

## Sistem Pengenalan Sidik Jari menggunakan Metode Template Matching

Denny Alriza Pratama<sup>1</sup>, Adiwijaya<sup>2</sup>, Said Al Faraby<sup>3</sup>

Ilmu Komputasi Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>denny.alriza@gmail.com, <sup>2</sup>adiwijaya@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>saidalfaraby@telkomuniversity.ac.id

---

### Abstrak

Sidik jari merupakan salah satu contoh biometrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti untuk mengenal identitas orang dan sebagai pengaman barang pribadi. Sidik jari mempunyai karakteristik yang unik untuk setiap individu dan memiliki sifat yang konsisten sepanjang waktu. Dengan adanya sidik jari, identitas seseorang dapat diketahui melalui pola-pola yang ada di sidik jari. Namun pola sidik jari sangat rumit menyebabkan sidik jari sangat sulit dicocokkan secara manual. Dibutuhkan sistem klasifikasi yang dapat mendeteksi kecocokan pola sidik jari dengan akurat. Terdapat beberapa metode klasifikasi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sidik jari seperti *minutiae*, *wavelet*, dan masih banyak lagi. Pada sistem klasifikasi sidik jari ini terdapat beberapa tahap dalam perancangan sistem, yaitu tahap *image enhancement*, *feature extraction*, dan *matching*. Pada penelitian ini, metode *minutiae* dipilih dengan menggunakan *hit or miss transform* dan metode pencocokan menggunakan *template matching*. Pengukuran performansi dilakukan setelah tahap-tahap perancangan sistem dilakukan. Hasil penelitian sistem klasifikasi sidik jari tanpa *alignment pattern* mampu memberikan performa sistem sebesar 48.97%, dan performa sistem dengan penambahan proses *alignment pattern* sebesar 67.92%.

**Kata kunci :** sidik jari, image enhancement, morphology, template matching, matching, alignment pattern

---

### Abstract

Fingerprint are one example of biometrics used everyday such as to recognize the identity of the person and as a security of personal item. Fingerprint have unique characteristic each individual and have consistent properties over time. With fingerprint, one's identity can be known through the patterns in the fingerprint. Fingerprint patterns is so complicated to matched manually. The required system can match the fingerprint accurately. There are several classification methods that can be used to identity fingerprint such as *minutiae*, *wavelet*, and more. In this fingerprint classified system there are several stages in system design there are image enhancement, feature extraction, and matching. In this research, the *minutiae* method is choosen by using *hit or miss transform* and matching method using *template matching*. Performance measurement will be done after system design stage is done. The result of research fingerprint classification system without *alignment pattern* can give performance system equal to 48.97%, and the performance of the system with the addition of *alignment pattern* 67.92%.

**Keywords :** fingerprint, image enhancement, morphology, template matching, matching, alignment pattern

---

### 1. Pendahuluan Latar Belakang

Sistem biometrik merupakan salah satu cara untuk mengenali seseorang berdasarkan bagian tubuh atau perilaku. Sidik jari adalah sistem biometrik yang sering digunakan dalam teknologi pada zaman ini yang biasanya digunakan untuk melacak identitas pelaku tindak criminal dan di kantor untuk mengidentifikasi karyawannya, hal ini dikarenakan sidik jari setiap orang bersifat unik dan memiliki pola yang berbeda-beda dan permanen, lebih mudah dan lebih akurat bila dibandingkan dengan biometrik lainnya. Pendekatan dan klasifikasi sidik jari dapat diperoleh dari pola-pola yang ada di sidik jari seperti arch, loop, whorl[1].

Terdapat banyak metode untuk membuat sistem klasifikasi sidik jari dengan hasil yang berbeda-beda, para peneliti terus mengembangkan sistem klasifikasi sidik jari agar tingkat akurasi dan waktu yang diproses efektif dan efisien. Pada penelitian [5] dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan *Morphological Extraction* yang memberikan hasil akurasi sebesar 58.8%, sedangkan pada penelitian [14] penambahan *alignment* pada proses *matching* memberikan hasil akurasi sebesar 91.17%. Sesuai dengan penelitian yang ada sebelumnya, penulis akan menggunakan ekstraksi ciri *Morphological Extraction* dan menambahkan proses pendukung pada tahap *matching* pada klasifikasi sidik jari di penelitian ini.

Performansi sistem klasifikasi sidik jari bergantung pada proses *matching* dan ekstraksi ciri. Untuk mengetahui performansi yang baik dibutuhkan sebuah proses yang mendukung pada saat *matching*. *Alignment point pattern* merupakan salah satu contoh proses untuk membantu performansi pada saat proses *matching*. Pada penelitian ini, penulis menganalisis pengaruh *alignment point pattern* terhadap akurasi klasifikasi sidik jari, yang diharapkan akan mendapatkan akurasi yang lebih baik. Metode *minutiae* yang dilakukan menggunakan *hit or miss transform* pada ekstraksi ciri, dan tahap pencocokannya dengan metode *template matching*. Metode ini dipilih karena tingkat kekompleksitasannya yang tidak tinggi, sehingga mudah di realisasikan dan di implementasikan.

### Topik dan Batasannya

Dalam penelitian ini penulis menganalisis dan membangun sistem untuk klasifikasi sidik jari, serta mengamati parameter-parameter yang mempengaruhi performansi sistem klasifikasi sidik jari. Pada pengerjaannya terdapat batasan-batasan masalah pada pengerjaan sistem klasifikasi sidik jari ini yaitu sidik jari yang diuji adalah ibu jari yang dipindai menggunakan *scanner* dan format gambar berupa PNG. Terdapat banyak pola sidik jari namun yang diamati pada penelitian ini adalah pola *ridge ending* dan *bifurcation* yang dikerjakan menggunakan perangkat lunak MATLAB 7.1.

### Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mampu merancang sistem klasifikasi sidik jari dan menganalisis performa sistem klasifikasi sidik jari terhadap parameter-parameter yang digunakan.

## 2. Studi Terkait

### 2.1 Klasifikasi Sidik Jari

Sidik jari memiliki banyak pola yang sulit diidentifikasi karena faktor genetik manusia yang berbeda-beda. Dengan adanya perkembangan teknologi para ahli mempelajari bentuk-bentuk sidik jari pada manusia sehingga dapat diidentifikasi dengan akurat dan cepat. Cara pengklasifikasian sidik jari merupakan cara yang sering digunakan untuk membangun sistem pengenalan sidik jari. Klasifikasi sidik jari membagi data pola garis alur sidik jari kedalam kelompok-kelompok kelas ciri yang menjadi karakteristik sidik jari tersebut untuk mempercepat proses identifikasi[15].

### 2.2 Image Enhancement

*Image enhancement* atau bisa disebut dengan *preprocessing* merupakan operasi yang ada dalam jenis-jenis pengolahan citra. Menurut Ifan Hari Pradana pada jurnal[17] *image enhancement* adalah suatu proses untuk mengubah sebuah citra menjadi citra baru sesuai kebutuhan yang diinginkan melalui fungsi transformasi, operasi matematis, pemfilteran, dan lain-lain. *Image Enhancement* berfungsi untuk meningkatkan fitur tertentu pada citra, sehingga tingkat keberhasilan dalam pengelolaan gambar berikutnya menjadi lebih tinggi[12]. Pada tahap *image enhancement* citra sidik jari diproses untuk mendapatkan hasil citra dengan kualitas yang baik. Citra yang berkualitas baik akan membantu pada saat proses ekstraksi ciri, karena pola-pola citra sidik jari sudah dapat terlihat dengan jelas.

### 2.3 Ekstraksi Ciri

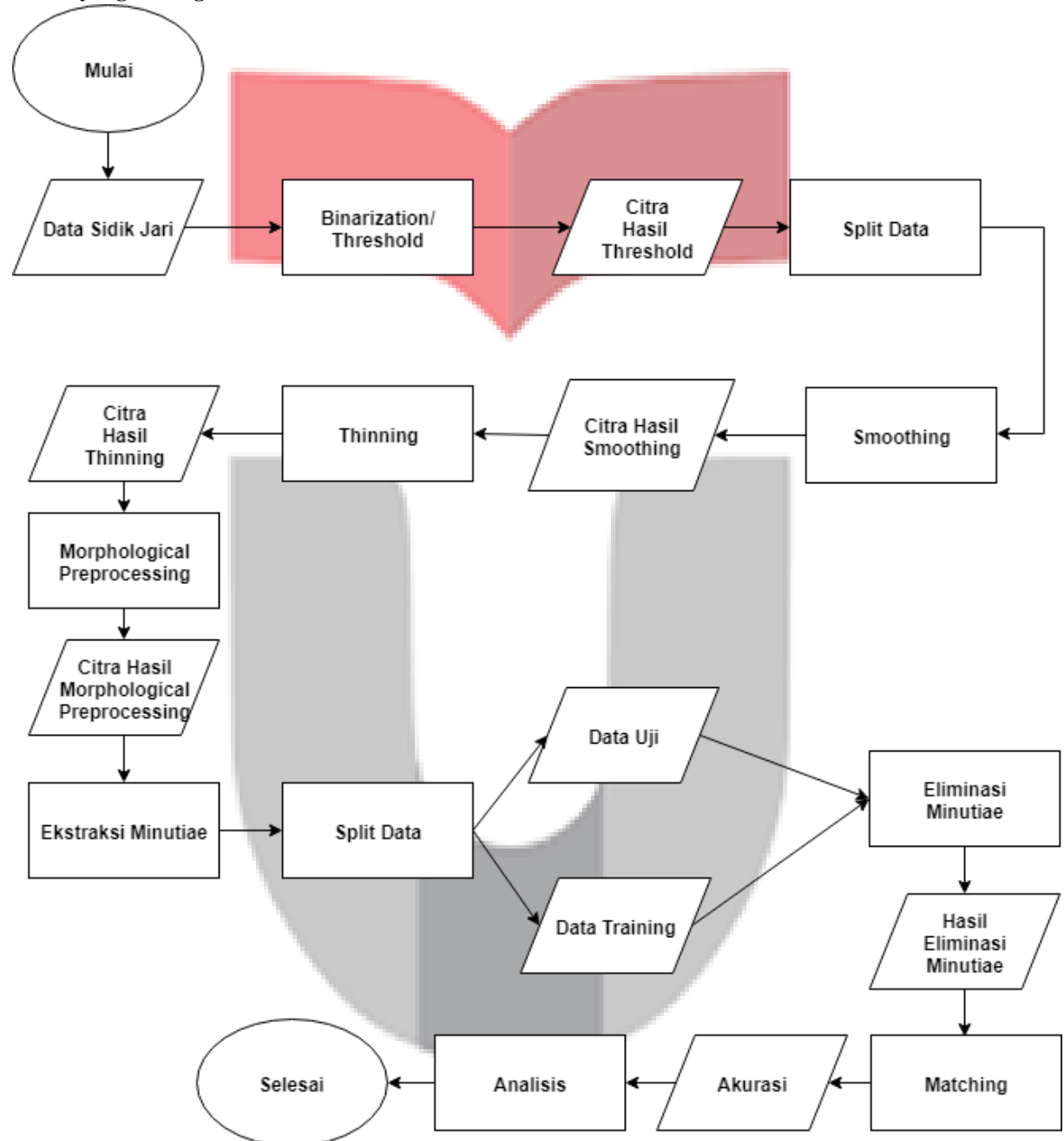
Ekstraksi ciri pada citra merupakan tahapan mencari ciri/informasi dari objek didalam citra yang ingin dikenali/dibedakan dengan objek lainnya. Ciri yang telah di ekstraksi akan digunakan sebagai parameter/nilai masukan untuk membedakan objek satu dengan yang lainnya pada tahap klasifikasi[13]. Dalam sistem pengenalan sidik jari ada beberapa pola yang harus diekstraksi, yang paling umum adalah pola *ridge ending* dan *bifurcation*. *Ridge ending* adalah guratan pola yang terputus pada sisi jari, sedangkan *bifurcation* adalah guratan sidik jari yang memiliki percabangan. Dalam klasifikasi sidik jari terdapat beberapa metode ekstraksi ciri untuk mengenali objek-objek pada citra sidik jari seperti yang tertulis pada[16] dengan menggunakan ekstraksi *minutiae*, ekstraksi *singular point*, *segmentation of fingerprint*, dan masih banyak lagi.

### 2.4 Matching

Beberapa metode *matching* yang tertulis di buku[16] yaitu *Elastic Minutiae Matching Using Thin-Plate Splines*, *Likelihood Ratio-Based Biometric Verificaion*, dan *Correlation-Based Fingerprint Matching*. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *correlation matching/template matching*. Metode *template matching* merupakan proses dimana suatu citra masukan yang memiki titik-titik *minutiae* akan dibandingkan dengan

template pada basis data. Langkah tersebut diulangi terhadap keseluruhan citra masukan yang akan dibandingkan[6]. Citra sidik jari yang paling sesuai/cocok yaitu dimana nilai kesesuaian titik yang paling besar antara citra masukan dan citra template.

### 3. Sistem yang Dibangun



Gambar 6. Flowchart Sistem Klasifikasi Sidik Jari

Data yang digunakan dalam sistem klasifikasi sidik jari merupakan data hasil scanner yang berukuran 330x260. Data yang digunakan sebanyak 60 citra sidik jari, dimana 20 citra uji dan 40 citra training dengan orang yang berbeda. Sistem yang dibangun pada penelitian ini melewati beberapa proses sebagai berikut:

#### 3.1 Image Preprocessing

Pada penelitian ini ada 3 cara *image preprocessing* untuk mendapatkan citra yang berkualitas baik yaitu :

- *Binarization*

Metode *binarization* merupakan metode yang mengkonversi citra *grey scale* yang nilainya [0 255] menjadi hitam dan putih dengan nilai 0 dan 1[7]. Nilai 0 dan 1 pada citra *binarization* atau biasa disebut dengan proses *threshold* di dapat dari persamaan :

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0, & \text{jika } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

Dimana T yang digunakan adalah *threshold* global yang nilainya 128.

- *Smoothing*

Penggunaan *smoothing filter* bertujuan untuk meminimalisir noise yang ada pada citra sidik jari. Ada beberapa metode *smoothing* pada pengolahan citra digital, namun pada penelitian ini digunakan *mean* dan *median filter*. Pada *Mean filter* digunakan mask sebagai filter yang berukuran 3x3, nilai dari *mask* tersebut adalah 1/9 yang didapat dari 1/jumlah piksel yang ada pada *mask* yang digunakan[7]. Sedangkan *median filter* mempertimbangkan nilai piksel pada citra yang ada sekelilingnya dan menggantikan nilai tengah pada citra 3x3 yang sudah diurutkan dari nilai yang paling kecil ke yang paling besar[8].

- *Thinning*

Algoritma dari *thinning* yaitu membuang/menghapus piksel-piksel yang ada pada suatu garis sampai garis menjadi satu piksel[5]. *Thinning* sangat membantu untuk menemukan pola-pola sidik jari pada saat proses ekstraksi ciri, karena pola-pola sidik jari akan terlihat jelas sehingga mudah untuk dideteksi.

### 3.2 Morphological Preprocessing

Tahap ini bertujuan untuk mengurangi noise-noise yang masih tersisa setelah tahap *image preprocessing*. Pada *morphological preprocessing* akan menghilangkan noise seperti : *isolated island removal*, *bridge removal*, dan *spur removal*[10][11]. Hal ini akan mempermudah pendeteksian pada tahap ekstraksi ciri karena beberapa noise terdeteksi sebagai minutiae.

1. *Isolated island removal* membaca matriks 3x3 dan mengubah matrik 2,2 yang berisi 0 menjadi 1.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{ Menjadi } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 1. Matriks Proses *Isolated Island Removal*

2. *Bridge removal* menghapus *H-connected pixel*.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{ Menjadi } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 2. Matriks Proses *Bridge Removal*

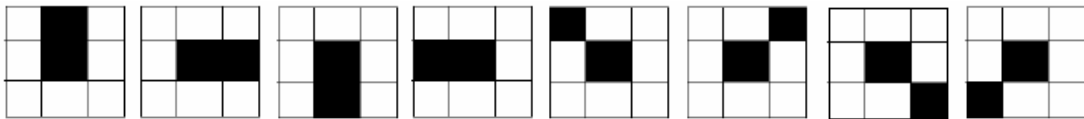
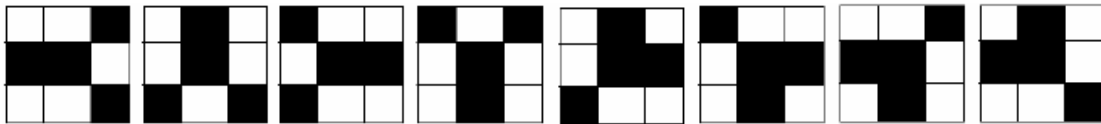
3. *Spur removal* menghapus *spur pixel*.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ Menjadi } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 3. Matriks Proses *Spur Removal*

### 3.3 Hit and Miss Transform

Ekstraksi minutiae merupakan salah satu cara yang digunakan dalam sistem klasifikasi sidik jari, karena prosesnya mudah dipelajari dan dipahami. Dalam pengerjaan sistem ekstraksi minutiae terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu *Crossing Number* dan *Morphology*. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Morphology* menggunakan *hit and miss transform* untuk mengekstraksi minutiae. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi dua komponen/jenis minutiae yaitu *ridge termination* dan *bifurcation termination* dari proses *image preprocessing*[5]. Metode *hit and miss transform* merupakan metode yang menggunakan sampel matriks 3x3 untuk mendeteksi *ridge termination* dan *bifurcation termination*. *Ridge termination* dan *bifurcation termination* didapat dengan cara mencari kecocokan dari matriks *ridge termination* dan *bifurcation termination* terhadap citra yang sudah mengalami proses *image preprocessing*. Berikut ini disertakan gambar *ridge termination* dan *bifurcation termination* yang diambil dari jurnal[3].

Gambar 4. Matriks *Ridge Termination*Gambar 5. Matriks *Bifurcation Termination*

### 3.4 Eliminasi Minutiae

Pada proses ekstraksi ciri, ada noise yang muncul dimana minutiae-minutiae itu adalah minutiae yang berdekatan dan tidak digunakan pada proses selanjutnya. Pada tahap ini minutiae-minutiae yang berdekatan akan dihapuskan sesuai jarak yang sudah ditentukan. Dalam hal ini jarak yang di tentukan adalah lima piksel dengan menggunakan metode *hit and miss transform*. Dengan menggunakan matriks berukuran 5x5, proses eliminasi minutiae mencari titik-titik minutiae lebih dari satu dan menghapus minutiae dalam cakupan matriks 5x5 yang prosesnya berulang sampai matriks akhir pada citra.

### 3.5 Template Matching

Tahap ini dibagi dalam 2 bagian yaitu :

#### 1. Alignment

Sebelum menuju tahap *alignment*, *ridge ending* yang terdeteksi di bagian tertentu di ekstraksi menjadi dengan menambahkan tiga titik sehingga *ridge ending* membentuk sebuah garis. Dimana pada tahap ini mentransformasikan translasi dan rotasi antara citra masukan dan citra template dalam database[15] yang sudah menjadi sebuah garis. Ada beberapa langkah dalam proses *alignment* ini yang pertama mentranslasikan titik *ridge ending* dengan mengubah koordinat citra masukan supaya sama dengan citra template, setelah *ridge ending* dari citra masukan berada pada citra template, ujung ekor dari *ridge ending* citra masukan akan bergerak  $1^\circ$  kearah yang ditentukan.

#### 2. Matching

Setelah langkah *alignment* selesai, dilakukan pencocokan titik-titik minutiae antara citra masukan dan citra *template* yang ada di database. Titik-titik minutiae yang memiliki letak koordinat yang sama antara citra masukan dan citra *template* akan dihitung jumlahnya. Nilai kemiripan sidik jari diperoleh dari titik-titik yang benar/memiliki letak koordinat yang sama antara citra masukan dan citra *template*. Dimana tingkat kemiripan citra dapat dicari dengan persamaan :

$$Score = \frac{\sum \text{Titik Citra Uji Benar}}{\sum \text{Titik Citra Template}} \quad (2)$$

Sedangkan untuk akurasi performansi sistem dapat dihitung dengan persamaan :

$$Akurasi = \frac{\sum \text{Data Uji Citra Benar} \times \sum \text{Score}}{\sum \text{Total Data Uji}} \quad (3)$$

## 4. Evaluasi

### 4.1 Hasil Pengujian

Pada pengerjaan sistem pengenalan sidik jari menguji mean dan median filter citra dengan resolusi gambar 260x330 dan citra di resize 3/5 dari resolusi citra aslinya menjadi 156x198 dengan *alignment point pattern* dan hanya merotasi citra inputan dari  $-30^\circ$  sampai  $30^\circ$  dengan putaran  $5^\circ$  setiap satu iterasi tanpa adanya translasi. Hal ini bertujuan untuk membandingkan dari nilai rata-rata persentase keberhasilan pada saat matching, dan waktu yang diperlukan sistem dari proses pemilihan citra masukan sampai citra template terbaik terpilih menjadi citra yang cocok ke citra masukan. Berikut adalah hasil dari proses klasifikasi sidik jari.

Tabel 1. Hasil Klasifikasi Sidik Jari Dengan Resolusi Gambar 260x330

Filter	Akurasi (%)	Waktu(/s)
Mean	39.78	971
Median	44.81	842

Pada Tabel 1 hasil klasifikasi sidik jari menggunakan citra asli dengan merotasi  $60^\circ$  terhadap citra masukan memiliki persentase paling baik sebesar 44.81% dan waktu paling cepat adalah 842 detik.

Tabel 2. Hasil Klasifikasi Sidik Jari Dengan Resolusi Gambar 156x198

Filter	Akurasi (%)	Waktu(/s)
Mean	44.25	507
Median	48.97	428

Pada Tabel 2 hasil klasifikasi sidik jari dengan mengubah resolusi gambar citra aslinya menjadi 156x198 dengan merotasi  $60^\circ$  terhadap citra masukan memiliki persentase terbaik sebesar 48.97% dengan waktu 428 detik.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Proses *Alignment Point Pattern* Resolusi Gambar 260x330

Filter	Akurasi(%)	Waktu(/s)
Mean	63.12	386
Median	67.92	346

Pada Tabel 3 hasil klasifikasi sidik jari dengan menambahkan proses *alignment point pattern* memiliki persentase paling baik sebesar 67.92% dan waktu paling cepat adalah 346 detik.

#### 4.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan Tabel 1 hasil yang diperoleh persentase terbaik yang didapatkan sebesar 44.81%, karena banyak minutiae-minutiae yang terdeteksi, sehingga memungkinkan beberapa citra teridentifikasi dengan citra yang salah. Hal ini disebabkan banyaknya minutiae yang ada pada citra template, sehingga menjadi acuan untuk teridentifikasi citra masukan yang memiliki sedikit minutiae terhadap citra template yang salah. Penggunaan median filter menjadi yang paling efektif karena median filter memiliki kemampuan menghilangkan noise-noise lebih baik dari filter lainnya.

Berdasarkan Tabel 2 dengan mengubah resolusi citra menjadi 156x198 memperoleh hasil terbaik sebesar 48.97%, karena minutiae-minutiae citra masukan dan citra template yang terdeteksi semakin sedikit sehingga pada saat proses *matching* semakin baik. Hal tersebut membuat performa sistem klasifikasi sidik jari menjadi lebih baik, karena minutiae yang ada di citra template memiliki minutiae yang lebih sedikit, sehingga citra inputan dapat menyesuaikan dengan kelas sebenarnya.

Berdasarkan Tabel 3 dengan menambahkan proses *alignment point pattern* memperoleh hasil terbaik sebesar 67.92%, hasil tersebut didapat karena dengan menambahkan proses *alignment point pattern* membuat *ridge ending* citra masukan bergerak menuju titik *ridge ending* pada citra template dan memutar citra masukan kearah citra template, sehingga membuat titik-titik minutiae dapat terdeteksi dengan baik. Pada percobaan dengan proses *alignment point pattern* tidak dapat mengubah citra menjadi lebih kecil seperti percobaan pada Tabel 2 dan dapat diperkirakan memperoleh akurasi yang lebih baik lagi, tetapi akan banyak mengubah fitur pada proses *alignment* itu sendiri.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis sistem klasifikasi pada penelitian ini, penulis mengambil kesimpulan pada pengujian dengan tidak menambahkan proses *alignment point pattern* menghasilkan performa terbaik dengan nilai akurasi sebesar 48.97% menggunakan median filter citra berukuran 156x198 dengan waktu proses 428 detik. Sedangkan untuk pengujian dengan menambahkan proses *alignment point pattern* mampu memperoleh performansi terbaik sebesar 67.92% dan waktu proses 346 detik dengan menggunakan median *smoothing filter*.

Berdasarkan analisis terhadap pengujian sistem klasifikasi sidik jari pada penelitian ini terdapat beberapa saran yaitu diperlukan suatu proses *orientation field estimation* dan *fingerprint region localization* pada tahap enhancement, karena membantu menghubungkan guratan-guratan yang terputus jauh, sehingga meminimalisir noise yang disebabkan oleh guratan-guratan yang terputus. Untuk putaran rotasi sudut saat proses *alignment point pattern* sebaiknya mengetahui sudut perpindahan dari ekor *ridge ending*, untuk memudahkan dan memastikan rotasi dari *ridge ending* sehingga tidak terlalu banyak iterasi yang terjadi.

## Daftar Pustaka

- [1] Subba Reddy Borra, G Jagadeeswar Reddy, dan E. Sreenivasa Reddy 2016. A Broad Survey on Fingerprint Recognition System.
- [2] Manvjeet Kaur, Mukhwinder Singh, Akshay Gildhar, dan Parvinder S. Shandu 2008. Fingerprint Verification System using Minutiae Extraction Technique.
- [3] Monowar Hussain, Sarat Saharia, dan Dhruva Kr Bahttacharyya 2010. An Effective Method for Fingerprint Classification.
- [4] D. Maio and D. Maltoni 1997. Direct gray scale minutia detection in fingerprints.
- [5] Roli Bansal, Priti Sehgal, and Punam Bedi. Effective Morphological Extraction of True Fingerprint Minutiae based on the Hit or Miss Transform.
- [6] Ifan Hari Pradana. 2015. Klasifikasi Citra Sidik Jari Berdasarkan Enam Tipe Pattern Menggunakan Metode Euclidean Distance.
- [7] Mohamad Reza Syahziar 2017. Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Metode Minutiae.
- [8] Puneet and Naresh Kumar Garg 2013. Binarization Technique used for Grey Scale Image.
- [9] R. Fisher, S. Perkins A., and E. Wolfart. 2003. Median Filter. [Online] Available at : <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/median.htm/> [Accessed Feb 2018].
- [10] Prat, William K. 1991. Digital Image Processing. John Wiley & Sons, Inc.
- [11] Haralick, Robert M., and Linda G. Shapiro. 1992. Computer and Robot Vision, Volume I. Addison-Wesley.
- [12] Ade. 2009. Image Processing. [Online] Available at : <http://ndoware.com/image-processing.html> [Accessed Feb 2018].
- [13] Adi Pamungkas. 2017. Ekstraksi Ciri Citra. [Online] Available at : <https://pemrogramanmatlab.com/pengolahan-citra-digital/ekstraksi-ciri-citra-digital/> [Accessed Feb 2018].
- [14] Anil Jain, Lin Hong, and Ruud Bolle 1997. On-Line Fingerprint Verification.
- [15] M. Syamsa Ardisasmita. 2004. Pengembangan Model Matematika Untuk Analisis Sistem Identifikasi Sidik Jari Otomatis.
- [16] Asker M. Basen. 2012. Fingerprint Identification – Feature Extraction, Matching, and Database Search.
- [17] Adiwijaya. 2014. Aplikasi Matriks Dan Ruang Vektor. Yogyakarta, Graha Ilmu.
- [18] Adiwijaya. 2016. Matematika Diskrit dan Aplikasinya. Bandung, Alfabeta
- [19] Adiwijaya, Aulia, M.N Mubarok, M.S.,Novia, W.U. and Nhita, F. 2017. A Comparative Study of MFCC-KNN and LPC-KNN for Hijaiyyah Letters Pronunciation Classification System. In Information and Communication Technology(ICoIC7), 2017 5<sup>th</sup> International Conference on(pp.1-5). IEEE.
- [20] Aziz, R.A., M.S. and Adiwijaya, A., 2016. Klasifikasi Topik Pada Lirik Lagu Dengan Metode Multinomial Naive Bayes. In Indonesia Ssymposium on Computing (IndoSC)2016.

Telkom  
University