

IDENTIFIKASI IRIS DENGAN SNAKE MODEL-PSO DAN GABOR 2-D

I Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi

Program Studi Teknik Informatika, STMIK STIKOM Indonesia
Denpasar, Indonesia

e-mail: diatri.indradewi@stiki-indonesia.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dibangun sistem identifikasi biometrik iris dengan menggunakan metode Snake Model-PSO dan Gabor 2-D. Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari akuisisi citra, *pre-processing*, segmentasi, ekstraksi ciri, dan pengenalan. Metode *Snake Model-PSO* diterapkan dengan memanfaatkan koordinat titik pusat pupil yang telah ditemukan sebelumnya. Proses ekstraksi ciri dilakukan dengan menggunakan tapis *Gabor 2-D* berukuran 33×33 dan sudut orientasi bernilai 90° , 45° , 0° , dan -45° . Jumlah data referensi yang digunakan sebanyak 117 citra iris. Jumlah data uji yang digunakan sebanyak 78 citra iris. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa persentase *FMR* sebesar 3,6737% dan *FNMR* sebesar 4,2735% untuk *database* iris kiri. Persentase *FMR* dan *FNMR* untuk *database* iris kanan menghasilkan yang sama, yakni 0%. Unjuk kerja sistem berdasarkan akurasi keputusan menghasilkan persentase terbaik sebesar 91,0256% untuk *database* iris kiri dan 98,7179% untuk *database* iris kanan. Rata-rata waktu proses pada pendaftaran adalah 6,3109 detik, sedangkan pada identifikasi adalah 20,494 detik.

Kata kunci: iris, *Snake Model-PSO*, *Gabor 2-D*, *FMR*, *FNMR*

Abstract

In this research, the iris biometric identification system was developed by using the Snake Model-PSO and Gabor 2-D method. The steps taken in this research consist of image acquisition, pre-processing, segmentation, feature extraction, and introduction. The PSO-Snake Model method is applied by utilizing the coordinates of the previously discovered pupil center point. The feature extraction process is performed by using a 33×33 Gabor 2-D filter and an orientation angle of 90° , 45° , 0° , and -45° . The amount of reference data used is 117 iris images. The amount of test data used is 78 iris images. Based on the test results can be concluded that the percentage of *FMR* of 3.6737% and *FNMR* of 4.2735% for the left iris database. The percentage of *FMR* and *FNMR* for the right iris database yields the same, ie 0%. System performance based on decision accuracy yielded the best percentage of 91.0256% for left iris database and 98.7179% for right iris database. The average processing time at registration is 6.3109 seconds, while the identification is 20.494 seconds.

Keywords : iris, Snake Model-PSO, Gabor 2-D, FMR, FNMR

PENDAHULUAN

Sistem biometrik menggunakan karakteristik fisiologis atau karakteristik perilaku untuk mengenali identitas seseorang. Karakteristik fisiologis adalah ciri fisik yang relatif stabil seperti sidik jari, geometri tangan, pola iris, dan retina.

Secara umum sistem biometrik dapat dibangun sebagai sistem verifikasi atau identifikasi. Sistem verifikasi merupakan sistem biometrik yang bertujuan untuk memberi penegasan berupa penerimaan

atau penolakan terhadap identitas yang diklaim oleh seseorang. Sedangkan sistem identifikasi merupakan sistem biometrik yang bertujuan untuk mengungkap identitas seseorang (Putra, 2010).

Salah satu sistem biometrik yang paling menjanjikan adalah melalui salah satu bagian dari organ mata yaitu iris. Iris adalah daerah berbentuk gelang pada mata yang dibatasi oleh pupil (bagian pusat mata yang berwarna hitam) dan sclera (bagian putih dari mata). Kelebihan dari iris yang

menjadikannya salah satu biometrik dengan tingkat akurasi yang tinggi adalah seumur hidup tekstur iris yang dimiliki seseorang akan stabil, iris merupakan organ internal yang dapat terlihat secara eksternal, iris dari dua orang kembar identik atau iris mata kanan dan kiri dari seorang individu sangat berbeda dan tidak saling berhubungan, iris memiliki struktur fisik yang kaya dan dapat menyediakan banyak data (Tang, Han, & Zhang, 2009).

Tahap pengenalan iris yang seringkali menjadi objek penelitian adalah segmentasi iris. Salah satu metode yang sering digunakan dalam segmentasi iris adalah transformasi lingkaran Hough seperti yang dilakukan oleh Masek, yang mengkombinasikannya dengan metode deteksi tepi Canny (Masek, 2003). Namun, dengan metode tersebut terkadang akurasi wilayah pupil dan iris yang diperoleh tidak sesuai, hal ini dikarenakan kedua wilayah tersebut sebenarnya tidak berbentuk lingkaran sempurna, sedangkan transformasi lingkaran Hough menggunakan template lingkaran dengan bentuk yang sempurna untuk mencari wilayah pupil dan iris yang diasumsikan berbentuk lingkaran sempurna.

Teknik segmentasi yang memiliki kemampuan beradaptasi dengan solusi target adalah *active contour* atau sering disebut pula dengan istilah *snake model*. Pada teknik ini, suatu *active contour* (*snake*) yang terdiri dari himpunan titik koordinat akan mengitari fitur target (fitur yang akan diekstraksi). Cara kerjanya bisa dianalogikan seperti menemukan suatu bentuk dengan menggunakan balon, dalam hal ini balon akan melingkupi bentuk yang akan dicari. Udara di dalam balon kemudian dikeluarkan sedikit-demi sedikit hingga ukuran balon akan menyusut. Penyusutan pada balon akan berhenti pada saat ukuran balon telah sesuai dengan bentuk yang dicari. Dari ilustrasi tersebut dapat diketahui bahwa pencarian solusi dengan menggunakan *snake model* diekspresikan dengan proses meminimumkan fungsi tujuan (Nixon & Aguado, 2008). Namun, terdapat kelemahan dari *snake model* ini, yakni *snakes* seringkali terjebak pada keadaan

minimum lokal sehingga akan mempengaruhi solusi yang dihasilkan. *Particle swarm optimization* (PSO) merupakan teknik optimasi yang didasarkan pada perilaku sosial kawanan burung. Teknik ini diharapkan mampu mengatasi kelemahan dari *snake model* dengan cara mengoptimasi proses meminimumkan fungsi tujuan dalam *snake model* sehingga solusi yang dihasilkan dapat lebih optimal. Pemilihan teknik PSO didasarkan pada ulasan yang dilakukan oleh Kaur dan Singh yang menyimpulkan bahwa PSO yang dikombinasikan dengan metode lain seperti PSO-*thresholding*, PSO-berbasis *fuzzy*, PSO-algoritma genetika, PSO-berbasis *wavelet*, PSO-berbasis *clustering*, PSO-berbasis *rough set*, dan PSO-berbasis jaringan syaraf tiruan akan menghasilkan pendekatan yang lebih efektif, karena pada dasarnya PSO adalah metode yang sangat tangguh (*powerful*) (Kaur & Singh, 2012).

Berdasarkan latar belakang yang telah diungkapkan tersebut, penelitian mengenai pengenalan iris ini menggunakan pendekatan berbasis *snake model* yang dioptimasi dengan PSO untuk tahapan segmentasi. Ekstraksi ciri terhadap wilayah iris yang diperoleh dari tahap segmentasi akan menggunakan filter *wavelet* Gabor 2-D karena filter ini mampu menyediakan representasi gabungan yang optimal dari sinyal dalam domain spasial dan frekuensi. Hasil dari filter Gabor akan didemodulasi dengan menggunakan *quadrature* 2-D Gabor untuk menghasilkan iris code yang merupakan informasi pembeda (fitur ciri) iris yang telah dimampatkan. Proses identifikasi dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi berbasis *nearest neighbor*, yakni metode K-NN. Metode tersebut telah terbukti sebagai algoritma pengenalan yang sederhana dan tangguh, dengan aturan keputusan yang memiliki kinerja yang baik mengingat bahwa tidak tersedia pengetahuan eksplisit dari data (Choudhary, Singh, & Tiwari, 2013).

METODE

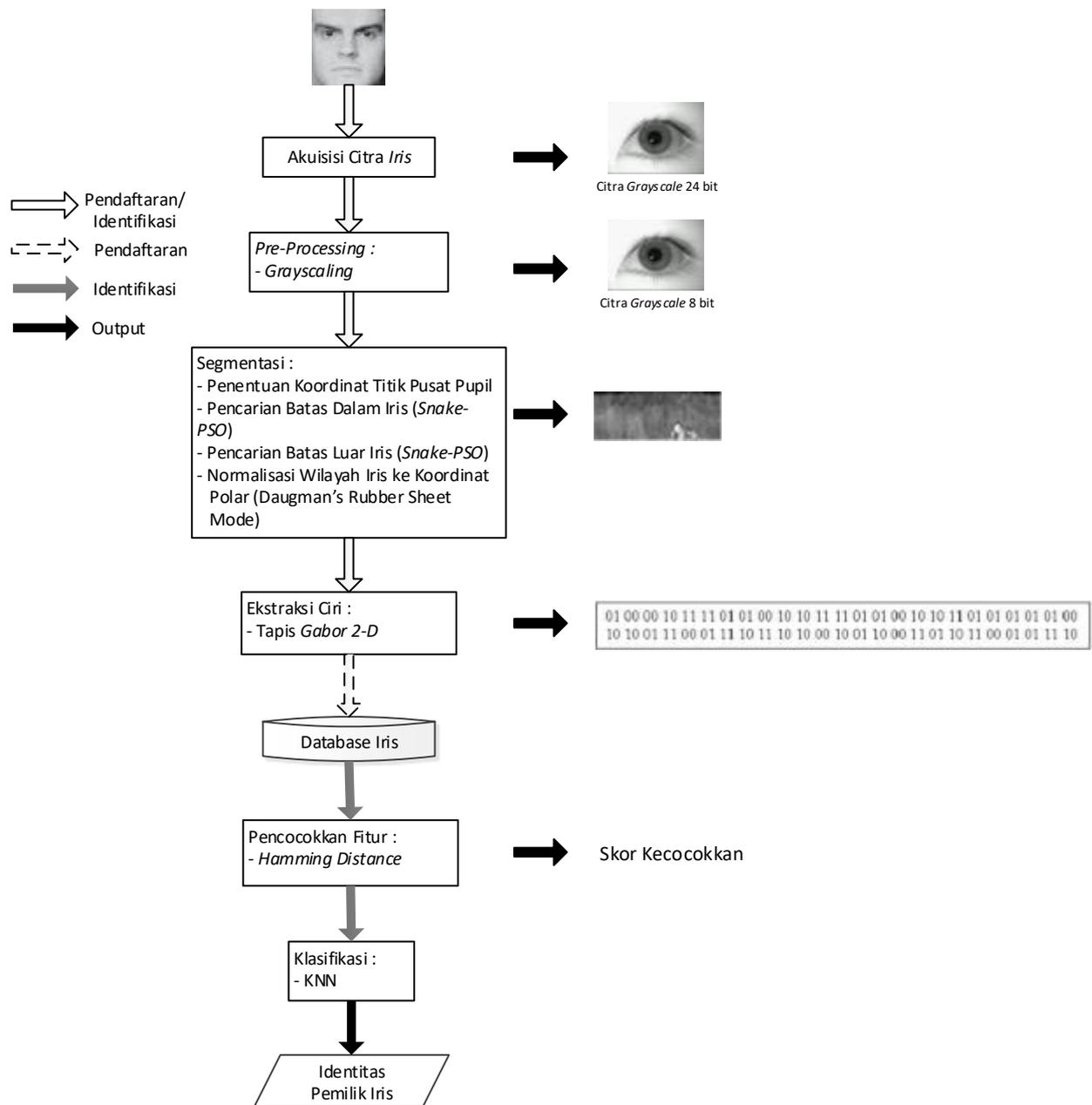
Pada penelitian ini, *data set* yang digunakan adalah MMU *Iris Database* yang dikembangkan oleh Multimedia University di Malaysia. *Data set* ini terdiri dari 450 citra

iris dengan setiap subjek memiliki 2 kelompok citra *iris* yang berasal dari iris kanan dan kiri. Masing-masing *iris* kanan dan kiri menghasilkan 5 citra *iris*. Seluruh citra pada data set tersebut merupakan citra *grayscale* 24 bit dengan format BMP dan

berukuran 320x240 piksel (Zeng, n.d.). Pada Gambar 1 ditampilkan beberapa contoh dari citra iris yang berasal dari MMU *Iris Database*.



Gambar 1. Citra MMU *Iris Database*



Gambar 2. Alur Kerja Sistem Identifikasi Biometrik

Alur kerja dari sistem identifikasi ini diawali dengan akuisisi citra *iris* (akuisisi tidak langsung). Citra *iris* hasil akuisisi merupakan citra *grayscale* 24 bit. Untuk mempermudah pemrosesan selanjutnya, citra *iris* melalui tahapan *pre-processing* untuk mengubahnya menjadi citra *grayscale* 8 bit berdasarkan nilai rata-rata dari ketiga *channel* warna dengan bobot *channel red*, *green*, dan *blue* berturut-turut adalah 0,2989; 0,5870; 0,1140. Ketiga bobot didasarkan pada fungsi *rgb2gray* pada MATLAB. Citra hasil dari tahap *pre-processing* selanjutnya melalui tahap segmentasi. Tahap ini terdiri dari penentuan koordinat titik pusat pupil, pencarian batas dalam *iris* dan pencarian batas luar *iris* dengan *snake-PSO*, serta normalisasi wilayah *iris* ke koordinat polar dengan *Daugman's rubber sheet model*. Citra *iris* ternormalisasi selanjutnya diproses melalui ekstraksi ciri dengan tapis Gabor 2-D untuk menghasilkan *iris code*. *Iris code* inilah yang digunakan dalam tahap identifikasi untuk mengetahui identitas citra *iris* yang diuji. Gambar 2 menunjukkan alur kerja selengkapnya dari sistem identifikasi biometrik *iris*.

Proses penghitungan titik pusat pupil bertujuan untuk menghasilkan titik pusat yang digunakan pada saat inisialisasi *snake* di proses segmentasi. Lokasi titik pusat yang dihasilkan akan menentukan posisi koordinat *control points* yang akan membentuk *snake*. Pada proses penghitungan titik pusat pupil, input yang digunakan adalah citra *grayscale* 8 bit yang dihasilkan dari tahap *pre-processing*. Output yang dihasilkan dari proses ini berupa koordinat titik pusat pupil. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penghitungan titik pusat pupil adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan histogram citra yang telah dikonversi menjadi citra *grayscale*
2. Penentuan nilai *threshold* berdasarkan hasil dari langkah 1 dengan mengambil nilai tengah dari histogram citra
3. Pengambangan citra *grayscale* yang merupakan output dari proses akuisisi

citra dengan nilai *threshold* yang dihasilkan dari langkah 2

4. Penandaan komponen terhubung dengan *4-connected* untuk mengisi wilayah citra yang kosong (berongga)
5. Penerapan tapis *median* untuk mengurangi *noise* pada citra
6. Penandaan komponen terhubung dengan *8-connected* untuk menandai kandidat wilayah pupil
7. Penentuan koordinat titik pusat pupil

Batas dalam *iris* merupakan batas antara wilayah pupil dengan wilayah *iris*. Titik-titik koordinat yang merupakan batas dalam *iris* dicari dengan menggunakan *snake model-PSO*. Koordinat titik pusat pupil yang telah diperoleh digunakan untuk menentukan posisi koordinat *control points* pada inisialisasi *snake*. Output yang dihasilkan dari proses ini berupa titik-titik koordinat yang menjadi batas dalam *iris*. Batas luar *iris* merupakan batas antara wilayah *iris* dengan wilayah *sclera*. Titik-titik koordinat yang merupakan batas luar *iris* juga dicari dengan menggunakan *snake model-PSO*. Output yang dihasilkan dari proses ini berupa titik-titik koordinat yang menjadi batas luar *iris*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pencarian batas dalam dan luar *iris* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan koordinat *snake control points* dengan memanfaatkan persamaan parametrik lingkaran sebagai berikut:

$$x(t) = R \cos(t) + a \quad (1)$$

$$y(t) = R \sin(t) + b \quad (2)$$

Koordinat x dan y dicari berdasarkan parameter t , dengan jari-jari R , dan titik pusat (a,b) .

2. Penentuan nilai parameter α , β , dan γ :
 - a. Parameter α mengatur jarak antar titik pada *snake* (energi *continuity*)
 - b. Parameter β mengatur variasi titik pada *snake* (energi *curvature*)
 - c. Parameter γ mengatur kontribusi energi *image*
3. Penentuan nilai parameter *swarmSize*, *maxIter*, *inertia*, dan *corr_factor*:
 - a. Parameter *swarmSize* berkaitan dengan ukuran *swarm* (jumlah

- partikel dalam sebuah *swarm*) pada setiap *control point*
- Parameter *maxIter* berkaitan dengan jumlah maksimum iterasi yang dilakukan pada setiap *swarm*
 - Parameter *inertia* berkaitan dengan perilaku konvergen dari *PSO*
 - Parameter *corr_factor* berkaitan dengan seberapa jauh suatu partikel bergerak dalam sekali iterasi

4. Untuk setiap *control point* pada *snake*, lakukan langkah-langkah berikut:

- Inisialisasi sebuah *swarm* dan alokasikan *window* pencarian untuk *swarm* tersebut
- Tentukan nilai awal *particle velocity*
- Tentukan nilai awal *particle best value*
- Untuk setiap partikel pada *swarm*, lakukan langkah-langkah berikut:

- Perbarui posisi setiap partikel dengan menggunakan:

$$PresentX[d] + v[d] \quad (3)$$

Posisi partikel saat ini dinotasikan dengan $PresentX[d]$, dan $v[d]$ sebagai *particle velocity*.

- Hitung energi *continuity* dengan menggunakan:

$$\left| \frac{dv_s}{ds} \right|^2 = \left| \sum_{i=0}^{S-1} \|v_i - v_{i+1}\| / S - \|v_s - v_{s+1}\| \right|$$

$$= \frac{\sum_{i=0}^{S-1} \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}}{S - \sqrt{(x_s - x_{s+1})^2 + (y_s - y_{s+1})^2}} \quad (4)$$

- Hitung energi *curvature* dengan menggunakan:

$$\left| \frac{d^2v_s}{ds^2} \right|^2 = |(v_{s+1} - 2v_s + v_{s-1})|^2$$

$$= (x_{s+1} - 2x_s + x_{s-1})^2 + (y_{s+1} - 2y_s + y_{s-1})^2 \quad (5)$$

- Hitung energi *image* dengan menggunakan:

$$E_{img} = \|\nabla[G_\sigma(x, y) * I(x, y)]\|^2 \quad (6)$$

dengan, $G_\sigma(x, y)$ adalah matriks tapis *Gaussian* pada koordinat (x, y) dan $I(x, y)$ adalah matriks citra input pada koordinat (x, y) .

- Lakukan normalisasi untuk setiap nilai energi *continuity*, energi *curvature*, dan energi *image*. Nilai energi *continuity* dan *curvature* dibagi dengan nilai energi terbesar pada wilayah ketetanggaan sehingga kedua nilai energi tersebut berada pada rentang nilai $[0, 1]$. Khusus untuk energi *image* dinormalisasi dengan menggunakan:

$$location(x, y) = \frac{(min - mag(x, y))}{(max - min)} \quad (7)$$

dengan, min adalah nilai minimum gradien di wilayah *neighborhood*, max adalah nilai maksimum gradien di wilayah *neighborhood*, dan $mag(x, y)$ adalah magnitudo gradien dari *point* saat ini.

- Hitung nilai *fitness* berupa energi *snake* dengan menggunakan:

$$E_{snake}(x, y) = \alpha(s_i)E_{cont}(x, y) + \beta(s_i)E_{curv}(x, y) + \gamma(s_i)E_{img}(x, y) \quad (8)$$

- Perbarui *particle best position* dan *particle best value* berdasarkan:

$$\begin{aligned} & \text{If } current_value < PBEST[] \text{ then} \\ & PBEST[] = current_value \\ & PBESTx[d] = current_position \end{aligned} \quad (9)$$

- Temukan *global best position* pada *swarm* berdasarkan:

$$\begin{aligned} & \text{If } current_value < \\ & PBEST[GBEST] \text{ then} \\ & GBEST = particle's_array_index \end{aligned} \quad (10)$$

- Untuk setiap partikel pada *swarm*, perbarui nilai *particle velocity* dengan menggunakan:

$$\begin{aligned} V[d] &= V[d] + ACC_CONST * \\ & rand() * (PBESTx[d] - \\ & PresentX[d]) + ACC_CONST * \\ & rand() * (PBESTx[GBEST][d] - \\ & PresentX[d]) \end{aligned} \quad (11)$$

- Ulangi langkah b hingga jumlah iterasi maksimum tercapai

- Pindahkan posisi *control point* saat ini ke *global best position*

- Ulangi langkah 4 hingga jumlah maksimum iterasi tercapai atau jumlah

control point yang berpindah posisi kurang dari nilai yang ditentukan

Hasil dari pencarian batas dalam dan luar *iris* berupa himpunan titik koordinat yang selanjutnya dinormalisasi ke koordinat polar yang bertujuan untuk mengubah koordinat batas-batas *iris* dari koordinat kartesian menjadi koordinat polar. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *Daugman's rubber sheet model* (Arvacheh, n.d.). Output dari proses ini berupa *array 2-D* dengan dimensi horizontal diperoleh dari resolusi angular dan dimensi vertikal dari resolusi radial.

Proses ekstraksi ciri dilakukan dengan menggunakan tapis *Gabor 2-D*. Output yang dihasilkan dari proses ini berupa 8 *iris code* dengan panjang tertentu yang terdiri dari kombinasi angka biner. Kedelapan *iris code* tersebut terdiri dari 4 *iris code* untuk bagian *real* dengan masing-masing *iris code* dihasilkan dari θ bernilai 90° , 45° , 0° , dan -45° ; dan bagian *imaginary* dengan masing-masing *iris code* dihasilkan dari θ bernilai 90° , 45° , 0° , dan -45° . Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ekstraksi ciri adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan tapis *Gabor 2-D* dengan persamaan:

$$G(x, y, \theta, u, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right\} \exp\{2\pi \cdot i(u \cdot x \cdot \cos \theta + u \cdot y \cdot \sin \theta)\} \quad (12)$$

dengan, i bernilai $\sqrt{-1}$, u adalah frekuensi dari gelombang sinusoidal, θ adalah kontrol terhadap orientasi dari fungsi *Gabor*, σ adalah standar deviasi dari *Gaussian envelope*, dan x, y adalah koordinat dari tapis *Gabor*.

2. Wilayah iris dikonvolusi dengan tapis yang dihasilkan dari langkah 1
3. Pemisahan bagian *real* dan *imaginary* dari hasil konvolusi pada langkah 2. Pemisahan ini menghasilkan bagian *real* dan *imaginary* yang masing-masing memiliki θ bernilai 90° , 45° , 0° , dan -45° .
4. Untuk setiap bagian *real* lakukan pembentukan *iris code* dengan ketentuan berikut:

$$br = 1 \text{ if } Re[\tilde{G}[x, y, \theta, \sigma] * I] \geq 0 \quad (13)$$

$$br = 0 \text{ if } Re[\tilde{G}[x, y, \theta, \sigma] * I] < 0 \quad (14)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pencarian batas dalam *iris* dilakukan percobaan terhadap 39 individu dari 45 individu yang tersedia pada *MMU Iris Database*. Enam individu tidak dapat digunakan untuk percobaan karena titik pusat pupil tidak ditemukan. Citra yang digunakan untuk setiap individu berjumlah 10 buah yang terdiri dari 5 buah citra mata kiri dan 5 buah citra mata kanan. Total citra yang digunakan dalam percobaan ini adalah 390 buah citra. Pada Gambar 3 ditampilkan hasil percobaan dari pencarian batas dalam iris menggunakan *Snake Model-PSO*. Pada metode *Snake Model-PSO*, sebagian besar batas dalam iris ditemukan pada iterasi ke-72. Nilai parameter *snake* yang digunakan adalah $\alpha = 0,5$; $\beta = 2,2$; $\gamma = 0,5$.

Total citra yang digunakan dalam pencarian batas luar iris sama halnya dengan pencarian batas dalam iris, yakni sejumlah 390 buah citra. Pada metode *Snake Model-PSO*, sebagian besar batas luar iris ditemukan pada iterasi ke-72. Nilai parameter *snake* yang digunakan adalah $\alpha = 0,5$; $\beta = 2,2$; $\gamma = 0,5$. Pada Gambar 4 ditampilkan hasil percobaan dari pencarian batas dalam iris menggunakan *Snake Model-PSO*.

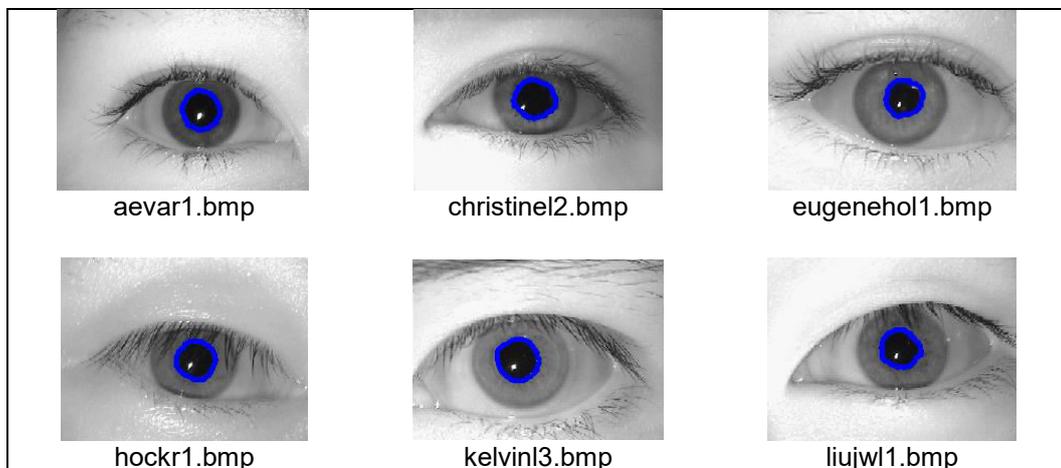
Hasil normalisasi wilayah iris ke koordinat polar ditunjukkan oleh Gambar 5. Ukuran dimensi horizontal yang digunakan adalah 50, yakni berdasarkan jumlah *control points* yang digunakan pada saat pencarian batas dalam dan luar iris, sedangkan ukuran dimensi vertikal yang digunakan adalah 20. Nilai parameter ρ berkaitan dengan dimensi vertikal (resolusi radial). Oleh karena nilai parameter ρ ditentukan berada dalam interval $[0,1]$, maka jarak antar nilai yang digunakan adalah $(1/\text{dimensi vertikal})$. Untuk nilai parameter θ menggunakan urutan posisi *control points* pada *snake*, yakni 1, 2, 3, ..., 50. Nilai parameter $x_p(\theta)$ dan $y_p(\theta)$ diperoleh dari koordinat posisi *control points* dari hasil pencarian batas dalam iris (batas pupil). Nilai parameter $x_i(\theta)$ dan $y_i(\theta)$ diperoleh dari koordinat posisi *control points* dari hasil pencarian batas luar iris (batas iris).

Iris code merupakan kode biner yang unik dan dihasilkan dari fitur *real* dan *imaginary* dari wilayah iris yang telah dinormalisasi. *Iris code* yang dihasilkan berukuran 1000 *bytes* yang dihasilkan oleh fitur iris berukuran 50×20 piksel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

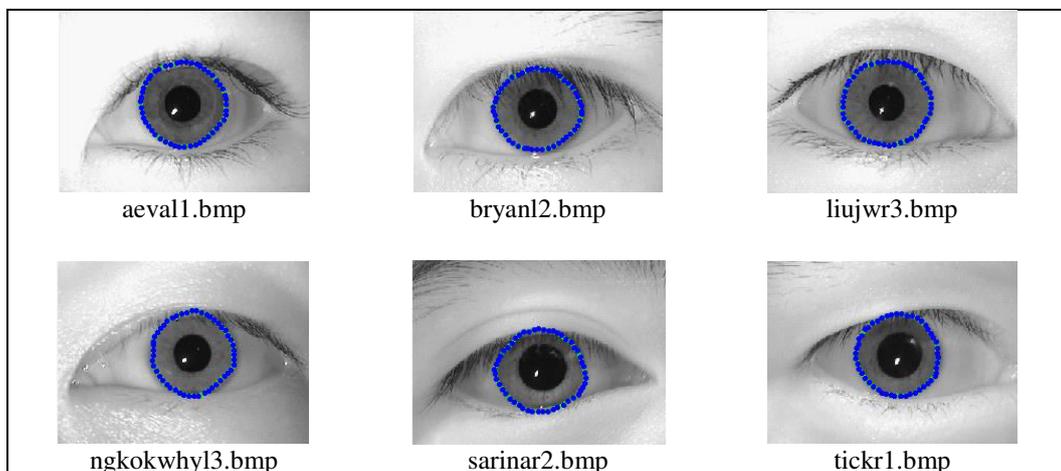
Pengujian probabilitas kesalahan pencocokkan dilakukan dengan menghitung nilai *FMR* dan *FNMR* (Dunstone & Yager, 2009). Penghitungan kedua nilai tersebut dilakukan untuk setiap kombinasi nilai θ dan jenis pergeseran bit. Jumlah data referensi yang digunakan adalah 234 *iris code* dengan komposisi jumlah data dari iris kiri dan iris kanan masing-masing adalah 117 *iris code*. Penghitungan skor kemiripan dilakukan untuk setiap kombinasi pasangan data referensi yang berjumlah

6786 penghitungan dengan komposisi 6669 penghitungan pada sampel dari pengguna yang berbeda dan 117 penghitungan pada sampel dari pengguna yang sama. Skor kemiripan antara data referensi dan data uji diperoleh dengan cara mencocokkan setiap bit data pada *iris code* referensi dengan *iris code* uji. Skor 1 akan diberikan pada setiap pasangan bit yang berbeda dan selanjutnya dari nilai total tersebut dicari nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai yang diperoleh, maka semakin tinggi kemiripannya.

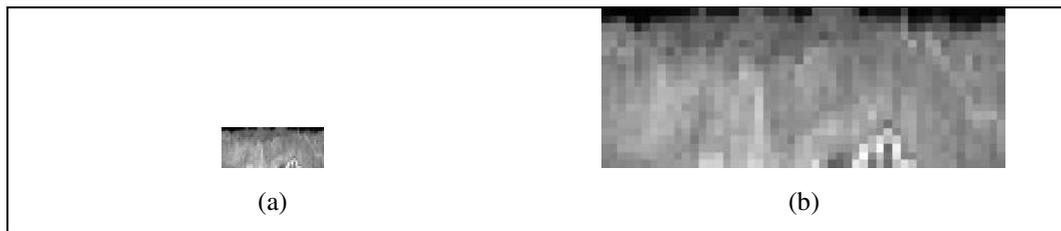
Tabel 1 menunjukkan bahwa tingkat akurasi pencocokkan tertinggi untuk iris kiri terjadi ketika sudut orientasi yang digunakan adalah -45° dan jenis pergeseran bit yang digunakan adalah *right*. Hasil tersebut



Gambar 3. Hasil Percobaan Pencarian Batas Dalam *Iris* dengan *Snake Model-PSO*



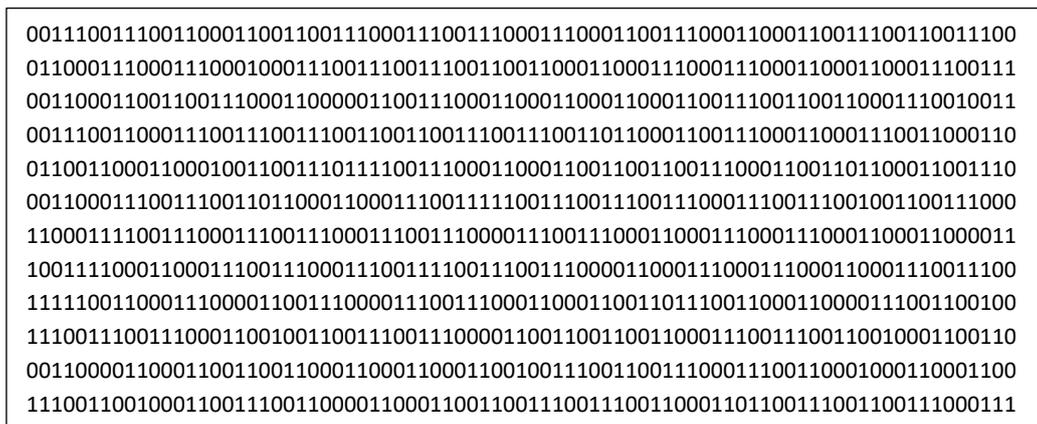
Gambar 4. Hasil Percobaan Pencarian Batas Luar *Iris* dengan *Snake Model-PSO*



Gambar 5. Normalisasi Wilayah Iris ke Koordinat Polar
 (a) Ukuran 50×20 Piksel (b) Diperbesar ke Ukuran 200×80 Piksel

menunjukkan bahwa fitur iris yang dihasilkan dengan sudut orientasi -45° pada database iris kiri dapat merepresentasikan karakteristik setiap iris dengan lebih baik dibandingkan dengan sudut orientasi 90° , 45° , dan 0° . Selain itu, jenis pergeseran bit *right* menunjukkan bahwa fitur iris uji yang dihasilkan cenderung mengalami pergeseran bit ke arah kiri. Hal ini berkaitan dengan adanya perubahan posisi mata sampel ketika proses akuisisi citra. Gambar 7 menunjukkan bahwa ketika nilai ambang (T) berada pada posisi 0,368, sistem

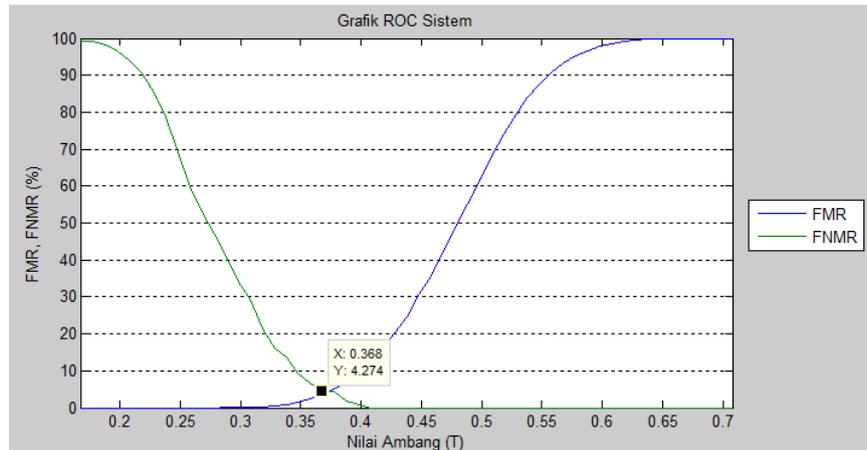
menghasilkan tingkat kesalahan minimum dengan nilai *FMR* sebesar 3,6737% dan nilai *FNMR* sebesar 4,2735% untuk pencocokan iris kiri. Hal ini berarti bahwa terdapat 3,6737% kesalahan penentuan kecocokan pada penghitungan skor kemiripan untuk sampel data latih yang berasal dari individu berbeda dan 4,2735% kesalahan penentuan ketidakcocokan pada penghitungan skor kemiripan untuk sampel data uji yang berasal dari individu yang sama.



Gambar 6. Iris Code

Tabel 1. Tingkat Akurasi Pencocokan (dalam %) Iris Kiri

θ	Jenis Pergeseran Bit		
	Tidak Ada	Kanan	Kiri
90°	69,1108	72,1098	65,0772
45°	41,9103	84,2405	29,2248
0°	10,3614	91,363	7,5574
-45°	39,1813	92,0528	44,6844



Gambar 7. Grafik ROC Sistem untuk Iris Kiri dengan $\theta = -45^\circ$ dan Jenis Pergeseran Bit = *Right*

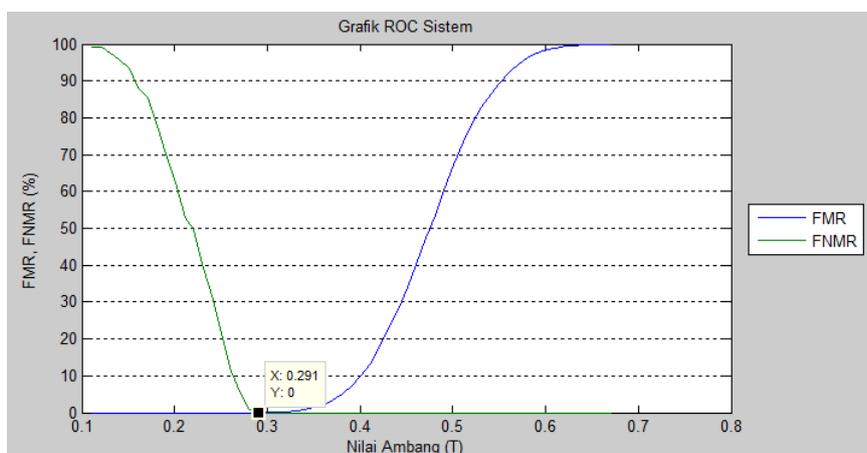
Tabel 2 menunjukkan bahwa tingkat akurasi pencocokan tertinggi untuk iris kanan terjadi ketika sudut orientasi yang digunakan adalah 45° dan jenis pergeseran bit yang digunakan adalah *right*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fitur iris yang dihasilkan dengan sudut orientasi 45° pada *database* iris kanan dapat merepresentasikan karakteristik setiap iris dengan sangat baik. Selain itu, jenis

pergeseran bit *right* menunjukkan bahwa fitur iris uji yang dihasilkan cenderung mengalami pergeseran bit ke arah kiri. Hal ini berkaitan dengan adanya perubahan posisi mata sampel ketika proses akuisisi citra.

Kedua hasil yang ditunjukkan oleh pencocokan iris kiri dan kanan menunjukkan bahwa jenis pergeseran bit memiliki pengaruh yang cukup besar dalam

Tabel 2. Tingkat Akurasi Pencocokan (dalam %) Iris Kanan

θ	Jenis Pergeseran Bit		
	Tidak Ada	Kanan	Kiri
90°	93,7472	96,7611	93,5523
45°	61,0586	100	51,9568
0°	12,3257	96,4312	15,8045
-45°	53,6962	96,6262	63,6527



Gambar 8. Grafik ROC Sistem untuk Iris Kanan dengan $\theta = -45^\circ$ dan Jenis Pergeseran Bit = *Right*

menentukan tingkat akurasi pencocokan sistem. Hal tersebut berkaitan dengan tidak adanya posisi mata standar yang ditentukan terhadap para individu yang dijadikan sebagai sampel ketika akuisisi citra sehingga terdapat kemungkinan pergeseran posisi ketika melakukan sejumlah pengambilan citra pada suatu sesi. Gambar 8 menunjukkan bahwa ketika nilai ambang (T) berada pada posisi 0,291, sistem tidak menghasilkan kesalahan penentuan kecocokan, baik untuk penghitungan skor kemiripan untuk sampel data latih yang berasal dari individu berbeda dan penghitungan skor kemiripan untuk sampel data latih yang berasal dari individu yang sama. Hal ini ditandai dengan nilai FMR dan $FNMR$ berturut-turut sebesar 0% untuk pencocokan iris kanan. Kedua hasil yang ditunjukkan oleh pencocokan iris kiri dan kanan menunjukkan bahwa pemilihan nilai ambang (T) mempengaruhi nilai FMR dan $FNMR$ dari sistem. Peningkatan nilai FMR dan $FNMR$ akan menyebabkan penurunan kinerja pencocokan sistem, sebaliknya penurunan nilai FMR dan $FNMR$ akan menyebabkan peningkatan kinerja pencocokan sistem.

Tingkat keberhasilan sistem dalam menghasilkan keputusan yang benar terhadap identitas pemilik iris diketahui melalui pengujian akurasi keputusan. Pengujian akurasi keputusan dilakukan terhadap hasil identifikasi yang dilakukan berdasarkan kombinasi nilai θ , jenis pergeseran, dan nilai K . Jumlah

keseluruhan data uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebanyak 156 citra. Jumlah data uji tersebut diperoleh dari 39 individu. Setiap individu memiliki 4 data uji dengan komposisi 2 citra iris kanan dan 2 citra iris kiri. Tabel 3 menunjukkan bahwa tingkat akurasi keputusan tertinggi untuk pengujian dengan menggunakan data uji yang dihasilkan oleh iris kiri terjadi ketika nilai K yang digunakan adalah 1 dan 3. Sedangkan pada pengujian dengan menggunakan data uji yang dihasilkan oleh iris kanan, tingkat akurasi keputusan tertinggi terjadi ketika nilai K yang digunakan adalah 1. Parameter K menunjukkan jumlah sampel pelatihan (data referensi) yang merupakan tetangga terdekat ke sampel uji (data uji). Kedua hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai K yang digunakan, maka tingkat akurasi keputusan yang dihasilkan oleh sistem dalam mengenali kepemilikan iris akan semakin rendah. Hasil tersebut dapat disebabkan oleh citra *iris* yang digunakan kurang menampilkan pola *iris* dengan detail, sehingga kemiripan *iris code* dalam beberapa bagian masih mungkin terjadi. Selain itu, semakin besar nilai K yang digunakan, maka himpunan K tetangga terdekat ke data uji akan memiliki skor kemiripan yang nilainya semakin besar dan berpeluang melebihi nilai ambang (T) yang telah ditentukan sehingga dapat mengakibatkan tidak dikenalnya identitas pemilik iris (*unknown*).

Tabel 3. Tingkat Akurasi Keputusan (%)

Database	k		
	1	3	5
Iris Kiri	91,0256	91,0256	85,8974
Iris Kanan	98,7179	96,1538	89,7436

Sistem identifikasi biometrik iris yang telah dibangun terdiri dari dua modul, yakni modul pendaftaran dan modul identifikasi. Pada pengujian waktu proses sistem, pengujian dilakukan pada kedua modul. Waktu proses yang dihasilkan untuk setiap modul merupakan waktu rata-rata dari keseluruhan proses yang dijalankan pada masing-masing modul.

Pada modul pendaftaran dilakukan pencatatan waktu proses untuk pencarian batas dalam iris, pencarian batas luar iris, dan pembentukan *iris code* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Pencatatan tersebut dilakukan untuk setiap citra iris yang digunakan sebagai data referensi maupun data uji. Rata-rata waktu proses modul pendaftaran adalah rata-rata waktu

yang dibutuhkan untuk pencarian batas dalam iris, pencarian batas luar iris, dan pembentukan *iris code* untuk setiap citra iris. Jumlah citra iris yang digunakan sebagai data referensi adalah 234 citra dengan komposisi jumlah data dari iris kiri dan iris kanan masing-masing adalah 117 citra. Jumlah citra iris yang digunakan sebagai data uji adalah 156 citra dengan komposisi jumlah data dari iris kiri dan iris kanan masing-masing adalah 78 citra. Jumlah keseluruhan citra iris yang digunakan pada modul pendaftaran adalah 390 citra.

Modul identifikasi terdiri dari dua sub modul, yakni pelatihan dan pengujian. Pada sub modul pelatihan tidak dilakukan

pencatatan waktu proses. Pada sub modul pengujian waktu proses yang dicatat adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan sekali identifikasi. Jumlah data uji yang digunakan adalah 156 *iris code* dengan komposisi jumlah data dari iris kiri dan iris kanan masing-masing adalah 78 *iris code*. Tabel 5 menunjukkan rata-rata waktu proses sub modul pengujian. Lamanya waktu proses disebabkan oleh mekanisme *K-NN* yang melakukan penghitungan skor kemiripan data uji terhadap setiap sampel yang terdapat pada data referensi. Sehingga untuk sekali identifikasi, penghitungan skor kemiripan dilakukan sebanyak 117 penghitungan.

Tabel 4. Rata-rata Waktu Proses Modul Pendaftaran (Detik)

Jenis Data	Rata-rata Waktu Proses			
	Pencarian Batas Dalam Iris	Pencarian Batas Luar Iris	Pembentukan <i>Iris Code</i>	Modul Pendaftaran
Data Referensi	3,3105	2,8614	0,0754	6,2473
Data Uji	3,3760	2,9267	0,0717	6,3744
Rata-rata waktu proses				6, 3109

Tabel 5. Rata-rata Waktu Proses Modul Pengujian (Detik)

Database	Rata-rata Waktu Proses			
	Pencarian Batas Dalam Iris	Pencarian Batas Luar Iris	Identifikasi	Sub Modul Pengujian
Iris Kiri	3,4865	2,8675	13,4091	19,7631
Iris Kanan	3,3475	2,9398	14,9375	21,2248
Rata-rata waktu proses				20,494

SIMPULAN

Sistem identifikasi ini menghasilkan persentase *FMR* sebesar 3,6737% dan *FNMR* sebesar 4,2735% untuk *database* iris kiri. Persentase *FMR* dan *FNMR* untuk *database* iris kanan menghasilkan nilai yang sama, yakni 0%. Unjuk kerja sistem berdasarkan akurasi keputusan menghasilkan persentase terbaik sebesar 91,0256% untuk *database* iris kiri dan 98,7179% untuk *database* iris kanan. Rata-rata waktu proses pada pendaftaran adalah 6,3109 detik, sedangkan pada identifikasi adalah 20,494 detik.

Adapun saran yang penulis harapkan dapat berguna untuk mendukung penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan topik identifikasi biometrik iris adalah penggunaan citra *iris* dengan detail *iris* yang lebih jelas untuk menjaga keunikan *iris code* yang dihasilkan. Selain berkaitan dengan sampel data, saran lainnya adalah mengenai penentuan nilai *FRR* (*FNMR*) dan *FAR* (*FMR*) yang digunakan pada sistem. Pada penelitian ini, tujuan sistem biometrik yang dibangun masih sebatas pengujian implementasi algoritma, sehingga penentuan nilai *FRR* (*FNMR*) dan *FAR* (*FMR*) yang digunakan

hanya mengacu pada hasil total nilai kesalahan minimum. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, penentuan kedua nilai tersebut dapat disesuaikan dengan tujuan sistem biometrik yang dibangun, apakah sebagai aplikasi keamanan tingkat tinggi, aplikasi sipil, atau aplikasi forensik. Selain itu, terkait dengan waktu proses identifikasi yang masih terhitung cukup lama untuk kebutuhan sistem biometrik, diharapkan pada penelitian-penelitian selanjutnya dapat dihasilkan metode-metode yang mampu mempersingkat waktu proses pada *Snake Model-PSO* dan juga pada mekanisme *K-NN*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvacheh, E. M. (n.d.). *A Study of Segmentation and Normalization for Iris Recognition Systems*. University of Waterloo.
- Choudhary, D., Singh, A. K., & Tiwari, S. (2013). A Statistical Approach for Iris Recognition Using K-NN Classifier. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 5(4), 46–52.
<https://doi.org/10.5815/ijigsp.2013.04.06>
- Dunstone, T., & Yager, N. (2009). *Biometric System and Data Analysis: Design, Evaluation, and Data Mining*. New York: Springer.
- Kaur, A., & Singh, M. D. (2012). An Overview of PSO- Based Approaches in Image Segmentation. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 2(8), 1349–1358.
- Masek, L. (2003). *Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification*. University of Western Australia.
- Nixon, M., & Aguado, A. (2008). *Feature Extraction & Image Processing (Second Edi)*. London: Elsevier.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*.
- Tang, R., Han, J., & Zhang, X. (2009). Efficient iris segmentation method with support vector domain description. *Optica Applicata*, 39(2), 365–374.
- Zeng, A. (n.d.). Iris Recognition. Retrieved January 1, 2018, from <http://www.cs.princeton.edu/~andyz/irisrecognition>