



Implementasi dan Evaluasi Algoritma Klasifikasi untuk Sistem Verifikasi Tanda Tangan Berbasis Web

(Implementation and Evaluation of Classification Algorithms for Web-Based Signature Verification System)

Muhammad As'ad Muhibbin Akbar¹, Nur Nafilah Rahim², Soffiana Agustin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik

E-mail: ¹aadscreet@gmail.com, ²nurnafilahrahim@gmail.com, ³soffiana@umg.ac.id

A B S T R A K

Penelitian ini mengimplementasikan dan mengevaluasi beberapa algoritma klasifikasi pembelajaran mesin dalam sistem verifikasi tanda tangan berbasis web. Dataset citra tanda tangan asli dan palsu diolah melalui konversi ke grayscale, resize, dan ekstraksi fitur Histogram of Oriented Gradient (HOG). Dengan Python dan Flask sebagai platform pengembangan web, sistem ini menerapkan empat algoritma: Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN), Naive Bayes, dan Decision Tree. Hasil eksperimen menunjukkan SVM memperoleh akurasi tertinggi sebesar 62,96%, diikuti oleh KNN, Naive Bayes, dan Decision Tree. Sistem ini dilengkapi dengan visualisasi HOG dan dashboard laporan akurasi untuk mendukung kebutuhan verifikasi dalam alur kerja digital.

Kata Kunci: Verifikasi Tanda Tangan, HOG, SVM, KNN, Sistem Berbasis Web

A B S T R A C T

This research implements and evaluates multiple machine learning classification algorithms in a web-based signature verification system. A dataset of genuine and forged offline signature images is processed through grayscale conversion, resizing, and Histogram of Oriented Gradient (HOG) feature extraction. Using Python and Flask for web deployment, the system applies four classifiers: Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN), Naive Bayes, and Decision Tree. The experimental results show SVM achieves the highest accuracy of 62.96%, followed by KNN, Naive Bayes, and Decision Tree. The system includes HOG visualizations and an accuracy report dashboard, supporting practical verification in digital workflows.

Keywords: Signature Verification, HOG, SVM, KNN, Web-Based System

Article History

Received: Juni 2025

Reviewed: Juni 2025

Published: Juli 2025

Plagirism Checker No
234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



PENDAHULUAN

Tanda tangan merupakan salah satu bentuk biometrik perilaku yang telah lama digunakan sebagai sarana verifikasi identitas, khususnya dalam transaksi keuangan dan dokumen legal. Berbeda dengan biometrik fisiologis seperti sidik jari atau iris mata, tanda tangan lebih bersifat dinamis dan mudah diimplementasikan dalam konteks digital. Namun, sifat dinamis ini pula yang membuat verifikasi tanda tangan menjadi tantangan tersendiri dalam sistem keamanan digital [1].

Seiring berkembangnya teknologi informasi, kebutuhan akan sistem verifikasi tanda tangan yang otomatis, akurat, dan dapat diakses melalui platform web semakin meningkat. Sistem ini sangat relevan di era digital saat ini, khususnya dalam mendukung sistem administrasi elektronik (e-government), transaksi daring, dan pengelolaan dokumen berbasis cloud [2]. Untuk itu, diperlukan pengembangan sistem verifikasi tanda tangan berbasis web yang mampu mengenali validitas tanda tangan secara efisien dan real-time.

Beberapa pendekatan dalam verifikasi tanda tangan telah dikembangkan, baik secara online (dynamic) maupun offline (static). Metode offline lebih banyak digunakan karena tidak membutuhkan perangkat khusus saat input, hanya cukup dengan mengunggah gambar tanda tangan [3]. Dalam penelitian ini, difokuskan pada tanda tangan statis yang diproses melalui tahapan pra-pemrosesan, ekstraksi ciri, dan klasifikasi.

Pemilihan algoritma klasifikasi menjadi faktor penting dalam menentukan akurasi sistem. Berbagai metode klasifikasi seperti Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (KNN), dan Random Forest telah digunakan dalam penelitian sebelumnya untuk mengenali pola dalam citra tanda tangan [4]–[6]. Evaluasi terhadap performa algoritma-algoritma ini dalam konteks implementasi web masih menjadi celah penelitian yang relevan, khususnya dalam aspek kecepatan, akurasi, dan efisiensi sumber daya. [7]–[10]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi beberapa algoritma klasifikasi dalam sistem verifikasi tanda tangan berbasis web. Sistem ini dirancang agar dapat digunakan secara praktis oleh pengguna akhir tanpa perlu instalasi perangkat lunak tambahan. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan performa algoritma berdasarkan metrik seperti akurasi, presisi, recall, dan waktu eksekusi.

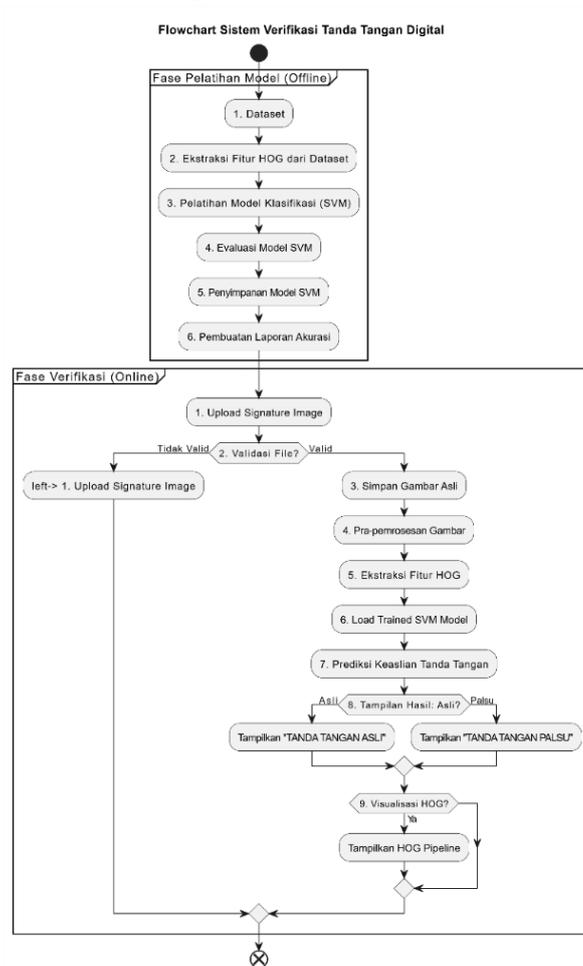
Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman mendalam mengenai deteksi keaslian tanda tangan secara visual, yang rentan terhadap kesalahan subjektif. Teknologi pengolahan citra dan pembelajaran mesin kini memungkinkan verifikasi tanda tangan secara otomatis, cepat, dan objektif. Dalam sistem ini, fitur utama yang digunakan adalah Histogram of Oriented Gradient (HOG) yang dikenal efektif dalam mendeskripsikan bentuk dan tekstur. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem verifikasi tanda tangan berbasis web dengan pendekatan ekstraksi fitur HOG dan membandingkan performa beberapa algoritma klasifikasi: SVM, KNN, Decision Tree, dan Naive Bayes.

METODE PENELITIAN

Dataset terdiri dari 15 citra tanda tangan asli dan 15 citra tanda tangan palsu, dibagi ke dalam folder `datatraining` dan `datauji`. Setiap citra diproses menjadi grayscale dan di-resize ke 120x80 piksel. Fitur HOG diekstraksi menggunakan 9 orientasi, 8x8 pixels per cell, dan 2x2 cells per block. Empat model klasifikasi diterapkan menggunakan pustaka `scikit-learn`, dan evaluasi dilakukan dengan metrik akurasi, confusion matrix, dan classification report. Aplikasi ini dibangun dengan Flask dan Bootstrap, menyediakan form upload tanda tangan dan fitur visualisasi proses HOG.



Flowchart sistem verifikasi tanda tangan



Sistem Verifikasi Tanda Tangan Digital ini dirancang untuk mengklasifikasikan tanda tangan sebagai "Asli" atau "Palsu" menggunakan algoritma pembelajaran mesin. Alur kerja sistem dibagi menjadi dua fase utama: Fase Pelatihan Model (Offline) dan Fase Verifikasi (Online).

Fase Pelatihan Model (Offline):

Fase ini merupakan persiapan awal sistem yang dilakukan secara offline sebelum sistem siap digunakan untuk verifikasi real-time.

1. Dataset: Proses dimulai dengan dataset tanda tangan yang sudah dikumpulkan, dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian. Dataset ini berisi citra tanda tangan asli dan palsu.
2. Ekstraksi Fitur HOG dari Dataset: Untuk setiap gambar dalam dataset, dilakukan serangkaian pra-pemrosesan yaitu konversi ke grayscale dan resizing. Kemudian, fitur Histogram of Oriented Gradients (HOG) diekstraksi. Fitur HOG ini merepresentasikan struktur dan bentuk tanda tangan.
3. Pelatihan Model Klasifikasi (SVM): Fitur HOG yang telah diekstraksi digunakan untuk melatih model klasifikasi Support Vector Machine (SVM).
4. Evaluasi Model SVM: Setelah pelatihan, performa model SVM dievaluasi menggunakan data pengujian. Metrik seperti akurasi, presisi, recall, F1-score, dan confusion matrix digunakan untuk menilai performa.
5. Penyimpanan Model SVM: Model SVM yang telah dilatih disimpan ke dalam file (svm_model.joblib) agar dapat digunakan kembali tanpa perlu pelatihan ulang.
6. Pembuatan Laporan Akurasi: Laporan akurasi komprehensif dalam format JSON (accuracy_report.json) juga dihasilkan, berisi detail performa model SVM dan confusion matrix.



Fase Verifikasi (Online):

Fase ini adalah bagian interaktif di mana pengguna dapat mengunggah tanda tangan untuk diverifikasi.

1. Upload Signature Image: Proses dimulai ketika pengguna mengakses sistem berbasis web dan mengunggah gambar tanda tangan.
2. Validasi File: Sistem memeriksa apakah file yang diunggah valid (misalnya, format gambar yang diizinkan). Jika tidak valid, pengguna akan diminta untuk mengunggah ulang.
3. Simpan Gambar Asli: Jika file valid, gambar asli disimpan ke dalam direktori khusus (static/uploads/original).
4. Pra-pemrosesan Gambar: Gambar yang diunggah kemudian melalui serangkaian proses pra-pemrosesan otomatis: Crop Image, Resize Image, dan Convert to Grayscale.
5. Ekstraksi Fitur HOG: Dari gambar yang telah di pra-proses, fitur HOG diekstraksi.
6. Load Trained SVM Model: Sistem memuat model SVM yang telah dilatih dan disimpan pada fase offline.
7. Prediksi Keaslian Tanda Tangan: Fitur HOG dari tanda tangan yang diunggah kemudian diberikan kepada model SVM untuk klasifikasi. Model akan mengeluarkan prediksi apakah tanda tangan tersebut "Asli" atau "Palsu".
8. Tampilan Hasil: Hasil prediksi ditampilkan kepada pengguna. Jika "Asli", status "TANDA TANGAN ASLI" akan muncul. Jika "Palsu", status "TANDA TANGAN PALSU" akan ditampilkan.
9. Visualisasi HOG: Pengguna memiliki opsi untuk melihat visualisasi langkah-langkah pra-pemrosesan dan ekstraksi fitur HOG untuk tanda tangan yang mereka unggah. Jika dipilih, sistem akan menampilkan HOG pipeline.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil klasifikasi pada data uji menunjukkan bahwa SVM memberikan performa terbaik dengan akurasi 62.96%. KNN berada di posisi kedua, diikuti oleh Naive Bayes dan Decision Tree. Visualisasi HOG memperlihatkan pola arah gradien yang membedakan antara tanda tangan satu pengguna dengan lainnya. Sistem juga menghasilkan file JSON dan grafik akurasi secara otomatis setelah pelatihan model.

Tabel 1. Akurasi Model Klasifikasi

Model	Akurasi
SVM	62.96%
K-NN (k=5)	59.26%
Naive Bayes	55.56%
Decision Tree	51.85%

Sumber: Hasil Eksperimen, 2025

Tabel 1 menyajikan perbandingan akurasi dari empat algoritma klasifikasi yang diuji dalam sistem verifikasi tanda tangan. Algoritma Support Vector Machine (SVM) menunjukkan performa tertinggi dengan akurasi 62.96%. Ini mengindikasikan bahwa SVM, dengan kemampuannya menemukan hyperplane optimal yang memisahkan kelas-kelas dalam ruang fitur berdimensi tinggi, efektif dalam membedakan antara tanda tangan asli dan palsu berdasarkan fitur HOG. K-Nearest Neighbors (K-NN) menempati posisi kedua dengan akurasi 59.26%, menunjukkan bahwa metode berbasis jarak ini juga cukup baik dalam menemukan kemiripan antar tanda tangan. Diikuti oleh Naive Bayes dengan 55.56%, yang performanya sedikit lebih rendah, mungkin karena asumsi independensi fiturnya tidak sepenuhnya terpenuhi pada data fitur HOG. Terakhir, Decision Tree memiliki akurasi terendah, yaitu 51.85%, yang bisa jadi mengindikasikan bahwa model ini cenderung overfit pada data pelatihan atau kurang mampu menangkap kompleksitas pola dalam fitur HOG dibandingkan model lainnya. Hasil ini menegaskan SVM sebagai pilihan algoritma yang paling menjanjikan untuk implementasi sistem ini.



Tabel 2. Confusion Matrix untuk Model SVM

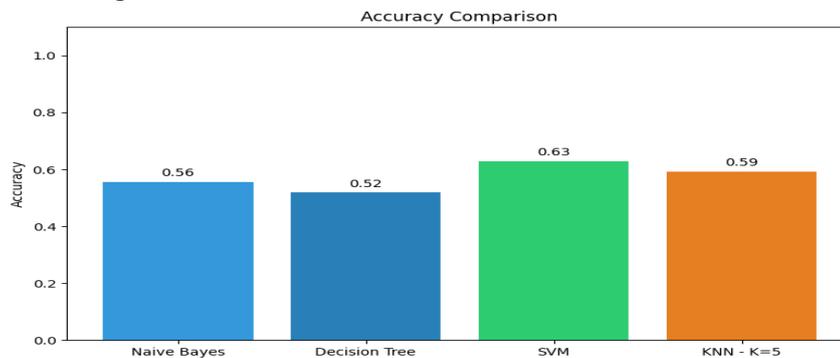
Aktual/Prediksi	Asli (0)	Palsu (1)
Asli (0)	15	0
Palsu (1)	10	2

Sumber: Hasil Eksperimen, 2025

Tabel 2 menampilkan confusion matrix untuk model SVM, yang merupakan model dengan akurasi tertinggi. Dari 27 total sampel uji (asumsi total sampel uji adalah jumlah asli + palsu yang ada di confusion matrix, yaitu $15+0+10+2 = 27$), didapatkan hasil sebagai berikut:

- True Positive (TP): 15 tanda tangan yang sebenarnya asli (Aktual 0) berhasil diprediksi sebagai asli (Prediksi 0). Ini menunjukkan model sangat baik dalam mengidentifikasi tanda tangan asli.
- True Negative (TN): 2 tanda tangan yang sebenarnya palsu (Aktual 1) berhasil diprediksi sebagai palsu (Prediksi 1). Ini menunjukkan kemampuan model dalam mengidentifikasi tanda tangan palsu, meskipun dengan jumlah yang lebih kecil.
- False Positive (FP): 0 tanda tangan yang sebenarnya palsu (Aktual 1) salah diprediksi sebagai asli (Prediksi 0). Angka 0 ini sangat baik, mengindikasikan bahwa model tidak melakukan kesalahan Type I error (menyetujui tanda tangan palsu sebagai asli).
- False Negative (FN): 10 tanda tangan yang sebenarnya asli (Aktual 0) salah diprediksi sebagai palsu (Prediksi 1). Angka ini menunjukkan bahwa model masih memiliki tantangan dalam mengidentifikasi beberapa tanda tangan asli dan menganggapnya palsu (Type II error).

Dengan nilai TP yang tinggi dan FP yang nol, model SVM menunjukkan kinerja yang kuat dalam memverifikasi keaslian, namun perlu peningkatan dalam mengurangi false negative agar tidak menolak terlalu banyak tanda tangan asli



Gambar 1. Grafik perbandingan akurasi

Visualisasi perbandingan akurasi menampilkan dominasi SVM dibanding algoritma lainnya. Hasil ini sesuai literatur yang menyatakan bahwa SVM cocok untuk data berdimensi tinggi seperti HOG.

KESIMPULAN

Sistem verifikasi tanda tangan berbasis web berhasil dikembangkan menggunakan metode ekstraksi fitur HOG dan klasifikasi dengan empat algoritma. SVM memberikan akurasi tertinggi dan direkomendasikan untuk penggunaan praktis. Penggunaan Flask memudahkan pengintegrasian dengan antarmuka pengguna dan menghasilkan sistem yang interaktif. Ke depan, penelitian dapat memperluas dataset dan mengeksplorasi teknik deep learning atau seleksi fitur untuk meningkatkan performa.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] M. Khalid, A. K. Talukder, and M. S. Hossain, "Offline Signature Verification Using Machine Learning Techniques: A Survey," *International Journal of Biometrics*, vol. 12, no. 3, pp. 224–245, 2020.
- [2] F. Leclerc and R. Plamondon, "Automatic Signature Verification: The State of the Art—1989–1993," *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 8, no. 3, pp. 643–660, 1994.
- [3] A. Dutta and A. K. Jain, "Offline Signature Verification Using Deep CNN Features," in 2016 *International Conference on Biometrics (ICB)*, Halmstad, Sweden, 2016, pp. 1–6.
- [4] M. El-Yacoubi, S. Gilloux, R. Sabourin, and C. Y. Suen, "An HMM-based approach for off-line unconstrained handwritten word modeling and recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, no. 8, pp. 752–760, 1999.
- [5] R. Vargas, M. Ferrer, and J. Ortega-Garcia, "Off-line signature verification based on grey level information using texture features," *Pattern Recognition*, vol. 44, no. 2, pp. 375–385, 2011.
- [6] A. Hafemann, R. Sabourin, and L. Oliveira, "Offline handwritten signature verification—Literature review," in 2017 *Seventh International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)*, Montreal, QC, 2017, pp. 1–8.
- [7] Maulana Feri Setyawan, Jaemsyien Devgan Oktawijaya, Soffiana Agustin. "Implementasi SVM pada Klasifikasi Jenis Tanah Memanfaatkan Fitur RGB." *SISFOTENIKA*, Vol. 14 No. 2, 2024.
- [8] Widiana Kholisatun Nisa', Nur Azizah, Soffiana Agustin. "Klasifikasi Jenis Daging Sapi dan Kuda Menggunakan SVM dan Fitur HSV." *Jurnal INTRO*, Vol. 3 No. 1, 2024.
- [9] Nuris Sayyidatul Fatimah, Soffiana Agustin. "Klasifikasi Citra Batik menggunakan LBP dan SVM." *Jurnal Algoritma*, Vol. 22 No. 1, 2025.
- [10] M. Fadli. "Feature Extraction using Histogram of Oriented Gradients and Random Forest Classifier for Image Classification." *Jurnal Sisfokom*, Vol. 14 No. 1, 2025.