

Identifikasi Tanda Tangan Lansia dengan Metode HOG dan *K-Nearest Neighbors Classifier*

I Kadek Nurcahyo Putra¹, Ni Putu Dita Ariani Sukma Dewi², Dibi Ngabe Mupu³, Diah Ayu Pusparani⁴

¹Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Informatika, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia

²Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi, Institut Teknologi dan Kesehatan Bali

³Ilmu Komputer, Fakultas Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha

¹ikadeknurcahyoputra@gmail.com*, ²ditaariani@itekes-bali.ac.id, ³dibi@undiksha.ac.id,

⁴diah.ayu.pusparani@undiksha.ac.id

Abstract

Signatures are utilized for legally approving agreements, deals, or state administration activities. Signature identification is necessary to verify a signature's ownership and protects the owner of the signature from harm, such as forgery. In this study, the authors conducted signature identification on individuals over 50 years old. The images were created by scanning the signature. This performed pre-processing to extract characteristics unique to the signature image. For each signature image, 4.536 feature vectors are produced using the HOG feature extraction method. The K-NN classification method is applied in order to identify the signature images, with the highest accuracy achieved when using a K value of 3 or 4, at 98.6%. The lowest accuracy values were obtained with K values of 7, 8, and 10, at 96%. The HOG feature extraction method results can be used to accurately determine the ownership of one signature with another, as evidenced by the little drop in accuracy from the highest to the lowest. To optimize feature extraction, it is recommended to reduce the feature size and speed up computation due to the large feature vector obtained for each signature using the HOG method.

Keywords: Signature, HOG, K-Nearest Neighbors, Image Processing

Abstrak

Tanda tangan adalah tanda persetujuan yang digunakan dalam perjanjian, transaksi, atau aktivitas administrasi negara secara hukum. Identifikasi tanda tangan sangat penting untuk mencegah pemalsuan dan kerugian bagi pemilik tanda tangan. Dalam penelitian ini, penulis melakukan identifikasi tanda tangan pada individu yang berusia di atas 50 tahun. Metode yang digunakan adalah menghasilkan citra tanda tangan melalui pemindaian, kemudian mengolah citra tersebut untuk mengekstraksi fitur-fitur yang khas. Metode ekstraksi fitur yang digunakan adalah HOG, yang menghasilkan dataset berisi 4.536 vektor fitur untuk setiap gambar tanda tangan. Metode klasifikasi yang digunakan adalah K-NN, dengan akurasi tertinggi dicapai ketika nilai K sebesar 3 atau 4 yaitu 98,6%. Akurasi terendah diperoleh ketika nilai K sebesar 7, 8, dan 10 yaitu 96%. Penurunan akurasi yang sedikit menunjukkan bahwa metode HOG dapat efektif dalam mengidentifikasi kepemilikan tanda tangan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan ekstraksi fitur dengan memperkecil ukuran fitur untuk mempercepat komputasi.

Kata kunci: Tanda tangan, HOG, K-Nearest Neighbors, Pemrosesan Gambar

©This work is licensed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Tanda tangan biasanya digunakan untuk menyetujui perjanjian, kontrak, dan kegiatan administrasi negara secara hukum. Sangat penting untuk mengonfirmasi keaslian tanda tangan selama pengesahan perjanjian untuk mencegah pemalsuan [1]. Tanda tangan yang sah dapat divalidasi dengan membandingkannya dengan tanda tangan baru [2].

Identifikasi tanda tangan secara manual biasa dilakukan dengan membandingkan pola tanda tangan yang asli atau sah dengan yang baru ditulis. Tanda tangan yang sering ditulis akan serupa tetapi tidak identik, variasi ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti posisi menulis, ukuran, dan alat tulis yang digunakan. Di samping itu, usia dan kondisi mental seseorang juga dapat mempengaruhi variasi ini [3]. Ketika manusia melewati umur 50 tahun pada umumnya terjadi penurunan fungsi motoric dan

perubahan fisiologis sehingga diklasifikasi sebagai lansia [3].

Saat ini teknologi telah memungkinkan melakukan proses identifikasi pada tanda tangan yang dilakukan secara manual maupun dengan komputer. Komputer menawarkan pendekatan yang objektif dalam pengambilan keputusan, yang dapat membantu, berbeda dengan manusia yang mungkin bersifat subjektif. Komputer tidak dapat secara langsung mengidentifikasi objek dalam hal ini tanda tangan, ekstraksi fitur pada citra tanda tangan merupakan proses penting pengenalan pola untuk komputer [4].

Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi identifikasi tanda tangan. Sebagai contoh, dalam sebuah penelitian yang tercantum sebagai berikut [5] Identifikasi tanda tangan dilakukan terhadap 15 individu dengan menggunakan 150 dataset tanda

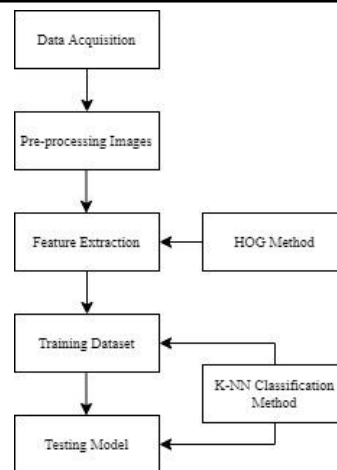
tangan. Pada penelitian ini, fitur tekstur diekstraksi dari gambar tanda tangan menggunakan metode LBP (*Local Binary Pattern*) dan GLCM (*Gray Level Co-Occurrence Matrix*) dengan SVM Classifier sebagai model klasifikasi. Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian ini menunjukkan bahwa dataset yang diekstraksi menggunakan metode GLCM memperoleh akurasi sebesar 86,67%, mengungguli dataset yang dihasilkan dari ekstraksi fitur menggunakan metode LBP yang mencapai akurasi 80%.

Pada penelitian lainnya [6] identifikasi tanda tangan dengan menggunakan *backpropagation Artificial Neural Network*. Pada penelitian ini digunakan 50 node dan 1 lapisan tersembunyi, dengan tingkat pembelajaran 0,3, setelah melakukan berbagai percobaan untuk mencapai hasil yang optimal. Dari 150 responden, 10 di antaranya memperoleh akurasi 95%. Selain itu, dalam penelitian terpisah [7] penggunaan metode HOG sebagai metode ekstraksi fitur untuk tanda tangan yang dikombinasikan dengan metode klasifikasi jaringan syaraf tiruan menghasilkan akurasi sebesar 98,33%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tanda tangan secara tepat terutama terhadap individu berusia diatas 50 yang pada umumnya mengalami penurunan fungsi motorik. Dataset dibuat dengan mengekstraksi fitur tanda tangan menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient*. Penggunaan metode HOG didasari dengan fakta bahwa algoritma HOG mampu membedakan orientasi arah tulisan tangan karena mengakumulasi seberapa banyak setiap tanda tangan memiliki arah coretan tertentu, sehingga dapat membedakan satu tanda tangan dengan lainnya. Dataset dibagi dua bagian yakni untuk pelatihan dan pengujian. Model klasifikasi dibangun dengan data latih, dan pengujian model klasifikasi akan menggunakan data uji untuk mengevaluasi kinerja metode pengklasifikasi yang diusulkan. Metode *K-Nearest Neighbors* digunakan untuk membangun model pengklasifikasi. Penggunaan algoritma K-NN pada penelitian ini untuk membuktikan metode sederhana dan ringan dapat dengan baik melakukan identifikasi tanda tangan.

2. Metode Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan tentang metode HOG, K-NN Classifier, dan alur penelitian. Berikut ini merupakan metode penelitian yang terdiri dari empat tahap yakni: akuisisi data, ekstraksi fitur, pelatihan, dan pengujian [8].



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

2.1. HOG

Histogram of Oriented Gradient (HOG) merupakan metode ekstraksi fitur yang banyak dipergunakan dalam pemrosesan gambar dan visi komputer. HOG sering digunakan dalam mengidentifikasi hewan, kendaraan, tulisan, wajah, dan lainnya [9]. Proses ekstraksi fitur HOG melibatkan penghitungan orientasi gradien dalam area gambar yang terlokalisasi [10-11-12].

Fitur HOG dalam setiap sel dibentuk dengan mengakumulasi besaran gradien pada orientasi derajat yang searah. Setiap *bin* menyimpan arah gradien dengan derajat arah yang sama. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan sel 8x8, dengan arah gradien dikelompokkan ke dalam 9 bin [13]. Hal ini menjelaskan bahwa terdapat 9 bin, yang akan mengarah ke hasil deteksi yang lebih optimal.

Metode HOG dimulai dengan menghitung gradien objek pada arah horizontal dan vertikal (x,y) [14]. Sebagai contoh, pada gambar skala abu-abu 8-bit (0-255), perhitungan horizontal gradien (sumbu x) bergerak dari batas kiri latar belakang ke kanan sampai menemukan objek dengan perbedaan yang signifikan pada nilai intensitas piksel (perbedaan besaran yang besar), lonjakan nilai intensitas piksel dari kecil ke besar (gradien positif). Gradien kemudian terus bergerak lurus hingga mencapai latar belakang (gradien negatif). Pada perhitungan vertikal (y), gradien bergerak dari atas ke bawah.

$$\text{Gradien (x,y)} = |\text{positive gradient} - \text{negative gradient}| \quad (1)$$

Persamaan ini menggabungkan perhitungan gradien horizontal dan vertikal, dan kemudian menentukan besaran dan arah (orientasi) gradien.

$$\text{Gradient Magnitude} = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

$$\text{Gradient Direction} = \arctan \frac{y}{x} \quad (3)$$

Untuk menghitung hasil histogram gradien berorientasi (HOG), pertama-tama gambar harus disegmentasi ke dalam sel yang lebih kecil, dengan ukuran sel 8x8 yang digunakan dalam penelitian ini. Setelah itu, besar dan arah gradien kemudian dihitung dan disimpan dalam 9 tempat yang telah ditentukan.

Tabel 1. Penyimpanan Bins

0	20	40	60	80	100	120	140	160
---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

Jika piksel menunjukkan arah gradien pada nilai 30°, maka nilai gradien magnitudo akan dibagi dan disimpan dalam bin pada 20° dan 40°. Jumlah gradien magnitudo pada setiap bin menghasilkan 9 fitur vektor untuk setiap sel.

2.2. K- Nearest Neighbors Classifier

Algoritma KNN dianggap sebagai algoritma pembelajaran mesin yang paling sederhana [7]. KNN merupakan algoritma pembelajaran terawasi yang dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan suatu objek baru berdasarkan pada tetangga terdekatnya [15]. Selain itu, KNN merupakan sebuah algoritma pembelajaran berbasis contoh, yang berarti bahwa algoritma ini tidak membuat model, melainkan menyimpan semua contoh pelatihan dan menggunakannya untuk klasifikasi. Adapun klasifikasi contoh baru akan didasarkan pada kelas mayoritas dari K-tetangga terdekatnya [16].

Berikut ini merupakan tahapan metode K-NN (K-Nearest Neighbors) dalam melakukan klasifikasi [11]:

1. Menentukan berapa tetangga K yang akan mengklasifikasi data. Nilai K bisa dimulai dari 1 hingga jumlah data latih, namun lebih di anjurkan menggunakan nilai ganjil untuk nilai K.
2. *Euclidean Distance* digunakan untuk menghitung jarak nilai data uji dan seluruh data latih:

$$Euclidean = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (4)$$

Note:

p_i = data train

q_i = data test

i = data variabel

n = data dimension

3. Selanjutnya mengurutkan jarak terdekat hingga terjauh data uji dengan data latih
4. Nilai K ditentukan
5. Melakukan klasifikasi berdasarkan kelas terbanyak dalam tetangga (nilai K)

2.3. Akuisisi Data

Data tanda tangan dikumpulkan dari individu yang berusia di atas 50 tahun. Penandatanganan akan memiliki

opsi untuk memilih alat tulis yang mereka sukai saat menandatangani di atas kertas putih. Mereka akan diminta untuk memberikan 20 tanda tangan, dengan setiap lembar berisi 4 tanda tangan. Setelah data tanda tangan diperoleh, data tersebut akan dipindai dan disimpan dalam format JPG.

2.4. Ekstraksi Ciri

Gambar tanda tangan yang terdiri dari empat tanda tangan, akan dipotong menjadi gambar individual, masing-masing diberi label dengan format Abjad_No. Sebagai contoh, A_01 mewakili tanda tangan pertama oleh A. Dalam penelitian ini, nama penandatanganan diganti dengan abjad yang sesuai.

Selanjutnya, ukuran gambar akan diubah menjadi 80x120 piksel untuk memastikan keseragaman. Selanjutnya, gambar RGB asli akan diubah menjadi citra aras keabuan untuk selanjutnya metode HOG mengekstraksi ciri dari citra tanda tangan aras keabuan. Hasil ekstraksi akan disimpan sebagai set data dalam format file CSV.

2.5. Pelatihan Data

Dataset akan dibagi menjadi dua bagian dengan rasio 70% untuk data latih dan 30% untuk data uji. Model klasifikasi dibangun dengan menggunakan data pelatihan. Model K-NN akan mampu mengidentifikasi data baru.

2.6. Pengujian

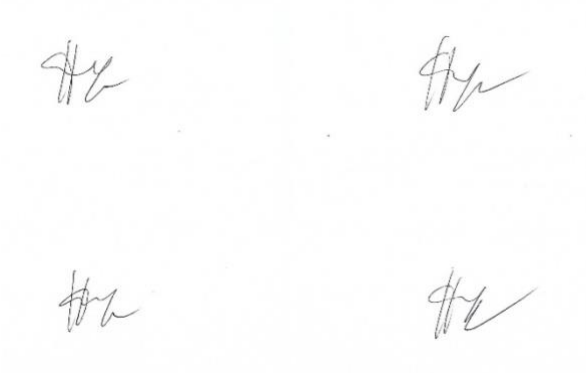
Model klasifikasi yang dikembangkan pada langkah sebelumnya dengan menggunakan data latih akan di evaluasi kinerjanya dengan Data uji. Confusion matrix akan digunakan untuk menilai dan mengevaluasi Performa model klasifikasi [17].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Akuisisi Data

Penulis mengumpulkan 500 tanda tangan dari 25 orang yang berusia di atas 50 tahun. Para peserta menggunakan pena mereka sendiri atau memilih dari alat tulis yang disediakan untuk menulis 20 tanda tangan di atas kertas putih. Kertas berukuran A4 digunakan sebagai media untuk di tanda tangani, tiap kertas ditulis empat tanda tangan. Data tanda tangan yang diperoleh dari setiap peserta berjumlah 20 tanda tangan, sehingga data yang diperoleh pada peneltian ini berjumlah total 500 data. Secara khusus, hampir semua penandatanganan berhenti sejenak sebelum mulai menulis di lembar kertas berikutnya. Data tanda tangan dipindai dan disimpan dalam format warna dan jpg.

Gambar 2 memperlihatkan hasil akuisisi data.



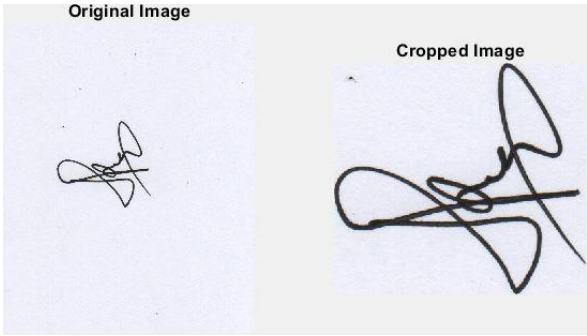
Gambar 2. Citra Tanda Tangan

3.2. Ekstraksi Ciri

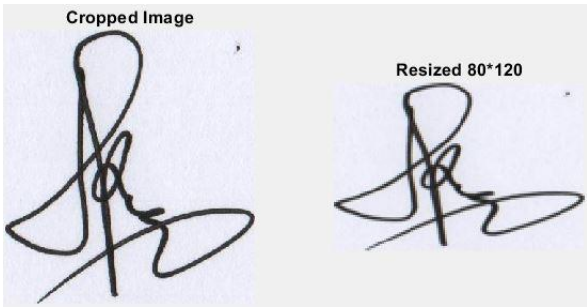
Sebelum melakukan ekstraksi ciri pada gambar tanda tangan, penulis melakukan beberapa proses. Pertama, gambar dipotong sehingga hanya berisi satu tanda tangan. Kemudian, setiap gambar tanda tangan diberi label dengan format yang ditetapkan sebelumnya. Citra yang telah diberi label selanjutnya dipotong untuk meminimalkan ruang kosong di latar belakang, sehingga hanya mengambil objek tanda tangan. Setelah itu, semua gambar diubah ukurannya menjadi 80*120 piksel. Terakhir, gambar RGB asli dikonversi ke gambar skala abu-abu.



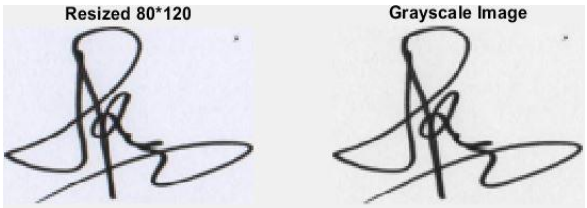
Gambar 3. Data Gambar Tandatangan



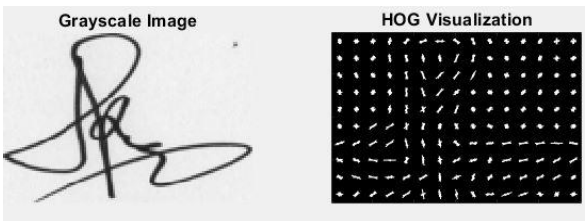
Gambar 4. Hasil *Cropping* Data



Gambar 5. Hasil *Resize* Data



Gambar 6. Hasil *Grayscale* Data



Gambar 7. Visualisasi Metode HOG

Setiap sel menghasilkan sembilan vektor fitur dengan menggunakan blok sel 2x2. Total hasil ekstraksi fitur HOG adalah 4.536 vektor fitur untuk setiap gambar tanda tangan

Tabel 2. Ilustrasi Hasil Ekstraksi Fitur

9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

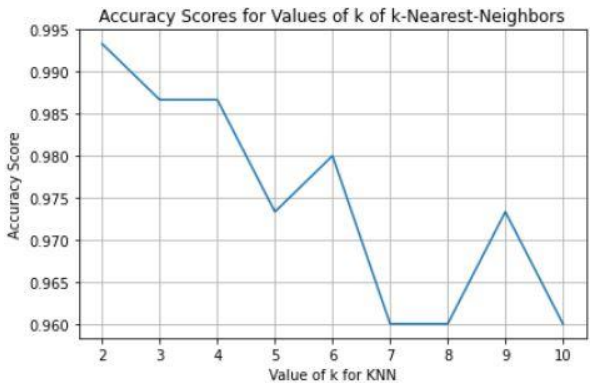
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

3.3. Pelatihan Data

Pada tahap ini, dataset hasil ekstraksi fitur dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian. Data pelatihan, yang terdiri dari 70% dataset yakni 350 gambar tanda tangan, digunakan untuk membangun model klasifikasi.

3.3. Pengujian Model

Model klasifikasi dibangun dengan menggunakan 350 data pelatihan dan diuji dengan 150 data, yang merupakan 30% dari dataset ekstraksi fitur. Euclidean distance digunakan untuk menghitung jarak seluruh data latih dengan setiap data uji yang masuk pada Model klasifikasi. Nilai parameter K menentukan seberapa banyak jumlah data latih terdekat berdasarkan hasil perhitungan Euclidean distance yang digunakan untuk mengklasifikasi kelas data uji. Penelitian ini menggunakan parameter K dengan rentang 3 hingga 10 untuk menentukan nilai K yang optimal untuk pengenalan tanda tangan berdasarkan dataset yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 8. Akurasi untuk 1-10 Nilai K

Tabel. 3Akurasi untuk Nilai K 3-10

Nilai K	Akurasi
3	0,986
4	0,986
5	0,974
6	0,98
7	0,96
8	0,96
9	0,974
10	0,96

Gambar 8 menunjukkan bahwa akurasi tertinggi sebesar 98,6% diperoleh ketika menerapkan nilai K = 3 dan 4. Akurasi terendah sebesar 96% diperoleh ketika menggunakan nilai K 7, 8, dan 10. Hal ini merepresentasikan bahwa model klasifikasi cukup kuat untuk mengidentifikasi tanda tangan lansia dalam penelitian ini, meskipun terjadi penurunan akurasi yang tidak signifikan.

4. Kesimpulan

Metode klasifikasi K-Nearest Neighbors berhasil digunakan dalam mengidentifikasi tanda tangan lansia. Metode klasifikasi K-NN yang dibangun dari dataset hasil ekstraksi ciri menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* berhasil mencapai akurasi tertinggi yakni 98,6% ketika parameter K disetel ke 3, 4. Adapun akurasi terendah sebesar 96% yang diperoleh ketika parameter K disetel ke 7, 8, atau 10. Hasil ini menunjukkan bahwa metode tersebut mampu secara efektif mengkarakterisasi tanda tangan individu yang berbeda. Selain itu, metode HOG juga menghasilkan 4.536 fitur vektor untuk setiap citra tanda tangan. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pengoptimalan atau mengekstrak fitur-fitur penting yang mewakili tanda tangan, guna menghasilkan fitur-fitur lebih kecil yang mempercepat komputasi tanpa mengorbankan akurasi. Tanda tangan yang pada umumnya digunakan untuk menyetujui perjanjian, kontrak, dan kegiatan administratif negara, sehingga kecepatan dan keakuratan sangat penting dalam mengidentifikasi dan membedakan tanda tangan seseorang dengan tanda tangan orang lain.

Daftar Pustaka

[1] K. Wijaya dan E. P. Widiyanto, “Klasifikasi Kepemilikan Tanda Tangan Menggunakan Convolutional Neural Network dengan Arsitektur AlexNet,” *MDP Student Conf.*, vol. 2, no. 1, hal. 133–143, 2023, doi: 10.35957/mdp-sc.v2i1.4328.

[2] C. R. A. Widiawati dan S. Suliswaningsih, “Analisa Hasil Perbandingan Poly Kernel Dan Normalisasi Poly Kernel Pada Support Vector Machine Sebagai Metode Klasifikasi Citra Tanda Tangan,” *J. Inform.*, vol. 9, no. 1, hal. 71–77, 2022, doi: 10.31294/inf.v9i1.11288.

[3] A. Afrizal, “Permasalahan Yang Dialami Lansia Dalam Menyesuaikan Diri Terhadap Penguasaan Tugas-Tugas Perkembangannya,” *Islam. Couns. J. Bimbing. Konseling Islam*, vol. 2, no. 2, hal. 91, 2018, doi: 10.29240/jbk.v2i2.462.

[4] W. Fitriani, M. Zidny Naf’an, dan E. Usada, “Ekstraksi Fitur Pada Citra Tanda Tangan Sebagai Ciri Identitas Pemiliknya Menggunakan Discrete Fourier Transform,”

- Sendi_U*, hal. 978–979, 2018.
- [5] Y. D. Pristanti, P. Mudjirahardjo, dan A. Basuki, “Identifikasi Tanda Tangan dengan Ekstraksi Ciri GLCM dan LBP,” *J. EECCIS*, vol. 13, no. 1, hal. 6–10, 2019.
- [6] A. Hidayanto, R. R. Isnanto, dan D. K. W. Buana, “IDENTIFIKASI TANDA-TANGAN MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PERAMBATAN-BALIK (BACKPROPAGATION),” 2016.
- [7] M. Taşkıran dan Z. G. Çam, “Offline signature identification via HOG features and artificial neural networks,” *SAMI 2017 - IEEE 15th Int. Symp. Appl. Mach. Intell. Informatics, Proc.*, no. January, hal. 83–86, 2017, doi: 10.1109/SAMI.2017.7880280.
- [8] H. Mukhtar, F. Alfani, H. Fu, F. Handayani, dan R. M. Taufiq, “Deep Learning Untuk Klasifikasi Kematangan Buah Mangrove Berdasarkan Warna,” *Jurnal Fasilkom*, vol. 13, no. 3, hal. 563–569, 2023.
- [9] Y. Sugianela dan N. Suciati, “Ekstraksi Fitur Pada Pengenalan Karakter Aksara Jawa Berbasis Histogram of Oriented Gradient,” *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 17, no. 1, hal. 64, 2019, doi: 10.12962/j24068535.v17i1.a819.
- [10] S. Andayani, L. Kusneti, U. Katolik, M. Charitas, dan A. History, “Using the Support Vector Machine method with the HOG feature for classification of orchid types,” vol. 21, no. 1, hal. 82–95, 2024.
- [11] A. P. Perdana, S. Bahri, dan U. Ristian, “Implementasi Metode Histogram of Oriented Gradient dan K-Nearest Neighbor untuk Identifikasi Motif Batik,” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 11, no. 03, hal. 414–423, 2023.
- [12] Y. Yohannes, Y. P. Sari, dan I. Feristyani, “Klasifikasi Wajah Hewan Mamalia Tampak Depan Menggunakan k-Nearest Neighbor Dengan Ekstraksi Fitur HOG,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, hal. 84–97, 2019, doi: 10.28932/jutisi.v5i1.1584.
- [13] T. Kobayashi, A. Hidaka, dan T. Kurita, “Selection of histograms of oriented gradients features for pedestrian detection,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 4985 LNCS, no. PART 2, hal. 598–607, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-69162-4_62.
- [14] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Afandi, dan M. B. Syahputra, “Deteksi Objek Menggunakan Histogram of Oriented Gradient (Hog) Untuk Model Smart Room,” *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 9, no. 2, 2018, doi: 10.36448/jsit.v9i2.1075.
- [15] N. W. Mardiyah, N. Rahaningsih, I. Ali, dan K. Neighbor, “PENERAPAN DATA MINING MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR PADA PREDIKSI PEMBERIAN KREDIT DI SEKTOR FINANSIAL,” vol. 8, no. 2, hal. 1491–1499, 2024.
- [16] M. Muchtar dan R. A. Muchtar, “PERBANDINGAN METODE KNN DAN SVM DALAM KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH MANGGA BERDASARKAN CITRA HSV DAN FITUR STATISTIK,” *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, no. 2, hal. 876–884, 2024.
- [17] Hidayatunnisa, Kusri, dan Kusnawi, “Perbandingan Kinerja Metode Naive Bayes dan Support Vector Machine dalam Analisis Soal,” *Agustus*, vol. 13, no. 2, hal. 173–180, 2023.