

## KLASIFIKASI SIDIK JARI MENGGUNAKAN METODE MINUTIAE

Mohamad Reza Syahziar<sup>1</sup>, Kemas Muslim Lhaksamana<sup>2</sup>, Said Al Faraby<sup>3</sup>

Ilmu Komputasi Fakultas Informatika Universitas Telkom, Bandung  
rezasyahziar@gmail.com<sup>1</sup>, kemas.muslim@gmail.com<sup>2</sup>, saidalfaraby@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

---

### ABSTRACT

Fingerprint classification is one of many biometric method that's already popular in this day and can be seen on various gadget like smartphone and laptop, that used to be a protection for users so that the system can be used by the authorized people only There is some method to do fingerprint classification like *pattern*, *minutiae*, *wavelet* and much more. This research will used fingerprint identification *minutiae* method, method feature extraction *Crossing Number* and *Corelation matching*. From the result in this research based on image resolution, window size, and *minimum distance*, the result is mean percentage of *FAR* smallest 25% and biggest 85%, percentage *FRR* smallest 0% and biggest 50%, percentage Matching Score smallest 47,95% and biggest 63,80%, with run time program smallest 8,20 s and biggest 20,24 s.

*Keywords: fingerprint classification, minutiae, crossing number, extraction, matching, spurious*

---

### ABSTRAK

Klasifikasi sidik jari merupakan salah satu metode biometrik yang sudah populer dan sudah dapat dijumpai pada berbagai macam alat canggih seperti smartphone dan laptop, sebagai pengaman dari suatu sistem agar pengguna dari sistem tersebut dapat dibatasi pada orang-orang yang berwenang. Terdapat beberapa metode yang digunakan pada sistem pengidentifikasian sidik jari seperti metode *pattern*, *minutiae*, *wavelet* dan masih banyak lagi. Pada penelitian akan digunakan metode *minutiae*, metode ekstraksi fitur *Crossing Number* dan metode pencocokan menggunakan *Corelation match*. Berdasarkan hasil penelitian resolusi gambar, besar window, dan *minimum distance* pada penelitian ini mendapatkan hasil rata-rata yaitu persentase *FAR* terkecil 25% dan terbesar 85%, persentase *FRR* terkecil 0% dan terbesar 50%, persentase Skor Matching terkecil 47,95% dan terbesar 63,80%, dengan waktu berjalannya program terkecil 8,20 s dan terbesar 20,24 s.

Katakunci: klasifikasi sidik jari, minutiae, *crossing number*, ekstraksi, *matching*, *spurious*

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Kata *biometric* merupakan penggabungan dua kalimat bahasa Yunani yaitu bios (kehidupan) dan metrikos (pengukuran). Pengukuran kehidupan pada biometric memiliki makna bahwa dapat dilakukannya pengenalan individu dengan pengukuran karakteristik atau perilaku yang dilakukan oleh individu tersebut, pengukuran dari perilaku dapat di lihat pada bagaimana seseorang berbicara, berjalan, memakai pakaian dan banyak lagi. Terdapat pula macam-macam pengidentifikasian biometrik berdasarkan karakteristik tubuh seseorang, seperti klasifikasi sidik jari, pengenalan suara, pengenalan wajah, identifikasi iris dan banyak lagi pengidentifikasian yang memanfaatkan bagian dari tubuh manusia. Klasifikasi sidik jari merupakan teknologi biometrik yang paling luas digunakan dibandingkan dengan teknologi biometrik yang lainnya [10], karena metode ini mudah untuk digunakan dan di telah dikembangkan sejak akhir abad ke 19. Pengklasifikasian sidik jari juga sudah sering dijumpai pada teknologi yang kita gunakan sehari-hari seperti smartphone dan laptop sebagai pengaman informasi yang ada di dalamnya.

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan akurasi yang cukup memuaskan, seperti pendekatan klasifikasi dengan mencari arah pola pada setiap pixel gambar yang kemudian digunakan algoritma ekstraksi fitur global seperti inti atau delta untuk klasifikasi sidik jari, pada penelitian tersebut didapatkan akurasi 85,4 % [5]. Terdapat pula penelitian berdasarkan klasifikasi sidik jari dengan *SVM* (suport vector machine) dengan akurasi 84% [5]. Ada pula penelitian dengan metode minutiae menggunakan ekstraksi fitur dengan metode *Crossing Number* yang dalam penelitiannya dilakukan percobaan akurasi sidik jari pada 10 orang yang diperoleh akurasi sekitar 70% sampai 90% [2].

Pada Penelitian ini akan dianalisis parameter-parameter apa saja yang mempengaruhi akurasi dan waktu yang dibutuhkan pada pengklasifikasian sidik jari. Metode yang akan dianalisis adalah metode minutiae dengan ekstraksi fitur minutiae *Crossing Number (CN)*, metode ini dipilih dikarenakan kompleksitas yang tidak tinggi

dan realistis untuk diimplementasi [10]. Terdapat *spurious minutiae* merupakan minutiae yang perlu dihilangkan dengan perhitungan *Euclidean Distance* agar dalam metode matching mendapat hasil yang lebih baik, metode matching yang akan digunakan *correlation matching* karena dapat diimplementasi dengan baik.

## 1.2. Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja parameter-parameter yang mempengaruhi klasifikasi sidik jari?
2. Bagaimana pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap performansi klasifikasi sidik jari?

## 1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apa saja parameter yang mempengaruhi klasifikasi sidik jari
2. Memahami pengaruh parameter yang ditemukan pada performansi klasifikasi sidik jari

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Klasifikasi Sidik Jari

Sidik jari merupakan pola yang ada pada permukaan jari manusia dengan sifat yang unik dan juga bersifat permanen pada setiap jari manusia. Sidik jari telah terbentuk saat bayi berada pada janin ibunya, tetapi perbedaan dari sidik jari tidak hanya disebabkan oleh faktor genetik tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi fisik yang unik. Perbedaan dari pola sidik jari ini digunakan sebagai pengidentifikasian suatu karakteristik manusia yang paling handal. Klasifikasi sidik jari merupakan proses yang menggunakan sidik jari sebagai pengenalan karakteristik suatu individu.

### 2.2. Metode Minutiae

Minutiae merupakan pola-pola garis yang berkumpul menjadi satu menjadi pola sidik jari manusia [1]. Minutiae memiliki jenis, dan arahnya masing-masing, dalam satu sidik jari dapat terbentuk dari ratusan minutiae sebagai karakteristik suatu individu. Jenis-jenis minutiae yang ada pada sidik jari yaitu seperti *dots* (titik), *island* (pulau) bentuknya seperti dots tetapi lebih panjang, *bifurcation* yang bentuknya awalnya terdiri dari dua baris yang lalu bergabung menjadi satu garis, *ridge termination* yang bentuknya garis yang terputus, *lake* (danau) yang bentuknya pada suatu garis di tengahnya terdapat perpisahan garis menjadi dua tetapi garis kembali lagi seperti semula yang berbentuk seperti danau pada tengah garis, *crossover* yang berbentuk dua garis yang tersambung oleh satu garis diantara dua kedua garis tersebut, dan banyak lagi jenis atau bentuk minutiae yang lainnya [2].

### 2.3. Image Preprocessing

Proses *image preprocessing* merupakan proses untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum diproses dengan metode ekstraksi dan matching dengan baik, maka gambar sidik jari diperlukan dengan kualitas yang baik. Pada penelitian ini terdapat empat langkah yang dilakukan pada proses *image preprocessing* adalah sebagai berikut:

- Normalisasi

Karena gambar pada seluruh database sudah *grayscale* jadi proses yang pertama dilakukan adalah normalisasi gambar dengan metode *histogram equalization*. Metode ini digunakan untuk menyesuaikan nilai intensitas atau grey level pada suatu gambar, jadi normalisasi merupakan proses untuk menyesuaikan atau menetralkan suatu intensitas pada gambar agar dapat dibaca dengan rata. *Histogram equalization* biasanya digunakan nilai intensitas [0 255] dapat dilakukan dengan perhitungan berikut:

$$h(v) = \text{round} \left( \frac{cdf(v) - cdf_{min}}{(M \times N) - 1} \times (L - 1) \right) \quad (1)$$

- Binerisasi

Binerisasi merupakan proses transformasi gambar *grayscale* menjadi gambar hitam putih atau gambar biner. Pada sebuah gambar nilai akan direpresentasikan pada pixel dengan warna putih akan bernilai 1 (satu) dan pada pixel dengan warna hitam bernilai 0 (nol) [2]. Jika nilai pada pixel lebih kecil dari pada nilai threshold, maka nilai menjadi 0 (nol) dan jika nilai pada pixel lebih besar dari pada nilai threshold maka nilai menjadi 1 (satu). Hasil akhir dari proses ini berupa nilai pixel gambar nol atau satu

- Smoothing

Smoothing dilakukan untuk meningkatkan kualitas gambar sidik jari agar tingkat akurasi hasil klarifikasi dan tertangkapnya minutiae pada ekstraksi minutiae dapat berjalan dengan baik. Pada penelitian ini digunakan *mean filter*, digunakan karena prosesnya yang sederhana dan dapat menghilangkan noise dengan baik. Sesuai dengan metode tersebut digunakan mask sebagai filter yang berukuran 3x3 pada penelitian ini, nilai dari mask tersebut adalah 1/9 yang didapat dari 1/ jumlah pixel yang ada pada mask yang digunakan. Mask tersebut digunakan untuk menghitung nilai rata-rata pixel gambar.

- Thinning

Thinning merupakan proses untuk membuat garis pada gambar sidik jari agar lebarnya menjadi satu pixel. Proses ini tidak akan mengubah lokasi (x,y) dan sudut ( $\theta$ ) dari minutiae, Jadi perhitungan minutiae tidak akan terganggu. *Thinning* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *hit and miss* dengan menggunakan beberapa mask untuk menghapus pixel putih di sekitar inti dari nilai garis, jika garis sudah bernilai 1 pixel maka tidak ada penghapusan nilai lagi. Hasil dari Thinning adalah garis berwarna putih dan background berwarna hitam agar dapat diproses pada ekstraksi fitur.

#### 2.4. Ekstraksi Fitur

Minutiae extraction merupakan langkah untuk mengekstraksi minutiae yang ada pada gambar sidik jari dan mengetahui jumlah dari minutiae tersebut. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk ekstraksi minutiae, metode tersebut bergantung pada proses image *preprocessing* yang telah dilakukan. Untuk gambar yang sudah melalui proses Binerisasi tetapi tidak melalui proses *thinned*, dapat digunakan metode *Chaincode*, *Run Representation*, *Ridge Flow and Local Pixel Analysis*. Sedangkan gambar yang melalui proses Binerisasi dan *thinned*, dapat digunakan metode *Crossing Number* atau *Morphology*. Pada penelitian ini melalui proses *preprocessing* Binerisasi dan *thinned*, maka metode yang dapat digunakan adalah metode *Crossing Number* atau *Morphology*. Karena proses yang digunakan tidak kompleks, lebih kecil pemrosesan datanya, dan realistis untuk diimplementasi, maka digunakan metode *Crossing number* pada penelitian ini. Berikut adalah metode *Crossing Number*:

- Crossing Number (CN)

Metode *Crossing Number* atau *Connectivity Number* merupakan metode yang menggunakan sample matrix ukuran 3x3 untuk mendeteksi minutiae jenis apa yang ada pada sidik jari.

Tabel 1. *Matrix 3x3 Neighbourhood*

P <sub>4</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>2</sub>
P <sub>5</sub>	P	P <sub>1</sub>
P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>

Matrix 3x3 tersebut digunakan untuk menghitung nilai CN pada gambar sidik jari, dengan membaca setiap pixel yang ada pada gambar dengan memperhitungkan nilai pixel apakah 0 atau 1. Nilai CN dapat dihitung sebagai berikut:

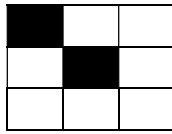
$$CN = 0.5 \sum_{i=1}^8 |p_i - p_{i+1}|, p_9 = p_1 \quad (2)$$

Jenis minutiae akan diketahui dengan nilai CN yang didapat sesuai pada tabel berikut:

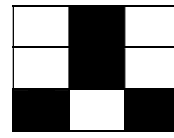
Tabel 2. *Tabel nilai CN*

CN	PROPERTY
0	Isolated point
1	Ridge ending point
2	Continuing ridge point
3	Bifurcation point
4	Crossing point

Pada metode *Crossing Number*, hanya diperlukan penggunaan beberapa jenis minutiae. Pada penelitian ini akan digunakan dua jenis minutiae yaitu *Ridge ending point* (CN = 1) dan *Bifurcation point* (CN = 3). Kedua minutiae tersebut digunakan karena terbukti efektif berdasarkan penelitian



Gambar 1. Ridge ending point



Gambar 2. Bifurcation point

## 2.5. Eliminasi Spurious Minutiae

Hasil ekstraksi minutiae selanjutnya akan dihilangkan *spurious* minutiae atau minutiae palsu yaitu minutiae yang sebenarnya bukanlah minutiae yang seharusnya tidak saling berdekatan, *spurious* minutiae dapat dihilangkan jika memenuhi 2 syarat sebagai berikut:

1. Jarak antara minutiae satu dengan yang lain berdekatan
2. Jarak antara minutiae yang sama satu dengan yang lain berdekatan

Jarak tersebut dapat dihitung menggunakan *euclidean distance* yang rumusnya adalah sebagai berikut:

$$D(m1_i, m2_j) = \sqrt{((x1_i - x2_j)^2 + (y1_i - y2_j)^2)} \quad (3)$$

Jika nilai  $D < \min\_Dis$  maka minutiae akan dihapus, dimana  $\min\_Dis$  merupakan jarak minimal yang dapat diterima dari minutiae satu dengan yang lainnya. Proses ini akan membuat minutiae berkurang dan menjadikan hasil akurasi minutiae yang tersisa lebih akurat.

## 2.6. Matching

Minutiae yang tersisa dari gambar akan dibandingkan dengan hasil minutiae yang ada pada database menggunakan metode *correlation matching*. Dengan  $m$  pada  $T$  dan  $Q$  menunjukkan nilai minutiae, sedangkan  $m$  dan  $n$  pada variabel  $i$  dan  $j$  menunjukkan banyaknya minutiae yang ada pada gambar,  $T$  akan diproses terlebih dahulu dengan normalisasi sebagai pembanding gambar yang ada pada database. Matrix yang terbentuk dari  $m_i$  awalnya akan di normalisasi dahulu agar lebih jelas terbaca nilai matrixnya yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$W1 = \frac{w1(i,j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (w1(i,j) \times w1(i,j))}} \quad (4)$$

Dicari kovarian dengan menghitung terlebih dulu nilai yang ada pada matrix minutiae gambar input  $W1$  dengan matrix minutiae gambar database  $W2$ . Untuk mendapatkan nilai kovarian perlu dicari terlebih dahulu rata-rata nilai matrix lalu cari nilai substrak dari matrix  $W1$  dan  $W2$  yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$Mean(W1) = \frac{\sum_1^N W1}{N} \quad (5)$$

$$Sub(W1) = W1 - Mean(W1) \quad (6)$$

$$Cov(W1, W2) = \frac{\sum_1^N Sub(W1) \times Sub(W2)}{N} \quad (7)$$

Dicari nilai rata-rata (mean) dan substraksinya untuk kedua matrix untuk mendapatkan nilai kovarian, selanjutnya dicari nilai standar deviasi untuk kedua matrix  $W1$  dan  $W2$  dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Std(W1) = \sqrt{\frac{\sum_1^N (Sub\_w1)^2}{N}} \quad (8)$$

Nilai standar deviasi dicari untuk kedua matrix  $W1$  dan  $W2$  lalu dengan nilai kovarian dicari nilai korelasi dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\rho(W1, W2) = \frac{Cov(W1, W2)}{Std(W1) \times Std(W2)} \quad (9)$$

Nilai maksimum dari hasil korelasi adalah +1 yang menunjukkan matrix  $W1$  dan  $W2$  berkorelasi tinggi searah dan nilai minimum berlawanan arah -1, minutiae dianggap sama jika nilai korelasi maksimum atau bernilai +1. Score akan digunakan sebagai penentu apakah gambar sidik jari sama atau tidak dengan nilai toleransi 70 %, nilai *FRR* (*False Rejection Rate*) dan *FAR* (*false Accepted Rate*) dapat dihitung dengan membandingkan hasil matching yang salah dengan jumlah keseluruhan percobaan yang dapat didapat dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Score = \left( \frac{N_{ma}}{N_{Minutiae}} \right) \times 100 \quad (10)$$

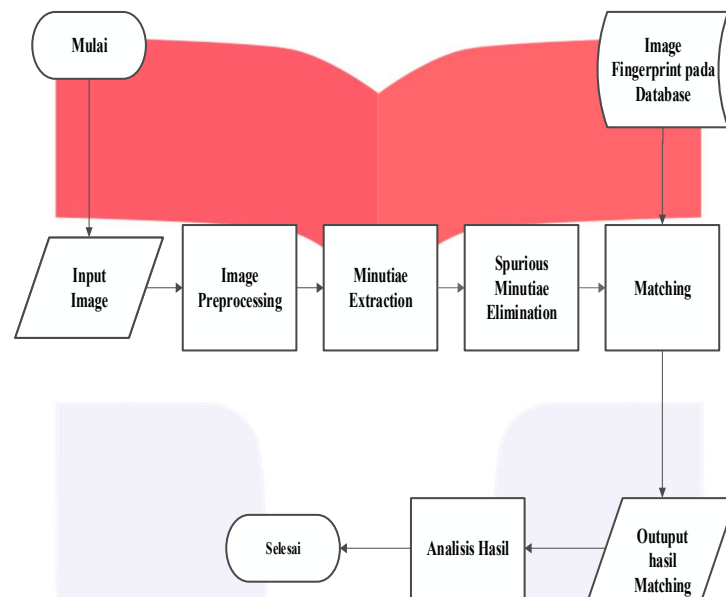
$$FRR = \left( \frac{FR}{N_{test}} \right) \times 100 \quad (11)$$

$$FAR = \left( \frac{FA}{N_{test}} \right) \times 100 \quad (12)$$

$$Match\_Score = \frac{\sum_{i=1}^{N_{im}} Im\_score_i}{N_{im}} \quad (13)$$

### 3. Gambaran Umum Sistem

Pada penelitian ini akan diberikan gambaran langkah-langkah dalam mengidentifikasi sidik jari menggunakan metode minutiae, berikut gambaran dari proses identifikasi sidik jari dengan metode minutiae yang akan digunakan pada penelitian ini:



Gambar 3. Gambaran sistem yang akan digunakan

#### 3.1. Dataset

Pada bagian ini akan dibahas mengenai dataset yang digunakan pada penelitian ini. Data diperoleh dari Dosen pembimbing yang diambil 20 gambar sidik jari dengan bermacam-macam pola dan berformat .png. Pada penelitian ini ingin dilakukan analisis pengaruh resolusi gambar maka gambar yang beresolusi 260x330 pixel pada database 1 diperkecil 25% menjadi 195x248 pixel yang disimpan pada database 2.

### 4. Hasil dan Pengujian

#### 4.1. Strategi Pengujian

Adapun strategi pengujian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pengaruh nilai *threshold* minutiae dilakukan dengan memberikan nilai yang berbeda pada besar window matching dan jarak minimum eliminasi *spurious* minutiae. yaitu dengan nilai secara berurut (10,9), (12,11), dan (15,15).
2. Pengujian pengaruh resolusi gambar akan dilakukan dengan gambar yang sama hanya saja dengan 2 besar resolusi dataset. Yaitu dengan resolusi gambar 260x330 pixel dan gambar 25% lebih kecil dengan 195x248 pixel.
3. Hasil pengujian berupa persentase akurasi *FAR*, *FRR*, Match Score, dan waktu program berjalan yang akan dianalisis pengaruh berapa nilai window matching, jarak minimum eliminasi *spurious* minutiae dan besar resolusi gambar sidik jari untuk matching sidik jari.

## 4.2. Hasil dan Analisis

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hasil dan analisis klasifikasi sidik jari, gambar hasil *preprocessing* diproses ekstraksi minutiae dan proses eliminasi *spurious* minutiae, berikut merupakan hasil pengamatan eliminasi *spurious* minutiae dengan resolusi gambar 260x330 pixel dan gambar 195x248 pixel dengan menggunakan nilai *minimum distance* atau jarak minimum 10, 12 dan 15. Berikut tabel hasil eliminasi *spurious* minutiae pada penelitian ini:

Tabel 3. Hasil eliminasi *spurious* minutiae dengan resolusi gambar 260x330 pixel

Min_Dis	Sebelum		Sesudah		Eliminasi	Persentase (%)
	REP	BP	REP	BP		
10	61	107	30	49	89	52,75
12	61	107	20	38	110	65,69
15	61	107	12	23	133	79,07

Tabel 4. Hasil eliminasi *spurious* minutiae dengan resolusi gambar 195x248 pixel

Min_Dis	Sebelum		Sesudah		Eliminasi	Persentase (%)
	REP	BP	REP	BP		
10	36	130	13	32	121	72,88
12	36	130	10	23	134	80,63
15	36	130	6	13	148	88,83

Dari Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa eliminasi *spurious* minutiae cukup banyak, pada Tabel 5 terdapat jumlah rata-rata minutiae *ridge ending point*(REP) dan *bifurcation point* (BP) sebelum dan sesudah proses dengan nilai *minimum distance* yang berbeda. Nilai persentasi Tabel 4 cukup besar yang didapatkan berdasarkan nilai resolusi gambar yang lebih kecil dari pada gambar pada Tabel 4, karena semakin kecil resolusi gambar maka akan semakin dekat posisi minutiae satu dengan yang lain yang membuat eliminasi *spurious* minutiae lebih banyak. Jika proses eliminasi *spurious* minutiae dihilangkan maka minutiae yang digunakan untuk proses matching akan terlalu banyak dan performansi untk klasifikasi akan terhambat. Berikut merupakan hasil jika proses eliminasi *spurious* minutiae dihilangkan:

Tabel 5. Hasil klasifikasi proses matching  
window=9

Image Resolution	FAR (%)	FRR (%)	Skor Matching (%)	Time (s)
260x360 piksel	20	70	46,55	15,87
195x248 piksel	20	80	45,05	18,00

Tabel 6. Hasil klasifikasi proses matching  
window=12

Image Resolution	FAR (%)	FRR (%)	Skor Matching (%)	Time (s)
260x360 piksel	30	65	46,90	15,74
195x248 piksel	20	70	44,95	17,82

Tabel 7. Hasil klasifikasi proses matching window=15

Image Resolution	FAR (%)	FRR (%)	Skor Matching (%)	Time (s)
260x360 piksel	30	70	45,45	15,51
195x248 piksel	25	70	46,05	18,40

Dari Tabel 5, 6 dan 7 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *FRR* sangat besar, ini disebabkan oleh skor matching yang kecil dikarenakan minutiae yang banyak membuat pencocokan atau matchng antara minutiae tidak akurat dan membuat skor matching kecil. Sedangkan waktu untuk nilai window yang berbeda tidak memiliki perbedaan

yang signifikan hanya saja perbedaan pada resolusi membuat waktu berjalan program resolusi 195x248 piksel menjadi lebih lama karena minutiae yang terbaca lebih banyak dan kemungkinan besar dari minutiae yang terbaca sebagian besar adalah *spurious* minutiae atau minutiae palsu. Oleh karena itu proses eliminasi *spurious* minutiae sangatlah penting dalam menjalankan klasifikasi sidik jari.

Berikut merupakan hasil dengan proses eliminasi *spurious* minutiae, minutiae yang didapatkan melalui proses eliminasi *spurious* minutiae dilanjutkan pada proses matching dengan metode korelasi. Berikut tabel hasil matching korelasi dengan besar window matching dan minimum distance pada eliminasi *spurious* minutiae yang berbeda :

Tabel 8. Hasil klasifikasi proses matching window=9 & min\_dis=10

Image Resolution	FAR (%)	FRR (%)	Skor Matching (%)	Time (s)
260x360 piksel	25	55	47.95	20,42
195x248 piksel	35	55	50.05	12,39

Tabel 9. Hasil klasifikasi proses matching window=12 & min\_dis=11

Image Resolution	FAR (%)	FRR (%)	Skor Matching (%)	Time (s)
260x360 piksel	40	35	50.35	11,41
195x248 piksel	60	30	54.70	8,89

Tabel 10. Hasil klasifikasi proses matching window=15 & min\_dis=15

Image Resolution	FAR (%)	FRR (%)	Skor Matching (%)	Time (s)
260x360 piksel	75	5	55.85	10,98
195x248 piksel	85	0	63.80	8,20

Dapat dilihat pada Tabel 8, 9, dan 10 bahwa semakin besar nilai window dan *minimum distance* akan membuat skor matching semakin besar, ini dikarenakan minutiae yang digunakan untuk proses matching akan semakin sedikit yang jika terlalu sedikit maka minutiae yang cocok antara satu dengan yang lain akan semakin banyak walaupun sebenarnya bukanlah minutiae yang benar dan ini membuat perhitungan skor menjadi semakin besar nilainya. Semakin besar skor matching juga akan membuat nilai *FAR* akan semakin membesar karena kesalahan menerimanya suatu sidik jari akan semakin besar dan nilai *FRR* akan semakin mengecil karena nilainya berpindah ke *FAR*. Sedangkan waktu yang diperlukan dalam menjalankan program akan semakin kecil karena semakin kecilnya resolusi gambar, mengecilnya proses match minutiae karena minutiae yang sedikit.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian klasifikasi sidik jari menggunakan metode minutiae pada penelitian ini terdapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian pengaruh parameter *minimum distance* dan ukuran window menunjukkan bahwa semakin besar nilai *minimum distance* maka akan semakin banyak minutiae yang tereliminasi. Didapatkan hasil persentase eliminasi 52,75% pada nilai *minimum distance* terkecil dan 79,07% pada nilai *minimum distance* terbesar pada resolusi gambar 260x330 pixel dan hasil didapatkan 72,88% pada nilai *minimum distance* terkecil dan 88,83% pada nilai *minimum distance* terbesar pada gambar 195x248 pixel.
2. Pengujian resolusi gambar, besar window, dan *minimum distance* dengan proses eliminasi *spurious* minutiae pada penelitian ini mendapatkan hasil rata-rata yaitu persentase *FAR* terkecil 25% dan terbesar 85%, persentase *FRR* terkecil 0% dan terbesar 50%, persentase skor matching terkecil 47,95% dan terbesar 63,80%, dengan waktu berjalannya program terkecil 8,20 s dan terbesar 20,24 s.

### 5.2. Saran

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian klasifikasi sidik jari menggunakan metode minutiae pada penelitian ini terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Pada proses *preprocessing* diperlukannya proses tambahan atau proses yang lebih menjelaskan gambar agar proses ekstraksi minutiae hasilnya dapat lebih maksimal.
2. Diperlukannya gambar dengan resolusi yang baik untuk proses klasifikasi suatu data, karena ini sangat berpengaruh dalam penelitian mengenai pemrosesan atau pemahaman suatu gambar.
3. Diperlukan suatu proses *alignment* agar proses matching dapat lebih mudah dan tidak terlalu terbebani karena perlu membandingkan keseluruhan minutiae. Dengan *alignment* maka diperlukan sudut dan proses penjajaran suatu garis pada sidik jari yang akan meningkatkan tingkat kecocokan suatu minutiae.

## 6. Daftar Pustaka

- [1]. Subba Reddy Borra, G.Jagadeeswar Reddy, dan E.Sreenivasa Reddy,"A Broad Survey on Fingerprint Recognition Systems", IEEE, 2016.
- [2]. Sandip Pawar, Ajit Ghodke, Bharatratna P.Gaikwad, dan Gayatri P Wakhure,"A Survey of Minutiae Extraction from Various Fingerprint Images", IJARCSEE, 2016.
- [3]. Chandana, Surendra Yadav, dan Manish Mathuria,"Fingerprint Recognition based on Minutiae Information", *International Journal of Computer Application*, vol. 120, No.10, 2015.
- [4]. Roli Bansai, Priti Sehgal, dan Punam Bedi,"Minutiae Extraction from Fingerprint Images- a Review" IJCSI, 2011.
- [5]. Monowar Hussain, Sarat Saharia, dan Dhruba Kr Bhattacharyya,"An Effective Method for Fingerprint Classification", *International Arab Journal of e-Technology*, vol. 1, No.3, 2010, India.
- [6]. Mikel Galar, Joaquin Derrac, Daniel Peralta, Isaac Triguero, Daniel Paternain, Carlos Lopez-Moliana, Salvador Garcia, Jose M.Benitez, Miguel Pagola, Edurne Barrenechea, Humberto Bustince, dan Francisco Herrera,"A Survey of Fingerprint Classification Part I: Taxonomies on Feature Extraction Methods and Learning Models", ELSEVIER, 2015.
- [7]. Komal Sondhi, dan Yogesh Bansal,"Fingerprint Matching Using Minutiae Points", IJSC, vol. 5, no. 1, 2014.
- [8]. Neeraj Bhargava, Ritu Bhagarva, manish Mathuria, dan Minaxi Cotia,"Fingerprint Matching using Ridge-End and Bifurcation Points", *International Conference in Recent Trends in Information Technology and Computer Science*, 2012.
- [9]. B.Sudeepthi, Md.Imaduddin, dan D.Kavitha,"Comparison of Fingerprint Minutiae matching Technologies", *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, vol. 9, Issue 6, 2014.
- [10]. R. K. Nagathane, dan H. S. Fadewar,"Matching of Altered Fingerprint using Minutiae Technique", IJARCSSE, vol. 5, Issue 7, 2015.
- [11]. Aliyu Tukur,"Fingerprint Recognition and Matching using Matlab", THE IJES, vol. 4, Issue 12, 2015.
- [12]. NIST Special Database 4,"NIST 8-Bit Gray Scale Images of Fingerprint Image Groups(FIGS)", Retrieved from "<https://www.nist.gov/srd/nist-special-database-4>".
- [13]. Nandakumar Karthik, Jain Anil K., "Local Correlation-based Fingerprint Matching", ICVGIP,2004,Kolkata.
- [14]. Golabi Sasan, Saadat Saiid, Helfroush Mohammad Sadegh, tashk Ashkan."A Novel Thinning Algorithm with Fingerprint minutiae Extraction Capability", *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol. 4, No. 4, August 2012
- [15]. Li Jiang, Tulyakov Sergey, Zhang Zhi, and Govindaraju Venu,"Fingerprint Matching Using Correlation and Thin-Plate Spline Deformation Model".