

Deteksi Pola Huruf Hijaiyah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Aplikasi Mobile

^{1*}Ahmad Fausi Febrian, ²Muh. Azim, ³Rahma Nangsa Mal, ⁴Muhammad Hafizh Arrasyid

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

Email: ahmadfauzy169@gmail.com^{1*}, muhazim0301@gmail.com², rahmanansah351@gmail.com³,
arrasyidhafizh5@gmail.com⁴

ABSTRAK

Received : 29 Juli 2024

Accepted : 02 Desember 2024

Published : 01 Maret 2025

Pengenalan pola huruf hijaiyah telah menjadi bidang penelitian yang penting dalam pengembangan teknologi. Dalam beberapa tahun terakhir penggunaan Convolutional Neural Network (CNN) telah meningkatkan kemampuan deteksi huruf hijaiyah. Penelitian ini membahas pengenalan pola huruf hijaiyah menggunakan CNN berbasis aplikasi mobile. Dataset yang digunakan mencakup berbagai gaya tulisan tangan yang diproses dengan citra dan dilatih menggunakan model CNN untuk meningkatkan akurasi pengenalan. Aplikasi ini dirancang untuk memberikan umpan balik langsung dan interaktif sehingga membuat proses belajar menjadi lebih menarik dan efektif terutama bagi anak-anak yang sedang belajar membaca Al-Qur'an. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan CNN dapat meningkatkan akurasi pengenalan huruf hijaiyah secara signifikan. Aplikasi ini tidak hanya mendukung proses belajar mandiri tetapi juga memudahkan orang tua dan guru dalam memberikan bimbingan. Penelitian ini memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi pengenalan pola huruf hijaiyah dan membuka peluang untuk inovasi lebih lanjut di bidang pendidikan berbasis teknologi. Potensi integrasi teknologi modern ini diharapkan dapat memberikan dampak yang luas dalam meningkatkan kualitas pendidikan agama.

Kata Kunci: Hijaiyah, CNN, Aplikasi Mobile, Pengenalan Pola

ABSTRACT

The recognition of hijaiyah letter patterns has become an important research area in technology development. In recent years, the use of Convolutional Neural Network (CNN) technology has enhanced the capability to detect hijaiyah letters. This study discusses the recognition of hijaiyah letter patterns using a mobile application-based CNN. The dataset used includes various handwriting styles which are processed through image preprocessing techniques and trained using a CNN model to improve recognition accuracy. This application is designed to provide immediate and interactive feedback, making the learning process more engaging and effective especially for children learning to read the Quran. The study results show that the use of CNN can significantly improve the accuracy of hijaiyah letter recognition. This application not only supports independent learning but also facilitates parents and teachers in providing guidance. This research makes a positive contribution to the development of hijaiyah letter pattern recognition technology and opens up opportunities for further innovation in technology-based education. The potential integration of modern technology is expected to have a broad impact on enhancing the quality of religious education..

Keywords: Hijaiyah, CNN, Mobile Application, Pattern Recognition

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



1. PENDAHULUAN

Pengenalan huruf Hijaiyah merupakan salah satu dasar yang sangat penting dalam proses pembelajaran Al-Qur'an. Huruf Hijaiyah adalah dasar untuk membaca Al-Qur'an, dan menguasainya menjadi kewajiban bagi setiap umat Islam. Namun, pembelajaran tradisional sering kali tidak menarik bagi anak-anak, mengakibatkan penurunan minat dan keterlibatan dalam belajar. Hal ini membuat inovasi dalam metode pembelajaran sangat dibutuhkan. Salah satu solusi potensial adalah penggunaan teknologi dalam pembelajaran melalui aplikasi mobile berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan bagi anak-anak (Rajagede et al., 2017; Muqsith et al., 2025).

Penggunaan CNN untuk pengenalan tulisan tangan, khususnya huruf Hijaiyah, telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. CNN adalah jenis deep learning yang dapat mengenali pola gambar dengan akurasi tinggi, membuatnya sangat cocok untuk mengenali bentuk huruf yang bervariasi, seperti pada tulisan tangan huruf Hijaiyah. Model CNN mampu mendeteksi karakter dengan presisi tinggi meskipun dalam kondisi tulisan tangan yang berbeda-beda. Penerapan teknologi ini dalam aplikasi mobile memberikan banyak keuntungan, seperti memungkinkan pengguna untuk belajar kapan saja dan di mana saja dengan menggunakan perangkat mobile yang mudah diakses (Rahmatulloh et al., 2022).

Meskipun CNN sudah terbukti efektif dalam pengenalan pola tulisan, tantangan besar dalam pengenalan huruf Hijaiyah adalah keragaman bentuk tulisan tangan yang ada. Variasi dalam bentuk dan gaya tulisan bisa mempengaruhi akurasi sistem pengenalan. Oleh karena itu, diperlukan dataset yang besar dan representatif untuk melatih model CNN agar dapat mengenali berbagai variasi tulisan tangan huruf Hijaiyah (Bouchriha et al., 2022). Penggunaan aplikasi mobile berbasis CNN diharapkan dapat memberikan umpan balik langsung kepada anak-anak yang belajar, serta membantu orang tua dan guru dalam memberikan bimbingan yang efektif.

Dengan adanya aplikasi berbasis mobile yang dilengkapi dengan teknologi CNN, anak-anak dapat belajar huruf Hijaiyah dengan cara yang lebih menyenangkan dan efektif. Aplikasi ini memberikan kesempatan bagi anak-anak untuk belajar secara mandiri dengan dukungan teknologi yang memadai. Melalui pendekatan ini, diharapkan proses pembelajaran menjadi lebih interaktif dan meningkatkan kualitas pendidikan agama, khususnya dalam mengenalkan huruf Hijaiyah (Alsaedi et al., 2018; Nayef et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pengenalan pola huruf Hijaiyah berbasis aplikasi mobile yang menggunakan CNN untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pengenalan. Aplikasi ini tidak hanya bertujuan untuk memfasilitasi anak-anak dalam pembelajaran Al-Qur'an, tetapi juga memberikan solusi bagi orang tua dan guru dalam mendampingi proses belajar anak-anak dengan cara yang lebih modern dan terintegrasi.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam implementasi untuk pengenalan pola huruf hijaiyah dengan CNN ini mengadopsi model Waterfall. Model Waterfall dipilih karena memberikan pendekatan sistematis dan sekuensial dalam pengembangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan proyek ini. Metode ini terdiri dari lima tahap utama yang dilaksanakan secara berurutan:

a. Requirement Analysis

Pada tahap ini dilakukan analisis mendalam terhadap kebutuhan sistem, termasuk spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk implementasi CNN dalam pengenalan huruf hijaiyah. Analisis juga mencakup pengumpulan dataset huruf hijaiyah dan identifikasi kebutuhan pengguna.

b. System Design

Berdasarkan hasil analisis, tim peneliti merancang arsitektur sistem, termasuk desain model CNN, struktur database, antarmuka pengguna, dan integrasi komponen. Desain ini juga mencakup perencanaan penggunaan TensorFlow Lite dan Android Studio dalam pengembangan aplikasi.

c. Implementation

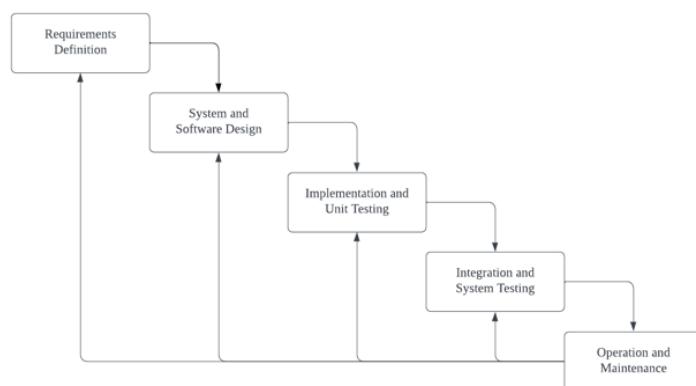
Pada tahap ini dilakukan pengembangan sistem sesuai dengan desain yang telah dibuat. Ini meliputi pemrograman model CNN menggunakan TensorFlow Lite, pengembangan aplikasi Android menggunakan Android Studio, dan konfigurasi perangkat untuk pengambilan dan pengolahan data.

d. Integration & Testing

Setelah implementasi, dilakukan integrasi semua komponen sistem dan pengujian menyeluruh. Pengujian mencakup akurasi pengenalan huruf hijaiyah, kinerja aplikasi pada berbagai perangkat Android, dan efektivitas integrasi.

e. Operation & Maintenance

Tahap terakhir melibatkan peluncuran sistem dan pemeliharaan berkelanjutan. Ini termasuk pemantauan kinerja sistem, pembaruan perangkat lunak, dan penyesuaian model CNN berdasarkan umpan balik pengguna.



Gambar 1.Siklus Waterfall

Penggunaan metode Waterfall dalam penelitian ini memungkinkan pengembangan yang terstruktur dan dokumentasi yang komprehensif di setiap tahap, yang penting untuk proyek yang melibatkan teknologi kompleks seperti CNN.

Tahap Analisis Sistem

Tahap analisis sistem dilakukan untuk menggali kebutuhan sistem dan menganalisis tingkah laku sistem yang akan dibangun. Kebutuhan fungsional sistem diidentifikasi melalui proses berikut:

a. Proses Deteksi Huruf Hijaiyah

Proses deteksi huruf dilakukan dengan menangkap gambar huruf hijaiyah menggunakan kamera perangkat mobile. Gambar yang diambil kemudian diproses oleh model CNN untuk mengenali huruf yang ada pada gambar tersebut. Proses ini melibatkan beberapa langkah:

- 1) Pengambilan Gambar: Kamera perangkat mobile digunakan untuk menangkap gambar tulisan tangan huruf hijaiyah.

- 2) Preprocessing: Gambar yang diambil diproses untuk meningkatkan kualitas deteksi, termasuk pengaturan kontras dan pemotongan bagian yang tidak relevan.
- 3) Deteksi Huruf: Model CNN digunakan untuk mengidentifikasi huruf hijaiyah pada gambar yang telah diproses.

b. Proses Pelafalan Hasil Deteksi

Setelah huruf hijaiyah terdeteksi, aplikasi akan melaftalkan huruf tersebut untuk membantu pengguna dalam belajar. Proses ini melibatkan langkah-langkah berikut:

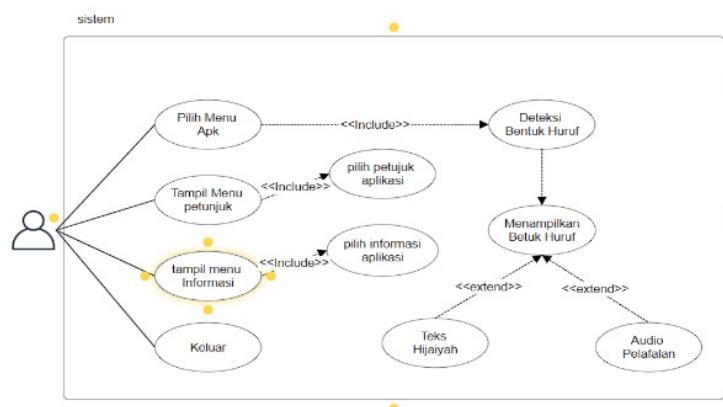
- 1) Pengenalan Huruf: Huruf yang terdeteksi oleh model CNN dikonversi ke format teks beserta tingkat akurasinya.
- 2) Pelafalan: Teks huruf tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan suara menggunakan text-to-speech (TTS) engine. Suara yang dihasilkan akan memandu pengguna dalam melaftalkan huruf hijaiyah dengan benar.

Tahap Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem ini, peneliti menggunakan UML (Unified Modelling Language) yang meliputi Use case diagram, activity diagram, dan sequence diagram untuk membuat alur sistem yang sesuai nantinya untuk aplikasi pengenalan huruf hijaiyah.

a. Use Case Diagram

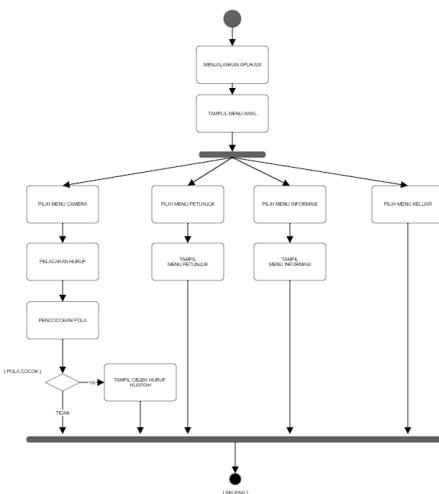
Pada Gambar 2 merupakan gambaran Use Case diagram yang menggambarkan proses keseluruhan pada sistem yang dibuat untuk perancangan aplikasi pembelajaran huruf hijaiyah berbasis android.



Gambar 2.Use Case Diagram

b. Activity Diagram

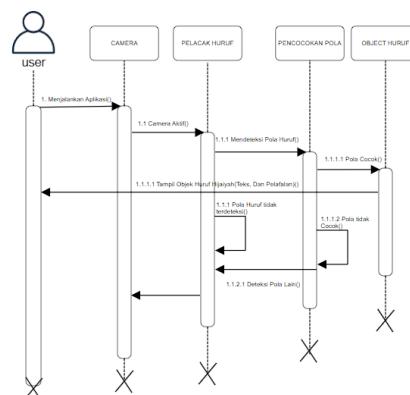
Pada Gambar 3 adalah gambaran Activity Diagram yang merupakan penggambaran langkah-langkah yang berurutan juga memodelkan aliran-aliran dari objek dalam pergerakan dari satu state ke state lainnya dalam satu aliran kendali sebagai berikut:



Gambar 3. Activity Diagram

c. Sequence Diagram

Pada Gambar 4 merupakan gambaran Sequence Diagram yang menjelaskan detail urutan proses yang dilakukan dalam sistem untuk mencapai tujuan dari Use Case, interaksi apa saja dan operasi apa saja dapat terlihat.



Gambar 4. Sequence Diagram

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Implementasi

Dalam tahapan implementasi aplikasi pengenalan pola huruf hijaiyah berbasis mobile ini, ada beberapa hal yang menjadi batasan implementasi, yaitu:

a. Penggunaan Software Android Studio.

Aplikasi ini dikembangkan menggunakan Android Studio sebagai Integrated Development Environment (IDE). Android Studio dipilih karena menyediakan tools yang komprehensif untuk pengembangan aplikasi Android.

b. Dataset Menggunakan Teachable Machine.

Dataset yang digunakan untuk melatih model Convolutional Neural Network (CNN) berasal dari Teachable Machine. Teachable Machine memungkinkan pengguna untuk membuat model machine learning secara cepat dan mudah, kemudian mengimpor model tersebut ke dalam Android Studio menggunakan TensorFlow Lite.

c. Integrasi TensorFlow Lite.

Model CNN yang dilatih menggunakan Teachable Machine diimpor ke Android Studio menggunakan TensorFlow Lite. TensorFlow Lite dipilih karena kemampuannya dalam mengoptimalkan model deep learning untuk perangkat mobile, memungkinkan inferensi yang cepat dan efisien pada perangkat dengan sumber daya terbatas.

d. Penggunaan Dataset Audio Pelafalan.

Dataset audio untuk pelafalan huruf hijaiyah dimasukkan secara langsung ke dalam Android Studio. Audio tersebut digunakan untuk fitur pelafalan yang membantu pengguna dalam belajar cara pengucapan huruf hijaiyah yang benar.

e. Metode Pemrograman yang Digunakan.

Metode pemrograman yang digunakan adalah pemrograman berorientasi objek (OOP). Android Studio mendukung bahasa pemrograman Java dan Kotlin, yang keduanya mendukung konsep OOP, memudahkan pengembangan aplikasi yang modular dan terstruktur.

Implementasi Antarmuka Pengguna:

Salah satu implementasi antarmuka yang dilakukan adalah implementasi antarmuka halaman utama dan halaman deteksi huruf. Berikut adalah beberapa tampilan antarmuka aplikasi:

1) Menu Utama

Berikut adalah gambar 5 yang merupakan tampilan menu utama dari aplikasi dengan tombol mulai dan keluar. Button mulai berfungsi untuk menampilkan beberapa pilihan menu dari aplikasi dan button keluar berfungsi untuk keluar dari tampilan aplikasi.



Gambar 5.Menu Utama

2) Pilihan Menu

Pada gambar 6 merupakan tampilan pilihan menu untuk menampilkan beberapa pilahan seperti pengenalan huruf hijaiyah, informasi huruf hijaiyah, panduan penggunaan, dan menu awal.



Gambar 6.Pilihan Menu

3) Pengenalan Huruf Hijaiyah

Pada gambar 7 merupakan tampilan untuk mengidentifikasi huruf dengan fitur capture gambar dan deteksi huruf. button pelafalan untuk menampilkan audio huruf yang tampil, dan button simpan untuk menyimpan hasil di galeri.



Gambar 7.Pengenalan Huruf Hijaiyah

4) Informasi Huruf Hijaiyah

Pada gambar 8 merupakan tampilan aplikasi yang berisi yang berisi huruf hijaiyah lengkap dengan tulisan huruf latin.



Huruf Hijaiyah:

Hasil Perhitungan:



Gambar 8.Informasi Huruf Hijaiyah

5) Panduan Petunjuk

Pada gambar 6 merupakan tampilan aplikasi yang berisi panduan penggunaan aplikasi dari awal hingga akhir.



Gambar 8. Panduan Petunjuk

2. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan pemeriksaan atas fungsional perangkat lunak dan mengamati hasil eksekusi melalui pengujian data. Pengujian meliputi:

1.Pengujian Menu Aplikasi

Pada table 1 Pengujian Menu Utama, lalu pada table 2 terdapat table pilihan menu. Pengujian yang dilakukan peneliti hanya berupa pengamatan atas hasil eksekusi melalui pengujian data dan pemeriksaan fungsional dilakukan dengan mengamati hasil eksekusi melalui pengujian data. Pada tahap ini merupakan kelanjutan dari tahap implementasi yaitu melakukan pengujian terhadap aplikasi yang telah dibangun.

Tabel 1. Pengujian Menu Utama

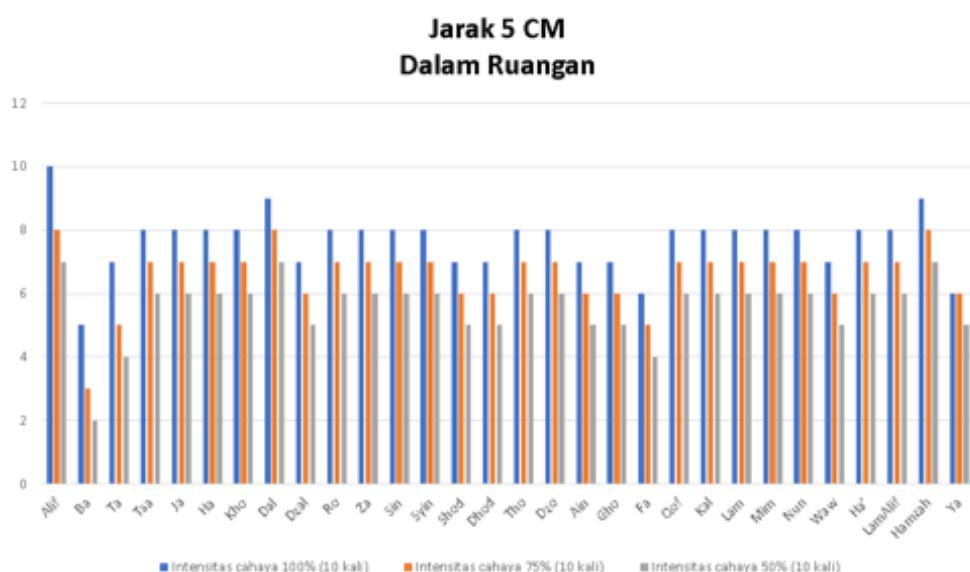
Data masukan	Harapan	Hasil	Kesimpulan
Tombol mulai	Menampilkan pilihan menu	Memilih pilihan menu	Tampil
Tombol keluar	Menampilkan pilihan menu	Keluar dari tiap menu	Tampil

Tabel 2. Pengujian Menu Utama

Data masukan	Harapan	Hasil	Kesimpulan
Tombol menu camera	Menampilkan pilihan menu	Memilih pengenalan huruf hijaiyah	Tampil
Tombol Informasi	Menampilkan informasi tentang huruf hijaiyah	Memilih daftar huruf hijaiyah	Tampil
Tombol panduan	Menampilkan panduan aplikasi	Memilih panduan aplikasi	Tampil

2. Pengujian Data

Pengujian data dilakukan untuk memastikan akurasi dan efektivitas sistem dalam mengenali dan melaftalkan huruf hijaiyah.

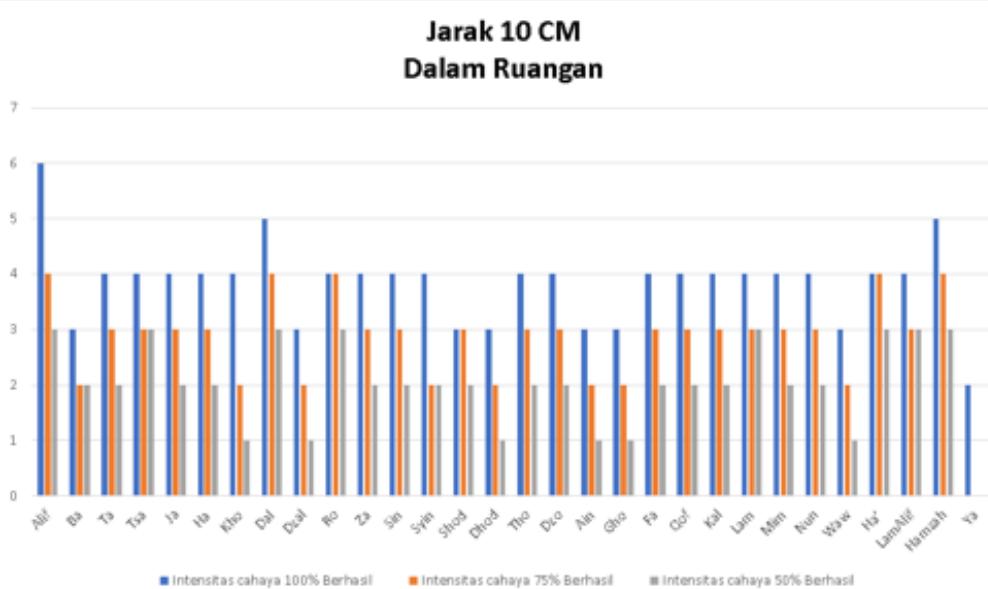


Gambar 9. Hasil Pengujian

Grafik ini menunjukkan hasil pengenalan huruf hijaiyah dengan jarak 5 cm di dalam ruangan menggunakan tiga tingkat kecerahan cahaya kamera (100%, 75%, dan 50%).

1. Huruf Alif menunjukkan performa terbaik dengan 10 keberhasilan pada 100% kecerahan, 8 pada 75%, dan 7 pada 50%.
2. Huruf Ba, Ta, dan Dzal memiliki performa yang lebih rendah, terutama pada kecerahan 50%, menunjukkan kesulitan sistem dalam kondisi pencahayaan rendah.
3. Huruf Dal, Ja, dan Mim memiliki performa stabil di semua tingkat kecerahan.
4. Huruf Ro, Sin, dan Syin menunjukkan penurunan signifikan pada 50% kecerahan.
5. Huruf LamAlif dan Hamzah menunjukkan performa yang baik pada semua tingkat kecerahan.

Secara umum, tingkat kecerahan yang lebih tinggi meningkatkan keberhasilan pengenalan huruf.



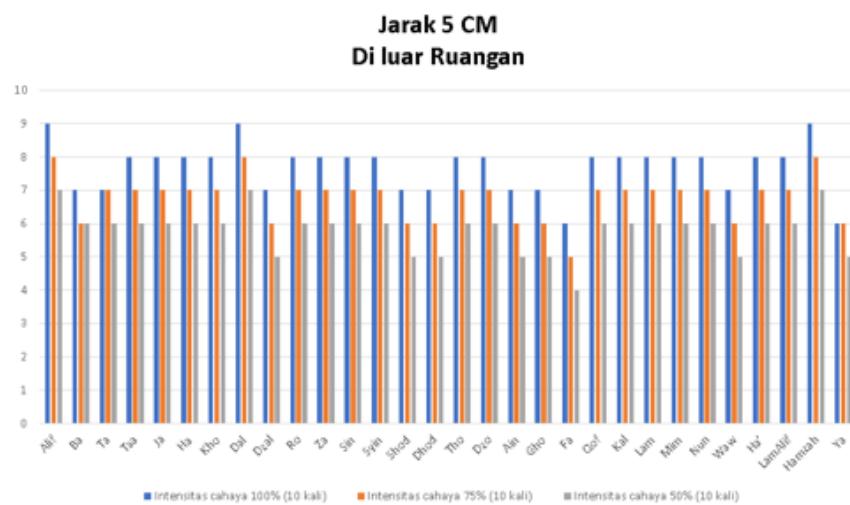
Gambar 10. Hasil Pengujian

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian pengenalan huruf hijaiyah dengan jarak 10 cm dalam ruangan menggunakan tiga tingkat kecerahan cahaya kamera (100%, 75%, dan 50%).

1. Huruf Alif menunjukkan performa terbaik dengan 6 keberhasilan pada 100% kecerahan, 4 pada 75%, dan 3 pada 50%.
2. Huruf Ba dan Dzal memiliki performa yang rendah, terutama pada kecerahan 50%, dengan hanya 1 atau 2 keberhasilan.
3. Huruf Ta, Tsa, Ja, dan Kho memiliki performa yang konsisten, meskipun ada penurunan pada kecerahan 50%, mereka masih dapat dikenali dengan baik.
4. Huruf-huruf seperti Ro, Sin, dan Syin menunjukkan penurunan signifikan pada kecerahan 50%, mengindikasikan bahwa huruf-huruf ini lebih sulit dikenali dalam kondisi pencahayaan rendah.

- Huruf Mim dan Nun menunjukkan hasil yang baik pada 100% kecerahan tetapi mengalami penurunan pada kecerahan yang lebih rendah.

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa pengenalan huruf hijaiyah pada jarak 10 cm juga dipengaruhi oleh tingkat kecerahan cahaya. Tingkat kecerahan yang lebih tinggi meningkatkan tingkat keberhasilan pengenalan, sementara tingkat kecerahan yang lebih rendah menyebabkan penurunan performa pengenalan.

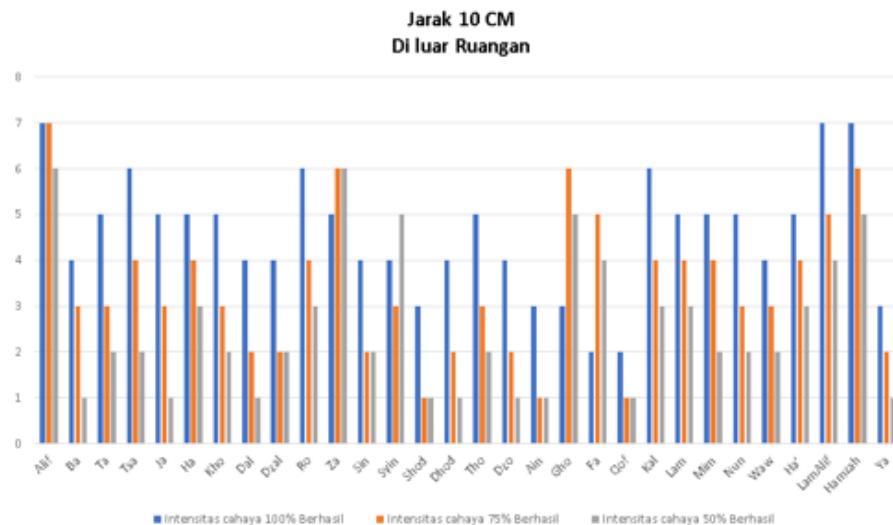


Gambar 11. Hasil Pengujian

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian pengenalan huruf hijaiyah dengan jarak 5 cm di luar ruangan menggunakan tiga tingkat kecerahan cahaya (100%, 75%, dan 50%).

- Huruf Alif menunjukkan performa terbaik dengan 9 keberhasilan pada 100% kecerahan, 8 pada 75%, dan 7 pada 50%.
- Huruf Ba dan Dzal memiliki performa yang lebih rendah, terutama pada kecerahan 50%, dengan penurunan keberhasilan yang signifikan.
- Huruf Ja, Ha, dan Dal memiliki performa yang konsisten, meskipun ada penurunan pada kecerahan 50%, mereka masih dapat dikenali dengan baik.
- Huruf Ro, Sin, dan Syin menunjukkan penurunan performa yang lebih signifikan pada kecerahan 50%, menunjukkan bahwa huruf-huruf ini lebih sulit dikenali dalam kondisi pencahayaan rendah.
- Huruf Mim dan Nun menunjukkan hasil yang baik pada 100% dan 75% kecerahan, tetapi ada penurunan performa pada kecerahan 50%.

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa pengenalan huruf hijaiyah pada jarak 5 cm di luar ruangan juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kecerahan cahaya. Huruf-huruf cenderung lebih mudah dikenali pada kecerahan 100% dan 75%, sementara pada kecerahan 50% performanya menurun.



Gambar 12. Hasil Pengujian

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian pengenalan huruf hijaiyah dengan jarak 10 cm di luar ruangan menggunakan tiga tingkat kecerahan cahaya kamera (100%, 75%, dan 50%).

1. Huruf Alif menunjukkan performa terbaik dengan 7 keberhasilan pada 100% kecerahan, 7 pada 75%, dan 6 pada 50%.
2. Huruf Ba dan Dzal memiliki performa yang lebih rendah, terutama pada kecerahan 50%, dengan hanya 1 keberhasilan dari 10 kali percobaan.
3. Huruf Ta, Tsa, dan Ja menunjukkan performa yang konsisten dengan penurunan pada kecerahan 50%, tetapi masih cukup baik pada kecerahan 100% dan 75%.
4. Huruf Ro dan Si menunjukkan penurunan performa yang signifikan pada kecerahan 50%, menandakan bahwa pengenalan huruf ini lebih bergantung pada kondisi pencahayaan yang baik.
5. Huruf Mim dan Nun memiliki performa yang cukup baik pada kecerahan 100%, namun ada penurunan pada kecerahan yang lebih rendah.

Hasil grafik ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan pengenalan huruf hijaiyah pada jarak 10 cm di luar ruangan. Pengenalan huruf-huruf tersebut lebih efektif pada tingkat kecerahan yang lebih tinggi, sementara tingkat kecerahan yang lebih rendah cenderung menurunkan akurasi pengenalan.

3. EVALUASI SISTEM

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa sistem pengenalan huruf hijaiyah ini tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari sistem yang telah dibangun.

- a) Kelebihan Sistem

Berikut adalah beberapa kelebihan dari sistem yang telah dibangun, yaitu:

- 1) Aplikasi ini dirancang dengan antarmuka yang interaktif, membuat pembelajaran lebih menarik bagi anak-anak.
 - 2) Aplikasi mobile memungkinkan pengguna untuk mengakses pembelajaran kapan saja dan di mana saja, mendukung fleksibilitas dalam proses belajar.
 - 3) Orang tua dapat dengan mudah mendampingi anak-anak dalam belajar huruf hijaiyah melalui fitur-fitur yang user-friendly.
 - 4) Penggunaan CNN untuk deteksi huruf hijaiyah meningkatkan akurasi pengenalan huruf.
- b) Kekurangan Sistem

Ada beberapa kekurangan yang dimiliki oleh sistem, diantaranya:

- 1) Sensitivitas terhadap Pencahayaan: Sistem menunjukkan penurunan performa pada tingkat kecerahan cahaya yang rendah (50%), menunjukkan ketergantungan yang tinggi pada kondisi pencahayaan yang baik. Akurasi deteksi huruf sangat bergantung pada kualitas kamera perangkat mobile.
- 2) Penurunan Performa pada Jarak 10 cm: Performa pengenalan huruf menurun pada jarak 10 cm, baik di dalam maupun di luar ruangan, dibandingkan dengan jarak 5 cm.
- 3) Variasi Keberhasilan pada Huruf Tertentu: Huruf seperti Ba, Ta, dan Dzal memiliki performa yang lebih rendah, terutama dalam kondisi pencahayaan rendah.
- 4) Ketergantungan pada Kondisi Lingkungan: Performa sistem berbeda signifikan antara pengujian di dalam dan di luar ruangan, menunjukkan pengaruh besar kondisi lingkungan terhadap akurasi.

Keterbatasan Mengenali Huruf Kompleks: Huruf-huruf dengan bentuk yang kompleks atau mirip menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih tinggi, memerlukan optimasi lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengenalan pola huruf hijaiyah yang akurat, efisien, dan mudah diakses melalui perangkat mobile. Penggunaan dan CNN terbukti meningkatkan akurasi pengenalan huruf hijaiyah. Aplikasi ini memberikan umpan balik langsung dan interaktif, membuat proses belajar lebih menarik dan efektif, terutama bagi anak usia dini. Dengan adanya gambar dan audio, aplikasi ini menuntun anak dalam belajar mengenal huruf hijaiyah, meningkatkan minat belajar, dan membuat proses belajar mengaji lebih menyenangkan. Aplikasi ini dapat digunakan kapanpun dan dimanapun, memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi pengenalan pola huruf hijaiyah dan membuka peluang untuk inovasi lebih lanjut di bidang pendidikan berbasis teknologi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kecerahan cahaya sangat mempengaruhi keberhasilan pengenalan huruf. Pada kecerahan 100%, tingkat keberhasilan lebih tinggi dibandingkan pada kecerahan 75% dan 50%. Temuan ini menekankan pentingnya pencahayaan optimal untuk akurasi pengenalan yang lebih baik.

REFERENSI

Rajagede, R. A., Dewa, C. K., & Afiahayati. (2017). Recognizing Arabic letter utterance using convolutional neural network. 2017 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial

Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), 181-186.
<https://doi.org/10.1109/SNPD.2017.8022720>

Muqsith, F. I., Supriyati, E., & Listyorini, T. (2025). Klasifikasi pengucapan huruf Hijaiyah berbasis Android menggunakan CNN dengan fitur mel-spectrogram. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 10(1). <https://doi.org/10.30591/jpit.v10i1.8145>

Rahmatulloh, A., Gunawan, R. I., Darmawan, I., Rizal, R., & Rahmat, B. Z. (2022). Optimization of Hijaiyah letter handwriting recognition model based on deep learning. *2022 International Conference Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/ICADEIS56544.2022.10037496>

Bouchriha, L., Zrigui, A., Mansouri, S., Berchech, S., & Omrani, S. (2022). Arabic Handwritten Character Recognition Based on Convolution Neural Networks. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16210-7_23

Alsaeedi, A., Al Mutawa, H., Snoussi, S., Natheer, S., Omri, K., & Al Subhi, W. (2018). Arabic words Recognition using CNN and TNN on a Smartphone. *2018 IEEE 2nd International Workshop on Arabic and Derived Script Analysis and Recognition (ASAR)*, 57-61. <https://doi.org/10.1109/ASAR.2018.8480267>

Nayef, B. H., Abdullah, S. N. H. S., Sulaiman, R., & Alyasseri, Z. (2021). Optimized leaky ReLU for handwritten Arabic character recognition using convolution neural networks. *Multimedia Tools and Applications*, 81, 2065 - 2094. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11593-6>

Alshayeqi, M., Abed, S., & Sindhu, S. C. B. (2024). Automatic Arabic handwritten character recognition using ensemble of convolutional neural networks from scratch. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-20282-z>

Elbashir, M., Mustafa, M. E., & Mohamed, M. (2018). Convolutional Neural Network Model for Arabic Handwritten Characters Recognition. *IJARCCE*. <https://doi.org/10.17148/IJARCCE.2018.71101>

Hamdi, Y., Boubaker, H., Dhib, T., Elbaati, A., & Alimi, A. (2019). Hybrid DBLSTM-SVM Based Beta-Elliptic-CNN Models for Online Arabic Characters Recognition. *2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*, 545-550. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00093>

Jbrail, M. W., & Tenekeci, M. (2022). Character recognition of Arabic handwritten characters using deep learning. *Journal of Studies in Science and Engineering*, 99. <https://doi.org/10.53898/josse2022213>