

ANALISIS PREDIKSI TAJWID NUN MATI PADA AYAT AL-QURAN DENGAN METODE YOLOV8 (YOU ONLY LOOK ONCE)

Dandi Padilah, Agung Pambudi, Fathia Frazna Az-Zahra

Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sukabumi

Jl. R. Syamsudin, S.H. No. 50, Cikole, Kec. Cikole, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43113

dandipadilah2@gmail.com

ABSTRAK

Al-Quran adalah wahyu ilahi yang diberikan kepada Nabi Muhammad SAW dan menjadi mukjizat abadi yang memengaruhi berbagai generasi dan bangsa sepanjang sejarah. Umat Islam diwajibkan untuk mengimani, membaca, dan memahami isi Al-Quran, termasuk mempelajari ilmu tajwid guna membaca Al-Quran dengan benar. Berdasarkan berita dari Antara News, Ahmad Zayadi, Direktur Penerangan Agama Islam Kementerian Agama, menyatakan bahwa kemampuan umat Islam dalam mengenali huruf dan harkat Al-Quran mencapai 61,51 persen, membaca urutan huruf menjadi kata sebesar 59,92 persen, dan membaca ayat dengan lancar sebanyak 48,96 persen. Kemampuan membaca Al-Quran dengan kaidah Tajwid dasar tanpa kesalahan berada dalam kategori sedang, yaitu 44,57 persen. Hal ini menunjukkan bahwa banyak umat Islam yang masih kesulitan dalam membaca Al-Quran dengan benar sesuai kaidah tajwid. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan memfasilitasi pemahaman hukum tajwid dasar dan memastikan pembaca Al-Quran mengikuti kaidah dengan benar. Sebagai solusi, dikembangkan sebuah *platform* yang mampu mengenali dan mendeteksi objek tajwid menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan model *You Only Look Once* (YOLO). Hasil pelatihan menunjukkan akurasi total sebesar 91,7%, dengan tingkat akurasi untuk idzhar mencapai 94,6%, idgham bigunnah 92%, ikhfa 92,2%, dan ikhlaf 84,5%. Evaluasi model menggunakan *matriks* evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score juga memberikan hasil yang memuaskan. Penelitian ini berhasil menghasilkan sebuah *platform* berbentuk website yang mampu mengidentifikasi tajwid secara real-time, sehingga dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi umat Islam dalam membaca Al-Quran sesuai dengan kaidah tajwid.

Kata kunci : komputer Vision, YOLO, Hukum Tajwid, al-Quran, CNN

1. PENDAHULUAN

Al-Quran adalah wahyu ilahi dengan sifat mukjizat yang diberikan kepada Nabi Muhammad SAW melalui malaikat Jibril AS, berisi pesan ilahi yang menjadi bentuk ibadah bagi umat Islam [1].

Membaca dan memahami Al-Quran dengan benar merupakan kewajiban, termasuk mempelajari ilmu tajwid untuk memastikan bacaan yang sesuai dengan aturan [2].

Meskipun penting, banyak muslim di Indonesia masih kesulitan mempelajari tajwid, terutama karena referensi dalam bahasa Arab yang sulit dipahami [3].

Survei Direktorat Jenderal Bina Masyarakat Islam menunjukkan bahwa 44,57% masyarakat Indonesia membaca Al-Quran dengan lancar sesuai kaidah tajwid dasar, menyoroti perlunya bantuan dalam pembelajaran tajwid [4].

Di era Revolusi Industri 4.0, teknologi termasuk kecerdasan buatan (AI) dapat membantu menyelesaikan masalah ini dengan efisien [5].

Kecerdasan buatan, khususnya *machine learning* dan *deep learning*, memungkinkan mesin untuk mengeksekusi tugas-tugas kompleks dengan efektivitas tinggi. Algoritma seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) dan model YOLO (*You Only Look Once*) terbukti efektif dalam deteksi objek *real-time*. YOLO, dengan kecepatan dan akurasi tinggi, menunjukkan keunggulannya dalam aplikasi deteksi objek [6].

Penerapan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam memahami hukum tajwid dasar, dapat memberikan solusi signifikan dalam memfasilitasi pembelajaran tajwid bagi umat Islam. Salah satu aspek penting dalam tajwid adalah tajwid nun mati, yang meliputi empat hukum utama: idzhar, idgham, ikhlaf, dan ikhfa [7].

Dengan mengembangkan platform deteksi tajwid menggunakan metode YOLOv8 (*You Only Look Once*), diharapkan pembaca Al-Quran dapat mengikuti kaidah dengan benar dan meningkatkan kualitas bacaan mereka. YOLOv8, yang dikenal karena kecepatan dan akurasinya dalam deteksi objek *real-time*, dapat diadaptasi untuk mengenali pola-pola tajwid nun mati dalam ayat-ayat Al-Quran, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kesalahan dan memperbaikinya secara langsung.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan platform deteksi tajwid nun mati pada ayat Al-Quran menggunakan metode YOLOv8. Dengan platform ini, pembaca Al-Quran akan mendapatkan umpan balik instan mengenai penerapan tajwid dalam bacaan mereka, meningkatkan pemahaman dan konsistensi dalam membaca Al-Quran sesuai kaidah yang benar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Al-Quran

Al-Qur'an, sebagai firman Allah yang diwahyukan kepada Nabi Muhammad melalui malaikat Jibril, adalah sumber hukum dan pengetahuan utama bagi umat manusia. Al-Qur'an mengandung ajaran dasar yang dijadikan pedoman hidup melalui Ijtihad, dengan keindahan terletak pada bahasa, petunjuk, dan perkahnyanya. Al-Qur'an berperan sebagai pedoman (huda), memberikan penjelasan, dan membedakan antara yang benar dan salah. Umat dianjurkan mempelajari Al-Qur'an, sebagaimana firman Allah dalam surah al-An'am ayat 55, demi kebaikan umat. Oleh karena itu, manusia diperintahkan membaca, menaati, dan memahami Al-Qur'an [8].

2.2. Ilmu Tajwid

Ilmu Tajwid adalah disiplin yang mempelajari cara membaca Al-Qur'an dengan benar dan tepat. Tujuannya adalah untuk menghindari kesalahan, khususnya dalam pelafalan huruf, dengan memastikan setiap huruf dibaca sesuai dengan haknya. Menguasai Tajwid memungkinkan seseorang membaca Al-Qur'an secara akurat dan meningkatkan pahala dari bacaan tersebut. Pengucapan huruf yang benar tidak hanya menambah nilai ibadah tetapi juga memperindah bacaan bagi pembaca dan pendengar [9].

2.3. Artificial Intelligence

Ilmu kecerdasan buatan, penting untuk masa kini dan depan, berkembang pesat sejak 1940-an. Penciptaan istilah "kecerdasan buatan" oleh John McCarthy (1956), Turing Test oleh Alan Turing (1950-an), dan kemajuan seperti kendaraan tanpa pengemudi (2004) adalah beberapa tonggakannya. AI kini menjadi cabang baru dalam ilmu komputer dengan aplikasi dalam adaptasi, pembelajaran, perencanaan, dan respons pelanggan, memberikan solusi di bidang farmasi, ekonomi, teknologi, dan militer [10].

2.4. Machine learning

Pada tahun 1920-an, matematikawan seperti Andrey Markov, Thomas Bayes, dan Adrien Marie Legendre meletakkan dasar untuk *Machine Learning* (ML), yang kemudian berkembang pesat. Salah satu implementasinya adalah *Deep Blue* oleh IBM pada tahun 1996, yang berhasil mengalahkan pemain catur profesional. ML memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari, seperti fitur unlock pada ponsel dan iklan yang disesuaikan dengan preferensi individu [10].

Machine Learning, sebagai bagian dari kecerdasan buatan, menggunakan data untuk meniru perilaku manusia dan melakukan analisis serta prediksi. Terdapat dua teknik dasar ML: Supervised Learning, yang menggunakan data berlabel untuk menghasilkan output berdasarkan perbandingan dengan data sebelumnya, seperti regresi dan klasifikasi; serta

Unsupervised Learning, yang menemukan pola tersembunyi dalam data tanpa label, seperti pengelompokan film berdasarkan kesamaan genre [10].

2.5. Deep learning

Deep Learning, cabang dari *machine learning*, berfokus pada Jaringan Saraf Tiruan (JST) dan dianggap sebagai evolusi dari konsep JST. Dalam *deep learning*, komputer dapat secara otomatis mengklasifikasi sumber visual seperti gambar dan audio. Salah satu algoritma utama dalam *deep learning* adalah *Convolutional Neural Network* (CNN/ConvNet), yang merupakan perkembangan dari *Multilayer Perceptron* (MPL). CNN dirancang khusus untuk memanipulasi data dua dimensi, seperti citra atau suara, dengan keunggulan mampu memahami dan belajar langsung dari representasi visual, sehingga mengurangi kebutuhan pemrograman konvensional [11].

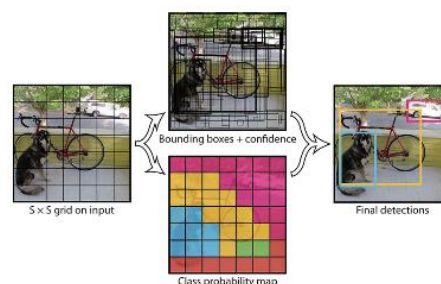
2.6. Computer Vision

Computer vision adalah bidang dalam kecerdasan buatan yang berfokus pada pengembangan sistem komputer untuk memproses, menganalisis, dan memahami data visual seperti gambar atau video, dengan tujuan agar komputer dapat melihat dan menginterpretasikan dunia seperti manusia [12].

Bidang ini berhubungan erat dengan pengolahan citra dan visi mesin, menggunakan teknik dan konsep dasar yang serupa. *Computer vision* diterapkan dalam berbagai bidang seperti AI, robotika, otomasi industri, pengolahan sinyal, optik fisik, dan neurobiologi. Aplikasinya meliputi deteksi wajah, pengenalan ekspresi wajah, dan sering dikombinasikan dengan jaringan saraf tiruan [12].

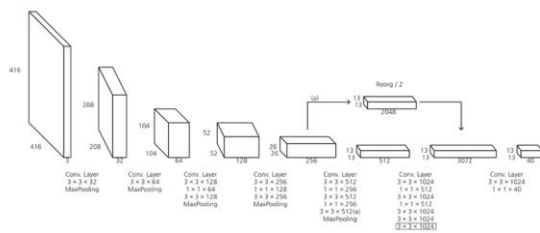
2.7. You Only Look Once (YOLO) Versi 8

YOLO adalah teknik deteksi objek yang mampu memproses gambar secara real-time dengan kecepatan 45 *frame* per detik. Meskipun memiliki tingkat kesalahan lebih tinggi dibandingkan beberapa sistem deteksi lainnya, YOLO mampu memprediksi dengan akurasi tinggi. Metode ini menggunakan model terpadu di mana jaringan konvolusi tunggal memprediksi beberapa kotak pembatas (*bounding boxes*) dan probabilitas kelasnya secara simultan [13].



Gambar 1. Tahapan yolo

YOLO membagi citra input menjadi grid $S \times S$. Sel grid yang memuat pusat objek bertanggung jawab mendeteksi objek tersebut. Setiap sel memprediksi bounding boxes dan skor kepercayaan (*confidence score*), yang menunjukkan akurasi objek dalam kotak. *Bounding box* memiliki lima prediksi: x , y , w , h , dan *confidence*. Koordinat (x, y) menunjukkan pusat kotak relatif terhadap grid, sementara (w, h) mewakili ukuran kotak relatif terhadap gambar. *Confidence* menunjukkan *Intersection over Union* (IoU) dengan kotak ground truth. Sel grid juga memprediksi probabilitas kelas untuk objek di dalamnya, dengan satu kelas probabilitas per sel grid [13].



Gambar 2. Arsitektur yolo

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan mengenali dan merumuskan permasalahan, menetapkan tujuan, serta membatasi cakupan. Tahapan selanjutnya menggunakan metode CRISP-DM yang terdiri dari enam langkah: Pemahaman Bisnis, Pemahaman Data, Persiapan Data, Pemodelan, Evaluasi, dan *Deployment*. Berikut adalah penjelasan mengenai studi yang dilakukan.



Gambar 3. Tahapan CRIPS-DM

3.1. Businesss Understanding

Untuk mengatasi tantangan dalam mendapatkan umpan balik langsung terkait penerapan Tajwid saat membaca Al-Qur'an, metode YOLOv8 dapat digunakan untuk mendeteksi aspek-aspek dasar Tajwid. Implementasi ini bertujuan memberikan umpan balik secara real-time kepada pembaca yang sedang melatih bacaan mandiri di rumah, memungkinkan mereka memperbaiki pelafalan yang salah dan meningkatkan kualitas bacaan Tajwid. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pembaca mengatasi ketidakpastian mengenai keakuratan

Tajwid, meningkatkan kefasihan membaca, dan memaksimalkan manfaat latihan membaca Al-Qur'an di rumah.

3.2. Data Understanding

Setelah menyelesaikan pemahaman bisnis, langkah berikutnya adalah memahami prinsip-prinsip Tajwid yang akan diterapkan. Pada tahap ini, peneliti menganalisis jenis dan sifat Tajwid yang diperlukan. Fokus penelitian ini adalah menganalisis prinsip-prinsip Tajwid, termasuk bentuk huruf dan aturan hukum Tajwid dalam membaca Al-Qur'an yang akan dideteksi. Objek deteksi dalam analisis mencakup lima jenis hukum Tajwid, yaitu idzhar, idgam, iqlab, dan ikhfa.

3.3. Data Preparation

Pada tahap ini, peneliti memproses data untuk mempersiapkan dataset yang bervariasi dan meningkatkan performa model dalam mendeteksi prinsip-prinsip Tajwid. Proses ini mencakup dua langkah utama: pertama, Data Pre-processing, yang memanipulasi teks Al-Qur'an menggunakan teknik pengolahan bahasa alami, dan kedua, Data Augmentation, yang melibatkan pengaturan ukuran huruf, pemformatan ulang teks, serta penambahan variasi intonasi dan tanda baca. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu training dan validasi. Data training digunakan untuk melatih model agar mengenali pola dan memprediksi dengan mengoptimalkan bobot dan parameter internalnya. Data validasi, di sisi lain, digunakan untuk mengevaluasi model tanpa mengubah bobot, memeriksa kinerja model pada data baru, dan mengidentifikasi masalah seperti overfitting untuk memilih model terbaik dan mengatur hyperparameter.

3.4. Modeling

YOLOv8 dipilih untuk mengidentifikasi prinsip Tajwid. Proses dimulai dengan konfigurasi dan penggunaan model yang sudah dilatih, kemudian model dilatih lagi menggunakan dataset Al-Qur'an dengan penyesuaian parameter untuk meningkatkan kinerja. Evaluasi dilakukan dengan dataset uji untuk memastikan akurasi. Tiga model terpisah dibuat, masing-masing fokus pada satu prinsip Tajwid, untuk membedakan hukum-hukum yang mirip. Setelah hasil memuaskan, model diekspor dan siap diimplementasikan pada dataset baru, memberikan umpan balik tentang akurasi bacaan dan pengucapan Tajwid.

3.5. Evaluation

Setelah melatih model YOLOv8 untuk mendeteksi prinsip Tajwid, langkah berikutnya adalah evaluasi. Kinerja model dianalisis pada data pengujian dengan menghitung metrik seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil deteksi diperiksa untuk memastikan model mengidentifikasi prinsip Tajwid dengan benar. Jika perlu, model di-fine-tune dan diuji

pada dataset baru. Selain itu, waktu eksekusi dan umpan balik pengguna (jika ada) juga dievaluasi untuk memastikan kemampuan dan kegunaan model dalam mendeteksi setiap prinsip Tajwid.

3.6. Deployment

Pada tahap akhir, penulis mengintegrasikan model Tajwid yang telah dikembangkan ke dalam situs web yang telah dibuat sebelumnya, menggunakan framework Flask untuk proses pengembangannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Business Understanding

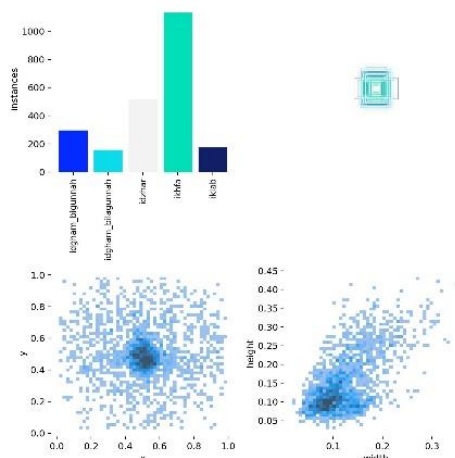
Penelitian ini bertujuan mengembangkan website sederhana yang menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi hukum Tajwid dalam ayat Al-Qur'an. Tujuannya adalah untuk menyediakan panduan Tajwid mandiri, membantu individu meningkatkan kualitas bacaan Al-Qur'an mereka. Pendekatan ini menawarkan solusi praktis dan efisien untuk memperbaiki pelafalan Tajwid secara mandiri dengan bimbingan dari model deteksi.

4.2. Data Understanding

Dataset dalam penelitian ini terdiri dari gambar potongan ayat-ayat Al-Qur'an yang mengandung hukum tajwid dasar, dibagi menjadi lima kelas sesuai jenis hukum tajwid. Sebelum pengumpulan data, penulis melakukan penelitian awal untuk menemukan ayat-ayat tersebut, lalu mencatatnya untuk memudahkan proses pengambilan dataset. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 846 gambar hukum tajwid dasar yang diambil langsung dengan kamera smartphone penulis, yaitu:

- 207 frame citra dari idzhar.
- 401 frame citra dari ikhfa.
- 66 frame citra dari idlab.
- 118 frame citra dari idgham bigunnah.
- 56 frame citra dari idgham bilagunnah.

Dengan Sebaran objek dari data gambar yang digunakan dapat dilihat dari diagram-diagram di bawah ini:



Gambar 4. Hasil statistik sebaran objek pada dataset

4.3. Data Pre-processing

Proses persiapan data mencakup beberapa langkah, yaitu:

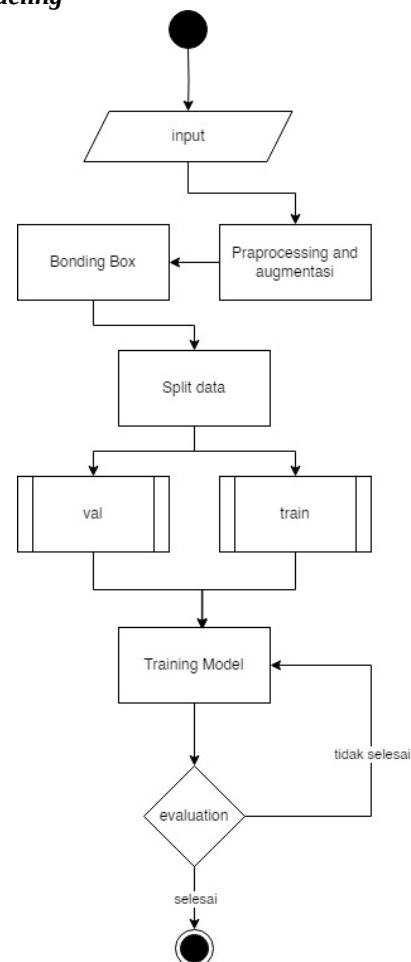
a. Labelling Objek

Setelah mengumpulkan data, langkah selanjutnya adalah melabeli objek pada 846 frame gambar dalam dataset. Pelabelan dilakukan sesuai format anotasi YOLOv8, yang mencakup nomor kelas objek, koordinat x dan y, serta lebar dan tinggi objek. Proses ini dilakukan dari sudut kiri atas hingga sudut kanan bawah objek menggunakan aplikasi Roboflow. Hasil pelabelan disimpan dalam folder yang juga berisi file gambar, dengan format ".txt" yang mencatat informasi pelabelan hukum tajwid dasar yang berbeda.

b. Augmentasi Objek

Pada tahap ini, gambar diproses untuk meningkatkan kualitas dataset melalui metode seperti flip horizontal, rotasi 90 derajat, dan rotasi acak. Augmentasi data juga dilakukan dengan penyesuaian kemiringan (shear) dan konversi ke grayscale. Langkah-langkah ini bertujuan meningkatkan kualitas dan variasi dataset, sehingga model deteksi objek hukum tajwid dasar menjadi lebih robust dan akurat.

4.4. Modeling



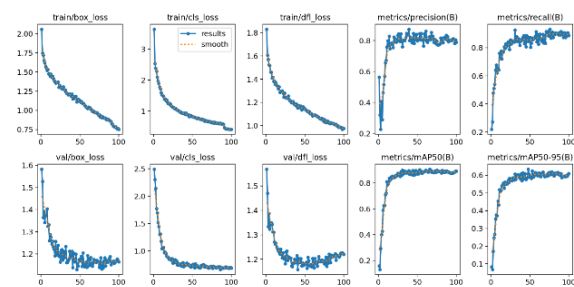
Gambar 5 . Workflow Modelling

Pada tahap ini dilakukan dua proses yaitu pemisahan dataset dan pelatihan jaringan dengan kalifikasi di bawah ini :

- Data set di bagi menjadi tiga bagian utama. Data latihan, sekitar 70% dari total, digunakan untuk melatih model agar dapat mengenali pola dalam data. Data uji, sekitar 20%, digunakan untuk mengevaluasi kinerja model dalam membuat prediksi pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya, memastikan model dapat menggeneralisasi pola dengan baik. Data testing, 10% dari total, digunakan untuk menguji kinerja model setelah pelatihan selesai.
- Pada pelatihan jaringan Model YOLOv8 dibuat dengan 100 epoch, di mana seluruh dataset diproses sebanyak 100 kali. Setiap gambar diubah ukurannya menjadi 800×800 piksel sebelum dimasukkan ke dalam model. Algoritma optimisasi yang digunakan adalah Adam dengan learning rate 0.001, yang mengatur seberapa besar pembaruan parameter model pada setiap langkah. Selain itu, 5 lapisan pertama dibekukan (*freeze*) selama pelatihan untuk mempertahankan fitur-fitur awal yang telah dipelajari.

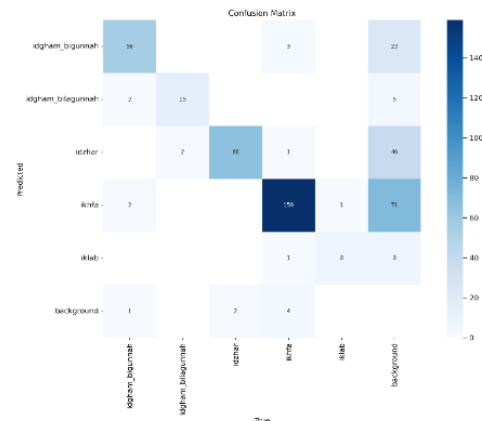
4.5. Evalution

Pada tahap evaluasi, kualitas model yang telah dilatih dinilai menggunakan metrik evaluasi seperti mAP (Mean Average Precision), IoU (Intersection over Union), presisi, *recall*, kecepatan, dan akurasi. Jika model menunjukkan performa memuaskan saat diuji dengan data baru, proses dilanjutkan. Namun, jika model belum optimal dalam mengidentifikasi objek, pelatihan ulang dengan *transfer learning* dilakukan untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali hukum tajwid dasar pada data lebih baru. Diagram di Gambar 6 menunjukkan penurunan konsisten pada nilai *loss* atau *error* pada data pelatihan dan validasi, sementara akurasi meningkat konsisten, menandakan model semakin efektif dalam mempelajari pola dari data yang diberikan.



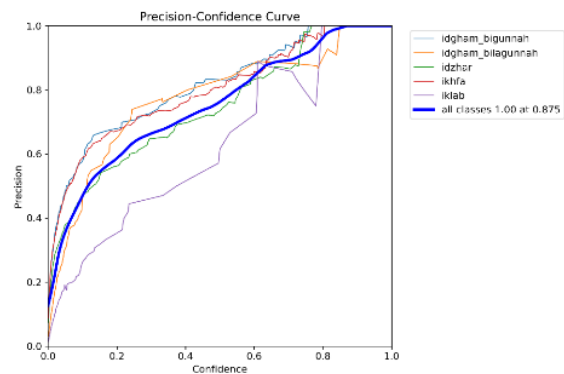
Gambar 6. Matrics dari hasil model YOLOv8 dengan batch size 5

Confusion matrix digunakan untuk evaluasi mendetail keakuratan model, dengan kolom menunjukkan jumlah prediksi per kelas dan baris jumlah aktual per kategori. Diagram pada Gambar 7 menunjukkan sebagian besar prediksi benar, menandakan kinerja deteksi model yang baik.



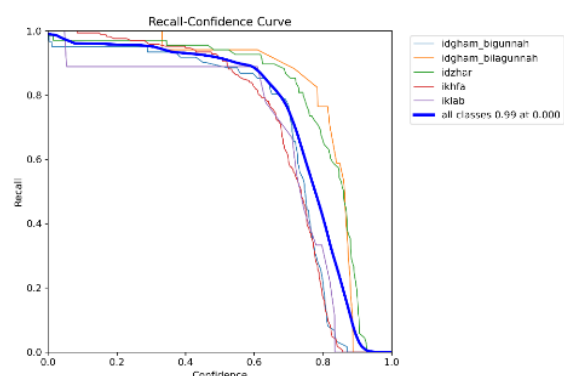
Gambar 7. Confusion matrix

Gambar 8 menampilkan *Precision-Confidence Curve* dari model YOLOv8, menunjukkan peningkatan konsisten dan linier dengan nilai akhir mencapai 1.00 untuk setiap kelas. Grafik tersebut juga mencakup *background* yang merupakan dataset dengan beberapa dataset ganda.



Gambar 8. Precision-Confidence Curve

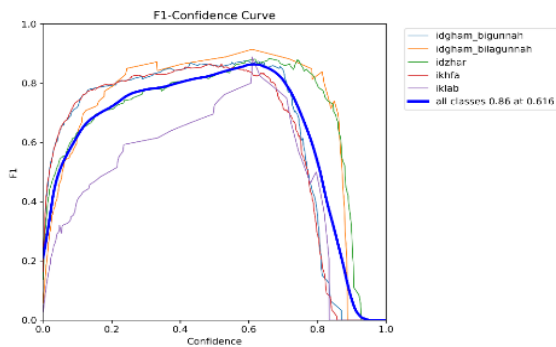
Recall Confidence Curve hasil dari YOLOv8 pada Gambar 9 menunjukkan peningkatan linear dengan hasil akhir mencapai 0.99 untuk semua kelas.



Gambar 9. Recall Confidence Curve

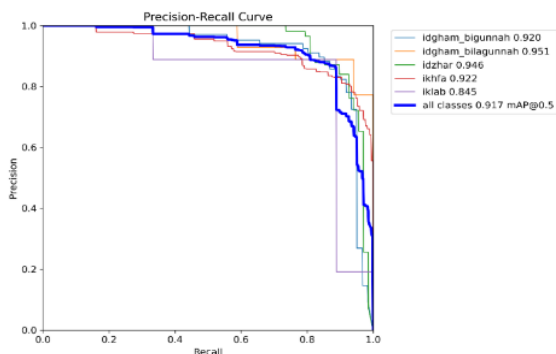
F1 Confidence Curve dari model YOLOv8 ditampilkan pada Gambar 10, menunjukkan peningkatan linear dengan nilai akhir sekitar 0.86

untuk semua kelas yang diuji. Ini mengindikasikan model memiliki kinerja stabil dan baik dalam mendeteksi setiap kelas dalam dataset.



Gambar 10. F1 Confidence Curve

Precision-Recall Curve hasil dari YOLOv8 pada Gambar 11 menunjukkan peningkatan linear dengan nilai akhir mencapai 0.917 untuk semua kelas.



Gambar 11. Precision-Recall Curve

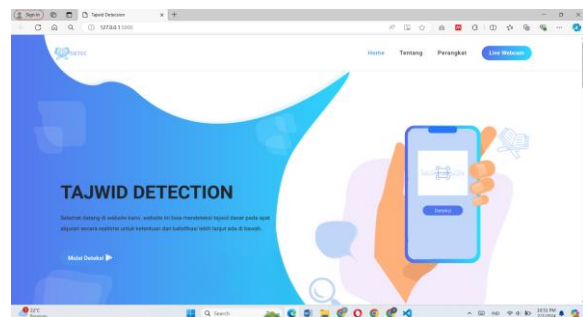


Gambar 12. sample hasil pengujian tambahan
val_batch0

Hasil evaluasi menunjukkan kinerja model yang sangat baik, dengan akurasi keseluruhan mencapai 91,7% untuk semua kelas. Kelas dengan akurasi tertinggi adalah Idgham Bilagunnah, dengan nilai 95,5%, sementara akurasi terendah adalah pada kelas Iqlab, yaitu 84,5%. Pengujian tambahan pada 169 gambar mengungkapkan bahwa tidak ada kesalahan deteksi.

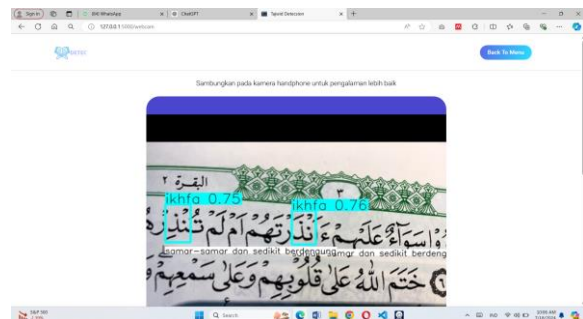
4.6. Deployment

Pada tahap ini, model YOLOv8 diintegrasikan ke dalam website menggunakan library Flask untuk bagian backend. Website ini memiliki dua halaman utama: halaman pertama adalah landing page yang memperkenalkan situs, sedangkan halaman kedua menyediakan deteksi objek real-time dan penjelasan tentang hukum tajwid. Halaman deteksi memungkinkan pengguna melihat hasil identifikasi dan pelabelan hukum tajwid dasar secara langsung melalui kamera. Website ini dirancang untuk memberikan pengalaman interaktif dan visualisasi yang jelas mengenai kinerja model dalam mendeteksi objek dalam berbagai kondisi. Desain deployment dapat dilihat pada diagram berikut:

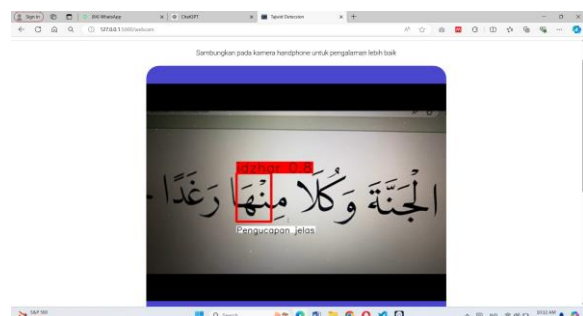


Gambar 13. Landing Page Website

Berikut adalah beberapa hasil dari website deteksi secara realtime menggunakan mushaf alquran dan dari alquran digital :



Gambar 14. Hasil deteksi pada mushaf alquran



Gambar 15. Hasil deteksi pada alquran digital

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis, beberapa kesimpulan dapat diambil. Model deteksi objek YOLOv8, yang dilatih dengan dataset hukum tajwid dasar, menunjukkan kinerja sangat baik dengan akurasi tinggi. Parameter pelatihan meliputi batch size 8, optimizer Adam dengan learning rate 0.001, image size 800×800 piksel, freeze 5, dan 100 epoch. Akurasi keseluruhan model mencapai 91,7%. Kelas dengan akurasi tertinggi adalah Idgham Bilagunnah. Akurasi untuk kelas lainnya adalah sebagai berikut: Idzhar 94,6%, Idgham Bigunnah 92%, Ikhfa 92,2%, dan Iqlab 84,5%. Evaluasi model menggunakan metrik seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score menunjukkan hasil memuaskan. Website yang dikembangkan mampu melakukan deteksi gambar secara real-time. Pada pengembangan selanjutnya, disarankan untuk menambahkan variasi hukum tajwid dasar dan meningkatkan dataset dengan kondisi berbeda seperti pencahayaan dan kualitas gambar. Selain itu, penerapan teknik pengoptimalan model yang lebih maju serta penambahan fitur untuk menyimpan dan mengunci lokasi gambar dalam database dapat meningkatkan akurasi dan fungsionalitas website.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Husna, R. Hasanah, and P. Nugroho, "Efektivitas Program Tahfidz Al-Quran Dalam Membentuk Karakter Siswa," *J. Isema Islam. Educ. Manag.*, vol. 6, no. 1, pp. 47–54, 2021, doi: 10.15575/isema.v6i1.10689.
- [2] A. Fajri and A. Ikhlas, "STRATEGI GURU NGAJI DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN MEMBACA AL-QUR'AN SANTRI DI TPQ BABUL FALAH," *Asian J. Control*, vol. 1, no. 2, pp. 407–416, 2023, doi: 10.1002/asjc.637.
- [3] W. Waslah, C. Chotimah, F. Hasanah, and M. A. M. A., "Pelatihan Pembelajaran Tajwid di TPQ Al Hidayah Desa Brodot Jombang," *Jumat Keagamaan J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–24, 2020, [Online]. Available: https://ejournal.unwaha.ac.id/index.php/abdimas_agama/article/view/1062
- [4] A. Zayadi, "Kemampuan baca tulis Al Quran masyarakat Indonesia tinggi pada 2023 - ANTARA News." 2023.
- [5] A. M. Pratama, "Separuh Penduduk Bumi Memakai Media Sosial, Dunia Pun Berubah...," *Kompas*. 2020. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/global/read/2021/10/08/101434070/separuh-penduduk-bumi-memakai-media-sosial-dunia-pun-berubah?page=all>
- [6] dkk Amanda, "Perbandingan Metode You Only Look Once (Yolo) Dan Metode Single Shot Detector (Ssd) Dalam Pendeteksian Objek Dengan Fokus ...," *AI dan SPK J. ...*, vol. 1, no. 1, pp. 140–146, 2023, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk/article/view/233%0Ahttps://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk/article/download/233/299>
- [7] Muddaris, "Hukum Nun Mati Dan Tanwin," *Belajar Mengaji Al-Hira*. 2020. [Online]. Available: <https://pengajianalhira.com/hukum-nun-mati-dan-tanwin>
- [8] F. D. Rahmawati and N. Amirudin, "Implementasi Metode Bil Qalam Dalam Meningkatkan Pembelajaran Al-Qur'an," *J. Pendidik. Islam Al-Ilmi*, vol. 6, no. 2, p. 259, 2023, doi: 10.32529/al-ilmi.v6i2.2663.
- [9] S. Yahya and K. Risman, "Pelatihan Penerapan Ilmu Tajwid Dalam Membaca al Quran Melalui Metode Tahsin Qira'ah Pada Sivitas Akademika Universitas Muhammadiyah Buton," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, pp. 21719–21724, 2023.
- [10] Jamaaluddin and S. Indah, "Buku Ajar Kecerdasan Buatan," *Umsida Press*, p. 121, 2021.
- [11] Ilahiyah S and Nilogiri A, "Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network _ Ilahiyah _ JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia)," *JUSTINDO(Jurnal Sist. Teknol. Inf. Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 49–56, 2020.
- [12] D. H. Prayitna *et al.*, "PERANCANGAN PROTOTYPE DETEKSI KELENGKAPAN ATRIBUT SISWA BERBASIS COMPUTER VISION," *J. Inov. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 57–69, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.pradita.ac.id/index.php/jii/article/view/235>
- [13] K. Khairunnas, E. M. Yuniarno, and A. Zaini, "Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i1.61622.