

Perbandingan Model CNN dan SVM untuk Klasifikasi Jenis Footwear pada Dataset Alas Kaki Berbasis Citra

Gina Annisa^{a,1}, Ninuk Wiliani^{b,2}

Program Studi Teknik Informatika

Universitas Pancasila

Jl. Lenteng Agung Raya No.56, Jagakarsa, Jakarta Selatan

¹4522210154@univpancasila.ac.id, ²ninuk.wiliani@univpancasila.ac.id

*Penulis koresponden

Diterima Direvisi Disetujui Dipublikasikan

05/1/2025 24/6/2025 26/6/2025 27/6/2025

ABSTRACT

The classification of footwear types, such as boots, sandals, and shoes, is a significant challenge in the development of image recognition systems powered by artificial intelligence. This study aims to compare the performance of two popular classification models, namely Convolutional Neural Network (CNN) and Support Vector Machine (SVM), in recognizing footwear types. The dataset used is the Footwear-Shoe vs Sandal vs Boot Image Dataset, consisting of 3000 images for each category with a resolution of 136x102 pixels in RGB format. The methodology includes training and testing both models using optimized parameters to measure accuracy, precision, and computational efficiency. The results show that CNN achieves an accuracy of 98%, while SVM reaches an accuracy of 96%. The findings indicate that CNN is more suitable for applications requiring high accuracy, while SVM is an effective alternative in resource-constrained scenarios. This study offers significant contributions to understanding model performance in image-based footwear classification using machine learning.

KEYWORDS

*Convolutional
Neural Network
(CNN)
Support Vector
Machine (SVM)
Image
classification
Footwear dataset
Machine
learning*

ABSTRAK

Klasifikasi jenis alas kaki, seperti *boot*, *sandal*, dan *shoe*, merupakan tantangan penting dalam pengembangan sistem pengenalan citra berbasis kecerdasan buatan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dua model klasifikasi populer, yaitu Convolutional Neural Network (CNN) dan Support Vector Machine (SVM), dalam mengenali jenis alas kaki. Dataset yang digunakan adalah *Footwear-Shoe vs Sandal vs Boot Image Dataset*, yang terdiri dari 3000 gambar untuk setiap kategori dengan resolusi 136x102 piksel dalam format RGB. Metodologi melibatkan pelatihan dan pengujian kedua model menggunakan parameter yang dioptimalkan untuk mengukur akurasi, presisi, dan efisiensi komputasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNN mencapai akurasi sebesar 98%, sementara SVM mencapai akurasi 96%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa CNN lebih unggul dalam akurasi untuk aplikasi yang membutuhkan ketepatan tinggi, sedangkan SVM menjadi alternatif yang efektif dalam situasi dengan keterbatasan komputasi. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman kinerja model dalam klasifikasi citra alas kaki berbasis *machine learning*.

KATA KUNCI

Convolutional Neural Network (CNN)
Support Vector Machine (SVM)
Klasifikasi gambar
Dataset alas kaki
Machine learning

This is an open access article under the CC-BY-SA license.



1 PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dalam pengolahan citra dan kecerdasan buatan telah memberikan dampak yang signifikan di berbagai bidang, salah satunya adalah klasifikasi berbasis gambar [1],[2]. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah bagaimana mengklasifikasikan objek dengan tingkat keakuratan yang tinggi, termasuk jenis alas kaki seperti *boots*, *sandals*, dan *shoes* [3],[4]. Klasifikasi jenis alas kaki memiliki manfaat luas, mulai dari mendukung aplikasi *e-commerce* hingga membantu sistem manajemen inventaris produk [4],[5]. Kebutuhan akan sistem klasifikasi yang andal dan efisien menjadi sangat penting seiring dengan meningkatnya penggunaan teknologi berbasis citra dalam berbagai sektor [2].

Meskipun terdapat banyak pendekatan dalam klasifikasi citra, memilih metode yang paling sesuai untuk tugas spesifik tetap menjadi tantangan. Dua metode yang sering digunakan adalah *Convolutional Neural Network (CNN)* dan *Support Vector Machine (SVM)*. Kedua metode ini memiliki karakteristik unik [4], [6], [7]. CNN dikenal dengan kemampuannya dalam memahami fitur kompleks dalam citra melalui jaringan berlapis, sementara SVM sering diapresiasi karena efisiensinya dalam situasi dengan keterbatasan data. Namun, studi yang secara langsung membandingkan kedua model dalam konteks tertentu, seperti klasifikasi jenis alas kaki, masih terbatas dan memerlukan analisis lebih [3], [8].

Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi besar dari CNN dalam tugas klasifikasi objek berbasis citra. CNN mampu mengolah informasi fitur visual secara otomatis melalui lapisan konvolusi yang sangat efektif dalam menangkap pola kompleks [9]. Di sisi lain, SVM banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena pendekatannya yang berbasis hiperplane, memungkinkan pengklasifikasian objek dengan efisiensi tinggi [5], [10] [11]. Namun, belum banyak penelitian yang membandingkan kedua pendekatan ini secara langsung pada dataset alas kaki, sehingga terdapat kebutuhan mendesak untuk mengevaluasi performa kedua model ini dalam konteks yang sama.

Penelitian ini menggunakan dataset *Footwear-Shoe vs Sandal vs Boot Image Dataset*, yang terdiri dari ribuan citra beresolusi 136x102 piksel dalam format RGB. Dataset ini dipilih karena keragamannya dalam menggambarkan tiga jenis alas kaki utama, yaitu *boots*, *sandals*, dan *shoes*, sehingga memungkinkan evaluasi yang komprehensif terhadap performa kedua model. Dalam penelitian ini, parameter setiap model dioptimalkan untuk memaksimalkan kinerjanya, dan pengujian dilakukan untuk mengukur aspek-aspek penting seperti akurasi, efisiensi, dan kemampuan generalisasi model.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang mendalam tentang keunggulan dan kekurangan CNN dan SVM dalam konteks klasifikasi alas kaki. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat membantu pengembang aplikasi dan peneliti dalam memilih metode yang sesuai berdasarkan kebutuhan spesifik, baik untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi tinggi maupun untuk lingkungan dengan keterbatasan sumber daya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi pengenalan citra, tetapi juga mendukung implementasi praktisnya dalam berbagai aplikasi komersial dan industri.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kedua model memiliki keunggulan yang unik. CNN mampu memberikan performa yang lebih unggul dalam situasi di mana akurasi tinggi sangat diperlukan, seperti pada sistem *e-commerce* yang memerlukan identifikasi produk secara presisi. Di sisi lain, SVM menunjukkan keunggulan dalam efisiensi komputasi, membuatnya lebih ideal untuk aplikasi dengan keterbatasan perangkat keras atau sumber daya. Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa pemilihan model harus didasarkan pada kebutuhan spesifik aplikasi, baik dari segi performa maupun efisiensi, sehingga hasil penelitian ini memberikan rekomendasi yang relevan untuk penggunaan metode klasifikasi dalam skala luas.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Knowledge Discovery in Databases (KDD) sebagai kerangka kerja. KDD merupakan proses sistematis yang terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari seleksi data hingga presentasi pengetahuan [12]. Pendekatan ini dipilih karena fleksibilitasnya dalam mengakomodasi model berbasis jaringan saraf menggunakan CNN dan metode berbasis statistik menggunakan SVM untuk tugas klasifikasi berbasis citra [9].

2.1 Tahapan Penelitian

Pendekatan KDD yang digunakan mencakup lima tahap utama:

1. Data Selection

Dataset *Footwear-Shoe vs Sandal vs Boot Image Dataset* dipilih karena relevansinya dalam klasifikasi alas kaki. Data ini terdiri dari tiga kategori utama, yaitu *boots*, *sandals*, dan *shoes*, dengan total 3000 gambar untuk setiap kategori.

2. Data Preprocessing

Proses ini melibatkan normalisasi nilai piksel gambar ke rentang [0,1] untuk mempercepat pelatihan model. Teknik augmentasi data, seperti rotasi, flipping, zooming, dan translasi, diterapkan untuk meningkatkan variasi data pelatihan.

3. Data Transformation

Pada tahap ini, data diubah menjadi format tensor untuk CNN dan vektor fitur untuk SVM. Fitur yang diekstraksi mencakup pola warna, tekstur, dan tepi gambar untuk memastikan kompatibilitas data dengan masing-masing model.

4. Data Mining

Dua model diterapkan, yaitu Convolutional Neural Network (CNN) dan Support Vector Machine (SVM). CNN menggunakan arsitektur dengan beberapa lapisan konvolusi, pooling, dan *fully connected*, sementara SVM menggunakan kernel RBF (*Radial Basis Function*).

5. Pattern Evaluation

Evaluasi dilakukan untuk membandingkan kinerja CNN dan SVM berdasarkan akurasi, presisi, recall, dan efisiensi waktu komputasi.

Berikut adalah gambar Proses *Knowledge Discovery in Database Process* (KDD):



Gambar 1. Proses *Knowledge Discovery in Database Process* (KDD) [12]

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari *Footwear-Shoe vs Sandal vs Boot Image Dataset*, yang tersedia di [Kaggle](https://www.kaggle.com). Dataset ini memiliki total 9000 gambar dengan resolusi 136x102 piksel dalam format RGB. Dataset mencakup tiga kategori utama (*boots*, *sandals*, dan *shoes*), yang masing-masing memiliki 3000 gambar.

2.3 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh gambar dalam dataset *Footwear-Shoe vs Sandal vs Boot Image Dataset*. Sampel yang digunakan terdiri dari data pelatihan (70%), validasi (15%), dan pengujian (15%). Proses pembagian data dilakukan secara acak untuk memastikan distribusi yang seimbang di antara kategori.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan [14] dengan mengunduh dataset dari Kaggle. Data kemudian diolah menggunakan *Python Notebook*, yang memanfaatkan pustaka *NumPy*, *Pandas*, dan *OpenCV* untuk memproses gambar. Teknik augmentasi data diterapkan untuk meningkatkan variasi dan jumlah data pelatihan [15].

2.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan *Python Notebook* dengan pustaka *TensorFlow*, *Keras*, dan *scikit-learn*. Berikut rincian teknik analisis yang digunakan:

1. Analisis Model CNN

Pelatihan model CNN dilakukan dengan menggunakan algoritma optimasi *Adam optimizer*, yang dikenal karena efisiensinya dalam mempercepat konvergensi model melalui kombinasi *momentum* dan *adaptive learning rate*. Fungsi loss yang digunakan adalah *categorical cross-entropy*, yang ideal untuk tugas klasifikasi multikategori, seperti pada dataset alas kaki ini [5].

Arsitektur CNN mencakup beberapa lapisan konvolusi untuk mengekstraksi fitur visual dari gambar, diikuti dengan lapisan *pooling* untuk mereduksi dimensi data, serta lapisan *fully connected* untuk pengambilan keputusan akhir. Model dilatih selama sejumlah *epoch* tertentu dengan memonitor metrik akurasi dan loss pada data validasi [14].

Hasil pelatihan dievaluasi menggunakan tiga metrik utama:

1. **Akurasi** – Mengukur sejauh mana model berhasil memprediksi kategori yang benar.
2. **Loss** – Menggambarkan seberapa baik model mempelajari pola data selama pelatihan dan validasi.
3. **Matriks Kebingungan (*Confusion Matrix*)** – Memberikan gambaran mendalam tentang performa model dalam mengklasifikasi setiap kategori (*boot*, *sandal*, dan *shoe*), termasuk jumlah prediksi yang benar dan salah untuk setiap kelas. Matriks ini juga digunakan untuk menghitung metrik presisi, recall, dan F1-score untuk analisis lebih lanjut.

2. Analisis Model SVM

Model SVM dilatih menggunakan kernel RBF (*Radial Basis Function*), yang cocok untuk menangani dataset dengan distribusi non-linear seperti pada gambar alas kaki. Fitur utama dari dataset, seperti pola warna, tekstur, dan tepi, diekstraksi menggunakan teknik pemrosesan citra sebelum diterapkan pada SVM.

Proses pelatihan mencakup optimasi parameter C (yang mengontrol margin kesalahan) dan γ (yang menentukan pengaruh masing-masing titik data) menggunakan teknik *grid search*. Optimasi ini bertujuan untuk menemukan kombinasi parameter yang menghasilkan performa terbaik pada data validasi.

Hasil evaluasi dilakukan berdasarkan:

1. **Akurasi** – Mengukur tingkat kesesuaian prediksi model dengan label sebenarnya.
2. **Matriks Kebingungan (*Confusion Matrix*)** – Menganalisis performa model dalam mengklasifikasi setiap kategori dengan lebih detail. Matriks ini juga digunakan untuk menghitung presisi, recall, dan F1-score, yang memberikan wawasan lebih mendalam tentang kemampuan model dalam menangani kategori tertentu.

3. Perbandingan Kinerja

Hasil kinerja CNN dan SVM dibandingkan berdasarkan metrik evaluasi utama:

1. **Akurasi** – Metrik ini digunakan untuk mengukur keseluruhan performa model dalam mengenali kategori alas kaki.
2. **Presisi** – Mengukur seberapa tepat prediksi model untuk setiap kategori. Presisi tinggi menunjukkan bahwa model tidak banyak menghasilkan *false positives*.
3. **Recall** – Mengukur kemampuan model dalam menangkap semua instansi dari kategori tertentu (*true positives*). Recall tinggi menunjukkan bahwa model tidak banyak menghasilkan *false negatives*.
4. **F1-Score** – Metrik ini adalah rata-rata harmonik dari presisi dan recall, memberikan keseimbangan antara kedua metrik.
5. **Efisiensi Komputasi** – Membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk melatih model dan melakukan inferensi pada data pengujian. SVM biasanya lebih cepat dalam proses pelatihan pada dataset kecil, sementara CNN membutuhkan waktu lebih lama karena kompleksitas arsitekturnya.

Perbandingan ini bertujuan untuk memberikan wawasan tentang keunggulan relatif masing-masing model. Misalnya, CNN mungkin lebih unggul dalam akurasi dan kemampuan generalisasi, tetapi SVM dapat lebih efisien dalam hal waktu komputasi [5], [16]. Temuan ini membantu dalam

menentukan model yang paling sesuai untuk kebutuhan spesifik, baik untuk aplikasi yang memprioritaskan akurasi tinggi maupun efisiensi.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil evaluasi kinerja model CNN dan SVM ditampilkan dalam Tabel 1. Berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-Score, CNN menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan SVM. Model CNN mampu mencapai akurasi 98.17%, sedangkan SVM mencapai akurasi 96.00%. Selain itu, presisi, recall, dan F1-Score CNN juga konsisten lebih tinggi daripada SVM. Hal ini menunjukkan bahwa CNN lebih efektif dalam menangkap pola-pola visual kompleks pada dataset footwear.

Table 1. Perbandingan Performa Model CNN dan SVM

Model	Akurasi (%)	Presisi (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
CNN	98.17	98.17	98.17	98.16
SVM	96.00	96.00	96.00	96.00

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tiga kategori utama: *Boot*, *Sandal*, dan *Shoe*. Gambar 2 menunjukkan contoh gambar dari setiap kategori dengan resolusi 136x102 piksel. Gambar-gambar ini memiliki variasi dalam hal pencahayaan, sudut pandang, dan latar belakang, sehingga memberikan tantangan yang realistis bagi model untuk mengklasifikasinya.



Gambar 2. Contoh Gambar *Footwear*

Hasil prediksi model CNN ditampilkan pada Gambar 3. Model ini mampu mengklasifikasikan sebagian besar gambar dengan benar. Kesalahan prediksi yang terjadi bersifat minor dan disebabkan oleh kemiripan fitur visual antar kategori, seperti bentuk sandal yang menyerupai sepatu atau sepatu yang terlihat seperti boot. Meskipun demikian, CNN secara konsisten menunjukkan performa yang unggul, terutama dalam mengenali pola tekstur dan bentuk yang kompleks.



Gambar 3. Prediksi Model CNN

Hasil prediksi model SVM ditampilkan pada Gambar 4. SVM menunjukkan performa yang cukup kompetitif, meskipun terdapat lebih banyak kesalahan prediksi dibandingkan CNN. Kesalahan umumnya terjadi pada kategori *Sandal* dan *Shoe*, yang memiliki overlap fitur visual seperti bentuk

ujung atau sol alas kaki. Namun, performa SVM pada kategori *Boot* sangat baik dengan tingkat kesalahan yang minimal.



Gambar 4. Prediksi Model SVM

3.2 Pembahasan

1. Performa Model CNN

Model CNN menunjukkan performa unggul dengan akurasi 98.17%. Keunggulan ini didukung oleh kemampuan CNN dalam mengekstraksi fitur visual kompleks, seperti pola tekstur, bentuk, dan tepi, melalui lapisan konvolusi. Proses augmentasi data yang dilakukan sebelumnya juga membantu meningkatkan kemampuan generalisasi model, sehingga mampu mengenali gambar dengan variasi pencahayaan dan sudut pandang. Hasil ini menunjukkan bahwa CNN sangat cocok untuk tugas klasifikasi berbasis citra dengan tingkat kompleksitas tinggi.

Presisi, recall, dan F1-Score yang tinggi menunjukkan bahwa model ini tidak hanya akurat, tetapi juga andal dalam mengurangi kesalahan prediksi, baik *false positives* maupun *false negatives*. Kemampuan generalisasi CNN terlihat pada performanya yang konsisten di semua kategori, bahkan dalam situasi di mana gambar memiliki kemiripan antar kelas.

2. Performa Model SVM

SVM memberikan akurasi sebesar 96%, yang menunjukkan performa cukup baik untuk tugas klasifikasi alas kaki. SVM memiliki keunggulan dalam efisiensi waktu pelatihan dibandingkan CNN, terutama karena pendekatan berbasis vektor yang lebih ringan secara komputasi. Namun, keterbatasan SVM terlihat dalam menangani fitur visual yang sangat kompleks, seperti variasi bentuk atau tekstur pada kategori *Sandal* dan *Shoe*.

Matriks kebingungan untuk SVM menunjukkan bahwa kategori *Boot* memiliki tingkat akurasi terbaik dibandingkan kategori lainnya. Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat unik dari *Boot* yang memiliki bentuk dan tekstur yang lebih mudah dibedakan. Di sisi lain, kesalahan prediksi lebih sering terjadi pada kategori *Sandal* dan *Shoe*, yang memiliki overlap fitur visual.

3. Analisis Matriks Kebingungan

Hasil matriks kebingungan menunjukkan bahwa CNN memiliki distribusi prediksi yang lebih merata di semua kategori. Model ini mampu meminimalkan kesalahan, bahkan pada kategori yang sulit dibedakan. Sebaliknya, SVM memiliki performa yang lebih rendah pada kategori dengan overlap fitur visual. Matriks kebingungan ini memberikan wawasan tentang bagaimana setiap model menangani tantangan klasifikasi alas kaki.

Berdasarkan hasil penelitian, CNN lebih disarankan untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi tinggi, seperti e-commerce atau katalog produk digital. Dengan presisi dan recall yang tinggi, CNN mampu memberikan hasil yang lebih andal dalam situasi dengan variasi gambar yang kompleks. Di sisi lain, SVM menjadi pilihan yang baik untuk aplikasi dengan keterbatasan sumber daya komputasi, karena efisiensi waktu pelatihannya.

Gambar hasil prediksi dari kedua model menunjukkan bahwa CNN lebih stabil dalam menangani semua kategori, sementara SVM cenderung mengalami kesalahan pada kategori dengan fitur yang mirip. Hal ini menegaskan bahwa arsitektur berbasis jaringan saraf memiliki keunggulan dalam menangani data visual dengan variasi yang tinggi.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membandingkan kinerja model *Convolutional Neural Network (CNN)* dan *Support Vector Machine (SVM)* dalam tugas klasifikasi alas kaki berbasis citra. Model CNN menunjukkan performa yang lebih unggul dengan akurasi 98.17%, presisi 98.17%, recall 98.17%, dan F1-Score 98.16%. Kemampuan CNN dalam menangkap fitur visual kompleks melalui lapisan konvolusi memungkinkan model ini mengenali pola-pola spesifik pada gambar *Boot*, *Sandal*, dan *Shoe* dengan lebih akurat. Sebaliknya, model SVM mencapai akurasi sebesar 96%.

Kelebihan penelitian ini terletak pada penggunaan dataset yang beragam dan representatif, serta penerapan dua metode yang berbeda untuk mendapatkan wawasan yang komprehensif mengenai performa masing-masing model. Selain itu, proses pra-pemrosesan seperti augmentasi data berhasil meningkatkan kemampuan generalisasi model, khususnya CNN. Namun, penelitian ini juga memiliki kekurangan, seperti kurangnya eksplorasi terhadap arsitektur CNN yang lebih kompleks dan optimalisasi parameter SVM yang lebih mendalam. Hal ini dapat memengaruhi potensi performa maksimal dari masing-masing model.

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini dapat difokuskan pada eksplorasi arsitektur CNN yang lebih canggih, seperti *ResNet* atau *EfficientNet*, untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi. Selain itu, penggunaan teknik ensemble yang mengombinasikan kekuatan CNN dan SVM dapat menjadi langkah strategis untuk mencapai hasil yang lebih optimal. Penelitian juga dapat diperluas dengan menguji model pada dataset dengan resolusi lebih tinggi atau dengan kategori alas kaki yang lebih beragam, untuk mengevaluasi kemampuan model dalam skenario dunia nyata yang lebih kompleks.

5 KONTRIBUSI PENELITIAN

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam bidang pengolahan citra dan pembelajaran mesin dengan membandingkan kinerja *Convolutional Neural Network (CNN)* dan *Support Vector Machine (SVM)* pada klasifikasi alas kaki berbasis citra. Hasil penelitian ini menunjukkan keunggulan CNN dalam menangkap pola visual kompleks dengan akurasi tinggi, sementara SVM menawarkan efisiensi komputasi pada tugas yang serupa. Penelitian ini juga memberikan panduan praktis bagi pengembang dalam memilih model yang sesuai berdasarkan kebutuhan spesifik, seperti akurasi atau efisiensi. Selain itu, penelitian ini memperkaya literatur akademik dengan menggunakan dataset yang beragam dan representatif, yang dapat menjadi referensi untuk studi lanjutan, termasuk pengembangan teknik ensemble atau penerapan model pada skenario dunia nyata dengan kategori yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Naufal and S. F. Kusuma, "Comparison Analysis of Machine Learning and Deep Learning Algorithms for Image Classification of Indonesian Language Signing Systems (Sibi)," *Jtiik*, vol. 10, no. 4, pp. 873–882, 2023, doi: 10.25126/jtiik.2023106828.
- [2] Lustiansyah *et al.*, "Analisis Perbandingan Algoritma SVM dan CNN untuk Klasifikasi Buah," in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Bidang Ilmu Komputer dan Aplikasinya*, conference.upnvj.ac.id, 2021, pp. 1–11.
- [3] M. F. Naufal and S. F. Kusuma, "Analisis Perbandingan Algoritma Machine Learning dan Deep Learning untuk Klasifikasi Citra Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 4, pp. 873–881, 2023.
- [4] M. F. Naufal, "Analisis Perbandingan Algoritma SVM, KNN, dan CNN untuk Klasifikasi Citra Cuaca," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 311–317, 2021.
- [5] Q. Krisna Nuresa, "Analisis Perbandingan Klasifikasi Tumor Otak Menggunakan Deep Learning," *Indones. J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2024.

- [6] S. Fiviana and S. Anardani, “Aplikasi Deteksi Penyakit Tanaman Jagung Dengan Metode CNN dan SVM,” in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, prosiding.unipma.ac.id, 2023, pp. 423–432.
- [7] N. Safitr, “Implementasi Deep Learning Mengklasifikasi Kematangan Buah Merah Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network Berbasis Android,” Fakultas Teknik, 2024.
- [8] Y. Christian and K. O. Y. R. Qi, “Analisa Efisiensi Pendekatan Data-Driven dalam Proses Segmentasi Pasar dengan Studi Kasus Startup,” *INFOTECH J.*, vol. 8, no. 2, pp. 147–156, 2022.
- [9] S. Rifky, K. Lalu Puji Indra, and A. R. Afendi, *Artificial Intelligence: Teori dan Penerapan AI di Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [10] S. Lasniari, Jasil, and S. Sanjaya, “Klasifikasi Citra Daging Babi dan Daging Sapi Menggunakan Deep Learning Arsitektur ResNet-50 dengan Augmentasi Citra,” *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 4, pp. 450–457, 2022.
- [11] P. W. Cahyo and U. S. Aesyi, “Perbandingan LSTM dengan Support Vector Machine dan Multinomial Na ve Bayes pada Klasifikasi Kategori Hoax,” *J. Transform.*, vol. 20, no. 2, p. 23, 2023, doi: 10.26623/transformatika.v20i2.5880.
- [12] F. Ardiansyah, F. Hamdan, S. Sugiyanto, and ..., “Klasifikasi Customer Relationship Management Menggunakan Dataset KDD Cup 2009 dengan Teknik Reduksi Dimensi,” ... *J. Sist. Komput.*, 2022.
- [13] R. Rizqia, “Penerapan seleksi fitur untuk prediksi cacat perangkat lunak menggunakan algoritma optimasi multi tujuan nsga ii,” *repository.uinjkt.ac.id*.
- [14] D. Aldiani, G. Dwilestari, H. Susana, R. Hamonangan, and D. Pratama, “Implementasi Algoritma CNN dalam Sistem Absensi Berbasis Pengenalan Wajah,” *J. Inform. Polinema*, vol. 10, no. 2, pp. 197–202, 2024, doi: 10.33795/jip.v10i2.4852.
- [15] S. J. J. Joshi, P. M., and U. B., “Face Recognition Based Attendance System Using OpenCV Python,” *Adv. Intell. Syst. Technol.*, vol. 7, no. 10, pp. 52–56, 2022, doi: 10.53759/aist/978-9914-9946-1-2_10.
- [16] Y. Brianorman and R. Munir, “Perbandingan Pre-Trained CNN: Klasifikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah,” *J. Sistem Info. Bisnis*. informatika.stei.itb.ac.id, 2023.