

PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI IRIS MATA MENGGUNAKAN METODE WAVELET HAAR

Moh. Kharis Tauvani

Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
Kharis.tauvani@gmail.com

ABSTRAK

Sistem biometrik merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi berdasarkan karakteristik lingkungan atau karakteristik biologis seseorang. Salah satu dari sistem biometrik yang mempunyai karakteristik yang unik dan juga berbeda adalah iris mata. Iris mata mempunyai sifat yang stabil, struktur fisik yang beragam serta tidak tergantung pada sifat genetik. Dengan sifatnya tersebut maka iris mata dapat dijadikan sistem pengenalan pada individu. Salah satu langkah untuk melakukan pengenalan yaitu dengan menerapkan aplikasi identifikasi iris mata

Metode *Wavelet Haar* adalah salah satu metode yang digunakan untuk ekstraksi ciri dalam proses pengenalan iris mata. Hasil dari metode ekstraksi ciri tersebut diambil *energy* dari setiap citra dan akan disimpan didatabase untuk proses pengenalan pada sistem. Proses pengenalan iris dilakukan setelah proses training iris mata selesai.

Setelah proses pengujian dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu tingkat keberhasilan program dalam mengenali citra. Hasil dari pengenalan menunjukkan bahwa segmentasi iris mata serta normalisasi sangatlah mempengaruhi hasil akhir. Dari 10 individu yang terdapat 5 macam citra iris dari masing-masing individu proses pengenalan ini menghasilkan 74% terkenali dan dari 10 individu yang terdapat 15 macam citra iris proses pengenalan dengan benar sebanyak 72%. Semakin banyak citra yang dimasukkan kedatabase tidak berpengaruh pada pengenalan yang lebih baik, tetapi berpengaruh pada jarak pengenalan yang semakin baik.

Kata kunci : *Pengenalan iris, Transformasi Hough, Wavelet Haar, Euclidean Distance.*

1. PENDAHULUAN

Manusia memiliki karakteristik yang unik dan khas salah satunya adalah biometrik. Biometrik adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan karakteristik lingkungan atau karakteristik biologis seseorang [2]. Saat ini teknologi biometrik banyak digunakan dibidang pengenalan identitas (*personal identification*). Berbagai macam sistem biometrik yang digunakan sebagai sistem pengenalan identitas antara lain adalah pengenalan wajah, retina mata, sidik jari, tanda tangan, ataupun suara.

Salah satu bagian dari sistem biometrik yang ramai dikembangkan adalah iris mata. Iris mata adalah salah satu bagian dari mata manusia yang berbentuk gelombang yang melingkari daerah pupil dan dibatasi oleh sklera. iris mata diyakini memiliki pola dan karakteristik yang serta berbeda disetiap individu meskipun dari iris orang kembar. Pola iris mata mempunyai beberapa sifat yang stabil, mempunyai struktur fisik yang beragam dan tidak tergantung pada sifat genetic [3]. Dengan demikian iris mata dapat dijadikan sistem pengenalan pada manusia.

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan mempunyai perbedaan antara penelitian yang satu dengan lainnya antara lain segmentasi iris, ekstraksi ciri dan proses pencocokan. Pada penelitian ini menggunakan proses segmentasi dengan

menggunakan deteksi tepi *Canny* dan deteksi tepi *Sobel* serta *Transformasi Hough* untuk mengambil bagian dari iris mata, bagian iris yang diambil hanya bagian bawah dari iris mata. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah metode *Wavelet Haar* yang akan dilakukan dekomposisi baris dan kolom sebanyak 6 level dan menggunakan metode *Euclidean Distance* sebagai proses pencocokan pada ciri iris mata.

Aplikasi identifikasi iris mata yang dibuat diharapkan mampu diterapkan dengan baik. Dengan memanfaatkan metode *Wavelet Haar* dan perkembangan pada proses segmentasi, Aplikasi identifikasi iris mata ini lebih efisien sehingga bisa digunakan untuk keamanan pada suatu sistem.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian yang dilakukan Maimunah dan Harjoko (2007) yang berjudul "Sistem Pengenalan Iris Mata dengan Menggunakan Transformasi *Wavelet*" memaparkan Iris adalah salah satu organ bagian dalam dari mata yang terletak di belakang kornea dan di depan lensa. Fungsi yang paling penting dari iris mata adalah mengatur ukuran (besar) pupil. Banyaknya cahaya yang masuk ke dalam pupil jatuh pada retina mata dan diatur oleh otot-otot dalam iris. Dengan demikian banyaknya cahaya yang masuk ke mata diatur oleh iris. Berubahnya ukuran pupil merupakan gerak refleksi

dan tidak di bawah kontrol. Iris mata manusia dapat digunakan untuk kepentingan identifikasi seseorang yang memiliki tingkat keamanan yang cukup tinggi. Hal ini didukung oleh sifat-sifat yang dimiliki iris mata manusia sebagai berikut [5]:

- Iris mata manusia sangat terlindungi keberadaannya yang merupakan organ dalam dari mata.
- Iris mata manusia tampak (kelihatan) dari suatu jarak tertentu.
- Pola iris mata manusia mempunyai derajat keacakan yang tinggi.
- Stabil (dalam hal jumlah dan posisinya) sepanjang hidup manusia.
- Tidak bergantung pada sifat genetik.
- Mempunyai tekstur dan struktur yang kompleks.

Pada jurnalnya tersebut metode yang digunakan adalah *Wavelet Haar*. Metode *Wavelet Haar* digunakan sebagai ekstraksi ciri dan metode jarak *hamming* digunakan untuk mengukur jarak antara dua iris mata. Dari jarak *hamming* yang sudah diterapkan diperoleh hasil dari pengenalan iris mata. Hasil dari proses pengujian dapat mengenali citra mata dengan presentase tertinggi 100% untuk citra *query* sama dengan citra yang tersimpan cirinya dalam basis data dan 35% untuk citra *query* berbeda dengan yang ada dalam basis data tetapi dari mata individu yang sama [3].

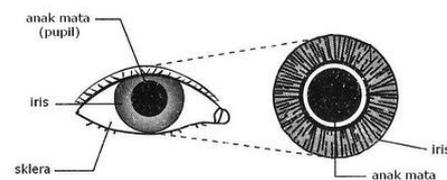
Menurut penelitian Wibawa arta (2011) yang berjudul “Aplikasi Pengenalan Selaput Pelangi (Iris) Menggunakan Trasformasi *Wavelet Haar*” memaparkan trasformasi *Haar Wavelet* pada citra iris ternormalisasi dilakukan dengan dekomposisi baris dan kolom sebanyak 5 level. Pada setiap proses dekomposisi baik baris dan kolom, terdapat proses perataan (*average*) dan pengurangan (*Difference*). Proses perataan dilakukan untuk menghasilkan komponen berfrekuensi rendah (*Low frequency*). Sedangkan proses pengurangan untuk menghasilkan komponen berfrekuensi tinggi (*High frequency*). Hasil penelitian yang diperoleh yang terbentuk dari kombinasi HL5 – HH5 menghasilkan keputusan verifikasi yang lebih akurat [8].

Menurut penelitian yang dilakukan Isnanto, dkk (2012) pada penelitiannya yang berjudul “Sistem Pengenalan Iris Mata Berdasarkan Tektur Menggunakan Ekstraksi Ciri *Energy* pada Aliran *Wavelet Haar*” memaparkan *Wavelet* adalah fungsi yang memenuhi persyaratan matematika tertentu yang mampu melakukan dekomposisi terhadap sebuah fungsi. *Wavelet* juga bisa dimanfaatkan untuk menghitung *energy* yang digunakan untuk masukan untuk menghitung jarak. Dalam jurnalnya iris mata dibagi menjadi 4 aras yang akan dilakukan proses ekstraksi ciri pada 4 aras tersebut. Dari proses pengujian yang dilakukan tingkat pengenalan untuk alihragam *Wavelet Haar* aras 1, 2, 3 dan 4 masing-masing adalah 65,27%, 74,15%, 76,50%, dan 81,20%

untuk jumlah satu citra tersimpan pada basis data 1. Penggunaan sampel tersimpan sebanyak dua buah citra menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 85,58% dibandingkan dengan penggunaan satu citra tersimpan yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 81,20% [1].

2.2 Iris Mata

Iris atau selaput pelangi adalah bagian dari mata yang berbentuk gelombang yang dibatasi oleh pupil dan sklera. Iris dapat dijadikan sebagai basis sistem biometrik, karena iris mata memiliki tekstur yang amat rinci dan unik di setiap orang serta tetap stabil berpuluh-puluh tahun dan tidak berubah [1]. Anatomi dan contoh iris mata dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Anatomi mata dan contoh iris mata

Keuntungan dari pemakaian iris untuk sistem identifikasi yang dapat diandalkan adalah sebagai berikut [4].

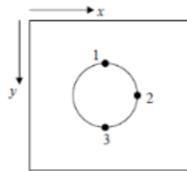
- Iris terisolasi dan terlindung dari lingkungan luar.
- Pada iris tidak mungkin dilakukan operasi untuk modifikasi tanpa menyebabkan cacat pada mata.
- Iris memiliki tanggapan fisiologis terhadap cahaya, yang memungkinkan pengujian alami terhadap kemungkinan adanya penipuan serta penggunaan lensa mata palsu dan lain sebagainya.

2.3 Trasformasi Hough

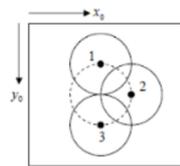
Tranformasi *Hough* adalah transformasi yang membentuk suatu objek dari suatu gambar. Implementasi Tranformasi *Hough* pada proses segmentasi adalah dengan membentuk garis-garis dari deteksi *Canny* dan *Sobel* yang sudah dilakukan. Biasanya Tranformasi *Hough* banyak digunakan untuk ekstraksi garis, lingkaran dan elips [7]. Trasformasi *Hough* lingkaran didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (1)$$

Persamaan ini mendefinisikan posisi titik-titik (x, y) memiliki pusat didaerah (x_0, y_0) dan radius r . Persamaan ini dapat pula divisualisasikan dalam dua cara, yaitu sebagai posisi titik-titik (x, y) dalam sebuah gambar atau sebagai posisi (x_0, y_0) yang berpusat pada (x, y) dan radius r seperti pada gambar 2



Gambar 2. Citra yang berisi lingkaran

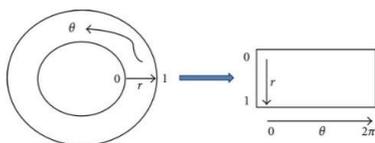


Gambar 2. Ruang Akumulator

Persamaan tersebut mendefinisikan titik-titik pada ruang akumulator seperti gambar 3 bergantung nilai radius r . Jejak kurva (permukaan) umumnya dikenal sebagai *point spread function* (fungsi penyebaran titik)

2.4 Daugman’s Rubbers Sheet Model

Daugman’s Rubber Sheet Model digunakan untuk melakukan normalisasi terhadap citra iris yang berbentuk circular menjadi bentuk rectangular atau persegi panjang. Pembentukan citra ke bentuk rectangular bertujuan untuk mempermudah proses selanjutnya karena citra iris sudah terbentuk sempurna. Gambar 4 memberikan ilustrasi normalisasi pola iris.



Gambar 3. Ilustrasi Daugman's Rubber Sheet Model

Model tersebut memetakan setiap titik pada area iris menjadi sebuah pasangan koordinat kutub (r, θ) dimana r berada pada interval $[0,1]$ dan θ adalah sudut $[0,2\pi]$. Pemetaan tersebut dapat dilakukan menggunakan persamaan :

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) = I(r, \theta) \tag{2}$$

Dengan

$$x(r, \theta) = (1-r)x_{cp}(\theta) + rx_1(\theta) \tag{3}$$

$$y(r, \theta) = (1-r)y_p(\theta) + ry_1(\theta)$$

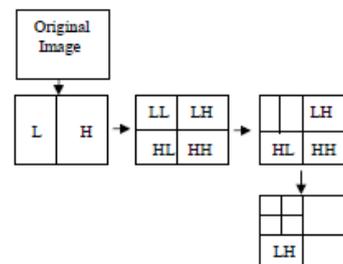
dimana $I(x,y)$ adalah area citra iris, (x,y) adalah koordinat kartesian, (r, θ) adalah koordinat kutub yang dinormalisasi, dan x_p, y_p dan x_1, y_1 adalah koordinat batas antara pupil dan iris sepanjang θ . Pengaruh adanya bulu mata atau kelopak mata yang mengganggu terhadap daerah iris yang sudah dibentuk ke *rectangular* maka Iris yang sudah terbentuk dipotong menjadi 2 bagian dan diambil

bagian kiri dari iris yang sudah dilakukan proses normalisasi. Bagian iris yang diambil merupakan bagian bawah dari citra iris mata.

2.5 Trasformasi Wavelet

Transformasi merupakan suatu proses perubahan data menjadi bentuk lain sehingga mudah dianalisa. Salah satu contoh transformasi adalah transformasi *wavelet*. Transformasi *wavelet* merupakan generalisasi dari transformasi *Fourier*. Transformasi wavelet merupakan proses mengubah sinyal ke dalam berbagai gelombang *Wavelet* asli (*Mother Wavelet*) dengan berbagai pergeseran dan penyekalaan. Dengan demikian, faktor skala memegang peranan yang sangat penting. Citra $M \times N$ merupakan data dua dimensi yang berbentuk matriks dengan elemennya berupa *pixel-pixel* penyusun citra. *Wavelet 2D* dapat dikonstruksikan dengan menggunakan horisontal *Wavelet 1D* dan *vertical wavelet 1D* [3].

Wavelet Haar merupakan keluarga dari wavelet yang memanfaatkan fungsi Haar sebagai tranformasi. *Wavelet Haar* pada suatu citra dilakukan dengan menggunakan penapis lolos rendah (*Low Pass Filter / LPF*) dan penapis lolos tinggi (*High Pass Filter / HPF*) sehingga diperoleh koefisien *wavelet*. Proses dekomposisi pada wavelet dapat dilihat pada gambar5



Gambar 4. Dekomposisi Wavelet Haar

Proses dekomposisi dilakukan secara berulang-ulang pada koefisien aproksimasi yang diperoleh hingga level yang diinginkan.

2.6 Euclidean Distance

Euclidean Distance digunakan untuk menghitung suatu jarak terdekat antara 2 vektor nilai. Nilai yang dibandingkan pada aplikasi ini yaitu nilai dari citra uji dan nilai dari citra yang sudah disimpan didatabase. Nilai dari jarak *Euclidean* yang mendekati nol akan menunjuk pada citra tertentu [7]. Fungsi dari *Eucliden Distance* didefinisikan sebagai berikut:

$$D(a, b) = \sqrt{\sum_{k=1}^d (a_k - b_k)^2} \tag{4}$$

Dimana :

$D(a,b)$ = Jarak *Euclidean* dari citra a dan b

a = citra iris a

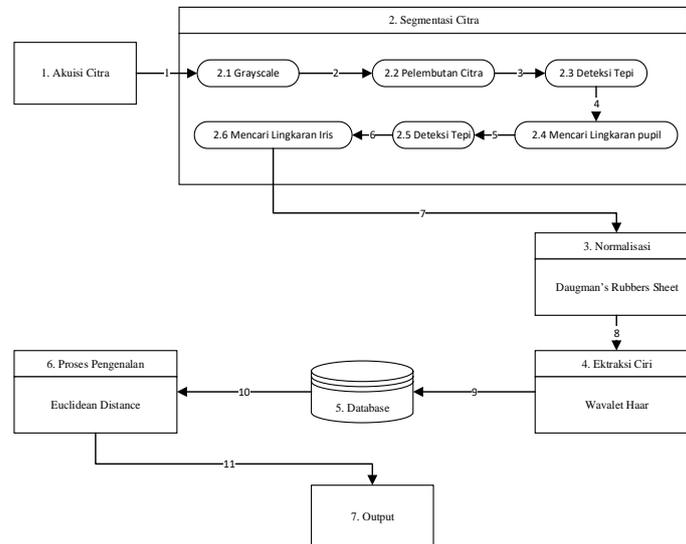
b = citra iris b

3. ANALISA DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis Sistem

Sistem pengenalan iris mata merupakan system yang memproses iris mata sebagai alat pengenalan system. Citra yang di inputkan akan dicocokkan dengan citra yang ada di dalam database sebagai data

untuk mencocokkan iris yang akan dilakukan pengenalan. Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam identifikasi iris mata. Tahapan ini dapat dilihat di gambar 6.



Gambar 6. Analisis proses

1. Akuisisi Citra

Dalam proses pengambilan citra iris mata pada penelitian ini menggunakan citra iris mata dari CASIA version 2.0.

2. Segmentasi Citra

2.1 Grayscale

Grayscale digunakan untuk mengkonversi citra berwarna menjadi citra hitam putih untuk memudahkan proses pengolahan citra. Citra berwarna mempunyai tiga kombinasi warna yaitu red (R) green (G), dan blue (B). Untuk mendapatkan citra grayscale makan tiga komponen warna tersebut dirata-rata.

2.2 Pelembutan Citra

Pelembutan citra dilakukan dengan melakukan Mean Filter yang bertujuan untuk mempermudah mendeteksi lingkaran pada pupil.

2.3 Deteksi Tepi

Untuk mempermudah proses maka dilakukan deteksi tepi yang pertama dengan menggunakan operator Sobel yang digunakan untuk mendeteksi lingkaran pada pupil.

2.4 Mencari Lingkaran pupil

Proses deteksi tepi yang pertama digunakan untuk memperoleh titik pupil, titik pupil ini digunakan untuk membedakan antara pupil dengan iris mata. Proses ini dilakukan untuk pembuatan lingkaran dengan diameter yang sama dengan titik tengah dan diameter pupil.

2.5 Deteksi Tepi

Deteksi tepi yang kedua ini dilakukan untuk memperoleh titik pada iris mata. Operator yang digunakan adalah dengan menggunakan operator Canny yang selanjutnya dibentuk lingkaran pada luar iris mata.

2.6 Mencari Lingkaran Iris

Mencari Lingkaran iris ini adalah proses untuk mencari jarak dari luar iris dengan citra mata yang selanjutnya dibentuk lingkaran untuk membedakannya.

3. Normalisasi

Dari bentuk circular yang telah dibuat akan dibentuk ke regtangular untuk mempermudah proses dan mengambil citra iris mata. Proses ini melibatkan metode Dugman's Rubber Sheet Model, perubahan ini bertujuan untuk mempermudah perhitungan dalam proses selanjutnya karena sudah membentuk citra sempurna. Setelah dibentuk menjadi regtangular akan dibagi menjadi 2 bagian dan akan diambil bagian yang tidak terdapat bulu mata yaitu bagian bawah dari iris mata. citra iris yang sudah dinormalisasi akan dilakukan perbaikan citra untuk meningkatkan kekontrasannya karena memiliki tingkat kekontrasan yang sangat rendah. Perbaikan citra ini menggunakan Ekualisasi Histogram Adaptif (Adaptive Histogram Equalization).

4. Ekstraksi Ciri

Citra *rektangular* yang sudah dinormalisasi akan di ekstraksi ciri menggunakan *Wavelet Haar* dan akan diambil nilai dari *energy* pada citra yang sudah diproses. *Energy* tersebut akan digunakan sebagai ciri dari citra iris mata yang akan disimpan untuk proses pengenalan.

5. Database

Database disini digunakan untuk menyimpan hasil dari ekstraksi ciri yang digunakan untuk media mencocokkan citra iris yang akan diinputkan. Media penyimpanan ini sangatlah berguna dalam sistem untuk pencocokan atau pengenalan iris mata.

6. Proses Pengenalan

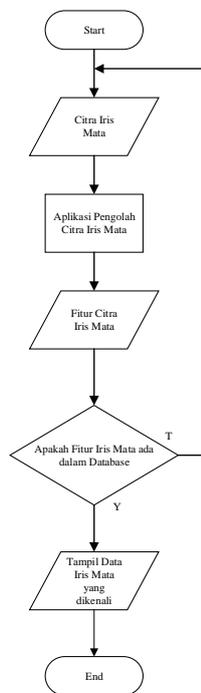
Ekstraksi ciri yang telah disimpan di *database* akan dicocokkan dengan citra inputan sebagai proses pengenalan iris, proses pengenalan ini menggunakan jarak *eucliden* distance yang mencari jarak terdekat atau sesuai dengan ciri yang sudah disimpan di *database*.

7. Output

Hasil dari pengenalan *iris mata ini* akan menampilkan nama citra yang sesuai atau mendekati dari data yang sudah disimpan di *database*.

3.2 Perancangan Sistem

Sistem yang dibuat mempunyai beberapa proses yang harus dilakukan untuk dapat mengenali citra iris mata. Sistem tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. flowchart sistem

1. Start
2. Citra iris mata

3. Aplikasi pengolah citra iris mata akan memfilter citra iris mata dengan metode *Wavelet Haar*. Sehingga akan dihasilkan nilai fitur iris mata individu yang sudah di inputkan
4. Nilai fitur ciri iris mata akan dicocokkan dengan *database* citra iris mata. Dari hasil perhitungan nilai kemiripan jika ada kemiripan dengan nilai terbesar atau paling mendekati diantara *query* citra iris mata pada *database* maka citra iris mata dikenali oleh sistem
5. Jika dikenali maka akan menampilkan citra iris yang dikenali oleh sistem
6. Jika citra iris mata tidak dikenali maka akan melakukan *looping* untuk mengambil citra iris mata kembali.

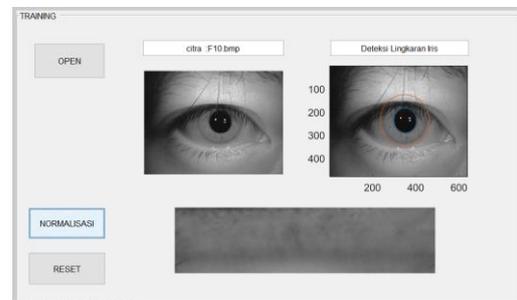
4. HASIL DAN PENGUJIAN

4.1 Tampilan Aplikasi

Hasil yang sudah diterapkan di GUI MATLAB ini dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu bagian *training*, Simpan hapus *database* serta *recognition*

a. *Trining*

Pada Tampilan proses training terdapat 3 tombol yaitu tombol *open* yang digunakan untuk mengambil citra dari direktori, tombol normalisasi yang digunakan sebagai normalisasi iris serta ekstraksi ciri, dan tombol *reset* untuk *mereset* atau mengosongkan *axes*. Tampilan proses *training* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. proses training citra

b. Simpan dan hapus *database*

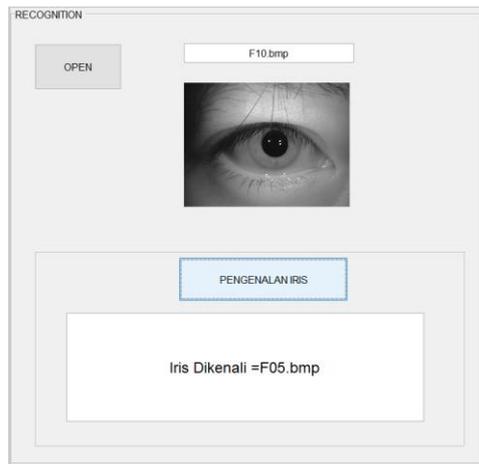
Pada bagian ini terdapat 2 tombol yaitu add *database* dan hapus iris masukan dari *database*. Tombol *add database* digunakan untuk memasukkan citra yang sudah diekstraksi ciri ke dalam *database* sedangkan tombol hapus citra masukan dari *database* digunakan untuk menghapus ciri citra yang terdapat di *database*. Tombol *add* dan hapus dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. proses add dan hapus database

c. Recognition

Pada proses *recognition* akan memproses iris dan melakukan pengenalan dari ciri iris yang sudah disimpan didatabase, citra yang diinputkan dengan tombol *open* akan dibandingkan dan dilakukan pengenalan dengan tombol pengenalan iris dengan ciri yang ada didatabase dan diperoleh jarak terdekat serta menampilkan nama dari nilai terdekat. Proses *recognition* dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Proses recognition

4.2 Pengujian

Pengujian sistem pengenalan iris mata menggunakan iris dari *CASIA Version 2.0* dibagi menjadi 6 pengujian yaitu :

1. Normalisasi

Pada normalisasi iris akan dideteksi iris mata pada citra mata yang sudah di proses. Terdapat 9 citra iris mata dari 150 citra iris mata yang tidak dapat diproses karena citra iris yang tertutupi oleh kelopak mata dan bulu mata maka tranformasi *hough* tidak bisa bekerja sempurna. Citra iris yang tidak dapat diproses bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Citra iris tidak bisa dinormalisasi

No	Nama Citra Iris Mata
1	A19
2	D15
3	E11
4	E12
5	E13
6	E18

2. Pengenalan Iris

Pengujian pengenalan iris dilakukan 2 kali dengan jumlah data iris yang berbeda didalam *database*. Pengujian pengenalan iris pertama dilakukan menggunakan citra iris mata 10 individu dengan masing-masing individu terdapat 5 macam citra iris mata didalam *database*. citra uji yang digunakan yaitu menggunakan 5 citra iris dari

masing-masing individu. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian iris pertama

No	Citra Uji	Citra dikenali	Jarak Euclidean	Waktu	Ket.
1	A06	A04	0,1922	10,197	BENAR
	A07	A05	0,4437	10,450	BENAR
	A08	G04	1,9824	10,138	SALAH
	A09	C02	2,0789	9,7138	SALAH
	A10	A03	1,3292	11,373	BENAR
2	B06	B05	0,3788	15,489	BENAR
	B07	B02	0,6657	15,479	BENAR
	B08	B03	0,7948	15,488	BENAR
	B09	B04	0,6930	15,503	BENAR
	B10	B05	1,1072	15,193	BENAR
3	C06	C05	0,4462	14,806	BENAR
	C07	C05	0,7143	16,071	BENAR
	C08	C03	0,5823	16,046	BENAR
	C09	C01	0,5011	16,088	BENAR
4	C10	I05	0,5716	15,693	SALAH
	D06	D05	0,3534	15,604	BENAR
	D07	D05	0,2477	15,070	BENAR
	D08	D05	0,4533	14,810	BENAR
5	D09	G05	2,9458	20,239	SALAH
	D10	A05	0,4733	14,492	SALAH
	E06	E05	0,4826	17,049	BENAR
	E07	E05	0,5356	16,449	BENAR
	E08	-	-	-	-
	E09	E02	0,5398	16,665	BENAR
6	E10	E01	0,3201	16,079	BENAR
	F06	F04	0,3409	19,109	BENAR
	F07	F05	0,289	19,985	BENAR
	F08	F04	0,7295	19,678	BENAR
	F09	J05	0,5610	19,828	SALAH
7	F10	F05	0,6969	15,321	BENAR
	G06	G02	0,5624	13,170	BENAR
	G07	G03	0,4873	12,897	BENAR
	G08	G05	0,4739	12,582	BENAR
	G09	G05	1,4503	12,796	BENAR
8	G10	G05	0,6879	12,757	BENAR
	H06	H02	0,5663	11,915	BENAR
	H07	B04	1,7152	11,725	SALAH
	H08	H04	0,5172	12,817	BENAR
	H09	H02	0,6583	11,037	BENAR
9	H10	H05	1,2381	11,787	BENAR
	I06	F05	1,1973	14,313	SALAH
	I07	I03	0,4800	13,173	BENAR
	I08	I02	0,3879	13,52	BENAR
	I09	I05	0,4321	12,47	BENAR
10	I10	-	-	-	-
	J06	F01	0,2164	14,62	BENAR
	J07	J03	0,2699	14,19	BENAR
	J08	F01	0,2515	13,20	SALAH
	J09	J02	0,3063	13,15	BENAR
J10	I01	0,4522	13,71	SALAH	

Pengujian rata-rata waktu pengenalan yang kedua dilakukan menggunakan citra iris mata 10 individu dengan masing-masing individu terdapat 15 macam citra iris mata didalam *database*. Data dari pengujian masing-masing individu dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 3. Pengujian iris kedua

No	Citra Uji	Citra dikenali	Jarak Euclidean	Waktu	Ket.
1	A06	A04	0,19225	10,197	BENAR
	A07	A05	0,44377	10,450	BENAR
	A08	G04	1,9824	10,138	SALAH
	A09	C02	2,0789	9,7138	SALAH
	A10	A03	1,3292	11,373	BENAR
2	B06	B05	0,37889	15,489	BENAR
	B07	B02	0,6657	15,479	BENAR
	B08	B03	0,79488	15,488	BENAR
	B09	B04	0,69301	15,503	BENAR
	B10	B05	1,1072	15,193	BENAR
3	C06	C05	0,4462	14,806	BENAR
	C07	C05	0,71437	16,071	BENAR
	C08	C03	0,5823	16,046	BENAR
	C09	C01	0,50115	16,088	BENAR
	C10	I05	0,5716	15,693	SALAH
4	D06	D05	0,35342	15,604	BENAR
	D07	D05	0,24777	15,070	BENAR
	D08	D05	0,45339	14,810	BENAR
	D09	G05	2,9458	20,239	SALAH
	D10	A05	0,47332	14,493	SALAH
5	E06	E05	0,48268	17,049	BENAR
	E07	E05	0,53567	16,449	BENAR
	E08	-	-	-	-
	E09	E02	0,53982	16,665	BENAR
	E10	E01	0,32018	16,079	BENAR
6	F06	F04	0,34096	19,109	BENAR
	F07	F05	0,289	19,985	BENAR
	F08	F04	0,7295	19,678	BENAR
	F09	J05	0,56105	19,828	SALAH
	F10	F05	0,69693	15,321	BENAR
7	G06	G02	0,56246	13,170	BENAR
	G07	G03	0,48733	12,897	BENAR
	G08	G05	0,47392	12,582	BENAR
	G09	G05	1,4503	12,796	BENAR
	G10	G05	0,68799	12,757	BENAR
8	H06	H02	0,56634	11,915	BENAR
	H07	B04	1,7152	11,725	SALAH
	H08	H04	0,5172	12,817	BENAR
	H09	H02	0,65838	11,037	BENAR
	H10	H05	1,2381	11,787	BENAR
9	I06	F05	1,1973	14,313	SALAH
	I07	I03	0,48006	13,173	BENAR
	I08	I02	0,38795	13,520	BENAR
	I09	I05	0,43215	12,473	BENAR
	I10	-	-	-	-
10	J06	F01	0,21641	14,628	BENAR
	J07	J03	0,26993	14,192	BENAR
	J08	F01	0,25158	13,202	SALAH
	J09	J02	0,30635	13,151	BENAR
	J10	I01	0,45225	13,719	SALAH

Pada proses pengujian yang pertama dengan kriteria yang sudah didefinisikan terdapat 11 citra iris yang dikenali salah dan terdapat 37 citra iris mata yang dikenali benar, serta terdapat 2 citra iris mata yang tidak bisa dikenali dikarenakan tidak berhasil pada proses normalisasi. Dari hasil pengujian pertama dapat diperoleh 74% citra dapat dikenali benar dan 22% citra dikenali salah, serta 4% citra iris tidak dikenali.

Pada proses pengujian yang kedua terdapat 36 citra iris mata yang berhasil dikenali dengan benar dan terdapat 11 citra iris yang dikenali salah, serta 2

iris mata yang bisa dikenali dikarenakan tidak berhasil pada proses normalisasi. Dari hasil pengujian yang kedua diperoleh 72% citra iris dikenali benar dan 24% citra iris dikenali salah, serta 4% citra iris tidak bisa dikenali

3. Rata-Rata Jarak Euclidean

Jarak *Euclidean* yaitu jarak nilai antara iris mata citra uji dan iris mata yang dikenali. Pengujian rata-rata jarak *Euclidean* yang dikenali benar dilakukan 2 kali dengan jumlah data iris berbeda. Pengujian pertama menggunakan iris mata 10 individu dengan masing-masing individu terdapat 5 macam citra iris mata didalam *database*. Pengujian dilakukan menggunakan 20 iris mata dari 10 individu. Hasil pengujian rata-rata jarak yang dikenali benar dari 20 jarak dari masing-masing iris mata yaitu 0,440549.

Pengujian rata-rata jarak *Euclidean* yang dikenali benar yang kedua dilakukan menggunakan citra iris mata 10 individu dengan masing-masing individu terdapat 15 macam citra iris mata didalam *database*. Hasil pengujian rata-rata jarak *Euclidean* yang kedua diperoleh hasil rata-rata dari 20 jarak dari masing-masing iris mata yaitu 0,429298

4. Rata-rata Waktu Pengenalan

Pengujian rata-rata waktu pengenalan yaitu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa lama waktu sistem mengenali iris mata. Pengujian dilakukan 2 kali dengan jumlah data iris berbeda. Pengujian pertama menggunakan iris mata 10 individu dengan masing-masing individu terdapat 5 macam citra iris mata didalam *database*. Pengujian dilakukan menggunakan 20 iris mata yang diambil dari 10 individu. Hasil dari pengujian rata-rata waktu pengenalan yang pertama diperoleh rata-rata waktu pengenalan yaitu 14,53171.

Pengujian rata-rata waktu pengenalan yang kedua dilakukan menggunakan citra iris mata 10 individu dengan masing-masing individu terdapat 15 macam citra iris mata didalam *database*. Pengujian dilakukan menggunakan 20 iris mata yang diambil dari 10 individu. Hasil dari pengujian masing-masing individu rata-rata waktu yang pengenalan dari 20 citra iris mata diperoleh rata-rata waktu pengenalan yaitu 15,50024

5. Pengujian Citra dalam database

Pengujian citra dalam *database* dilakukan kepada citra yang sudah diekstraksi ciri dan sudah ada didalam *database*. Pengujian dilakukan pada 10 individu yang sudah terdapat dalam *database*. Dari 10 individu diambil 5 citra iris mata untuk proses pengujian. Dari pengujian yang dilakukan semua citra iris mata dapat dideteksi dengan benar dan jarak *Euclidean* bernilai 0. pengujian tersebut membuktikan bahwa ekstraksi ciri *Wavelet Haar* dan *Euclidean Distance* bekerja dengan baik.

6. Pengujian Citra Luar

Pengujian citra luar dilakukan dengan menggunakan citra iris mata yang tidak termasuk individu didalam *database*. Pengujian citra luar dari individu yang tidak terdapat didalam *database* dilakukan menggunakan 10 individu yang berbeda, dari 10 individu diambil 2 citra iris mata. citra luar yang akan tetap dikenali sebagai salah satu citra dalam *database* karena proses pengenalan menggunakan jarak *Euclidean* yaitu jarak yang terdekat dari citra yang terdapat di *database*. Dari pengujian citra luar yang dilakukan diperoleh jarak *Euclidean* 0,811331. Jarak ini akan digunakan sebagai pembandingan antara jarak yang terdapat di *database*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari pengujian yang sudah dilakukan pada aplikasi identifikasi iris mata ini maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses memisahkan iris sangat berpengaruh untuk ekstraksi ciri selanjutnya, karena jika pada proses normalisasi iris salah, maka hasilnya juga akan salah. Dari 150 citra iris mata yang dilakukan *training* terdapat 6 citra iris mata yang tidak dapat diproses karena iris mata tertutupi oleh bulu mata dan kelopak mata.
2. Pengujian citra iris mata yang terdapat didalam *database* menghasilkan tingkat keakuratan yang baik, yaitu semua citra iris mata dapat dikenali dengan benar, pengujian tersebut membuktikan bahwa *Wavelet Haar* dan jarak *Euclidean* bekerja dengan baik
3. Nilai rata-rata jarak *Euclidean* dari 5 iris mata dari 10 individu yang dimasukkan kedalam *database* dan dikenali benar adalah 0,440549, sedangkan nilai rata-rata dari 15 iris mata dari 10 individu yang dimasukkan ke dalam *database* adalah 0,429298. Nilai tersebut menunjukkan semakin banyak iris mata yang dimasukkan jarak yang di kenali semakin baik.
4. Semakin banyak citra uji yang dimasukkan kedalam *database* tidak berpengaruh pada pengenalan yang semakin baik. Dari percobaan yang dilakukan dengan 50 iris dari 10 individu pengenalan sebesar 74% dan dari percobaan yang dilakukan dengan 150 iris dari 10 individu pengenalan benar sebanyak 72%.
5. Nilai rata-rata waktu pengenalan dari 5 iris mata dari 10 individu yang dimasukkan kedalam *database* dan dikenali benar adalah 14,53171, sedangkan nilai rata-rata dari 15 iris mata dari 10 individu yang dimasukkan ke dalam *database* adalah 15,50024. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan semakin banyak citra yang dimasukkan dari *database* maka waktu pengenalan semakin lama.

6. Nilai rata-rata jarak *Euclidean* pada proses pengenalan iris mata pada individu yang tidak terdapat dalam *database* adalah 0,811331. Nilai tersebut 2 kali lebih besar dari pengujian citra iris mata pada individu yang terdapat dalam *database*

5.2 Saran

Berdasarkan dari pengujian yang sudah dilakukan adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Menerapkan metode yang lain lebih akurat dan cepat untuk ekstraksi ciri seperti PCA (*Principal Component Analysis*), ICA (*Independent Component Analysis*), *Gabor Wavelet* dan lain sebagainya, dan metode pencocokan seperti *Hamming distance*, *Laplacian of Gaussian Filter*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang algoritma pemisahan antara iris dengan pupil serta memisahkan iris yang tertutupi bulu mata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isnanto, R.R., Santoso, I., Prihartono, T.D., Widodo, T.S., Suhardjo, S., Susanto, A. and Susanto, A., 2012. Sistem Pengenalan Iris Mata Berdasar Tekstur Menggunakan Ekstraksi Ciri Energi pada Alihragam Wavelet Haar. *Jurnal Sistem Komputer*, 2(1), pp.29-34.
- [2] Kurniawan, A.E., 2006. *TEKNOLOGI IRIS SCAN DALAM PROSES IDENTIFIKASI BIOMETRIK*.
- [3] Maimunah, M. and Harjoko, A., 2007. Sistem Pengenalan Iris mata Manusia dengan Menggunakan Transformasi Wavelet. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*.
- [4] Moreno, R.P. and Gonzaga, A., 2009. Features Vector For Personal Identification Based On Iris Texture. *Departamento de Engenharia Elétrica-EESC-USP, Hal*, pp.110-116.
- [5] Muron, A. and Pospisil, J., 2000, "The Human Iris Structure And Its Usage", *Acta Univ.Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Phisica* 39,87-95, Czech Republic.
- [6] Prihartono, T.D., Isnanto, R.R. and Santoso, I., 2011. Identifikasi Iris Mata Menggunakan Alihragam Wavelet Haar. *TRANSMISI*, 13(2), pp.71-75.
- [7] Rinanto, L., Sugiharto, A. and Indriyati, I., 2014. Aplikasi Pendeteksi Objek Lingkaran Pada Citra Dengan Transformasi Hough. *Journal of Informatics and Technology*, 2(4), pp.1-9.
- [8] Wibawa, I.G.A., 2011. APLIKASI PENGENALAN SELAPUT PELANGI (IRIS) MENGGUNAKAN TRANSFORMASI HAAR WAVELET. *Jurnal Ilmu Komputer*, 4(1).