

# Sistem Pengenalan Iris Mata Menggunakan Metode *Wavelet Packets Decomposition* dan *Euclidean Distance*

Kristian Telaumbanua<sup>1</sup>, Pahala Sirait<sup>2</sup>, Asima Rohana<sup>3</sup>, Bezaro Gea<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Mikroskil

<sup>1</sup>kristian@mikroskil.ac.id, <sup>2</sup>pahala@mikroskil.ac.id, <sup>3</sup>151112173@students.mikroskil.ac.id,

<sup>4</sup>151113411@students.mikroskil.ac.id

## **Abstrak**

*Biometrik merupakan ciri-ciri unik yang di miliki manusia untuk membedakan antara orang yang satu dengan yang lainnya. Salah satu biometrik yang lebih akurat adalah citra berbasis iris mata untuk proses pengenalan. Namun didalam proses pengenalan iris mata kehadiran bulu mata dapat mengganggu proses pengenalan dan mengurangi tingkat keakurasiannya. Pada penelitian ini, pengenalan biometrik berbasis iris mata yang akan dilakukan suatu kajian dengan menambahkan proses pra-pengolahan yaitu cropping untuk memotong bagian atas iris mata yang tidak terkena bulu mata. Citra yang akan di olah sebelumnya akan melewati proses Grayscale, Filter median, deteksi tepi Canny, Circle hough, Cropping, dan ekstraksi ciri Wavelet Packets Decomposition (WPD). Hasil ekstraksi ciri di klasifikasi menggunakan Euclidean Distance untuk melakukan pengenalan pada citra dengan cara membandingkan nilai citra uji dengan nilai citra di database. Pengujian dilakukan dengan 150 data set citra, 120 citra sebagai data latih dan 30 citra sebagai data uji. Hasil pengujian pada citra yang dikenali memiliki nilai akurasi 93,33% dan 6,66% citra tidak dapat dikenali karena bulu mata terlalu panjang dan posisi iris mata tidak ditengah sehingga pada proses transformasi circle hough tidak dapat melakukan deteksi lingkaran pada iris mata.*

**Kata Kunci :** *Biometrik, Iris mata, Wavelet Packets Decomposition, Euclidean Distance*

## **Abstract**

*Biometrics are unique traits human beings have to distinguish between one person and another. One of the more accurate biometrics is an iris-based image for the introduction process. But in the process of iris introduction The presence of eyelashes can interfere with the process of introduction and curate its level of accuracy. In this research, the introduction of biometric-based eye iris that will be performed a study by adding a pre-processing process is cropping to cut the upper part of the iris that is not exposed to the eyelashes. The previous image will be passed through the Grayscale process, the median Filter, the edge detection of the Canny, the Circle Hough, the Cropping, and the extraction of the Wavelet Packets Decomposition (WPD) feature. Feature extraction results in classification using Euclidean Distance to perform an introduction to imagery by comparing test image value with image value in database. Testing conducted with 150 image set data, 120 imagery as a training data and 30 imagery as test data. The test results on a recognizable image have an accuracy value of 93.33% and 6.66% of the image cannot be recognized because the eyelashes are too long and the iris position is not centered so that the Circle Hough transformation process is not able to perform the detection Circles on the iris.*

**Keyword :** *Biometrics, Iris of the eye, Wavelet Packets Decomposition, Euclidean Distance*

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini iris mata merupakan bentuk pengukuran biometrik terbaik dan akurat dibandingkan dengan biometrik yang lain [1]. Di dalam proses pengenalan iris mata ada tahapan penting yang harus dilakukan yaitu proses segmentasi, dimana hasil dari proses ini berdampak pada akurasi keberhasilan pengenalan iris mata. Namun proses pengenalan iris mata masih kurang mendapat perhatian, karena keberadaan iris mata sangat terlindung pada organ dalam dari mata. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sulitnya pengenalan berbasis iris mata adalah keberadaan bulu mata [2].

Penelitian tentang pengenalan iris mata sudah pernah dilakukan sebelumnya, yaitu pengenalan iris mata seperti yang dilakukan oleh peneliti[1] meningkatkan proses pengenalan dengan keakuratan dan keberhasilan mencapai 98% menggunakan metode *Wavelet Packets Decomposition* (WPD). Pada penelitian yang lain dilakukan oleh[3] mengatasi permasalahan keberadaan bulu mata yang dapat mempengaruhi proses pengenalan iris mata dengan menggunakan metode *Wavelet Packets Decomposition* (WPD) dan *Euclidean Distance* dengan cara meng-*cropping* gambar untuk mengambil objek iris mata yang tidak terkena bulu mata. Pada penelitian Adamu belum ada kajian khusus mengenai keberadaan bulu mata, sementara dalam penelitian Isnanto menunjukkan bahwa keberadaan bulu mata sangat berpengaruh.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan dilakukan suatu kajian dengan melakukan penambahan pra-pengolahan yaitu *Cropping* untuk memotong bagian atas dari iris mata yang tidak terkena bulu mata dalam memperbaiki kajian yang dilakukan oleh Adamu dimana akan fokus pada mengatasi permasalahan keberadaan bulu mata. Pada penelitian ini akan di implementasikan beberapa metode-metode penyelesaian. Pertama, citra yang awalnya berwarna RGB akan di transformasikan ke *Grayscale*. Kedua, dilakukan *Filter Median* untuk menghaluskan citranya, ketiga dilakukan deteksi tepi *Canny* untuk mengambil tepi-tepi garis dari citranya, keempat dilakukan *Transformasi Circle hough* untuk mengambil tepi yang membentuk lingkaran dari hasil proses *canny*, kelima di lakukan *Cropping* untuk memotong bagian atas dari citra hasil *Circle hough*, karena keberadaan bulu pada iris mata sangat mempengaruhi proses pengenalan iris mata. Proses keenam melakukan ekstraksi ciri menggunakan *Wavelet Packets Decomposition* (WPD) untuk mengambil ciri unik dari citra yang di proses. Selanjutnya citra hasil akan di klasifikasi dengan menggunakan *Euclidean Distance* yang bertujuan membandingkan citra uji dengan citra yang ada di database.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Citra Grayscale

Citra grayscale adalah citra yang hanya memiliki 1 buah kanal sehingga yang ditampilkan hanyalah nilai intensitas atau dikenal juga dengan istilah derajat keabuan. Jenis citra ini disebut juga sebagai 8-bit image karena untuk setiap nilai pikselnya memerlukan penyimpanan sebesar 8-bit. Luminosity adalah metode untuk menghitung nilai piksel citra grayscale dengan menghitung sesuai kilauan, cara ini dapat dirumuskan [4]:

$$Grayscale = \frac{Red + Green + Blue}{3} \quad (1)$$

Keterangan:

R = *Red*  
G = *Green*  
B = *Blue*

### 2.2 Filter Median

Filter median mengambil area tertentu pada citra sesuai dengan ukuran mask yang telah ditentukan (umumnya 3×3), kemudian dilihat setiap nilai pixel pada area tersebut, dan nilai tengah pada area diganti dengan nilai median. Cara memperoleh nilai median adalah: nilai keabuan dari titik-titik pada matriks diurutkan dari nilai terkecil hingga yang terbesar, kemudian ditentukan nilai yang berada di tengah dari deret piksel.

### 2.3 Deteksi Tepi Canny

Deteksi tepi Canny merupakan Good detection, memaksimalkan signal to noise ration (SNR) agar semua tepi dapat terdeteksi dengan baik. Good location, untuk meminimalkan jarak deteksi tepi yang sebenarnya dengan tepi yang dihasilkan melalui pemrosesan, sehingga lokasi tepi terdeteksi menyerupai tepi secara nyata [5].

$$h(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Proses selanjutnya adalah perhitungan besar gradient dan sudut citra. Gradien dari suatu citra  $f(x,y)$  pada lokasi  $(x,y)$  adalah vektor. Fungsi gradient dalam citra dapat direpresentasikan sebagai berikut :

$$G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = \frac{f(x+\Delta x,y) - f(x,y)}{\Delta x} \quad (3)$$

$$G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = \frac{f(x,\Delta x+y) - f(x,y)}{\Delta x} \quad (4)$$

Hasil pendeteksian tepi adalah citra tepi  $g(x,y)$  yang nilai setiap pikselnya adalah  $g(x,y) = G[f(x,y)]$ , sehingga diperoleh (Munir, R., 2004):

$$G[f(x,y)] = \sqrt{G^2x + G^2y} \quad (5)$$

### 2.4 Transformasi Circle Hough

Transformasi ini digunakan untuk ekstraksi garis, lingkaran. Kelebihan utamanya yaitu dapat memberikan hasil lebih cepat dan sama dengan pencocokan pola. Berikut ini adalah rumus untuk garis yang berbentuk lingkaran [6].

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (6)$$

Keterangan :

r	= Radius
$x_0$ dan $y_0$	= Pusat titik lingkaran
x dan y	= Polar untuk setiap titik

### 2.5 Cropping

*Cropping* adalah pengolahan citra dengan kegiatan memotong satu bagian dari citra. Sebuah citra di-cropping sebesar W×H. Titik  $(x_1,y_1)$  dan  $(x_2,y_2)$  adalah koordinat titik pojok kiri atas dan pojok kanan bawah citra yang akan di-crop [7].

Rumus yang digunakan adalah :

$$W = x_2 - x_1 \text{ dan } H = y_2 - y_1 \quad (7)$$

Keterangan :

$x_1,y_1$	= Koordinat titik ujung kiri atas
-----------	-----------------------------------

$x_2, y_2$  = Koordinat titik ujung kanan bawah citra yang akan di-crop

## 2.6 Wavelet Packets Decomposition

Wavelet Haar berfungsi untuk ekstraksi ciri atau pengambilan ciri penting dari suatu citra [8].

### 1. Forward

Tiap langkah dalam Haar memperhitungkan kumpulan koefisien-koefisien Wavelet dan kumpulan rata-rata. Jika suatu kumpulan data  $S_0, S_1, \dots, S_{N-1}$  berisi unsur-unsur  $N$ , akan terdapat  $N/2$  rata-rata dan  $N/2$  nilai-nilai koefisien.

$$a_i = S_i + S_{i+1} \quad (8)$$

$$c_i = S_i - S_{i+1} \quad (9)$$

Keterangan :

$a_i$  = Menghitung suatu rata-rata dan koefisien-koefisien Wavelet

$c_i$  = Dari suatu unsur ganjil dan genap

### 2. Inverse

Untuk menggabungkan kembali citra yang sudah di forward sebelumnya.

## 2.7 Jarak Euclidean

Jarak Euclidean digunakan untuk identifikasi suatu vektor ciri yang dimasukan dengan ciri pada basis data yang ada [9].

$$\bar{d}(u, v) = \sqrt{(\bar{u}_1 - \bar{v}_1)^2 + (\bar{u}_2 - \bar{v}_2)^2 + \dots + (\bar{u}_n - \bar{v}_n)^2} \quad (10)$$

Keterangan :

$\bar{d}(u, v)$  = jarak Euclidean

$\bar{u}$  = vektor ciri masukan

$\bar{v}$  = vektor ciri basis data

$n$  = jumlah vektor ciri

## 2.8 Nilai Ambang (Threshold)

Threshold adalah nilai ambang yang di dapat untuk menentukan keberhasilan proses pengolahan citra pada tahap pengujian [5].

$$T = \frac{miu1 + miu2}{jth_{miu}} \quad (11)$$

Keterangan :

$miu1$  dan  $miu2$  = Rata-rata intensitas

$jth_{miu}$  = Jumlah intensitas

## 2.9 Konsep Kemiripan

Similarity (kemiripan) adalah ukuran kedekatan antara satu objek dengan objek lainnya.

$$s = \frac{T-D}{T} \times 100\% \quad (12)$$

Keterangan :

D = Distance (jarak pisah antar Objek)

T = Nilai ambang

S = Similiarity (kemiripan)

Wavelet Haar berfungsi untuk ekstraksi ciri atau pengambilan ciri penting dari suatu citra [8].

### 2.10 Hasil Akurasi

*True Matching Rate* (TMR) adalah Ukuran sistem biometrik yang dapat mencocokkan informasi biometrik dengan benar dari orang yang sama. *False Acceptance Rate* (FAR) adalah Ukuran kemungkinan bahwa sistem keamanan biometrik akan secara keliru menerima upaya akses oleh pengguna yang tidak sah. Jauh sistem biasanya dinyatakan sebagai rasio jumlah penerimaan palsu dibagi dengan jumlah upaya identifikasi. *False Rejection Rate* (FRR) adalah Ukuran dari kemungkinan bahwa sistem keamanan biometrik akan secara keliru menolak upaya akses oleh pengguna yang berwenang. FRR sistem biasanya dinyatakan sebagai rasio jumlah pengakuan palsu dibagi dengan jumlah upaya identifikasi.

$$\text{True Matching Rate (TMR)} = \frac{\text{Citra yang dikenali}}{\text{Total Citra uji}} \times 100\% \quad (13)$$

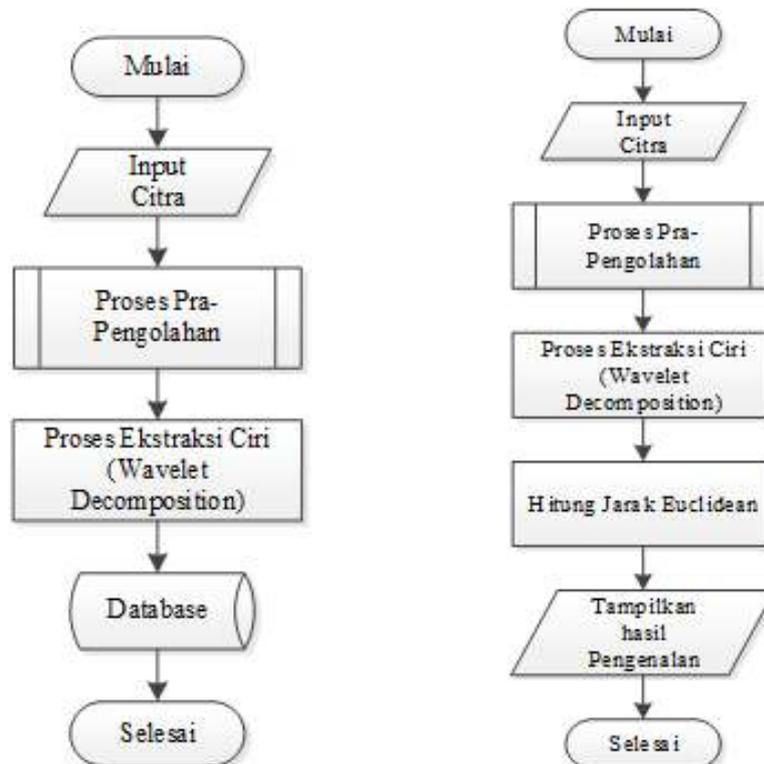
$$\text{False Acceptance Rate (FAR)} = \frac{\text{Citra palsu di terima}}{\text{Total citra uji}} \times 100\% \quad (14)$$

$$\text{False Rejection Rate (FRR)} = \frac{\text{Citra tidak dikenali}}{\text{Total Citra uji}} \times 100\% \quad (15)$$

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

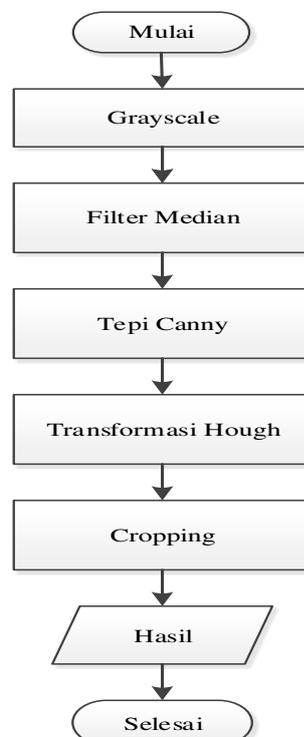
### 3.1 Analisis Proses

Proses kerja dari sistem pengenalan berbasis iris mata ini dapat di gambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 1 Flowchart pelatihan dan pengenalan

Adapun secara luasnya proses pra-pengolahan dapat di lihat sebagai berikut:

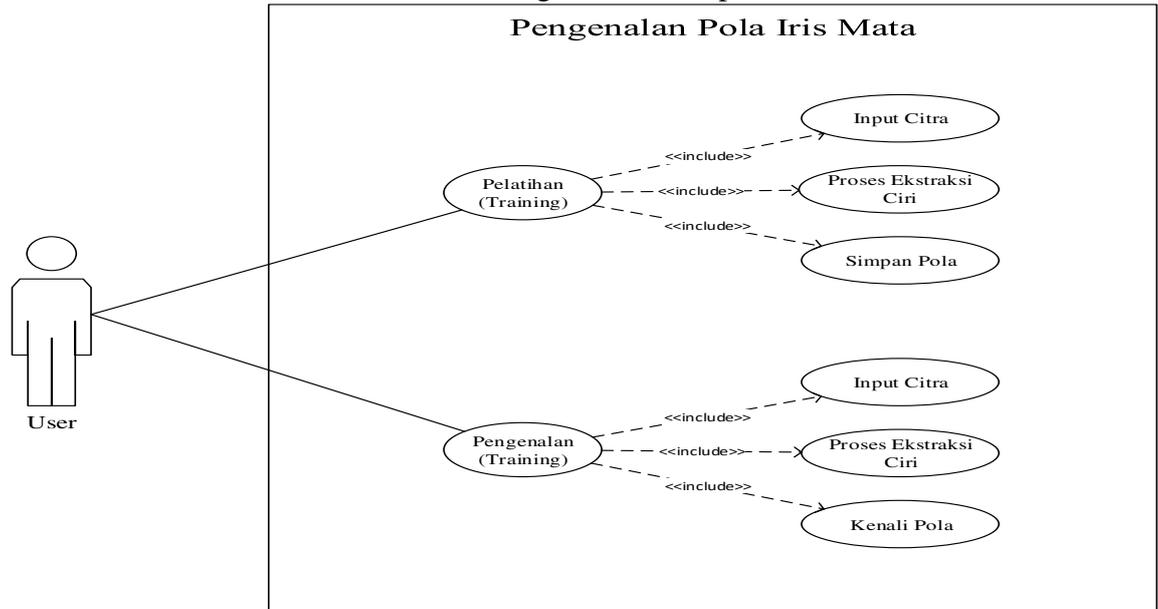


Gambar 2 Flowchart Pra-Pengolahan

Pada gambar di atas adalah proses cara kerja system yang akan berjalan mulai dari penginputan citra lalu proses pra-pengolahan diantaranya adalah Grayscale, Filter Median, Deteksi Tepi Canny, Transformasi Circle Hough, Cropping. Dan dilanjutkan ekstraksi Ciri menggunakan metode Wavelet Packets Decomposition setelah itu dilakukan klasifikasi pengenalan citra uji dengan membandingkan dengan citra yang ada di database menggunakan Euclidean Distance.

### 3.2 Analisis Kebutuhan Fungsional

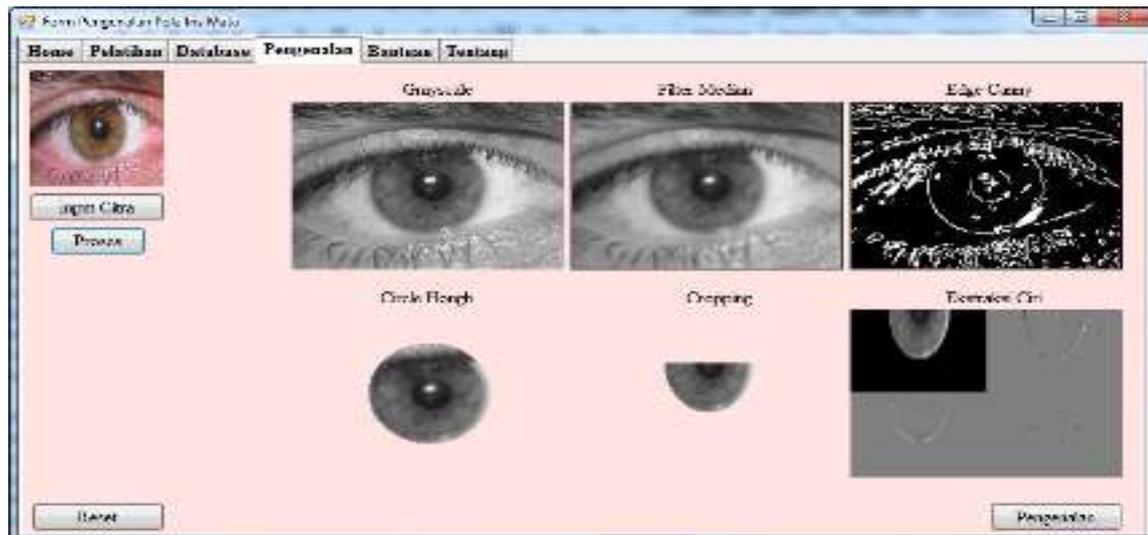
Berikut ini adalah analisis kebutuhan fungsional untuk penelitian ini.



Gambar 3 Analisis Kebutuhan Fungsional

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian di lakukan dengan membandingkan citra yang ada di database dengan citra yang di uji dengan menggunakan Euclidean Distance dan jika menghasilkan nilai terkecil dari perbandingan maka citra merupakan citra yang mendekati pengenalan. Proses pengenalan akan di ketahui dengan adanya Nilai ambang batas (*Threshold*). Nilai *threshold* yang di dapat pada tugas akhir ini adalah nilai yang secara otomatis di tentukan yaitu 7,20. Selama nilai jarak lebih kecil dari nilai *threshold* maka citra di kenali, tetapi jika nilai jarak lebih besar dari nilai *threshold* maka citra tidak dikenali.



Gambar 4 Proses Pengenalan

Pada penelitian ini dilakukan Jumlah dataset sebanyak 150 citra dimana dataset dipisah, 120 citra digunakan sebagai data latih dan 30 citra lainnya digunakan sebagai data uji. Berikut ini adalah hasil pengujian yang dilakukan dengan menghasilkan nilai jarak terdekat (*Euclidean Distance*), Nilai ambang batas (*Threshold*) sebagai penentu apakah citra di kenali atau tidak dikenali, Similarity untuk kemiripan antara citra uji dengan citra di database dan Keterangan sebagai hasil keterangan apakah citra di kenali atau tidak dikenali.

Tabel 1 Hasil Pengujian

No	Citra Uji	Euclidean	T	Similarity	Keterangan
1.	Pelatihan_1.jpg	1,31	6,04	87%	Citra dikenali
2.	Pelatihan_2.jpg	1,22	7,11	90%	Citra dikenali
3.	Pelatihan_3.jpg	1,19	6,45	89%	Citra dikenali
4.	Pelatihan_4.jpg	1,36	6,30	87%	Citra dikenali
5.	Pelatihan_5.jpg	1,30	6,32	88%	Citra dikenali
6.	Pelatihan_6.jpg	6,37	8,46	-	Citra Tidak dikenali
7.	Pelatihan_7.jpg	1,44	7,58	88%	Citra dikenali
8.	Pelatihan_8.jpg	5,36	8,10	-	Citra Tidak dikenali
9.	Pelatihan_9.jpg	1,13	7,08	90%	Citra dikenali
10.	Pelatihan_10.jpg	1,17	6,10	88%	Citra dikenali
11.	Pelatihan_11.jpg	1,32	6,02	87%	Citra dikenali
12.	Pelatihan_12.jpg	1,20	6,17	88%	Citra dikenali
13.	Pelatihan_13.jpg	1,28	5,52	86%	Citra dikenali
14.	Pelatihan_14.jpg	1,30	5,67	86%	Citra dikenali
15.	Pelatihan_15.jpg	1,28	6,15	87%	Citra dikenali

16.	Pelatihan_16.jpg	0,99	6,88	91%	Citra dikenali
17.	Pelatihan_17.jpg	1,37	6,40	87%	Citra dikenali
18.	Pelatihan_18.jpg	1,43	6,70	87%	Citra dikenali
19.	Pelatihan_19.jpg	1,31	5,79	86%	Citra dikenali
20.	Pelatihan_20.jpg	1,24	5,64	87%	Citra dikenali
21.	Pelatihan_21.jpg	1,27	6,47	88%	Citra dikenali
22.	Pelatihan_22.jpg	1,35	7,47	89%	Citra dikenali
23.	Pelatihan_23.jpg	1,36	6,80	88%	Citra dikenali
24.	Pelatihan_24.jpg	1,36	6,12	90%	Citra dikenali
25.	Pelatihan_25.jpg	1,30	6,57	88%	Citra dikenali
26.	Pelatihan_26.jpg	1,41	6,17	88%	Citra dikenali
27.	Pelatihan_27.jpg	1,39	7,01	89%	Citra dikenali
28.	Pelatihan_28.jpg	1,22	6,12	88%	Citra dikenali
29.	Pelatihan_29.jpg	1,18	5,40	87%	Citra dikenali
30.	Pelatihan_30.jpg	1,31	6,45	88%	Citra dikenali

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 Jumlah citra yang berhasil dikenali sebanyak 28 citra dan yang tidak dikenali sebanyak 2 citra. Adapun perhitungan untuk menentukan akurasi pengenalan dengan menggunakan rumus *True Matching Rate* (TMR) yaitu proses menghitung jumlah citra yang berhasil dikenali, *False Acceptance Rate* (FAR) yaitu proses menghitung jumlah citra yang berhasil mengenali namun tidak sesuai dengan citra uji, dan *False Rejection Rate* (FRR) yaitu proses menghitung citra yang tidak dapat mengenali citra uji, berikut adalah proses perhitungan akurasi :

Tabel 2 Hasil Perhitungan Akurasi

		Nilai Sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai prediksi	TRUE	28	0
	FALSE	0	2

Didapati TP = 28, FP = 0, FN = 0, dan TN = 2

$$\text{True Matching Rate (TMR)} = \frac{TP}{\text{Total citra uji}} \times 100\%$$

$$TMR = \frac{28}{30} \times 100\% = 93,33\%$$

$$\text{False Acceptance Rate (FAR)} = \frac{FP}{\text{Total citra uji}} \times 100\%$$

$$FAR = \frac{0}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{False Rejection Rate (FRR)} = \frac{FN}{\text{Total citra uji}} \times 100\%$$

$$FRR = \frac{2}{30} \times 100\% = 6,66\%$$

Hasil tertinggi dari tingkat akurasi citra yang dikenali adalah 93,33% dan hasil citra yang tidak dikenali adalah 6,66%. Adapun hasil yang diperoleh dari hasil pengujian diatas adalah nilai threshold 7,20 yang digunakan sebagai nilai ambang batas kemiripan suatu citra untuk di kenali. Jika citra yang dikenali memiliki nilai di bawah 7,20 maka citra tersebut dapat dikenali, dan sebaliknya jika nilai citra di atas 7,20 maka citra tersebut tidak dapat dikenali. Dari 30 data pengujian terdapat 28 data pengujian yang berhasil dikenali sebagaimana mestinya, dengan nilai Threshold dibawah 7,20 dan persentase keakuratan 93,33%.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian diatas dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

- a. Citra yang dikenali adalah citra yang memiliki nilai ambang batas di bawah 7,20 dan dengan jarak Euclidean terkecil.
- b. Dari 150 citra iris mata, 120 citra sebagai data latih dan 30 citra sebagai data uji. Hasil pengujian untuk mengenali citra data uji menghasilkan presentase keakuratan 93,33%.

Dalam pembuatan aplikasi ini tentu masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, ada beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan apabila ada yang berminat mengembangkan penelitian ini.

- a. Untuk penelitian selanjutnya bisa melakukan penelitian dengan mengkaji metode yang berbeda dalam ekstraksi ciri. Pengujian yang telah dilakukan pada pembahasan memiliki presentase yang cukup baik. Namun bisa juga dengan mengkombinasi metode yang lainnya serta mengkaji kembali algoritma klasifikasi yang berbeda.
- b. Penelitian ini hanya dapat mengenali satu buah objek saja. Diharapkan penelitan selanjutnya dapat mengenali banyak objek sekaligus.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Adamu., Husain, R., dan S. Magaji., 2018 , An Enhanced Iris Recognition And Authentication System Using Energy Measure, Nigeria: Kaduna State University, tersedia pada: <https://www.ajol.info/index.php/swj/article/view/170015> , tanggal akses: 15 Maret 2019.
- [2] Zhang,D., Monro,M., dan Rakshit,S., 2006, Eyelash Removal Method for Human Iris Recognition,University of Bath, tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4106522> , tanggal akses : 09 April 2019.
- [3] R. Rizal., Santoso, I., Prihartono, T., Widodo, T., Suhardjo., Susanto, A., 2012, Sistem Pengenalan Iris Mata Berdasarkan Tekstur Menggunakan Ekstraksi Ciri Energi Pada Alihragam Wavelet Haar, Jurnal Sistem Komputer, tersedia pada: <http://eprints.undip.ac.id/40514/> , tanggal akses: 03 April 2019.
- [4] Kadir, A., dan Susanto.A., 2013, Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra, Yogyakarta: Andi.
- [5] Munir, R., Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik, Bandung.
- [6] Rinanto, L., Sugiharto, A., Indriyati., 2013, Aplikasi Pendeteksi Objek Lingkaran Pada Citra Dengan Transformasi Hough, Semarang:Universitas Dipenogoro, tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/joint/article/view/6301>, tanggal akses: 20 Mei 2019.
- [7]

- Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, D., Wijanarto., 2009. Teori Pengolahan Citra Digital, Semarang: Andi.
- [8] Wahyu, R., Hidayatno, A., Isnanto, R., 2012, Pengenalan Wajah Menggunakan Alihagam Wavelet Haar dan Jarak Euclidean, Semarang: Universitas Diponegoro, tersedia pada: [http://www.elektro.undip.ac.id/el\\_kpta/wp-content/uploads/2012/05/21060110151062\\_MTA.pdf](http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta/wp-content/uploads/2012/05/21060110151062_MTA.pdf) , tanggal akses: 28 Mei 2019.
- [9] Khoirotun, I., R. Rizal., Ajulian, A., 2014, Ekstraksi Ciri Citra Telapak Tangan dengan Alihagam Gelombang Singkat Haar Menggunakan Pengenalan Jarak Euclidean, Semarang: Universitas Diponegoro, tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/5453>, tanggal akses: 20 Mei 2019.

