

Implementasi Alignment Point Pattern Pada Sistem Pengenalan Sidik Jari Menggunakan Template Matching

Try Moloharto¹, Said Al Faraby², Kemas Muslim Lhaksana³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹trymoloharto@students.telkomuniversity.ac.id, ²saidalfaraby@telkomuniversity.ac.id,

³kemasmuslim@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sidik jari merupakan salah satu dari sistem identifikasi *biometric*. Hal ini dikarenakan sidik jari memiliki pola yang unik dan berbeda pada setiap manusia, sehingga identifikasi menggunakan sidik jari sudah tidak dapat diragukan lagi. Namun, pencocokan sidik jari secara manual sangat sulit dilakukan karena kerumitan pola yang ada didalamnya. Karena itu, dibutuhkan sistem yang dapat mengenali sidik jari secara akurat. Dalam sistem pengenalan sidik jari dibutuhkan 3 proses tahapan yaitu *image enhancement*, ekstraksi ciri, dan pencocokan. Pada penelitian ini, metode *Crossing number* digunakan sebagai proses ekstraksi *minutiae* dan *template matching* sebagai pencocokan. Ditambahkan juga proses *alignment point pattern* yaitu proses perputaran dan pergeseran guratan sidik jari untuk meningkatkan performa sistem. Hasil penelitian memberikan performa sebesar 18,54% dengan proses pencocokan tanpa *alignment point pattern*, dan memberikan performa 67,40% dengan menambahkan proses *alignment point pattern*.

Kata kunci : pengenalan sidik jari, alignment point pattern, ekstraksi minutiae, crossing number. template matching

Abstract

Fingerprints is one of biometric identification system. This is because fingerprints have unique and different pattern in every human, so identification using fingerprints can no longer be doubted. But, manual fingerprint recognition by human hard to apply because of the complex pattern on it. Therefore, an accurate fingerprint matching system is needed. There are 3 steps needed for fingerprint recognition system, namely image enhancement, feature extraction, and matching. In this study, crossing number method is used as a minutiae extraction process and template matching is used for matching. We also add alignment point pattern process added, which are ridge translation and rotation to increase system performance. The system provide a performance of 18,54% with a matching process without alignment point pattern, and give performance of 67,40% by adding alignment point pattern process.

Keywords: fingerprint recognition, alignment point pattern, minutiae extraction, crossing number, template matching

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Biometric merupakan identifikasi otomatis dalam diri seseorang yang mengacu kepada kondisi fisik seseorang tersebut [1]. Saat ini, *biometric* menjadi subjek yang sering diteliti oleh para ilmuwan dalam bidang forensik. Sidik jari merupakan salah satu bagian *biometric* yang paling umum dan terpercaya dalam identifikasi personal. Hal ini disebabkan oleh faktor originalitas, kestabilan, kondisi, dan keunikan pada sidik jari setiap individu [2]. Tapi dalam kenyataannya, proses pengenalan sidik jari banyak memiliki gangguan pada proses ekstraksi citra dan pencocokan. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti *human error*, *image noise*, atau data yang rusak [3].

Dalam perkembangan saat ini, Penelitian mengenai pengenalan sidik jari sudah banyak dilakukan. Berbagai metode digunakan untuk melakukan identifikasi sidik jari. Salah satunya adalah *template matching*. *Template matching* merupakan metode yang sangat cocok untuk pembuktian sidik jari. Namun prosesnya memerlukan waktu yang cukup lama, karena melewati beberapa proses seperti *image enhancement* dan ekstraksi sidik jari.

Dalam Tugas akhir ini ditambahkan proses *alignment point pattern* sebelum melakukan proses *matching*. Proses tersebut dilakukan dengan melakukan translasi dan rotasi pada setiap *ridge* pada citra data uji dengan *ridge* lain pada setiap citra di dalam *database*. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dan performa sistem saat proses pencocokan menggunakan metode *template matching*.

Topik dan Batasannya

Topik dan Batasan Dalam penelitian ini penulis menganalisis dan membangun sistem untuk pengenalan sidik jari, serta mengamati parameter-parameter yang mempengaruhi performa sistem pengenalan sidik jari. Pada pengerjaannya terdapat batasan-batasan masalah pada pengerjaan sistem pengenalan sidik jari ini yaitu sidik jari yang diuji adalah ibu jari yang dipindai menggunakan scanner dan format gambar berupa PNG dengan resolusi 330x260 pixel. Terdapat banyak pola sidik jari namun yang diamati pada penelitian ini adalah pola *ridge ending* dan *bifurcation* yang dikerjakan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2014A

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh parameter-parameter yang ada pada sistem baik pada proses *preprocessing*, ekstraksi *minutiae* dan *matching*. Tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh serta performa yang dihasilkan dengan menambahkan proses *alignment point pattern* pada pengenalan sidik jari.

Organisasi Tulisan

Setelah pendahuluan, berikut bagian yang akan dibahas dalam penelitian ini.

1. Studi terkait, berisi mengenai semua landasan teori awal mengenai sistem pengenalan sidik jari.
2. Perancangan sistem, berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan sistem pengenalan sidik jari. Dimulai dari *preprocessing*, ekstraksi *minutiae*, hingga *matching*.
3. Evaluasi, berisi hasil dan analisis dari sistem yang dibuat.
4. Kesimpulan, berisi hasil penyimpulan yang didapat dari proses evaluasi sesuai dengan permasalahan dan tujuan awal.

2. Studi Terkait

Penelitian mengenai pengenalan sidik jari telah banyak dilakukan. Berbagai metode dilakukan untuk terus mengembangkan dan meningkatkan akurasi dan performa dalam pengenalan sidik jari. Beberapa diantaranya adalah klasifikasi sidik jari menggunakan metode *Crossing Number* yang dilakukan oleh Nagathane [6]. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan 10 citra di dalam database sebagai pembanding. Penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 70-90%.

Penelitian lain juga dilakukan mengenai proses alignment citra yang dilakukan oleh Ramoser [5]. Dalam penelitiannya, Algoritma RANSAC digunakan untuk menggabungkan citra sidik jari dengan posisi pengambilan yang berbeda, 10 citra sidik jari digunakan sebagai data set dengan 3 posisi yang berbeda di setiap citra. Algoritma ini berhasil menggabungkan 3 citra yang berasal dari sidik jari yang sama tanpa merusak kualitas citra dan proses ekstraksi minutiae.

Pengenalan Sidik Jari

Pengenalan sidik jari merupakan salah satu sistem identifikasi berbasis *biometric*. Tahap-tahap pengenalan sidik jari terdiri dari pengenalan guratan sidik jari, menentukan pola sidik jari, proses pengambilan citra, pengenalan citra, dan proses pencocokan pola sidik jari. Banyak teknik yang dapat digunakan untuk mengenali hal ini [12]. Poin yang perlu diperiksa sebelum menentukan data sidik jari adalah apakah sidik jari termasuk guratan sidik jari yang dinamakan dengan *ridge*.

Ciri khas yang dimiliki suatu guratan pola sidik jari berbeda antara satu orang dengan orang lain. Sifat khas yang dimiliki oleh sidik jari antara lain [4]:

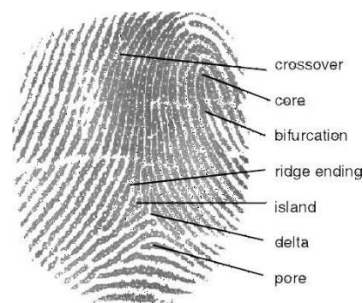
1. *Perennial nature*, yaitu guratan-guratan pada sidik jari yang melekat pada kulit manusia seumur hidup.
 2. *Immutability*, yaitu sidik jari seseorang tidak pernah berubah, kecuali mendapatkan kecelakaan yang serius.
 3. *Individuality*, pola sidik jari adalah unik dan berbeda untuk setiap orang.
- Perbedaan pola dari sidik jari tersebut bisa digunakan sebagai identifikasi seseorang.

Image Enhancement

Image enhancement merupakan operasi-operasi yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra. Menurut Nur Wakhidah pada jurnal [11] *image enhancement* adalah suatu operasi atau teknik untuk lebih mendetailkan sebuah citra. Proses peningkatan mutu citra bertujuan untuk memperoleh citra yang dapat memberikan informasi sesuai dengan tujuan atau kepentingan pengolahan citra. 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 [7].

Minutiae

Berasal dari bahasa latin "minutus" yang berarti kecil, minutia adalah perpotongan guratan-guratan (*ridge*) kulit yang membentuk sidik jari manusia. Minutia terdapat dalam berbagai macam pola/bentuk [10]. Bentuk-bentuk dari *minutiae* akan di deskripsikan pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk-bentuk Minutiae

Berikut Pengertian dari setiap bagian:

1. *Crossover*, perpotongan yang menyerupai huruf X.
2. *Bifurcation*, percabangan sebuah ridge
3. *Ridge Ending*, akhir dari sebuah ridge
4. *Core*, titik terdalam pada sebuah lengkungan ridge

5. *Island*, ridge atau sebuah guratan pendek yang tidak bercabang, tidak memiliki lengkungan dalam, atau pun perpotongan.
6. *Delta*, titik dimana terdapat perpotongan dari tiga buah ridge

Ekstraksi Minutiae

Merupakan tahapan untuk mengekstraksi *minutiae* yang ada pada gambar sidik jari untuk mendapatkan jumlah dari *minutiae* tersebut. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk ekstraksi *minutiae*. Metode tersebut tergantung kepada proses *image Enhancement* yang dilakukan. Metode *Chaincode*, *Run representation*, *Ridge Flow*, dan *Local Pixel Analysis* digunakan apabila proses binarisasi citra dilakukan tanpa menambahkan proses *image thinning*. *Crossing Number* (CN) atau *Morphology* dapat digunakan apabila proses *image binarization* dan *image thinning* dilakukan. Dalam tugas akhir ini, proses binarisasi dan *image thinning* dilakukan. Karena itu, proses *Crossing Number* (CN) dipilih sebagai proses ekstraksi *minutiae*.

Minutiae Matching

Metode ini memanfaatkan titik-titik *minutiae* sebagai bahan perbandingan, ada dua macam bentuk minutia yang digunakan sebagai referensi, yaitu *ridge ending* dan *ridge bifurcation*. Kedua bentuk *minutiae* tersebut paling umum digunakan meskipun masih banyak macam dari *minutiae* seperti yang dideskripsikan pada sebelumnya pada gambar 1.

Pada metode *Minutia matching* yang digunakan sebagai fitur pembanding adalah tipe minutia, posisi koordinat relatif *minutiae*, dan sudut kemiringan *minutiae*. Metode ini dipandang lebih fleksibel dibandingkan *pattern based matching*, karena tetap dapat bekerja secara optimal apabila sebagian dari sidik jari terluka atau terkelupas [10].

3. Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini akan diberikan gambaran mengenai rancangan sistem yang akan dibangun, pengumpulan dan pengolahan data, dan scenario yang akan dilakukan untuk sistem pengenalan sidik jari. Berikut output citra dari sistem:

Dataset

Data yang digunakan yaitu data gambar pindaian sidik jari dengan menggunakan mesin *scanner* berformat PNG dengan resolusi 330x260 pixel dari data sidik jari karyawan Telkom University. Digunakan sebanyak 60 data sidik jari dimana 20 citra merupakan data uji, dan 40 citra merupakan data latih. Satu orang memiliki 1 data uji dan 2 data latih. Sampel data yang digunakan akan di deskripsikan pada gambar 2.



Gambar 2. Sampel Citra Dataset dari 1 orang

Image Preprocessing

Pada tahap *preprocessing*, input awal citra akan diolah agar *noise-noise* dalam citra dapat dihilangkan untuk dilakukan proses ekstraksi. Tahap *preprocessing* citra adalah sebagai berikut:

Normalisasi

Normalisasi ini dilakukan untuk mendapatkan citra yang normal yaitu citra yang variansi 1 dan *mean*-nya 0 [10]. Normalisasi terhadap citra dilakukan dengan cara sebagai berikut [2]:

$$lm_{norm} = \frac{lm - \min(lm)}{\max(lm - \min(lm))} \quad (1)$$

Binarisasi

Merupakan metode yang mengkonversi citra hasil normalisasi menjadi hitam dan putih dengan nilai 0 dan 1. Metode ini biasa disebut dengan proses *threshold* yang di dapat dari persamaan :

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{jika } f(x, y) > T \\ 0, & \text{jika } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

Dimana T merupakan *threshold* global dengan nilai 0,5. Dengan nilai piksel 1 adalah putih dan piksel 0 adalah hitam.

Mean dan Median Filter

Pada *mean filter*, digunakan *filter mask* dengan ukuran 3x3, nilai dari *mask tersebut* adalah 1/9 yang didapat dari 1/jumlah piksel yang ada pada mask yang digunakan [7]. *Median Filter* merupakan *filter* yang mempertimbangkan nilai piksel pada citra yang ada di sekitarnya dan menggantikan nilai tengah pada citra 3x3 yang telah diurutkan dari nilai terkecil ke nilai terbesar [7].

Block Estimation Direction dan Segmentation

Untuk mengestimasi arah blok untuk setiap citra sidik jari dengan ukuran blok 16x16 berikut langkah yang dilakukan:

1. Hitung nilai gradient berarah x (g_x) dan gradient berarah y (g_y) untuk setiap piksel di dalam blok.
2. Untuk setiap blok, gunakan formula:

$$\tan 2\theta = 2 \frac{\sum \sum (g_x * g_y)}{\sum \sum (g_x^2 - g_y^2)} \quad (3)$$

Pada setiap piksel untuk mendapatkan kuadrat terkecil dari setiap blok.

Tujuan dari *image segmentation*/segmentasi citra adalah untuk mengesktraksi *region of interest (ROI)*. Dalam identifikasi sidik jari, ROI merupakan daerah yang hanya memuat citra sidik jari. Segmentasi citra sangat berpengaruh terhadap performa dari sistem pengenalan sidik jari. Dalam sistem ini, *morphological operation* "open" dan "close" digunakan sebagai pendekatan pada proses segmentasi citra [8]. Operasi "open" bertujuan untuk memperluas citra, sedangkan "close" bertujuan untuk menyusutkan citra dan menghilangkan rongga pada citra.

Morphological Preprocessing

Operasi ini bertujuan mengurangi *noise* dari proses yang telah sebelumnya. Dalam tahap ini, akan dilakukan proses *morphological preprocessing* untuk menghilangkan *isolated island pixel*, *H-connected pixel*, dan *spur pixel*.

1. *Isolated island removal*, membaca matriks 3x3 dan merubah nilai 0 menjadi 1 apabila nilai 0 hanya terdapat di pusat matriks.
2. *Bridge Removal*, menghapus matriks yang membentuk *H-Connected pixel*.
3. *Spur removal*, menghapus matriks tidak wajar yang berada pada sekitar batas matriks.
4. *Clean removal*, membaca matriks 3x3 dan merubah nilai 1 menjadi nilai 0 apabila nilai 1 hanya terdapat di pusat matriks.

Ekstraksi Minutiae

Metode *crossing number (CN)* digunakan untuk ekstraksi *minutiae* pada tugas akhir ini. Perhitungan CN dengan matriks ukuran 3x3 digunakan untuk menentukan jenis *minutiae* yang ada pada gambar. Terdapat 2

jenis *minutiae* yang digunakan yaitu *ridge ending* dan *ridge bifurcation*. Jika nilai dari CN=1 maka *minutiae* akan di tandai sebagai *ridge ending* sedangkan jika nilai CN=3 maka akan di tandai sebagai *ridge bifurcation*.

Eliminasi Spurious Minutiae

Setelah proses ekstraksi *minutiae*, masih terdapat banyak *noise* yang muncul dimana banyak *minutiae* yang berdekatan dan tidak digunakan untuk proses selanjutnya [9]. *Minutiae* yang berdekatan akan dihapuskan dengan proses berikut ini:

1. Jika terdapat dua *minutiae* dengan jarak yang lebih rendah dari D, maka kedua *minutiae* tersebut dihapus. Dimana D merupakan rata-rata jarak antar *ridge* yang berbeda.
2. Jika terdapat dua *ridge ending* dalam satu *ridge* dengan jarak lebih kecil dari D, maka hapus kedua *ridge ending*.
3. Data informasi yang didapat dilanjutkan menuju proses *matching*.

Matching

Proses *matching* dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Alignment Point Pattern

Setiap *ridge* yang terdeteksi memiliki titik *minutiae* akan direpresentasikan sebagai koordinat poin $((x_1y_1), (x_2y_2), \dots, (x_ny_n))$. Untuk setiap *ridge* yang terdeteksi sebelumnya akan dibandingkan dengan *ridge* dari citra sidik jari lain untuk mendapatkan kecocokan. Pilih satu *ridge* dari setiap citra sebagai *ridge* referensi untuk *minutiae* lain yang akan di rotasi dan translasi. Untuk setiap citra sidik jari, translasi dan rotasi setiap *minutiae* terhadap *ridge* referensi dengan persamaan:

$$\begin{pmatrix} xi_baru \\ yi_baru \\ \theta i_baru \end{pmatrix} = TM * \begin{bmatrix} xi - x \\ yi - y \\ \theta i - \theta \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dimana (x,y) adalah koordinat *minutiae* referensi dan θ sudut kemiringan *minutiae* referensi. Dengan TM adalah

$$\begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

2. Matching

Matching merupakan proses dimana dilakukan perhitungan titik *minutiae* dan pencocokan *minutiae* yang didapatkan setelah proses *alignment* pada tiap *ridge* antara citra. Proses pencocokan dilakukan dengan proses *template matching*. Proses pencocokan dilakukan dengan menghitung jarak satu *minutiae* dalam satu citra dengan *minutiae* lain didalam citra lainnya yang telah di *alignment*. digunakan *bounding box* dengan ukuran 20 piksel sebagai pembatas antara 2 pasangan *minutiae*. Apabila jarak terdekat satu *minutiae* dengan *minutiae* lain tidak melebihi *bounding box*, maka titik *minutiae* tersebut dianggap valid. Apabila terdapat lebih dari satu pasangan dalam satu *baounding box*, pasangan titik dengan jarak terendah akan dihitung sebagai pasangan titik valid. Tingkat kemiripan citra dihitung dengan persamaan berikut :

$$Score = \frac{\sum Titik Valid}{\sum Total Titik} \quad (6)$$

Sedangkan akurasi sistem dihitung dengan persamaan berikut:

$$Akurasi = \frac{\sum Data Uji Valid \times \sum Score}{\sum Total Data Uji} \tag{7}$$

4. Evaluasi

Pengujian sistem dilakukan dengan proses simulasi citra uji untuk dikenali oleh citra latih yang ada. Digunakan 40 citra latih sebagai database dan 20 citra uji untuk menghitung akurasi dan performa sistem. Simulasi dilakukan dengan melakukan *preprocessing* citra (normalisasi, binarisasi, *mean* dan *median filter*, segmentasi, *morphological preprocessing*, dan *thinning*). Proses pengukuran waktu dilakukan dengan menghitung waktu pengolahan citra uji menjadi data uji ditambahkan dengan waktu pada proses *matching* dengan *database* yang berisi data latih yang berasal dari citra latih yang telah diolah sebelumnya oleh sistem.

4.1 Hasil Pengujian

Pada skenario pertama, pengujian dilakukan tanpa adanya perubahan parameter. Dimulai dari *preprocessing*, ekstraksi *minutiae*, hingga *matching*. Hasil performa dan waktu rata-rata pengenalan sidik jari yang dicapai sistem ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 1 Hasil performa tanpa perubahan parameter

Data valid	Performa(%)	Waktu(/s)
9	67,402	27.20

Pada skenario kedua, pengujian dilakukan tanpa menggunakan proses *alignment point pattern* sebelum proses *matching*. Hasil performa dan waktu rata-rata pengenalan sidik jari yang dicapai sistem ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 2 Hasil performa tanpa *alignment point pattern*

Data valid	Performa(%)	Waktu(/s)
3	18,54	11.18

Pada skenario ketiga, pengujian dilakukan dengan merubah nilai *global threshold* pada proses binarisasi. Tujuan dari skenario ini untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh nilai threshold terhadap citra yang akan digunakan dalam sistem. Hasil akurasi dan waktu rata-rata pengenalan sidik jari yang dicapai sistem ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 3 Hasil performa dengan perubahan *global threshold*

Threshold	Data valid	Peforma (%)	Waktu (/s)
0,3	5	34,35	28.35
0,6	8	57,2	28.87

Pada skenario 4, pengujian dilakukan tanpa menambahkan proses *mean* dan *median filter* pada saat proses *preprocessing* dilakukan. Tujuan dari skenario ini untuk mengetahui adakah pengaruh *mean* dan *median filter*

dalam sistem. Hasil akurasi dan waktu rata-rata pengenalan sidik jari yang dicapai sistem ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 4 Hasil performa tanpa menggunakan *mean* dan *median filter*

Data valid	Akurasi(%)	Waktu(/s)
4	26,3	25.60

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan tabel 1, performa yang didapat pada penelitian ini memberikan hasil 67,4%. Berdasarkan tabel 2,3 dan 4, perubahan kecil pada beberapa parameter dari pengujian 1 sangat mempengaruhi performa sistem. Pada tabel 2, hasil performa sistem menunjukkan 18,54% ketika pengujian dilakukan tanpa proses *alignment*. Hal ini dikarenakan posisi pengambilan citra sidik jari pada *scanner* yang berubah-ubah. Sehingga, jarak antar pasangan *minutiae* menjadi lebih jauh dan mengakibatkan banyak pasangan titik yang tidak cocok. Pada tabel 3, Terjadi perubahan akurasi saat nilai *threshold* citra pada saat proses binarisasi dirubah yaitu 34,35% dengan *threshold* 0.3 dan 57,2% dengan *threshold* 0.6. Hal ini disebabkan citra yang lebih memutih ketika nilai *threshold* dirubah menjadi 0,3 dan menghitam ketika nilai *threshold* dirubah menjadi 0,6. Pada tabel 4, terjadi perubahan performa menjadi 26,3% ketika pengujian dilakukan tanpa *mean* dan *median filter*. Hal ini dikarenakan kualitas citra menurun karena *noise* yang belum dihilangkan sehingga terkadang *noise* tersebut di deteksi sebagai *minutiae* oleh sistem. Tidak terjadi perubahan waktu yang besar antara proses pengujian 1,3, dan 4. Tetapi pada pengujian 2, rata-rata waktu untuk pengenalan sidik jari yang dilakukan oleh sistem berubah signifikan menjadi 11,18 detik per proses. Dari pengujian 1,2,3, dan 4 dapat disimpulkan bahwa proses *alignment point pattern* hasil yang lebih baik dengan performa 67,4% tetapi meningkatkan waktu rata-rata pengenalan sidik jari menjadi 27.20 detik per proses.

5. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang diambil dari analisis dan pengujian sistem:

1. Hasil performa pengenalan sidik jari menggunakan *template matching* sangat dipengaruhi oleh *preprocessing* citra. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan performa menjadi 57,2% ketika *threshold* pada proses binarisasi dirubah menjadi 0,6 dan 34,35% ketika *threshold* dirubah menjadi 0,3. Penghilangan proses *mean* dan *median filter* sangat berpengaruh juga terhadap kualitas citra sehingga membuat performa menurun menjadi 26,3%.
2. Penambahan Proses *alignment point pattern* pada sistem pengenalan sidik jari memberikan performa sebesar 67,4%, sedangkan pengenalan sidik jari tanpa penambahan proses *alignment point pattern* memberikan performa 18,54%.
3. Penambahan proses *alignment point pattern* memberikan pengaruh terhadap waktu pengenalan sidik jari menjadi 27,20 detik dibandingkan tanpa proses *alignment point pattern* sebesar 11,18 detik..

Daftar pustaka

- [1] Abood A A, dan Ghazali S. 2014. Fingerprint Classification Techniques: A Review". IJCSI International Journal of Computer Science Issues. Vol. 11.

- [2] Galar M, Joaquin D, dan Daniel P. 2015. A survey of fingerprint classification Part I: Taxonomies on feature extraction methods and learning models. *Science Direct Journal. KNOSYS* 3069. No. of Pages 22. Model 5G.
- [3] Zhang Y L, Xiao G, Li Y M, Wu H T, dan Huang Y P. 2010. Slap Fingerprint Segmentation for Live-Scan Devices and Ten-Print Cards. *20th Int. Conf. Pattern Recognit.* pp. 1180–1183
- [4] Rizal I, Achmad H, Hadi M N. Identifikasi Sidik Jari Menggunakan Teknik Pencocokan Template Tapis gabor. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [5] Ramoser H, Wachmann B, dan Bischof H. Efficient Alignment of Fingerprint Images. *Advanced Computer Vision*.
- [6] Nagathane R K, dan Fadewar H S. 2015. Matching of Altered Fingerprint using Minutiae Technique”, *IJARCSSE*.vol. 5, Issue 7.
- [7] Denny Alriza. 2017. Sistem Pengenalan Sidik Jari Menggunakan Metode Template Matching.
- [8] Barham Z S, dan Mousa A. 2011. Fingerprint Recognition using Matlab. Bachelor Diss.
- [9] Mohamad Reza Syahriar. 2017. Klasifikasi sidik jari menggunakan metode minutiae.
- [10] Anggya N D. Identifikasi Sidik Jari dengan Menggunakan Struktur Minutia. *jurnal TEKNIKA*
- [11] Nur Wakhidah. Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan Metode Contrast Stretching. Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Semarang.
- [12] Ismail A. 2009. Genetic Programming Framework for Fingerprint Matching. (*IJCSIS*) *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 6, No. 2.