
Identifikasi Tanda Tangan Dengan Menggunakan Metode *Convolution Neural Network* (CNN)

Dechy Deswita Indriani S^{1*}, Elya Juni Arta Sinaga², Grace Oktavia³, Hermawan Syahputra⁴, Fanny Ramadhani⁵

^{1,2,3,4,5} Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan, Jl.Willem Iskandar Psr.V Medan Estate 20222, Indonesia.

***Email Korespondensi:**

dechydeswitaindriani@mhs.unimed.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi model *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam identifikasi tanda tangan. Metode CNN dipilih karena kemampuannya dalam mengekstraksi dan menganalisis fitur-fitur visual kompleks dari gambar tanda tangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kumpulan gambar tanda tangan yang dibagi menjadi set pelatihan dan pengujian. Model CNN yang diusulkan terdiri dari beberapa lapisan konvolusi, pooling, dan fully connected yang dioptimalkan untuk tugas klasifikasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model CNN mencapai kinerja yang sangat baik dengan akurasi sebesar 0.97, yang menunjukkan tingkat akurasi dan ketepatan yang tinggi dalam pengenalan tanda tangan. Dengan hasil ini, CNN terbukti sebagai metode yang efektif dan andal untuk identifikasi tanda tangan, memberikan kontribusi signifikan dalam bidang verifikasi identitas berbasis biometrik. Temuan ini membuka peluang untuk aplikasi lebih lanjut dalam sistem keamanan dan autentikasi yang membutuhkan pengenalan tanda tangan otomatis.

Kata Kunci: Citra; *Convolutional Neural Network*; Identifikasi; Tanda Tangan

Abstract

This research aims to develop and evaluate a *Convolutional Neural Network* (CNN) model for signature identification. The CNN method is chosen for its capability to extract and analyze complex visual features from signature images. The data used in this study consists of a collection of signature images divided into training and testing sets. The proposed CNN model comprises several convolutional, pooling, and fully connected layers optimized for classification tasks. Evaluation results indicate that the CNN model achieves excellent performance with an accuracy of 0.97, demonstrating high accuracy and precision in signature recognition. With these results, CNN proves to be an effective and reliable method for signature identification, making a significant contribution to the field of biometric identity verification. These findings open opportunities for further applications in security and authentication systems requiring automatic signature recognition.

Keywords: *Convolutional Neural Network*; Identification; Image; Signature

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan digital saat ini, teknologi informasi esensial dalam kehidupan kita, dengan tanda tangan digital menjadi elemen kunci untuk memastikan keaslian dan integritas dokumen elektronik (Rukmana, Dwi Savitri, and Adelvina Padha 2021). Namun, peningkatan penggunaannya juga meningkatkan risiko keamanan, termasuk pemalsuan tanda tangan digital yang dapat merugikan secara ekonomi dan reputasi (Husna and Novia Rizki 2023).

Saat ini, banyak pihak masih mengandalkan metode arsip tradisional dan laporan tertulis harian yang kurang efektif dan efisien mengingat volume informasi yang bertambah seiring kemajuan teknologi (Anggraeni and

Pertiwi 2022). Dalam konteks laporan kriminalitas dan kepolisian, terdapat peluang untuk mengembangkan sistem yang lebih maju. Tantangan ini diperberat oleh banyaknya kasus yang masuk dan menumpuk tanpa terselesaikan, yang tanpa sistem peringatan dapat menghambat proses kerja dan menimbulkan penumpukan kasus di kantor (Sari and Prasetyo 2019).

Dengan bertambahnya penggunaan tanda tangan digital, masalah keamanan pun meningkat, termasuk pemalsuan tanda tangan (Lubis 2020). Kasus pemalsuan tanda tangan memang sering terjadi di Masyarakat, namun kurangnya pemahaman mengenai konsekuensi yang mungkin timbul dari tindakan memalsukan tanda tangan sehingga membuat Sebagian orang masih berpikir bahwa memalsukan tanda tangan adalah cara yang efektif dalam keadaan mendesak (Husna and Novia Rizki 2023). Pelanggaran hukum pemalsuan tanda tangan adalah bentuk kejahatan yang sering terjadi menggunakan alat tertentu atau tidak (Issue et al. 2018). Masalah pemalsuan tanda tangan masih belum sepenuhnya dipahami oleh masyarakat termasuk oleh aparat penegak hukum (Simanjuntak and Putra 2022).

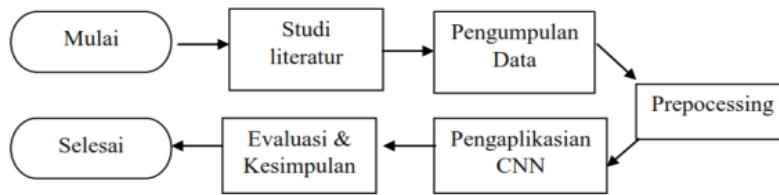
Tanda tangan merupakan bentuk karakteristik unik dari setiap individu (Turmudzi and Setyati 2021). Hal tersebut mencakup berbagai macam gaya penulisan, lekukan, karakteristik khusus lainnya. Pengenalan tanda tangan penting karena memiliki beragam aplikasi bidang, seperti dalam keamanan untuk memverifikasi keaslian dokumen dan transaksi *online*, tanda tangan asli dan palsu dalam investigasi *criminal* (Saputra et al. 2022). Oleh karena itu, pengembangan teknologi menggunakan metode *Convolution Neural Network* (CNN) untuk memproses tanda tangan menjadi sangat penting dalam berbagai konteks (Lubis 2018).

Algoritma *Convolution Neural Network* (CNN) sangat populer dalam kalangan *deep learning* (Umam and Handoko 2020) karena faktor terpentingnya adalah dalam hal ekstraksi fitur yang dapat dilatih sesuai tugasnya, sehingga memungkinkan untuk mengenali objek baru dalam membangun jaringan yang sudah ada (Suartika E. P, I Wayan, Wijaya Arya Yudhi 2016). Proses ini melibatkan penyajian data latihan dalam bentuk gambar digital tanda tangan Bersama label yang sesuai, seperti identitas individu yang menulis. Pada tahap ini, citra tanda tangan yang ingin diidentifikasi akan di proses ke dalam model CNN dan model akan memberikan prediksi tentang individu yang paling sesuai dengan gaya tanda tangan tersebut. Dengan demikian, melalui penerapan CNN dapat menciptakan sistem otomatis tanda tangan seseorang dengan akurasi yang tinggi berdasarkan pola-pola yang telah dikenali oleh model selama proses pelatihan (Jannah, Walid, and Hoiriyah 2022). Algoritma CNN tidak hanya mampu menganalisis tanda tangan dalam bentuk citra statis, tetapi juga mampu menangkap dinamika proses penandatanganan, seperti tekanan, kecepatan dan urutan Gerakan tangan yang seringkali sulit dipalsukan(Wita and Liliana 2022).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai pengklasifikasian citra menggunakan metode *Convolution Neural Network* (CNN) dalam lima tahun terakhir (Mawaddah, Armanto, and Setyati 2021)(Nugroho, Fenriana, and Arijanto 2020)(Kasim and Nugraha 2021). Dengan dukungan dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, pendekatan ini dapat menjadi landasan kuat bagi pengembangan sistem keamanan tanda tangan digital dimasa depan. Metode ini dipilih karena metode *Convolution Neural Network* (CNN) memiliki kemampuan dalam mengenali objek baru dalam memproses citra tanda tangan oleh karena itu tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan dan mengevaluasi model *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam identifikasi citra tanda tangan

2. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan pendekatan sintesis dimana dalam penelitian ini digunakan teknik CNN (*Convolutional Neural Network*) untuk mengenali setiap data yang ada.



Gambar 1. Alur Penelitian (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Adapun alur penelitian dilakukan seperti berikut. Studi literatur melibatkan pengumpulan data yang dilakukan dengan mengambil, menganalisis dan evaluasi sumber sumber informasi yang relevan dengan topik penelitian terbaru. Dalam penelitian ini sumber-sumber yang digunakan berupa buku, jurnal ataupun tulisan ilmiah yang terpercaya.

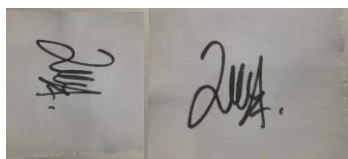
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan dalam dalam format png. Pengumpulan data dilakukan secara langsung yaitu melibatkan penggunaan kamera digital untuk menangkap gambar objek yang diteliti. Terdapat 15 responden dengan masing masing responden memberikan sebanyak 10 tanda tangan, seluruh data berjumlah 150 data. Kemudian data gambar tersebut akan di proses hingga layak untuk diolah.

Data citra tanda tangan yang telah dikumpulkan, memiliki ukuran awal yang berbeda beda. Maka perlu dilakukan *image resizing* agar semua citra memiliki resolusi yang sama. Seluruh citra diubah kedalam resolusi 100x100 *pixel*.

Tabel 1. Image Resizing (Data diolah oleh peneliti, 2024)

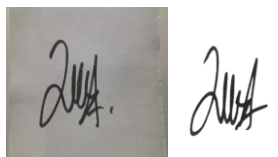
Sebelum	Sesudah

Pada data citra tanda tangan, dilakukan teknik augmentasi data seperti rotasi, *flipping*, dan *zooming* untuk meningkatkan ukuran data dan meningkatkan generalisasi data.



Gambar 2. Sebelum dan sesudah rotasi citra (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Data citra yang diperoleh masih memiliki banyak *noise* (gangguan) yang akan mempersulit pengolahan data citra. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan *noise reduction* dengan menghapus *background* pada citra tanda tangan.



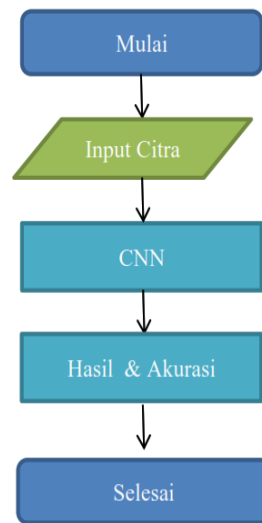
Gambar 3. Sebelum dan sesudah Noise Reduction (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Konversi *Array* ke *Numpy* merupakan langkah mengubah struktur data efisien untuk komputasi numerik. Langkah ini memastikan bahwa data sesuai dengan format yang dibutuhkan oleh sebagian besar *library machine learning* dan *deep learning*. Normalisasi adalah langkah untuk menskalakan data fitur sehingga berada dalam rentang tertentu dalam hal ini dari 0 hingga 1. Dengan membagi nilai pixel gambar dengan 255,0. Normalisasi membantu model *machine learning* bekerja efektif dan efisien.

Metode CNN diaplikasikan dalam pengenalan tandatangan dengan mengolah gambar tandatangan menjadi fitur-fitur penting melalui lapisan konvolusi dan *pooling*. CNN kemudian menggunakan lapisan *Fully Connected* untuk mengklasifikasikan tandatangan berdasarkan pada pola yang telah dipelajari.

Pada tahapan *training* (pelatihan) data, akan dilakukan pelatihan model CNN (*Convolutional Neural Network*) yang dirancang untuk mengetahui dan membedakan citra tandatangan yang diklasifikasikan kedalam beberapa kelas tertentu. Banyaknya data citra yang digunakan dalam pelatihan yaitu 120 dari total 150 data, atau sebanyak 80%. Model CNN akan dilatih untuk mengenali dan membedakan berbagai kelas tanda tangan berdasarkan fitur-fitur visual yang di ekstraksi dari data pelatihan tersebut. Setelah pelatihan, sisa 20% data akan digunakan untuk mengevaluasi akurasi dan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

Testing (pengujian) merupakan tahapan akhir dari perancangan model pada penelitian ini. Untuk menguji ketetapan klasifikasi model CNN yang sudah dilatih sebelumnya, akan dijalankan proses *testing* atau pengujian. Prosesnya dimuat dalam gambar berikut.



Gambar 4. Alur Tahap Testing (Data diolah oleh peneliti, 2024)

2.4. Evaluasi dan kesimpulan

Evaluasi model CNN dalam pengenalan tandatangan melibatkan pengukuran kinerja dengan menggunakan *metric* seperti akurasi, presisi, *recall* dan *F1 -Score*, serta analisis *Confusion Matriks*.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN}$$

$$F1 - Score = 2 * \frac{Presisi * Recall}{Presisi + Recall}$$

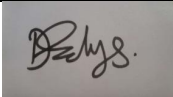

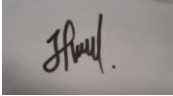



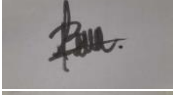

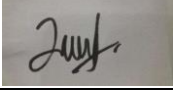

Langkah ini memastikan model mampu menggeneralisasi dengan baik terhadap data baru dan mendeteksi *overfitting*.

3. Hasil

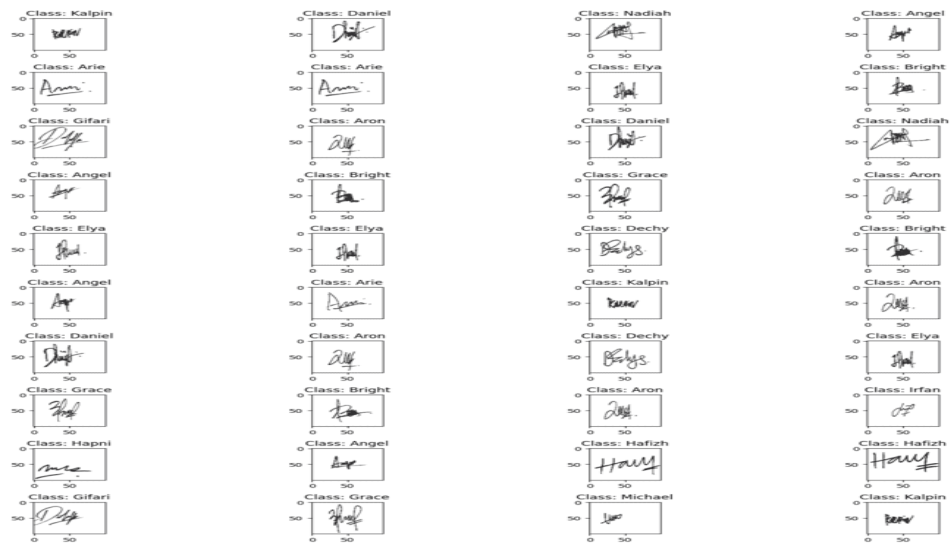
Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah sebanyak 150 citra dengan total 15 kelas. Dataset dibagi menjadi data training dan data testing, dengan perbandingan 80:20. Untuk mengidentifikasi citra tanda tangan, diterapkan algoritma *Convolutional Neural Network* untuk mengekstraksi fitur pada citra.

Sebelum fitur diekstraksi oleh CNN, citra tanda tangan di *pre-processing* terlebih dahulu untuk meningkatkan kualitas citra. *Pre-processing* citra yang dilakukan adalah *image resizing* dan *noise reduction*. Berikut akan ditampilkan citra sebelum *pre-processing* dan setelah *pre-processing* dalam tabel.

Tabel 2. Pre-processing Citra (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Kelas	Sebelum <i>Pre-processing</i>	Setelah <i>Pre-processing</i>
Dechy		
Elya		
Grace		
Bright		
Aron		

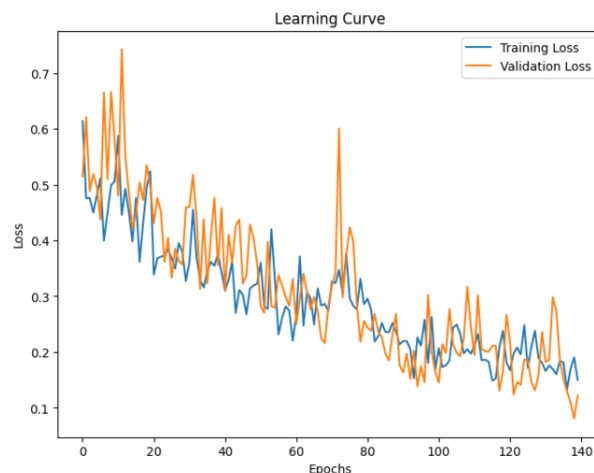
Dataset divisualisasikan dalam 10 baris dan 4 kolom.



Gambar 5. Visualisasi Dataset (Data diolah oleh peneliti, 2024)

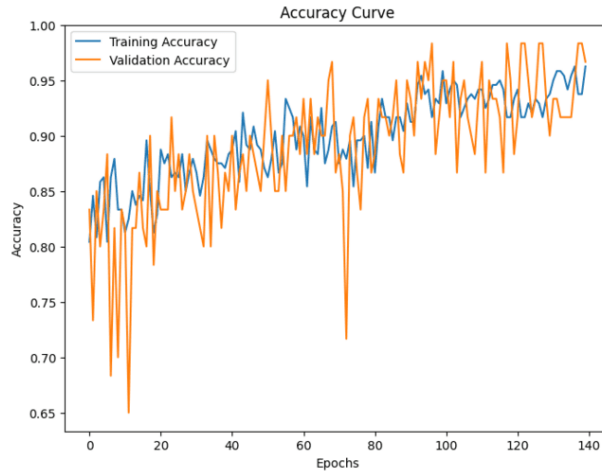
Model *Convolutional Neural Network* dalam penelitian ini dibangun menggunakan Keras dengan *TensorFlow* sebagai *backend*. Model dimulai dengan lapisan konvolusi pertama (32 filter, kernel 15x15, *padding* 'Same', aktivitas *ReLU*) yang menerima *input* gambar berukuran 100x100 piksel dengan 3 saluran warna (*RGB*), diikuti oleh lapisan *pooling* dengan ukuran 2x2. Selanjutnya, model memiliki tiga set lapisan konvolusi dan *pooling* dengan filter yang meningkat (64 dan 96 filter) dan kernel 3x3, semuanya menggunakan *padding* 'Same' dan aktivitas *ReLU*. Setelah lapisan konvolusi, fitur gambar diratakan (*flatten*) menjadi vektor 1D yang kemudian diproses oleh dua lapisan *dense*, yaitu lapisan pertama dengan 512 *neuron* dan aktivitas *ReLU*, dan lapisan kedua dengan 15 *neuron* dan aktivitas *softmax* untuk menghasilkan *output* klasifikasi 15 kelas.

Pada proses *training* atau pelatihan, data yang digunakan adalah sebanyak 120 citra, atau 80% dari total keseluruhan data, dengan 140 *epochs*.



Gambar 6. Visualisasi Kurva Loss Pelatihan (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Gambar 6 menampilkan visualisasi kurva dari *loss* pelatihan. Pada awal pelatihan, kurva pelatihan dan validasi memperoleh nilai *loss* yang cukup tinggi, terutama pada kurva *loss* validasi. Namun, seiring dengan bertambahnya *epoch*, nilai *loss* secara umum mengalami penurunan untuk kedua kurva, hal ini menunjukkan bahwa model bekerja dengan baik pada data pelatihan dan validasi.



Gambar 7. Visualisasi Kurva Akurasi Pelatihan (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Gambar 7 menampilkan visualisasi kurva dari akurasi pelatihan. Pada awal pelatihan, kurva pelatihan dan validasi mengalami fluktuasi yang cukup signifikan, terutama pada kurva akurasi validasi yang mengalami penurunan yang cukup drastis. Namun, seiring berjalannya *epoch*, akurasi pelatihan dan validasi secara umum mengalami peningkatan, meskipun terdapat variasi yang fluktuatif. Hingga pada *epoch* ke 140, kedua kurva mencapai akurasi yang tinggi dengan nilai melebihi 0.95, yang membuktikan bahwa model yang dibangun telah belajar dengan baik.

4. Pembahasan

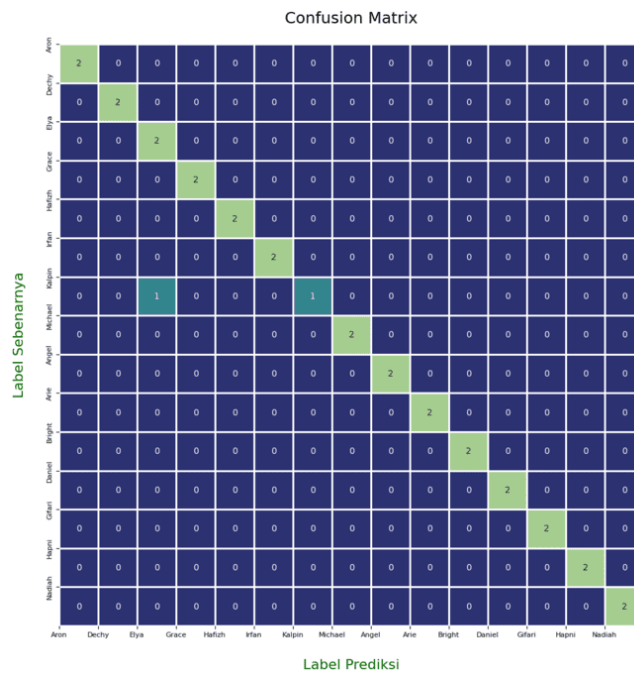
Pada proses *testing*, data yang digunakan adalah sebanyak 30 citra, atau sebanyak 20% dari keseluruhan data.

Tabel 3. Testing (Data diolah oleh peneliti, 2024)

No	Kelas	Prediksi
1	Elya	Elya
2	Elya	Elya
3	Irfan	Irfan
4	Irfan	Irfan
5	Kalpin	Kalpin
6	Kalpin	Elya
7	Angel	Angel
8	Angel	Angel
9	Arie	Arie
10	Arie	Arie
11	Daniel	Daniel
12	Daniel	Daniel
13	Gifari	Gifari
14	Gifari	Gifari
15	Hapni	Hapni
16	Hapni	Hapni

17	Aron	Aron
18	Aron	Aron
19	Dechy	Dechy
20	Dechy	Dechy
21	Grace	Grace
22	Grace	Grace
23	Hafizh	Hafizh
24	Hafizh	Hafizh
25	Michael	Michael
26	Michael	Michael
27	Bright	Bright
28	Bright	Bright
29	Nadiah	Nadiah
30	Nadiah	Nadiah

Pada saat *testing*, terdapat satu citra yang salah prediksi. Ada beberapa hal yang dapat menjadi alasan kesalahan prediksi tersebut yakni data prediksi untuk 'Kalpin' dan 'Elya' memiliki kemiripan yang tinggi dengan gambar dari segi visual maupun fitur yang di ekstraksi. Parameter seperti ukuran filter, jumlah filter, dan jumlah lapisan dalam model CNN mungkin perlu diatur ulang atau ditingkatkan untuk menangkap lebih banyak fitur spesifik dari setiap kelas.



Gambar 8. Confusion Matrix (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Berdasarkan gambar 8, dapat disimpulkan bahwa model CNN yang dibangun menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan sebagian besar prediksi berada pada diagonal yang menunjukkan prediksi yang benar. Hanya terdapat satu kesalahan prediksi, yaitu dari 'Kalpin' diprediksi sebagai 'Elya'. Tidak ada kesalahan prediksi yang sangat signifikan, yang menunjukkan bahwa model mampu mengenali sebagian besar kelas dengan akurasi tinggi. Ini menunjukkan bahwa model memiliki performa klasifikasi yang cukup baik pada *dataset* yang diberikan.

	precision	recall	f1-score	support
Aron	1.00	1.00	1.00	2
Dechy	1.00	1.00	1.00	2
Elya	0.67	1.00	0.80	2
Grace	1.00	1.00	1.00	2
Hafizh	1.00	1.00	1.00	2
Irfan	1.00	1.00	1.00	2
Kalpin	1.00	0.50	0.67	2
Michael	1.00	1.00	1.00	2
Angel	1.00	1.00	1.00	2
Arie	1.00	1.00	1.00	2
Bright	1.00	1.00	1.00	2
Daniel	1.00	1.00	1.00	2
Gifari	1.00	1.00	1.00	2
Hapni	1.00	1.00	1.00	2
Nadiyah	1.00	1.00	1.00	2
accuracy			0.97	30
macro avg	0.98	0.97	0.96	30
weighted avg	0.98	0.97	0.96	30

Gambar 9. Akurasi (Data diolah oleh peneliti, 2024)

Pada gambar 9, ditampilkan data laporan dari klasifikasi yang telah dilakukan, sehingga memperoleh nilai *precision* 0.98, *recall* 0.97, dan *f1-score* 0.97. Sehingga akurasi rata-rata dari model CNN dalam penelitian ini adalah sebesar 0.97 atau 97%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti berhasil membangun model Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengidentifikasi citra tanda tangan dengan memperoleh akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 0.97 atau 97%. Penelitian ini hanya menggunakan data sebanyak 150 citra, dengan 15 kelas, sehingga peneliti berharap agar penelitian berikutnya dapat menggunakan jumlah data yang lebih besar, dan kelas yang lebih banyak agar model Convolutional Neural Network yang dilatih menjadi lebih baik lagi.

Referensi

- Anggraeni, Rully, and Ega Pertiwi. 2022. "Sistem Informasi Berbasis Web Untuk Pelaporan Kriminalitas Dan Monitoring Kinerja Pada Seluruh Polsek Di Wilayah Kabupaten Madiun A Web-Based Criminality And Office Performance Monitoring System At Police Stations Of Madiun Regency." *J-Intech* 10(1):37-46.
- Husna, Lenny, and Sestri Novia Rizki. 2023. "Pemanfaatan JST Pengenalan Keaslian Pola Tanda Tangan Untuk Pencegahan Tindakan Pemalsuan Tanda Tangan." *Jurnal Teknik Informa Tika Unika* 08(01):2657-1501.
- Issue, Volume, Copyright Lamlaj, Akibat Pemalsuan, and Tanda Tangan. 2018. "LamLaj." 3(2):119-28.
- Jannah, Raudlatul, Miftahul Walid, and Hoiriyah Hoiriyah. 2022. "Sistem Pengenalan Citra Dokumen Tanda Tangan Menggunakan Metode CNN (Convolutional Neural Network)." *Energy - Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik* 12(2):1-8. doi: 10.51747/energy.v12i2.1116.
- Kasim, Nanang, and Gibran Satya Nugraha. 2021. "Pengenalan Pola Tulisan Tangan Aksara Arab Menggunakan Metode Convolution Neural Network." *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, Dan Aplikasinya (JTIKA)* 3(1):85-95. doi: 10.29303/jtika.v3i1.136.
- Lubis, Adi Utama Pandapotan. 2020. "Analisis Yuridis Pertanggungjawaban Notaris Terhadap Pemalsuan Tanda Tangan Oleh Penghadap Dalam Akta Autentik." *Jurnal SOMASI (Sosial Humaniora Komunikasi)* 1(1):116-28. doi: 10.53695/js.v1i1.36.
- Lubis, Juanda Hakim. 2018. "Analisa Tanda Tangan Digital Menggunakan Hebbian Learning Dan Support Vector Machine." *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)* 2(2):1-8. doi: 10.59697/jtik.v2i2.654.
- Mawaddah, Udkhiati, Hendrawan Armanto, and Endang Setyati. 2021. "Prediksi Karakteristik Personal Menggunakan Analisis Tanda Tangan Dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn)." *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika* 15(1):123-33. doi: 10.35457/antivirus.v15i1.1526.

- Nugroho, Pulung Adi, Indah Fenriana, and Rudy Arijanto. 2020. "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia." *Algor* 2(1):12-21.
- Rukmana, Rubiyanti, Nandita Dwi Savitri, and Yuliana Adelvina Padha. 2021. "Peran Notaris Dalam Transaksi Perdagangan Berbasis Elektronik." *Jurnal Komunikasi Hukum (JKH)* 7(1):495. doi: 10.23887/jkh.v7i1.32324.
- Saputra, M. Billy, S. H. Mh, Program Studi, Magister Kenotariatan, Program Pascasarjana, and Universitas Jayabaya. 2022. "Pertanggung Jawaban Ppat Sehubungan Dengan." 1(11):2431-44.
- Sari, Amy Kartika, and Koko Wahyu Prasetyo. 2019. "Sistem Informasi Administrasi Perkara Hukum Perdata Pada Kantor Advokat (Studi Kasus : Buyung & Partners)." *J-Intech* 7(02):115-19. doi: 10.32664/j-intech.v7i02.437.
- Simanjuntak, Sondang Irene, and Mohamad Fajri Mekka Putra. 2022. "Akibat Hukum Terhadap Pemalsuan Tanda Tangan Yang Dilakukan Karyawan Notaris Tanpa Sepengetahuan Notaris Yang Mempekerjakannya." *Jurnal Komunikasi Hukum (JKH)* 8(1):67-80. doi: 10.23887/jkh.v8i1.43874.
- Suartika E. P, I Wayan, Wijaya Arya Yudhi, Soelaiman Rully. 2016. "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Caltech 101." *Jurnal Teknik ITS* 5(1):76.
- Turmudzi, Muhammad, and Endang Setyati. 2021. "Identifikasi Penulis Berdasarkan Pola Tulisan Tangan Menggunakan Convolutional Autoencoder Dan KNN." *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer* 3(1):8-13. doi: 10.33650/jecom.v3i1.1548.
- Umam, Chaerul, and Lekso Budi Handoko. 2020. "Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Identifikasi Karakter Hiragana." *Prosiding Seminar Nasional Lppm Ump* 0(0):527-33.
- Wita, Deviana Sely, and Dewi Yanti Liliana. 2022. "Klasifikasi Identitas Dengan Citra Telapak Tangan Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)." *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)* 6(1):1. doi: 10.30872/jurti.v6i1.7100.