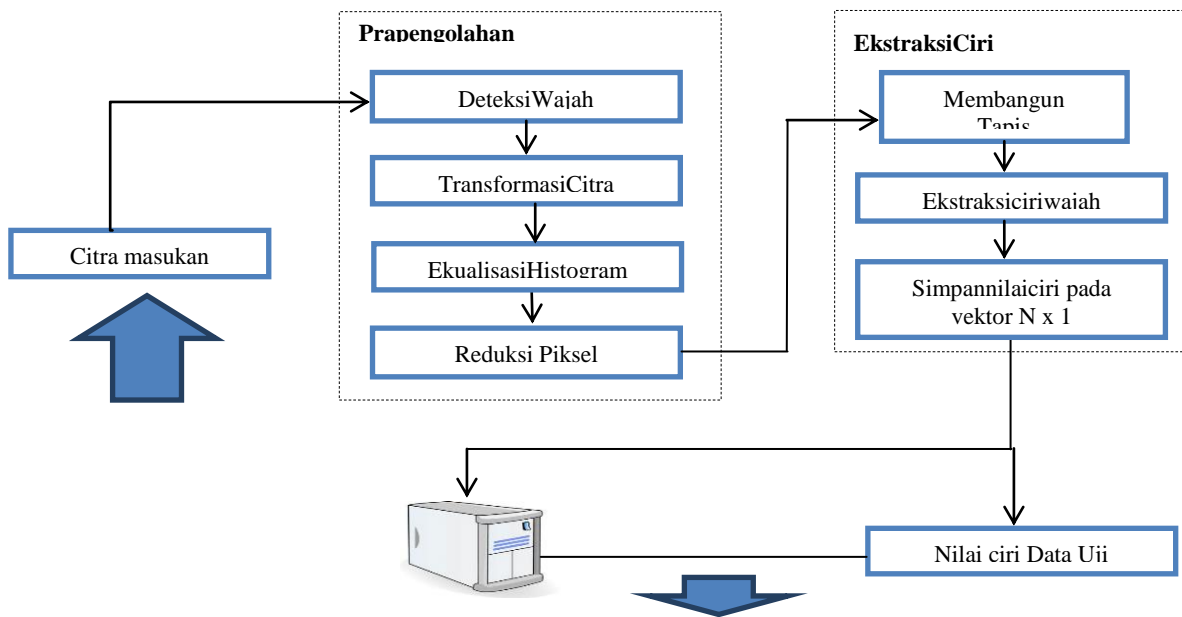


Gambar 3. Susunan 40 tapis Gabor (a)Magnitude (b)real

Dengan X dan Y adalah ukuran piksel citra wajah dan $U \times V$ adalah ukuran skala dan frekuensi tapis Gabor. *Gaborface* 40 magnitude wajah hasil konvolusi atau penapisan ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Representasi magnitude wajah tertapis



Gambar 5. Skema perancangan sistem

2.3 Jarak Euclidean

Setelah melalui proses ekstraksi ciri dan dihasilkan suatu nilai-nilai parameter tertentu, maka dilanjutkan dengan perhitungan jarak Euclidean. Jarak Euclidean digunakan pada proses pengenalan. Jarak Euclidean antara nilai vektor ciri citra uji dan nilai vector citra basisdata dinyatakan oleh:

$$D_i = \sqrt{\sum_{i=0}^N (x_1 - x_2)^2} \quad (7)$$

Dengan:

D_i = jarak i yang terkecil citra uji dan latih

x_1 = vektor ciri citra uji

x_2 = vektor ciri citra pada basisdata.

2.4 Perancangan Sistem

Sistem yang diajukan untuk pengenalan wajah ini terbagi menjadi 3 blok utama seperti tampak pada gambar 5, diantaranya prapengolahan, Ekstraksi ciri, dan pencocokan. Pada blok prapengolahan, citra masukan, baik itu citra uji maupun latih mengalami 5 proses yaitu deteksi wajah dengan metode gabungan Viola-Jones dan segmentasi warna kulit, transformasi citra, dan reduksi ukuran piksel. Tujuan proses ini adalah menghasilkan citra yang hanya mengandung objek wajah serta mengolah citra wajah dengan mengubahnya ke aras keabuan sebagai syarat ekstraksi ciri.

Ekualisasi histogram kemudian dilakukan untuk mengkompensasi iluminasi yang tidak terkondisi. Citra direduksi menjadi ukuran 120 x 120 piksel yang dijadikan standar ukuran ternormalisasi.

Blok ekstraksi ciri terbagi menjadi 3 proses. Proses pertama yang dilakukan adalah membangun tapis untuk ekstraksi ciri wajah. Setelah tapis terbentuk dengan berbagai susunan ukuran, proses ekstraksi ciri tapis dengan wajah dapat dilakukan. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, proses ekstraksi ciri dilakukan operasi konvolusi 2 dimensi. Hasil ekstraksi ciri berupa representasi wajah dalam informasi magnitude yang disebut dengan *Gaborface*. Kemudian nilai hasil ekstraksi disusun menjadi vektor fitur berupa runtunan matriks kolom N x 1.

Proses pencocokan dapat dilakukan setelah menghimpun seluruh vektor fitur citra latih pada basisdata. Vektor ciri pada citra uji kemudian dibandingkan dengan himpunan vector ciri basis data latih dengan pengukuran jarak Euclidean. Jarak terkecil menunjukkan identitas citra yang diujikan sesuai indeks nilai ciri yang ditunjukkan. Sistem mengenal citra uji dengan menyebutkan nama prediksi subjek dan verifikasi kebenaran prediksi dengan keterangan 'benar' dan 'salah'.

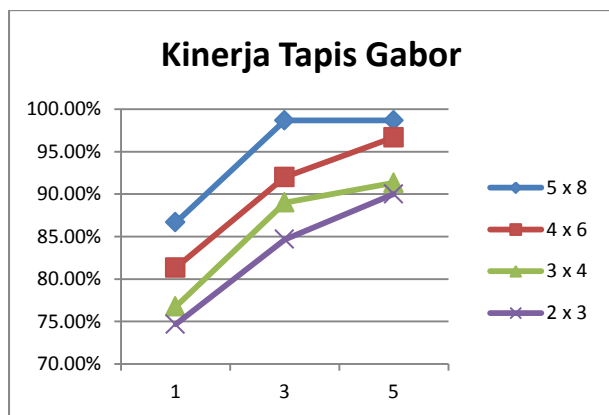
3. Hasil dan Analisa

Prosedur pengujian sistem ditentukan pada masing-masing ukuran tapis. Setiap ukuran tapis diuji keberhasilan sistem untuk 1 data latih, 3 data latih dan 5

data latih. Sifat atau konsisi wajah yang diperlakukan dalam basisdata ditampilkan dalam 1. Selanjutnya, setiap subjek akan dilakukan 5 kali pengujian yaitu pose frontal atau tampak depan, 2 variasi pose, dan 2 variasi ekspresi. Sehingga terdapat sebanyak 150 data untuk setiap kali pengujian.

Dari hasil yang telah diujikan bahwa jumlah akurasi pengenalan mencapai angka 99% untuk sistem yang menggunakan tapis dengan ukuran 5 x 8. Hasil penelitian menunjukkan ukuran tapis memengaruhi akurasi sistem seperti tampak pada gambar 6.

Jika sistem diberikan satu data latih berupa citra wajah diam tampak depan, maka hasil pengujian untuk data uji citra variasi ekspresi menunjukkan hasil memuaskan yang mencapai akurasi 100 % , sementara hasil untuk uji pose menunjukkan akurasi yang rendah yaitu sekitar 61% - 68%



Gambar 6. Grafik Kinerja masing-masing tapis berdasarkan data latih

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi sistem pengenalan wajah antara lain jumlah data latih, perubahan kondisi wajah, serta ukuran susunan tapis. Kondisi wajah yang berubah setiap waktu dapat ditanggulangi dengan cara menambah jumlah data latih yang mengandung variasi kondisi citra yang berubah, antara lain perubahan ekspresi dan pose. Akurasi maksimal yang dicapai dalam sistem ini adalah 99% dengan ukuran tapis 5 x 8 dan jumlah data latih sebesar tiga dan lima.

Disamping itu perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam area penelitian ini, antara lain: Menggunakan bagian fase tapis Gabor untuk ekstraksi ciri lalu dibandingkan hasilnya dengan kinerja tapis menggunakan bagian magnitude. Penambahan reduksi dimensi vektor ciri dengan metode Principal Component Analysis atau Linear Discriminant Analysis atau kombinasi keduanya

Referensi

- [1]. Daugman, J.D., *Uncertainty Relation For Resolution In Space, Spatial Frequency, And Orientation Optimized By Two-Dimensional Visual Cortical Filters*, Optical Society Of America, Vol.2 No.7, 1995
- [2]. Gabor, D., *Theory Of Communications*, IEEE Vol 93 No429-457, 1946
- [3]. Haghghat, M., Zonouz, S., Abdel-Mottaleb, M., *Identification Using Encrypted Biometrics*, CAIP Part II LNCS 8049, Springer-Verlag Berlin Heidenberg, 2013
- [4]. Ilonen, J., Kamarainen, J., Kalviainen, H., *Efficient Computation Of Gabor Features*, Research Report 100, Lappeenranta University of Technology, Lapperranta, 2005
- [5]. Matlab 2013a, *Computer Vision Toolbox*, Object Detection Motion Estimation and Tracking
- [6]. Nguyen, T., *Real-Time Face Detection And Tracking*, Tesis S-2, School of Electrical and Computer Engineering, Cornell University, New York, 2012
- [7]. Shen, L., Bai, L., *A Review On Gabor Wavelets On Face Recognition*, Pattern Analytic Application, Springer-Verlag London, 2006
- [8]. Shen, L., Bai, L., Fairhurst, M., *Gabor Wavelets And General Discriminant Analysis For Face Identification And Verification*, Image and Vision Computing 25(2007) 553-563, Elsevier, 2007
- [9]. Struc, V., Gajsek, R., Pavesic, N., *Principle Gabor Filters For Face Recognition*, IEEE Conference on Biometrics: theory, Applications, and Systems, 2009
- [10]. Struc, V., Pavesic, N., *The Complete Gabor-Fisher Classifier For Robust Face Recognition*, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Hindawi Publishing, 2010
- [11]. Viola, P., Jones, M., *Robust Real-Time Face Detection*, International Journal of Computer Vision 57(2), 137-154, Kluwer Academic Publishers, 2004