

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI METODE *MINUTIAE EXTRACTION* DAN *TEMPLATE MATCHING* UNTUK KLASIFIKASI SIDIK JARI

Aras Teguh Prakasa
Ilmu Komputasi
Telkom University
Bandung 40257, Indonesia
artprakasa@gmail.com

Said Al Faraby
Ilmu Komputasi
Telkom University
Bandung 40257, Indonesia
saidalfaraby@telkomuniversit
y.ac.id

Adiwijaya.
Ilmu Komputasi
Telkom University
Bandung 40257, Indonesia
adiwijaya@telkomuniversity.a
c.id

Abstrak- Fungsi penting sidik jari salah satunya untuk alat verifikasi identitas manusia. Apabila sebuah gambar sidik jari dilihat lebih dekat, maka akan terlihat pola garis yang membentuk sidik jari. Setiap sidik jari manusia memiliki pola yang berbeda dan bersifat unik. Fitur pada sebuah sidik jari dapat berupa pola sidik jari yang terputus atau bercabang, fitur ini biasa disebut *minutiae*. Agar dapat dilakukan proses klasifikasi, *minutiae* yang terdapat pada sidik jari harus di ekstrak terlebih dahulu ke dalam bentuk informasi yang mewakili masing-masing sidik jari.

Banyak metode ditawarkan untuk melakukan klasifikasi sidik jari. Metode yang dilakukan biasanya berbasis machine learning misalnya metode SVM (Support Vector Machine), adapun metode lain yang dapat diteliti lebih lanjut misalnya *template matching*, metode ini mempunyai tingkat kesulitan yang sulit karena klasifikasi langsung dilakukan pada fitur yang telah di ekstrak. Kelebihannya metode *template matching* jika tepat penggunaannya maka akan menghasilkan teknik cepat tanpa learning tepat. Dengan demikian klasifikasi sidik jari dengan menggunakan metode ekstraksi fitur *minutiae extraction* dan metode klasifikasi *template matching* dapat menjadi kombinasi untuk memecahkan permasalahan klasifikasi sidik jari.

Kata kunci : *template matching*, *minutiae extration*, *fingerprint classification*, klasifikasi sidik jari, ekstraksi fitur *minutia*.

I. PENDAHULUAN

Penelitian biometrik khususnya klasifikasi sidik jari manusia makin dikembangkan untuk mencapai akurasi dan performa yang lebih baik. Hal ini dilatarbelakangi oleh tingginya tingkat kebutuhan keamanan yang sangat baik. Namun dalam implementasinya menjadi kompleks sebab "Spanyol [1] menyatakan bahwa: di seluruh dunia terdapat 5 yaitu: Arch, Tented Arch, Right Loop, Left Loop and Whorl". Setiap satu individu hanya memiliki satu jenis sidik jari dengan pola yang unik. Sehingga perlu analisis mengenai teknik

klasifikasi yang berfungsi menjadi classifier antar satu sidik jari yang tidak sama dan mengukur tingkat matching/kecocokan suatu sidik jari.

Mengatasi permasalahan klasifikasi terdapat banyak pendekatan untuk menentukan metode yang akan dijadikan penelitian. Diawali dengan tahap ekstraksi fitur (*feature extraction*) yang berfungsi untuk memindai fitur yang akan dijadikan pembeda atau bersifat khas untuk masing-masing sidik jari. Metode yang ditawarkan beragam salahsatunya metode ekstraksi *minutiae* (*minutiae extraction*). Metode ini bekerja dengan cara mengekstrak pola garis pada sidik jari, fitur yang diekstrak dapat berupa pola garis putus atau bercabang. Disebabkan sifat sidik jari manusia yang unik sehingga berdampak pada perbedaan posisi serta jumlah pola garis pada sidik jari. Perbedaan posisi ini yang kemudian dijadikan pembandingan pada tahap klasifikasi.

Pendekatan *minutiae extraction* pada tahap *feature extraction* disebabkan fitur yang dibandingkan dalam proses *matching* mempunyai posisi dan jumlah yang terukur untuk masing-masing sidik jari. Sehingga dirasa baik untuk digunakan inputan pada tahap klasifikasi *template matching*. Penelitian telah dilakukan mengenai metode ekstraksi *minutiae* [10]. Pada penelitian tersebut digunakan pendekatan graph untuk mengklasifikasikan sidik jari, sedangkan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah mencari kemiripan atau kecocokan fitur *minutia* dengan berdasarkan jarak euclidean [1].

Tujuan klasifikasi sidik jari dengan metode ekstraksi ciri *minutia* dan teknik klasifikasi *template matching* :

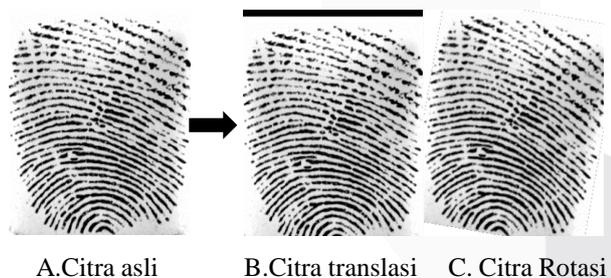
- Untuk mengetahui pengaruh besarnya nilai *aoe* (*area of effect*) atau jarak toleransi euclidean pada klasifikasi sidik jari.
- Menganalisis pengaruh proses pencocokan augmentasi terhadap klasifikasi sidik jari.
- Membangun sistem klasifikasi *template matching* dengan ekstraksi fitur *minutia*.

II. EKSTRAKSI FITUR SIDIK JARI

Sidik jari adalah tapak/jejak jari pada manusia yang diambil dari kulit telapak jari menggunakan media khusus biasanya tinta untuk kepentingan tertentu. Sidik jari dibangun dari ridge yaitu bagian tebal pada citra sidik jari yang diakibatkan permukaan lebih tinggi di permukaan kulit jari dan valley yaitu bagian putih pada citra yang disebabkan bagian cekung pada permukaan kulit jari [6]. Bagian inilah yang kemudian membentuk pola sidik jari untuk diklasifikasikan. Namun nyatanya pola sidik jari manusia khususnya bagian ridge terputus secara acak. Setiap ridge yang putus dan bercabang membentuk pola ridge menjadi bermacam macam.

a. Pencocokan (augmentasi)

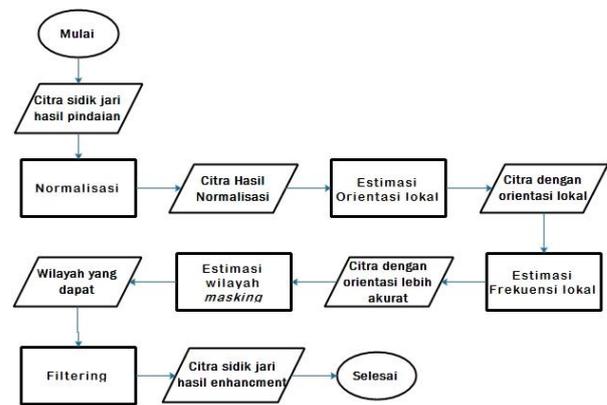
Klasifikasi sidik jari dipengaruhi banyak faktor khususnya kebiasaan manusia menggunakan alat pemindai sidik jari. Perbedaan posisi penempatan jari pada alat pemindai sidik jari berakibat bergeseran citra sidik jari. Tiga sidik jari untuk masing-masing kelas diambil dengan waktu yang berbeda. Posisi pengambilan dilakukan seperti kebiasaan manusia pada umumnya. Hal ini menyebabkan pergeseran hasil citra sidik jari. Oleh karena itu diperlukan pergeseran pada data uji/test dengan data template yang akan menjadi pembanding. Perubahan posisi sidik jari bervariasi dipengaruhi penempatan jari pada saat proses pemindaian. Proses matching beracuan pada jarak ciri terpendek, sehingga perlu ketepatan dalam prosesnya.



Gambar 1. Proses sugmentasi citra A citra hasil pindaian, B citra translasi -y 10pixel, C citra rotasi CW(Clock Wise) 10pixel.

Pergeseran atau translasi yang dilakukan adalah dengan mengubah posisi citra hasil pemindaian sebesar 10 pixel ke arah sumbu x positif dan negatif, 10 pixel ke arah sumbu y positif dan negatif. Serta rotasi 10 serajat searah dan berlawanan jarum jam. Masing-masing translasi ditambahkan 10 pixel dan di ulang sebanyak 3 kali.

b. Optimasi Citra



Gambar 2. Sidik jari hasil pindaian belum di optimasi

Citra sidik jari yang menjadi inputan klasifikasi perlu diperbaiki terlebih dahulu untuk memaksimalkan hasil ekstraksi minutia. Citra sidik jari merupakan citra berukuran 280 x 330 pixel dengan ketajaman 500 dpi (dot per inch). Citra ini kurang baik apa bila langsung di klasifikasikan karena beberapa faktor antara lain kondisi jari yang terdapat trauma atau luka, kondisi sidik jari yang tidak menempel secara rata keseluruhan, ataupun kondisi jari yang basah. Dengan demikian proses perbaikan citra sidik jari sangat diperlukan.



Gambar 3. Sidik jari hasil pindaian belum di optimasi

Gambar 1 merupakan citra hasil pindaian sebelum dilakukan proses perbaikan. Proses perbaikan diawali dengan tahap normalisasi [13] citra sidik jari. Pada tahap ini citra asli akan mempunyai nilai rata-rata nol dan penyamaan standard deviasi pada citra.



Gambar 4. Citra sidik jari setelah proses normalisasi [13]

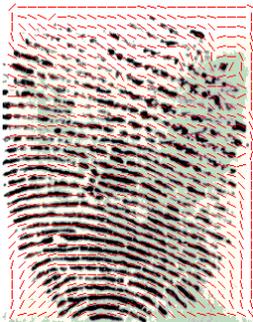
Setelah dilakukan normalisasi maka tahap selanjutnya adalah mencari orientasi ridge pada sidik jari. Tahap ini berfungsi memprediksi ridge yang putus untuk dapat tersambung kembali[13]. Misal diberikan matriks gambar sidik jari G yang telah terbagi dengan brocksize 16×16 pixel, selanjutnya diubah kedalam bentuk garis orientasi dengan persamaan:

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v), \quad (1)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)), \quad (2)$$

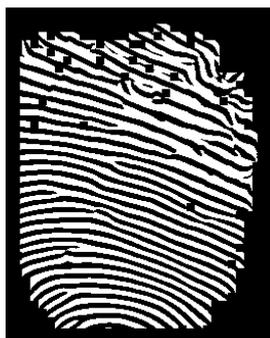
$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \right), \quad (3)$$

Persamaan 1, 2 dan 3 merupakan persamaan yang menghasilkan orientasi untuk masing masing blocksize [13]. Pada persamaan 3 adalah khusus untuk mencari orientasi dengan bersudut. Kemudian dihasilkan citra sidik jari dengan orientasi seperti Gambar 5.



Gambar 5. Citra sidik jari dengan gradien pada ridge [13]

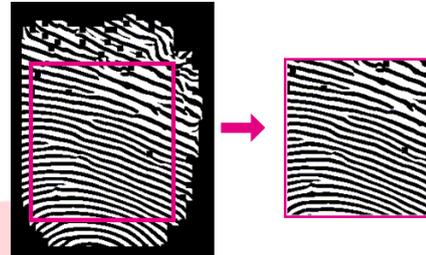
Pencarian orientasi berdasarkan gradien akan berfungsi menambal atau melengkapi ridge ridge yang terputus. Mengetahui map orientasi atau orientation map adalah dasar untuk memperbaiki citra sidik jari. karena dengan orientasi ini jalur-jalur ridge pada sidik jari dapat ditelusuri. Arah arah pada garis merah merupakan pixel-pixel yang mewakili sudut gradien dalam bentuk radian, namun jika diubah menjadi bentuk derajat dan direpresentasikan ke dalam bentuk garis per blocksize maka akan terlihat seperti Gambar 5 [13].



Gambar 6. Citra sidik jari setelah di optimasi [13]

Perbaikan citra sidik jari berperan penting untuk meningkatkan pembacaan ciri minutia. Ciri minutia merupakan ciri yang terdapat langsung pada ridge sidik jari, sehingga akurasi pemindaian ciri minutia sangatlah dipengaruhi citra sidik jari. dengan kondisi citra yang baik maka akan diperoleh hasil deteksi fitur minutia yang akurat.

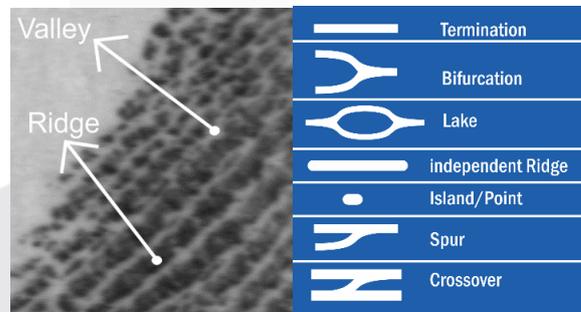
c. Segmentasi



Gambar 7. Segmentasi citra sidik jari

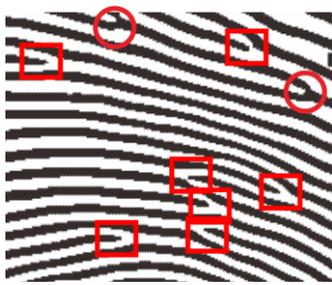
Proses segmentasi adalah pengambilan bagian tertentu pada citra sidik jari sesuai dengan kebutuhan. Pada penelitian ini proses segmentasi dilakukan dengan mengambil bagian tengah sidik jari. Pemotongan dilakukan untuk menghilangkan pinggiran sidik jari yang berkualitas kurang baik, selain itu pemotongan juga dilakukan agar ciri tidak terlalu banyak dan mempercepat perhitungan. Pemotongan dilakukan dengan ukuran dan letak yang sama untuk semua sidik jari, yaitu 200×180 pixel.

d. Fitur Minutia



Gambar 8. Contoh pola sidik jari dan macam-macam fitur minutia pada sidik jari.

Fitur minutiae merupakan fitur yang dibangun dari rigde atau punggung pola sidik jari. Fitur tersebut meliputi bifurcation dan termination, fitur ini adalah fitur dasar yang ada di semua jenis sidik jari. Fitur minutiae pada sidik jari lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 8, pada gambar terdapat tanda merah persegi sebagai fitur termination dan tanda merah lingkaran sebagai fitur bifurcation. Koordinat fitur minutiae pada gambar sidik jari kemudian disimpan dan diberi label identitas. Label berfungsi sebagai tanda pembeda antara ciri termination dan bifurcation. Fitur minutiae.

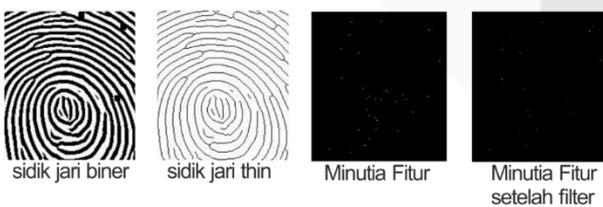


Gambar 9. Ciri bifurcation ditandai lingkaran dan termination ditandai persegi.

Fitur minutia tidak sepenuhnya akurat dan terkadang salah mendeteksi minutia. Kesalahan pembacaan fitur disebabkan tidak lengkapnya pola sidik jari ketika dilakukan proses pemindaian. Kesalahan pembacaan fitur ini dapat mengakibatkan kesalahan pembacaan fitur. Perlu penanganan lebih lanjut terhadap koordinat yang telah ditentukan sebagai ciri. Cara mengatasi kesalahan pembacaan minutia salahsatunya dengan melihat jarak antar ciri, apabila ciri yang sama mempunyai jarak yang sangat dekat, maka dapat dikategorikan sebagai minutia palsu.

e. Seleksi Fitur

Sidik jari merupakan bagian tubuh dari manusia yang rentan terhadap trauma. Trauma pada sidik jari menyebabkan pola sidik jari menjadi tidak sempurna. Dampaknya kualitas sidik jari yang dipindai menjadi tidak baik. Hal ini mengakibatkan kesalahan pendeteksian minutia pada sidik jari, khususnya pada tahap ekstraksi fitur. Sidik jari yang seharusnya membentuk pola bergaris tidak terbentuk dengan baik. Sidik jari menjadi hilang atau bahkan terputus polanya sehingga dapat menyebabkan kesalahan pembacaan fitur minutia. Pada dasarnya sensor optik membaca permukaan sidik jari dengan pantulan cahaya, sederhananya mirip mesin photocopy.



Gambar 10. Citra hasil seleksi fitur

```
Pseudocode seleksi fitur
Int fitur(,1); {koordinat x fitur}
Int fitur(,2); {koordinat y fitur}
Int fitur(,3); {identitas fitur}
Int jumlah;{jumlah fitur}

for i=1 to jumlah do
    if fitur(1,1)== fitur(1+1,1)+1
        fitur(1,1)==0;
```

```
fitur(1+1)==0;
if fitur(1,2)== fitur(1+1,2)+1
    fitur(1,1)==0;
    fitur(1+1)==0;
end
end
end
```

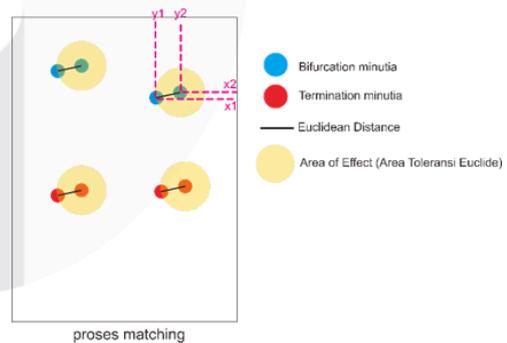
III Template matching

a. Euclidean Distance

Metode euclidean merupakan metode pencarian jarak antara dua variabel. Metode ini ditemukan ilmuwan asal yunani yang bernama euclid. Jarak euclide atau euclidean distance berkaitan dengan theorema pythagoras. Perhitungan jarak euclide sangat cepat, biasanya digunakan untuk menghitung garis lurus antara dua titik. Persamaan dasar euclide dapat dilihat pada persamaan 3.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots \dots \text{Persamaan (3)}$$

Proses pencocokan sidik jari adalah dengan memisalkan pixel dua dimensi menjadi sebuah garis bilangan dua dimensi. Tinggi image sidik jari sebagai sumbu y dan lebar image sidik jari sebagai sumbu x. Dengan demikian jarak euclide dapat dihitung untuk masing-masing fitur. Fitur yang dimaksud merupakan ciri minutia yang merupakan sebuah koordinat x, y pada image sidik jari. Kemudian jarak euclide hasil proses pencocokan dijadikan informasi pada proses klasifikasi.



Gambar 11. Implementasi euclidean distance pada fitur minutia sidik jari.

b. Matching Process

Proses *template matching* dengan menggunakan proses augmentasi terdapat beberapa perbedaan khususnya pada tahap perbandingan fitur. Fitur-fitur minutia pada sidik jari hasil augmentasi umumnya tidak memiliki banyak perbedaan. Yang membedakan hanyalah posisi fitur minutia itu berada. Pada tahap sebelumnya telah dijelaskan

bagaimana cara mendapatkan nilai euclide dan penjelasan mengenai area of effect. Dalam proses klasifikasinya, jika terdapat ciri minutia dengan jarak euclide \leq aoe maka akan dianggap berkorelasi. Jumlah fitur minutia yang berkorelasi akan disimpan untuk setiap template. Kemudian jumlah minutia yang berkorelasi dibandingkan dengan template dari kelas lain.

	Original	Translasi -x(10)	Translasi -y(10)	Translasi -x(10)	Translasi -y(10)	Rotasi CW(10)	Rotasi CCW(10)
Kelas 1	0	1	0	0	2	1	0
Kelas 2	0	0	0	1	0	0	0
Kelas 3	1	0	1	1	1	1	0
Kelas 4	0	0	0	1	0	0	0
Kelas 5	0	1	0	0	0	1	0
Kelas 6	0	1	1	0	0	0	1
Kelas 7	1	0	1	1	0	0	0
Kelas 8	0	0	0	2	0	0	2
Kelas 9	0	0	1	1	0	1	2
Kelas 10	0	0	0	1	0	0	0
Kelas 11	0	0	0	0	0	0	0

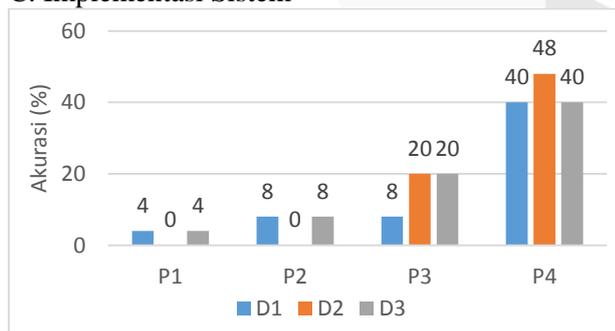
Gambar 12. Proses menghitung fitur < aoe.

Tahap berikutnya membandingkan jumlah minutia dengan semua kelas. Perbedaan *template matching* dengan metode lain adalah banyaknya perbandingan yang harus dilakukan. Pada kasus ini perbandingan dilakukan dengan cara mencari terlebih dahulu nilai maksimum sari semua kelas. Agar lebih mudah dipahami syarat sebuah kelas dinyatakan valid jika :

1. Jumlah munitia yang berkorelasi pada satu kelas tidak boleh sama dengan nilai maksimum untuk semua kelas.
2. Jumlah total minutia berkorelasi semua data augmentasi haruslah menjadi jumlah paling besar diantara yang lain.

*syarat pertama harus terpenuhi untuk menjalankan syarat kedua.

C. Implementasi Sistem



Gambar 13. Implementasi klasifikasi sidik jari dengan metode minutia dan *template matching*.

Berdasarkan pada gambar 13, semua percobaan dilakukan dengan keterangan sebagai berikut :

- P1 merupakan percobaan tanpa pencocokan (augmentasi) dan aoe bernilai 0.

- P2 merupakan percobaan tanpa pencocokan (augmentasi) namun aoe diisi nilai dari 2 hingga 10, dengan +2 setiap percobaan.
- P3 adalah percobaan dengan pencocokan (augmentasi) yang bernilai 5,10,15,20,25,30 pixel. Namun aoe diisi dengan nilai 0.
- P4 adalah percobaan dengan pencocokan (augmentasi) yang bernilai 5, 10, 15, 20, 25, 30 pixel dan aoe yang bernilai 2 hingga 10, dengan +2 setiap percobaan.
- D1 adalah data 1 sebagai data test, D2 adalah data 2 sebagai data test, D3 adalah data 3 sebagai data test, D4 adalah data 4 sebagai data test.

IV Kesimpulan

Dengan melakukan pengujian maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh setiap percobaan sangat signifikan. Pengaruh nilai toleransi jarak euclide atau aoe dapat memperbaiki klasifikasi sidik jari, selain itu peroses pencocokanlah yang sangat berpengaruh untuk keakuratan klasifikasi. Namun apabila digabungkan antara proses augmentasi dan nilai aoe, maka akan menghasilkan nilai akurasi yang cukup baik.

Nilai akurasi tidaklah optimal, hal ini disebabkan banyak hal, antara lain kualitas gambar yang kurang baik, proses matching yang masih belum baik karena hanya mengandalkan jarak euclide untuk mengidentifikasi fitur. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengaruh proses pencocokan augmentasi dan nilai toleransi jarak euclide atau aoe cukup berpengaruh dalam proses klasifikasi sidik jari dengan menggunakan metode ekstraksi ciri minutia dan teknik klasifikasi *template matching*.

Referensi :

- [1] Romadhoni, N. and Adiwijaya, T.A.B., 2008. Klasifikasi Golongan Darah Menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization. Tugas Akhir Departemen Teknik Informatika. IT Telkom, Bandung.
- [2] Yulita, I.N., Houw Liong The and Adiwijaya, 2012. Fuzzy Hidden Markov Models for Indonesian Speech Classification. JACIII, 16(3), pp.381-387.
- [3] Adiwijaya, 2014, Aplikasi Matriks dan Ruang Vektor, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] Adiwijaya, 2016, Matematika Diskrit dan Aplikasinya, Bandung : Alfabeta.
- [5] Adiwijaya, Wisesty, U.N. and Nhita, F., 2014. Study of Line Search Techniques ont the

- Modified Backpropagation for forecasting of Weather Data in Indonesia. Far East Journal of Mathematical Sciences, 86(2), p.139.
- [6] Galar et al., Taxonomies on feature extraction methods and learning models, Prancis, (2015).
- [7] Galar et al., Experimental-analysis-and-ensemble-proposal, Prancis, (2015).
- [8] S. Shah, P.S. Sastry, Fingerprint classification using a feedback-based line detector, IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. Part B: Cybernet. 34 (1) (2004) 85- 94.
- [9] Santosa, B. Data Mining Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis. Graha Ilmu Yogyakarta, (2007).
- [10] Nugroho, Satriyo A, Witarto, Budi A, Handoko,Dwi. *Support Vector Machine* Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika.
- [11] Natalia A. Schmid, Fingerprint Identification, (2004).
- [12] Gualtieri et al, Feature Extraction Method, (1985).
- [13] Sutoyo .R .A, Purnama B, Sthevanie F, Indonesia, (2014).
- [14] Lei Yu ; Qi Cao ; Anping Zhao, Differential *Gradients* for face recognition, <http://electronicimaging.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=2107924>, (2015).
- [15] Raymond Thai ,Fingerprint Image Enhancement and *Minutiae* Extraction ,<http://www.peterkovesi.com/studentprojects/raymondthai/RaymondThai.pdf>,(2003).
- [16] NIST, <https://www.nist.gov/srd/nist-special-database-4>, (2015).
- [17] K.K.Chin,http://svr.www.eng.cam.ac.uk/~kkc21/thesis_main/node12.html, (2010).
- [18] Hong, L., Wan, Y., and Jain, A. K. 'Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation'. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 20, 8 (1998), pp 777-789.
- [19] 'gradien' <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/gradient.html> , (2017)