

IDENTIFIKASI IRIS MATA MENGGUNAKAN METODE WAVELET DAUBECHIES DAN K-NEAREST NEIGHBOR

(*Iris Identification Using Daubechies Wavelet Method and K-Nearest Neighbor*)

Fiena Efliana Alfian*, I Gede Pasek Suta Wijaya, Fitri Bimantoro
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA
Email: fienaefliana@gmail.com, [gpsutawijaya, bimo]@unram.ac.id

Abstract

Human iris has a very unique pattern which is different for each person so it is possible to use it as a basic of biometric recognition. To identify texture in an image, texture analysis method can be used. There are several methods of texture analysis, one of which is to use a wavelet based on image feature extraction energy. In this research an application program to identified eyes iris based on Daubechies wavelet transform. First, the iris image is segmented from eye image then enhanced with histogram equalization. Daubechies wavelet method is used to get the energy value. The next step is recognition using K-Nearest Neighbor as the data classification. Tests carried out in the research consist of three types: influence of sample database, influence of Daubechies wavelet transform decomposition level, and influence of testing samples to calculate the level of False Positive Rate. From the test results, it can be concluded that the highest recognition rate with the parameters shown in testing Daubechies 8 level 3 with three samples iris image stored is 93.50%. Then, the lowest recognition rate is shown in tests with Daubechies 4 level 1 and 3 with one sample iris image stored is 91.50%.

Keywords: biometric, human iris, texture analysis, Daubechies wavelet transform, K-Nearest Neighbor

*Penulis korespondensi

1. PENDAHULUAN

Identifikasi merupakan hal yang sangat penting untuk mengenali individu yang ada di sekitar kita. Identifikasi dapat dilakukan dalam berbagai cara yaitu mengidentifikasi individu dengan melihat identitasnya. Ciri biologis yang dijadikan indikator untuk mengenali seseorang biasanya adalah wajah, sidik jari, pola tangan, tulisan, iris, retina, suara, atau pembuluh darah. Iris atau selaput pelangi adalah bagian dari mata yang melingkari lingkaran pupil. Iris mata cenderung tidak berubah. Iris ditemukan memiliki kestabilan yang kuat dan akan selalu sama untuk seumur hidup karena dilindungi oleh *cornea* dan *aqueous humour*. Keuntungan ini memungkinkan pengenalan iris menjadi karakteristik identifikasi biometrik yang paling akurat dan dapat diandalkan [1]. Karena memiliki karakteristik yang khas, banyak sistem keamanan otomatis berdasarkan pengenalan iris telah digunakan di seluruh dunia untuk akses kontrol perbatasan, dan seterusnya [2].

Penelitian mengenai pengenalan iris telah dilakukan dalam beberapa metode, antara lain metode ICA (*Independent Component Analysis*) dengan klasifikasi menggunakan *K-Nearest Neighbor* (KNN)

mendapatkan nilai akurasi sebesar 85,11% [3], metode *Hidden Markov Model* dengan tapis *Gabor Wavelet* didapatkan nilai keakuratan sistem sebesar 91,50% [4], dan metode *K-Nearest Neighbor* berbasis histogram didapatkan nilai akurasi sebesar 91,1% [5]. Metode ekstraksi fitur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *wavelet* Daubechies. *Wavelet* Daubechies merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis fitur tekstur. Oleh karena itu, metode tersebut baik digunakan sebagai pengekstraksi ciri pola iris mata [6]. Terdapat beberapa metode untuk melakukan klasifikasi citra, disini penulis memilih untuk menggunakan metode K-NN karena dinilai cukup baik dalam mengklasifikasikan citra berdasarkan referensi yang ada.

Dalam penelitian ini, citra mata merupakan data masukan untuk sistem dan sistem akan melakukan proses pengenalan dengan melakukan pencocokan hasil fitur citra uji dengan fitur citra latih yang ada di basis data. Hasil dari pencocokan tersebut kemudian menjadi *input* pada metode K-NN yang nantinya akan menjadi *output* akhir dari sistem. K-NN dipilih menjadi metode klasifikasi karena mudah dan banyak digunakan bersama metode *wavelet*. Tujuan utama

penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektivitas metode *wavelet* jenis Daubechies untuk ekstraksi ciri dan metode *K-Nearest Neighbor* untuk klasifikasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini yaitu penelitian mengenai Pengenalan Iris Mata Menggunakan Metode Pencarian *Independent Component Analysis* (ICA) dan Jarak Minkowski memiliki tingkat pengenalan tertinggi pada penggunaan 10 komponen bebas yaitu 83,33% untuk jumlah dua citra tersimpan pada basis data [7].

Penelitian selanjutnya berjudul Sistem Identifikasi Iris Mata dengan Metode *Independent Component Analysis* dan Klasifikasi KNN, persentase tingkat akurasi untuk proses pengujian 60 citra latih dan citra uji sebanyak 60 adalah sebesar 85,14% dengan jumlah komponen (*NumOfIC*) sebesar 9 [3]. Perbedaan penelitian-penelitian tersebut dengan penelitian ini yaitu menggunakan metode yang berbeda.

Penelitian yang berjudul Pengenalan Motif Batik Menggunakan Metode Transformasi Paket *Wavelet*. Dari pengujiannya, tingkat pengenalan tertinggi terhadap citra yang diujikan ditunjukkan pada saat data latih dan data uji menggunakan *filter wavelet* Daubechies-2 level 2 sebesar 80%. Pengenalan terendah ditunjukkan saat data latih menggunakan *filter wavelet* Coiflet-1 level 4 dan data uji menggunakan Daubechies-2 level 1, Daubechies-3 level 1 sebesar 3,3% [8].

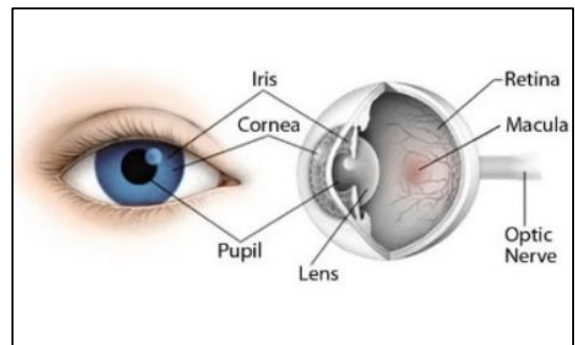
Penelitian terkait selanjutnya berjudul Pengenalan motif batik dengan *wavelet* Daubechies dan KNN paling baik digunakan pada motif Ceplok dengan prosentase pengenalan rata-rata mencapai 100% dengan menggunakan level dekomposisi *wavelet* 3 dan nilai k antara 5 sampai dengan 40 dengan kelipatan 5 [9]. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *wavelet* Daubechies cenderung lebih akurat untuk motif batik yang memiliki intensitas merata.

Penelitian di atas menunjukkan keberhasilan metode *wavelet* Daubechies dan K-NN dalam mengklasifikasi motif Ceplok. Sehingga, diharapkan Metode klasifikasi K-NN dapat meningkatkan kinerja *wavelet* pada kasus pengenalan iris pada penelitian ini.

2.1. Iris Mata

Iris merupakan bagian yang memberi warna pada mata, seperti banyak orang yang memiliki warna bola mata coklat, hitam, biru, bahkan hijau. Pada bagian iris yang dapat dilihat pada Gambar 1, terdapat pigmen warna sehingga iris sering disebut selaput pelangi.

Setiap individu memiliki iris yang unik dan sangat rinci teksturnya, serta iris merupakan organ yang tetap stabil selama berpuluh-puluh tahun.



Gambar 1. Anatomi mata dan contoh iris mata

Beberapa keuntungan dari sistem identifikasi berbasis iris adalah sebagai berikut [10]:

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

2.2. Citra

Citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam [11].

2.3. Wavelet

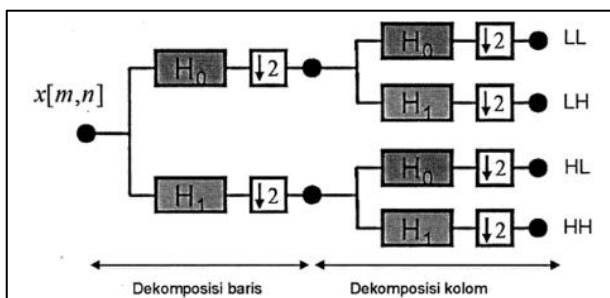
Wavelet merupakan bentuk pengklasifikasian sinyal dalam versi penskalaan dan pergeseran (*scaling and shifting*) masing-masing dari sinyal sumber atau dikenal dengan *mother wavelet*. *Wavelet* dapat digunakan untuk menggambarkan sebuah model atau gambar asli ke dalam fungsi matematis tanpa memperhatikan bentuk dari model berupa citra, kurva atau sebuah bidang. *Wavelet* merupakan sebuah fungsi yang mengubah sinyal dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi atau skala. *Wavelet* paling tepat digunakan dalam proses pengolahan citra karena tidak banyak informasi yang hilang saat dilakukan rekonstruksi ulang [10].

2.4. Wavelet Daubechies

Wavelet Daubechies adalah *filter wavelet* yang optimum digunakan untuk pemampatan data citra. Wavelet Daubechies dinamakan menurut pencipta/penemunya, yaitu seorang ahli matematika bernama Ingrid Daubechies. Proses *filtering* dengan *lowpass filter* (*scaling function* / fungsi skala) akan menghasilkan koefisien subbidang dengan frekuensi rendah. Sedangkan *filtering* dengan *highpass filter* (*wavelet function* / fungsi wavelet) akan menghasilkan subbidang dengan frekuensi tinggi. Wavelet Daubechies memiliki orde di mana orde tersebut menggambarkan jumlah koefisien *filter*-nya. Untuk Wavelet Daubechies dengan orde N (db-N), maka Wavelet Daubechies tersebut memiliki ukuran koefisien *filter* 2N [9].

2.5. Transformasi Wavelet 2D

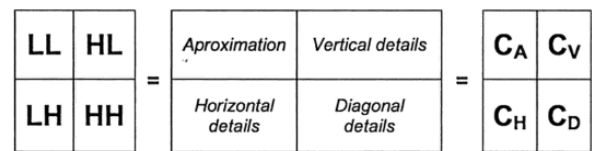
Transformasi *wavelet* (WT) telah ditemukan sangat berguna untuk menganalisis sinyal yang dapat digambarkan sebagai aperiodik, *noisy*, *intermiten*, sementara dan seterusnya. Secara matematis, transformasi *wavelet* dapat diartikan sebagai konvolusi sinyal dengan fungsi *wavelet* [10]. Transformasi *wavelet* pada citra 2D pada prinsipnya sama dengan transformasi pada citra *array* 1D. Pada citra 2D proses transformasi dilakukan pada baris terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan transformasi pada kolom seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Transformasi Wavelet 2D 1 level

Pada Gambar 2, LL menyatakan bagian koefisien yang diperoleh melalui proses tapis *Low pass*. Citra pada bagian ini mirip dan merupakan versi lebih halus dari citra aslinya sehingga koefisien pada bagian LL sering disebut dengan komponen aproksimasi. LH menyatakan bagian koefisien yang diperoleh melalui proses tapis *Low pass* kemudian dilanjutkan dengan *High pass*. Koefisien pada bagian ini menunjukkan citra tepi dalam arah horizontal. Bagian HL menyatakan bagian yang diperoleh melalui proses *High pass* kemudian dilanjutkan dengan *Low pass*. Koefisien pada bagian ini menunjukkan citra tepi dalam arah vertikal.

HH menyatakan proses yang diawali dengan *High pass* dan dilanjutkan dengan *High pass*, dan menunjukkan citra tepi dalam arah diagonal. Ketiga komponen LH, HL, dan HH disebut juga komponen detil. Hasil transformasi *wavelet* 2D 1 level, sering dibuat dalam bentuk skema pada Gambar 3.



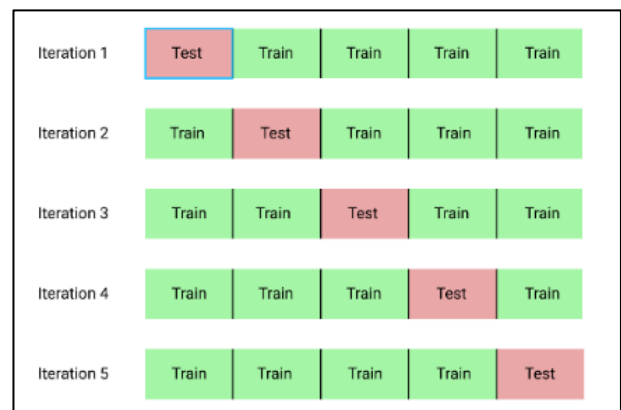
Gambar 3. Skema transformasi wavelet 2D 1 level

CA, CV, CH, dan CD berturut-turut menyatakan komponen aproksimasi, vertikal, horizontal, dan diagonal.

2.6. Cross-Validation

Cross-validation adalah metode statistik untuk mengevaluasi serta membandingkan algoritma learning dengan membagi data menjadi dua segmen, satu segmen digunakan untuk melatih model dan yang lain digunakan untuk memvalidasi model. Pada *cross-validation*, himpunan data *training* dan data *validation* (*testing*) harus bersilangan satu sama lain dalam giliran berturut-turut sedemikian hingga setiap titik data tervalidasi secara berlawanan. Dalam komputasi, *cross-validation* bertujuan untuk menghindari tumpang tindih pada data *testing*.

Bentuk lain *cross-validation* adalah kasus khusus *K-Fold cross-validation*. Pada *K-Fold cross-validation* data dipartisi menjadi sebanyak k segmen D1, D2, D3, ..., Dk dengan masing-masing segmen memiliki jumlah yang sama (atau hampir sama). Selanjutnya, proses *testing* dan *training* dilakukan sebanyak k kali. Dalam iterasi ke-i partisi Di akan menjadi data *testing* dan sisanya menjadi data *training* [12]. Contoh ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi 5 K-fold cross-validation

2.7. Pengukuran Energi pada Wavelet

Perhitungan energi berfungsi untuk menghitung energi yang dihasilkan setiap citra hasil metode *wavelet*. Energi tersebut merupakan koefisien masukan perhitungan jarak Euclidean.

Dalam penelitian ini, energi dibagi dalam 4 (empat) ciri, yaitu [13]:

- a. Persentase energi yang berhubungan dengan nilai pendekatan (aproksimasi), E_a dihitung berdasarkan persentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien aproksimasi C_a dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail), seperti pada Persamaan (1).

$$E_a = \frac{\sum C_a^2}{\sum C^2} \times 100\% \tag{1}$$

- b. Persentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah horisontal, E_h dihitung berdasarkan persentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horisontal C_h dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C, seperti pada Persamaan (2).

$$E_h = \frac{\sum C_h^2}{\sum C^2} \times 100\% \tag{2}$$

- c. Persentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah vertikal, E_v dihitung berdasarkan persentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horisontal C_v dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C, seperti pada Persamaan (3).

$$E_v = \frac{\sum C_v^2}{\sum C^2} \times 100\% \tag{3}$$

- d. Persentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah diagonal, E_d dihitung berdasarkan persentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah diagonal C_d dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C, seperti pada Persamaan (4).

$$E_d = \frac{\sum C_d^2}{\sum C^2} \times 100\% \tag{4}$$

2.8. K-Nearest Neighbor

Setelah melalui proses ekstraksi ciri dan dihasilkan suatu nilai-nilai parameter tertentu, maka dilanjutkan dengan perhitungan K-NN. Algoritma K-NN menggunakan klasifikasi ketetanggaan sebagai nilai prediksi dari sampel uji yang baru. Dekat atau jauhnya tetangga biasanya dihitung berdasarkan jarak Euclidean yang direpresentasikan pada Persamaan (5).

$$D(a, b) = \sqrt{\sum_{k=1}^d (a_k - b_k)^2} \tag{5}$$

Dimana matriks D(a,b) adalah jarak skalar dari kedua vektor a dan b dari matriks dengan ukuran d dimensi.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan

Alat yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

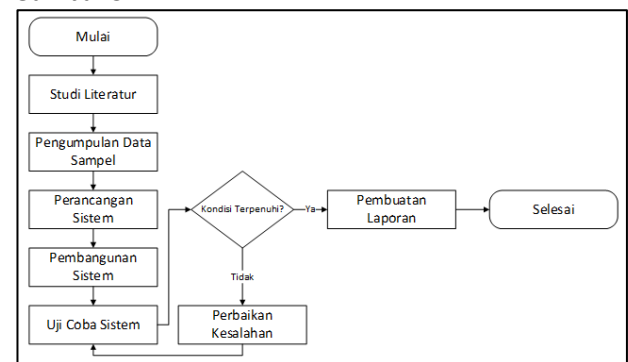
- a. *Hardware Laptop*: Intel® Core™ i5-8250U CPU @ 1.60 GHz, RAM 4 GB.
- b. *Operating system*: menggunakan *Operating System Windows 10 Pro 64-bit*.
- c. *Software matlab*: menggunakan *software Matlab R2016a*.

Sedangkan bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Citra iris didapat dari iris interval pada *database CASIA (Chinese Academy of Science-Institute of Automation) Versi 4.0* [14].
- b. Citra iris berukuran 320 × 280 piksel dalam format JPG.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian sistem identifikasi iris mata dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 5.



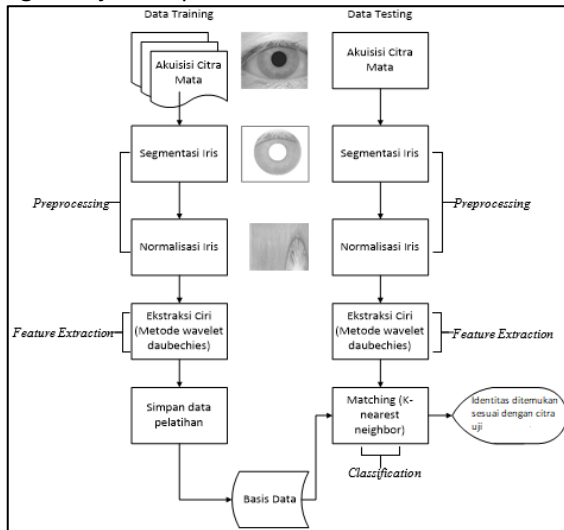
Gambar 5. Diagram alir penelitian

Sesuai dengan diagram alir pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa hal pertama yang dilakukan adalah melakukan studi literatur untuk mempelajari cara pembangunan sistem dan prinsip kerja dari metode yang akan digunakan yaitu metode *wavelet* Daubechies. Kemudian mengumpulkan data sampel yang didapatkan dari basis data CASIA. Setelah itu, melakukan perancangan sistem untuk dilakukan pembangunan sistem dengan metode yang digunakan. Selanjutnya adalah melakukan uji coba sistem terhadap data sampel yang telah dikumpulkan. Jika pengujian tidak berhasil atau kondisi sistem belum terpenuhi, maka peneliti akan melakukan perbaikan kesalahan sistem terhadap metode yang digunakan.

Kemudian melakukan uji coba sistem, jika pengujian berhasil atau kondisi sistem terpenuhi, maka peneliti akan lanjut pada tahap akhir yaitu pembuatan laporan.

3.3. Perancangan Sistem

Metode ini menjelaskan tentang alur bagaimana sebuah iris dari citra mata dapat dikenali oleh sistem yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir sistem

Secara garis besar, proses ini dikelompokkan pada lima proses utama yaitu:

- Memilih citra masukan yang berupa citra mata.
- Melakukan segmentasi iris untuk memisahkan citra iris mata dari citra mata.
- Melakukan normalisasi iris untuk mendapatkan citra iris mata yang lebih mudah dimanipulasi.
- Melakukan ekstraksi ciri menggunakan pencirian metode *wavelet* Daubechies.
- Melakukan proses pengenalan dengan menggunakan perhitungan K-NN.

3.4. Proses Penelitian

Proses penelitian dalam sistem ini dijabarkan sebagai berikut:

- Akuisisi Citra**
Citra iris mata yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra iris mata CASIA versi 4.0. Citra iris mata CASIA diperoleh dari Internet dalam bentuk citra beraras keabuan dengan format ekstensi *.jpg, dengan ukuran 320x280 piksel [14].
- Segmentasi Iris**
Dalam basis data, lingkaran pupil dan lingkaran iris mata bukan merupakan lingkaran yang bulat sempurna. Untuk mempermudah pencarian, dalam segmentasi ini dilakukan

pendekatan bahwa lingkaran pupil dan iris memiliki lingkaran yang bulat sempurna. Langkah pertama dalam segmentasi iris mata adalah mencari lingkaran pupil, titik tengah, dan radiusnya. Langkah-langkah yang dilakukan adalah melakukan *preprocessing* dengan teknik pengambangan (*thresholding*) kemudian penentuan titik tengah pupil dan jari-jarinya menggunakan transformasi Hough.

- Peningkatan Kualitas Citra**
Citra iris yang telah terpisah dari mata pada proses segmentasi memiliki tingkat kontras yang rendah sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan kurang baik. Oleh karena itu, citra iris mata tersebut ditingkatkan kontrasnya menggunakan *Adaptive Histogram Equalization*.
- Pengubahan Citra Iris Mata menjadi Citra Rektangular (Normalisasi Iris)**
Citra pupil dan iris mata yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang berubah-ubah, diubah menjadi bentuk rektangular dengan ukuran yang tetap. Ukurannya adalah 240x20 piksel. Pengubahan ini juga bertujuan untuk memudahkan pemrograman dan perhitungan. Kehadiran kelopak mata dan bulu mata pun dapat mengganggu proses pengenalan iris dan mengurangi tingkat keakurasiannya. Oleh karena itu, tidak semua bagian dari hasil segmentasi iris mata diambil. Untuk citra iris mata CASIA, bagian atas dan bawah dipotong sehingga bagian kelopak dan bulu mata diabaikan.
- Ekstraksi Ciri dengan Metode Wavelet Daubechies**
Ciri-ciri yang didapatkan dari ekstraksi ciri adalah nilai energi.

3.5. Implementasi

Dalam subbab ini membahas contoh perhitungan menggunakan *wavelet* Daubechies dan metode *k-nearest neighbor* sebagai referensi untuk membangun sistem yang akan dibuat dalam penelitian ini.

- Wavelet Daubechies**
Berikut merupakan komponen aproksimasi, vertikal, horizontal dan diagonal dari *wavelet* Daubechies yang akan menjadi *input* untuk perhitungan energi.

$$C_a = [40,5 \ 49 \ 16 \ 27 \ 33 \ 20 \ 13 \ 62 \ 20]$$

$$C_h = [17,5 \ -21 \ 0 \ 0 \ -14 \ 0 \ 11 \ 18 \ 0]$$

$$C_v = [8,5 \ -11 \ 0 \ -3 \ 22 \ -4 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$C_d = [-0,5 \ -5 \ 0 \ 10 \ -21 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

b. Perhitungan Energi

Energi digunakan sebagai fitur pada K-NN. Berikut contoh perhitungan energi pada masing-masing komponen:

$$E_a = \frac{(40,5+27+13+49+33+62+16+20+20)^2}{288^2} \times 100\% = 94,86 \quad (6)$$

$$E_h = \frac{(17,5+(-21)+0+0+(-14)+0+11+18+0)^2}{288^2} \times 100\% = 0,16 \quad (7)$$

$$E_v = \frac{(8,5+(-11)+0+(-3)+22+(-4)+0+0+0)^2}{288^2} \times 100\% = 0,19 \quad (8)$$

$$E_d = \frac{((-0,5)+(-5)+0+10+(-21)+0+0+0+0)^2}{288^2} \times 100\% = 0,33 \quad (9)$$

Sesuai dengan persamaan di atas, didapatkan koefisien energi pada data sampel E_a, E_h, E_v, E_d (94,86; 0,16; 0,19; 0,33).

c. K-NN

Berikut merupakan proses perhitungan K-NN pada objek *training*:

TABEL I. Objek *Training*

No	E_{aT}	E_{hT}	E_{vT}	E_{dT}	Kelas
1	39	16.40	5	1	X
2	47.50	-17	-10.50	-4.90	X
3	32	1.93	0.82	-1.71	Y
4	30.50	-0.12	0	8.72	Z
5	32	-16	21.81	-18.69	Z
6	28.40	0	-1	4	Y
7	34	9	2	2.74	X
8	60.71	17.24	0.89	4.3	Y
9	13	-0.88	0	1.97	Z

Objek *training* pada Tabel I di atas akan dihitung menggunakan jarak Euclidean terhadap data sampel E_a, E_h, E_v, E_d .

TABEL II. Kategori *Nearest Neighbor*

No	Kelas	Jarak Euclidean	Jarak Terkecil	Termasuk KNN (Y/T)
1	X	17.21	4	Y
2	X	17.76	5	Y
3	Y	23.32	7	T
4	Z	14.15	3	Y
5	Z	10.37	1	Y
6	Y	33.40	8	T
7	X	36.51	9	T
8	Y	21.15	6	T
9	Z	11.66	2	Y

Dengan mengurutkan jarak terkecil, semisal diambil $K = 5$, maka perbandingannya adalah 3 (Kelas Z) > 2 (Kelas X). Maka dapat disimpulkan klasifikasi citra dengan data sampel tersebut adalah kelas Z.

d. Metode Pengujian

Pada penelitian ini, sampel data merupakan data *real* iris mata manusia yang diambil dari *database* CASIA sejumlah 200 data. Dengan menggunakan metode *K-Fold cross-validation*, sejumlah data latih akan diambil secara acak dari sampel dan sisa data akan digunakan sebagai input untuk pengujian. Hasil dari sistem akan digunakan untuk mengetahui efektivitas sistem melalui parameter akurasi.

Untuk menghitung tingkat akurasi dari sistem pada penelitian ini akan menggunakan *confusion matrix* pada Persamaan (10).

$$Accuracy (ACC) = \frac{\sum True\ Positif + \sum True\ Negatif}{\sum Total\ Populasi} \quad (10)$$

Persamaan (10) merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung tingkat akurasi dari sistem. Selain parameter tingkat akurasi, parameter lain yang digunakan pada pengujian sistem ini yaitu FPR (*False Positive Rate*). Persamaan dari parameter tersebut ditunjukkan seperti pada Persamaan (11).

$$FPR = \frac{\sum False\ Positif}{\sum Condition\ Negative} \quad (11)$$











4. HASIL DAN PEMBAHASAN

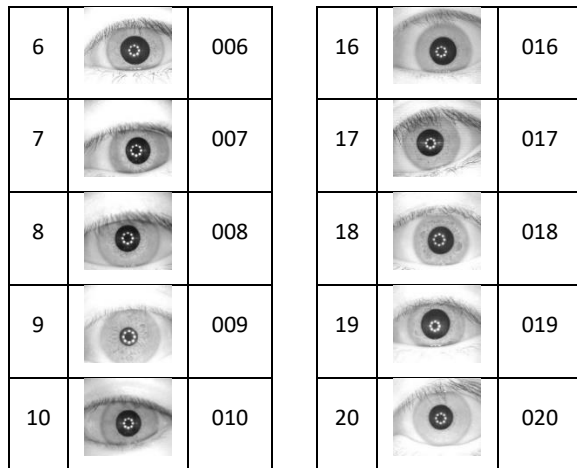
Pada bab ini, terdapat beberapa sub-bab yang membahas hasil dari rancangan penelitian pada bab sebelumnya.

4.1. Pra-pemrosesan Data

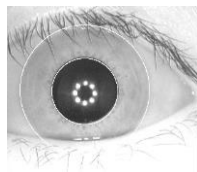
Pra-pemrosesan data dimulai dengan *input* data citra yang diambil dari dataset CASIA interval-V4 sejumlah 20 kelas dimana masing-masing kelas memiliki 10 citra yang berukuran 320×280 piksel.

TABEL III. Salah satu data iris dari setiap kelas

No	Citra Iris	Kelas	No	Citra Iris	Kelas
1		001	11		011
2		002	12		012
3		003	13		013
4		004	14		014
5		005	15		015



Langkah awal adalah mengubah citra menjadi *grayscale*. Kemudian iris mata dideteksi tepi menggunakan *Canny*. Pikel-pikel tepi yang telah didapatkan dari iris yang telah dideteksi menggunakan deteksi tepi *Canny* ini digunakan untuk memperoleh iris mata dengan menggunakan *Hough transform* atau transformasi Hough. Contoh iris yang telah terdeteksi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Iris terdeteksi

Setelah lingkaran iris mata sudah ditemukan maka dilanjutkan meningkatkan kualitas citra dengan *adaptive histogram equalization*, kemudian setelah itu dilakukan proses normalisasi iris. Iris mata yang berbentuk *annular* dinormalisasi menjadi blok persegi ukuran 240 × 20 piksel, seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Iris setelah dinormalisasikan

Setelah itu, untuk menghilangkan *noise* yang berupa bulu mata maka daerah yang diambil adalah daerah yang dekat dengan pupil karena banyak mengambil informasi yang penting. Hasil akhir normalisasi akan menjadi masukan pada ekstraksi fitur yaitu dalam bentuk tesktur seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil akhir normalisasi

4.2. Ekstraksi Fitur

Pengujian ini menggunakan parameter level dekomposisi metode *wavelet* Daubechies. Tabel IV menunjukkan energi E_a , E_h , E_v , dan E_d pada 3 (tiga) sampel citra hasil akhir normalisasi iris. Jenis *wavelet* yang digunakan adalah Daubechies orde 4 dan level dekomposisi 1.

TABEL IV. Data nilai energi untuk 3 (tiga) contoh sampel citra iris dengan Daubechies orde 4, level dekomposisi 1.

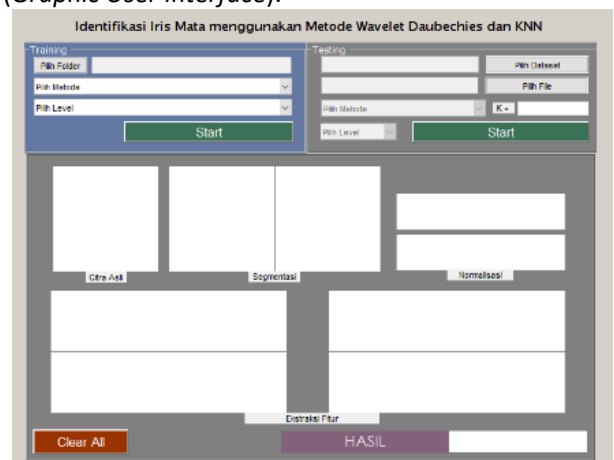
Nama Citra	Citra ke -	Level	E_a	E_h	E_v	E_d	Persentase Energi
S1001L04	1	1	69.23	3.88	22.20	4.69	100
	2		71.05	3.44	21.68	3.82	99.99
	3		69.35	4.26	22.14	4.24	99.99
	4		68.68	4.65	21.25	5.42	100
	5		69.19	3.81	22.86	4.13	99.99
	6		69.59	3.70	22.62	4.09	100
	7		69.65	3.87	22.23	4.24	99.99
S1002L04	1	1	68.05	5.05	20.81	6.09	100
	2		66.81	5.71	20.39	7.09	100
	3		69.04	5.28	19.56	6.12	100
	4		69.38	4.89	20.10	5.64	100
	5		71.23	4.37	19.13	5.26	99.99
	6		69.03	5.35	19.40	6.21	99.99
	7		67.43	5.88	19.97	6.72	100
S1007L04	1	1	70.82	4.47	19.58	5.14	100
	2		69.37	5.13	19.92	5.58	100
	3		69.11	4.56	21.39	4.94	100
	4		68.65	4.89	20.94	5.51	99.99
	5		70.24	4.64	19.77	5.35	100
	6		69.41	4.85	20.13	5.61	100
	7		68.72	4.96	20.48	5.84	100

4.3. Model Klasifikasi

Sebelum dilakukan pencocokan, terlebih dahulu dilakukan pembagian data secara acak menggunakan *k-fold cross validation*. Nilai yang digunakan adalah $k = 1$ dan $k = 3$. Dari 1(satu) dan 3(tiga) partisi, selanjutnya akan dilakukan proses klasifikasi *K-Nearest Neighbor* dengan salah satu partisi menjadi data uji dan partisi yang lain menjadi data latih. Proses ini diulang sebanyak jumlah partisi, dalam hal ini dilakukan satu dan tiga kali pengulangan (iterasi). Pada proses klasifikasi *K-Nearest Neighbor* akan dipilih dimensi sebanyak K dengan jarak terdekat. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh akurasi tertinggi sebesar 93,50% untuk Daubechies orde 8 level 3 dengan nilai 5-NN sebagai nilai K optimum.

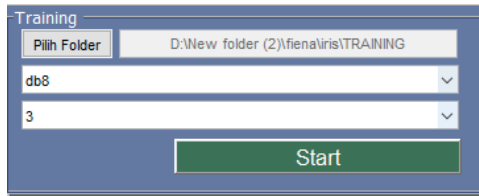
4.4. Tampilan Sistem

Untuk memudahkan jalannya sistem, proses pelatihan dan pengujian dibuat dalam bentuk GUI (*Graphic User Interface*).



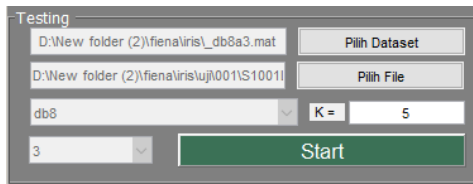
Gambar 10. Tampilan awal sebelum proses pelatihan dan pengujian dimulai

Gambar 10 merupakan tampilan awal saat menjalankan program. Terdapat beberapa *push button*, *pop-up box*, dan *axes* untuk menampilkan citra yang akan diproses. Masing-masing panel dijabarkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



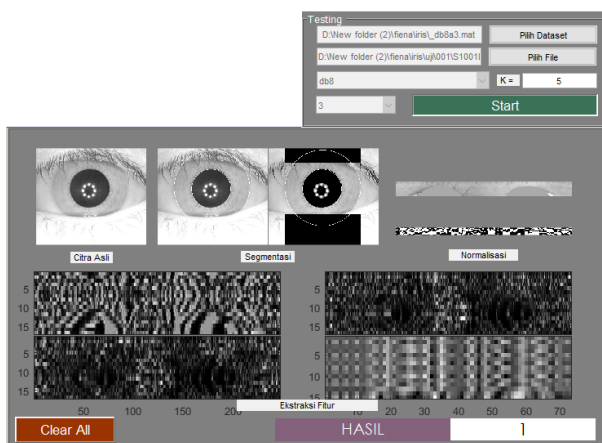
Gambar 11. Tampilan tahap pelatihan

Gambar 11 merupakan tampilan tahap pelatihan data. Setelah menentukan *folder* iris mata yang akan dilatih, kemudian menentukan metode ekstraksi fitur dan level dekomposisi. Hasil dari *training* akan disimpan dalam bentuk *MAT file* sebagai dataset masukan untuk proses pengujian.



Gambar 12. Tampilan tahap pengujian

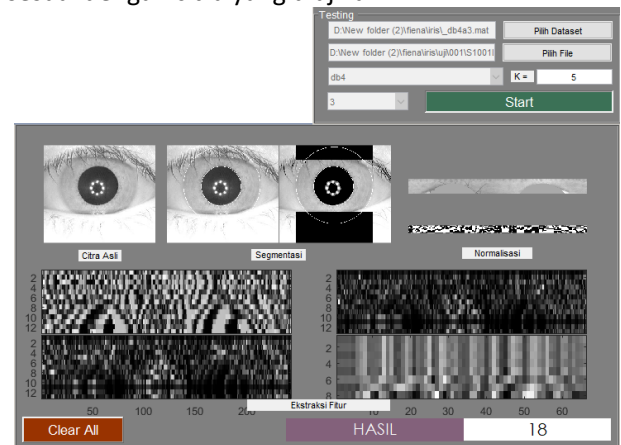
Gambar 12 merupakan tampilan tahap pengujian data. Hal pertama yang dilakukan adalah memilih citra masukan berupa citra mata dengan format *JPG*, kemudian menentukan dataset dan nilai *K* (tetangga terdekat) yang diinginkan. Dari contoh di atas, dataset yang digunakan adalah dataset Daubechies orde 8 level 3, citra mata yang akan diuji adalah citra mata pada identitas 001 dan nilai *K* adalah 5.



Gambar 13. Tampilan tahap pengujian

Gambar 13 merupakan tampilan setelah seluruh proses pengujian dijalankan. Dimana tahap pertama setelah memasukkan citra asli yaitu melakukan segmentasi iris untuk memisahkan citra iris dari citra

mata. Setelah mendapatkan citra iris, kelopak mata dan bulu mata diabaikan dengan cara memotong bagian yang berwarna hitam. Kemudian dilakukan normalisasi iris yaitu mengubah citra iris yang berbentuk lingkaran menjadi citra persegi agar lebih mudah dilakukan ekstraksi fitur tekstur dengan menggunakan metode *wavelet* Daubechies. Hasil ekstraksi yang berupa nilai energi dari E_a , E_h , E_v , dan E_d dilanjutkan pada proses pengklasifikasian yang menggunakan nilai tetangga terdekat, sehingga hasil pengenalan yang didapatkan pada contoh di atas sesuai dengan citra yang diujikan.



Gambar 14. Tampilan tahap pengujian

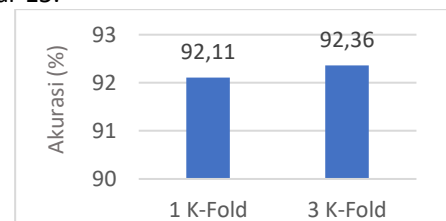
Untuk kasus pada Gambar 14 menunjukkan bahwa penggunaan dataset dengan Daubechies orde 4 pada level 1, 2, dan 3 mengeluarkan hasil pengenalan yang berbeda dengan citra uji yang dimasukkan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa citra mata pada identitas 001 lebih baik menggunakan Daubechies orde 6 dan 8 dengan level 1, 2, dan 3 karena menunjukkan hasil pengenalan yang akurat.

4.5. Pengujian Pengenalan

Pengujian dibagi dalam tiga jenis penelitian.

4.5.1 Pengaruh banyaknya sampel yang disimpan

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa penggunaan tiga sampel yang disimpan menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu sampel yang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik performa menggunakan Daubechies dengan 1 dan 3 *K-Fold*

Pengujian dengan satu sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 93,11%, sedangkan pengujian dengan dua sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 93,50%. Hal ini dikarenakan pada penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak pula.

4.5.2 Pengaruh pemakaian level dekomposisi yang berbeda terhadap pengenalan iris mata

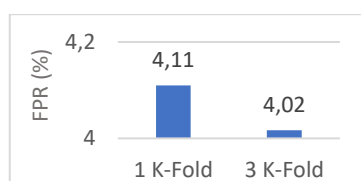
Pada pengujian ini, dilakukan variasi pemakaian level dekomposisi pada *wavelet* Daubechies orde 4, 6, dan 8. Level yang digunakan adalah aras 1, 2, dan 3.

TABEL V. Performa menggunakan Daubechies dengan 3 *K-Fold*

	Akurasi (%)		
	Level 1	Level 2	Level 3
Db-4	91,83	92,16	92,67
Db-6	91,83	92,33	92,83
Db-8	91,83	92,33	93,50

Untuk Tabel V pengujian dengan 3 *K-Fold*, didapatkan bahwa tingkat pengenalan tertinggi adalah pemakaian level 3 Daubechies orde 8 yaitu sebesar 93,50%. Dan yang paling rendah adalah level 1 Daubechies orde 4, 6, dan 8 memiliki tingkat pengenalan sebesar 91,83%. Hal ini disebabkan semakin tinggi level dekomposisi *wavelet* Daubechies, semakin banyak pula ciri-ciri yang diekstraksikan sehingga pengenalannya pun semakin baik.

4.5.3 Pengaruh banyaknya sampel uji untuk mengukur tingkat kesalahan sistem



Gambar 16. Grafik tingkat kesalahan sistem menggunakan Daubechies dengan 1 dan 3 *K-Fold*

Dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh banyaknya sampel untuk mengukur tingkat kesalahan sistem (*False Positive Rate*) menggunakan Daubechies dengan 3 *K-Fold* menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah daripada 1 *K-Fold*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Penggunaan sampel tersimpan sebanyak tiga buah citra menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 92,36% dibandingkan dengan penggunaan satu citra tersimpan yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 92,11%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak pula.
- Pengaruh banyaknya sampel untuk mengukur tingkat kesalahan sistem (*False Positive Rate*) menggunakan Daubechies dengan 3 *K-Fold* menghasilkan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan 1 *K-Fold*.
- Tingkat keefektifan metode *wavelet* untuk mengenali citra iris mata ditunjukkan dengan nilai akurasi sebesar 93,50% untuk Daubechies orde 8 level 3 dengan nilai FPR sebesar 4,02%.

5.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian ini, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut.

- Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan akuisisi citra iris mata secara langsung sehingga pengembangan untuk aplikasi identifikasi waktu nyata dapat diwujudkan.
- Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menggunakan keluarga *wavelet* yang lain, misalnya *Coiflet*, *Symlet*, *Mexican Hat*, dan sebagainya untuk kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian ini sehingga diperoleh kesimpulan keluarga *wavelet* yang paling sesuai untuk identifikasi iris mata.
- Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji pengaruh format citra lainnya pada masukan, seperti TIFF, GIF, PNG dan sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu/terlibat dalam penelitian ini, antara lain Ghazi Akbar yang telah memberikan dukungan finansial. Teman-teman di bidang informatika yaitu Ridwan, Lily, serta kak Imam Arief yang telah membantu proses pemrograman matlab dan mengajar penulis tata cara menulis karya ilmiah dengan benar. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Malla, I. Qayoom, and S. Irfan, "Iris Recognition System," *IRJET*, vol. 6, no. 6, pp. 354–356, 2017.
- [2] E. Omidiora and Ojo, "Iris Recognition Systems: Technical Overview," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 6, pp. 2321–8843, 2015.
- [3] E. Yuliansyah and I. R. Magdalena, "Sistem Identifikasi Iris Mata Dengan Metode Independent Component Analysis Dan Klasifikasi K-Nearest Neighbor Identification System of Iris Eye With Independent Component Analysis Method and Classification of K-Nearest Neighbor," *e-Proceeding Eng. ISSN 2355-9365*, vol. 4, no. 2, pp. 1810–1815, 2017.
- [4] T. Wulandari, "Identifikasi Iris Mata dengan menggunakan Metode Hidden Markov Model dan Tapis Gabor Wavelet," *J. Pendidik. Mat. dan Sains*, pp. 1–4, 2018.
- [5] R. Aktivia, "Pengenalan Iris Mata Menggunakan Algoritme K-Nearest Neighbor Berbasis Histogram," *Bogor Agric. Univ.*, 2012.
- [6] H. Aghile and N. Roghaye, "Application of Daubechies Wavelets for Image Compression," 2012.
- [7] F. Santo, R. R. Isnanto, and A. A. Zahra, "Pengenalan Iris Mata Menggunakan Metode Pencirian Independent Components Analysis (ICA) dan Jarak Minkowski," *TRANSIENT*, vol. 3, pp. 1–5, 2014.
- [8] E. W. Wardani, "Pengenalan Motif Batik Menggunakan Metode Transformasi Paket Wavelet," *Bandung Jur. Tek. Informastika Univ. Widyatama*, pp. 1–7, 2013.
- [9] K. A. N. Ignatia Dhian E.K.R, "Klasifikasi Batik Menggunakan KNN Berbasis Wavelet," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun. 2016 (SENTIKA 2016)*, vol. Yogyakarta, no. ISSN : 2089-9815, pp. 615–623, 2016.
- [10] T. D. Prihartono, R. R. Isnanto, and I. Santoso, "Identifikasi Iris Mata Menggunakan Alihragam Wavelet Haar," *Transmisi*, vol. 13, no. 2, pp. 71–75, 2011.
- [11] S. Y. Iriyanto and T. M. Zaini, *Pengolahan Citra Digital*, no. 14, March 2014. Bandar Lampung: Anugrah Utama Raharja (AURA), 2014.
- [12] C. Khotimah and D. Juniati, "Pengenalan Iris Mata Menggunakan Ekstraksi Fitur Dimensi Fraktal Box Counting," *Mat. J. Ilm.*, vol. 3, no. 6, pp. 36–42, 2017.
- [13] A. H. Antonius Dwi Hartano, Rizal Isnanto, "Pengenalan Citra Iris Mata Menggunakan Alihragam Wafelet Daubechies Orde 4," *Transmisi*, vol. 12, no. 4, pp. 145–149, 2010.
- [14] "Biometrics Ideal Test." [Online]. Available: <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=4>. [Accessed: 23-Dec-2019].