

Teknik Deteksi Biometrika untuk Pengenalan Sidik Jari Menggunakan Deteksi Minutiae

Fransisca Joanet Pontoh

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus Unsrat No 1 Bahu Manado, e-mail: fransisca@unsrat.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 April 2024

Accepted 27 Mei 2024

Published 26 Juli 2024

ABSTRACT

Fingerprint recognition is a popular biometric technology due to its unique properties and high accuracy rate. Fingerprint recognition systems generally use fingerprint image representations, such as grayscale images, phase images, skeleton images, and minutiae. In this research, fingerprint image pre-processing is performed using Gaussian Blur, Median Blur, Thresholding, Otsu Thresholding, Thinning with Guo-Hall algorithm, and Minutiae Detection. Minutiae detection produces 426 termination points and 459 bifurcation points. The results of the pre-processing and minutiae detection were then used for minutiae matching on 5 different images. Minutiae matching produces varying degrees of similarity with a high level of accuracy, reaching an average accuracy of 88.80%.

Keywords: *Fingerprint, Feature Extraction, Minutiae, Biometric*

1. Pendahuluan

Biometrik adalah teknologi yang digunakan untuk autentikasi individu melalui ciri-ciri fisik mereka, seperti sidik jari, iris, retina, suara, wajah, dan pola sidik jari telapak tangan, serta ciri-ciri perilaku, seperti cara berjalan, tanda tangan, dan gerakan saat menekan tombol[1]. Penggunaan sistem biometrik untuk verifikasi dan identifikasi individu telah meluas, terutama dalam aplikasi seperti pencatatan kehadiran, paspor elektronik, dan perbankan. Pengenalan biometrik memiliki kelebihan dibandingkan kata sandi atau kartu identitas karena tidak dapat dilupakan, dicuri, atau dibagikan, memberikan kenyamanan dan keamanan yang lebih unggul[2]. Salah satu sistem biometrik yang paling dikenal luas adalah pengenalan sidik jari. Sidik jari terdiri dari strip-strip dan pola-pola kecil yang ditemukan di ujung setiap jari. Sidik jari terbentuk dari tekanan pada ujung jari janin yang sedang berkembang dalam rahim. Setiap individu memiliki sidik jari yang unik, sehingga tidak ada dua orang yang memiliki sidik jari yang identik[3].

Sidik jari adalah pengenalan biometrik yang banyak digunakan, dan keunikannya merupakan faktor kunci dalam keefektifannya. Sifat khas sidik jari ditentukan oleh karakteristik tonjolan yang membentuk cetakan, serta hubungan di antara tonjolan tersebut[4].

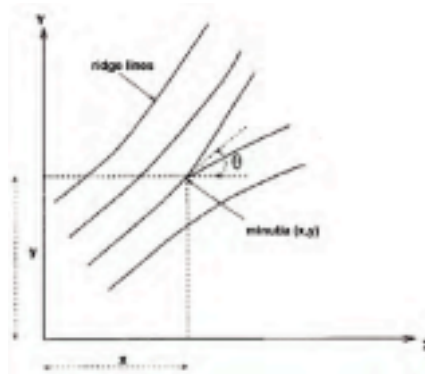
Sistem pencocokan sidik jari umumnya menggunakan empat jenis representasi: grayscale image, phase image, skeleton image, dan minutiae seperti pada Gambar 1[5]. Masing-masing skema ini memiliki karakteristik unik dan tingkat risiko berbeda terhadap penyusupan data, dengan gambar skala abu-abu paling rentan terhadap risiko tersebut.

Received 23 April, 2024; Accepted 27 Mei, 2024; Published 26 Juli, 2024



Gambar 1. Skema representasi sidik jari. (a) Grayscale image (FVC2002 DB1, 19_1), (b) phase image, (c) skeleton image dan (d) minutiae (Feng & Jain, 2011)

Punggungan dan lembah sidik jari menunjukkan aliran yang konsisten dalam arah lokal, dengan dua karakteristik punggungan lokal utama adalah ujung punggungan dan percabangan punggungan. Ujung punggungan adalah titik di mana punggungan tiba-tiba berhenti, sedangkan percabangan punggungan adalah titik di mana punggungan terbagi menjadi dua atau lebih punggungan yang berbeda [6][7]. Karakteristik punggungan ini secara kolektif disebut minutiae. Pada sidik jari laten atau parsial, jumlah minutiae lebih sedikit, sekitar 20 hingga 30. Fitur sidik jari yang lebih kompleks dapat terbentuk dari kombinasi dua fitur dasar ini. Setiap jenis minutiae memiliki tiga atribut utama: koordinat x , koordinat y , dan arah punggungan lokal (θ).



Gambar 2. Komponen-komponen fitur *minutiae*

2. Metode

A. Pra-proses

Pada penelitian ini, dilakukan sebuah pengambilan data sidik jari dengan cara melakukan cap jari di sebuah kertas berwarna putih. Setelah melakukan cap jari, selanjutnya untuk mengambil hasil cap jari kami mengambil hasilnya menggunakan kamera hp seperti pada Gambar 3. Setelah itu kami melakukan pemotongan gambar untuk melakukan deteksi lebih detail kepada garis dari sidik jari yang diharapkan agar hasil menjadi lebih akurat seperti Gambar 4. Nantinya, hasil akan melewati beberapa proses untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum dilakukan sebuah deteksi. Gambar sidik jari mungkin mengandung noise karena keterbatasan sensor, serta kondisi jari yang kering atau lembab. Noise ini dapat muncul sebagai piksel terisolasi atau variasi kecil dalam intensitas ridge. Meskipun sidik jari merupakan fitur yang kuat, noise yang berlebihan dapat menghalangi identifikasi yang akurat. Image Smoothing merupakan tahapan pertama untuk melakukan pengurangan noise pada gambar sehingga gambar terlihat lebih detail dengan menggunakan metode Gaussian Blur. Setelah dilakukan Image Smoothing, maka masuk ke tahap Threshold untuk mengubah gambar grayscale menjadi gambar hitam dan putih (biner). Pada Langkah edge detection, ini bertujuan untuk melihat tapi dari sidik jari sehingga dapat terlihat struktur utama menjadi jelas.



Gambar 3. Sidik jari regina2.jpg dari kamera hp



Gambar 4. Sidik jari regina2.jpg setelah dilakukan pemotongan piksel

B. Thinning

Proses thinning merupakan langkah penting dalam ekstraksi minutiae sidik jari. Minutiae adalah titik-titik unik pada pola sidik jari, seperti percabangan (bifurcation) dan ujung (ending) alur (ridge). Thinning bertujuan untuk mempermudah ekstraksi minutiae dengan menipiskan alur pada gambar sidik jari menjadi satu pixel, sehingga titik-titik minutiae menjadi lebih mudah dikenali dan diekstraksi oleh algoritma[8]. Penipisan yang baik dapat membantu meningkatkan akurasi sistem pengenalan sidik jari dengan memastikan minutiae yang diekstraksi sesuai dan akurat.

C. Minutiae Deteksi

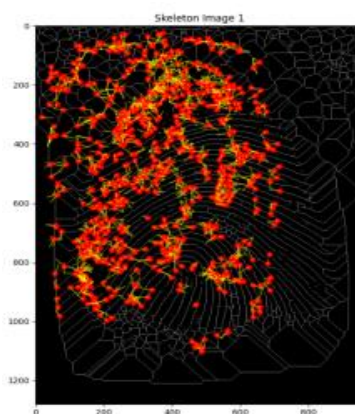
Pengenalan sidik jari telah lama menjadi komponen penting dalam berbagai sistem keamanan dan identifikasi, dan ekstraksi minutiae yang akurat, fitur-fitur khas dalam sidik jari, merupakan langkah mendasar dalam proses ini. Jurnal ini membahas seluk-beluk ekstraksi minutiae, yang meliputi fase-fase kunci dari penentuan alur, penipisan alur, identifikasi minutiae, penetapan atribut minutiae, dan validasi minutiae[9].

Algoritma ekstraksi minutiae dimulai dengan menganalisis pola alur sidik jari yang menipis, mengidentifikasi percabangan dan ujung yang berfungsi sebagai minutiae. Minutiae ini kemudian dikarakterisasi berdasarkan koordinat, jenis (bifurkasi atau ujung), dan orientasinya, menghasilkan dataset minutiae yang unik untuk setiap sidik jari. Dataset ini merupakan fondasi bagi representasi dan pencocokan sidik jari, yang memungkinkan identifikasi atau verifikasi individu[10]. Teknik penipisan yang disempurnakan telah dieksplorasi untuk mengoptimalkan penyimpanan dan pemrosesan basis data gambar sidik jari. Selain itu, strategi telah diusulkan untuk mengidentifikasi titik-titik minutiae yang valid secara andal, mengatasi tantangan deteksi minutiae palsu karena kualitas gambar yang rendah. (Khan & Wani, 2014) Ekstraksi fitur sidik jari melalui operasi morfologi dan algoritma pasca-pemrosesan telah menunjukkan harapan dalam menghilangkan minutiae palsu dan fitur sidik jari non-komponen, sehingga meningkatkan kinerja sistem pengenalan sidik jari secara keseluruhan[12][8][13].

D. Minutiae Matching

Pencocokan sidik jari berbasis minutiae adalah metode yang banyak digunakan dalam

sistem biometrik untuk mengidentifikasi dan memverifikasi individu. Minutiae mengacu pada fitur spesifik dan unik yang ditemukan dalam sidik jari, seperti ujung punggungan dan percabangan. Proses pencocokan minutiae melibatkan ekstraksi fitur-fitur ini dari gambar sidik jari dan membandingkannya untuk menentukan kesamaan atau perbedaan[14]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem pengenalan sidik jari berbasis minutiae. Nilai akurasi diukur dari seberapa mirip jumlah titik minutiae sampel yang diuji dengan data minutiae dalam database[15]. Proses ekstraksi dan pencocokan minutiae merupakan komponen kunci dalam sistem pengenalan sidik jari[13]. Pada metode ini, ekstraksi fitur minutiae dilakukan dengan mengidentifikasi dan menghitung koordinat (locX, locY), orientasi (Orientation), dan jenis (Type) dari tiap minutiae menggunakan objek. Proses ini dimulai dengan menghitung sudut orientasi dari blok citra sidik jari yang mengandung minutiae, baik termination maupun bifurcation, dengan fungsi. Minutiae kemudian diekstraksi dari gambar skeleton sidik jari dan dilabeli menggunakan fungsi. Setelah minutiae diekstraksi, langkah selanjutnya adalah mencocokkan fitur-fitur minutiae dari dua gambar sidik jari yang berbeda. Proses pencocokan ini menggunakan fungsi untuk menghitung jarak Euclidean antara dua titik minutiae dan fungsi untuk menghitung perbedaan antara dua sudut orientasi minutiae. Fungsi mencocokkan fitur-fitur ini berdasarkan jarak dan perbedaan sudut yang dihitung, dengan menetapkan threshold tertentu untuk menentukan kecocokan.

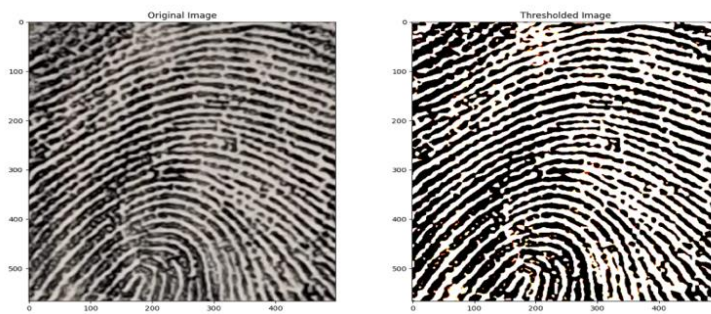


Gambar 5. Contoh Minutiae Matching menggunakan regina2.jpg

3. Hasil dan Pembahasan

A. Pra-proses

Dalam penelitian ini, hasil pra-proses gambar pada sidik jari menggunakan 2 image smoothing dengan menggunakan Gaussian Blur dan Median Blurred Image. Pada proses Thresholding ini akan merubah gambar dari gambar asli menjadi gambar hitam putih untuk memudahkan pengidentifikasian tepi dan struktur dari sidik jari seperti pada Gambar 6. Tahap selanjutnya digunakan Otsu thresholding untuk memisahkan piksel dalam dua kelas: latar belakang dan objek. Teknik Otsu thresholding berguna untuk meningkatkan kualitas gambar hitam putih dengan memisahkan atau mengurangi varians warna yang tidak hitam putih seperti pada Gambar 7. Terakhir masuk ke bagian Edge Detection dimana pada tahap ini hasil gambar akan menampilkan data pada sidik jari untuk siap dilakukan analisis.



Gambar 6. Hasil dari melakukan Thresholding menggunakan regina2.jpg



Gambar 7. Hasil dari melakukan Otsu Thresholding menggunakan regina2.jpg

B. Thinning

Pada Gambar 8 telah menunjukkan hasil thinning yang diterapkan menggunakan algoritma Guo-Hall dimana pada algoritma ini dilakukan dua langkah yaitu:

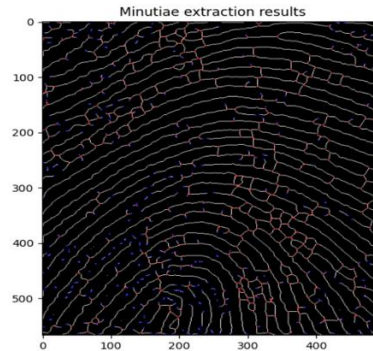
- Langkah 1: Mengidentifikasi piksel tepi yang sesuai syarat Guo-Hall untuk dihapus melibatkan jumlah piksel latar belakang di sekitar piksel tersebut.
- Langkah 2: Menghapus piksel sesuai syarat pada langkah 1

Proses iterasi thinning dilanjutkan hingga tidak ada lagi piksel tepi yang harus dihapus, yang menunjukkan bahwa garis dalam citra telah direduksi menjadi ketebalan satu piksel, tetapi struktur utama dari pola sidik jari tetap terjaga dengan baik



Gambar 8. Hasil dari melakukan Thinning menggunakan algoritma Guo-Hall menggunakan regina2.jpg

C. Minutiae Deteksi



Gambar 9. Hasil dari melakukan Thinning menggunakan algoritma Guo-Hall menggunakan regina2.jpg

Hasil dari proses deteksi Minutiae pada GAMBAR 9 dimulai dengan melakukan pra-proses

gambar dengan gambar sidik jari diubah menjadi gambar biner (hitam putih) yang mempresentasikan ridge deteksi nilai 1 dan latar belakang dengan nilai 0. Skeleton dari gambar biner dapat dihitung menggunakan operasi morfologi dalam mengurangi ketebalan ridge menjadi satu piksel. Deteksi ridge menggunakan matriks Hessian dalam memperjelas gambar. Dua jenis ridge yang dilakukan yaitu maxima ridge dan minima ridge. Deteksi minutiae akan memindai gambar 3x3 dan menganalisis untuk menentukan jenis minutiae yang akan digunakan berdasarkan jumlah piksel tetangga. Titik minutiae akan diekstraksi, dimana orientasi setiap titik minutiae dihitung. Hasil akhir dari minutiae deteksi akan divisualkan dengan titik minutiae warna biru ditandai dengan titik terminasi dan untuk warna merah digunakan untuk titik bifurkasi. Pada GAMBAR 9 saat dilakukan perhitungan titik terminasi dan titik bifurkasi terdapat titik terminasi sebanyak 426 titik dan titik burfikasi sebanyak 459 titik.

D. Minutae Matching

Minutiae matching dilakukan pada 5 gambar yang berbeda yaitu regina1.jpg, regina2.jpg, regina3.jpg, febiola1.jpg, febiola2.jpg. kelima gambar diproses kemudian dihitung tingkat kesamaannya dan dievaluasi dengan metrik evaluasi.

Tabel 1

Pasangan Gambar	Titik yang Sama	Total Titik	Akurasi
regina1 – regina2	1887	2185	86.36%
regina1 – regina3	3779	4187	90.26%
Febiola1- febiola2	3123	3912	89.77%

Penelitian ini telah membahas penggunaan teknologi biometrik, khususnya pengenalan sidik jari, untuk autentikasi individu. Melalui serangkaian proses pra-proses, thinning, deteksi minutiae, dan pencocokan minutiae, sistem pengenalan sidik jari telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi individu berdasarkan karakteristik unik sidik jari mereka. Hasil pra-proses menunjukkan bahwa penggunaan metode Gaussian Blur dan Otsu Thresholding berhasil meningkatkan kualitas gambar sidik jari, memungkinkan identifikasi tepi dan struktur sidik jari dengan lebih baik. Proses thinning dengan algoritma Guo-Hall efektif dalam mengurangi ketebalan ridge menjadi satu piksel sambil mempertahankan struktur utama sidik jari. Deteksi minutiae berhasil mengidentifikasi titik-titik terminasi dan bifurkasi dengan akurasi yang tinggi, menghasilkan

dataset minutiae yang unik untuk setiap sidik jari. Dalam penelitian ini, titik terminasi dan bifurkasi terdeteksi dengan jumlah yang signifikan, yaitu 426 titik terminasi dan 459 titik bifurkasi. Pencocokan minutiae dilakukan pada lima gambar sidik jari yang berbeda dan hasilnya menunjukkan tingkat kesamaan yang tinggi, membuktikan bahwa metode yang digunakan dapat diandalkan untuk verifikasi dan identifikasi individu. Evaluasi dengan metrik menunjukkan bahwa sistem pengenalan sidik jari ini memiliki akurasi yang tinggi dan efisiensi dalam proses identifikasi.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pengenalan sidik jari berbasis minutiae adalah metode yang efektif dan andal untuk autentikasi biometrik. Dengan peningkatan lebih lanjut pada teknik pra-proses, thinning, dan deteksi minutiae, sistem ini dapat lebih ditingkatkan untuk mencapai tingkat keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi dalam berbagai aplikasi, seperti pencatatan kehadiran, paspor elektronik, dan perbankan. Hasil dari proses pra-proses dan deteksi minutiae digunakan untuk proses minutiae matching pada 5 gambar yang berbeda. Minutiae matching menghasilkan tingkat kesamaan yang bervariasi dengan tingkat akurasi yang tinggi, mencapai rata-rata akurasi sebesar 88.80%.

Referensi

- [1] S. Soheat and T. Wang, "Fingerprint Enhancement, Minutiae Extraction and Matching Techniques," *Journal of Computer and Communications*, vol. 08, no. 05, pp. 55–74, 2020, doi: 10.4236/jcc.2020.85003.
- [2] V. H. Nguyen, J. Liu, T. H. B. Nguyen, and H. Kim, "Universal fingerprint minutiae extractor using convolutional neural networks," *IET Biom*, vol. 9, no. 2, pp. 47–57, Mar. 2020, doi: 10.1049/iet-bmt.2019.0017.
- [3] N. Z. Lamin, W. N. A. W. Jusoh, J. Zainudin, and H. Samad, "Implementing Student Attendance System Using Fingerprint Biometrics for Kolej Universiti Poly-Tech Mara," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1062, no. 1, p. 012037, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1062/1/012037.
- [4] A. Rungchokanun, K. Srisutheanon, and V. Areekul, "Minutiae Selection using Reference Point for Fingerprint Data Interoperability and Identification," in *2020 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, IEEE, Jun. 2020, pp. 439–442. doi: 10.1109/ECTI-CON49241.2020.9158325.
- [5] N. Zaeri, "Minutiae-based Fingerprint Extraction and Recognition," in *Biometrics, InTech*, 2011. doi: 10.5772/17527.
- [6] Z. BIAN, D. ZHANG, and W. SHU, "KNOWLEDGE-BASED FINGERPRINT POST PROCESSING," *Intern J Pattern Recognit Artif Intell*, vol. 16, no. 01, pp. 53–67, Feb. 2002, doi: 10.1142/S021800140200154X.
- [7] N. Ahmed and A. Varol, "Minutiae based partial fingerprint registration and matching method," in *2018 6th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)*, IEEE, Mar. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ISDFS.2018.8355343.
- [8] P. Singh and L. Kaur, "Fingerprint feature extraction using morphological operations," in *2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications*, IEEE, Mar. 2015, pp. 764–767. doi: 10.1109/ICACEA.2015.7164805.
- [9] P. Mishra, A. K. Shrivastava, and A. Saxena, "Enhanced Thinning Based Finger Print Recognition," *International Journal on Cybernetics & Informatics*, vol. 2, no. 2, pp. 33–46, Apr. 2013, doi: 10.5121/ijci.2013.2204.
- [10] V. Espinosa-Duro, "Minutiae detection algorithm for fingerprint recognition," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 17, no. 3, pp. 7–10, Mar. 2002, doi: 10.1109/62.990347.
- [11] A. I. Khan and M. A. Wani, "Strategy to extract reliable minutia points for fingerprint recognition," in *2014 IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, IEEE, Feb. 2014, pp. 1071–1075. doi: 10.1109/IAdCC.2014.6779474.

- [12] A. I. Khan and M. A. Wani, "Strategy to extract reliable minutia points for fingerprint recognition," in 2014 IEEE International Advance Computing Conference (IACC), IEEE, Feb. 2014, pp. 1071–1075. doi: 10.1109/IAdCC.2014.6779474.
- [13] R. M. Yusof and N. Sulaiman, "Postprocessing algorithm for security features extraction," in 2012 International Conference on E-Learning and E- Technologies in Education (ICEEE), IEEE, Sep. 2012, pp. 219–222. doi: 10.1109/ICeLeTE.2012.6333392.
- [14] R. P. Krish, J. Fierrez, D. Ramos, F. Alonso- Fernandez, and J. Bigun, "Improving automated latent fingerprint identification using extended minutia types," *Information Fusion*, vol. 50, pp. 9–19, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.inffus.2018.10.001.
- [15] S. Albalawi, L. Alshahrani, N. Albalawi, R. Kilabi, and A. Alhakamy, "A Comprehensive Overview on Biometric Authentication Systems using Artificial Intelligence Techniques," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 4, 2022, doi:10.14569/IJACSA.2022.0130491.