

---

## Perancangan dan Realisasi Sistem Ekstraksi Ciri Sidik Jari Berbasis Algoritma Filterbank Gabor

*Kusworo Adi*

*Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika – Jurusan Fisika UNDIP*

### Abstrak

Biometrik merupakan sebuah pengembangan dari metode dasar identifikasi yang menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya. Salah satu sistem biometrik yang sering digunakan adalah sidik jari. Sistem ekstraksi ciri sidik jari yang sudah ada berbasiskan pada algoritma minusi. Akan tetapi pada algoritma minusi masih ditemukan permasalahan terutama pada *local ridge* yang belum dapat dikarakterisasi secara lengkap. Untuk mengatasi kelemahan yang terjadi pada algoritma minusi, maka diusulkan algoritma berbasiskan tekstur yang dapat mengekstraksi informasi lokal dan global pada sidik jari sebagai vektor ciri. Analisis tekstur menghitung ciri dari pola sidik jari menggunakan pemfilteran multikanal seperti filter Gabor. Pemfilteran multikanal mampu menyerupai karakteristik dari sistem visual manusia yang sensitif terhadap orientasi dan frekuensi. Pada pengujian sistem ini diambil data sidik jari sebanyak 200 buah menggunakan scanner sidik jari buatan Infineon Finger TIP<sup>TM</sup> 1100 MF 1 V2.0. Dari hasil pengujian sistem dapat diperoleh hasil bahwa citra sidik jari dapat diekstraksi dengan filter Gabor ukuran  $23 \times 23$  dengan sudut orientasi  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ .

**Kata kunci:** Sidik jari, analisis tekstur, filter Gabor

### 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 [1]. 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), dan (iv)

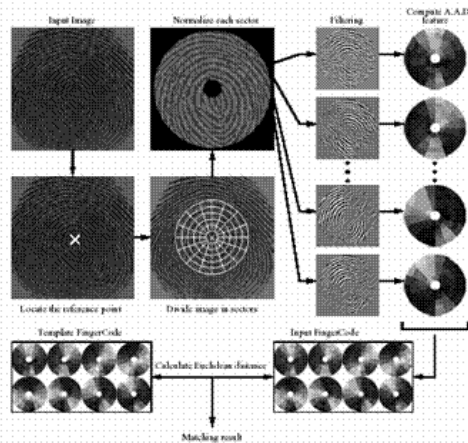
karakteristik tersebut dapat diukur secara kuantitatif.

Sistem pencocokan sidik yang sudah ada berbasiskan pada algoritma minusi (*Minutiae Algorithm*). Minusi diperoleh dari penulangan citra biner awal merupakan alur bercabang (*ridge bifurcation*), sedangkan minusi yang diperoleh dari penulangan citra biner inversnya merupakan alur berhenti (*ridge ending*). Akan tetapi masih ditemukan permasalahan terutama pada *local ridge* yang belum dapat dikarakterisasi secara lengkap. Pada penelitian ini akan digunakan algoritma berbasiskan tekstur yang dapat mengekstraksi informasi lokal dan global pada sidik jari dan dapat menutupi kelemahan yang terjadi pada algoritma minusi. Tujuan dari penelitian ini adalah ekstraksi ciri sidik jari dengan algoritma *filter bank* Gabor yang berbasiskan analisis tekstur.

### Dasar Teori

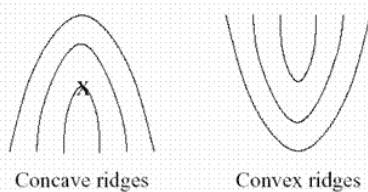
*Filter bank* Gabor sebuah teknik untuk mengambil informasi penting pada kanal bandpass yang spesifik untuk

dekomposisi informasi kedalam komponen ortogonal pada frekuensi spasial. Vektor ciri yang disebut dengan *FingerCode* adalah kumpulan dari semua ciri (untuk setiap sektor) pada tiap citra yang difilter. Ciri ini menangkap pola global dari *ridge* dan *valley* serta karakteristik lokal [2].



Gambar 1. Diagram Sistem Authentikasi Sidik Jari Berbasis Filterbank Gabor [3]

Sidik jari mempunyai banyak struktur yang menonjol dan kombinasi diantara keduanya dapat digunakan untuk mendapatkan titik referensi. Titik referensi didefinisikan sebagai titik dari lekukan maksimum dari concave ridge (gambar 2) pada citra sidik jari.



Gambar 2. Concave Ridge dan Convex Ridge untuk menentukan Titik Referensi (X) [4]

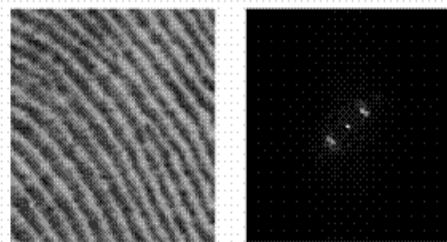
Metode untuk menentukan titik referensi adalah metode yang berbasiskan pada analisis multi resolusi dari medan orientasi. Untuk mendapatkan nilai maksimum pada  $A$  dengan menandai koordinat tersebut sebagai titik referensi dengan persamaan:

$$A(i, j) = \sum_{R_1} \varepsilon(i, j) - \sum_{R_{11}} \varepsilon(i, j) \quad (1)$$

Sebelum melakukan pemfilteran citra sidik jari, dilakukan normalisasi *region of interest* pada setiap sektor secara terpisah untuk nilai tengah yang konstan dan perubahannya. Normalisasi dibentuk untuk menghilangkan efek noise sensor dan deformasi derajat keabuan sebagai akibat dari perbedaan tekanan. Diberikan  $I(x,y)$  menandakan nilai keabuan pada piksel  $(x,y)$ ,  $M_i$  dan  $V_i$ , estimasi nilai tengah dan perubahan dari sektor  $S_i$ , dan  $N_i(x,y)$ , derajat nilai keabuan yang telah dinormalisasi pada piksel  $(x,y)$ . Untuk semua piksel pada sektor  $S_i$ , citra yang telah dinormalisasi didefinisikan sebagai :

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

Sidik jari mempunyai local paralel ridge dan valleys, dan didefinisikan sebagai frekuensi dan orientasi lokal (gambar 3). Sebagaimana yang dilakukan filter Gabor dapat menghilangkan derau, mempertahankan struktur *ridge* dan *valley*, dan memberikan informasi yang terkandung pada orientasi khusus dari citra [ 5,6].



Gambar 3 Sidik Jari dengan Definisi Frekuensi dan Orientasi Lokal (a) Ridge pada Daerah Lokal, (b) Spektrum Fourier dari (a)

Persamaan umum dari filter Gabor pada domain spasial adalah sebagai berikut :

$$G(x, y, f, \theta) = \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[ \frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right]\right\} \cos(2\pi f x') \quad (3)$$

$$x' = x \sin \theta + y \cos \theta \quad (4)$$

$$y' = x \cos \theta - y \sin \theta \quad (5)$$

dimana  $f$  adalah frekuensi gelombang sinusoidal sepanjang arah  $\theta$  dari sumbu  $x$ , dan  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  adalah konstanta dari Gaussian sepanjang sumbu  $x$  dan  $y$  [17]. Dengan menggunakan versi yang real dan kompleks, pada filter gabor tersebut terdapat enam parameter, yaitu :  $f$ ,  $\theta$ ,  $\delta_x$ ,  $\delta_y$ ,  $B_F$ , dan  $B_\theta$ . Bandwidth frekuensi dan agular ( $B_F$ ,  $B_\theta$ ) dapat diatur untuk nilai konstan yang sesuai dengan data phycovisual. Frekuensi ( $f$ ) dan orientasi ( $\theta$ ) mendefinisikan pusat lokasi dari filter tersebut. Untuk mendapatkan  $\delta_x$  dan  $\delta_y$ , maka digunakan persamaan (3.20) dan (3.21). Variabel  $\delta_x$  dihasilkan dengan mengatur frekuensi *cut off* sebesar -6dB, maka [7]:

$$\delta_x = \frac{\sqrt{\ln 2(2^{B_F} + 1)}}{\sqrt{2\pi f(2^{B_F} - 1)}} \quad (6)$$

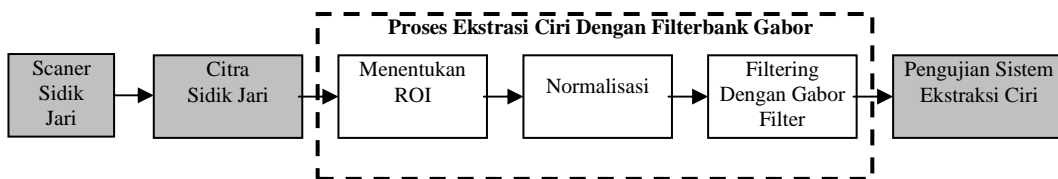
Dengan mengatur *cut-off* pada arah angular -6dB, maka  $\delta_y$  didapatkan :

$$\delta_y = \frac{\sqrt{\ln 2}}{\sqrt{2\pi f \tan(B_\theta / 2)}} \quad (7)$$

Posisi dari ( $f, \theta$ ) dan lebar pita ( $\delta_x, \delta_y$ ) dari filter Gabor pada domain frekuensi ditentukan secara hati-hati untuk mendapatkan informasi dari tekstur. Pada penelitian ini frekuensi filter diatur pada rata-rata frekuensi ridge ( $1/K$ ), dimana  $K$  adalah rata-rata jarak inter-ridge. Rata-rata jarak inter-ridge didekati kira-kira 10 piksel pada citra sidik jari 500 dpi . Jika  $f$  terlalu besar, maka ridge akan menyatu dengan citra yang difilter, tetapi jika terlalu kecil, maka ridge akan mengumpul jadi satu. Parameter lain dari *Filter bank* Gabor adalah besaran dari  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  (standar deviasi dari Gaussian). Jika  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  bernilai terlalu besar, maka filter akan menguatkan noise, tetapi lebih menghaluskan citra yang menyebabkan ridge dan valley pada sidik jari akan hilang. Jika nilai  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  terlalu kecil, maka filter tidak akan efektif menghilangkan noise. Secara empiris maka nilai  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  adalah 4.0 [8,9].

### Metode Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan penelitian seperti terdapat pada gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Diagram Blok tahapan penelitian

Pada diagram di atas terdapat tiga tahapan utama pada sistem ekstraksi ciri sidik jari yang berbasis Filterbank Gabor, yaitu : pengambilan citra sidik jari, proses ekstraksi ciri, dan pegujian sistem ekstraksi ciri.

### Pengujian dan Analisis

Hasil proses pengujian dapat ditampilkan pada panel-panel yang terdapat pada tampilan program simulasi. Sedangkan implementasi perangkat lunak dan analisis hasil pengujian dari sistem verifikasi sidik jari akan diuraikan di bawah ini.

## 1. Spesifikasi

Berikut ini adalah spesifikasi piranti yang digunakan untuk membuat sistem verifikasi sidik jari, baik perangkat lunak (*software*), maupun perangkat kerasnya (*hardware*).

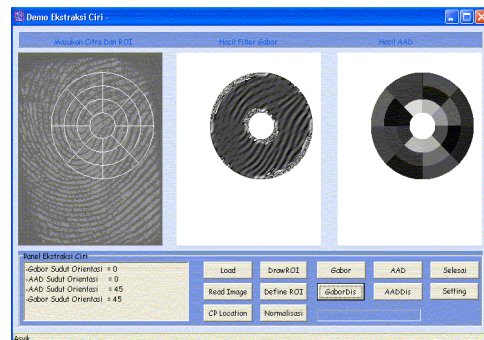
- Perangkat lunak utama yang digunakan untuk membuat program simulasi sistem verifikasi sidik jari adalah Borland Delphi 5.0 dan Matlab 6.1
- Untuk mengambil citra sidik jari digunakan Fingerprint Scanner buatan Infineon Finger TIP™ 1100 MF 1 V2.0 dengan ukuran citra 224 x 288 piksel resolusi 500 dpi.
- Personal Computer (PC) dengan spesifikasi Prosesor AMD Thenderbird 900 MHz, RAM 128 MB, VGA Card Savage 32 MB dengan setting layar monitor resolusi 800 x 600

## 2. Data Citra

Data citra sidik sebanyak 200 buah hasil pengambilan citra dengan menggunakan Fingerprint Scanner. Pada pengambilan citra dengan scanner sidik jari yang diambil adalah semua sidik jari secara acak, masing-masing orang melakukan scanner sebanyak dua kali.

## 3. Pengujian Sistem

Citra sidik jari akan dipilih dengan menggunakan fasilitas *Load*, kemudian semua tahapan proses dari algoritma filterbank gabor akan ditampilkan kedalam panel-panel yang telah tersedia. Adapun tombol-tombol (button) yang ada program ini mempunyai nama sesuai dengan proses yang akan dijalankan jika tombol tersebut ditekan seperti pada gambar 5.



Gambar 5 Sistem Ekstraksi Ciri Sidik Jari

## 4. Tahapan Ekstraksi Ciri

Pada pengujian ekstraksi ciri dilakukan per tahap mulai dari penentuan lokasi titik referensi, normalisasi, *Region of Interest* (ROI), dan pemfilteran dengan *filter bank* Gabor. Hasil dari proses ekstraksi ciri dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu :

### • 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 kedalam komponen intensitas. Pada langkah yang terakhir adalah menentukan nilai intensitas yang paling maksimum sebagai koordinat titik referensi  $A(i,j)$ .

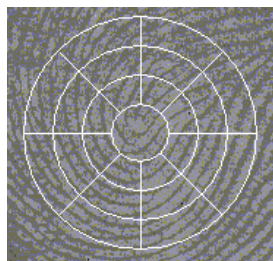
### • Menentukan *Region of Interest* (ROI),

Pada proses penentuan ROI adalah membagi daerah tersebut menjadi beberapa sektor. Pada penelitian ini kami membagi menjadi 8 sektor ( $k=8$ ), maka parameter yang ditentukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Parameter Region of Interest [8,9]

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

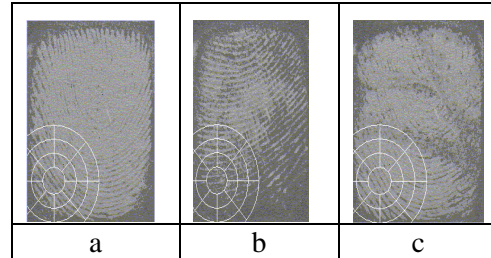
Seperti pada gambar 6, maka akan didapatkan 24 blok, asumsi dari  $b=20$  adalah bahwa citra dengan resolusi 500 dpi maka  $b$  dapat didekati dengan 20 piksel [8,9]. Sedangkan penentuan jumlah band didasarkan atas besarnya citra dalam hal ini besa citra yang digunakan adalah  $224 \times 288$  piksel dengan resolusi 500 dpi.



Gambar 6. Region of Interest dari Proses Ekstraksi Ciri

Akan tetapi untuk sidik jari yang rusak akibat dari proses pengambilan citra, sistem ini tidak dapat menemukan lokasi titik referensi dan akan berakibat ROI juga tidak sesuai dengan yang diharapkan. Kerusakan sidik jari diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu : kerusakan pada sidik jari dan tekanan pada sensor, adapun contoh gambar sidik jari yang rusak dan ditolak oleh sistem seperti pada gambar 7. Tampak pada gambar 7a dan 7b adalah kerusakan citra sidik jari yang diakibatkan oleh tekanan sidik jari

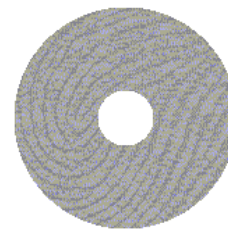
terhadap sensor, sedangkan pada gambar 7c adalah kerusakan citra sidik jari diakibatkan oleh kerusakan pada sidik jari.



Gambar 7 Contoh Citra Sidik Jari yang Rusak dan Ditolak Sistem

• **Normalisasi Citra**

Proses normalisasi dilakukan untuk menghilangkan efek dari sensor dan hasil proses normalisasi dengan menggunakan persamaan di atas seperti pada gambar 8.



Gambar 8 Hasil Proses Citra ternormalisasi

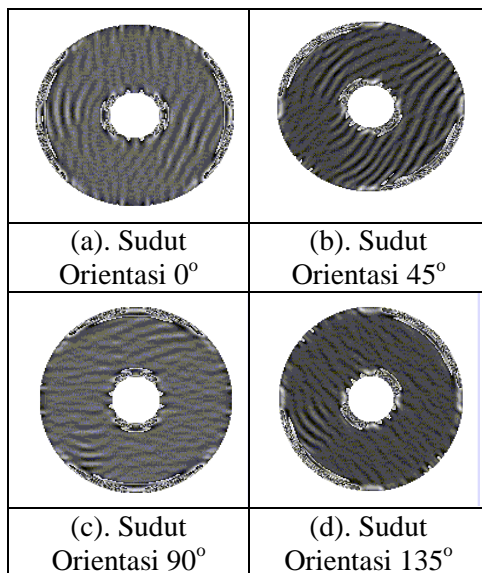
• **Pemfilteran dengan filter bank gabor**

Pada proses pemfilteran dengan filterbank gabor, maka parameter-parameter pada penelitian ini seperti pada tabel 2. Frekuensi filter ditentukan sebesar 10 piksel dengan asumsi bahwa citra dengan resolusi 500 dpi akan didekati dengan 10 piksel. Pertimbangan dengan menggunakan filter gabor  $23 \times 23$  adalah dengan mempertimbangkan jarak antar ridge dari citra sidik jari, pada penelitian ini jarak antar ridge pada citra 500 dpi didekati dengan 10 piksel.

Tabel 2 Parameter Filterbank Gabor [8,9]

Parameter	Simbol	Nilai
Frekuensi filter	$f(1/K)$	$0.1 \text{ pix}^{-1}$
Sudut orientasi	$\theta$	$0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$
Lebar pita frekuensi	$B_f$	$0,8 \approx 1$ oktaf
Lebar pita agular	$B_\theta$	$29,5^\circ \approx 30^\circ$
Standar deviasi	$\delta_x \text{ dan } \delta_y$	4,0
Meshgrid x	$x$ (filter $23 \times 23$ )	-11 s.d 11 step 1
Meshgrid y	$y$ (filter $23 \times 23$ )	-11 s.d 11 step 1

Minimal ukuran filter gabor yang diperlukan adalah dua kali jarak antar ridge ditambah satu ( $2 \times 10 + 1 = 21$ ), maka penggunaan ukuran filter gabor  $23 \times 23$  sudah masuk dalam persyaratan tersebut. Hasil pemfilteran dengan sudut orientasi  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ , dapat dilihat pada gambar 9 (a-d).



Gambar 9 Hasil Proses Pemfilteran Dengan Filter Gabor  $23 \times 23$

Dari hasil ekstraksi ciri tersebut akan didapatkan sebanyak 96 ( $24 \times 4$ ) ciri

dari 24 sektor untuk 4 buah filter. Adapun garfik tiga dimensi dari filter Gabor  $23 \times 23$  dapat dilihat pada gambar 9, grafik tersebut menggambarkan karakteristik dari filter Gabor  $23 \times 23$  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.

### Kesimpulan

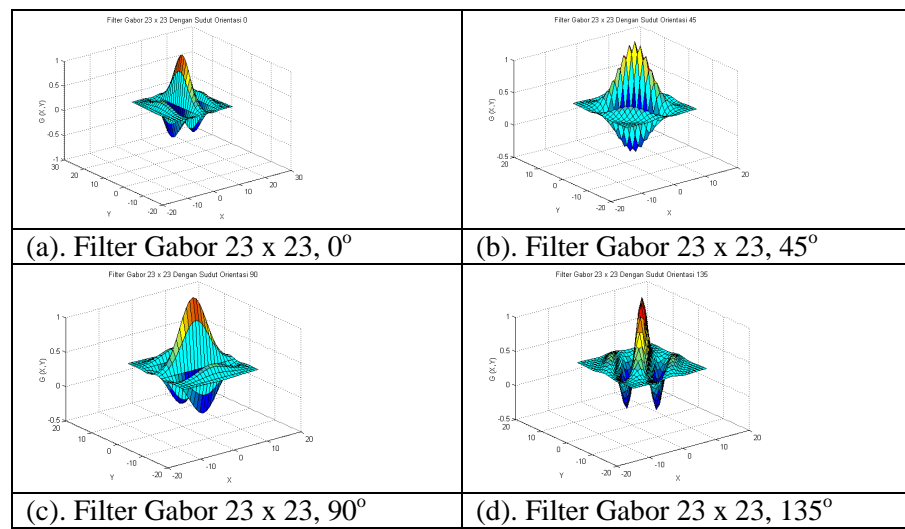
Dari hasil pengujian system secara keseluruhan dapat disimpulkan :

- Proses ekstraksi ciri dengan menggunakan algoritma filterbank Gabor dapat dilakukan dengan ukuran filter  $23 \times 23$  , sudut orientasi  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ , dan  $135^\circ$ .
- Filterbank Gabor sangat sensitive terhadap perubahan sudut orientasi dan frekuensi.
- Kerusakan pada sidik jari akan mengakibatkan titik referensi tidak dapat diidentifikasi.

### Referensi :

- [1]. James L.Wayman, "A Generalized Biometric Identification System Model", *IEEE*, 1998.
- [2]. A.K. Jain, L. Hong, S. Pankanti, and R. Bolle, "An Identity Authentication System Using Fingerprints", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 85, No.9, 1997.
- [3]. A.K. Jain, S. Prabhakar, and L. Hong, "A Multichannel Approach to Fingerprint Classification", *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent*, Vol.21, No.4, 1999.
- [4]. L.Hong, Y. Wan, and A.K. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation", *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent*, Vol.20, No.8, 1998.

- [5]. J.G. Daugman, "Uncertainty Relation for Resolution in Space, Spatial Frequency, and Orientation Optimized by Two-dimensional Visual Cortical Filter", *J.Opt.Soc.Amer. A*, Vol.2, 1985.
- [6]. J.G. Daugman, "High Confidence Recognition of Person by a Test of Statistical Independence", *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intellegent*, Vol.15, No.11, 1993.
- [7]. David A.C and M.E. Jernigan, "Designing Gabor Filter for Optimal Texture Separability", *Pattern Recognition*, Vol. 33, 2000.
- [8]. K. Karu and A.K. Jain, "Fingerprint Classification", *Pattern Recognition*, Vol. 29, No. 3, 1996.
- [9]. A.K. Jain, S. Prabhakar, L.Hong, and S. Pankanti, "Filterbank-based Fingerprint Matching", *IEEE Trans on Image Processing*, Vol. 9, No. 5, May 2000.



Gambar 9 Karakteristik Filter Gabor 23 x 23,  $f = 0.1 \text{ pix}^{-1}$ ,  $\delta_x = \delta_y = 4.0$  dengan Perubahan Sudut Orientasi