

Pengenalan Citra Iris Mata Menggunakan Jarak Minkowski Dengan Ekstraksi Ciri Alihragam Gelombang Singkat Daubechies

Maria Fitriana^{*)}, R. Rizal Isnanto, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jln. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : mariafitriana93@gmail.com

Abstrak

Saat ini masih dijumpai sistem pengenalan dan keamanan menggunakan metode tradisional seperti kata sandi, kartu identitas, atau kunci elektronik yang memiliki kekurangan mudah diduplikasi, hilang, dan lupa. Karenanya, mulai dikembangkan sistem pengenalan menggunakan biometrik untuk menghindari kekurangan tersebut dengan menawarkan kelebihan perlunya kehadiran langsung penggunaannya. Salah satu jenis biometrik adalah iris mata. Setiap iris memiliki tekstur detail dan unik. Iris mata juga tidak dapat diubah serta permanen selama berpuluh-puluh tahun, sehingga dapat digunakan dalam sistem identifikasi. Dalam penelitian ini akan dirancang program pengenalan iris mata menggunakan metode alihragam wavelet Daubechies orde 1 sampai dengan orde 10 untuk memperoleh karakteristik dari iris mata dan jarak Minkowski untuk pengenalannya yang memutuskan apakah citra iris mata tersebut dapat dikenali atau tidak. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pengenalan terhadap 60 citra iris mata. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa tingkat pengenalan tertinggi adalah metode alihragam Daubechies orde 1 dengan level dekomposisi 7 yaitu sebesar 86,67%, sedangkan tingkat pengenalan paling rendah yaitu Daubechies orde 10 dengan level dekomposisi 1 yaitu 53,33%. Pengujian selanjutnya yaitu variasi citra pada basisdata, tingkat pengenalan akan meningkat dengan penambahan jumlah citra yang tersimpan dalam basisdata. Tingkat pengenalan tertinggi yaitu 93,33% dengan 90 citra tersimpan pada basisdata.

Kata Kunci : Iris mata, alihragam gelombang singkat Daubechies, jarak Minkowski

Abstract

Nowadays, we still find recognition and security system using traditional methods such as passwords, identity cards, or electronic key which has disadvantages for example, easily duplicated, lost and forgot password. Therefore, biometric recognition system has developed to avoid these disadvantages by offering advantages the need for direct presence of the user. One of the biometrics is iris. Every human has a unique iris. Iris is also irreversible and permanent for decades, so it can be used in identification system by extracting these unique characteristics. In this research iris recognition program will be designed using wavelet transformation method Daubechies orde 1 up to orde 10 and the identification using Minkowski distance to decide whether the image of the iris can be recognized or not. For this research, the identification test use 60 images of the iris. From the result, the highest recognition rate is the transformation method Daubechies orde 1 with 7 decomposition level that is equal to 86.67%. While the lowest recognition rate is Daubechies orde 10 with the decomposition level 1 that is equal to 53.33%. Furthermore, on variations of the image in the database, the recognition rate will increase by increasing the number of images stored in the database. The highest recognition rate is 93.33% with 90 images stored in the database.

Keywords : Iris, Wavelet Daubechies, Minkowski distance

1. Pendahuluan

Era informasi yang berkembang ditandai dengan pesatnya kemajuan teknologi. Penggunaan teknologi menjadi

semakin penting di dalam aspek kehidupan manusia. Salah satu teknologi yang sedang berkembang adalah sistem pengenalan yang dalam hal ini sering digunakan

untuk mengetahui identitas seseorang sebagai pengendali akses dan sistem keamanan

Metode pengenalan yang pada umumnya sudah banyak digunakan adalah dengan sistem yang masih tradisional. Sistem tradisional ini dibagi menjadi dua yaitu berdasarkan sesuatu yang dimiliki seperti kartu identitas dan kunci elektronik, serta berdasarkan sesuatu yang diketahui seperti sandi rahasia. Namun sistem tradisional tersebut seringkali memiliki beberapa kelemahan seperti lupa PIN atau *password*, hilangnya kartu maupun kunci, mudahnya *password* untuk diterka orang lain, duplikasi, dan sebagainya.^[5]

Solusi dari masalah-masalah tersebut adalah biometrik. Sistem biometrik menggunakan fisiologi tubuh (*physical biometric*) atau perilaku manusia (*behavioral characters*) sehingga tidak dapat dipinjam, dicuri, atau dilupakan.^[5] Setiap orang memiliki ciri khas yang berbeda, permanen dan stabil atau tidak berubah dalam jangka waktu yang lama. Sifat fisiologis seseorang yang bersifat permanen itu tidak akan hilang, jatuh, terselip, tertinggal, dan juga sulit untuk diduplikasi. Selain itu dengan menggunakan sistem biometrik pemilik identitas harus hadir langsung pada saat proses pengenalan. Berdasarkan kelebihan-kelebihan tersebut sistem biometrik akan lebih aman dan dapat dipercaya untuk digunakan dalam sistem pengenalan.

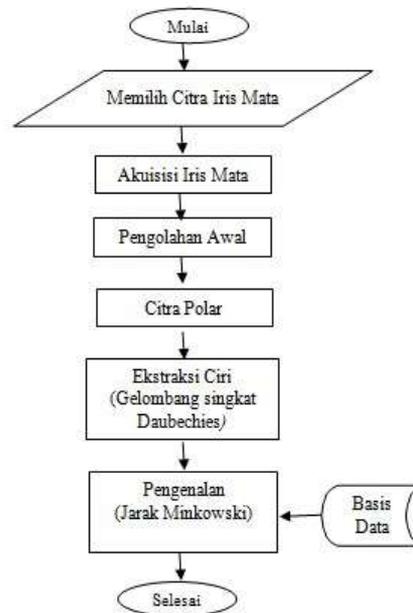
Salah satu biometrik yang dapat digunakan untuk proses pengenalan yaitu iris mata. Walaupun iris memiliki wilayah yang sangat kecil dibanding dengan luas dari tubuh manusia, iris mempunyai pola yang sangat unik, berbeda pada tiap individu bahkan untuk orang kembar. Iris mempunyai beberapa sifat yaitu stabil, mempunyai struktur fisik beragam dan tidak bergantung pada sifat genetik. Dengan demikian, iris dapat dijadikan sebagai identitas pribadi sehingga saat ini berkembang sistem pengenalan iris mata manusia.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sebuah sistem pengenalan iris mata yang diekstraksi ciri menggunakan alihragam gelombang singkat Daubechies untuk memperoleh karakteristik dari iris mata tersebut dan dikenali dengan jarak Minkowski yang memutuskan apakah citra iris mata tersebut dapat dikenali atau tidak sebagai identitas seseorang.

2. Metode

2.1. Diagram Alir Perangkat Lunak

Alur sistem pengenalan iris mata dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir sistem identifikasi iris mata menggunakan metode ekstraksi ciri alihragam gelombang singkat Daubechies

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

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

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

2.2.1. Akuisisi Citra

Citra iris mata yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra iris mata dalam bentuk citra berwarna atau RGB. Citra iris mata ini diambil dari iris mata orang asing yang diperoleh dari basisdata UBIRIS dalam bentuk citra berwarna dengan format JPEG ekstensi *.jpg, dan berukuran 200x200 piksel. Pengambilan citra diatur sedemikian rupa, hal ini dilakukan agar titik pusat citra masih berada di dalam area pupil.

2.2.2. Pengolahan Awal

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

1. Pembacaan berkas citra
2. Mengubah citra menjadi aras keabuan
3. Pengontrasan citra aras keabuan dengan perataan histogram
4. *Downsampling*
5. Alihragam citra ke koordinat polar

2.2.3. Ekstraksi Ciri dengan Alihragam Gelombang Singkat Daubechies

Ekstraksi bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi penting dari tekstur iris mata. Teknik ekstraksi ciri pada perangkat lunak ini menggunakan alihragam gelombang singkat Daubechies orde 1 sampai dengan 10 dengan level dekomposisi 1 sampai dengan 8 yang digunakan untuk mengekstraksi ciri dari citra yang ternormalisasi.

2.3. Wavelet

Wavelet mempunyai kemampuan mengelompokkan energi citra yang terkonsentrasi pada sekelompok kecil koefisien, sedangkan kelompok koefisien lainnya hanya mengandung sedikit energi yang dapat dihilangkan tanpa mengurangi nilai informasinya.

2.3.1. Alihragam Gelombang Singkat Daubechies

Daubechies merupakan salah satu keluarga gelombang singkat. Penamaan keluarga gelombang singkat daubechies ditulis dbN, dengan N adalah orde dan db adalah nama panggilan dari alihragam gelombang singkat tersebut. Orde pada Daubechies menggambarkan jumlah koefisien tapisnya. Panjang tapis Daubechies dirumuskan dengan 2N. Tabel 1 menunjukan urutan koefisien fungsi penskalaan tapis pelewat rendah untuk Daubechies orde 2 (db2) sampai dengan Daubechies orde 10 (db10).

Tabel 1. Koefisien fungsi penskalaan tapis pelewat rendah db2 – db10

| db2 | db4 | db6 | db8 | db10 |
|-----|------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| 1 | 0.6830127 | 0.47046721 | 0.32580343 | 0.22641898 |
| 1 | 1.1830127 | 1.14111692 | 1.01094572 | 0.85394354 |
| | 0.3169873 | 0.650365 | 0.8922014 | 1.02432694 |
| | -0.1830127 | -0.19093442 | -0.03957503 | 0.19576696 |
| | | -0.12083221 | -0.26450717 | -0.34265671 |
| | | 0.0498175 | 0.0436163 | -0.04560113 |
| | | | 0.0465036 | 0.10970265 |
| | | | -0.01498699 | -0.00882680 |
| | | | | -0.01779187 |
| | | | | 4.717428 x 10 ⁻³ |

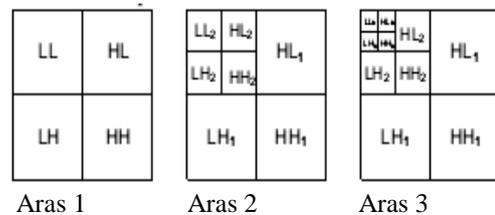
Tabel 1 menunjukan koefisien penskalaan hanya untuk tapis pelewat rendah, untuk mendapatkan koefisien gelombang singkat tapis pelewat tinggi dilakukan dengan cara merubah urutan koefisien penskalaan dimulai dari yang terakhir. Kemudian gunakan rumus berikut untuk mendapatkan positif negatifnya. Rumus untuk mendapatkan koefisien tapis pelewat tinggi

$$b_k = (-1)^k a_{N-1-k} \tag{1}$$

Keterangan :
 k = indeks koefisien
 b = koefisien gelombang singkat tapis pelewat tinggi
 a = koefisien penskalaan tapis pelewat rendah
 N = orde

2.3.2. Dekomposisi Citra

Proses dekomposisi adalah ketika citra semula ditransformasikan menjadi 4 subbidang citra dari citra asal, keempat subbidang ini adalah pelewat rendah-pelewat rendah (LL), pelewat rendah-pelewat tinggi (LH), pelewat tinggi-pelewat rendah (HL), dan pelewat tinggi-pelewat tinggi (HH). Dekomposisi dapat dilanjutkan kembali dengan citra pelewat rendah-pelewat rendah (LL) sebagai masukannya untuk mendapatkan tahap dekomposisi selanjutnya. Proses dekomposisi dapat dilihat seperti gambar dibawah ini. Gambar 2 menunjukkan proses dekomposisi citra sampai dengan aras 3.



Gambar 2. Diagram dekomposisi citra

2.3.3. Pengukuran Energi pada Wavelet

Energi suatu tekstur menggambarkan keseragaman dari tekstur. Pada suatu citra homogen mempunyai sedikit perubahan nilai keabuan sehingga mempunyai energi yang besar. Sebaliknya citra yang heterogen mempunyai nilai keabuan yang banyak sehingga nilai energinya kecil. Energi dibagi dalam 4 ciri, yaitu.

1. 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).

$$E_a = \frac{\sum c_a^2}{\sum c^2} \times 100\% \tag{2}$$

2. 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 (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_h = \frac{\sum c_h^2}{\sum c^2} \times 100\% \tag{3}$$

3. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah vertikal, E_v dihitung berdasarkan

prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah vertikal C_v dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_v = \frac{\sum C_v^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (4)$$

4. 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 (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_d = \frac{\sum C_d^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (5)$$

2.4. Jarak Minkowski

Setelah dilakukan ekstraksi ciri maka dihasilkan nilai-nilai dengan parameter tertentu yang kemudian dilakukan proses pengenalan dengan menggunakan metode jarak Minkowski. Jarak Minkowski digunakan untuk mendapatkan jarak terdekat atau terkecil antara citra masukan (citra uji) dengan citra pada basisdata sehingga citra masukan dapat diidentifikasi.

Semakin kecil perbedaan antara dua buah citra, maka jaraknya akan semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, semakin besar perbedaan antara dua buah citra, maka jaraknya juga akan menjadi semakin besar. Jarak Minkowski mempunyai koefisien $1 \leq \lambda < \infty$ (tak

hingga). Contoh nilai vektor ciri citra masukan adalah $A_i = (A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$ dan nilai vektor ciri citra basisdata adalah $B_i = (B_1, B_2, B_3, \dots, B_n)$ maka jarak Minkowski dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D(A, B) = \sqrt[\lambda]{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^\lambda} \quad (6)$$

Keterangan:

$D(A, B)$ = jarak Minkowski antara iris mata A dan iris mata B

A = vektor ciri citra masukan

B = vektor ciri citra basisdata

n = panjang vektor A dan vektor B

λ = koefisien Minkowski

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Variasi Level Dekomposisi pada Alihragam Gelombang Singkat Daubechies Orde 1 sampai dengan 10

Pada pengujian ini dilakukan variasi pemakaian level dekomposisi yang berbeda pada alihragam gelombang singkat Daubechies orde 1 sampai dengan 10 dengan citra yang diujikan berjumlah 60 buah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari pengujian ini didapatkan, tingkat pengenalan paling tinggi adalah Daubechies orde 1 level dekomposisi 7 yaitu sebesar 86,67%. Sedangkan pengenalan paling rendah adalah Daubechies orde 10 level 1 yaitu sebesar 53,33%.

Tabel 2 Persentase tingkat pengenalan program terhadap variasi level dekomposisi alihragam gelombang singkat Daubechie orde 1 sampai dengan orde 10

| Orde Daubechies | Level Dekomposisi | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 58,33% | 71,67% | 71,67% | 76,67% | 76,67% | 81,67% | 86,67% | 80% |
| 2 | 58,33% | 56,67% | 73,33% | 75% | 73,33% | 73,33% | 78,33% | 78,33% |
| 3 | 56,67% | 58,33% | 76,67% | 80% | 80% | 81,67% | 78,33% | 75% |
| 4 | 55% | 60% | 73,33% | 76,67% | 81,67% | 76,67% | 71,67% | 78,33% |
| 5 | 60% | 55% | 68,33% | 76,67% | 75% | 73,33% | 73,33% | 73,33% |
| 6 | 58,33% | 56,67% | 70% | 81,67% | 75% | 73,33% | 76,67% | 76,67% |
| 7 | 56,67% | 65% | 78,33% | 78,33% | 83,33% | 78,33% | 75% | 78,33% |
| 8 | 60% | 60% | 71,67% | 78,33% | 75% | 71,67% | 71,67% | 73,33% |
| 9 | 55% | 58,33% | 75% | 73,33% | 78,33% | 75% | 73,33% | 75% |
| 10 | 53,33% | 60% | 76,67% | 81,67% | 83,33% | 78,33% | 71,67% | 75% |

3.2. Pengaruh Jumlah Koefisien Minkowski

Pada pengujian ini, dilakukan variasi jumlah koefisien Minkowski. Koefisien Minkowski yang digunakan adalah 1, 2, 3, 4 dan 5. Pengujian jumlah koefisien Minkowski ini dilakukan dengan alihragam gelombang singkat Daubechies orde 1 dengan level dekomposisi 7. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat pengenalan program terhadap variasi koefisien Minkowski

| Koefisien Minkowski | Tingkat Pengenalan |
|---------------------|--------------------|
| 1 | 90% |
| 2 | 86,67% |
| 3 | 86,67% |
| 4 | 86,67% |
| 5 | 86,67% |

Dari pengujian ini didapatkan, tingkat pengenalan yang paling besar adalah koefisien Minkowski 1 yaitu sebesar 90%. Sedangkan koefisien Minkowski 2,3,4, dan 5 memiliki tingkat pengenalan yang sama yaitu 86,67%.

3.3. Pengaruh Banyaknya Sampel yang Disimpan

Pengujian ini akan menggunakan variasi banyaknya sampel yang disimpan dalam basisdata. Maksud dari banyaknya sampel adalah banyaknya data citra iris mata dari satu individu yang digunakan dalam proses pelatihan. Variasi yang digunakan adalah satu sampel tersimpan, dua sampel tersimpan, dan tiga sampel tersimpan dengan menggunakan alihragam gelombang singkat Daubechies orde 1 dan level dekomposisi 7. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat pengenalan dengan variasi jumlah sampel yang disimpan

| Banyaknya sampel | Tingkat Pengenalan |
|------------------|--------------------|
| Satu | 86,67% |
| Dua | 91,67% |
| Tiga | 93,33% |

Dari pengujian ini didapatkan, didapatkan bahwa penggunaan tiga sampel yang disimpan menghasilkan tingkat pengenalan paling tinggi dibandingkan penggunaan satu sampel dan dua sampel tersimpan. Pengujian dengan tiga sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 93,33%, pengujian dengan dua sampel tersimpan 91,67%, dan pengujian dengan satu sampel tersimpan 86,67%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, sehingga ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak.

3.4. 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 Minkowski yang terdekat atau paling kecil.

Penentuan nilai ambang dalam penelitian ini dengan menggunakan penjumlahan dua parameter statistik, yaitu rerata dan simpangan baku dari hasil pengujian sebelumnya menggunakan alihragam gelombang singkat Daubechies orde 1 level dekomposisi 7. Rerata merupakan hasil bagi antara penjumlahan nilai data dengan jumlah data. Nilai rerata dari data diperoleh, yaitu sebesar 0,8023. Kemudian, diperoleh nilai simpangan baku yaitu 1,3604. Nilai ambang yang dicari adalah penjumlahan antara rerata dan simpangan baku, maka nilainya adalah $0,8023 + 1,3604 = 2,1626$.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan citra iris mata CASIA V1.0 yang diambil secara acak serta diubah ukurannya menjadi 200 x 200 piksel, citra iris mata orang Indonesia, dan citra iris mata UBIRIS yang tidak terdapat pada basisdata. Citra uji luar menggunakan format citra *.jpg. hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian dengan citra luar

| No | Nama berkas citra | Jarak Minkowski | Pengenalan | Ket |
|----|-------------------|-----------------|----------------|-------|
| 1 | S1239R04.jpg | 19,8226 | Tidak Dikenali | Benar |
| 2 | S1239R08.jpg | 7,594 | Tidak Dikenali | Benar |
| 3 | S1239R09.jpg | 20,9316 | Tidak Dikenali | Benar |
| 4 | S1245R01.jpg | 9,3206 | Tidak Dikenali | Benar |
| 5 | S1248R02.jpg | 6,5013 | Tidak Dikenali | Benar |
| 6 | S1248R03.jpg | 10,8966 | Tidak Dikenali | Benar |
| 7 | S1248R04.jpg | 12,2638 | Tidak Dikenali | Benar |
| 8 | S1248R05.jpg | 7,8551 | Tidak Dikenali | Benar |
| 9 | S1248R06.jpg | 3,9782 | Tidak Dikenali | Benar |
| 10 | S1248R07.jpg | 11,48 | Tidak Dikenali | Benar |
| 11 | 1.jpg | 2,5584 | Tidak Dikenali | Benar |
| 12 | 2.jpg | 3,7001 | Tidak Dikenali | Benar |
| 13 | 3.jpg | 2,8282 | Tidak Dikenali | Benar |
| 14 | 4.jpg | 2,7442 | Tidak Dikenali | Benar |
| 15 | 5.jpg | 3,57 | Tidak Dikenali | Benar |
| 16 | lmg_31_1_5.jpg | 3,0809 | Tidak Dikenali | Benar |
| 17 | lmg_32_1_5.jpg | 2,9516 | Tidak Dikenali | Benar |
| 18 | lmg_33_1_4.jpg | 1,9028 | Iris 01 | Salah |
| 19 | lmg_34_1_5.jpg | 3,2141 | Tidak Dikenali | Benar |
| 20 | lmg_35_1_5.jpg | 2,7019 | Tidak Dikenali | Benar |

4. Kesimpulan

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

1. Hasil pengenalan untuk alihragam gelombang singkat Daubechies orde 1 sampai dengan orde 10 dengan variasi level dekomposisi 1 sampai 8 diperoleh tingkat pengenalan paling tinggi adalah Daubechies orde 1 dengan level dekomposisi 7 yaitu sebesar 86,67%. Sedangkan pengenalan paling rendah adalah Daubechies orde 10 dengan level dekomposisi 1 yaitu sebesar 53,33%.
2. Pada penggunaan variasi koefisien Minkowski 2, 3, 4, dan 5 menghasilkan tingkat pengenalan yang sama yaitu sebesar 86,67% sedangkan penggunaan koefisien Minkowski 1 memiliki tingkat pengenalan lebih tinggi yaitu sebesar 90%.
3. Penggunaan sampel tersimpan sebanyak tiga buah citra menghasilkan tingkat pengenalan yang paling besar yaitu sebesar 93,33% dibandingkan dengan penggunaan satu citra tersimpan dan dua citra tersimpan yang masing-masing memiliki tingkat pengenalan sebesar 86,67% dan 91,67%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, sehingga ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak.
4. Pengujian dengan citra mata luar yang tidak terdapat pada basisdata dengan nilai ambang sebesar 2,1626, tingkat pengenalanya 95%.

Referensi

- [1]. Masek, L., "*Recognition of Human Iris Pattern for Biometric Identification*", The University of Western Australia, 2003.
- [2]. Jain, A.K., "*Fundamental of Digital Image Processing*", Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- [3]. Munir, R., "*Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*", Informatika, Bandung, 2004.
- [4]. ---, "*Image Processing Toolbox for User's with MATLAB*", User's Guide Version 3, The Mathwork Inc, 2001.
- [5]. Putra, D., *Sistem Biometrika*, ANDI, Yogyakarta, 2009.
- [6]. Putra, D., "*Pengolahan Citra Digital*", ANDI, Yogyakarta, 2010.
- [7]. Hartanto, Antonius., "*Pengenalan Citra Iris Mata Menggunakan Alihragam Wavelet Daubechies Orde 4*", Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2012.
- [8]. Santo, Febry., "*Pengenalan Iris Mata dengan Menggunakan Metode Pencirian Independent Components Analysis (ICA) dan Jarak Minkowski*", Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2014
- [9]. Setiawan, T. A., "*Pengaruh Dekomposisi dan Jumlah Sample Tersimpan pada Pengenalan Iris Mata Orang Indonesia Menggunakan Alihragam Wavelet Haar*", Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2010.
- [10]. Rahmawati, Indah, "*Pemampatan Citra Digital dengan Wavelet Paket*", Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2007.