

## Pengenalan Citra Iris Mata Menggunakan Alihragam *Wavelet* Daubechies Orde 4

Antonius Dwi Hartanto<sup>1</sup>, R. Rizal Isnanto<sup>2</sup>, Achmad Hidayatno<sup>2</sup>

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

### Abstract

*Iris is a part of the circle around the eye pupil. Iris has a very unique pattern, different in each individual. On this basis the iris can be used as the basis for the introduction of biometrics. To identify the texture of the iris in an eye image, method of texture analysis can be used. There are several methods of texture analysis, one of which is to use a wavelet based on image feature extraction energy. The analysis uses the energy characteristics contained in wavelet transform. Based on that reason, in this research an application program to identify the iris of the eye based on Daubechies order 4 wavelet transform. Eye image used in this research was acquired and processed, beginning take on the characteristics and texture of the iris image which converted into polar form. Then the feature extraction is done using Daubechies wavelet transform order 4. The characteristics obtained is in the form of the energy value. The next stage is the recognition using nearest normalized Euclidean distance. Tests carried out in the research consist of four types: influence of sample database, influence of the decomposition level of Daubechies wavelet transform order 4, influence of different input image formats, and testing on eye images which are not in database. From the test results, it can be concluded that the highest recognition rate with the parameters shown in testing Daubechies wavelet transform order 4 level 4 with two samples iris image stored is 86.66%. The lowest recognition rate is shown in tests with Daubechies wavelet transform order 4 level 6 with one sample iris image stored is 62.5%. Then from the results of testing the influence of different input image formats, it can be concluded that the samples taken from 40 individuals which one sample is take for each person, use the format BMP as well as with use JPEG format. Whereas, from the test result for eye images which are not in database with threshold 0.3559, of the recognition level is 96%.*

**Keyword :** *texture analysis, Daubechies wavelet transform order 4, iris, Euclidean distance*

### I. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Manusia sebagai individu, mempunyai karakteristik yang khas, yang membedakannya dengan individu yang lain. Karakteristik tersebut dapat digunakan sebagai pengenalan atau identifikasi terhadap seseorang. Konsep identifikasi adalah mengenali seseorang dari komponen yang dimilikinya (misalnya kartu), dari kode yang diketahuinya (seperti *password* dan PIN), dari karakteristik alami (seperti wajah dan sidik jari), atau dari kombinasi ketiganya.

Iris atau selaput pelangi adalah bagian dari mata yang melingkari lingkaran pupil. Walaupun iris memiliki wilayah yang sangat kecil dibanding dengan luas dari tubuh manusia, iris memiliki pola yang sangat unik, berbeda pada tiap individu dan pola itu akan tetap stabil. Atas dasar inilah iris mata dapat dijadikan dasar bagi pengenalan biometrik.

Banyak algoritma telah diaplikasikan sebagai metode pengenalan iris, antara lain PCA (*Principal Component Analysis*), ICA (*Independent Component Analysis*), Algoritma Gabor-Wavelet, *Characterizing Key Local Variation*, Piramida Laplace, Matriks Kookurensi Aras Keabuan (*Gray Level Co-occurrence Matrix - GLCM*), Alihragam *wavelet* Haar dan lain sebagainya. Alihragam *wavelet* Daubechies sebagai salah satu metode untuk menganalisis tekstur belum digunakan sebagai pengekstraksi ciri pola iris mata. Dalam penelitian ini, dibuat sebuah perangkat lunak pengenalan iris mata dengan menggunakan metode pencirian alihragam *wavelet* Daubechies orde 4.

#### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah membuat aplikasi yang mampu melakukan pengenalan identitas pemilik mata menggunakan alihragam *wavelet* Daubechies orde 4 dengan perhitungan jarak Euclidean.

#### 1.3 Batasan Masalah

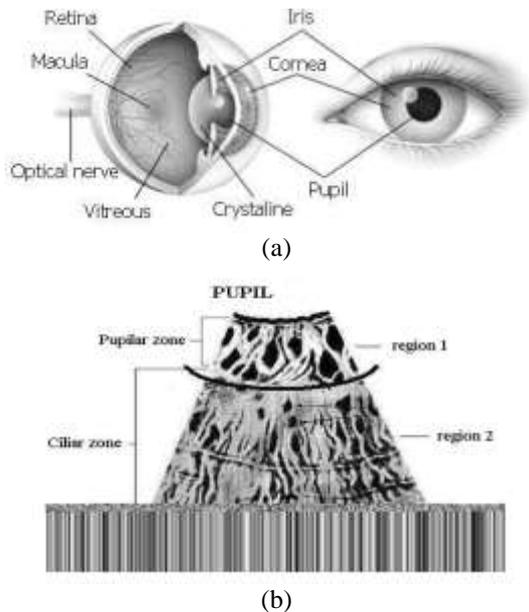
Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka Penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut :

1. Masukan sistem adalah citra mata dalam aras RGB (*Red, Green, Blue*). Tanpa membahas proses pengambilan, pemotretan dan pengolahan citra sebelum digunakan.
2. Format citra asli merupakan citra berwarna 24-bit dalam format JPEG (ekstensi \*.jpg).
3. Perbaikan kualitas citra hanya menggunakan ekualisasi histogram secara otomatis.
4. Penelitian dikhususkan pada penggunaan alihragam *wavelet* Daubechies orde 4 sebagai pengekstraksi ciri.
5. Metode pengenalan yang digunakan adalah metode jarak Euclidean ternormalisasi.
6. Perangkat yang dipakai dalam penelitian ini adalah Matlab R2008b.
7. Perangkat lunak yang dihasilkan adalah untuk mengenali citra tersebut sebagai iris mata seseorang.

II. LANDASAN TEORI

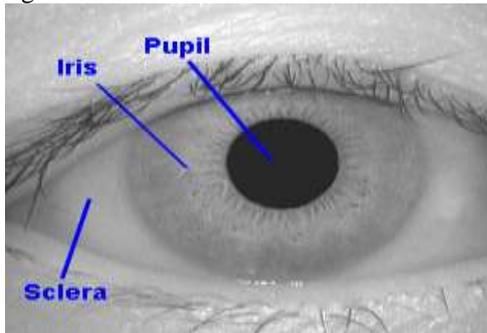
2.1 Iris Mata

Iris atau selaput pelangi pada mata dapat dijadikan sebagai basis sistem biometrik. Setiap iris memiliki tekstur yang amat rinci dan unik untuk setiap orang serta tetap stabil berpuluh-puluh tahun. Letaknya yang terlindung di belakang kornea (selaput bening) membuat iris terlindung dari kerusakan-kerusakan atau perubahan luar. Bagian mata ini tidak dapat diubah melalui pembedahan tanpa menimbulkan kerusakan pada penglihatan. Gambar 2.1 menunjukkan anatomi mata manusia.<sup>[3]</sup>



Gambar 2.1 (a) Anatomi mata. (b) Struktur iris dilihat dari sisi depan.

Iris adalah organ dalam yang terlindung pada mata, terletak di belakang kornea dan *aqueous humor*, namun terletak di depan lensa mata. Iris adalah satu-satunya organ dalam pada tubuh yang bisa terlihat oleh mata manusia secara normal



Gambar 2.2 Bagian Luar Mata

Keuntungan dari pemakaian iris untuk sistem identifikasi yang dapat diandalkan adalah<sup>[12]</sup> sebagai berikut.

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

2.2 Wavelet

Wavelet merupakan gelombang mini (*small wave*) yang mempunyai kemampuan mengelompokkan energi citra dan

terkonsentrasi pada sekelompok kecil koefisien, sedangkan kelompok koefisien lainnya hanya mengandung sedikit energi yang dapat dihilangkan tanpa mengurangi nilai informasinya.<sup>t</sup>

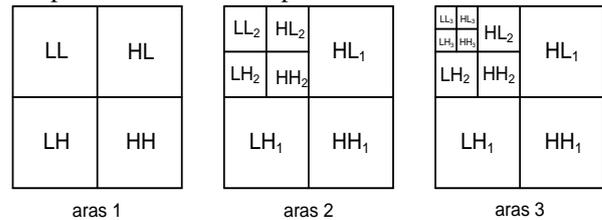
2.3 Wavelet Daubechies

Wavelet Daubechies memiliki ordo dimana ordo pada Daubechies menggambarkan jumlah koefisien filternya. Sebagaimana diketahui proses filtering oleh *lowpass filter* (*scaling function*) akan menghasilkan koefisien subband dengan frekuensi rendah. Sebaliknya filtering dengan *highpass filter* (*wavelet function*) akan menghasilkan subband dengan frekuensi tinggi.

Wavelet Daubechies memiliki properti yang dinamakan *vanishing moment*. *Vanishing moment* menunjukkan kemampuan wavelet dalam merepresentasikan sifat polinomial. Suatu wavelet Daubechies dengan ordo wavelet N, memiliki nilai *Vanishing moment* sama dengan N. Sifat polinomial yang dimiliki oleh wavelet akan berpengaruh dalam penentuan jumlah koefisien filter wavelet. Semakin besar jumlah filter yang dimiliki oleh suatu wavelet filter daubechies, maka semakin baik filter tersebut dalam melakukan pemilihan frekuensi. Untuk Daubechies dengan ordo N (db-N), maka Daubechies tersebut memiliki ukuran koefisien filter 2N.

2.4 Dekomposisi Citra

Alihragam *wavelet* terhadap citra adalah menapis citra dengan tapis *wavelet*. Hasil dari penapisan ini adalah 4 subbidang citra dari citra asal, keempat subbidang citra ini berada dalam kawasan *wavelet*. Keempat subbidang citra ini adalah pelewat rendah-pelewat rendah (LL), pelewat rendah-pelewat tinggi (LH), pelewat tinggi-pelewat rendah (HL), dan pelewat tinggi-pelewat tinggi (HH). Proses ini disebut dekomposisi, dekomposisi dapat dilanjutkan kembali dengan citra pelewat rendah-pelewat rendah (LL) sebagai masukannya untuk mendapatkan tahap dekomposisi selanjutnya. Gambar 2.3 menunjukkan suatu citra dekomposisi dari aras 1 sampai aras 3.



Gambar 2.3 Diagram dekomposisi citra

2.5 Pengukuran Energi pada Wavelet

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

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

- a. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai pendekatan (aproksimasi),  $E_a$  dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien aproksimasi  $C_a$  dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_a = \frac{\sum C_a^2}{\sum C^2} \times 100\% \tag{2.1}$$

- b. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah horisontal,  $E_h$  dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horisontal  $C_h$  dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien  $C$ .

$$E_h = \frac{\sum C_h^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.2)$$

- c. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah vertikal,  $E_v$  dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horisontal  $C_v$  dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien  $C$ .

$$E_v = \frac{\sum C_v^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.3)$$

- d. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah diagonal,  $E_d$  dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah diagonal  $C_d$  dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien  $C$ .

$$E_d = \frac{\sum C_d^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.4)$$

### 2.6 Jarak Euclidean Ternormalisasi (Normalized Euclidean Distance)

Setelah melalui proses ekstraksi ciri dan dihasilkan suatu nilai-nilai parameter tertentu, maka dilanjutkan dengan perhitungan jarak terdekat (Jarak Euclidean) nilai vektor ciri citra.<sup>[12]</sup> Nilai jarak Euclidean yang mendekati nilai nol, akan menunjuk pada citra tertentu. Nilai vektor ciri citra masukan yang memiliki nilai vektor ciri yang sama dengan vektor ciri citra tertentu akan memiliki nilai jarak Euclidean yang mendekati nol. Misal nilai vektor ciri masukan citra  $A_i = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  nilai vektor ciri citra ke-  $j$  adalah  $B_j = (B_{1j}, B_{2j}, \dots, B_{nj})$ , jarak Euclidean antara nilai vektor ciri citra masukan dan nilai vektor ciri citra ke-  $j$  dinyatakan oleh :

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(A_i - B_i)^2}{A_i}} \quad (2.5)$$

dengan:

$D(A, B)$  = Jarak Euclidean antara iris  $A$  dan  $B$

$A_i$  = Vektor ciri Iris  $A$

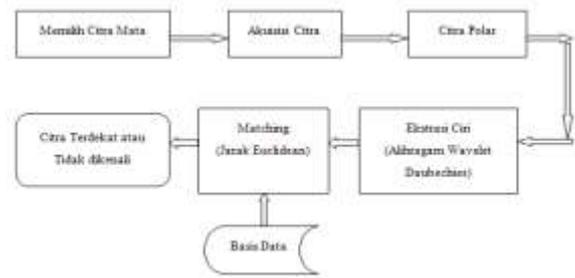
$B_i$  = Vektor ciri Iris  $B$

$n$  = panjang vektor (jumlah ciri tekstural) vektor  $A$  dan vektor  $B$

## III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

### 3.1 Diagram Alir Perangkat Lunak

Alur sistem pengenalan iris mata dapat dilihat pada diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Sistem Pengenalan Citra Iris Mata menggunakan alihragam *wavelet* Daubechies orde 4

Secara garis besar, proses-proses tersebut dikelompokkan pada lima proses utama yaitu :

1. Pemilihan citra masukan yang berupa citra mata.
2. Akuisisi citra dan pengolahan awal untuk mengambil karakteristik tekstur iris mata.
3. Pengubahan citra iris mata hasil pengolahan awal menjadi citra polar.
4. Ekstraksi ciri menggunakan pencirian alihragam *wavelet* Daubechies orde 4.
5. Pengenalan dengan menggunakan perhitungan jarak Euclidean.

## 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

### 3.2.1 Akuisisi Citra

Citra iris mata yang digunakan pada Penelitian ini yaitu citra iris mata orang asing. Citra iris mata orang asing diperoleh dari Internet dalam bentuk citra berwarna dengan format ekstensi \*.jpg, dengan ukuran  $200 \times 200$  piksel. Pengambilan citra diatur sedemikian rupa agar titik pusat citra masih berada di dalam area pupil.

### 3.2.2 Pengolahan Awal

Pengolahan awal (*preprocessing*) bertujuan untuk mengolah citra agar dapat diambil karakteristik tekstur iris mata. Pada tahap ini diharapkan dapat diperoleh informasi dari suatu citra secara optimal. Tahap pengolahan awal dalam Penelitian ini terdiri atas:

1. Pembacaan Berkas Citra
2. Mengubah Citra Menjadi Aras Keabuan.
3. Pengontrasan Citra Aras Keabuan dengan Ekualisasi Histogram.
4. *Downsampling*.
5. Alihragam Citra ke Koordinat Polar.

### 3.3 Ekstraksi Ciri dengan alihragam *wavelet* Daubechies orde 4

Ekstraksi ciri bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi penting dari tekstur iris mata. Teknik ekstraksi ciri pada perangkat lunak ini menggunakan fungsi *Wavelet* Daubechies orde 4 yang digunakan untuk mengekstraksi ciri dari citra yang ternormalisasi..

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 4.1 Ekstraksi Ciri

Pengujian ini menggunakan parameter aras dekomposisi alihragam *wavelet* Daubechies orde 4. Tabel 4.1 menunjukkan energi  $E_a$ ,  $E_h$ ,  $E_v$ , dan  $E_d$  pada 10 (sepuluh) sampel citra polar iris mata yang digunakan pada penelitian. Jenis *wavelet* yang digunakan adalah Daubechies orde 4 dan aras dekomposisi adalah 1.

**Tabel 4.1** Data nilai energi  $E_a$ ,  $E_h$ ,  $E_v$ , dan  $E_d$  pada 10 (sepuluh) sampel citra polar dengan tapis Daubechies orde 4, aras dekomposisi 1.

Nama citra	Aras dekomposisi ke...	$E_a$	$E_h$	$E_v$	$E_d$	Prosentase energi
001_1_1.jp		98,695				
g	1	8	0,3458	0,6855	0,2729	100
002_1_1.jp		99,292				
g	1	0	0,2064	0,3447	0,1569	100
003_1_1.jp		99,213				
g	1	6	0,2993	0,2948	0,1922	99,9999
004_1_1.jp		99,820				
g	1	1	0,0559	0,0785	0,0455	100
005_1_1.jp		99,287				
g	1	3	0,2713	0,2870	0,1544	100
006_1_1.jp		98,662				
g	1	5	0,3228	0,7010	0,3137	100
007_1_1.jp		98,107				
g	1	2	0,5015	1,0148	0,3765	100
008_1_1.jp		99,597				
g	1	8	0,0998	0,2061	0,0963	100
009_1_1.jp		97,754				
g	1	9	0,6574	1,0896	0,4981	100
010_1_1.jp		99,238				
g	1	1	0,2221	0,3662	0,1735	99,9999

**4.2 Pengujian Pengenalan**

Pengujian dibagi dalam empat jenis penelitian yaitu :

**1. Pengaruh pemakaian aras yang berbeda terhadap pengenalan iris mata**

Pada pengujian ini, dilakukan variasi pemakaian aras alihragam *wavelet* Daubechies orde 4. Aras yang digunakan adalah aras 1, 2, 3, 4, 5, dan 6.

Dari pengujian, didapatkan bahwa tingkat pengenalan tertinggi adalah pemakaian aras 4 yaitu sebesar 82,5%, kemudian pemakaian aras 3 memiliki tingkat pengenalan sebesar 79,375%, aras 2 memiliki tingkat pengenalan sebesar 71,875%, aras 1 memiliki tingkat pengenalan sebesar 67,5%, aras 5 memiliki tingkat pengenalan 65,625% dan yang paling rendah adalah aras 6 yaitu dengan tingkat pengenalan sebesar 62,5%.

**2. Pengaruh Banyaknya Sampel yang Disimpan**

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa penggunaan dua sampel yang disimpan menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu sampel. Pengujian dengan satu sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 82,5%, sedangkan pengujian dengan dua sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 86,6%. Hal ini dikarenakan pada penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak pula.

**3. Pengaruh Pemakaian Format yang Berbeda (.bmp) Terhadap Pengenalan Iris Mata**

Penggunaan iris mata dalam format .bmp yang diambil dari 40 individu yang masing-masing diambil 1 sampel menghasilkan tingkat pengenalan yang sama dengan tingkat pengenalan dalam format .jpg yaitu sebesar 77,5%.

**4. Pengujian dengan Citra Luar**

Untuk dapat melakukan pengujian dengan citra luar yang tidak termasuk dalam basisdata, digunakan nilai ambang. Tanpa menggunakan nilai ambang, citra luar akan tetap dikenali sebagai salah satu citra dalam basisdata karena proses pengenalanya menggunakan jarak Euclidean yang terdekat atau paling kecil.

Dalam penentuan nilai ambang pada Penelitian ini, digunakan penjumlahan dua parameter statistik, yaitu rerata dan simpangan baku dari hasil pengujian sebelumnya menggunakan aras alihragam *wavelet* Daubechies orde 4 dan menggunakan dua sampel citra tersimpan. Nilai ambang yang dicari adalah penjumlahan antara rerata dan simpangan baku, maka nilainya adalah  $0,3032+0,0527=0,3559$ . Nilai ambang ini kemudian digunakan untuk pengujian menggunakan citra uji luar, diharapkan nilainya lebih kecil dari nilai jarak hasil pengujian tersebut.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan citra iris mata CASIA V1.0 yang diambil secara acak serta telah diubah ukurannya menjadi 200 x 200 piksel, dan citra iris mata orang Indonesia. Citra uji luar menggunakan format citra \*.jpg. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel. 4.2** Hasil pengujian dengan citra uji luar

No	Nama berkas citra	Jarak Euclidean	Pengenalan	Ket,
1	C001_1_1.jpg	0,49109	Tidak Dikenali	Benar
2	C002_1_1.jpg	0,54525	Tidak Dikenali	Benar
3	C003_1_1.jpg	0,56502	Tidak Dikenali	Benar
4	C004_1_1.jpg	0,4833	Tidak Dikenali	Benar
5	C017_1_1.jpg	0,41751	Tidak Dikenali	Benar
6	C024_1_1.jpg	0,93685	Tidak Dikenali	Benar
7	C027_1_1.jpg	0,71882	Tidak Dikenali	Benar
8	C032_1_1.jpg	0,53266	Tidak Dikenali	Benar
9	C037_1_1.jpg	0,64164	Tidak Dikenali	Benar
10	C040_1_1.jpg	0,57925	Tidak Dikenali	Benar

**V. PENUTUP**

**5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Tingkat pengenalan untuk alihragam *wavelet* Daubechies orde 4 aras 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 masing-masing adalah 67,5%, 71,875%, 79,375%, 82,5%, 65,625% dan 62,5% untuk jumlah satu citra tersimpan pada basis data 1. Tingkat pengenalakat paling tinggi pada penggunaan aras 4 dan tingkat pengenalan terendah pada penggunaan aras 6.
2. Penggunaan sampel tersimpan sebanyak dua buah citra menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 86,66% dibandingkan dengan penggunaan satu citra tersimpan yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 82,5%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak pula.
3. Pada Penelitian ini penggunaan iris mata dalam format .bmp yang diambil dari 40 individu yang masing-masing diambil 1 sampel menghasilkan tingkat pengenalan yang sama dengan penggunaan format .jpg yaitu sebesar 77,5%.
4. Pengujian citra mata luar yang tidak terdapat pada basisdata, dengan pengembangan sebesar 0,3559, tingkat pengenalannya sebesar 96%.

## 5.2 Saran

Berdasarkan pengujian terhadap program pengenalan iris mata menggunakan alihragam *wavelet* Daubechies orde 4 ini, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi kesalahan pada proses segmentasi citra iris mata yang disebabkan oleh kilatan cahaya, bagian lingkaran pupil dan bulu mata yang ikut dalam pembentukan citra polar.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menggunakan orde lain pada *wavelet* Daubechies untuk kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian ini sehingga diperoleh kesimpulan orde *wavelet* Daubechies yang paling sesuai untuk identifikasi iris mata.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan akuisisi citra iris mata secara langsung sehingga pengembangan untuk aplikasi identifikasi waktu nyata dapat diwujudkan.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji pengaruh format citra lainnya pada masukan, seperti .tif, .gif, .png dan lain-lain.

## Daftar Pustaka

- [1] Drygajlo, A., “*Biometrics Lecture 7 Part 1-2008*”, Speech Processing and Biometrics Group Signal Processing Institute Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 2008.
- [2] Jain, A.K., *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- [3] Kusuma, A.A., “*Pengenalan Iris Mata Menggunakan Pencirian Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan*”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- [4] Masek, L., “*Recognition of Human Iris Pattern for Biometric Identification*”, The University of Western Australia, 2003.
- [5] Moreno R.P. and A. Gonzaga, “*Features Vector For Personal Identification Based On Iris Texture*”, Departamento de Engenharia Elétrica - EESC – USP.
- [6] Munir, R., “*Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*”, Informatika, Bandung, 2004.
- [7] Prihartono, T.D., “*Identifikasi Iris Mata Menggunakan Alihragam wavelet Haar*”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2011.
- [8] Putriningsih, D., “[Identifikasi Kelebihan Kolesterol Berdasarkan Pengamatan Citra Iris Mata](#)”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2007.
- [9] Rahmawati, Indah., “*Pemampatan Citra Digital Dengan Wavelet Paket*”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2007.
- [10] Wijayanto, W.S., “*Identifikasi Iris Mata dengan Tapis Gabor Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)*”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [11] Wisana, I.Dewa., “*Model Identifikasi Isyarat ECG Berbasis Wavelet*”, Disertasi S-3 UGM, Yogyakarta, 2010.
- [12] ---, “*Image Processing Toolbox for User's with MATLAB*”, User's Guide Version 3, The Mathwork Inc, 2001.