

SISTEM VERIFIKASI SIDIK JARI DENGAN METODE PENCOCOKAN BERBASIS BANK GABOR FILTER

A.A. K. Oka Sudana^{*)}, D.M. Wiharta^{*)}
Mahardhika Tirta^{**)}

^{*} Staf Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{**} Alumni Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

ABSTRACT

Many cases of fraud are exposed where someone, claiming to be someone else attempts to access something. This situation challenges us to create a system that is both reliable and trustworthy to verify someone's identity. A biometric system represent an automatic recognition system based on the physiological characteristics and/or behaviors of the human being. One of these biometric system is fingerprint recognition. Fingerprint verification system is a system to verify a human fingerprint according to the identity which has been claimed. Thus fingerprint image input is compared with the reference fingerprint image which has been kept in a database, according to the given identity. On this research, the Gabor Filter Bank-based Fingerprint Matching Method is used to extract the image features.

On application, one of sample image will be matched with one of the database reference image. First, before matching, the sample image features need to be calculate using the aforementioned method. The resulting matching process will find a reference image which has the shortest Euclidean distance with the sample image. This matching process will only succeed if the sample image and the reference image are from the same person. Images used in this research are fingerprint images with dimension 191 x 191 pixels. This research is looking for the successful rate and the burst time on the verification process. Result of the system testing show that Gabor Filter Bank Method can provide high enough success level i.e. 95%. The items influence success level are subject to quality of fingerprint image and accuracy to find a reference point / core point, Similarity between query image and reference image is determined by projection distance both of images, and also threshold value is used to decide whether this image is valid or not.

Keywords: biometric, verification, fingerprint, Gabor Filter Bank, image features, threshold value.

1. PENDAHULUAN

Banyaknya kasus penipuan identitas yang terjadi dengan mengklaim diri sebagai seseorang yang sah dalam mengakses sesuatu, mendorong diciptakannya suatu sistem yang handal dan dapat dipercaya dalam memverifikasi seseorang. Sistem biometrik merupakan suatu sistem pengenalan otomatis terhadap individu berdasarkan karakteristik fisiologi maupun perilakunya. Beberapa karakteristik tersebut dapat dilihat dengan mata telanjang, dan yang lainnya memerlukan suatu analisis yang mendalam. Beberapa contoh biometrik antara lain: sidik jari, suara, wajah, tandatangan, retina mata. Sidik jari adalah salah satu karakteristik yang dimiliki setiap individu, dimana sidik jari antara orang yang satu berbeda dengan orang yang lainnya. Disamping itu sidik jari manusia bersifat unik dan tidak berubah seumur hidupnya, terkecuali akibat suatu kecelakaan. Karena sifat inilah sidik jari dapat digunakan sebagai alat verifikasi maupun identifikasi *personal*.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pengenalan sidik jari, salah satunya adalah Metode Pencocokan Berbasis Bank Gabor Filter yang dibahas dalam artikel ini. Metode tersebut akan mencari fitur-fitur sidik jari berdasarkan nilai *Average*

Absolute Deviation (AAD) dari citra sidik jari. Fitur-fitur ini dikenal sebagai *fingerprintcode*.

2. METODOLOGI

Metode Bank Gabor Filter ini pada prinsipnya suatu citra sidik jari yang telah ternormalisasikan, dikonvolusi dengan 8 buah Filter Gabor dengan arah orientasi yang berbeda (0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90°, 112.5°, 135°, 157.5°). Sehingga pada akhirnya terbentuk 8 buah citra baru terfilterisasi.

Filter Gabor dari masing-masing arah orientasi dibentuk dari rumus berikut :

$$G(x, y; \theta, f) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x_{\theta}^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_{\theta}^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \cos(2\pi f x_{\theta})$$

$$x_{\theta} = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y_{\theta} = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

Dimana θ adalah arah orientasi, f adalah frekuensi gelombang cosinus, pada penelitian digunakan 0.1, σ_x dan σ_y , adalah standar deviasi dari *Gaussian Envelope*

sepanjang sumbu x dan y , pada penelitian digunakan 0.4.

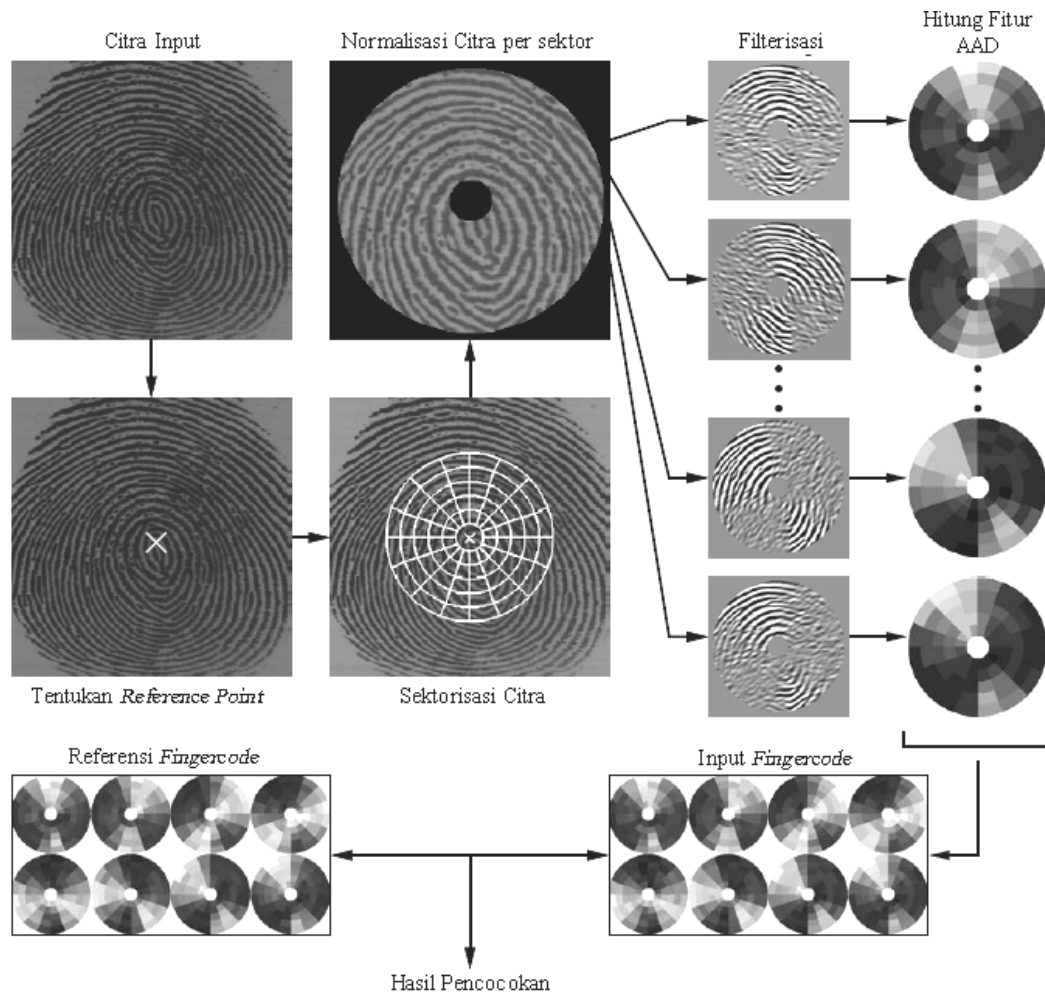
Dari 8 buah citra baru ini dihitung nilai *Absolute Average Deviation* (AAD). Nilai AAD dari masing-masing citra inilah yang disebut fitur / ciri-ciri citra sidik jari (*fingerprint*).

Nilai AAD dari masing-masing citra terfilter ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$AAD(\theta, i) = \frac{\sum_{j=1}^n |x_{(\theta, i, j)} - \mu_{(\theta, i)}|}{n}$$

Dimana $AAD(\theta, i)$ adalah nilai AAD untuk arah orientasi θ sektor ke i , n adalah jumlah elemen dalam sektor ke i , $x_{(\theta, i, j)}$ adalah intensitas warna citra pada arah orientasi θ sektor ke i posisi j , sedangkan $\mu_{(\theta, i)}$ adalah *mean* pada arah orientasi θ sektor ke i .

Ilustrasi dari proses verifikasi dengan Metode Bank Gabor Filter dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Proses Verifikasi Metode Bank Gabor Filter

Tahap Proses Verifikasi Sidik Jari

Tahap-tahap dalam proses verifikasi sidik jari dengan menggunakan Metode Pencocokan Berbasis Bank Gabor Filter adalah :

- **Akuisisi data (*data acquisition*)**
Proses ini diawali dengan pengambilan sampel sidik jari yang akan dipakai dalam sistem verifikasi, baik sidik jari acuan, pelatihan maupun

uji. Pada penelitian ini citra sidik jari diambil secara langsung menggunakan *scanner flatbed* dengan cara jari tangan diletakan di atas *scanner*.

- **Prapemrosesan (*preprocessing*)**
Pada tahap ini terdapat proses untuk membuat sidik jari yang telah diakuisisi menjadi file citra

sidik jari ternormalisasi yang siap untuk diekstraksi cirinya. Pertama citra sidik jari dicari *reference point*-nya kemudian berpusat pada titik tersebut dilakukan sektorisasi. Wilayah yang disektorisasi disebut *Region of Interest (ROI)*. Selanjutnya pada wilayah ROI ini dilakukan normalisasi intensitas warna citra tiap sektor dengan Metode Histogram untuk mendapatkan hasil intensitas warna yang lebih merata dan jelas.

- **Ekstraksi ciri (*feature extraction*)**

Ekstraksi ciri adalah tahap untuk mendapatkan ciri-ciri citra sidik jari yang dikenal sebagai *fingerprintcode*. Proses ekstraksi ciri dimulai dari proses konvolusi antara citra sidik jari yang sudah dinormalisasi dengan 8 buah Filter Gabor untuk masing-masing arah orientasi ($0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ$), sehingga dihasilkan 8 buah citra baru terfilterisasi. Dari 8 buah citra ini dicari nilai *Absolute Average Deviation (AAD)* untuk tiap sektor (perhatikan Gambar 1). Sehingga pada akhirnya dihasilkan matrik fitur berukuran 8 x jumlah sektor (pada penelitian digunakan 32, 48, dan 64 sektor).

- **Pendaftaran (*enrollment*)**

Pada proses pendaftaran digunakan 3 sampel acuan sidik jari pengguna dan 2 sampel pelatihan sidik jari pengguna. Kemudian masing-masing sampel acuan dan sampel pelatihan sidik jari diekstraksi dengan menggunakan Metode Bank Gabor Filter untuk memperoleh ciri-cirinya. Kemudian masing-masing fitur acuan dibandingkan dengan masing-masing fitur pelatihan. Nilai rata-rata (*mean*) dari hasil perbandingan disimpan sebagai nilai ambang kritis (*Cc*) untuk tiap pengguna. Hasil fitur sidik jari yang diperoleh disimpan ke dalam basisdata acuan beserta dengan identitas pemiliknya.

Setiap sampel sidik jari menghasilkan 8 set fitur sidik jari, maka setiap sampel citra sidik jari dibentuk sebuah matriks fitur sidik jari berdimensi 8 x jumlah sektor.

Berikut ilustrasinya :

$$Citra\ 1 = \begin{bmatrix} f1_{1,1} & f1_{1,2} & \dots & f1_{1,n} \\ f1_{2,1} & f1_{2,2} & \dots & f1_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f1_{8,1} & f1_{8,2} & \dots & f1_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$Citra\ 2 = \begin{bmatrix} f2_{1,1} & f2_{1,2} & \dots & f2_{1,n} \\ f2_{2,1} & f2_{2,2} & \dots & f2_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f2_{8,1} & f2_{8,2} & \dots & f2_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$Citra\ 3 = \begin{bmatrix} f3_{1,1} & f3_{1,2} & \dots & f3_{1,n} \\ f3_{2,1} & f3_{2,2} & \dots & f3_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f3_{8,1} & f3_{8,2} & \dots & f3_{m,n} \end{bmatrix}$$

- **Pembandingan (*comparison*)**

Pengukuran kesamaan antara dua vektor fitur u_1 dan v_2 dihitung dengan algoritma *Normalized Euclidean Distance* sebagai berikut:

$$\bar{d}(u, v) = \left(\sum_i (\bar{u}_i - \bar{v}_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dimana

$$\bar{u}_i = \frac{u_i}{\|u\|}, \quad \bar{v}_i = \frac{v_i}{\|v\|}$$

$\|v\|$ disebut *norm* dari v dan untuk *Euclidean Distance* yaitu :

$$\|v\| = \left[\sum_i v_i^2 \right]^{1/2}$$

Sifat dari *Normalized Euclidean Distance* adalah hasilnya berada pada rentang $0 \leq \bar{d}(u, v) \leq 2$. Agar rentang skor berada antara 0 sampai 1 didapat dengan rumus :

$$skor = 1 - \bar{d}(u, v) / 2$$

Semakin tinggi skor yang diperoleh maka dapat diasumsikan bahwa pengguna tersebut adalah sah.

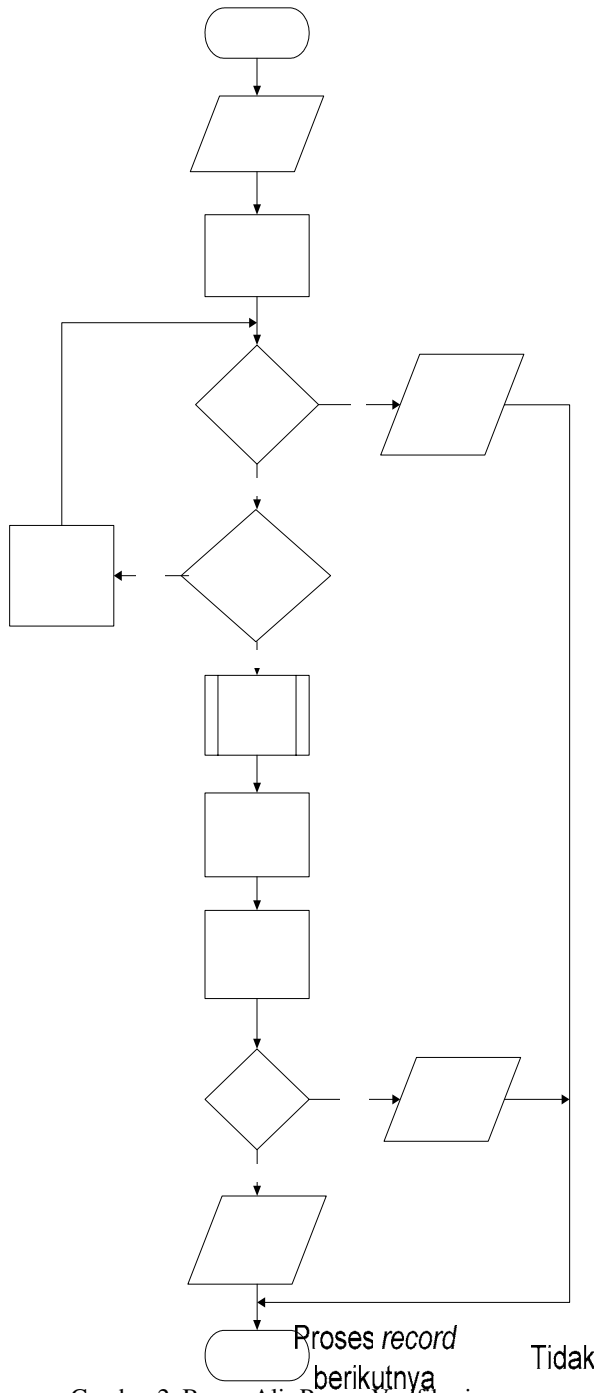
- **Pengambilan keputusan (*decision making*)**

Tahap ini didasarkan pada perhitungan nilai kesamaan antara fitur sidik jari uji dengan fitur sidik jari acuan. Pada tahapan ini dihasilkan suatu keputusan berupa jawaban diterima atau ditolak. Untuk memperoleh keputusan diterima atau ditolak, diperlukan suatu nilai ambang (t) tertentu. Besarnya nilai ambang menentukan tingkat keberhasilan dari sistem verifikasi sidik jari.

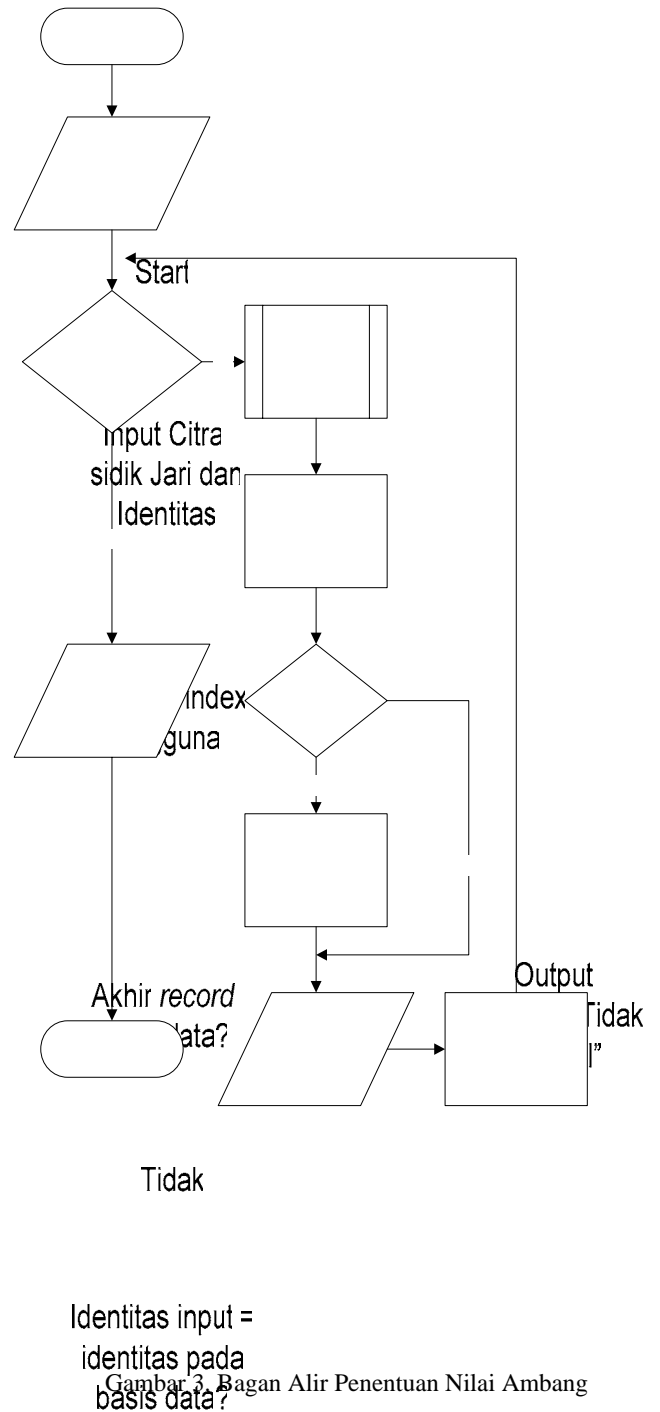
Jika $d(u, v) \geq \text{nilai ambang}(t)$

maka keputusannya 'DITERIMA'

Selain itu keputusannya 'DITOLAK'



Gambar 2. Bagan Alir Proses Verifikasi



Gambar 3. Bagan Alir Penentuan Nilai Ambang

3. HASIL DAN ANALISIS

Pengujian terhadap sistem verifikasi dilakukan setelah mengumpulkan sidik jari sampel yang dilaksanakan dalam beberapa waktu. Pengujian dilakukan terhadap 110 individu. Setiap individu diambil 7 sampel sidik jari jempol kiri (3 sebagai citra referensi, 2 sebagai citra pelatihan, dan 2 sebagai citra pengujian). Citra sidik jari diambil

menggunakan *scanner flatbed* dengan cara meletakkan jempol kiri diatas *scanner* dengan posisi tegak.

Unjuk kerja sistem diukur berdasarkan dua macam tipe kesalahan, yaitu : yaitu Tipe kesalahan FRR (kesalahan sistem karena menolak orang yang asli) dan Tipe kesalahan FAR (kesalahan sistem karena menerima orang yang palsu).

Ekstraksi fitur sidik jari input pengujian dilakukan dalam bentuk simulasi yang terdiri dari 2 bagian. Pada

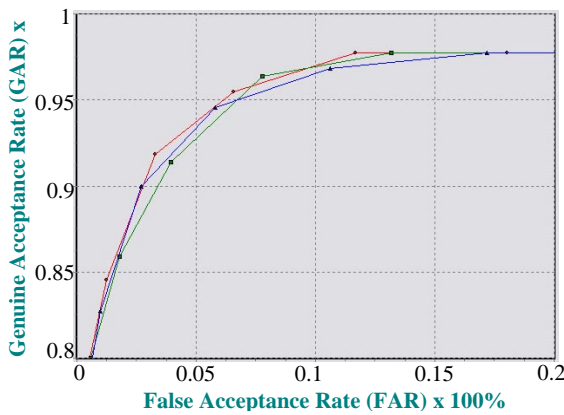
bagian pertama sistem diuji dengan pengguna sah (*genuine*) untuk mengetahui tingkat kesalahan FRR. Jumlah pengguna dalam penelitian ini sebanyak 2 x jumlah pengguna atau 2 x 110 = 220 verifikasi. Sedangkan bagian kedua sistem diuji dengan pengguna palsu (*impostor*) untuk mengetahui tingkat kesalahan FAR dengan jumlah pengujian 2 x jumlah pengguna x (jumlah pengguna - 1) atau 2 x 110 x 109 = 23980 verifikasi.

Nilai ambang yang digunakan untuk mengambil keputusan awalnya ditentukan secara sembarang, kemudian dinaikan sedikit demi sedikit dengan interval kenaikan 0.005% (Lihat Gambar 3) untuk mencari nilai ambang yang optimal. Nilai ambang optimal yang digunakan adalah nilai ambang yang menghasilkan total kesalahan FRR + FRR minimum.

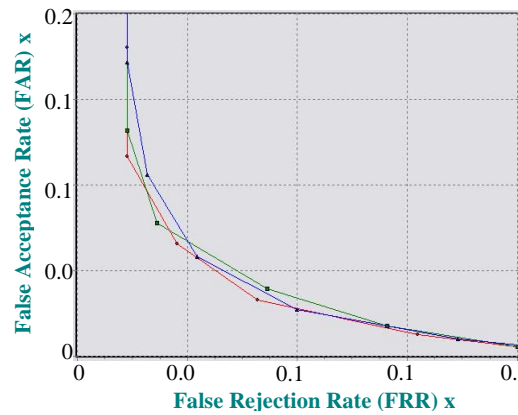
Prosentase kesalahan hasil pengujian terlihat pada Tabel 1, sedangkan presentasinya dalam bentuk grafik terlihat pada Gambar 4, 5, 6, dan 7

Tabel 1. Prosentase kesalahan hasil pengujian sistem verifikasi

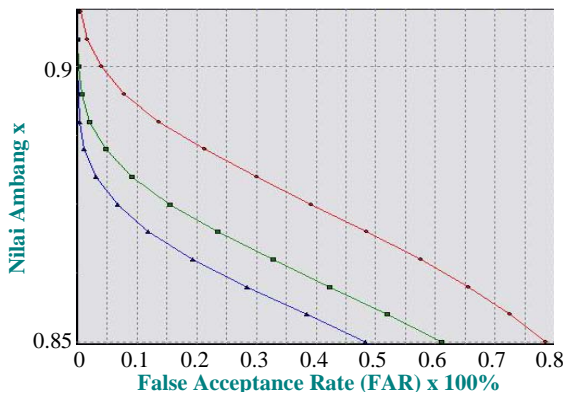
Jumlah Sektor	8 Filter			
	Nilai Ambang (%)	FAR (%)	FRR (%)	Error Rate (%)
32	89,98	3,40	6,82	5,11
48	88,24	5,68	5,00	5,34
64	87,65	4,74	5,91	5,32



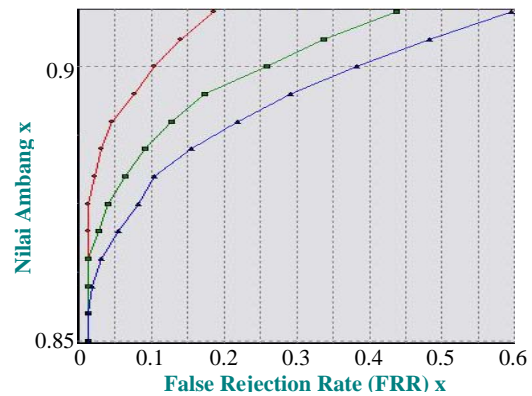
Gambar 4. Grafik Perbesaran ROC



Gambar 5. Grafik Perbesaran FAR vs FRR



Gambar 6. Grafik Nilai Ambang vs FAR



Gambar 7. Grafik Nilai Ambang vs FRR

Keterangan :

- ◆ 32 Fingercode
- 48 Fingercode
- ▲ 64 Fingercode

Berdasarkan hasil pengujian untuk melihat unjuk kerja sistem verifikasi yang ditunjukkan dengan rata-rata kesalahan perbandingan seperti terlihat pada Tabel 1, serta presentasi dalam bentuk grafik pada Gambar 4, 5, 6, dan 7, maka ada beberapa hal yang dapat dilihat dan dianalisis.

Gambar 4 menunjukkan perbandingan antara tingkat keberhasilan GAR dan tingkat kesalahan FAR. Semakin besar tingkat keberhasilan sistem (GAR) semakin banyak pula pengguna palsu yang diterima sistem (FAR).

Gambar 5 merupakan grafik prosentase perbandingan kesalahan Tipe FAR dengan kesalahan Tipe FRR. Berdasarkan grafik perbandingan tersebut terlihat tipe kesalahan FAR dan FRR berbanding terbalik. Semakin besar FAR semakin kecil FRR, demikian sebaliknya. Kebutuhan akan keakuratan suatu sistem biometrik sangat bergantung pada aplikasinya. Untuk aplikasi keamanan seperti perbankan dibutuhkan nilai kesalahan FAR yang kecil, sedangkan untuk aplikasi forensik / kepolisian dibutuhkan nilai kesalahan FRR yang kecil.

Berdasarkan grafik prosentase Tipe kesalahan FAR pada Gambar 6 terlihat bahwa semakin kecil nilai ambang maka prosentase kesalahan FAR yang terjadi akan semakin besar, karena rentang penerimaan semakin besar sehingga sistem akan semakin toleran menerima variasi sidik jari dengan beda yang lebih besar. Sedangkan grafik prosentase Tipe kesalahan FRR pada Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar nilai ambang maka prosentase kesalahan FRR semakin besar pula. Kedua hal ini berlaku untuk semua variasi lingkungan sistem baik variasi 32 sektor, 48 sektor, dan 64 sektor.

Pada grafik perbandingan Nilai Ambang dan FAR (Gambar 6) terlihat bahwa, semakin banyak jumlah sektor yang digunakan, maka pada nilai ambang (*threshold*) yang sama (perhatikan pada nilai 0,85) nilai FARnya semakin kecil. Perhatikan pula pada grafik perbandingan Nilai Ambang dan FRR (Gambar 7) terlihat bahwa, semakin banyak jumlah sektor yang digunakan, maka pada nilai ambang (*threshold*) yang sama (perhatikan pada nilai 0,90) nilai FRRnya semakin besar. Hal ini dapat disimpulkan bahwa, penggunaan jumlah sektor yang lebih banyak akan membuat sistem yang lebih aman terhadap pengguna yang tidak sah. Namun hal ini tidak dapat dikatakan bahwa penggunaan sektor yang lebih banyak adalah lebih baik, karena itu tergantung dari kegunaan sistem itu sendiri. Untuk membuat sistem yang lebih aman (misal aplikasi perbankan), maka penggunaan jumlah sektor yang banyak memang lebih baik, namun untuk membuat sistem yang lebih toleran terhadap variasi *input* dan derau (misal aplikasi forensik / kepolisian), maka penggunaan jumlah sektor yang sedikit lebih baik.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari pembuatan sistem dalam penelitian ini adalah:

- 1 Sistem verifikasi sidik jari dengan Metode Bank Gabor Filter memiliki tingkat keberhasilan (GAR) yang cukup tinggi yaitu 94,89%.
- 2 Sistem verifikasi sidik jari dengan Metode Bank Gabor Filter memiliki tingkat kesalahan rata-rata (*error rate*) maksimal sebesar 5,34%, yang terdiri dari prosentase kesalahan penolakan (FRR) sebesar 5,00% dan prosentase kesalahan penerimaan (FAR) sebesar 5,68%.
- 3 Berdasarkan hasil percobaan dengan komputer PC AMD Artlon XP 2400+, RAM 256MB. Waktu yang diperlukan untuk proses verifikasi dengan menggunakan 8 Filter Gabor menghabiskan waktu rata-rata selama 1343,69 msec.
- 4 Semakin banyak jumlah sektor yang digunakan, maka sistem akan semakin aman, sebaliknya semakin sedikit jumlah sektor yang digunakan, maka sistem akan semakin toleran terhadap variasi *input* dan derau.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arymurthy Aniati Murni, Setiawan Suryana. 1992. **Pengantar Pengolahan Citra**. Jakarta : PT Elex Media Komputindo
- [2]. Gonzalez Rafael C, Woods Richard E. 1993. **Digital Image Processing**. University of Tennessee. Addison Wesley Publishing Company
- [3]. Jain A.K, Prabhakar S, Hong L, Pankanti S. 2000. **Filterbank-based Fingerprint Matching**. *IEEE Transaction on Image Processing*. Vol 9. no 5. pp 846-859
- [4]. Muhammad Umer Munir, Muhammad Younas Javed. 2004. **Fingerprint Matching using Gabor Filter**. National Conference on Emerging Technologies. pp 147-151
- [5]. Pranata Anthony. 2001. **Pemrograman Borland Delphi**. Yogyakarta : ANDI Yogyakarta
- [6]. Raymond Thai. 2003. **Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction**. School of Computer Science and Software Engineering. University of Western Australia
- [7]. Sandstrom Marie. 2004. **Liveness Detection in Fingerprint Recognition Systems**. Linkopings Universitet. Swedia. <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2004/3557>