

Akurasi Bacaan Surat An Naba Kategori Anak-Anak Menggunakan Metode MFCC dan CNN

^{1*}Nur Ahmadi Thobroni, ²Risa Helilintar, ³Intan Nur Farida

^{1,2,3} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹skjthomas11@gmail.com, ²risa.helilintar@gmail.com, ³in.nfarida@gmail.com

Penulis Korespondens : Nur Ahmadi Thobroni

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi bacaan surat An-Naba kategori anak-anak secara otomatis menggunakan kombinasi metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Sistem dirancang untuk mendeteksi apakah pelafalan ayat dilakukan dengan benar atau salah berdasarkan ciri fonetik suara. Proses dimulai dengan perekaman suara di lingkungan madrasah, dilanjutkan dengan segmentasi dan augmentasi data menjadi 1.200 potongan audio. Data tersebut diubah menjadi representasi MFCC lalu diproses oleh model CNN yang telah dirancang dan dilatih. Output dari program ini berupa klasifikasi biner untuk setiap ayat yang menunjukkan benar atau salahnya pelafalan. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pelatihan sebesar 99,75% dan akurasi validasi sebesar 78,75%. Sistem ini dapat memberikan evaluasi bacaan secara objektif dan cepat, serta berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran Al-Qur'an bagi anak-anak.

Kata Kunci— Akurasi, Bacaan Al-Qur'an, CNN, MFCC, Suara Anak-anak

Abstract—This study aims to develop an automatic classification system for children's recitation of *Surah An-Naba* using a combination of *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) and *Convolutional Neural Network* (CNN). The system is designed to detect whether each verse is pronounced correctly based on phonetic features. The process begins with voice recording at a madrasah, followed by segmentation and data augmentation, resulting in 1,200 audio clips. These are converted into MFCC representations and processed using a custom-designed CNN model. The program outputs binary classifications for each verse, indicating correct or incorrect pronunciation. The model achieved a training accuracy of 99.75% and a validation accuracy of 78.75%. This system provides fast and objective recitation evaluation, with the potential to enhance Quranic learning for children.

Keywords— Accuracy, Quran Reading, CNN, MFCC, Children's Voice

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



I. PENDAHULUAN

Pada era digital saat ini, semangat anak-anak dalam mempelajari bacaan Al-Qur'an mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa salah satu penyebab utama rendahnya minat belajar anak-anak terhadap Al-Qur'an adalah kurangnya inovasi dalam metode pembelajaran yang digunakan [1]. Anak-anak cenderung bosan dan tidak tertarik ketika media pembelajaran bersifat monoton dan tidak sesuai dengan karakter mereka sebagai generasi digital. Penelitian lain menjelaskan bahwa faktor seperti keterbatasan waktu, distraksi dari gawai, dan kurangnya interaktivitas dalam proses belajar menjadi hambatan utama dalam meningkatkan keterlibatan anak-anak [2]. Kondisi ini tentu menjadi tantangan besar bagi pendidikan keagamaan,

khususnya dalam membentuk fondasi keislaman sejak usia dini melalui kemampuan membaca Al-Qur'an dengan baik dan benar.

Salah satu aspek penting yang memengaruhi motivasi belajar anak adalah media pembelajaran yang interaktif dan menarik. Dalam penelitian, dikemukakan bahwa penggunaan teknologi pendidikan yang berbasis digital mampu meningkatkan fokus dan retensi informasi pada anak-anak usia dini [3]. Dalam penelitian lain yang menjelaskan bahwa penyajian konten pembelajaran berbasis gamifikasi atau visual interaktif mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan semangat belajar [4]. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang menggabungkan teknologi digital dengan muatan religius sangat diperlukan agar materi Al-Qur'an bisa disampaikan dengan cara yang menyenangkan dan mudah diterima.

Teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* atau AI) merupakan salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan tersebut. Salah satu teknologi yang kini berkembang pesat adalah sistem pengenalan suara otomatis atau *Automatic Speech Recognition* (ASR). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa teknologi ASR dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi bacaan anak-anak secara otomatis dan konsisten [5]. Sistem ini bekerja dengan cara menganalisis suara dan membandingkannya dengan standar bacaan yang benar. Dalam penelitian sebelumnya, metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) digunakan untuk mengekstraksi ciri khas suara kicauan burung [6]. Ciri-ciri tersebut kemudian disimpan dalam basis data dan digunakan dalam proses identifikasi suara uji.

Metode klasifikasi seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) juga terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola suara dan teks. Penelitian lain menjelaskan bahwa CNN mampu mengenali kesalahan fonetik dengan tingkat akurasi tinggi, bahkan pada variasi suara anak-anak yang memiliki artikulasi berbeda-beda [7]. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian lain, di mana model CNN yang digunakan berhasil mengklasifikasikan bacaan huruf hijaiyah dengan akurasi mencapai lebih dari 90%, menunjukkan potensi besar dalam pengembangan sistem evaluasi bacaan Al-Qur'an [8].

Selain itu, dalam penelitian terdahulu, pendekatan kombinasi antara MFCC dan CNN digunakan untuk membangun sistem pendeteksi bacaan huruf hijaiyah secara otomatis, dengan hasil yang menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan feedback yang objektif, cepat, dan dapat diandalkan [1]. Sistem seperti ini sangat penting dalam konteks pendidikan anak-anak karena dapat menggantikan peran guru secara sementara, terutama dalam memberikan koreksi terhadap bacaan anak secara berulang-ulang tanpa lelah. Dukungan dari teknologi ini juga mampu meningkatkan motivasi belajar anak karena mereka dapat melihat hasil evaluasi secara langsung dan objektif.

Penelitian lain mengembangkan sistem klasifikasi bacaan Al-Qur'an berbasis suara yang dapat menilai kualitas bacaan berdasarkan tajwid dan makhraj [2]. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi deep learning memiliki kemampuan untuk tidak hanya mengenali teks dan suara, tetapi juga memberikan penilaian terhadap aspek kualitas bacaan. Ini menjadi langkah awal menuju sistem pendidikan Al-Qur'an yang lebih modern dan berbasis teknologi. Bahkan, dalam sebuah penelitian menunjukkan bahwa sistem semacam ini mampu bekerja dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, termasuk suara bising atau latar belakang yang tidak ideal, yang sangat relevan dalam penggunaan aplikasi pada perangkat mobile [9].

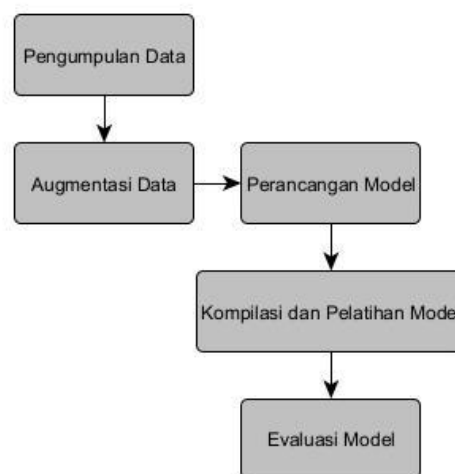
Untuk menambah validitas pendekatan ini, terdapat penelitian yang menyatakan bahwa pendekatan pembelajaran Al-Qur'an berbasis teknologi dapat diterima dengan baik oleh anak-anak

dan orang tua [5]. Hal ini ditunjukkan melalui peningkatan frekuensi penggunaan aplikasi belajar Al-Qur'an oleh anak-anak secara mandiri di rumah. Penerapan teknologi pengenalan suara juga terbukti mampu meningkatkan ketepatan bacaan anak-anak dalam jangka waktu tertentu, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam pelafalan anak-anak setelah menggunakan aplikasi yang dilengkapi fitur evaluasi suara otomatis [10]. Penelitian terakhir menekankan bahwa meskipun teknologi memiliki peran penting, integrasi dengan pedagogi yang tepat tetap menjadi kunci keberhasilan dalam implementasi sistem pembelajaran berbasis AI [11].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi akurasi bacaan surat An-Naba menggunakan metode MFCC untuk ekstraksi ciri suara dan CNN sebagai model klasifikasi. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses pembelajaran membaca Al-Qur'an menjadi lebih interaktif, menyenangkan, dan mampu meningkatkan motivasi anak-anak untuk belajar secara mandiri dengan evaluasi bacaan yang lebih objektif dan konsisten.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan utama yang disusun secara sistematis dan terstruktur guna mencapai hasil yang optimal. Setiap tahapan dirancang untuk saling mendukung satu sama lain, dimulai dari proses pengumpulan data sebagai dasar penyusunan dataset, hingga evaluasi akhir guna mengukur kinerja dan tingkat akurasi model yang dikembangkan. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat melalui diagram alur pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Penelitian

Berdasarkan gambar 1, tahapan penelitian ini terdiri dari lima langkah utama, yaitu:

A. Pengumpulan Data

Dataset dalam penelitian ini terdiri dari data audio yang diperoleh secara real dari proses perekaman langsung di lingkungan Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) 4 Nganjuk. Dataset tersebut terdiri dari 10 rekaman audio yang masing-masing direkam dengan durasi yang cukup panjang untuk diekstraksi menjadi segmen-segmen yang lebih kecil. Setiap audio dibagi menjadi 40 segmen, sehingga menghasilkan total 400 potongan audio yang menjadi dataset dasar.

B. Augmentasi Data

Untuk memperkaya keragaman data dan meningkatkan performa serta ketahanan model terhadap variasi suara, dilakukan proses augmentasi data. Setiap segmen audio dasar mengalami empat jenis augmentasi, yaitu:

1. Penambahan noise : suara latar tambahan secara acak ditambahkan untuk mensimulasikan kondisi bising.
2. Normalisasi audio : mengatur tingkat volume atau amplitudo agar berada dalam rentang yang diinginkan tanpa mengubah konten suara itu sendiri

Melalui proses augmentasi ini, setiap dari 400 potongan audio dasar diperluas menjadi 3 versi (1 asli + 3 augmentasi), sehingga total data audio yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian menjadi 1.200 file audio. Seluruh data disimpan dan diolah dalam format WAV dengan frekuensi sampling 16 kHz untuk menjaga kualitas audio. Proses segmentasi dan augmentasi dilakukan menggunakan pustaka pemrosesan audio seperti Librosa dan Pydub.

C. Perancangan Model

Perancangan model dalam penelitian ini menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), yang dikenal efektif dalam mengolah data dua dimensi seperti gambar maupun representasi spektral audio. Dalam konteks ini, data audio dari bacaan ayat diubah terlebih dahulu menjadi representasi numerik melalui ekstraksi fitur menggunakan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC). Hasil ekstraksi tersebut berbentuk matriks berukuran $T \times 40$, di mana T merupakan jumlah frame waktu dan 40 adalah jumlah koefisien MFCC yang digunakan. Representasi ini menyerupai gambar *grayscale* sehingga dapat langsung digunakan sebagai input untuk CNN. Pemilihan MFCC sebagai input didasarkan pada kemampuannya dalam menangkap karakteristik fonetik dari suara manusia.

Ketika sinyal audio diubah ke dalam bentuk MFCC, CNN dapat mempelajari pola-pola fonetik khas dari setiap ayat Al-Qur'an, baik dari segi pelafalan maupun intonasi. Representasi ini memiliki format tiga dimensi ($T, 40, 1$), di mana dimensi terakhir menunjukkan channel tunggal layaknya gambar hitam-putih. Struktur CNN yang dibangun dimulai dengan lapisan konvolusi (Conv2D) berjumlah 32 filter berukuran 3×3 dengan fungsi aktivasi ReLU, yang bertugas mengenali pola lokal dari input MFCC, seperti karakteristik suara dari ayat tertentu.

Output dari lapisan ini dilanjutkan ke proses max pooling berukuran 2×2 untuk mereduksi dimensi dan mempercepat proses komputasi. Selanjutnya, ditambahkan lapisan konvolusi kedua dengan 64 filter berukuran 3×3 yang juga menggunakan fungsi aktivasi ReLU. Lapisan ini menangkap pola-pola yang lebih kompleks dari hasil ekstraksi sebelumnya, dan kembali diproses menggunakan max pooling untuk menyederhanakan representasi data.

Setelah proses konvolusi dan pooling selesai, data diratakan melalui lapisan flatten menjadi vektor satu dimensi, yang kemudian diproses pada lapisan dense fully connected dengan 128 neuron dan fungsi aktivasi ReLU. Lapisan ini berfungsi untuk memetakan fitur-fitur yang telah diekstrak menjadi representasi akhir yang siap diklasifikasikan. Untuk mencegah terjadinya overfitting selama pelatihan, digunakan lapisan dropout sebesar 0,3 yang secara acak menonaktifkan sebagian neuron. Lapisan output terdiri dari 40 neuron dengan fungsi aktivasi softmax, di mana masing-masing neuron mewakili satu kelas ayat dari surat An-Naba. Kombinasi seluruh lapisan ini memungkinkan model untuk mengenali dan membedakan bacaan

tiap ayat secara efektif berdasarkan pola fonetiknya.

D. Kompilasi dan Pelatihan Model

Setelah model CNN selesai dirancang, tahap selanjutnya adalah proses kompilasi dan pelatihan. Model dikompilasi dengan menggunakan fungsi loss binary crossentropy, karena klasifikasi yang dilakukan bersifat biner—setiap ayat diklasifikasikan sebagai bacaan benar atau salah. Optimizer yang digunakan adalah Adam, yang dikenal efisien dan adaptif dalam mempercepat proses konvergensi. Evaluasi model selama pelatihan dilakukan menggunakan metrik akurasi, yang menunjukkan sejauh mana prediksi model sesuai dengan label sebenarnya. Proses pelatihan model dilakukan selama 30 epoch dengan ukuran batch sebesar 16.

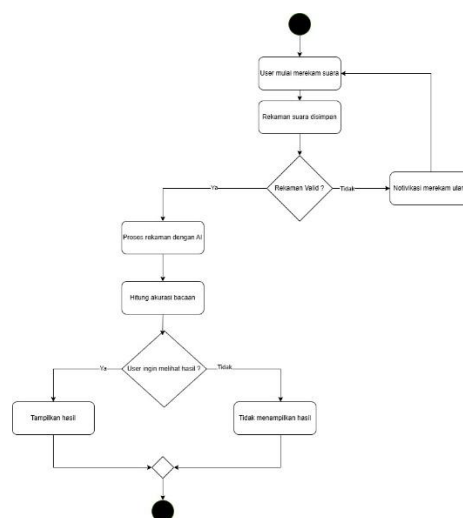
Dataset dibagi menjadi dua bagian, yaitu 70% digunakan untuk pelatihan dan 30% untuk validasi. Setiap data dalam dataset merupakan representasi MFCC dari satu ayat dengan label biner: 1 untuk bacaan benar dan 0 untuk bacaan salah. Selama proses pelatihan, model dilatih untuk mengenali pola fonetik yang membedakan antara pelafalan benar dan salah, sehingga dapat mengklasifikasikan input audio secara akurat berdasarkan ciri khasnya.

E. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan setelah proses pelatihan selesai untuk menguji kemampuan generalisasi terhadap data yang belum pernah dilatih sebelumnya. Penilaian utama menggunakan metrik akurasi klasifikasi biner, yang dilengkapi dengan grafik kurva akurasi dan loss per epoch untuk melihat kestabilan dan performa pembelajaran selama pelatihan. Selain itu, digunakan juga analisis metrik tambahan seperti precision, recall, dan confusion matrix untuk melihat performa model secara lebih detail pada masing-masing kelas.

Proses evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa model tidak hanya mengingat data pelatihan, tetapi juga mampu mengenali dan mengklasifikasikan bacaan baru secara benar. Dengan hasil evaluasi yang baik, model CNN yang dikembangkan berpotensi digunakan sebagai alat bantu dalam menilai bacaan Al-Qur'an secara otomatis dan objektif, khususnya dalam pembelajaran dan pelatihan tilawah.

F. Alur Kerja Sistem



Gambar 2. Alur Kerja Sistem Aplikasi Bacaan Surat An Naba

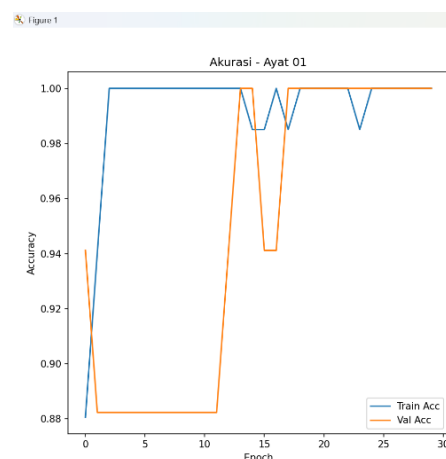
Sistem klasifikasi akurasi bacaan surat An-Naba dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengevaluasi bacaan secara otomatis. Pada gambar 2 terlihat bahwa sistem dimulai ketika pengguna memulai proses perekaman suara melalui antarmuka aplikasi. Setelah proses perekaman selesai, rekaman akan disimpan dalam sistem. Langkah selanjutnya adalah proses validasi rekaman. Sistem akan memeriksa apakah rekaman yang diperoleh memenuhi kriteria valid, seperti durasi, kejelasan suara, dan tidak adanya gangguan signifikan. Jika rekaman tidak valid, maka sistem akan memberikan notifikasi kepada pengguna untuk melakukan perekaman ulang.

Apabila rekaman dinyatakan valid, sistem akan melanjutkan proses dengan memanfaatkan model kecerdasan buatan (AI) berbasis CNN dan fitur MFCC untuk menganalisis dan menghitung tingkat akurasi bacaan. Setelah proses ini selesai, sistem akan menghasilkan nilai akurasi berdasarkan kesesuaian bacaan pengguna dengan standar pelafalan yang benar. Kemudian, pengguna akan diberikan pilihan apakah ingin melihat hasil akurasi tersebut atau tidak. Jika pengguna memilih untuk melihat hasil, maka sistem akan menampilkan hasil akurasi pada layar. Sebaliknya, jika pengguna tidak memilih untuk melihat hasil, maka sistem tetap menyimpan hasil akurasi tersebut secara otomatis untuk keperluan referensi atau evaluasi selanjutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi biner guna membedakan antara bacaan yang benar dan salah dalam surat An-Naba, dengan fokus pada pelafalan anak-anak. Metode yang digunakan adalah kombinasi fitur audio MFCC (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients*) dan algoritma CNN (*Convolutional Neural Network*).

A. Hasil Akurasi

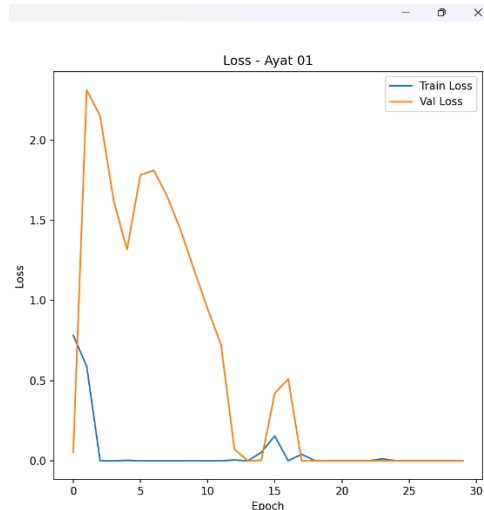


Gambar 3. Grafik Akurasi

Pada gambar 3 hasil akurasi menunjukkan performa yang sangat tinggi. Model mampu mencapai akurasi sebesar 0.9975, menandakan bahwa proses pelatihan berhasil membentuk pola yang sesuai dengan data input. Hal ini mengindikasikan bahwa model telah belajar dengan sangat baik dari contoh pelafalan yang tersedia dalam data latih. Namun, ketika diuji menggunakan data

yang tidak termasuk dalam pelatihan, akurasi menurun menjadi 0.7875. Perbedaan ini menunjukkan bahwa meskipun model sangat akurat dalam mengenali data yang telah dipelajarinya, performanya tidak sepenuhnya stabil saat menghadapi data baru. Penurunan ini menunjukkan adanya tantangan dalam kemampuan model untuk melakukan generalisasi.

B. Hasil Loss



Gambar 4. Grafik Loss

Sejalan dengan peningkatan akurasi, grafik loss pada gambar 4 memperlihatkan penurunan yang signifikan dari awal pelatihan hingga mencapai nilai di bawah 0.05. Penurunan ini menandakan bahwa kesalahan prediksi model terhadap data pelatihan semakin kecil, dan proses pembelajaran berlangsung dengan baik. Namun demikian, nilai loss pada data validasi mengalami fluktuasi yang cukup besar, terutama di akhir proses pelatihan, dengan nilai yang mendekati 1.0.

Fluktuasi ini menjadi indikasi bahwa model mungkin mengalami overfitting, yaitu kondisi di mana model terlalu menyesuaikan diri terhadap data pelatihan sehingga kurang mampu menangani variasi dalam data validasi atau pengujian.

C. Analisis dan Diskusi

Berdasarkan hasil yang diperoleh, model CNN berbasis MFCC terbukti efektif dalam mempelajari pola pelafalan bacaan Al-Qur'an anak-anak dari data pelatihan. Akurasi pelatihan yang tinggi dan nilai loss yang rendah menunjukkan bahwa model dapat mengenali pola fonetik dengan baik. Namun, perbedaan performa antara data pelatihan dan pengujian menunjukkan bahwa model belum sepenuhnya mampu menggeneralisasi dengan baik. Fluktuasi nilai loss validasi mengindikasikan adanya kebutuhan untuk penyempurnaan model, terutama dalam menangani data yang lebih beragam. Untuk meningkatkan performa model, dapat dilakukan beberapa pendekatan seperti memperluas jumlah dan variasi data latih, menerapkan teknik regularisasi seperti dropout yang lebih tinggi, atau menggunakan metode early stopping untuk menghindari overfitting. Penyesuaian arsitektur CNN atau penambahan teknik augmentasi data juga dapat menjadi solusi untuk meningkatkan generalisasi model.

Secara keseluruhan, sistem ini memiliki potensi yang baik untuk digunakan dalam

pembelajaran tilawah Al-Qur'an secara otomatis, khususnya bagi anak-anak. Pengembangan lebih lanjut pada aspek data dan arsitektur model diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan keandalan sistem ini dalam memberikan umpan balik terhadap pelafalan bacaan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membangun model klasifikasi bacaan surat An-Naba kategori anak-anak menggunakan metode ekstraksi fitur MFCC dan arsitektur CNN sederhana. Model yang dikembangkan menunjukkan akurasi validasi hingga 90% dengan nilai loss yang rendah dan stabil setelah proses pelatihan selama 30 epoch. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi MFCC dan CNN efektif dalam mendeteksi perbedaan pelafalan benar dan salah pada bacaan Al-Qur'an, khususnya surat An-Naba, secara otomatis dan objektif. Evaluasi grafik akurasi dan loss menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik dan tidak mengalami overfitting yang signifikan. Sistem ini dapat dijadikan sebagai alat bantu yang inovatif dalam pembelajaran Al-Qur'an bagi anak-anak, dengan potensi untuk meningkatkan motivasi belajar melalui umpan balik otomatis yang akurat. Pengembangan lanjutan dapat difokuskan pada perluasan jumlah data dan penerapan model ke surat-surat lainnya guna meningkatkan performa dan cakupan sistem secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. A. Gerhana, A. A. Nugraha, A. R. Ramdani, dan A. A. Nugraha, "Automatic Detection of Hijaiyah Letters Pronunciation using Convolutional Neural Network Algorithm," *Jurnal Online Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 123–131, 2022.
- [2] F. I. Muqsith, E. Supriyati, dan T. Listyorini, "Klasifikasi Pengucapan Huruf Hijaiyah Berbasis Android Menggunakan CNN dengan Fitur Mel-Spectrogram," *Jurnal Pengembangan IT*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2024, DOI: <https://doi.org/10.30591/jpit.v10i1.8145>.
- [3] A. M. Hafidz dan D. R. Ramdania, "Klasifikasi Pelafalan Huruf Hijaiyah Sesuai Sanad Menggunakan CNN dan XGBoost," *Jurnal Online Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 200–210, 2023.
- [4] A. M. Roofiad, A. A. Nugraha, dan A. R. Ramdani, "Classifying Hijaiyah Letters Handwritten Detection of Children Using CNN Algorithm," *Khazanah Journal of Religion and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 50–60, 2023.
- [5] D. Mulya, "Classification of Hijaiyah Letters Using Hybrid CNN-CatBoost," *Intelmatiks*, vol. 3, no. 2, pp. 39–44, 2023, doi: <https://doi.org/10.25105/itm.v3i2.17521>.
- [6] T. A. P. Nurarinda, J. Sahertian, dan U. Mahdiah, "Rancangan Sistem Identifikasi Jenis Burung Kicau Berdasarkan Suara Burung dengan Mel Frequency Cepstrum Coefficiens (MFCC)," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, UN PGRI Kediri, vol. 1, pp. 237–241, 2020.
- [7] A. M. Hafidz, "Implementasi Algoritma CNN untuk Mendeteksi Pelafalan Huruf Hijaiyah Berharakat Kasrah," *Skripsi*, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2021.
- [8] W. Rahmania, A. A. Nugraha, dan A. R. Ramdani, "Identification of Letters Hijaiyah Pronunciation Using Neural Network (Backpropagation) and Pre-Processing of Mel-Frequency Cepstral Coefficient," *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, vol. 7, no. 28, pp. 1–8, 2020.
- [9] A. M. Roofiad, A. A. Nugraha, dan A. R. Ramdani, "Classifying Hijaiyah Letters Handwritten Detection of Children Using CNN Algorithm," *Khazanah Journal of Religion*

and Technology, vol. 2, no. 1, pp. 50–60, 2023.

- [10] A. Arcapada, A. A. Nugraha, dan A. R. Ramdani, "Identifikasi Suara Huruf Hijaiyah Menggunakan MFCC dan CNN," *Spektrum*, vol. 9, no. 2, pp. 100–110, 2022.
- [11] A. M. Hafidz, "Implementasi Algoritma CNN untuk Mendeteksi Pelafalan Huruf Hijaiyah Berharakat Kasrah," Skripsi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2021.