

**PENERAPAN METODE EKSTRAKSI FITUR *GEOMETRIS*,  
*HOG* DAN *HU MOMENT* PADA CITRA TANDA TANGAN  
DIGITAL MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE*  
(SVM)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Kelulusan  
Jenjang Strata Satu Pada program Studi Teknik Informatika**

**Oleh**

**Muhammad Hikmal Febrian**

**2255201037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU  
2026**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### **PENERAPAN METODE EKSTRAKSI FITUR *GEOMETRIS*, *HOG* DAN *HU MOMENT* PADA CITRA TANDA TANGAN DIGITAL MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)**

Oleh  
Muhammad Hikmal Febrian  
2255201037

Tugas Akhir ini Telah Diterima dan Disahkan  
untuk Memenuhi Persyaratan Mencapai Gelar  
SARJANA KOMPUTER (S.Kom)

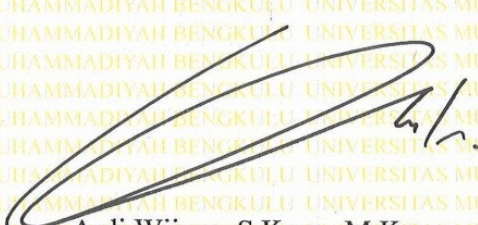
Pada  
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

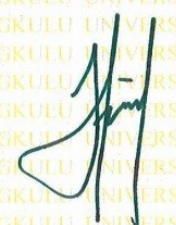
Bengkulu, 23 Mei 2026

Disetujui oleh

Ketua Program Studi,

Dosen Pembimbing,

  
Ardi Wijaya, S.Kom., M.Kom  
NP.198805112014081181

  
Dr. Erwin Dwika Putra., S.Kom., M.Kom  
NIDN. 0211018702

## LEMBAR PERSETUJUAN HASIL REVISI

### **PENERAPAN METODE EKSTRAKSI FITUR *GEOMETRIS*, *HOG* DAN *HU MOMENT* PADA CITRA TANDA TANGAN DIGITAL MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)**

Oleh

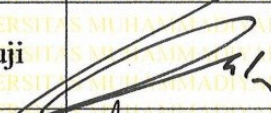
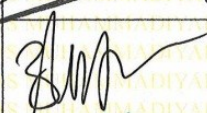
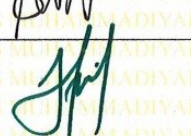
**Muhammad Hikmal Febrian**

**2255201037**

Telah Melakukan Revisi Sesuai Dengan Perubahan  
dan Perbaikan yang Diminta Pada Saat Sidang Tugas Akhir

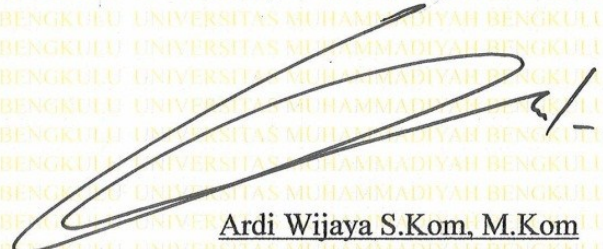
Bengkulu, 17 Juni 2026

Menyetujui

| No | Nama Dosen                            | Keterangan    | Tanda Tangan                                                                          |
|----|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Ardi Wijaya, S.Kom., M.Kom.           | Ketua Penguji |  |
| 2  | Muntahanah, S.Kom., M.Kom             | Penguji 1     |  |
| 3  | Dr. Erwin Dwika Putra, S.Kom., M.Kom. | Penguji 2     |  |

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Informatika

  
**Ardi Wijaya S.Kom, M.Kom**

**NP.198805112014081181**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENERAPAN METODE EKSTRAKSI FITUR *GEOMETRIS*, *HOG* DAN *HU MOMENT* PADA CITRA TANDA TANGAN DIGITAL MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)

#### SKRIPSI

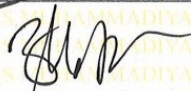
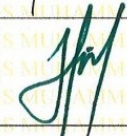
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Kelulusan  
Jejang Strata pada Program Studi Teknik Informatika

Oleh

Muhammad Hikmal Febrian

2255201037

Bengkulu, 10 Juni 2026

| No | Nama Dosen                            | Keterangan    | Tanda Tangan                                                                          |
|----|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Ardi Wijaya, S.Kom., M.Kom.           | Ketua Penguji |  |
| 2  | Muntahanah, S.Kom., M.Kom             | Penguji 1     |  |
| 3  | Dr. Erwin Dwika Putra, S.Kom., M.Kom. | Penguji 2     |  |

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik



R.G. Guntur Alam, M.Kom., Ph.D

NP.197301012000041040

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

- 1) Naskah Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Muhammadiyah Bengkulu maupun perguruan tinggi lainnya.
- 2) Skripsi ini murni merupakan karya penelitian saya sendiri dan tidak menjiplak karya pihak lain. Dalam hal ada bantuan atau arahan dari pihak lain maka telah saya sebutkan identitas dan jenis bantuannya di dalam lembar ucapan terima kasih.
- 3) Seandainya ada karya pihak lain yang ternyata memiliki kemiripan dengan karya saya ini, maka hal ini adalah di luar pengetahuan saya dan terjadi tanpa kesengajaan dari pihak saya.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terbukti adanya kebohongan dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai norma yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

Bengkulu, 23 Mei 2026  
Yang membuat pernyataan



  
Muhammad Hikmal Febrian  
NPM. 2255201037

MOTTO

*Proses yang sulit akan  
menghasilkan hasil yang  
bermakna.*

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, yang telah memberi saya kekuatan, kesehatan, dan kesabaran untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada Ayah saya (Zamzami Syafe'i SIP., MSi) dan Ibu saya (Juarna, Amd. Keb.), yang telah menjadi pilar kehidupan saya dan memberikan dukungan tanpa henti. Doa dan kasih sayang kalian menjadi sumber inspirasi dalam perjalanan ini.
2. Kepada Ayuk saya (Virny Zasyana Eka Putri, ST. MBA), dan Kakak saya (Viola Zasyana Dwi Putri, S.Psi), Abang Saya (Muhammad Dzaky Putra Ramadhan. ST) terima kasih atas doa, semangat, dan keceriaan yang selalu kalian berikan. Kehadiran kalian menjadi salah satu alasan terbesar saya untuk terus berjuang dan tidak menyerah dalam menyelesaikan pendidikan ini. Semoga pencapaian ini bisa menjadi contoh dan motivasi Adik mu ini agar terus belajar, bermimpi besar, dan meraih cita-cita yang diinginkan.
3. Kepada Dosen Pembimbing Dr. Erwin Dwika Putra S.Kom, M.Kom Terima kasih atas bimbingan, arahan, dan kesabaran yang diberikan selama proses penulisan skripsi ini. Saya beruntung memiliki pembimbing seperti Bapak yang selalu membimbing dan memberikan wawasan yang berharga.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Identitas Pribadi



Nama : Muhammad Hikmal Febrian

TTL : Bengkulu, 06 Februari 2004

Agama : Islam

Alamat: Jl. Merak No.168 RT.20 RW.06

Desa : Cempaka Permai

Kecamatan : Gading Cempaka

Kota : Bengkulu

### 2. Nama Orang Tua

Nama Ayah : Zamzami Syafe'i, SIP., MSi.

Pekerjaan : Pensiunan ASN

Nama Ibu : Juarna, Amd. Keb.

Pekerjaan : ASN

### 3. Riwayat Pendidikan

TK.RA Al Azhar Kota Bengkulu : 2006–2010

SD Negeri 81 Kota Bengkulu : 2010–2016

SMP Negeri 18 Kota Bengkulu : 2016–2019

SMK Negeri 5 Kota Bengkulu : 2019–2021

Universitas Muhammadiyah Bengkulu : 2021–2026

## ABSTRAK

### **PENERAPAN METODE EKSTRAKSI FITUR *GEOMETRIS*, *HOG* DAN *HU MOMENT* PADA CITRA TANDA TANGAN DIGITAL MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)**

Nama : Muhammad Hikmal Febrian

NPM : 2255201037

Pembimbing : Dr. Erwin Dwika Putra., S.Kom., M.Kom

Penelitian ini bertujuan membangun sistem otomatis yang mampu mengenali dan memverifikasi identitas pemilik tanda tangan digital menggunakan pendekatan pengolahan citra. Permasalahan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah keterbatasan proses verifikasi tanda tangan secara manual yang dinilai lambat, subjektif, dan rawan kesalahan, terutama ketika dihadapkan pada tanda tangan yang memiliki kemiripan visual tinggi. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan antarmuka grafis berbasis Tkinter, dan menggabungkan tiga metode ekstraksi fitur secara bersamaan, yaitu fitur Geometris untuk menangkap atribut bentuk global seperti luas dan keliling, HOG (*Histogram of Oriented Gradients*) untuk merepresentasikan distribusi arah gradien dan pola goresan lokal, serta Hu Moment untuk menghasilkan nilai invarian terhadap rotasi, translasi, dan perubahan skala. Ketiga fitur ini digabungkan menjadi satu vektor fitur yang kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dengan kernel RBF. Dataset menggunakan sampel tanda tangan 50 orang yang masing-masing orang memiliki 10 tanda tangan dengan pembagian dataset 80:10:10 data latih, data uji, data validasi. Evaluasi dilakukan terhadap 50 data uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali 45 dari 50 tanda tangan dengan benar, dengan nilai akurasi 90%, presisi 87%, *recall* 90%, dan *F1-Score* 88%. Temuan ini membuktikan bahwa kombinasi fitur Geometris, HOG, dan Hu Moment yang diklasifikasikan dengan SVM merupakan pendekatan yang efektif untuk sistem pengenalan tanda tangan digital dan berpotensi diterapkan dalam sistem keamanan dokumen elektronik.

**Kata Kunci:** Tanda tangan digital, Ekstraksi fitur, Geometris, HOG, Hu Moment, Support Vector Machine, pengolahan citra, Python

## ABSTRACT

### **APPLICATION OF GEOMETRIC FEATURE EXTRACTION, HOG AND HU MOMENT METHODS ON DIGITAL SIGNATURE IMAGES USING SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)**

Name : Muhammad Hikmal Febrian

NPM : 2255201037

Advisor : Dr. Erwin Dwika Putra., S.Kom., M.Kom

This research aims to develop an automated system capable of recognizing and verifying the identity of digital signature owners using an image processing approach. The problem underlying this research is the limitations of the manual signature verification process, which is considered slow, subjective, and error-prone, especially when dealing with signatures that have high visual similarity. The system was developed using the Python programming language with a Tkinter-based graphical user interface, combining three feature extraction methods simultaneously: Geometric features to capture global shape attributes such as area and perimeter, Histogram of Oriented Gradients (HOG) to represent the distribution of gradient orientations and local stroke patterns, and Hu Moments to produce values invariant to rotation, translation, and scaling. These three features are concatenated into a single feature vector, which is then classified using a Support Vector Machine (SVM) algorithm with an RBF kernel. The dataset consisted of signature samples from 50 individuals, each providing 10 signatures, with a dataset split of 80:10:10 for training, testing, and validation data, respectively. Evaluation was conducted on 50 test data samples. The test results showed that the system successfully recognized 45 out of 50 signatures correctly, achieving an accuracy of 90%, precision of 87%, recall of 90%, and F1-Score of 88%. These findings demonstrate that the combination of Geometric, HOG, and Hu Moment features classified using SVM is an effective approach for digital signature recognition systems and has the potential to be applied in electronic document security systems.

**Keywords:** *Digital Signature, Feature Extraction, Geometric, Hog, Hu Moment, Support Vector Machine, Image Processing, Python.*

## KATA PENGANTAR

### *Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul " Penerapan Metode Ekstraksi Fitur Geometris, Hog Dan Hu Moment Pada Citra Tanda Tangan Digital Menggunakan Support Vector Machine (SVM)". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan selama proses penelitian hingga penulisan skripsi selesai kepada :

1. Bapak Dr. Susiyanto, M. Si., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah
2. Bapak RG Guntur Alam, M.Kom, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Bengkulu.
3. Bapak Ardi Wijaya, S. Kom., M. Kom., selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Bengkulu.
4. Bapak Dr. Erwin Dwika Putra., S. Kom., M. Kom., atas bimbingan, arahan, dan kesabaran yang luar biasa selama proses penyusunan skripsi ini
5. Ayah, Ibu, Ayuk, Kakak, Abang dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

**Walaikumsalam Warahmatullahi Wabarakatuh**

Bengkulu, 27 Februari 2025

Penulis  
Muhammad Hikmal Febrian  
NPM. 2155201037

## DAFTAR ISI

|                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN SAMPUL.....                                              | i    |
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                                         | ii   |
| LEMBAR PERSETUJUAN HASIL REVISI.....                             | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                          | iv   |
| SURAT PERNYATAAN .....                                           | v    |
| MOTTO .....                                                      | vi   |
| PERSEMBAHAN.....                                                 | vii  |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....                                       | viii |
| ABSTRAK .....                                                    | ix   |
| ABSTRACT .....                                                   | x    |
| KATA PENGANTAR.....                                              | xi   |
| DAFTAR ISI.....                                                  | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                                               | xvi  |
| DAFTAR GAMBAR.....                                               | xvii |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                         |      |
| 1.1 Latar Belakang .....                                         | 1    |
| 1.2 Pertanyaan penelitian .....                                  | 5    |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                      | 6    |
| 1.4 Kerangka Kerja Penelitian ( <i>Research Framework</i> )..... | 6    |
| <b>BAB II TINJAUAN LITERATUR</b>                                 |      |
| 2.1 Penelitian Terkait .....                                     | 9    |
| 2.2 Pengolahan Citra Digital .....                               | 22   |
| 2.3 <i>Preprocessing</i> .....                                   | 24   |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 2.4 Tanda Tangan Digital.....                            | 25 |
| 2.5 Ekstraksi Fitur .....                                | 27 |
| 2.5.1 Metode Ekstraksi Fitur Geometris .....             | 27 |
| 2.5.2 <i>Histogram of Oriented Gradients</i> (HOG) ..... | 33 |
| 2.5.3 Hu Moment .....                                    | 36 |
| 2.6 <i>Support Vector Machine</i> (SVM) .....            | 38 |
| 2.7 Pengujian.....                                       | 40 |

### **BAB III ANALISIS MASALAH DAN PERANCANGAN PROGRAM**

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 3.1 Analisis Masalah .....                      | 42 |
| 3.2 Tahap Pelaksanaan .....                     | 44 |
| 3.3 Perancangan Program.....                    | 49 |
| 3.3.1 Perancangan Arsitektur Sistem .....       | 49 |
| 3.3.2 Perancangan Antarmuka Pengguna (GUI)..... | 50 |
| 3.3.3 Perancangan Alur Eksperimen .....         | 51 |

### **BAB IV IMPLEMENTASI DAN UJI COBA**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 4.1 Implementasi .....                     | 58 |
| 4.1.1 Persiapan Dataset .....              | 58 |
| 4.1.2 Tahap Preprocessing .....            | 63 |
| 4.1.3 Tahap Ekstraksi Fitur .....          | 66 |
| 4.1.4 Tahap Ekstraksi Fitur Geometris..... | 67 |
| 4.1.5 Tahap Ekstraksi Fitur HOG.....       | 77 |
| 4.1.6 Tahap Ekstraksi Fitur Hu Moment..... | 81 |
| 4.2 Uji Coba .....                         | 89 |
| 4.2.1 Pembagian Dataset .....              | 89 |
| 4.2.2 Pelatihan Dataset .....              | 91 |
| 4.2.3 Pengujian .....                      | 94 |

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan..... 102

5.2 Saran..... 103

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 104

**LAMPIRAN**..... 112

## DAFTAR TABEL

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 1.1 Tabel Framework Penelitian .....                            | 7   |
| Tabel 2.1 <i>Tabel Systematic Literature Review (SLR)</i> .....       | 12  |
| Tabel 3.1 Tabel Perancangan Antarmuka .....                           | 50  |
| Tabel 4.1 Tabel Statistik Pembagian Dataset.....                      | 63  |
| Tabel 4.2 Tabel Ringkasan Vektor Fitur Geometris (10 Nilai) .....     | 75  |
| Tabel 4.3 Tabel Parameter Konfigurasi HOG.....                        | 77  |
| Tabel 4.4 Tabel Grafik Ekstraksi Fitur HOG .....                      | 80  |
| Tabel 4.5 Tabel Ringkasan Hu Moment .....                             | 87  |
| Tabel 4.6 Tabel Parameter Pelatihan Model SVM .....                   | 92  |
| Tabel 4.7 Tabel Hasil Pengujian Data Uji .....                        | 97  |
| Tabel 4.8 Tabel Ringkasan Hasil Pengujian Data Uji dan Validasi ..... | 100 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2.1 Gambar Contoh Tanda Tangan Digital .....          | 27  |
| Gambar 3.1 Gambar Proses Tahap Pelaksanaan.....              | 48  |
| Gambar 3.2 Gambar Perancangan Arsitektur Sistem .....        | 50  |
| Gambar 3.3. Gambar Alur Eksperimen.....                      | 52  |
| Gambar 4.1 Gambar Data Uji 1 .....                           | 61  |
| Gambar 4.2 Gambar Resize Ukuran Citra .....                  | 62  |
| Gambar 4.3 Gambar Sampel 50 Orang Citra Tanda Tangan .....   | 62  |
| Gambar 4.4 Gambar Proses Preprocessing .....                 | 66  |
| Gambar 4.5 Gambar Proses Fitur Geometris .....               | 76  |
| Gambar 4.6 Gambar Proses Fitur HOG .....                     | 79  |
| Gambar 4.7 Gambar Proses Fitur Hu Moment .....               | 87  |
| Gambar 4.8 Gambar Pembagian Dataset .....                    | 90  |
| Gambar 4.9 Gambar Pelatihan Dataset .....                    | 92  |
| Gambar 4.10 Gambar Pengujian .....                           | 94  |
| Gambar 4.11 Gambar Visualisasi Hasil Pengujian .....         | 96  |
| Gambar 4.12 Gambar Pengujian Data Uji dan Data Validasi..... | 96  |
| Gambar 4.13 Gambar Confusion Matrix .....                    | 100 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi komputer yang terus berkembang dengan pesat diberbagai bidang kehidupan. Salah satunya yaitu sistem komputer yang dikembangkan dengan pemanfaatan metode dari ekstraksi fitur agar dapat melakukan proses pengenalan dan identifikasi karakter dari citra (Sugeng and Mulyana, 2022). Berbagai macam pengenalan pola sering dijumpai dikehidupan sehari-hari, seperti pengenalan tulisan tangan, angka, huruf, sidik jari, dan tanda tangan. Tanda tangan merupakan salah satu bentuk *biometrika* perilaku yang paling banyak diterima dan digunakan sebagai mekanisme *autentikasi* dan otorisasi identitas seseorang dalam berbagai dokumen resmi (Purwadi and Arujisaputra, 2025). Dalam era digital yang terus berkembang, keaslian dan integritas dokumen elektronik juga menjadi perhatian utama. Tanda tangan, sebagai penanda identitas dan persetujuan yang sah, telah beralih dari bentuk fisik ke bentuk digital (Izzah and Sugandha, 2021). Proses verifikasi tanda tangan secara manual seringkali memakan waktu, subjektif, dan rentan terhadap kesalahan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu proses otomatisasi yang mampu dalam pencocokan keaslian tanda tangan digital dengan pemanfaatan dari ekstraksi fitur dan model klasifikasi yang tepat supaya dapat teridentifikasi dengan akurat dan efisien.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai pengolahan citra tanda tangan yang dijadikan referensi untuk penelitian pengolahan citra yang berkaitan dengan tanda tangan digital. Penelitian (Indriani.S et al., 2024) berhasil mencapai akurasi 97% dalam pengenalan pola pada tanda tangan, namun metode ini membutuhkan data dan komputasi yang besar. Penelitian (Pujianto, Lestari and Septiani, 2021) memanfaatkan kombinasi ekstraksi fitur tekstur (GLCM, Gabor) dan warna (HSV) dengan tingkat akurasi keberhasilan mencapai 99,43%, sehingga dapat memberikan strategi kombinasi multi-fitur dan klasifikasi dalam identifikasi pola citra. Sementara itu, (Nandri Marsan Sitinjak, 2024) dan (Octariadi and Brianorman, 2020) membuktikan keefektifan ekstraksi fitur struktural sederhana dan jaringan saraf tiruan untuk menunjukkan keunggulan model data yang kompleks. Terakhir, penelitian oleh (Mar'ah et al., 2025) menegaskan pentingnya tahap pra-pemrosesan dalam penerapan ekstraksi fitur, seperti binerisasi Otsu, untuk menghasilkan citra yang bersih sebelum ekstraksi fitur.

Dalam konteks pengolahan citra, penelitian-penelitian tersebut dapat dijadikan referensi dalam penelitian yang akan dilakukan mengenai penerapan ekstraksi fitur pada citra tanda tangan digital sehingga dalam penelitian berfokus pada metode ekstraksi fitur untuk identifikasi keaslian dari tanda tangan digital, dimana ekstraksi fitur merupakan tahap kritis yang mengubah representasi visual tanda tangan menjadi deskriptor numerik yang menangkap karakteristik unik setiap citra (Octaria, Ermatita and Sukemi, 2019). Metode yang akan digunakan dalam penelitian meliputi *Geometric Features*, HOG (*Histogram of Oriented Gradients*) untuk menangkap tekstur, serta Hu Moments yang invarian terhadap

transformasi geometris. Fitur-fitur yang telah diekstraksi kemudian akan diklasifikasi menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) yang terbukti efektif dalam pengenalan pola tanda tangan.

Proses ini dimulai setelah tahap pra-pemrosesan, di mana citra tanda tangan yang sudah dibersihkan dianalisis untuk diambil ciri-cirinya. Metode ekstraksi fitur digunakan antara lain *geometric features*, yang menghitung atribut global seperti luas area, *centroid*, rasio aspek, dan keliling untuk menggambarkan bentuk dan proporsi tanda tangan secara keseluruhan (Supriyatin, 2022). HOG, yang memotong citra menjadi sel-sel kecil lalu membuat histogram yang merekam distribusi arah gradien intensitas piksel, sehingga efektif menangkap tekstur, arah guratan, dan struktur lokal goresan tanda tangan, serta Hu Moments, yang menghasilkan tujuh nilai momen invarian yang menggambarkan bentuk global dan tetap stabil terhadap transformasi geometris seperti rotasi, perubahan skala, atau translasi. Kombinasi dari fitur-fitur ini yang mencakup informasi geometris, tekstural, dan bentuk kemudian membentuk sebuah vektor fitur yang komprehensif (Putra et al., 2023). Vektor inilah yang menjadi input bagi algoritma SVM untuk mempelajari pola kecocokan yang dapat menghasilkan keputusan sebuah sampel tanda tangan adalah asli atau palsu.

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen dengan merancang dan menguji sistem pencocokan tanda tangan digital secara langsung (Dwika Putra, 2025). Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengujian nyata terhadap kinerja sistem melalui serangkaian percobaan yang terstruktur. Eksperimen dilakukan dengan mengimplementasikan metode ekstraksi fitur dan

klasifikasi SVM, kemudian mengukur hasilnya secara empiris. Secara spesifik, tujuan eksperimen dalam penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score* dalam identifikasi kecocokan keaslian citra tanda tangan digital menggunakan model SVM.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini berpusat pada metode ekstraksi ciri. Penelitian dimulai dengan akuisisi citra tanda tangan, dilanjutkan dengan tahap pra-pemrosesan untuk meningkatkan kualitas citra, seperti konversi ke skala abu-abu, *noise reduction*, dan segmentasi (Widiawati and Suliswaningsih, 2022). Pada tahap inti, fitur geometris, HOG, dan Hu Moment diekstraksi dari citra tanda tangan, yang secara kolektif akan membentuk pola pada citra tanda tangan digital. Selanjutnya, fitur-fitur tersebut digunakan untuk melatih model SVM menggunakan dataset yang berisi sampel tanda tangan. Kinerja dari model SVM akan dievaluasi untuk menentukan pendekatan mana yang paling efektif dalam pengenalan tanda tangan digital (Da Silva, Zaman and Setyati, 2023).

Penelitian ini berkontribusi pada domain yang telah lama diteliti namun terus relevan. Banyak penelitian sebelumnya telah membuktikan keefektifan ekstraksi ciri yang dikombinasikan dengan SVM dalam verifikasi tanda tangan. Keaslian penelitian ini terletak pada eksplorasi kombinasi fitur geometris, HOG, dan Hu Moment yang kemudian diklasifikasi menggunakan SVM. Pengukuran evaluasi menggunakan *confusion matrix* yaitu untuk mengukur *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang merupakan metrik standar dalam evaluasi model klasifikasi. Akurasi mengukur seberapa tepat model dalam

mengklasifikasikan seluruh data. *Confusion matrix* memberikan gambaran detail tentang performa klasifikasi untuk setiap kelas. *Precision* mengukur ketepatan model dalam memprediksi kelas positif, *recall* mengukur keberhasilan model dalam menemukan kembali kelas positif, sedangkan *f1-score* merupakan *harmonic mean* dari *precision* dan *recall* (Fauzi and Khairani, 2025). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyajikan solusi teknis tetapi juga memberikan wawasan mengenai karakteristik tanda tangan mana yang paling tepat dalam mencocokkan bahwa tanda tangan tersebut asli atau palsu menggunakan SVM.

Oleh karena itu, dari pembahasan tersebut maka dalam penelitian ini mengangkat judul penerapan metode ekstraksi fitur geometris, HOG dan Hu moment pada citra tanda tangan digital menggunakan SVM.

## 1.2 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana kinerja metode ekstraksi fitur geometris, HOG, dan Hu Moment dalam pencocokan keaslian citra tanda tangan digital menggunakan klasifikasi SVM?
2. Seberapa besar pengaruh pemilihan metode ekstraksi fitur (Geometris, HOG, Hu Moment) terhadap akurasi klasifikasi SVM pada citra tanda tangan digital?
3. Bagaimana hasil metode ekstraksi fitur Geometris, HOG, dan Hu Moment, dalam akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* dalam pencocokan pola tanda tangan digital?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan sistem pencocokan tanda tangan digital untuk mencari tingkat kecocokan tanda tangan digital yang mengintegrasikan metode Geometris, HOG, Hu Moment, dan klasifikasi SVM.
2. Mengukur kinerja metode ekstraksi fitur geometris, HOG, dan Hu Moment dalam pencocokan pola citra tanda tangan digital menggunakan klasifikasi SVM, berdasarkan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*.
3. Mengevaluasi tingkat akurasi sistem yang dikembangkan dalam pencocokan pola tanda tangan digital menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-Score*.

### 1.4 Kerangka Kerja Penelitian (*Research Framework*)

*Framework* penelitian merupakan kerangka kerja yang menggambarkan alur dan tahapan yang ditempuh secara sistematis dalam pelaksanaan penelitian ini. Kerangka tersebut disusun agar setiap tahapan memiliki keterkaitan yang logis, mulai dari identifikasi masalah hingga diperolehnya kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Secara garis besar, penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang saling berurutan sebagaimana dijelaskan berikut ini.

Tabel 1.1 Tabel Framework Penelitian

| No | Tahap Penelitian          | Kegiatan Utama                                                                                                                                | Output yang Dihasilkan                            |
|----|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1  | Studi Literatur           | Mengkaji teori dan penelitian terdahulu terkait pengolahan citra digital, ekstraksi fitur geometris, HOG, Hu Moment, dan tanda tangan digital | Landasan teori dan kerangka konseptual penelitian |
| 2  | Pengumpulan Data          | Mengumpulkan citra tanda tangan digital (asli dan palsu) melalui pemotretan atau pemindaian                                                   | Dataset citra tanda tangan digital                |
| 3  | Pra-Pemrosesan Citra      | Konversi grayscale, binarisasi, normalisasi ukuran, dan pengurangan <i>noise</i>                                                              | Citra tanda tangan hasil pra-pemrosesan           |
| 4  | Segmentasi Citra          | Pemisahan objek tanda tangan dari latar belakang citra                                                                                        | Objek tanda tangan yang tersegmentasi             |
| 5  | Ekstraksi Fitur Geometris | Menghitung fitur berbasis bentuk seperti luas, keliling, rasio aspek, <i>centroid</i> , dan kepadatan piksel                                  | Nilai fitur geometris tanda tangan                |
| 6  | Ekstraksi Fitur HOG       | Membagi citra menjadi sel-sel kecil, menghitung gradien intensitas, dan menyusun histogram orientasi gradien                                  | Nilai fitur HOG (Histogram of Oriented Gradients) |
| 7  | Ekstraksi Fitur Hu Moment | Menghitung tujuh momen Hu sebagai fitur bentuk invarian                                                                                       | Nilai Hu Moment dari citra tanda tangan           |
| 8  | Pembentukan Vektor Fitur  | Menggabungkan fitur geometris, HOG dan Hu Moment ke dalam satu vektor fitur                                                                   | Vektor fitur tanda tangan digital                 |
| 9  | Analisis Data             | Menganalisis karakteristik fitur hasil ekstraksi untuk membedakan tanda tangan                                                                | Informasi pola dan karakteristik tanda tangan     |
| 10 | Evaluasi Hasil            | Mengevaluasi hasil ekstraksi fitur berdasarkan konsistensi dan representasi bentuk                                                            | Hasil evaluasi efektivitas fitur                  |

kerangka penelitian yang terdiri dari sepuluh tahapan sistematis. Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk membangun landasan teori, dilanjutkan pengumpulan data citra tanda tangan digital. Tahap pra-pemrosesan citra dan segmentasi citra dilakukan untuk meningkatkan kualitas gambar dan memisahkan objek tanda tangan dari latar belakang. Selanjutnya, dilakukan tiga

metode ekstraksi fitur secara berurutan: ekstraksi fitur geometris untuk menangkap parameter bentuk global seperti luas, keliling, dan rasio aspek, ekstraksi fitur HOG untuk mendeteksi distribusi orientasi gradien yang merepresentasikan arah guratan dan tekstur lokal tanda tangan; serta ekstraksi fitur Hu Moment untuk menghasilkan tujuh nilai momen invarian terhadap rotasi, translasi, dan skala. Ketiga jenis fitur tersebut kemudian digabungkan menjadi satu vektor fitur yang komprehensif. Tahap analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi pola kecocokan antara tanda tangan digital, sedangkan evaluasi hasil bertujuan menilai konsistensi dan efektivitas fitur yang telah diekstraksi. Seluruh tahapan ini dirancang secara terstruktur dan berurutan untuk mendukung identifikasi keaslian tanda tangan digital menggunakan metode SVM.