

PENERAPAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK PENGENALAN HURUF BRAILLE DARI CITRA KE TEKS ABJAD

¹Virganda Rimba Asmara, ²Abdi Pandu Kusuma, ³Wahyu Dwi Puspitasari

¹ Teknik Informatika, Universitas Islam Balitar

² Sistem Komputer, Universitas Islam Balitar

³ Sistem Komputer, Universitas Islam Balitar

E-mail: ¹_viirgha88@gmail.com, ²pans.uib1blitar@gmail.com, ³pushpitasari23@gmail.com

Penulis Korespondens : Virganda Rimba Asmara

Abstrak— Huruf Braille merupakan media baca utama bagi penyandang tunanetra, namun tidak semua masyarakat mampu memahami dan menerjemahkannya. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengenali huruf Braille dari citra digital menjadi teks abjad. Sistem dikembangkan menggunakan Python dengan *TensorFlow*, *Keras*, *OpenCV*, dan *NumPy*. Tahapan penelitian meliputi preprocessing citra berupa *grayscale*, *median blur*, *adaptive thresholding*, *resize*, dan normalisasi, kemudian dilanjutkan dengan pelatihan serta pengujian model. Evaluasi dilakukan menggunakan *confusion matrix* dan *classification report*. Hasil penelitian menunjukkan model mencapai akurasi sebesar 91% pada 1628 citra Braille. Sistem berhasil mengenali 23 dari 26 alfabet Braille, sedangkan huruf f, h, dan j masih sulit dikenali secara konsisten. Selain menghasilkan teks, sistem juga mampu mengubah hasil identifikasi menjadi suara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CNN efektif untuk pengenalan huruf Braille berbasis citra digital.

Kata Kunci— *Convolutional Neural Network*, *Deep Learning*, Huruf Braille, Pengenalan Citra, *Text-to-Voice*.

Abstract— Braille is the primary reading medium for visually impaired individuals; however, not everyone can easily understand and translate it. This study aims to implement a *Convolutional Neural Network* (CNN) method to recognize Braille characters from digital images and convert them into alphabetic text. The system was developed using Python with *TensorFlow*, *Keras*, *OpenCV*, and *NumPy* libraries. The research stages included image preprocessing through grayscale conversion, median blur, adaptive thresholding, resizing, and normalization, followed by model training and testing. Evaluation was conducted using a confusion matrix and classification report. The results show that the model achieved an accuracy of 91% on 1,628 Braille images. The system successfully recognized 23 out of 26 Braille letters, while the letters f, h, and j remained difficult to identify consistently. In addition to generating text output, the system can convert recognition results into speech. These findings indicate that the CNN method is effective for Braille character recognition based on digital images.

Keywords— Braille Character Recognition, Convolutional Neural Network, Deep Learning, Image Processing, Text-to-Speech.

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



I. PENDAHULUAN

Penyandang tunanetra sangat bergantung pada sistem Braille sebagai media utama untuk membaca dan menulis. Keberadaan Braille berperan penting dalam mendukung akses informasi, komunikasi, dan proses pembelajaran secara mandiri. Namun, tidak semua orang, termasuk tenaga pendidik, memiliki kemampuan yang memadai dalam membaca dan menerjemahkan tulisan Braille. Kondisi tersebut dapat menyebabkan proses identifikasi dan evaluasi hasil belajar siswa tunanetra menjadi kurang efisien, terutama ketika jumlah dokumen yang harus diperiksa cukup banyak atau kualitas tulisan Braille yang dihasilkan tidak seragam [1].

Kebutuhan terhadap teknologi bantu untuk mendukung aksesibilitas penyandang tunanetra terus meningkat seiring bertambahnya jumlah individu yang mengalami gangguan penglihatan di berbagai negara. Lebih dari 2,2 miliar orang di dunia mengalami gangguan penglihatan, dengan jutaan di antaranya mengalami kebutaan[2]. Kondisi tersebut mendorong pengembangan berbagai teknologi yang mampu membantu proses identifikasi dan konversi informasi berbasis Braille ke dalam bentuk yang lebih mudah dipahami oleh masyarakat umum maupun tenaga pendidik.

Salah satu teknologi yang berkembang untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah Optical Braille Recognition (OBR), yaitu sistem yang mampu mengubah citra Braille menjadi teks digital. Pada tahap awal pengembangannya, OBR banyak memanfaatkan teknik pengolahan citra konvensional seperti thresholding, segmentasi, dan deteksi tepi. Meskipun metode tersebut mampu mengenali pola Braille pada kondisi tertentu, performanya cenderung menurun ketika dihadapkan pada variasi pencahayaan, kualitas kertas, kemiringan citra, maupun noise yang sering ditemukan pada kondisi nyata [3]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih adaptif dan robust untuk meningkatkan akurasi pengenalan karakter Braille. Perkembangan deep learning, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), memberikan solusi yang menjanjikan dalam bidang pengenalan citra. CNN memiliki kemampuan mengekstraksi fitur secara otomatis dan mampu mempelajari pola visual yang kompleks tanpa memerlukan proses ekstraksi fitur manual [4]. Keunggulan tersebut menjadikan CNN banyak diterapkan pada berbagai permasalahan klasifikasi citra, termasuk pengenalan karakter dan objek dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Beberapa penelitian telah membuktikan efektivitas metode CNN dalam pengenalan huruf Braille. Sistem pengenalan huruf Braille berbasis web menggunakan deep learning telah dikembangkan untuk melakukan transliterasi secara otomatis [5]. Selain itu, metode CNN juga menunjukkan performa yang baik dalam proses klasifikasi karakter Braille [6]. Penggunaan arsitektur Depthwise Separable Convolutional Neural Network dilaporkan mampu mencapai akurasi hingga 98,40% dengan kompleksitas komputasi yang relatif rendah [7]. Penelitian lain memanfaatkan YOLOv8 untuk mendeteksi huruf Braille secara real-time [8], sedangkan pendekatan berbasis Histogram of Oriented Gradient (HOG) dan Support Vector Machine (SVM) digunakan sebagai alternatif metode pengenalan karakter Braille selain deep learning [9].

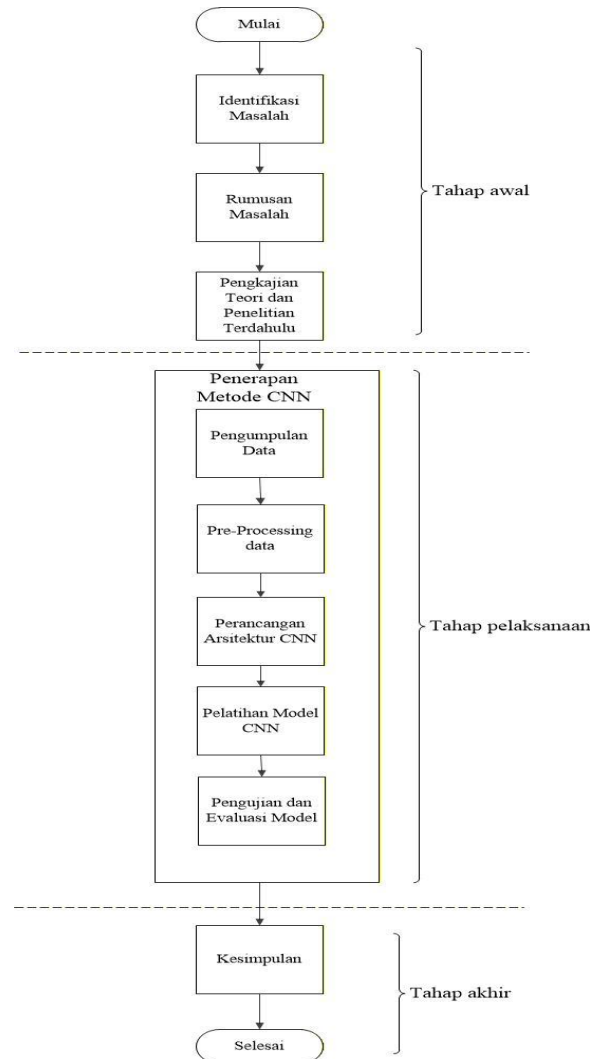
Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan hasil yang baik, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan model atau penggunaan dataset yang relatif terkontrol. Evaluasi terhadap citra Braille yang diperoleh dari proses pembelajaran sehari-hari dengan variasi bentuk titik, kualitas cetakan, dan kondisi pengambilan gambar masih terbatas. Selain itu, implementasi sistem yang tidak hanya menghasilkan teks hasil identifikasi, tetapi juga menyediakan keluaran suara untuk meningkatkan aksesibilitas pengguna masih belum banyak dibahas pada penelitian sebelumnya. Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali huruf Braille dari citra digital dan mengonversinya menjadi teks abjad. Sistem dikembangkan menggunakan Python dengan dukungan TensorFlow, Keras, OpenCV, dan NumPy. Kinerja model dievaluasi menggunakan confusion matrix, precision, recall, F1-score, dan accuracy. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengenalan Braille yang lebih efektif serta mendukung peningkatan aksesibilitas informasi bagi penyandang tunanetra..

II. METODE

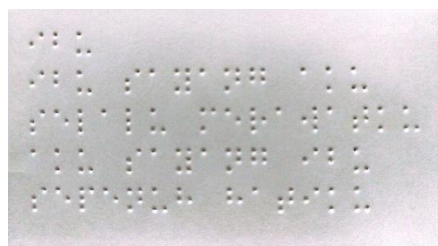
Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terapan (applied research) yang bertujuan mengembangkan sistem pengenalan huruf Braille berbasis citra digital menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan dukungan pustaka TensorFlow, Keras, OpenCV, dan NumPy untuk melakukan proses pengolahan citra, pelatihan model, dan klasifikasi huruf Braille.

A. Dataset dan Sumber Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di SLB Negeri 1 Kota Blitar berupa citra huruf Braille yang digunakan dalam proses pembelajaran. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari sumber daring dan dataset publik yang relevan untuk menambah variasi data. Penggunaan kedua sumber data tersebut bertujuan meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola huruf Braille pada berbagai kondisi citra. Setelah proses seleksi dan pembersihan data, diperoleh sebanyak 1.628 citra huruf Braille yang mewakili 26 kelas alfabet. Dataset kemudian dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data validasi sebesar 20%.



Gambar 1. Tahap - Tahap Penelitian



Gambar 2. Sample Data

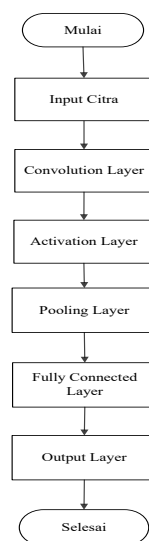
B. Preprocessing Data

Tahap preprocessing dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dan menyesuaikan data dengan kebutuhan model CNN. Proses diawali dengan konversi citra ke dalam format grayscale untuk menyederhanakan informasi visual. Selanjutnya diterapkan median blur guna mengurangi noise yang dapat mengganggu proses identifikasi pola titik Braille. Setelah reduksi noise, dilakukan adaptive thresholding untuk memperjelas perbedaan antara titik Braille dan latar belakang citra. Teknik ini dipilih karena mampu mempertahankan detail objek meskipun terdapat

variasi pencahayaan pada proses pengambilan gambar. Seluruh citra kemudian diubah ukurannya menjadi 28×28 piksel agar memiliki dimensi input yang seragam. Tahap berikutnya adalah normalisasi nilai piksel dari rentang 0–255 menjadi 0–1 untuk meningkatkan stabilitas pelatihan model. Selain itu, dilakukan augmentasi data menggunakan ImageDataGenerator berupa rotasi hingga 20° dan shear transformation sebesar 10° guna memperkaya variasi data dan mengurangi risiko overfitting.

C. Arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN)

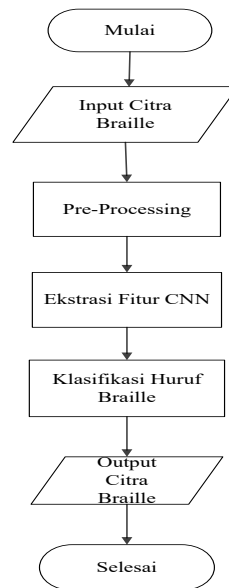
Model CNN yang digunakan terdiri atas beberapa lapisan utama, yaitu convolution layer, activation layer, pooling layer, fully connected layer, dan output layer. Lapisan convolution bertugas mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra Braille menggunakan sejumlah filter yang mampu mengenali pola titik dan susunan karakter. Hasil ekstraksi fitur kemudian diproses menggunakan fungsi aktivasi ReLU untuk memberikan sifat non-linear pada model. Selanjutnya diterapkan max pooling untuk mengurangi dimensi fitur dan mempertahankan informasi yang paling dominan. Fitur yang diperoleh kemudian dihubungkan ke lapisan fully connected untuk melakukan proses klasifikasi huruf Braille. Pada lapisan output digunakan fungsi aktivasi Softmax yang menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas huruf Braille. Kelas dengan probabilitas tertinggi ditentukan sebagai hasil prediksi sistem.



Gambar 3. Arsitektur CNN

D. Pelatihan dan Evaluasi Model

Dataset yang telah melalui tahap preprocessing dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data validasi sebesar 20%. Proses pelatihan dilakukan menggunakan TensorFlow dan Keras dengan optimizer. Selama pelatihan, model memperbarui bobot jaringan secara iteratif berdasarkan nilai loss yang dihasilkan. Setelah proses pelatihan selesai, model diuji menggunakan data validasi yang tidak digunakan selama proses pembelajaran. Evaluasi dilakukan menggunakan confusion matrix, accuracy, precision, recall, dan F1-score. Accuracy digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan prediksi secara keseluruhan, sedangkan precision, recall, dan F1-score digunakan untuk mengevaluasi performa model pada setiap kelas huruf Braille.



Gambar 4. Flowchart Sistem

Hasil evaluasi digunakan untuk menilai kemampuan model dalam mengenali huruf Braille serta mengidentifikasi kelas yang masih mengalami kesalahan klasifikasi. Dengan demikian, efektivitas metode CNN dalam pengenalan huruf Braille dapat dianalisis secara menyeluruh.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Sistem

Tahap preprocessing dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra Braille sebelum digunakan pada proses pelatihan model. Tahapan yang diterapkan meliputi konversi citra ke grayscale, median blur untuk mengurangi noise, adaptive thresholding untuk memperjelas pola titik Braille, resize menjadi 28×28 piksel, serta normalisasi nilai piksel ke rentang 0–1. Proses ini bertujuan menghasilkan citra yang lebih bersih dan seragam sehingga memudahkan model dalam melakukan ekstraksi fitur.

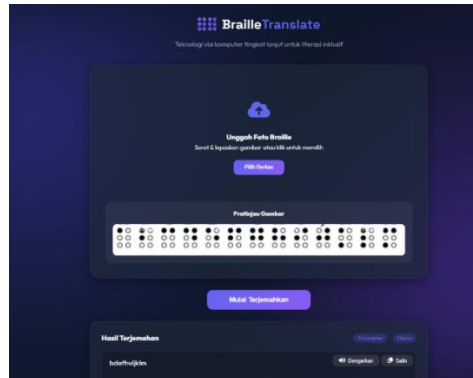
```

Image loaded : data/test/v1-3PG7whs.jpg.rf.086cad787c2801dd14881113e081da65.jpg
Original shape : (28, 28, 3)
Threshold shape : (28, 28)
Image loaded : data/test/v1-3PGadim.jpg.rf.6ac109b0cc81cc71a9ab218a3831e8e2.jpg
Original shape : (28, 28, 3)
Threshold shape : (28, 28)
Image loaded : data/test/v1-3PG8rot.jpg.rf.2d09e7893c15d4c7867d88c28acdffb0.jpg
Original shape : (28, 28, 3)
Threshold shape : (28, 28)
Image loaded : data/test/v1-3PGawhs.jpg.rf.a8d24cd1d931c96f8021680bc67dac7c.jpg
Original shape : (28, 28, 3)
Threshold shape : (28, 28)
Image loaded : data/test/v1-3PGadim.jpg.rf.b8eb887f740d6ab02c2189e5097bcacb.jpg
Original shape : (28, 28, 3)
Threshold shape : (28, 28)
Image loaded : data/test/v1-3PG9rot.jpg.rf.6d529f12f14088a0b36cf71ff93c5353.jpg
Original shape : (28, 28, 3)
Threshold shape : (28, 28)
Preprocessing selesai.
  
```

Gambar 5. Hasil Preprocessing

Berdasarkan hasil preprocessing, pola titik Braille dapat dipisahkan dengan baik dari latar belakang citra. Penggunaan adaptive thresholding mampu mempertahankan detail titik Braille meskipun terdapat variasi pencahayaan pada citra masukan. Hasil preprocessing tersebut kemudian digunakan sebagai input pada model CNN. Model yang telah dilatih selanjutnya

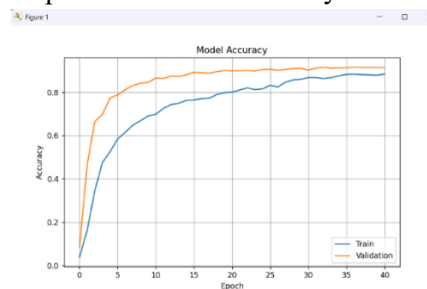
diimplementasikan ke dalam aplikasi pengenalan huruf Braille berbasis Python. Sistem mampu mengidentifikasi huruf Braille dari citra digital dan menampilkan hasil prediksi dalam bentuk teks. Selain itu, sistem dilengkapi fitur text-to-speech yang memungkinkan hasil identifikasi dikonversi menjadi suara.



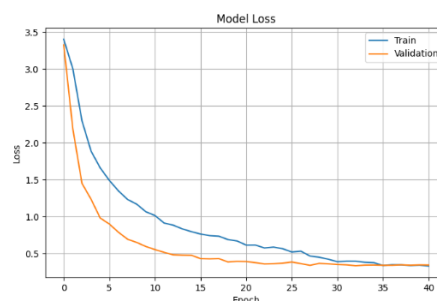
Gambar 6. Sistem Pembaca Braille

B. Hasil Pelatihan Model CNN

Pelatihan model dilakukan menggunakan 80% data sebagai data latih dan 20% sebagai data validasi. Model dilatih selama 50 epoch menggunakan optimizer. Selama proses pelatihan, performa model diamati melalui perubahan nilai accuracy dan loss pada setiap epoch.



Gambar 7. Grafik Akurasi



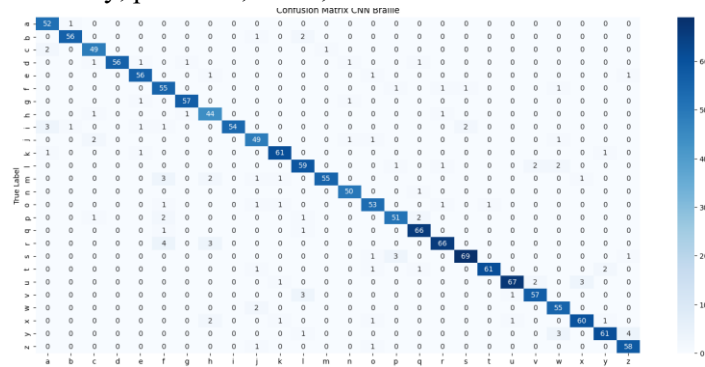
Gambar 8. Grafik Loss

Berdasarkan hasil pelatihan, nilai training accuracy dan validation accuracy mengalami peningkatan secara bertahap hingga mencapai performa terbaik pada akhir pelatihan. Pada saat

yang sama, nilai loss menunjukkan tren penurunan yang stabil. Selisih antara nilai training dan validation relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa model mampu melakukan generalisasi dengan baik dan tidak mengalami overfitting yang signifikan.

C. Hasil Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix dan classification report untuk mengetahui performa model Convolutional Neural Network (CNN) dalam mengenali huruf Braille pada data uji. Model yang telah dilatih digunakan untuk melakukan prediksi terhadap seluruh data pengujian, kemudian hasil prediksi dibandingkan dengan label sebenarnya untuk memperoleh nilai accuracy, precision, recall, dan F1-score.



Gambar 9. Confusion Matrix

Berdasarkan confusion matrix, sebagian besar data berhasil diklasifikasikan sesuai dengan kelas aslinya. Hal ini ditunjukkan oleh dominasi nilai pada diagonal utama matriks yang menunjukkan tingginya jumlah prediksi benar pada masing-masing kelas huruf Braille. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model CNN mampu mengenali pola titik Braille dengan baik pada sebagian besar data uji.

Table 1. Hasil Evaluasi Model CNN

Metrik	Nilai
Accuracy	91%
Precision	0,93
Recal	0,91
F1-Score	0,92

Berdasarkan Tabel 1, model memperoleh accuracy sebesar 91% pada 1.628 citra Braille. Selain itu, nilai weighted average precision sebesar 0,93, recall sebesar 0,91, dan F1-score sebesar 0,92 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali dan mengklasifikasikan huruf Braille secara konsisten. Beberapa huruf seperti b, d, g, s, dan z menunjukkan nilai precision, recall, dan F1-score yang tinggi sehingga dapat dikenali dengan baik oleh model. Namun, beberapa huruf seperti f, h, dan j masih mengalami kesalahan klasifikasi karena memiliki pola titik Braille yang relatif mirip. Kondisi tersebut menyebabkan fitur yang diekstraksi model memiliki karakteristik yang hampir sama sehingga memengaruhi hasil prediksi pada beberapa kelas tertentu..

D. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Convolutional Neural Network (CNN) mampu digunakan untuk mengenali huruf Braille dari citra digital dengan performa yang baik. Kombinasi preprocessing citra dan arsitektur CNN memungkinkan sistem melakukan ekstraksi fitur secara otomatis tanpa memerlukan proses penentuan fitur secara manual. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa metode CNN mampu menghasilkan performa yang baik dalam pengenalan karakter Braille berbasis citra digital [10][4][7]. Berdasarkan hasil evaluasi, model berhasil mengenali 23 dari 26 huruf Braille dengan baik. Namun demikian, beberapa huruf seperti f, h, dan j masih mengalami kesalahan klasifikasi. Kondisi tersebut disebabkan oleh kemiripan pola titik Braille pada ketiga huruf tersebut sehingga fitur yang diekstraksi model memiliki karakteristik yang hampir sama. Akibatnya, model mengalami kesulitan dalam membedakan beberapa kelas tertentu.

Dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya menghasilkan keluaran berupa teks, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini juga dilengkapi fitur text-to-speech sehingga hasil identifikasi dapat dikonversi menjadi suara. Fitur tersebut meningkatkan aksesibilitas sistem dan memperluas potensi pemanfaatannya dalam lingkungan pendidikan bagi penyandang tunanetra. Meskipun memperoleh akurasi sebesar 91%, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan. Performa model dapat menurun ketika citra yang digunakan memiliki pencahayaan yang tidak merata, kondisi blur, atau posisi pengambilan gambar yang terlalu miring. Selain itu, kualitas titik Braille yang tidak konsisten juga dapat memengaruhi hasil klasifikasi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada penambahan variasi dataset, penerapan teknik augmentasi yang lebih beragam, serta pengembangan arsitektur deep learning yang lebih kompleks untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model pada kondisi dunia nyata.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali huruf Braille dari citra digital dan mengonversinya menjadi teks abjad. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mencapai akurasi sebesar 91% dalam mengklasifikasikan 26 kelas huruf Braille. Selain menghasilkan keluaran berupa teks, sistem yang dikembangkan juga dilengkapi dengan fitur text-to-speech sehingga dapat meningkatkan aksesibilitas pengguna. Temuan ini menunjukkan bahwa metode CNN efektif digunakan untuk pengenalan huruf Braille berbasis citra digital dan berpotensi mendukung proses pembelajaran serta akses informasi bagi penyandang tunanetra.

Meskipun menunjukkan performa yang baik, sistem masih mengalami penurunan akurasi pada kondisi citra dengan pencahayaan yang tidak merata, posisi pengambilan gambar yang miring, atau pola titik Braille yang kurang jelas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada penambahan variasi dataset serta pengembangan arsitektur deep learning yang lebih optimal untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model pada kondisi dunia nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Islam Balitar serta dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan arahan selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Awang, I. Farahana, A. Rani, dan K. E. Hock, "Systematic Literature Review On Braille Literacy in Special Education: Challenges and Braille Education Strategies," *International Journal of Islamic Theology and Civilisation*, vol. 3, no. 3, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15554241.
- [2] M. J. Burton *dkk.*, "The Lancet Global Health Commission on Global Eye Health: vision beyond 2020," 1 April 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/S2214-109X(20)30488-5.
- [3] I. G. Ovodov dan R. Zelenograd, "Optical Braille Recognition Using Object Detection Neural Network," Okt 2021, hlm. 1741–1748. doi: 10.1109/ICCVW54120.2021.00200.
- [4] T. Kausar, S. Manzoor, A. Kausar, Y. Lu, M. Wasif, dan M. Adnan Ashraf, "Deep Learning Strategy for Braille Character Recognition," *IEEE Access*, vol. 9, hlm. 169357–169371, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3138240.
- [5] I. M. A. D. Suarjaya, B. A. Wiratama, dan A. Wirdiani, "Sistem Pengenalan Huruf Braille Menggunakan Metode Deep Learning Berbasis Website," *JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 5, no. 3, hlm. 93–99, Jul 2024, doi: 10.62527/jitsi.5.3.244.
- [6] A. Ridwan, Y. Purbolingga, dan H. Hanisah, "Utilizing Convolutional Neural Network for Learning Web-Based Braille Letter Classification System," *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, vol. 6, no. 1, Jan 2024, doi: 10.47709/cnahpc.v6i1.3386.
- [7] K. M. Afriyanto dan A. Setiawan, "Pengenalan Gambar Braille Menggunakan Depthwise Separable Convolutional Neural Network," *Techno.Com*, vol. 24, no. 2, hlm. 355–364, Mei 2025, doi: 10.62411/tc.v24i2.12445.
- [8] R. A. Himawan, E. H. Rachmawanto, dan C. A. Sari, "Real-Time Braille Letter Detection System Using YOLOv8," 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- [9] R. Noviyanti dan E. Sinduningrum, "Braille Character Recognition with Histogram of Oriented Gradient (HOG) and SVM-Based Image Processing," *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 9, no. 8, 2024, doi: 10.36418/syntax-literate.v9i8.
- [10] M. Andriansyah dan H. Junaedi, "Pengenalan Karakter Braille Memanfaatkan Convolutional Neural Network," *Jurnal Konvergensi, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya (ITSI)*, vol. 17, no. 2, hlm. 56, Jul 2021, doi: <https://doi.org/10.30996/konv.v17i2.5420>.