

APLIKASI PENGENALAN SELAPUT PELANGI (*IRIS*) MENGGUNAKAN TRANSFORMASI *HAAR WAVELET*

I Gede Arta Wibawa

Program Studi Teknik Informatika,
Jurusan Ilmu Komputer,
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana
Email : gede.arta@cs.unud.ac.id

ABSTRAK

Sistem pengenalan biometrik merupakan sistem pengenalan pola yang menggunakan karakteristik fisiologis atau karakteristik perilaku untuk mengenali identitas seseorang. Berdasarkan sudut pandang aplikasi, sistem pengenalan biometrik dapat dibangun dalam modus verifikasi atau identifikasi. Selaput pelangi (*iris*) merupakan salah satu karakteristik fisiologis yang paling berpotensi digunakan dalam sistem pengenalan biometrik. Kerumitan, keunikan, dan kestabilan karakteristik tekstur acak yang dimiliki *iris* dapat digunakan sebagai salah satu paspor hidup untuk pengenalan individu yang disarankan oleh *ophthalmologists*.

Pada penelitian ini dibangun sistem verifikasi citra *iris* yang digunakan untuk melakukan validasi identitas seseorang dengan membandingkan dua *iris template*. Keputusan verifikasi yang dihasilkan didasarkan pada *match threshold* yang digunakan. Untuk mengekstraksi pola *iris* yang akan dijadikan karakteristik dari suatu *iris* dapat dilakukan dengan berbagai metode yang sebagian besar didasarkan pada dekomposisi *band pass* citra *iris*. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah transformasi *Haar wavelet*. Metode tersebut diaplikasikan pada citra *iris* yang telah dinormalisasi ke koordinat polar. *Iris template* yang dihasilkan dibentuk dari kombinasi koefisien detail HL5, LH5, dan HH5.

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan *iris template* yang dibentuk dari kombinasi HL5 – HH5 menghasilkan keputusan verifikasi yang lebih akurat dengan persentase FNMR dan FMR sebesar 6,67%.

Kata Kunci : Verifikasi Citra Iris, Transformasi *Haar Wavelet*, *Iris Template*, *Match Threshold*, FNMR, FMR

1. Pendahuluan

Biometrik menggunakan karakteristik fisiologis atau karakteristik perilaku untuk mengenali identitas seseorang. Biometrik dapat diaplikasikan pada kontrol paspor, kontrol *login* komputer, bank elektronik, ATM, kartu kredit, bandar udara, pelayanan sosial dan kesehatan .

Salah satu sistem biometrik yang paling menjanjikan adalah melalui selaput pelangi (*iris*). Penelitian di bidang ini telah banyak dilakukan dan melahirkan berbagai model pengenalan *iris*. Beberapa model tersebut di antaranya, model Daugman yang bekerja dengan filter *Gabor Wavelet* 2-D dan perhitungan uji independensi statistik; model James Greco dan David Kallenborn yang bekerja dengan menggunakan ekstraksi ciri berbasis *Fast Fourier Transform* (FFT) dan pengambilan keputusan berbasis *Hidden Markov* (Novamizanti, 2010); model Libor Masek yang bekerja dengan transformasi *Hough*, filter 1D *Log-Gabor*, dan jarak *Hamming* untuk klasifikasi *iris template* (Masek, 2003).

Transformasi *wavelet* merupakan suatu transformasi yang dapat mengkonversi data spasial menjadi domain frekuensi dan menyimpan tiap komponennya dengan skala resolusi yang sesuai. Salah satu transformasi *wavelet* yang paling sederhana adalah

transformasi *Haar Wavelet*.

Keunggulan dari transformasi ini adalah sederhana, waktu komputasi yang cepat, dan penggunaan memori yang efisien (Murty, *et al.*, 2009). Selain itu transformasi ini sangat sesuai diimplementasikan verifikasi/identifikasi pada *iris* sistem untuk pembentukan vektor karakteristik dengan ukuran paling minimum jika dibandingkan dengan transformasi *wavelet* lainnya. Hal tersebut mendasari pemilihan

metode ini untuk diimplementasikan pada tahapan ekstraksi ciri pada sistem verifikasi citra selaput pelangi (*iris*) ini. Kinerja sistem verifikasi citra *iris* yang dihasilkan dapat diketahui melalui evaluasi performansi sistem biometrik yang terdiri dari *False Nonmatch Rate* (FNMR) dan *False Match Rate* (FMR) (Dunstone and Yager, 2009:111).

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berpedoman pada *System Development Life Cycle* (SDLC). Secara umum tahapan-tahapan dalam SDLC terdiri dari definisi sistem; analisis sistem; perancangan; implementasi; pengujian; dan pemeliharaan sistem. Namun karena sistem yang dibuat hanya terbatas untuk kebutuhan analisis, maka tahapan SDLC yang akan dijalankan hanya sampai tahap implementasi.

Model Data

Pada penelitian ini, proses akuisisi citra tidak dilakukan secara langsung. Citra yang digunakan diunduh dari situs penyedia *database* biometrik CASIA untuk menghindari kualitas citra yang buruk akibat resolusi kamera yang tidak memadai. *Database* yang digunakan adalah CASIA versi 1.0 yang terdiri dari 756 citra mata *grayscale* yang berasal dari 108 subjek orang Asia. Format citra mata pada *database* tersebut adalah *.bmp* berukuran 320×280 *pixel*. Citra mata tersebut digunakan untuk tahap pelatihan dan verifikasi.

Citra mata yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari 45 individu. Untuk 15 individu, masing-masing dilakukan sebanyak lima kali pengambilan citra yang terdiri dari 3 citra latih dan 2 citra uji. Sehingga total citra yang diperoleh dari 15 individu adalah 45 citra latih dan 30 citra uji. Sedangkan untuk 30 orang lainnya hanya dilakukan sebanyak satu kali pengambilan citra. Citra ini digunakan sebagai citra uji yang

tidak terdaftar (*non-register*). Total keseluruhan citra yang digunakan pada penelitian ini adalah 45 citra latih dan 60 citra uji.

Perancangan

Pada tahap ini dilakukan perancangan dari ketiga tahap yang ada pada sistem, yakni tahap *pre-processing*, tahap pelatihan, dan tahap verifikasi. Rancangan yang dibuat terdiri dari rancangan *input-output*, rancangan alur proses yang digambarkan dengan diagram alir (*flowchart*), dan rancangan *user interface* sistem. Tujuan dibuatnya perancangan ini adalah untuk membuat kerangka dasar yang dijadikan sebagai acuan dalam pemrograman sistem yang hendak dibangun.

Rancangan Tahap Pre-Processing

Tahap *pre-processing* bertujuan untuk menghasilkan *iris template* berupa vektor ciri *iris* yang nantinya akan disimpan pada *database*. *Iris template* ini akan digunakan pada tahap pelatihan dan verifikasi. *Iris template* yang dihasilkan akan disimpan pada dua *database*. Proses-proses yang terdapat pada tahap ini adalah segmentasi citra *iris* dan ekstraksi ciri. Segmentasi citra *iris* menggunakan transformasi *Hough* lingkaran dan *Daugman's Rubber Sheet Model* untuk menghasilkan wilayah *iris*. Ekstraksi ciri menggunakan transformasi *Haar Wavelet* dan skema pengkodean biner 4-level untuk menghasilkan *iris template*

Rancangan Alur Proses Segmentasi Citra Iris

Penelitian ini dimulai dengan melakukan deteksi tepi *Canny* dan transformasi *Hough* lingkaran. Deteksi tepi *Canny* digunakan untuk memperoleh *pixel-pixel* tepi pada citra. *Pixel-pixel* tepi ini selanjutnya diproses dengan menggunakan transformasi *Hough* lingkaran untuk menemukan daerah lingkaran *pupil* dan *iris*. Pada penelitian ini, radius *pupil* yang digunakan berkisar

antara 30 – 50 *pixel*. Sedangkan radius *iris* yang digunakan berkisar antara 90 – 110 *pixel*. Hasil dari transformasi *Hough* lingkaran pada *pixel-pixel* tepi citra mata menghasilkan daerah *pupil* (radius dan titik pusat *pupil*) dan daerah *iris* (radius dan titik pusat *iris*). Radius dan titik pusat dari *pupil* dan *iris* yang telah ditemukan digunakan untuk melakukan normalisasi daerah lingkaran *iris* ke koordinat polar. *Daugman's rubber sheet model* digunakan untuk menormalisasi daerah lingkaran *iris* menjadi citra berkoordinat polar. Normalisasi dilakukan dengan memetakan ulang setiap titik pada area *iris* (koordinat kartesian) ke dalam koordinat polar. Berdasarkan jangkauan nilai radius *pupil* dan *iris* yang digunakan, maka citra hasil proses segmentasi dinormalisasi ke dalam ukuran 512×64 *pixel*.

Rancangan Alur Proses Ekstraksi Ciri

Metode ekstraksi ciri yang digunakan dalam penelitian ini adalah transformasi *Haar wavelet*. Transformasi pada citra *iris* ternormalisasi dilakukan dengan melakukan dekomposisi baris dan kolom sebanyak lima *level*.

Pada setiap proses dekomposisi baik baris maupun 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*). Transformasi *Haar wavelet* lima *level* pada citra berukuran 512×64 *pixel* akan menghasilkan empat *sub-image* yang masing-masing berukuran 16×2 *pixel*.

Pembentukan vektor ciri dilakukan dengan mengkombinasikan komponen-komponen detil citra, yakni HL5, LH5, dan HH5. Hal ini dikarenakan komponen-komponen yang dihasilkan pada *level* akhir berukuran paling kecil. Sehingga pola yang dihasilkan paling

berbeda dengan empat level sebelumnya. Dari ketiga bagian komponen detail tersebut dihasilkan tiga kombinasi vektor ciri, yakni HL5 – HH5, LH5 – HH5, dan HL5 – LH5. Masing-masing vektor ciri tersebut mengandung 64 elemen. Vektor ciri yang dihasilkan diubah menjadi vektor *boolean* dengan menggunakan skema pengkodean biner 4-level (00, 01, 10, 11). Vektor ciri yang telah dikuantisasi mengandung 128 elemen dan disimpan sebagai *iris template*.

Rancangan User Interface Tahap Pre-Processing

Pada tahap *pre-processing*, dilakukan pengolahan citra mata latih untuk memperoleh *iris template* yang akan digunakan pada tahap selanjutnya, yakni tahap pelatihan. Secara umum, langkah-langkah untuk memperoleh *iris template* adalah pemilihan citra mata latih yang akan digunakan, segmentasi citra *iris* (pendeteksian wilayah *pupil* dan *iris*, normalisasi citra *iris* ke koordinat polar), dan ekstraksi ciri. Setelah *iris template* dihasilkan, langkah berikutnya adalah penyimpanan *iris template*. Proses penyimpanan ini bertujuan untuk mempermudah penghitungan *match threshold* pada tahap pelatihan.

Rancangan Tahap Pelatihan

Tahap pelatihan bertujuan untuk memperoleh skor kemiripan antara dua *iris template* yang berasal dari individu yang sama. *Match threshold* akan ditentukan berdasarkan nilai maksimum skor kemiripan yang dihasilkan dari penghitungan jarak *Hamming*.

Rancangan Alur Proses Bagian Verifikasi

input berupa citra uji akan diproses menyerupai tahap *pre-processing* untuk menghasilkan vektor ciri yang akan dibandingkan dengan *iris template* yang dipilih. Skor kemiripan antara vektor ciri dari citra uji dan *iris template* dihitung dengan menggunakan penghitungan jarak *Hamming* yang prosesnya sama dengan

penghitungan pada tahap pelatihan. Hasilnya akan dibandingkan dengan *match threshold* yang dihasilkan berdasarkan tahap pelatihan. Keputusan citra uji dan *iris template* berasal dari individu yang sama dihasilkan jika skor kemiripan bernilai sama atau kurang dari *match threshold*. Sebaliknya, jika skor kemiripan bernilai lebih dari *match threshold* maka citra uji dan *iris template* berasal dari individu yang berbeda.

Rancangan Alur Proses Bagian Evaluasi

Bagian evaluasi bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem verifikasi berdasarkan keputusan hasil verifikasi. Evaluasi yang dilakukan meliputi penghitungan nilai FNMR pada hasil verifikasi *intra-class* dan penghitungan nilai FMR pada hasil verifikasi *inter-class*. Selain itu bagian evaluasi juga dapat digunakan untuk menyimpan hasil verifikasi yang telah dilakukan dalam format *text file*.

Implementasi

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, implementasi sistem verifikasi citra selaput pelangi (*iris*) ini akan terdiri dari implementasi tahap *pre-processing*, implementasi tahap pelatihan, dan implementasi tahap verifikasi. Implementasi tahap verifikasi dibagi lagi ke dalam dua bagian, yang terdiri dari bagian verifikasi dan bagian evaluasi. Implementasi tersebut akan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic.NET yang tersedia pada aplikasi Microsoft Visual Studio 2008. Sedangkan *database* yang akan digunakan untuk menyimpan *iris template* yang dihasilkan pada tahap *pre-processing* adalah Microsoft Access.

3. Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *black-box*. Pengujian ini merupakan

pengujian yang mengabaikan mekanisme internal sistem dan hanya memfokuskan pada keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi pemenuhan kebutuhan fungsional sistem.

Berdasarkan kebutuhan fungsional sistem yang telah dijabarkan sebelumnya, maka pengujian yang akan dilakukan meliputi :

1. Pengujian tahap *pre-processing*, yang terdiri dari pengujian segmentasi citra *iris* dan ekstraksi ciri.
2. Pengujian tahap pelatihan.
3. Pengujian tahap verifikasi, yang terdiri dari verifikasi *intra-class* dan verifikasi *inter-class*.

Pengujian Tahap Pre-Processing

Pengujian pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan citra mata latih yang berasal dari 15 individu dengan masing-masing individu memiliki 3 citra latih. Komposisi citra latih dibagi lagi berdasarkan sesi pengambilannya, yakni 2 citra diambil pada sesi pertama dan 1 citra pada sesi kedua. Total citra yang digunakan pada tahap ini adalah 45 citra mata latih.

Table Citra Mata Latih

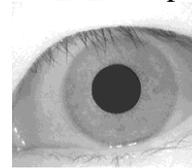
No.	Citra Mata Latih	Sesi I	Sesi II
1	001	001_1_1.bmp 001_1_2.bmp	001_2_1.bmp
2	009	009_1_1.bmp 009_1_2.bmp	009_2_1.bmp
3	014	014_1_1.bmp 014_1_2.bmp	014_2_1.bmp
4	016	016_1_1.bmp 016_1_2.bmp	016_2_1.bmp
5	028	028_1_1.bmp 028_1_2.bmp	028_2_1.bmp
6	032	032_1_1.bmp 032_1_2.bmp	032_2_1.bmp
7	033	033_1_1.bmp 033_1_2.bmp	033_2_1.bmp
8	034	034_1_1.bmp 034_1_2.bmp	034_2_1.bmp
9	043	043_1_1.bmp 043_1_2.bmp	043_2_1.bmp
10	053	053_1_1.bmp 053_1_2.bmp	053_2_1.bmp

11	060	060_1_1.bmp 060_1_2.bmp	060_2_1.bmp
12	065	065_1_1.bmp 065_1_2.bmp	065_2_1.bmp
13	075	075_1_1.bmp 075_1_2.bmp	075_2_1.bmp
14	085	085_1_1.bmp 085_1_2.bmp	085_2_1.bmp
15	092	092_1_1.bmp 092_1_2.bmp	092_2_1.bmp

Pengujian dilakukan terhadap dua proses utama yang dilakukan pada tahap *pre-processing*, yakni proses segmentasi citra *iris* dan ekstraksi ciri. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah kedua proses tersebut dapat menghasilkan *output* yang sesuai.

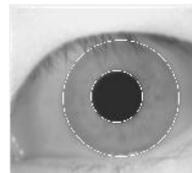
Pengujian Segmentasi Citra Iris

1. Fungsi : menghasilkan citra *iris* yang telah dinormalisasi ke koordinat polar.
2. Prosedur pengujian :
 - a. Pemilihan citra mata yang digunakan
Nama citra : 009_1_1.bmp



Gambar Citra Mata Latih yang Dipilih

- b. Pendeteksian wilayah *pupil* dan *iris*



Gambar Hasil Deteksi Wilayah *Pupil* dan *Iris*

- c. Normalisasi citra *iris*



Gambar Hasil Normalisasi Citra *Iris*

3. Hasil yang diharapkan : bagian *iris* dapat dipisahkan dari citra mata dan diperoleh citra *iris* yang ternormalisasi.

4. Hasil yang diperoleh : bagian *iris* dapat dipisahkan dari citra mata dan diperoleh citra *iris* yang ternormalisasi.
5. Kesimpulan : proses segmentasi citra *iris* telah dilakukan dengan benar

Pengujian Ekstraksi Ciri

1. Fungsi : menghasilkan *iris template* yang disimpan ke *database*.
2. Prosedur pengujian :
 - a. Pemilihan kombinasi vektor ciri yang digunakan untuk membentuk *iris template*.

Kombinasi vektor ciri : HL5 – HH5

- b. Ekstraksi ciri

Iris template :

```
101001100101011001100101101010010
101010101101001010110101001011010
100101010101011010011001101010011
00110010101011001010101100110
```

- c. Penyimpanan *iris template*

Nama *iris template* : 009_1_1

3. Hasil yang diharapkan : *iris template* dapat dihasilkan dan disimpan ke *database*.
4. Hasil yang diperoleh : *iris template* dapat dihasilkan dan disimpan ke *database*.
5. Kesimpulan : proses ekstraksi ciri telah dilakukan dengan benar.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap proses segmentasi citra *iris* dan ekstraksi ciri, dapat disimpulkan bahwa kedua proses tersebut telah dapat dilakukan dengan benar. Hasil akhir yang diharapkan berupa *iris template* yang tersimpan di *database* pun dapat diperoleh. Jumlah total *iris template* yang dihasilkan pada pengujian aplikasi tahap *pre-processing* adalah 135 *iris template*. Pada citra mata sesi I, diperoleh 30 *iris template* untuk setiap kombinasi vektor ciri. Sedangkan pada citra mata sesi II, diperoleh 15 *iris template* untuk setiap kombinasi vektor ciri.

Pengujian Tahap Pelatihan

Pengujian pada tahap pelatihan dilakukan dengan menggunakan data citra mata yang sama dengan yang digunakan pada tahap *pre-processing*.

1. Fungsi : menghasilkan nilai *match threshold*.
2. Prosedur pengujian :
 - a. Pemilihan kombinasi vektor ciri yang digunakan.
Kombinasi vektor ciri : HL5 – HH5
 - b. Pemilihan ID *iris template* yang akan dilatih.
 - c. Pelatihan dan penentuan nilai *match threshold*
3. Hasil yang diharapkan : pelatihan dapat menghasilkan nilai *match threshold*.
4. Hasil yang diperoleh : pelatihan dapat menghasilkan nilai *match threshold*.
5. Kesimpulan : tahap pelatihan telah dilakukan dengan benar.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada tahap pelatihan, dapat disimpulkan bahwa tahap ini telah mampu menghasilkan nilai *match threshold* berdasarkan kombinasi vektor ciri yang digunakan untuk pelatihan. Dari 30 kali perbandingan *intra-class* yang dilakukan antara *Iris Template I* dan *Iris Template II* pada masing-masing kombinasi vektor ciri diperoleh tiga nilai *match threshold*.

Tabel Nilai *Match Threshold* Hasil Tahap Pelatihan

Kombinasi Vektor Ciri	<i>Match Threshold</i>
HL5 – HH5	0,3594
LH5 – HH5	0,3828
HL5 – LH5	0,3672

Pengujian Tahap Verifikasi

Asumsi awal yang digunakan pada setiap *sample* adalah mendukung H_0 , yang berarti antara *sample* yang akan diujikan dan *iris template* yang diklaim sebagai identitasnya diasumsikan memiliki kemiripan/cocok. Citra mata uji yang digunakan pada tahap berasal dari 45

individu yang terdiri dari 15 individu yang telah terdaftar (telah melalui tahap *pre-processing*) dan 30 individu yang tidak terdaftar (tidak melalui tahap *pre-processing*). Setiap individu yang telah terdaftar memiliki 2 citra mata uji yang diambil pada sesi yang berbeda. Citra mata ini berbeda dengan citra mata yang digunakan pada saat pendaftaran (tahap *pre-processing*). Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem mampu mengenali citra tersebut atau tidak. Sedangkan untuk setiap individu yang tidak terdaftar hanya memiliki 1 citra mata uji. Total citra yang digunakan pada tahap verifikasi adalah 60 citra mata uji.

14	057	057_2_4.bmp	29	057	057_2_4.bmp
15	045	045_2_3.bmp	30	045	045_2_3.bmp

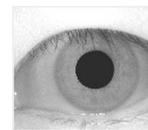
Berikut ini merupakan pengujian aplikasi yang dilakukan pada bagian verifikasi untuk mengetahui verifikasi dapat dijalankan dengan benar atau tidak.

1. Fungsi : melakukan verifikasi untuk menentukan dua citra *iris* yang dibandingkan berasal dari individu yang sama atau tidak sesuai dengan nilai *match threshold* yang digunakan.

2. Prosedur pengujian :

a. Pemilihan citra mata yang digunakan

Nama citra : 009_1_3.bmp



Gambar Citra Mata Uji yang Dipilih

b. Pemilihan kombinasi vektor ciri yang digunakan untuk membentuk *iris template*

Kombinasi vektor ciri : HL5 – HH5

c. Ekstraksi ciri

Iris template uji :

```
0101100101011010101010101001010
110010101100110100110101001010110
010101101001011010010110101010010
11010011010101001011001100110
```

d. Pemilihan *iris template* tersimpan yang akan dibandingkan

Nama *iris template* : 009_2_1

Iris template tersimpan :

```
0110100101011010100101100110010
101010110100110100110101010010110
011001011001101010011001011001011
00110010110101001010110010110
```

e. Verifikasi kedua *iris template*

Jarak : 0,3438

Hasil : Cocok

3. Hasil yang diharapkan : sistem menampilkan hasil verifikasi berupa jarak kedua *iris template* dan keputusan verifikasi

4. Hasil yang diperoleh : sistem menampilkan hasil verifikasi berupa

Tabel Citra Mata Uji Terdaftar

No.	Citra Mata Uji	Sesi I	Sesi II
1	001	001_1_3.bmp	001_2_3.bmp
2	009	009_1_3.bmp	009_2_3.bmp
3	014	014_1_3.bmp	014_2_3.bmp
4	016	016_1_3.bmp	016_2_3.bmp
5	028	028_1_3.bmp	028_2_3.bmp
6	032	032_1_3.bmp	032_2_3.bmp
7	033	033_1_3.bmp	033_2_3.bmp
8	034	034_1_3.bmp	034_2_3.bmp
9	043	043_1_3.bmp	043_2_3.bmp
10	053	053_1_3.bmp	053_2_3.bmp
11	060	060_1_3.bmp	060_2_3.bmp
12	065	065_1_3.bmp	065_2_3.bmp
13	075	075_1_3.bmp	075_2_3.bmp
14	085	085_1_3.bmp	085_2_3.bmp
15	092	092_1_3.bmp	092_2_3.bmp

Tabel Citra Mata Uji Tidak Terdaftar

No.	Citra Mata Uji	Nama Citra	No.	Citra Mata Uji	Nama Citra
1	003	003_2_4.bmp	16	003	003_2_4.bmp
2	005	005_2_3.bmp	17	005	005_2_3.bmp
3	004	004_2_4.bmp	18	004	004_2_4.bmp
4	006	006_2_3.bmp	19	006	006_2_3.bmp
5	007	007_2_4.bmp	20	007	007_2_4.bmp
6	015	015_2_3.bmp	21	015	015_2_3.bmp
7	018	018_2_3.bmp	22	018	018_2_3.bmp
8	045	045_2_4.bmp	23	045	045_2_4.bmp
9	023	023_2_3.bmp	24	023	023_2_3.bmp
10	047	047_2_4.bmp	25	047	047_2_4.bmp
11	026	026_2_3.bmp	26	026	026_2_3.bmp
12	056	056_2_4.bmp	27	056	056_2_4.bmp
13	030	030_2_3.bmp	28	030	030_2_3.bmp

jarak kedua *iris template* dan keputusan verifikasi

5. Kesimpulan : verifikasi telah dilakukan dengan benar

Verifikasi Intra-Class

Pada pengujian pertama ini dilakukan sebanyak 30 verifikasi untuk setiap kombinasi vektor ciri dengan menggunakan citra mata uji pada Tabel 4.9. Sehingga total verifikasi yang dilakukan adalah sebanyak 90 verifikasi. Hasil verifikasi pada pengujian ini dievaluasi dengan FNMR untuk mengetahui persentase kesalahan sistem dalam menghasilkan keputusan “tidak cocok” terhadap *iris template* yang sebenarnya telah terdaftar pada sistem. Dari tiga kombinasi vektor ciri yang digunakan dalam pengujian diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel Evaluasi Hasil *Verifikasi Intra-Class* Menggunakan FNMR

Kombinasi Vektor Ciri	FNMR
HL5 – HH5	6,67%
LH5 – HH5	3,33%
HL5 – LH5	0%

Berdasarkan table diatas dapat diketahui bahwa, vektor ciri dengan kombinasi HL5 – LH5 memiliki nilai FNMR tertinggi di antara kombinasi vektor ciri lainnya. Hal ini menunjukkan kombinasi HL5 – HH5 memiliki peluang terbesar dalam melakukan kesalahan verifikasi berupa penolakan terhadap individu yang sebenarnya telah terdaftar. Sedangkan vektor ciri dengan kombinasi HL5 – LH5 memiliki nilai FNMR terendah, bahkan mencapai 0%. Hal ini menunjukkan kombinasi vektor ciri tersebut mampu melakukan verifikasi dengan benar tanpa melakukan kesalahan verifikasi berupa penolakan terhadap individu yang sebenarnya telah terdaftar.

Verifikasi Inter-Class

Tabel Evaluasi Hasil *Verifikasi Inter-Class* Menggunakan FMR

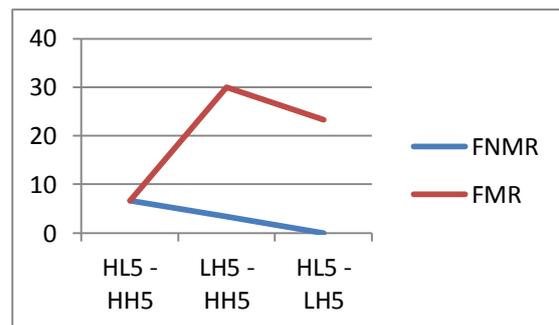
Kombinasi Vektor Ciri	FMR
HL5 – HH5	6,67%

LH5 – HH5	30%
HL5 – LH5	23,33%

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui bahwa, nilai FMR tertinggi dihasilkan oleh kombinasi vektor ciri LH5 – HH5. Hal ini menunjukkan kombinasi vektor ciri tersebut memiliki peluang terbesar untuk melakukan kesalahan verifikasi berupa penerimaan terhadap individu yang sebenarnya tidak pernah terdaftar. Sedangkan nilai FMR terendah dihasilkan oleh kombinasi vektor ciri HL5 – HH5. Hal ini menunjukkan kombinasi vektor ciri HL5 – HH5 memiliki peluang terkecil untuk melakukan kesalahan verifikasi berupa penerimaan terhadap individu yang sebenarnya tidak pernah terdaftar.

Penentuan Kombinasi Vektor Ciri

Kombinasi vektor ciri yang terbaik untuk digunakan dalam verifikasi ditentukan berdasarkan nilai FNMR dan nilai FMR. Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 dapat diperoleh grafik yang menyatakan hubungan antara nilai FNMR dan FMR. Grafik tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk menentukan kombinasi vektor ciri yang dapat digunakan untuk menghasilkan keputusan verifikasi yang terbaik.



Gambar Grafik Hubungan Nilai FNMR dan FMR pada Verifikasi *Iris*

Berdasarkan grafik pada Gambar diatas terlihat bahwa nilai FNMR dan FMR dari kombinasi vektor ciri LH5 – HH5 dan HL5 – LH5 terpisah oleh jarak yang cukup jauh. Sehingga jika salah satu dari kombinasi vektor ciri ini dipilih sebagai kombinasi vektor ciri terbaik,

maka antara hasil verifikasi *intra-class* dan *inter-class* akan mengalami ketimpangan yang cukup besar. Hal ini akan sangat berbahaya jika diterapkan pada sistem verifikasi yang nyata. Di satu sisi sistem mampu meminimumkan kesalahan verifikasi dalam menolak individu yang sebenarnya telah terdaftar. Namun di sisi lain sistem tidak mampu meminimumkan kesalahan verifikasi dalam menerima individu yang sebenarnya tidak pernah terdaftar.

Hal berbeda terjadi jika kombinasi vektor ciri HL5 – HH5 dipilih sebagai kombinasi vektor ciri terbaik. Dari grafik terlihat bahwa nilai FNMR dan FMR dari kombinasi vektor ciri tersebut bertemu pada satu titik. Keadaan ini disebut *equal error rate* (EER), yaitu suatu keadaan di mana nilai FNMR sama dengan nilai FMR. Kedua nilai tersebut bertemu pada nilai 6,67% dan jika dibandingkan dengan dua kombinasi vektor ciri lainnya nilai ini termasuk cukup rendah. Sehingga kombinasi vektor ciri HL5 – HH5 mampu meminimumkan kesalahan verifikasi baik dalam hal menolak individu yang sebenarnya telah terdaftar maupun dalam hal menerima individu yang sebenarnya tidak pernah terdaftar. Namun satu hal yang perlu diperhatikan, EER tidak dapat dijadikan satu-satunya cara untuk memilih kombinasi vektor ciri. Karena EER tidak selalu berada pada nilai yang rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang telah diperoleh, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yakni

1. Ekstraksi ciri dengan transformasi *Haar Wavelet* pada sistem verifikasi citra selaput pelangi (*iris*) diimplementasikan dengan terlebih dahulu melakukan normalisasi ke koordinat polar terhadap citra *iris* tersegmentasi. Citra hasil normalisasi didekomposisi terhadap baris dan kolom sebanyak lima level.

Dekomposisi citra tersebut menghasilkan koefisien aproksimasi (LL5) dan koefisien detil (HL5, LH5, HH5). Pembentukan *iris template* dilakukan dengan mengkombinasikan nilai-nilai koefisien detil. Kombinasi vektor ciri yang digunakan adalah HL5 – HH5, LH5 – HH5, dan HL5 – LH5. Vektor ciri yang dihasilkan diubah menjadi vektor *boolean* dengan menggunakan skema pengkodean biner 4-level (00, 01, 10, 11). Hasil pengkodean biner digunakan sebagai *iris template*.

2. Verifikasi citra *iris* dengan menggunakan kombinasi vektor ciri HL5 – HH5 menghasilkan performansi verifikasi terbaik berdasarkan hasil evaluasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12. Verifikasi yang dilakukan menghasilkan rata-rata tingkat kesalahan terendah dengan persentase FNMR dan FMR berada pada nilai yang sama, yakni 6,67%.

5. Saran

Adapun beberapa saran yang penulis harapkan dapat berguna untuk mendukung penelitian-penelitian selanjutnya, di antaranya :

1. Proses akuisisi citra diharapkan dapat dilakukan secara langsung dengan peralatan akuisisi seperti kamera sehingga dapat diketahui apakah metode yang digunakan dapat melakukan pengenalan *iris* baik verifikasi maupun identifikasi secara *real*.
2. Penggunaan metode lain untuk mendeteksi wilayah *pupil* dan *iris* yang memiliki kinerja lebih baik terutama dalam hal waktu komputasi agar pendeteksian dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat.
3. Pembentukan vektor ciri dengan menggunakan kombinasi yang lebih beragam maupun metode lain untuk memperoleh kombinasi vektor ciri yang menghasilkan keputusan verifikasi dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Arvacheh, Ehsan M.. 2006. *A Study of Segmentation and Normalization for Iris Recognition Systems. Thesis. University of Waterloo, Ontario Canada. Not published.*
- Daouk, C. H., L. A. El-Esber, F.D. Kammoun and M. A. Al Alaoui. 2002. "Iris Recognition". *IEEE ISSPIT*, p.558-562.
- Daugman, John. 2004. "How Iris Recognition Works". *IEEE Trans, Circuit and Syst for Video Tech.*, 14(1), p.1-10.
- Dunstone, Ted and Neil Yager. 2009. *Biometric System and Data Analysis: Design, Evaluation, and Data Mining.* New York: Springer.
- Gonzalez, Rafael C., Richard E. Woods, and Steven L. Eddins. 2004. *Digital Image Processing Using MATLAB.* New York: Dorling Kindersley.
- Jain, Anil K., Arun Ross and Salil Prabhakar. 2004. "An Introduction to Biometric Recognition". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 14(1), p.4-20.
- Karmilasari dan Tri Putriyati Permata. 2009. *Segmentasi Iris Mata Menggunakan Metode Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi.* Artikel. Tidak diterbitkan.
- Masek, Libor. 2003. *Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification. Thesis. School of Computer Science and Software Engineering, The University of Western Australia. Not published.*
- Merloti, Paulo Eduardo. 2004. *Experiments on Human Iris Recognition using Error Backpropagation Artificial Neural Network. Final Project. San Diego State University Computer Science Departement. Not published.*
- Murty, Patnala S. R. Chandra, E. Sreenivasa Reddy and I. Ramesh Babu. 2009. "Iris Recognition System Using Fractal Dimensions of Haar Patterns". *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* 2(3), p.75-84.
- Novamizanti, Ledy. 2010. "Identifikasi Pola Iris Mata Menggunakan Dekomposisi Transformasi Haar Wavelet". *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika 2010*, hal.75-80.
- Omy Y., Ronald, Achmad Rizal dan M. Ary Murti, dkk. 2008. "Pengenalan Identitas Manusia melalui Pola Iris Mata Menggunakan Transformasi Wavelet dan Mahalanobis Distance". *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika 2008*, hal.316-320.
- Pedersen, Simon Just Kjeldgaard. 2007. *Circular Hough Transform. Aalborg University, Vision, Graphics, and Interactive Systems. Not published.*
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital.* Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Ray, Ajoy K., Tinku Acharya. 2004. *Information Technology: Principles and Applications.* New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.
- Revenkar, P. S., Anisa Anjum and W. Z. Gandhare. 2010. "Secure Iris Authentication Using Visual Cryptography". *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)* 7(3), p.217-220.
- Zhai, Yikui, Junying Zeng, Junying Gan and Ying Xu. 2009. "A Study of BPR based Iris Recognition Method". *Proceedings of the 2009 International Symposium on Information Processing (ISIP'09)*, p.71-74.
- Zuniga, Alvaro M. Gomez. 2008. "A Fast and Robust Approach for Iris Segmentation". *Il Simposio Peruano de Computacion Grafica y Procesamiento de Imagenes, SCGI-2008*, p.1-10.