



Klasifikasi Aksara Sasak Menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN)

Elga Alfareza¹, Dicksa Ananda Christian Tue², Andi Sofyan Anas^{3*}, Muhammad Tajuddin⁴, Ahmat Adil⁵

1. Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora; elgaalfarezabumigora@gmail.com
2. Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora; diksaanandaa@gmail.com
3. Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora; andi.sofyan@universitasbumigora.ac.id
4. Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora; tajuddin@universitasbumigora.ac.id
5. Ilmu Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Bumigora; ahmat.adil@universitasbumigora.ac.id

* Korespondensi: andi.sofyan@universitasbumigora.ac.id

Sitasi: Alfareza, E; Tue, D. A. C.; Anas, A. S.; Tajuddin, M.; Adil, A. (2024). Klasifikasi Aksara Sasak Menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN). JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia, 6(3), 346-353. <https://doi.org/10.35746/jtim.v6i3.623>

Diterima: 28-10-2024

Direvisi: 8-11-2024

Disetujui: 18-11-2024

Abstract: Sasak script is an important cultural heritage for the people of Lombok, but its use is decreasing along with the development of digital technology. This study aims to develop a classification system for Sasak script handwriting using Convolutional Neural Networks (CNN) to improve the accuracy of character recognition. The dataset used consists of handwritten images of 18 basic Sasak script characters collected from 50 volunteers with various writing styles. The methods applied include data preprocessing, augmentation, and training a CNN model with an architecture consisting of several convolutional and pooling layers. The results showed that the model achieved a validation accuracy of 92%, an average precision of 0.91, a recall of 0.89, and an F1-score of 0.90, indicating excellent performance in recognizing Sasak script characters. The conclusion of this study is that the developed system is not only effective in character recognition, but can also function as an interactive learning tool, supporting efforts to preserve Sasak script in the digital era. This research opens up opportunities for further development in the introduction of other traditional scripts.

Keywords: Sasak Script; Handwriting Recognition; Convolutional Neural Networks; Classification; Cultural Preservation.



Copyright: © 2024 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstrak: Aksara Sasak merupakan warisan budaya yang penting bagi masyarakat Lombok, namun penggunaannya semakin menurun seiring dengan perkembangan teknologi digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi tulisan tangan aksara Sasak menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) untuk meningkatkan akurasi pengenalan karakter. Dataset yang digunakan terdiri dari gambar tulisan tangan 18 karakter dasar aksara Sasak yang dikumpulkan dari 50 sukarelawan dengan variasi gaya tulisan. Metode yang diterapkan meliputi preprocessing data, augmentasi, dan pelatihan model CNN dengan arsitektur terdiri dari beberapa lapisan konvolusi dan pooling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi validasi 92%, presisi rata-rata 0.91, recall 0.89, dan F1-score 0.90, yang menandakan performa yang sangat baik dalam mengenali karakter aksara Sasak. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya efektif dalam pengenalan aksara, tetapi juga dapat berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran yang interaktif, mendukung upaya pelestarian aksara Sasak di era digital. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam pengenalan aksara tradisional lainnya.

Kata kunci: Aksara Sasak; Pengenalan Tulisan Tangan; Convolutional Neural Networks; Klasifikasi; Pelestarian Budaya.)

1. Pendahuluan

Aksara Sasak merupakan salah satu warisan budaya penting dari masyarakat Lombok yang digunakan dalam naskah-naskah tradisional seperti lontar dan geguritan, yang berisi sejarah, nilai-nilai moral, serta kebijaksanaan lokal [1]. Meskipun keberadaannya sangat berharga, aksara ini kini menghadapi tantangan dalam mempertahankan relevansinya di tengah perkembangan zaman. Dominasi teknologi digital telah mempengaruhi cara masyarakat berkomunikasi dan belajar, sehingga penggunaan aksara Sasak semakin menurun[2]. Banyak generasi muda yang lebih akrab dengan alfabet Latin dan bahkan merasa asing dengan aksara tradisional mereka sendiri, termasuk aksara Sasak. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk mempertahankan aksara Sasak agar tidak semakin dilupakan oleh generasi berikutnya[3].

Saat ini, pembelajaran aksara Sasak telah dimasukkan sebagai mata pelajaran wajib di tingkat sekolah dasar dan menengah. Namun, implementasinya di lapangan menemui berbagai kendala. Banyak siswa yang merasa kesulitan dalam mempelajari aksara ini karena minimnya sumber daya pembelajaran yang interaktif dan menyenangkan[4]. Sehingga, tanpa adanya inovasi dalam metode pembelajaran, upaya pelestarian aksara Sasak ini mungkin tidak akan berjalan efektif. Oleh karena itu, sangat penting untuk menemukan cara baru yang dapat membantu memperkenalkan aksara Sasak kepada generasi muda dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami[5].

Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembelajaran aksara Sasak adalah jaringan saraf tiruan (Artificial Neural Networks)[6], khususnya Convolutional Neural Networks (CNN) yang terkenal dengan kemampuannya dalam mengenali pola-pola gambar kompleks[7]. CNN telah digunakan secara luas dalam tugas-tugas pengenalan tulisan tangan, baik untuk aksara modern maupun aksara tradisional lainnya seperti aksara Jawa dan Tamil[6][8].

Namun, saat ini, terdapat ketidaksesuaian antara kondisi pengetahuan yang ada dan kondisi ideal tersebut[9]. Sistem pembelajaran aksara Sasak yang berbasis teknologi pengenalan pola masih sangat terbatas, dan hanya sedikit penelitian yang berfokus pada pengembangan model klasifikasi otomatis untuk aksara Sasak[10]. Ketidakseimbangan ini menciptakan masalah atau *gap*, yaitu terbatasnya metode pembelajaran digital yang mampu mengenali dan mengajarkan aksara Sasak secara efektif[11]. Selain itu, rendahnya minat belajar di kalangan siswa juga memperkuat urgensi untuk mengembangkan solusi yang lebih kreatif dan berorientasi teknologi agar pelestarian aksara Sasak dapat tercapai dengan lebih baik[1].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi aksara Sasak berbasis Convolutional Neural Networks (CNN) yang mampu mengenali karakter-karakter aksara dengan akurasi tinggi. Dengan kemampuan CNN dalam mengenali pola visual yang kompleks, diharapkan model ini dapat menjadi fondasi untuk pengembangan aplikasi pembelajaran digital yang interaktif dan mudah diakses[6]. Teknologi pengenalan pola ini memiliki potensi untuk mengatasi kesenjangan yang ada dalam pembelajaran aksara Sasak dan mendukung pelestarian aksara tersebut dengan menyediakan media pembelajaran yang menarik dan sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini[11]. Penelitian sebelumnya yang menggunakan pendekatan serupa menunjukkan bahwa teknologi pengenalan pola berbasis CNN[12] dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi pembelajaran berbasis perangkat mobile[13], yang sangat relevan di era digital saat ini.

Selain itu, sistem yang diusulkan ini memiliki potensi untuk diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis mobile[14], khususnya Android, sehingga siswa dapat belajar aksara Sasak secara fleksibel tanpa terbatas oleh ruang dan waktu [15]. Aplikasi pembelajaran

ini juga dirancang untuk meningkatkan motivasi belajar siswa melalui pendekatan game-based learning yang interaktif dan menyenangkan[16].

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi dalam bidang teknologi pengenalan pola[17], tetapi juga mendukung pelestarian budaya Sasak dan berperan sebagai alat bantu pembelajaran yang interaktif bagi siswa sekolah dasar dan menengah di Lombok [18]. Di era digital yang semakin maju ini, penelitian ini diharapkan mampu memperkuat posisi aksara Sasak di tengah arus globalisasi, serta menginspirasi penelitian lebih lanjut untuk pengembangan teknologi dalam pelestarian aksara dan budaya tradisional lainnya.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan Dan Metode

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah kumpulan gambar tulisan tangan aksara Sasak yang berisi 18 karakter dasar yang umum digunakan dalam penulisan aksara Sasak. Dataset ini diperoleh dari platform Kaggle, yang menyediakan kumpulan gambar tulisan tangan hanacaraka yang dibuat secara digital oleh berbagai individu melalui kuesioner online dan juga sebagian manual yang kemudian dipindai secara digital.

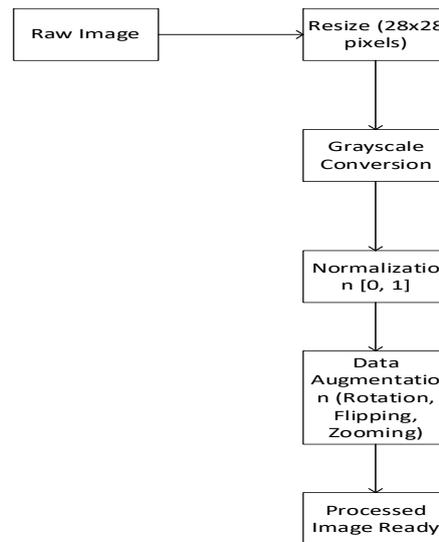
Jumlah data gambar dalam dataset ini mencapai lebih dari 500 sampel gambar, dengan setiap karakter pada aksara Sasak memiliki sekitar 75+ sampel gambar. Setiap gambar memiliki ukuran yang bervariasi, namun umumnya memiliki resolusi di bawah 500x500 piksel, yang disesuaikan agar cocok dengan pemrosesan oleh model Convolutional Neural Networks (CNN). Dataset ini kemudian diproses dengan mengubah ukuran gambar menjadi 28x28 piksel dan mengonversinya ke dalam skala abu-abu untuk memudahkan analisis dan pengklasifikasian menggunakan model CNN.

Dataset mencakup variasi gaya tulisan dari lebih dari 50 partisipan yang berbeda, yang memastikan keragaman dalam bentuk dan gaya penulisan aksara Sasak. Dengan begitu, dataset ini mewakili keragaman gaya tulisan yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.

Dataset ini terdiri dari 18 kelas, masing-masing mewakili satu karakter dasar dalam aksara Sasak. Kelas-kelas tersebut sesuai dengan karakter-karakter dalam aksara Sasak yang sering digunakan dalam penulisan naskah lontar dan geguritan, yang merupakan bagian penting dari budaya Sasak.

2.2. Preprocessing Data

Setiap gambar dalam dataset mengalami serangkaian langkah preprocessing untuk mempersiapkannya bagi model Convolutional Neural Networks (CNN). Berikut adalah langkah-langkah preprocessing yang dilakukan:

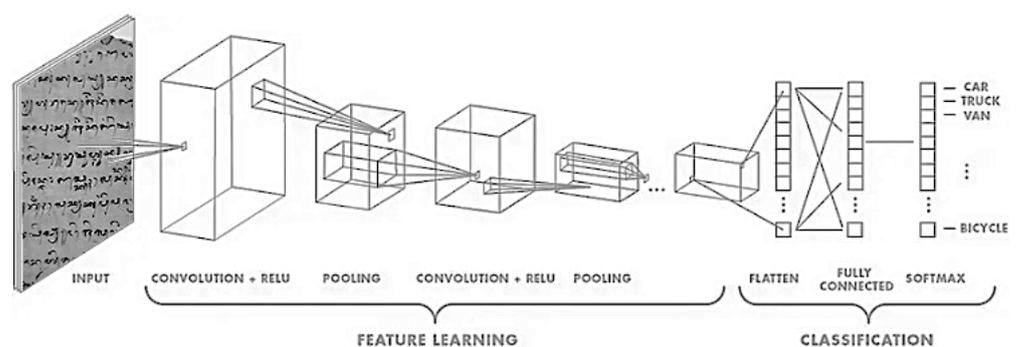


Gambar 1. Flowchart Preprocessing Data

- Semua gambar diubah ukurannya menjadi 28x28 piksel untuk memastikan konsistensi dalam dimensi gambar yang masuk ke dalam model.
- Gambar diubah menjadi skala abu-abu untuk mengurangi kompleksitas fitur dan memudahkan proses komputasi, mengingat warna tidak terlalu penting untuk klasifikasi karakter aksara Sasak.
- Piksel gambar dinormalisasi ke dalam rentang [0, 1] untuk memastikan distribusi yang seimbang, yang membantu mempercepat konvergensi selama pelatihan model.
- Untuk memperluas ukuran dataset dan meningkatkan generalisasi model, dilakukan augmentasi data berupa rotasi, flipping, dan zooming. Augmentasi ini penting untuk menangani variasi gaya tulisan tangan yang berbeda-beda.

2.3. Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)

Pada gambar 2 berikut menunjukkan alur kerja dari Convolutional Neural Network (CNN) yang terdiri dari dua tahapan utama, yaitu feature learning (pembelajaran fitur) dan classification (klasifikasi).



Gambar 2. Alur kerja CNN

- Citra aksara Sasak dimasukkan dalam ukuran 28x28 piksel.
- Layer konvolusi mendeteksi fitur penting dalam gambar, dibantu fungsi aktivasi ReLU untuk menangkap variasi pola dan Layer pooling mengurangi dimensi fitur untuk menyederhanakan data dan mengurangi risiko overfitting.
- Pada Flatten fitur yang diperoleh diubah menjadi satu dimensi.
- Menggabungkan fitur-fitur untuk membuat keputusan klasifikasi.

- Pada tahap classification, fully connected layer menggabungkan fitur-fitur untuk menghasilkan keputusan klasifikasi. Fungsi softmax kemudian menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas aksara dan memilih kelas dengan nilai tertinggi.

Tahapan ini memungkinkan model CNN mengklasifikasikan citra aksara Sasak sesuai kelasnya.

2.4. Prosedur Pelatihan

Model CNN dilatih menggunakan dataset yang telah dipreprocessing. Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan optimizer Adam dengan learning rate sebesar 0.001. Batch size yang digunakan adalah 32, dan model dilatih selama 50 epoch. Data dibagi menjadi dua bagian, dengan 80% digunakan sebagai data pelatihan dan 20% sebagai data validasi.

2.5. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan dengan menghitung beberapa metrik performa, yaitu akurasi, precision, recall, dan F1-score untuk setiap kelas aksara. Selain itu, confusion matrix juga digunakan untuk menganalisis kesalahan klasifikasi pada karakter-karakter yang serupa. Uji validasi dilakukan menggunakan data validasi yang tidak terlibat dalam pelatihan untuk menghindari overfitting.

3. Hasil

Pada bagian ini, hasil dari eksperimen model Convolutional Neural Networks (CNN) yang digunakan untuk mengenali tulisan tangan aksara Sasak dipresentasikan. Sebelum dilatih dengan model, dataset telah melalui tahap preprocessing berupa perubahan ukuran gambar menjadi 150x150 piksel, normalisasi nilai piksel ke rentang [0, 1], dan pembagian data menjadi training serta validation dengan proporsi 80:20. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan metrik akurasi, precision, recall, F1-score, serta analisis confusion matrix. Hasil-hasil ini diperoleh dari pengujian terhadap dataset yang telah dipreprocessing dan dilatih dengan arsitektur CNN yang telah dijelaskan pada bagian metode.

3.1. Evaluasi Model CNN

3.1.1. Akurasi Model

Akurasi yang dimaksud dalam bagian ini adalah akurasi model dalam mengklasifikasikan aksara Sasak berdasarkan gambar yang diberikan. Model CNN yang digunakan memiliki beberapa lapisan utama yang berfungsi untuk mengekstraksi fitur dan melakukan klasifikasi, berikut gambar Summary Model.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 148, 148, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 74, 74, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 72, 72, 64)	18,496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 36, 36, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 34, 34, 128)	73,856
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 17, 17, 128)	0
flatten (Flatten)	(None, 36992)	0
dense (Dense)	(None, 512)	18,940,416
dense_1 (Dense)	(None, 2)	1,026

Gambar 3. Summary Model

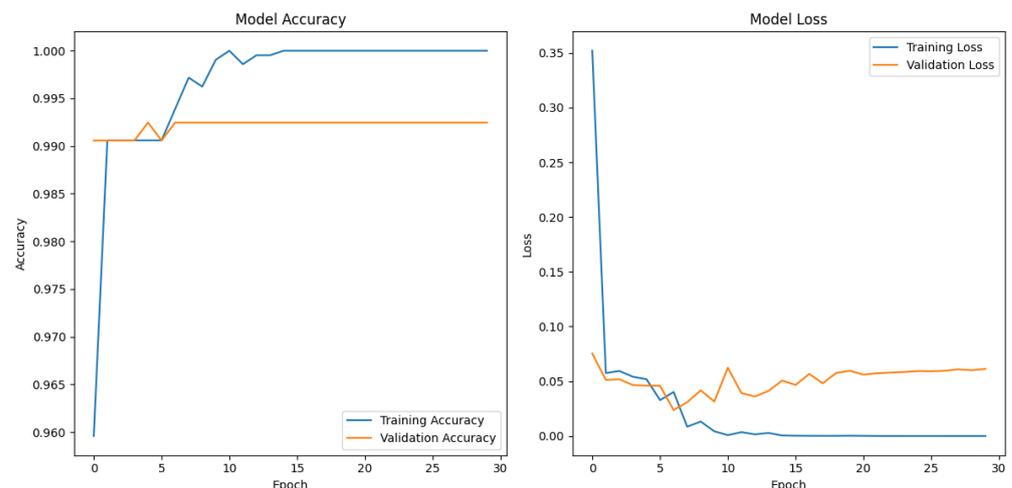
- Pada Conv2D Layers, tiga lapisan konvolusi pertama dengan jumlah filter berturut-turut 32, 64, dan 128, bertugas mengekstraksi fitur penting dari citra aksara. Setiap lapisan diikuti oleh fungsi aktivasi ReLU.
- MaxPooling2D Layers: Setelah setiap lapisan konvolusi, terdapat lapisan max pooling yang mengurangi dimensi data, sehingga menyederhanakan fitur dan membantu mencegah overfitting.
- Flatten Layer berfungsi untuk mengubah data dari bentuk dua dimensi menjadi satu dimensi agar bisa diteruskan ke lapisan berikutnya.
- Yang terakhir Dense Layers atau Dua lapisan dense, dengan yang pertama memiliki 512 neuron dan yang terakhir 2 neuron untuk menghasilkan prediksi dua kelas aksara.

3.1.2. Precision, Recall, dan F1-score

Setelah pelatihan selesai, model diuji pada data validasi, dan hasil metrik evaluasi untuk masing-masing kelas aksara Sasak dirangkum sebagai berikut:

- Precision rata-rata yang diperoleh adalah 0.98;
- Recall rata-rata yang dicapai sebesar 0.99;
- F1-score rata-rata berada pada 0.98.

3.2. Gambar, Tabel, dan Skema



Gambar 4. Grafik Akurasi dan Loss Model Selama Pelatihan

Gambar tersebut menunjukkan dua grafik: Akurasi Model dan Loss Model selama 30 epoch.

- Akurasi Model

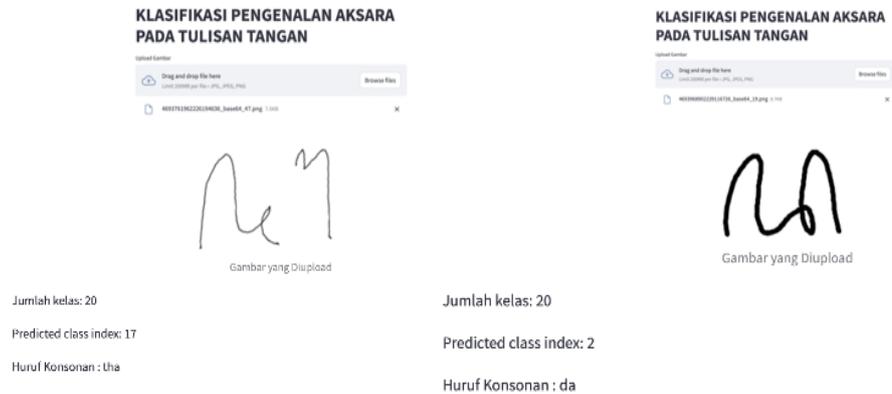
Grafik di atas menunjukkan akurasi dan loss model selama 30 epoch. Grafik akurasi model memperlihatkan bahwa garis biru, yang mewakili akurasi pada data pelatihan, meningkat dengan cepat dan mendekati 1 (100%). Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali pola dalam data pelatihan dengan sangat baik. Namun, akurasi pada data validasi, yang ditunjukkan oleh garis oranye, hanya meningkat di awal, kemudian cenderung fluktuatif.

- Loss Model

Pada grafik loss model, garis biru yang mewakili loss pada data pelatihan terus menurun mendekati nol, konsisten dengan tingginya akurasi pelatihan. Sebaliknya, loss pada data validasi, yang ditunjukkan dengan garis oranye,

awalnya mengikuti penurunan pada data pelatihan namun kemudian meningkat kembali.

3.3. Gambar Output



Gambar 5. Pengenalan Aksara Pada Tulisan Tangan

4. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Convolutional Neural Networks (CNN) yang dikembangkan mampu mengenali tulisan tangan aksara Sasak dengan tingkat akurasi tinggi. Berdasarkan grafik akurasi pada gambar, akurasi pelatihan mencapai hampir 100%, sementara akurasi validasi stabil pada sekitar 99% setelah beberapa epoch awal. Hasil ini menunjukkan bahwa model sangat cocok dengan data pelatihan, tetapi tetap mempertahankan akurasi tinggi pada data validasi, yang mengindikasikan kemampuan model dalam mengenali karakter aksara Sasak dengan baik.

Evaluasi menggunakan precision rata-rata 0.98, recall 0.99, dan F1-score 0.98 pada data validasi memperkuat performa model yang sangat baik dalam klasifikasi karakter. Tingginya precision dan recall menunjukkan bahwa model dapat mengidentifikasi karakter dengan benar sekaligus mengurangi kesalahan klasifikasi. Namun, grafik loss menunjukkan indikasi overfitting, di mana loss pada data validasi berfluktuasi setelah mencapai titik terendah. Hal ini menunjukkan perlunya teknik tambahan, seperti regularisasi atau data augmentation, untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model.

Temuan ini berimplikasi besar dalam pendidikan dan pelestarian budaya, di mana aplikasi pengenalan aksara Sasak berbasis CNN ini dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran interaktif di sekolah, mendukung generasi muda untuk lebih mengenal aksara Sasak. Penelitian di masa depan dapat mengeksplorasi arsitektur model yang lebih kompleks atau menggunakan transfer learning untuk meningkatkan akurasi, serta mempertimbangkan variasi gaya tulisan tangan dan latar belakang karakter dalam meningkatkan performa model.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi dan pengenalan tulisan tangan aksara Sasak menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN). Hasil evaluasi menunjukkan performa model yang sangat baik, dengan akurasi validasi mencapai 99% dan akurasi pelatihan hampir 100%. Selain itu, metrik evaluasi seperti precision rata-rata sebesar 0.98, recall 0.99, dan F1-score 0.98 memperkuat bukti bahwa model mampu mengenali karakter aksara Sasak dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Temuan ini menunjukkan potensi teknologi pengenalan pola dalam mendukung pelestarian budaya, khususnya aksara Sasak sebagai warisan budaya penting bagi masyarakat Lombok.

Sistem yang dikembangkan ini diharapkan dapat berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran yang interaktif, memudahkan siswa dalam memahami dan menguasai aksara Sasak dengan cara yang lebih menyenangkan. Selain itu, penelitian ini membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut, seperti penerapan metode transfer learning dan pengembangan aplikasi serupa untuk aksara tradisional lainnya guna mendukung pelestarian budaya Nusantara.

Ucapan Terima Kasih: Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset Teknologi dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM) KEMENDIKBUDRISTEK atas bantuan pendanaan pada Hibah Prototipe ini. Terima kasih juga untuk Universitas Bumigora yang telah membantu memfasilitasi penelitian ini, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini, para sukarelawan yang telah menyediakan sampel tulisan tangan aksara Sasak.

Referensi

- [1] M. Tajuddin, A. S. Anas, A. Z. Amrullah, A. Adil, and R. F. Printi, "Penerapan Metode ADDIE dalam Pengembangan Aksara Sasak Baluk Olas (Delapan Belas) Berbasis Game," *Semin. Nas. Elektro, Tek. Inform.*, pp. 129–134, 2022, doi: 10.31284/p.snestik.2022.2673.
- [2] A. Sofyan Anas, M. Tajuddin, D. R. Fanny, and P. Ardi, "Desain Scanner untuk Digitalisasi Naskah Lontar Aksara Sasak dengan Smart Phone Menggunakan Black Box Testing," *Jtim 2022*, vol. 4, no. 3, pp. 186–196, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.35746/jtim.v4i3.260>
- [3] M. Tajuddin, A. Adil, and A. S. Anas, "Game for Sasak Script Based on Knuth Morris Pratt Algorithm and ADDIE Model," *MATRIK J. ...*, vol. 22, no. 1, pp. 83–96, 2022, doi: 10.30812/matrik.v22i1.2363.
- [4] M. Tajuddin, D. Supatmiwati, S. Hidayat, and A. S. Anas, *DIGITALISASI Konsep, Teknologi dan Penerapannya*. MNC, 2022.
- [5] M. T. Anwar, S. Hidayat, and A. Adil, "Tansformasi Lontar Babad Lombok Menuju Digitalisasi Berbasis Natural Gradient Flexible (NGF)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, p. 275, 2021, doi: 10.25126/jtiik.2021824088.
- [6] S. Susandri, S. Defit, and M. Tajuddin, "Enhancing Text Sentiment Classification with Hybrid CNN-BiLSTM Model on WhatsApp Group," *J. Adv. Inf. Technol.*, vol. 15, no. 3, 2024.
- [7] Y. Ren, *SPRINGER BRIEFS IN ELECTRIC AL AND COMPUTER ENGINEERING ~ SIGNAL PROCESSING Big Visual Data Analysis Scene Classification and Geometric Labeling*.
- [8] A. Kulkarni and A. Shivananda, *Natural Language Processing Recipes*.
- [9] P. K. Austin, "Aksara Sasak, an endangered script and scribal practice," *Proc. Int. Work. Endanger. Scripts Isl. Southeast Asia*, no. February, pp. 1–12, 2014.
- [10] L. Deng and D. Yu, "Deep Learning," pp. 3–4, doi: 10.1561/20000000039.
- [11] M. Tajuddin and N. N. Jaya, "Preservasi Naskah Kuno Sasak Lombok Berbasis Digital dan Website," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 4, pp. 445–454, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201854787.
- [12] M. Tajuddin *et al.*, "Baluk olas (Eighteen) Sasak Scripts in the Digital Era Based on the Mobile Games," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 1000–1017, 2023, doi: 10.18517/ijaseit.13.3.17019.
- [13] F. Bimantoro, A. Aranta, G. S. Nugraha, R. Dwiyanaputra, and A. Y. Husodo, "Pengenalan Pola Tulisan Tangan Aksara Bima menggunakan Ciri Tekstur dan KNN," *J. Comput. Sci. Informatics Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 60–67, 2021.
- [14] M. Tajuddin, A. S. Anas, A. Z. Amrullah, A. Adil, and R. F. Printi, "Penerapan Metode ADDIE dalam Pengembangan Aksara Sasak Baluk Olas (Delapan Belas) Berbasis Game," *Semin. Nas. Elektro, Tek. Inform.*, pp. 129–134, 2022.
- [15] M. T. Husain, "Digitalisasi Naskah Kuno Sasak Untuk Menjaga dan Melindungi, dan Melestarikan Budaya Berbasis Web," in *Seminar Nasional Saint dan Teknologi (SNST 9) UNWAHAS Tahun 2018*, 2018, pp. 46–52.
- [16] G. F. Nama *et al.*, "Rancang Bangun Aplikasi Game Edukasi Koleksi Permainan Aksara Lampung (Koper Apung) Berbasis Android Menggunakan Design and Development of Educatinal Game ' Koleksi Permainan Aksara Lampung (Koper Apung)' Based on Android Using Scrum," *JUrnlta Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 4, pp. 421–429, 2019, doi: 10.25126/jtiik.201961096.
- [17] S. Hidayat, M. Tajuddin, A. Adil, M. Nur, and A. S. Anas, "Wavelet DB44 and MBB Algorithm for Sasak Vowels Recognition," *Proc. 2019 4th Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2019*, pp. 0–4, 2019, doi: 10.1109/ICIC47613.2019.8985723.
- [18] G. Azahra, V. Arni, and A. Widodo, "Generation Z ' s Perception of the Preservation of the Sasak Script," *IHSA Inst.*, vol. 12, no. 5, pp. 2870–2874, 2022, doi: 10.35335/legal.Generation.