



EKSTRAKSI FITUR DAN KLASIFIKASI DENGAN METODE *MACHINE LEARNING* UNTUK PENGENALAN BIOMETRIK BERDASARKAN FUSI SINYAL ECG DAN SIDIK JARI

Skripsi

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Strata-1 Ilmu Komputer**

Oleh

HAFIZ ILHAMI

NIM 2111016210011

**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
NOVEMBER 2025**



EKSTRAKSI FITUR DAN KLASIFIKASI DENGAN METODE *MACHINE LEARNING* UNTUK PENGENALAN BIOMETRIK BERDASARKAN FUSI SINYAL ECG DAN SIDIK JARI

Skripsi

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Strata-1 Ilmu Komputer**

Oleh

HAFIZ ILHAMI

NIM 2111016210011

**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

NOVEMBER 2025

SKRIPSI

EKSTRAKSI FITUR DAN KLASIFIKASI DENGAN METODE MACHINE LEARNING UNTUK PENGENALAN BIOMETRIK BERDASARKAN FUSI SINYAL ECG DAN SIDIK

JARI

Oleh:

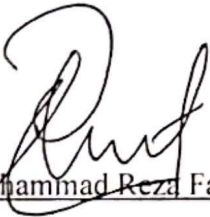
HAFIZ ILHAMI

NIM. 2111016210011

Telah dipertahankan di depan Dosen Penguji pada tanggal 26 November 2025.

Susunan Dosen Penguji:

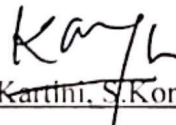
Pembimbing I



Mohammad Reza Faisal, S.Si S.T M.T PhD.

NIP. 197612202008121001

Dosen Penguji I



Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom.

NIP. 198704212012122003

Pembimbing II



Dodon Turianto Nugrahadi, S.Kom., M.Eng.

NIP. 198001122009121002

Dosen Penguji II



Irwan Budiman, S.T., M.Kom.

NIP. 197703252008121001

Banjarbaru, 26 November 2025

Koordinator Program Studi Ilmu Komputer



Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom.

NIP. 198704212012122003

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 5 November 2025

Yang Menyatakan,



Hafiz Ilhami

NIM. 2111016210011

ABSTRAK

EKSTRAKSI FITUR DAN KLASIFIKASI DENGAN METODE *MACHINE LEARNING* UNTUK PENGENALAN BIOMETRIK BERDASARKAN FUSI SINYAL ECG DAN SIDIK JARI

(Oleh : Hafiz Ilhami, Pembimbing: Mohammad Reza Faisal, S.T., M.T., Ph.D. dan Dodon Turianto Nugrahadi, S.Kom., M.Eng.; 2025; 81 halaman)

Penelitian ini mengusulkan sistem biometrik multimodal dengan menggabungkan dua modalitas, yaitu elektrokardiogram (ECG) dan sidik jari, untuk meningkatkan akurasi dan keandalan autentikasi identitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi kedua modalitas tersebut lebih unggul dibandingkan penggunaan satu modalitas saja, karena ECG sulit dipalsukan sementara sidik jari tetap menyumbang akurasi tinggi. Proses normalisasi data terbukti berperan penting dalam preprocessing, meningkatkan rata-rata akurasi klasifikasi dari 37,46% menjadi 62,29%, terutama pada algoritma berbasis jarak seperti KNN dan SVM. Selain itu, metode ekstraksi fitur minutiae menghasilkan kinerja paling optimal pada data sidik jari dengan rata-rata akurasi 82,71% setelah normalisasi, karena mampu menangkap karakteristik unik yang representatif. Dari sisi algoritma, Random Forest memberikan performa terbaik dalam klasifikasi data multimodal dengan rata-rata akurasi 92,25% setelah normalisasi dan 92,75% tanpa normalisasi. Temuan ini menegaskan bahwa kombinasi multimodal biometrik dan pemilihan metode klasifikasi yang tepat mampu menghadirkan sistem autentikasi yang lebih aman, andal, dan akurat.

Kata Kunci: Biometrik Multimodal, Elektrokardiogram, Sidik jari, Ekstraksi Fitur, Normalisasi, , *Machine Learning*

ABSTRACT

FEATURE EXTRACTION AND CLASSIFICATION BY MACHINE LEARNING METHODS FOR BIOMETRIC RECOGNITION BASED ON FUSION OF ECG AND FINGERPRINT

(By : Hafiz Ilhami, Pembimbing: Mohammad Reza Faisal, S.T., M.T., Ph.D. dan Dodon Turianto Nugrahadi, S.Kom., M.Eng.; 2025; 81 pages)

This study proposes a multimodal biometric system by combining two modalities, electrocardiogram (ECG) and fingerprint, to enhance the accuracy and reliability of identity authentication. The findings demonstrate that integrating these two modalities outperforms the use of a single modality, as ECG is difficult to forge while fingerprints contribute high accuracy in the verification process. Data normalization plays a crucial role in preprocessing, improving the average classification accuracy from 37.46% to 62.29%, with the most significant impact observed in distance-based algorithms such as KNN and SVM. Furthermore, the minutiae feature extraction method achieved the best performance for fingerprint data, reaching an average accuracy of 82.71% after normalization, as it effectively captures distinctive and representative characteristics while reducing redundancy. Among the classification algorithms, Random Forest provided the highest performance in multimodal data classification, achieving an average accuracy of 92.25% with normalization and 92.75% without normalization. These results highlight that combining multimodal biometrics with appropriate classification methods can deliver a more secure, reliable, and accurate authentication system.

Keywords: *Multimodal Biometric, Electrocardiogram, Fingerprint, Feature Extraction, Normalization, Machine Learnin*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Ekstraksi Fitur dan Klasifikasi dengan Metode *Machine Learning* untuk Pengenalan Biometrik Berdasarkan Fusi Sinyal ECG dan Sidik Jari” untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan S1 Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Tak lupa penulis panjatkan sholawat dan salam ke hadirat Rasulullah Muhammad SAW beserta sahabat, keluarga, dan pengikut beliau hingga *yaumul qiama*.

Pada lembar ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang sangat mendukung penulis dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini, adapun yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Bapak M. Reza Faisal, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama dan Dodon Turianto Nugrahadi, S.Kom., M.Eng. selaku dosen pembimbing pendamping, yang senantiasa membimbing, membantu, dan meluangkan waktu dalam proses penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Rudy Herteno, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ibu Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom. selaku Koordinator Program Studi Ilmu Komputer FMIPA ULM, atas bantuan dan izin beliau skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Ilmu Komputer FMIPA ULM atas ilmu dan bantuan yang diberikan selama ini sangat bermanfaat.
4. Keluarga Ryzen'21, terima kasih untuk canda, tawa, perjuangan yang sudah kita lewati bersama, untuk semua kenangan manis yang terukir selama ini. Senang bisa menjadi salah satu bagian dari kehidupan kalian.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan ini jauh lebih dari sempurna dan penulis mengharapkan bantuan berupa kritik dan saran yang

membangun dari semua pihak demi kesempurnaan dan mutu penulisan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan pembaca khususnya serta mendapat keridhaan Allah SWT.

Banjarbaru, 5 November 2025



Mafiz Ilhami

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang.....	14
1.2 Rumusan Masalah.....	16
1.3 Tujuan Penelitian.....	17
1.4 Manfaat Penelitian.....	17
1.5 Batasan Masalah.....	17
BAB II.....	19
TINJAUAN PUSTAKA.....	19
2.1 Kajian Terdahulu.....	19
2.2 Landasan Teori.....	21
2.2.1 Biometrik.....	21
2.2.2 Elektrokardiogram.....	22
2.2.3 Sidik Jari.....	22

2.2.4 Ekstraksi Fitur Sidik jari	22
2.2.5 Normalisasi	24
2.2.6 Biometrik Multimodal.....	25
2.2.7 Klasifikasi Algoritma <i>Machine learning</i>	26
2.2.8 Confusion Matrix	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Alat Penelitian.....	30
3.2 Bahan Penelitian.....	30
3.3 Variabel Penelitian.....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	31
3.4.1 <i>Preprocessing</i> Data	33
3.4.2 Ekstraksi Fitur Sidik jari	33
3.4.3 Normalisasi Data.....	34
3.4.4 Multimodal.....	34
3.4.5 Klasifikasi dan Evaluasi.....	34
3.4.6 Pembahasan Hasil	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil	37
4.1.1 Pengumpulan Dataset.....	37
4.1.2 <i>Preprocessing</i>	38
4.1.3 Ekstraksi Fitur	40
4.1.4 Normalisasi	44
4.1.5 Multimodal.....	49
4.1.6 Klasifikasi	53
4.1.7 Evaluasi.....	56

4.2	Pembahasan.....	76
BAB V PENUTUP.....		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN		85
RIWAYAT PENULIS		114

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Keaslian Penelitian.....	20
Tabel 2.	Perancang Penelitian.....	21
Tabel 3.	Pembagian Data Elektrokardiogram	37
Tabel 4.	Pembagian Dataset Sidik Jari.....	38
Tabel 5.	Dataset ECG_TRAIN	39
Tabel 6.	Dataset ECG_TEST	39
Tabel 7.	Hasil Data Ekstraksi Fitur Grayscale Train	43
Tabel 8.	Hasil Data Ekstraksi Fitur Grayscale Test	43
Tabel 9.	Hasil Jumlah Fitur Ekstraksi Fitur Sidik Jari	44
Tabel 10.	Hasil Normalisasi Data ECG Train.....	46
Tabel 11.	Hasil Normalisasi Data ECG Test	47
Tabel 12.	Hasil Normalisasi Ekstraksi Fitur Grayscale Sidik Jari Train ..	47
Tabel 13.	Hasil Normalisasi Ekstraksi Fitur Grayscale Sidik Jari Test	48
Tabel 14.	Hasil Multimodal ECG dan Sidik Jari Normalisasi Grayscale .	51
Tabel 15.	Hasil Multimodal ECG dan Sidik Jari Tanpa Normalisasi Grayscale.....	51
Tabel 16.	Total Fitur Multimodal.....	52
Tabel 17.	Hasil Klasifikasi Random Forest	53
Tabel 18.	Hasil Klasifikasi SVM	54

Tabel 19. Hasil Klasifikasi Naive Bayes.....	55
Tabel 20. Hasil Klasifikasi KNN	55
Tabel 21. Hasil Akurasi Multimodal Grayscale dan ECG Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	57
Tabel 22. Hasil Akurasi Multimodal Binary dan ECG Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	58
Tabel 23. Hasil Akurasi Multimodal Minutiae dan ECG Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	59
Tabel 24. Hasil Akurasi Multimodal Gabungan Ekstraksi Fitur Sidik Jari dan ECG	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 1 Model <i>Early Fusion</i>	26
Gambar. 2 Confusion matrix Multiclass	29
Gambar. 3 Prosedur Penelitian.....	32
Gambar. 4 Proses Permodelan Ekstraksi Fitur Sidik Jari	41
Gambar. 5 Hasil Gambar (a) Original Image, (b) Grayscale, (c) Edge Sobel Detection, (d) Binary, (e) Minutiae.....	42
Gambar. 6 Permodelan Dengan Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	45
Gambar. 7 Proses Multimodal	50
Gambar. 8 Hasil Confusion matrix Grayscale dan ECG Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	63
Gambar. 9 Hasil Confusion matrix Grayscale dan ECG Tanpa Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	64
Gambar. 10 Hasil Confusion matrix Binary dan ECG Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	66

Gambar. 11 Hasil Confusion matrix Binary dan ECG Tanpa Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	67
Gambar. 12 Hasil Confusion matrix Edge (Sobel Filter) dan ECG Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	69
Gambar. 13 Hasil Confusion matrix Edge (Sobel Filter) dan ECG Tanpa Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	70
Gambar. 14 Hasil Confusion matrix Minutiae dan ECG Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	72
Gambar. 15 Hasil Confusion matrix Minutiae dan ECG Tanpa Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	73
Gambar. 16 Hasil Confusion matrix Gabungan Semua Ekstraksi Fitur Sidik Jari dan ECG Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	75
Gambar. 17 Hasil Confusion matrix Gabungan Semua Ekstraksi Fitur Sidik Jari dan ECG Tanpa Normalisasi (a) Random Forest, (b) SVM, (c) Naive Bayes, (d) KNN k=1, (e) KNN k=3, (f) KNN k=5	76
Gambar. 18 Hasil Rata – Rata Akurasi Klasifikasi Dengan Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	77
Gambar. 19 Hasil Rata - Rata Akurasi Setiap Ekstraksi Fitur Dengan Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	78
Gambar. 20 Hasil Rata - Rata Akurasi Klasifikasi Setiap Algoritma Dengan Normalisasi dan Tanpa Normalisasi	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Drive Mount Source Code	85
Lampiran 2 Ekstraksi Fitur Sidik Jari Grayscale	85
Lampiran 3 Ekstraksi Fitur Sidik Jari Binary	87
Lampiran 4 Ekstraksi Fitur Sidik Jari Edge	90
Lampiran 5 Ekstraksi Fitur Sidik Jari Minutiae	92
Lampiran 6 Ekstraksi Fitur Sidik Jari Gabungan	95
Lampiran 7 Normalisasi dan Multimodal	100
Lampiran 8 Normalisasi dan Multimodal Gabungan Semua Ekstraksi ..	102
Lampiran 9 Tanpa Normalisasi dan Multimodal	106
Lampiran 10 Tanpa Normalisasi dan Multimodal Gabungan Semua Ekstraksi	108
Lampiran 11 Klasifikasi Source Code	110
Lampiran 12 Hasil Akurasi Klasifikasi Multimodal	112