

# SISTEM PENGENALAN WAJAH 3D DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GABOR WAVELET* DAN *HIDDEN MARKOV MODEL*

## 3D FACE RECOGNITION SYSTEM WITH GABOR WAVELET AND HIDDEN MARKOV MODEL METHOD

Muh. Aidil Pratama<sup>1</sup>, Ledy Novamizanti<sup>2</sup>, Eko Susatio<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

Email: [maidilpratama@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:maidilpratama@student.telkomuniversity.ac.id), [ledyvaldn@telkomuniversity.ac.id](mailto:ledyvaldn@telkomuniversity.ac.id), [maharusdi@gmail.com](mailto:maharusdi@gmail.com)

---

### Abstrak

Sistem pengenalan wajah (*face recognition*) banyak digunakan dalam bidang identifikasi dan autentifikasi. Sistem identifikasi yang berkembang saat ini menggunakan teknik biometrik yang memungkinkan suatu perangkat dapat mengenali fisik manusia dengan memanfaatkan sidik jari, wajah, dan retina mata. Dalam hal ini, pengolahan citra diolah dalam bentuk citra berbasis dua dimensi atau tiga dimensi. Pengenalan wajah telah diimplementasikan di berbagai bidang, salah satunya pada sistem keamanan. Seiring berkembangnya teknologi diharapkan sistem ini dapat bekerja secara akurat.

Pada Tugas Akhir ini, pengolahan citra wajah akan diimplementasikan dalam bentuk tiga dimensi, dimana citra diekstraksi menggunakan metode *Gabor Wavelet* dan klasifikasi ciri menggunakan metode *Hidden Markov Model* (HMM). *Gabor wavelet* merupakan pengembangan dari *wavelet transform* yang bertujuan untuk mendapatkan ciri khusus terhadap wajah dan akan diproses sehingga menghasilkan gambar yang baru terhadap kernelnya. HMM merupakan metode klasifikasi ciri wajah dalam bentuk statistik dalam penggambaran berbagai jenis data. Metode ini juga memanfaatkan perpindahan keadaan dalam bentuk probabilitas.

Performansi sistem pada Tugas Akhir ini ditinjau dari tingkat akurasi sistem dan waktu komputasi. Semakin baik sistem mengenali data maka tingkat akurasi yang dihasilkan semakin baik pula. Dengan menggunakan metode ekstraksi *Gabor Wavelet* dan klasifikasi HMM dapat menghasilkan tingkat akurasi 28.5714%. Sedangkan dengan metode *K-Nearest Neighbor* menghasilkan tingkat akurasi 73.33% menggunakan filter 4×4 dengan jumlah data wajah sebanyak 196 data latih dan 84 data uji.

**Kata Kunci:** Pengenalan wajah, *Gabor Wavelet*, *Hidden Markov Model*, *K-Nearest Neighbor*

---

### Abstract

Face recognition systems are widely used in the fields of identification and authentication. The current approval system uses a biometric technique that allows a device to be used physically by humans using fingerprints, face, and retina. In this case, image processing is processed in the form of two-dimensional or three dimensional images. Facial recognition has been implemented in various fields, one of which is the security system.

In this Final Project, facial image processing will be implemented in three dimensions, where the image is extracted using the *Gabor Wavelet* method and the scheme uses the *Hidden Markov Model* (HMM) method. and will be done so as to produce a new image of the kernel. This method utilizes a transition in the form of probability.

System performance in this Final Project is viewed from the level of system accuracy and computational time. The better the system increases the data, the better the resulting accuracy. By using *Gabor wavelet* extraction method and HMM classification can produce an assessment rate of 28.5714%. While the *K-Neighbors 4×4* method produces the closest level of 73.33% using a filter with a total face data of 196 training data and 84 test data.

**Keywords:** Face Recognition, *Gabor Wavelet*, *Hidden Markov Model*, *K-Nearest Neighbor*

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini berkembang sangat pesat. Teknologi sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari karena dapat membantu pekerjaan manusia. Hampir setiap saat ditemukan penemuan baru terkait dengan teknologi, dibalik penemuan tersebut terdapat kelebihan dan kekurangan. Kekurangan tersebut akan dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggungjawab dengan melakukan tindak kriminal, salah satunya pencurian identitas data pribadi karena mudahnya *password* yang digunakan dan lemahnya sistem keamanan [1]. Dalam kasus ini diperlukan sistem identifikasi individu untuk meminimalisir hal tersebut terjadi, misalnya identifikasi biometrik. Identifikasi biometrik adalah identifikasi yang memungkinkan suatu perangkat dapat mengenali fisik manusia dengan memanfaatkan sidik jari, wajah, dan retina mata [2]. Sistem pengenalan wajah memiliki beberapa tahapan dalam melakukan teknik pengenalan wajah, seperti ekstraksi dan klasifikasi. Pada proses ekstraksi ciri wajah dilakukan untuk mengenali sifat alamiah suatu wajah yang kemudian akan di klasifikasikan sehingga dapat di deteksi oleh sistem.

Banyak penelitian yang sebelumnya dilakukan terkait pengenalan wajah dan juga sudah banyak metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai akurasi lebih baik dalam penelitian tentang studi kasus tersebut. *Accurate 3D face modeling and recognition* adalah salah penelitian yang membahas tentang teknik pengenalan wajah dengan menggunakan metode *Red Green Blue-Depth (RGB-D)* dan *Iterative Closest Point (ICP)*. Pada penelitian tersebut, tingkat keakurasian yang dihasilkan sangat tinggi pada sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ . Namun, deteksi wajah yang dihasilkan kurang maksimal karena tidak melakukan proses *cropping* wajah secara maksimal [3]. Metode lain yang telah digunakan pada studi kasus *3D face recognition* adalah 3DLBP. Tahap pengukuran performansi yang di hasilkan yaitu mencapai 82% dengan pengambilan data uji satu sampai lima data uji dan juga tingkat performansi berkurang apabila ekspresi wajah yang diuji berubah [4]. Penelitian selanjutnya menggunakan pendekatan *multiple keypoint descriptors* dan *sparse representation classifier*. Tahap pengukuran menghasilkan tingkat akurasi 92% [5]. Diharapkan dari penelitian sebelumnya akan membuka peluang penelitian kedepannya dengan harapan menghasilkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dan skala data yang besar.

Pada penelitian ini, mengusulkan sistem deteksi wajah dengan metode ekstraksi *Gabor Wavelet* dan klasifikasi wajah menggunakan metode *Hidden Markov Model (HMM)*. *Gabor wavelet* merupakan metode ekstraksi ciri khusus pada wajah apabila diproses akan menghasilkan gambar baru terhadap kernelnya [6]. Dengan menggunakan metode *gabor wavelet* dinilai dapat memberikan tingkat akurasi sistem yang tinggi. *HMM* merupakan metode klasifikasi yang memanfaatkan perpindahan titik koordinat dalam bentuk probabilitas dengan pemodelan bentuk statistik dalam penggambaran berbagai jenis data [7]. *HMM* dinilai dapat menghasilkan waktu komputasi sistem yang cepat.

## 2. Metode Penelitian

Ada beberapa konsep dasar yang digunakan sebagai acuan untuk keberhasilan penelitian yang dilakukan.

### 2.1 Face Recognition

*Face Recognition* merupakan teknologi yang diproses oleh computer untuk mengidentifikasi ciri khusus wajah manusia melalui visual citra yang ditangkap oleh kamera. *Face Recognition* salah satu Teknik pengolahan citra dengan mencocokkan ciri khusus wajah manusia, dari ciri khusus yang berbeda-beda tersebut sistem dapat membedakan data yang satu dengan data yang lainnya. Citra dapat diartikan sebuah gambar wajah manusia yang dihasilkan oleh *webcam* atau kamera. Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinyu yang dibentuk oleh piksel-piksel yang masing-masing memiliki intensitas cahaya yang dibentuk pada bidang dua dimensi ataupun tiga dimensi [8].

### 2.2 Metode Gabor Wavelet

Secara umum, *gabor wavelet* memiliki fungsi untuk mengekstraksi ciri-ciri khusus dan unik yang terdapat pada gambar. *Gabor wavelet* merupakan pengembangan dari *wavelet transform* yang memiliki tujuan untuk mendapatkan ciri khusus terhadap gambar yang ingin ditangkap dan diproses sehingga menghasilkan gambar yang baru terhadap kernelnya [6]. Fungsi *gabor* dapat didefinisikan

sebagai berikut[12]:

$$\Psi_{f,\varphi,\theta}(x,y,z) = A \times \exp\left(-\left(\left(\frac{x'}{\sigma_x}\right)^2 + \left(\frac{y'}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{z'}{\sigma_z}\right)^2\right)\right) \times \exp(j2\pi(xu+yv+zb)) \quad (1)$$

$$u = f \sin \varphi \cos \theta; \quad v = f \sin \varphi \sin \theta; \quad b = f \cos \varphi$$

$$[x' \ y' \ z']^T = S \times [x - x_c \ y - y_c \ z - z_c]^T$$

Adapun *gabor wavelet* jika memiliki frekuensi yang berbeda[12]:

$$\{\Psi_{f_a, \varphi_b, \theta_c}(d, e, f), \quad f_a = f_{max}/(2)^a, \quad \varphi_b = b\pi/b, \quad \theta_c = c\pi/c\} \quad (2)$$

dimana,  $f_a, \varphi_b, \theta_c$  didefinisikan amplitude dan orientasi frekuensi tengah,  $f_{max}$  yaitu amplitude frekuensi yang tertinggi.

### 2.3 Metode Hidden Markov Model

Metode *Hidden Markov Model* (HMM) adalah pengembangan dari markov model. Metode HMM terbukti sangat fleksibel dalam pemodelan statistik dalam penggambaran berbagai jenis data. Untuk saat ini penerapan metode HMM sudah banyak digunakan dalam ilmu *science* dan *engineering*. Pengaplikasiannya antara lain analisi klimatologi, biologi, komunikasi, image processing, speech processing, dll.

Ciri-ciri HMM adalah sebagai berikut :

1. Perpindahan keadaan dalam bentuk probabilitas.
2. Observasi dalam bentuk fungsi keadaan.
3. Observasi biasanya diketahui akan tetapi urutan (state) tidak diketahui.

Metode *Hidden Markov Model* merupakan suatu model probabilitas yang menggambarkan hubungan statistika antara urutan observasi X dan urutan *state* Y yang tidak diketahui sehingga menyebabkan dia dinamakan *hidden* [7]. Fungsi HMM dapat di definisikan sebagai berikut [9]:

$$\gamma = \sqrt{|\alpha - \beta|^2 - (x \cdot (\alpha - \beta))^2} \quad (3)$$

$$\varphi = x \cdot (\alpha - \beta)$$

dimana,  $\beta$  titik orientasi pada suatu bidang,  $(\gamma, \varphi)$  merupakan titik x koordinat 3D pada suatu bidang,  $\gamma$  yaitu nilai yang tegak lurus dengan sumbu garis normal n,  $\varphi$  tegak lurus dengan  $\beta$ . Pada gambar 2.2 merepresentasikan contoh dari kinerja HMM, dimana gambar tersebut menjelaskan elemen-elemen yang dibutuhkan di metode *Hidden Markov Model*.

### 2.4 Metode K-Nearest Neighbor

KNN mengklasifikasikan data hasil penguraian dan diproyeksikan dalam sebuah ruang dimensi. Pada prosesnya KNN bertugas untuk mengelompokkan data baru yang paling mendekati kemiripannya dengan data uji yang ada, untuk menentukan jarak yang akan dikelompokkan menggunakan tiga buah rumus yaitu city block, euclidean distance, dan cosine similarity.

#### 2.4.1 City Block

City Block merupakan perhitungan yang menggunakan pergantian kuadrat dengan perhitungan absolut dari variabel yang ada[10]. Rumus yang digunakan yaitu:

$$d(X, Y) = Lp = i(X, Y) = \sum_i^n |X_i - Y_i| \quad (4)$$

di mana,  $Y_i$  merupakan nilai dari ciri yang terdapat di *database*.  $X_i$  merupakan nilai dari ciri pada data uji dan  $n$  merupakan nilai dari banyak data.

### 2.4.2 Euclidean Distance

Euclidean Distance merupakan formulasi untuk menghitung jarak yang akan digunakan dalam proses pengelompokan data pada klasifikasi KNN. Berikut persamaan dari Euclidean Distance [11]:

$$d(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad (5)$$

### 2.4.3 Cosine Similarity

Cosine Similarity merupakan metode perhitungan jarak yang digunakan dalam metode klasifikasi KNN. Metode ini memanfaatkan tingkat kemiripan dari data uji dengan data latih [12]. Berikut persamaan dari cosine similarity :

$$\text{Cosine}(\theta_{QD}) = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i D_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i)^2}} \quad (6)$$

di mana,  $\text{cosine}(\theta_{QD})$  merupakan nilai tingkat kemiripan data uji terhadap data latih.  $Q_i$  dan  $D_i$  merupakan nilai setiap data.

## 3. Hasil dan Pembahasan

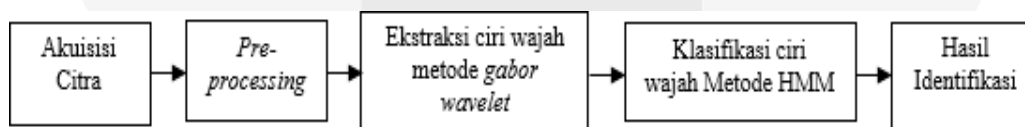
Bagian ini menjelaskan mengenai pembuatan atau perancangan sistem *face recognition* menggunakan kamera *kinect*. Selain itu, pada perancangan perangkat lunak akan dijelaskan proses citra wajah 3D. Input berupa citra dan kemudian diproses oleh sistem merupakan hasil dari pengambilan kamera *kinect*. Setelah itu citra akan diproses dan masuk ke tahap *pre-processing* dengan menggunakan *software KScan3D* dan selanjutnya akan di ekstraksi menggunakan metode *gabor wavelet* dan klasifikasi HMM.

### 3.1 Desain Sistem

Sistem ini dibuat untuk mempermudah manusia dalam kehidupan sehari-hari dalam hal keamanan, sistem presensi, dll. Dengan menggunakan *face recognition* sistem dapat mengenali ciri khusus yang dimiliki setiap wajah manusia sehingga jika diterapkan pada sistem keamanan dan sistem presensi maka akan meminimalisir terjadinya tindakan yang tidak diinginkan.

Sistem ini dilengkapi dengan pengisian *database* dimana data tersebut berupa ciri khusus yang dimiliki setiap wajah manusia, sehingga jika seseorang ingin mengakses sistem tersebut maka data wajah pengguna tersebut terdapat di dalam sistem yang disimpan di *database*.

Secara umum, gambaran sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok sistem pengenalan wajah 3D

#### 3.1.1 Akuisi Citra

Akuisisi Citra adalah proses penangkapan citra dengan menggunakan webcam atau kamera yang kemudian ditampilkan pada suatu bidang dan dibentuk oleh dari banyak piksel yang memiliki warna yang berbeda-beda sehingga membentuk suatu citra. Dalam tahap ini dilakukan proses akuisisi pada wajah manusia. Gambar Akuisisi citra 2.



Gambar 2 Akuisisi Citra

### 3.1.2 Cropping

*Cropping* adalah tahap yang dilakukan dengan tujuan untuk mengoptimalkan suatu citra yang telah dihasilkan di akuisisi citra. Pada tahap ini gambar akuisisi citra di potong untuk mempermudah proses selanjutnya. Hasil *Cropping* pada Gambar 3.



Gambar 3 Gambar hasil *Cropping*

### 3.1.3 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri wajah adalah tahapan dimana pengenalan ciri wajah manusia. Pengenalan ciri wajah ini dilakukan karena setiap manusia memiliki ciri wajah yang berbeda-beda atau tidak ada yang sama dengan yang lainnya. Proses ekstraksi wajah dilakukan dengan menggunakan metode *Gabor wavelet*. Dalam spektrum spasial 3D *gabor wavelet* dapat di definisikan dalam persamaan 2.1 dan *gabor wavelet* dengan frekuensi yang berbeda dapat didefinisikan dalam persamaan 2.2 yang telah didefinisikan sebelumnya. Berikut proses ekstraksi *gabor wavelet* yang diilustrasikan pada Gambar 4.

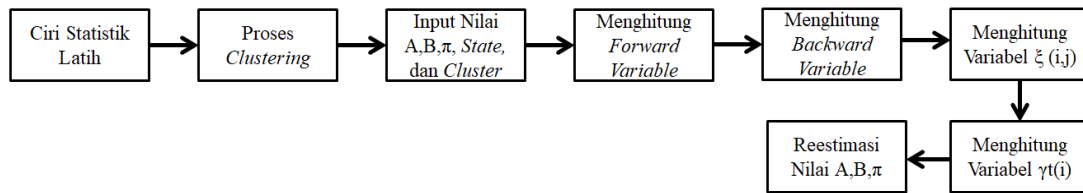


Gambar 4 Digram Alir Tahapan Ekstraksi *Gabor Wavelet*

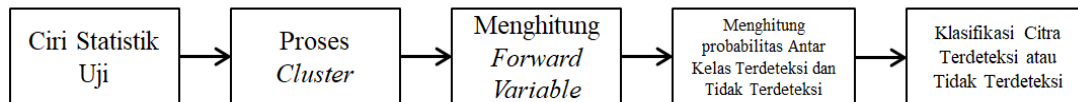
### 3.1.4 Klasifikasi Ciri Wajah

Pada proses klasifikasi ciri wajah dilakukan pencocokan kesamaan ciri wajah manusia yang terdapat didalam database. Pada tahap ini bertujuan untuk melakukan identifikasi hasil akuisisi citra berdasarkan dari hasil ekstraksi ciri wajah. Jadi jika ingin mengakses suatu sistem maka wajah uji sudah harus ada didalam database. Berikut proses klasifikasi *HMM Training* yang diilustrasikan pada Gambar 5 dan *HMM Test* yang diilustrasikan pada Gambar 6.





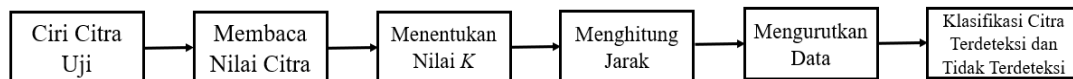
Gambar 5 Blok diagram HMM Training



Gambar 6 Blok diagram HMM Testing

### 3.1.5 Klasifikasi K-Nearest Neighbor

Metode klasifikasi KNN menggunakan jarak terdekat data dari citra yang diuji dengan citra yang terdapat di *database*. Hasil yang didapatkan akan menunjukkan tingkat kecocokan dari pengujian dengan *database*. Proses klasifikasi KNN diilustrasikan pada Gambar 7.



Gambar 7 Blok diagram proses KNN

## 4. Pengujian dan Analisis

Tujuan dari pengujian dan analisis ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dan waktu komputasi sistem dalam mengenali wajah dan mengetahui nilai parameter yang terbaik yang bertujuan untuk memaksimalkan kinerja sistem.

### 4.1 Skenario Pengujian

Skenario yang dilakukan dalam menganalisa sistem pengenalan wajah 3D sebagai berikut:

1. Skenario pertama menentukan jumlah filter pada proses ekstraksi citra. pada skenario ini dilakukan dengan pengujian jumlah filter yaitu  $3 \times 3$ ,  $4 \times 4$ ,  $5 \times 5$ ,  $6 \times 6$  dan  $7 \times 7$ .
2. Skenario kedua bertujuan untuk mendapatkan nilai optimal yang diperoleh dari data ciri statistik. ciri yang dimaksud adalah mean, standar deviasi, *kurtosis*, median, *entropy*, dan *range*.
3. Skenario Ketiga dilakukan pengujian parameter *cluster* yang digunakan pada metode klasifikasi HMM. Cluster yang akan dianalisis adalah 10,25,50,100,150,dan 196.
4. Skenario Keempat akan dilakukan pengujian parameter state yang digunakan pada klasifikasi HMM. State yang dianalisis adalah 1,2,3,4,5,dan 6.

### 5. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan, simpulan yang didapat dari sistem pengenalan wajah berbasis 3D adalah dengan menggunakan metode ekstraksi *gabor wavelet* dan klasifikasi HMM menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 28.5714% serta waktu komputasi 0.3595 detik/citra. Sedangkan dengan menggunakan metode ekstraksi *gabor wavelet* dan klasifikasi KNN menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 73.3% dengan waktu komputasi 0.4574 detik/citra. Pembuktian ini dilakukan dengan pengambilan gambar 28 individu berbeda dan setiap individu dilakukan 10 kali pengambilan citra sehingga total data sebanyak 280 data. Hasil tersebut diperoleh dengan menggunakan ukuran *filter*  $4 \times 4$ , enam ciri statistic seperti: standar deviasi, median, mean, *kurtosis*, *range*, dan *entropy*.

**Daftar Pustaka**

- [1] M. Arihutomo, A. B.-E. F. Project, and undefined 2010, "Rancang Bangun Sistem Penjejukan Objek Menggunakan Metode Viola Jones Untuk Aplikasi EyeBot," repo.pens.ac.id.
- [2] S. Nugroho, A. H.-J. F. H. UII, and undefined 2005, "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Mendeteksi Posisi Wajah Manusia Pada Citra Digital," neliti.com.
- [3] D. Kim, J. Choi, J. T. Leksut, and G. Medioni, "Accurate 3D face modeling and recognition from RGB-D stream in the presence of large pose changes," in 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) , 2016, pp. 3011–3015.
- [4] Cardia,B.P.(2014).FaceRecognitionUsing3DLBPMMethodAppliedtoDepth Maps Obtained from Kinect Sensors . X Workshop de Vis ao Computacional -WVC.
- [5] Zhang, L. (2014). 3DMKDSRC :A Novel Approach For 3D FaceRecognition . Confrence: 2014 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME).
- [6] K.SeetharamanandR.Ragupathy,"Irisrecognitionforpersonalidentification system," Procedia Eng., vol. 38, pp. 1531–1546, 2012
- [7] F. Putra. 2015. "Simulasi dan Analisis Klasifikasi Genre Musik Berbasis FFT dan Continuous Density Hidden Markov Model."
- [8] Wahyu and Bon Maria, "face tracker menggunakan metode Haar like Feature dan PID pada model simulasi", Indonesia: Teknik Elektro.Universitas Internasional Batam, 2012.
- [9] J. W. Niu, X. H. Zheng, M. Zhao, N. Fan, and S. T. Ding, "Landmark automaticidentificationfromthree-dimensional(3D)databyusingHiddenMarkov Model (HMM)," in2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management , 2011, pp. 600–604.
- [10] D.Nugraheny,"Metode Nilai Jarak Guna Kesamaan Atau Kemiripan Ciri Suatu Citra (Kasus Deteksi Awan Cumulonimbus Menggunakan Principal Component Analysis )," J. Angkasa, vol. Volume 7, pp. 21–30, 2015.
- [11] J. Cook, V. Chandran, S. Sridharan, and C. Fookes, "Face recognition from 3D data using iterative closest point algorithm and gaussian mixture models," Proc. - 2nd Int. Symp. 3D Data Process. Vis. Transm. 3DPVT 2004, pp. 502–509, 2004.
- [12] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, Data Transformation by Normalization, Third Edit. Champaign: Elsevier Inc., 2011.