

# PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK SISTEM PENCOCOKAN SIDIK JARI DENGAN ALGORITMA FILTERBANK GABOR

Aris Puji Widodo<sup>1)</sup> dan Kusworo Adi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Matematika FMIPA UNDIP

<sup>2)</sup>Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

Jl. Prof Soedarto, S.H, Semarang 50275

**Abstract.** From research result used filterbank gabor algorithms, can give 96 (24 x 4) features from 24 sector with 4 filter. Gabor filter use 23 x 23 with orientation change  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ , dan  $135^{\circ}$ . Each orientation angle change will be rotation gabor filter on to its. Make feature vector or FingerCode with Average Absolute Deviation (AAD) are average value from difference pixels number for each sector and centre value on sector. Error system on disjoint between FAR dan FRR with value 3,6% and threshold value 39. Then slope from GAR graphic value  $40^{\circ}$ , this is proving that this system is running a good, cause slope recommendation value  $45^{\circ}$ .

**Keywords:** Filterbank Gabor, Orientation Angle, AAD, FAR, FRR, and GAR

## 1. PENDAHULUAN

Biometrik merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi yang menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya. Biometrik mencakup karakteristik fisiologis dan karakteristik perilaku. Karakteristik fisiologis adalah ciri fisik yang relatif stabil seperti wajah, sidik jari, pembuluh darah pada tangan, iris, pola retina, dan spektrum suara. Karakteristik perilaku seperti tanda tangan, pola ucapan, dan ritme magnetik, selain memiliki basis fisiologis yang relatif stabil, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi psikologis yang mudah berubah [14]. Karakteristik fisiologis tersebut dapat dipakai sebagai indikator dalam identifikasi personal, selama ciri-ciri tersebut memenuhi persyaratan sebagai berikut.

- (i) karakteristik tersebut dimiliki oleh semua orang (universal).
- (ii) tidak ada dua orang atau lebih yang identik dalam karakteristik tersebut (unik).
- (iii) karakteristik tersebut tidak dapat berubah (permanen).
- (iv) karakteristik tersebut dapat diukur secara kuantitatif.

Komponen pengambil keputusan (*decision making*) dari sistem pengenalan

pola terdiri dari dua bagian besar yaitu, *matching* dan klasifikasi [10]. Desain dari sistem pengenalan pola terdiri dari beberapa bagian yang sangat penting yaitu, (i) koleksi data, (ii) ekstraksi ciri (*feature extraction*), (iii) spesifikasi dari algoritma klasifikasi, dan (iv) estimasi dari kesalahan klasifikasi [11]. Sistem pencocokan sidik jari yang banyak digunakan selama ini berbasis pada algoritma minusi (*Minutiae Algorithm*). Masih ditemukan permasalahan pada algoritma minusi terutama pada *local ridge* yang belum dapat dikarakterisasi secara lengkap. Kelemahan ini akan tampak pada proses pencocokan dua sidik jari yang mengandung perbedaan jumlah titik minusi yang tidak teregristrasi. Untuk itu diusulkan suatu algoritma berbasis tekstur yang akan mengatasi kelemahan pada algoritma minusi dengan mengekstraksi informasi lokal dan global pada sidik jari sebagai *Finger Code*.

## 2. METODE PENELITIAN

Secara garis besar tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Studi pustaka tentang algoritma filterbank Gabor dan metode pencocokan dengan *average absolute deviation* (AAD).

- b. Perancangan adalah merupakan proses translasi spesifikasi perangkat lunak, penjabaran bagaimana perangkat lunak dapat berfungsi, penjabaran bagaimana spesifikasi perangkat lunak dapat diimplementasikan.
- c. Simulasi adalah mensimulasikan persamaan yang telah didapatkan, jika sudah sesuai maka langkah selanjutnya adalah pengujian perangkat lunak yang telah diimplementasikan ke dalam bahasa pemrograman.
- d. Tahap selanjutnya adalah analisis hasil pengujian.
- e. Tahap terakhir adalah pelaporan hasil penelitian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data Citra

Sumber data citra sidik jari terdiri dari dua, yaitu sebanyak 40 buah hasil pengambilan citra dengan menggunakan *Fingerprint Scanner*. Pada pengambilan ci-

tra dengan scanner, sidik jari yang diambil adalah ibu jari kanan, masing-masing orang melakukan scanner sebanyak tiga kali, yaitu dengan memberikan efek tekanan pada scanner.

#### 3.2. Perangkat Lunak Simulasi

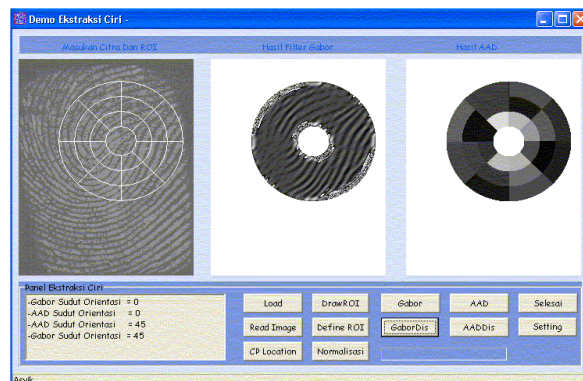
Perangkat lunak pencocokan sidik jari diberikan pada Gambar 1 menunjukkan tampilan dari program simulasi sistem verifikasi sidik jari dan Gambar 2 adalah hasil ekstraksi ciri.

#### 3.3. Tahapan Ekstraksi Ciri

Pada pengujian ekstraksi ciri dilakukan per tahap mulai dari penentuan lokasi titik referensi, normalisasi, *Region of Interest (ROI)*, pemfilteran dengan *filterbank gabor*, dan pembentukan vektor ciri atau *FingerCode*. Hasil dari proses ekstraksi ciri dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut.



Gambar 1. Menu Utama Program Simulasi Sistem Verifikasi Sidik Jari



Gambar 2. Program Demo dari Proses Ekstraksi Ciri

**a. Menentukan titik referensi**

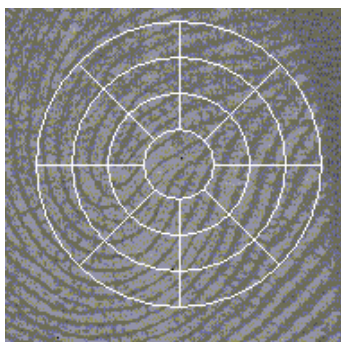
Pada prinsipnya penentuan titik referensi dilakukan untuk mencari lengkungan yang maksimal dari *concave ridge* dengan menentukan gradien kemiringannya dengan menggunakan filter sobel 5 x 5. Setelah gradien tersebut ditemukan, maka proses selanjutnya adalah smooting dengan menggunakan *lowpass filter*. Untuk menentukan nilai tengah dari piksel tersebut dilakukan pemfilteran dengan menggunakan mean filter 5 x 5, selanjutnya piksel-piksel tersebut dikonversikan ke dalam komponen intensitas. Pada langkah yang terakhir adalah menentukan nilai intensitas yang paling maksimum sebagai koordinat titik referensi A(i,j).

**b. Menentukan Region of Interest (ROI)**

Pada proses penentuan ROI adalah membagi daerah tersebut menjadi beberapa sektor. Pada penelitian ini dibagi menjadi 8 sektor (k=8), maka parameter yang ditentukan pada penelitian ini adalah diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Region of Interest (ROI) [10,18]

Parameter	Simbol	Nilai
Lebar tiap band	b	20 piksel
Jumlah band	B	3
Jumlah sektor	k	8
Sudut	$\theta_i$	0°, 45°, 90°, 135°
Jumlah blok	$S_i$	$i = 0..(B \times k - 1)$ $= 0..23$ (24 blok)
Jari-jari	r	80 piksel



Gambar 3. Region of Interest dari Proses Ekstraksi Ciri

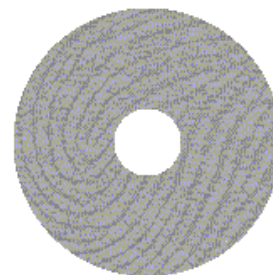
Seperti pada Gambar 3, maka akan didapatkan 24 blok, asumsi dari  $b=20$  adalah bahwa citra dengan resolusi 500 dpi maka b dapat didekati dengan 20 piksel [13,15]. Sedangkan penentuan jumlah band didasarkan atas besarnya citra dalam hal ini besar citra yang digunakan adalah 224 x 288 piksel dengan resolusi 500 dpi.

**c. Normalisasi Citra**

Proses normalisasi dilakukan untuk menghilangkan efek dari sensor dengan menggunakan persamaan:

$$N_i(x, y) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{V_0 \times (I(x, y) - M_i)^2}{V_i}} & \text{jika } I(x, y) > M_i \\ M_0 - \sqrt{\frac{V_0 \times (I(x, y) - M_i)^2}{V_i}} & \end{cases}$$

dimana  $M_0$  dan  $V_0$  adalah nilai tengah yang ditentukan dan nilai yang berubah. Hasil proses normalisasi dengan menggunakan persamaan di atas seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Proses Citra yang Dinormalisasi

**d. Pemfilteran dengan filter bank gabor**

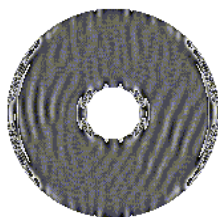
Pada proses pemfilteran dengan *filterbank* gabor, maka parameter-parameter pada penelitian ini seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Filterbank Gabor [10, 18]

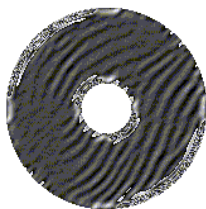
Parameter	Simbol	Nilai
Frekuensi filter	f (1/K)	0.1 $\text{pix}^{-1}$
Sudut orientasi	$\theta$	0°, 45°, 90°, 135°
Standar deviasi	$\delta_x$ dan $\delta_y$	4,0
Meshgrid x	x (filter 23 x 23)	-11 s.d 11 step 1
Meshgrid y	y (filter 23 x 23)	-11 s.d 11 step 1

Frekuensi filter ditentukan sebesar 10 piksel dengan asumsi bahwa citra dengan resolusi 500 dpi akan didekati dengan 10 piksel. Pertimbangan dengan menggunakan *filter gabor* 23 x 23 adalah dengan mempertimbangkan jarak antar *ridge* dari citra sidik jari, pada penelitian ini jarak antar *ridge* pada citra 500 dpi didekati dengan 10 piksel. Minimal ukuran filter gabor yang diperlukan adalah dua kali jarak antar *ridge* ditambah satu ( $2 \times 10 + 1 = 21$ ), maka penggunaan ukuran *filter gabor* 23 x 23 sudah masuk dalam persyaratan tersebut. Hasil pemfilteran dengan sudut orientasi  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ , dapat dilihat pada Gambar 5 (a-d).

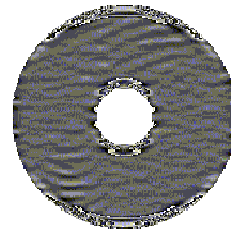
Dari hasil ekstraksi ciri tersebut akan didapatkan sebanyak 96 ( $24 \times 4$ ) ciri dari 24 sektor untuk 4 buah filter. Adapun grafik tiga dimensi dari *filter gabor* 23 x 23 dapat dilihat pada Gambar 6, grafik tersebut menggambarkan karakteristik dari *filter gabor* 23 x 23 dengan perubahan sudut orientasi  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ . Setiap perubahan sudut orientasi akan mengakibatkan *filter gabor* berputar sebesar sudut orientasi tersebut.



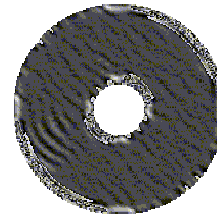
(a). Sudut Orientasi  $0^\circ$



(b). Sudut Orientasi  $45^\circ$

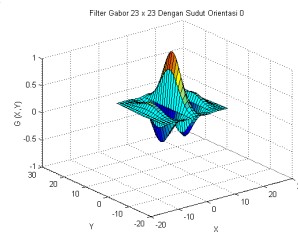


(c). Sudut Orientasi  $90^\circ$

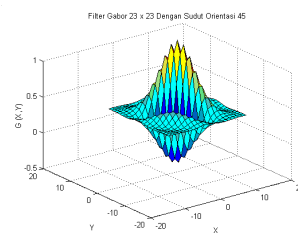


(d). Sudut Orientasi  $135^\circ$

Gambar 5. Hasil Proses Pemfilteran dengan *Filter Gabor* 23 x 23

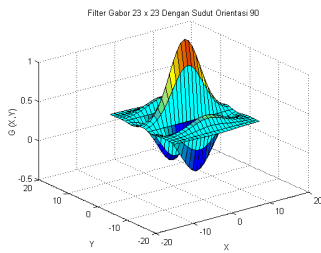


(a). *Filter Gabor* 23 x 23,  $0^\circ$

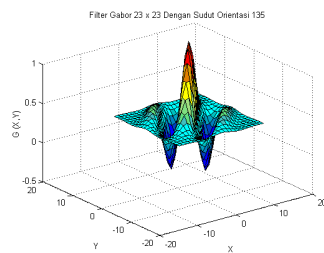


(b). *Filter Gabor* 23 x 23,  $45^\circ$

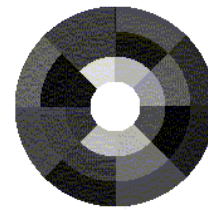
Gambar 6. *Filter Gabor* 23 x 23,  $f = 0.1$   
 $\text{pix}^{-1}$ ,  $\delta_x = \delta_y = 4.0$



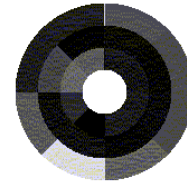
(c). *Filter Gabor 23 x 23, 90°*



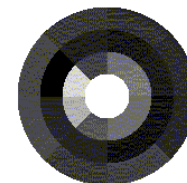
(d). *Filter Gabor 23 x 23, 135°*



(b). Sudut Orientasi 45°



(c). Sudut Orientasi 90°



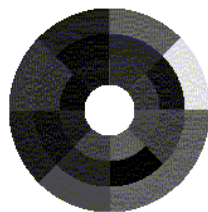
(d). Sudut Orientasi 135°

Gambar 7. Hasil Proses Pembentukan *FingerCode*

**e. Pembentukan vektor ciri**

Langkah terakhir pada proses ekstraksi ciri adalah pembentukan vektor ciri dengan menggunakan *Average Absolute Deviation (AAD)*.

Pada proses ini akan dilakukan pembentukan vektor ciri atau *FingerCode* yang merupakan nilai rata-rata dari jumlah selisih piksel setiap sektor dan nilai tengah pada sektor tersebut. Adapun contoh hasil pembentukan *FingerCode* dengan metode *Average absolute deviation (AAD)* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 3 dan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Jadi *FingerCode* ini dihasilkan pada tiap blok dari setiap orientasi pemfilteran.



(a). Sudut Orientasi 0°

Tabel 3. Contoh Hasil Pembentukan Vektor Ciri

Sektor	Sudut Orientasi			
	0°	45°	90°	135°
1	1.3537	1.5482	0.5082	2.1897
2	1.8814	3.5761	0.5685	2.2564
3	1.2688	3.7642	0.0190	1.7448
4	5.6771	11.2931	5.9805	54.7400
5	10.4494	36.2202	12.2818	9.4101
6	0.3767	4.3924	27.4188	1.3187
7	0.9049	3.6438	0.4774	2.2966
8	1.0620	3.0517	0.3967	2.4260
9	1.2220	0.1491	0.2156	0.3988
10	0.1084	2.2169	0.1420	0.3577
11	0.6689	1.1324	0.3211	0.7163
12	0.3498	1.2796	0.2734	0.7825
13	0.9650	0.3154	1.3495	0.0164
14	0.2231	1.2155	0.1123	0.6306
15	0.8036	0.4454	0.2346	0.4999
16	0.3861	1.8545	0.1226	0.5631
17	1.9031	0.5978	1.4742	0.8122
18	1.9456	1.4525	1.8979	1.2861
19	1.4660	0.4752	9.4766	1.1586

Sektor	Sudut Orientasi			
	0°	45°	90°	135°
20	0.5473	1.3954	1.7717	1.5147
21	1.0773	1.9742	0.5647	1.4208
22	0.6086	1.2787	0.6397	1.1734
23	1.8920	1.6223	1.6290	1.0150
24	9.6744	0.9147	1.5111	0.8927

### 3.4. Waktu Proses Tiap Tahapan Ekstraksi Ciri

Waktu yang diperlukan pada tiap tahapan ekstraksi ciri sangat tergantung dari prosesor pengolah citra yang digunakan. Pada penelitian ini kami menggunakan tiga buah komputer sebagai pembanding. Adapun jenis komputer yang digunakan dalam penelitian ini adalah AMD Athlon Thunderbird 900 MHz RAM 128 MB, Intel PIII 800 MHz RAM 128 MB, dan Intel PIII 667 MHz RAM 128 MB. Waktu rata-rata yang diperlukan pada proses ekstraksi ciri tiap tahapannya dengan menggunakan tiga buah prosesor yang berbeda seperti pada Tabel 4.

Pada referensi proses ekstraksi ciri algoritma minusi total waktu yang dibutuhkan dengan menggunakan CPU SPARC 20 Workstation adalah 5.35s [18]. Sehingga waktu yang diperlukan pada penelitian ini berkisar antara 3–6s. Tahapan yang paling banyak memerlukan waktu proses adalah pada tahap menentukan titik referensi dan *filter gabor*. Pada tahap menentukan lokasi titik referensi proses pemfilteran dengan *filter sobel*, *lowpass filter*, dan *mean filter* dengan ukuran filter 5x5 yang kese-

muanya melakukan pemfilteran citra yang berukuran 224x288 piksel, waktu proses yang diperlukan pada tahap ini adalah sekitar 1–1,3s. Sedangkan pada *filter Gabor* waktu proses yang diperlukan sekitar 2–3s, hal ini dikarenakan pada proses pemfilteran dengan *filter gabor* 23x23 dengan perubahan sudut orientasi dari 0°, 45°, 90°, dan 135° akan memerlukan waktu proses yang cukup lama. Semakin besar ukuran *filter gabor* yang digunakan, maka akan semakin banyak waktu proses yang diperlukan.

#### 3.4.1. Proses Pendaftaran

Pada proses pendaftaran ada beberapa tahap yang dilakukan oleh sistem, yaitu, pemasukan ID sebagai indek file sidik jari dan ekstraksi ciri yang akan disimpan sebagai file template dalam ekstension DAT. Pada file tersebut akan menyimpan informasi nama file sidik jari yang diekstrak (dalam bentuk BMP), dan vektor ciri sidik jari dengan perubahan sudut orientasi. Sedangkan waktu proses pendaftaran dengan menggunakan Komputer AMD Athlon Thunderbird 900 MHz RAM 128 MHz, Intel PIII 800 MHz RAM 128 MHz, dan Intel PIII 667 MHz RAM 128 MHz memerlukan waktu proses antara 3–5s seperti terlihat pada Tabel 5. Waktu 3-5s banyak digunakan untuk proses ekstraksi ciri, sedangkan proses pendaftaran ke dalam database memerlukan waktu sekitar 0,09s sampai 0,11s.

Tabel 4. Waktu Proses Ekstraksi Ciri

Tahapan	Waktu Rata-rata (ms)		
	Intel PIII 667 RAM 128	Intel PIII 800 RAM 128	AMD Athlon TB 900 RAM 128
Inisialisasi	109	90	140
Menentukan Titik Referensi	1353	1143	1072
Menentukan ROI	22	16	20
Normalisasi	28	20	20
Pemfilteran dengan 4 orientasi	3895	2827	2434
Pembentukan <i>FingerCode</i>	259	192	190
<b>Total Waktu</b>	<b>5706</b>	<b>4288</b>	<b>3876</b>



Tabel 5. Waktu Proses Pendaftaran

Tahapan	Waktu Rata-rata (ms)		
	Intel PIII 667 RAM 128	Intel PIII 800 RAM 128	AMD Athlon TB 900 RAM 128
Ekstraksi Ciri	5706	4288	3876
Pendaftaran	109	91	110
<b>Total Waktu</b>	<b>5815</b>	<b>4379</b>	<b>3986</b>

Tabel 6. Waktu Proses Verifikasi

Tahapan	Waktu Rata-rata (ms)		
	Intel PIII 667 RAM 128	Intel PIII 800 RAM 128	AMD Athlon TB 900 RAM 128
Ekstraksi Ciri	5706	4288	3876
Pencocokan	96	87	80
<b>Total Waktu</b>	<b>5802</b>	<b>4375</b>	<b>3956</b>

Tabel 7. Nilai FAR, FRR, dan GAR

Threshold	FAR(%)	FRR (%)	GAR (%)
29	0.212	22.3792	77.62
30	0.1	19.32	80.68
31	0.09	16.5172	83.48
32	0.182	13.9708	86.03
33	0.376	11.6808	88.32
34	0.672	9.6472	90.35
35	1.07	7.87	92.13
36	1.57	6.3492	93.65
37	2.172	5.0848	94.92
38	2.876	4.0768	95.92
39	3.682	3.3252	96.67
40	4.59	2.83	97.17

### 3.4.2. Proses Verifikasi

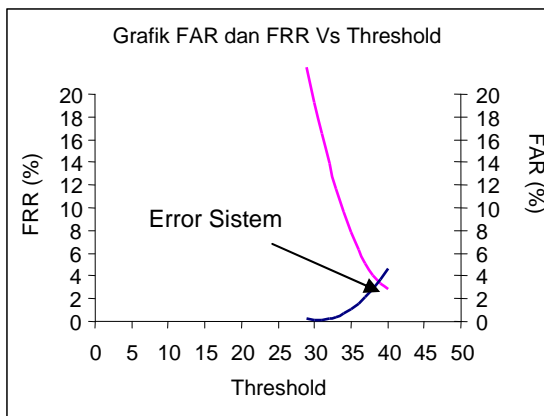
Pada penilitan ini kami menggunakan mode verifikasi untuk pengenalan sidik jari. Proses ini terdiri dari dua bagian penting, yaitu proses ekstraksi ciri sidik jari dan proses pencocokan. Sedangkan pada proses pencocokan akan dilakukan dengan menggunakan jarak *Euclidian*, yaitu dengan menentukan jarak terpendek dari dua ciri dengan memberikan skor antara 0-99. Dari hasil eksperimen dengan mengubah nilai *threshold* pencocokan, maka akan didapatkan *False Acceptance Rate* (FAR) dan *False Reject Rate* (FRR). Nilai FAR akan naik apabila *threshold* dinaikkan, sedangkan nilai FRR akan turun. Waktu proses yang diperlukan adalah sebesar 30s, waktu proses yang tinggi ini disebabkan oleh ekstraksi ciri yang banyak memakan waktu. Sedangkan untuk proses

pencocokannya sendiri membutuhkan waktu sekitar 10s. Tabel 6 di bawah ini memperlihatkan waktu proses verifikasi yang terdiri dari ekstraksi ciri dan proses pencocokan.

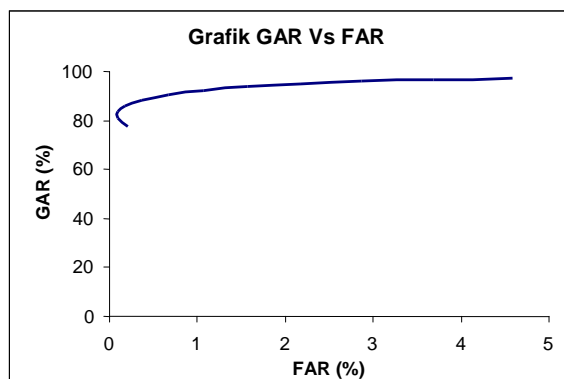
Hasil eksperimen dengan database sidik jari sebesar 40 buah, maka didapatkan nilai FAR, FRR, dan *Geniunu Acceptance Rate* (1-FRR) dengan perubahan *threshold* seperti pada Tabel 7, sedangkan data lengkap dari pencocokan sidik jari terdapat pada lampiran.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai *Receiver Operating Characteristic* (ROC) yang menggambarkan performansi dari sistem merupakan plot dari FAR sebagai sumbu x dan *Geniunu Acceptance Rate* (GAR) sebagai sumbu y, maka grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 9. Pada grafik tersebut menggambarkan bahwa se-

makin besar nilai FAR, maka *Geniunu* yang diterima semakin besar, tetapi pada sistem ini pada FAR yang tinggi nilai GAR cenderung stabil. Sedangkan slope dari grafik tersebut sebesar  $40^\circ$ , hal ini membuktikan bahwa sistem ini telah berjalan dengan baik, karena slope yang direkomendasikan sebesar  $45^\circ$  [6].



Gambar 8. Grafik Error Sistem



Gambar 9. Grafik ROC Dari Sistem Matching

#### 4. PENUTUP

##### 4.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian menggunakan algoritma *filterbank gabor*, maka dapat disimpulkan:

- Filter Gabor* yang digunakan adalah  $23 \times 23$  dengan perubahan sudut orientasi  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$  didapatkan sebanyak 96 ( $24 \times 4$ ) ciri dari 24 sektor untuk 4 buah filter.
- Perubahan sudut orientasi akan mengakibatkan *filter Gabor* berputar sebesar sudut orientasi tersebut.

- Pembentukan vektor ciri atau *Finger-Code* dengan metode *Average absolute deviation (AAD)* merupakan nilai rata-rata dari jumlah selisih piksel setiap sektor dan nilai tengah pada sektor tersebut.
- Kesalahan sistem berada pada perpottongan antara FAR dan FRR sebesar 3,6% dengan threshold 39.
- Slope grafik GAR sebesar  $40^\circ$ , hal ini membuktikan bahwa sistem ini telah berjalan dengan baik, karena slope yang direkomendasikan sebesar  $45^\circ$ .

#### 4.2. Saran

Pengembangan Perangkat lunak berikutnya adalah meningkatkan kemampuan sistem menjadi sistem yang dapat dilakukan akses secara online.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat jendral pendidikan tinggi, Departemen pendidikan nasional yang telah membiayai terlaksananya penelitian dengan judul “Perancangan dan Implementasi Perangkat Lunak Sistem Pencocokan Sidik Jari Dengan Algoritma *Filterbank Gabor*”.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Awcock, G.J and R Thomas (1996) , *Applied Image Processing*, McGraw-Hill, New York.
- Benjamin Miller (1994), *Vital Signs of Identity*, Personal Identification News, IEEE Spectrum, **12**(5).
- Boles, W., and B. Boashash (1998), *A Human Identification Technique Using Images of The Iris and Wavelet Transform*, IEEE Transactions On Signal Processing, **46**(4).
- Bovik, A.C.,M. Clark, and Geiser, W.S. (1990), *Multichannel Texture Analysis Using Localized Spatial Filters*, IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent, **12**(1).
- Daugman, J.G. (1993) ,*High Confidence Recognition of Person by a Test of Statistical Independence*,



- IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent, **15**(11).
- [6]. Daugman, J.G. (1985), *Uncertainty Relation for Resolution in Space, Spatial Frequency, and Orientation Optimized by Two-dimensional Visual Cortical Filter*, J.Opt.Soc. Amer. A, **2**.
- [7]. David A.C and Jernigan, M.E. (2000), *Designing Gabor Filter for Optimal Texture Separability*, Pattern Recognition, **33**.
- [8]. Hong, L and A.K. Jain (1998), *Integrating Faces and Fingerprints for Personal Identification*, IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent, **20**(12).
- [9]. Hong, L., Wan, Y, and Jain, A.K. (1998), *Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation*, IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent, **20** (8).
- [10]. Jain, A., Prabhakar, S and Chen. S. (1999), *Combining Multiple Matcher for a High Security Fingerprint Verification System*, Proc. Pattern Recognition VI, Vlieland, The Netherland.
- [11]. Jain, A., Prabhakar, S. and Hong,L. (1999), *A Multichannel Approach to Fingerprint Classification*, IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent, **21**(4).
- [12]. Jain, A.K, Hong, L.,Pankanti, S and Bolle, R. (1997), *An Identity Authentication System Using Fingerprints*, Proceedings of the IEEE, **85**(9).
- [13]. Jain, A., Prabhakar, S., Hong, L., and Pankanti, S. (1997), *Filterbank-based Fingerprint Matching*, IEEE Trans on Image Processing, **9**(5).
- [14]. James L.Wayman. (1998), *A Generalized Biometric Identification System Model*, IEEE, **35**(2).
- [15]. Karu, K and A.K. Jain (1996), *Fingerprint Classification*, Pattern Recognition, **29**(3).
- [16]. Nadler, M and Smith, E.P. (1992), *Pattern Recognition Engineering*, John Wiley and Sons, New York.
- [17]. Rao, A.R. and R.C. Jain (1992), *Computerized Flow Field Analysis: Oriented Texture Field*, IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent, **14**(7).
- [18]. Ratha, N.K., Chen, S and A.K. Jain (1995), *Adaptive Flow Orientation Based Texture Ectraction in Fingerprint Image*, Proc. Pattern Recognition, February 12.
- [19]. Zoreda, J.L and J.M. Oton (1997), *Smart Cards*, Artech House, London.
-

LAMPIRAN

**Tabel Hasil Eksperimen Proses Verifikasi Berdasarkan Perubahan Threshold**

Sidik Jari	Tresh 30		Tresh 35		Tresh 40		Tresh 45	
	FAR	FRR	FAR	FRR	FAR	FRR	FAR	FRR
1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	1	0	1	0	1	1	1
3	0	0	0	1	0	1	0	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1
5	0	1	0	1	0	1	0	1
6	0	1	0	1	0	1	0	1
7	0	1	0	1	0	1	0	1
8	0	1	0	1	0	1	1	1
9	0	1	0	1	0	1	0	1
10	0	1	0	1	0	1	0	1
11	0	0	0	0	1	0	0	1
12	0	1	0	1	0	1	0	1
13	0	0	0	1	0	1	0	1
14	0	1	1	1	0	1	1	1
15	0	1	0	1	0	1	0	1
16	0	1	0	1	0	1	0	1
17	0	1	0	1	0	1	0	1
18	0	1	0	1	0	1	0	1
19	0	1	0	0	0	1	0	1
20	0	0	0	1	1	1	1	1
21	0	1	0	1	0	1	0	1
22	0	1	0	1	0	1	0	1
23	0	1	0	1	0	1	0	1
24	0	0	0	0	0	1	0	1
25	0	1	0	1	0	1	1	1
26	0	0	0	1	0	1	0	1
27	0	1	0	1	0	1	0	1
28	0	1	0	1	0	1	0	1
29	0	1	0	1	0	1	0	1
30	0	1	0	1	0	1	0	1
31	0	1	0	1	0	1	0	1
32	0	1	0	1	0	1	1	1
33	0	0	1	1	0	1	0	1
34	0	1	0	1	0	1	0	1
35	0	1	0	1	0	1	0	1
36	0	1	0	1	0	1	0	1
37	0	1	0	1	1	1	0	1
38	0	0	0	0	0	1	0	1
39	0	1	0	1	0	1	0	1
40	0	1	0	1	0	1	1	1
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>

Keterangan : 0 = Ditolak  
1 = Diterima