

DETEKSI HUKUM TAJWID *ALIF LAM SYAMSIYAH* DAN *QOMARIYAH* PADA CITRA AYAT AL-QUR'AN MUSHAF UTSMANI MENGGUNAKAN MODEL YOLOV11S

Rani Febriani^{1*}, Asriyanik², Prajoko³

^{1,2}, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sukabumi Jl. Syamsudin. SH No.50 S.H, Cikole, Kec. Cikole, Kota Sukabumi, Jawa Barat - 0858-4666-4256

³, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sukabumi Jl. Syamsudin. SH No.50 S.H, Cikole, Kec. Cikole, Kota Sukabumi, Jawa Barat - 0858-4666-4256

Keywords:

Tajwid, Object Detection, YOLOv11s, Computer Vision, Flask, Mushaf Utsmani, Artificial Intelligence

Correspondent Email:

ranifebriani012@ummi.ac.id

Abstrak. Kemampuan membaca Al-Qur'an sesuai kaidah tajwid merupakan aspek penting dalam pembelajaran Al-Qur'an, khususnya pada pengenalan hukum Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Namun, masih banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi kedua hukum tajwid tersebut secara tepat karena keterbatasan media pembelajaran interaktif dan kurangnya sistem pendeteksian otomatis berbasis teknologi. Perkembangan *artificial intelligence* pada bidang *computer vision* dan *object detection* memberikan peluang dalam membantu *proses* pembelajaran tajwid secara lebih efektif dan *real-time*. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah pada citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani menggunakan model YOLOv11s. Metode penelitian yang digunakan mengacu pada *framework* CRISP-DM yang meliputi tahapan *business understanding*, *data understanding*, *data preparation*, *modeling*, *evaluation*, dan *deployment*. *Dataset* penelitian berjumlah 1.400 citra yang diperoleh dari kombinasi mushaf digital Kementerian Agama dan foto mushaf fisik, kemudian dilakukan proses labeling dan augmentasi menggunakan *Roboflow*. Pelatihan model dilakukan menggunakan *Python* pada *platform* *Google Colab* dengan ukuran citra 640×640 piksel dan *optimizer* Adam. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model YOLOv11s mampu mendeteksi objek tajwid dengan performa sangat baik, memperoleh nilai *precision* sebesar 98,5%, *recall* 99,0%, dan *mAP50* sebesar 98,9%. Model terbaik kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan *framework* *Flask* untuk mendukung proses deteksi tajwid secara otomatis dan *real-time*. Berdasarkan hasil penelitian, model YOLOv11s terbukti efektif sebagai solusi pendukung pembelajaran tajwid berbasis *computer vision* yang interaktif, adaptif, dan akurat.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstract. The ability to read the Qur'an in accordance with the rules of tajwid is a fundamental aspect of Qur'anic learning, particularly in recognizing the rules of Alif Lam Shamsiyyah and Alif Lam Qamariyyah. However, many students still experience difficulties in accurately identifying these two tajwid rules due to the limited availability of interactive learning media and the lack of technology-based automatic detection systems. Recent advances in artificial intelligence, particularly in the fields of computer vision and object detection, offer promising opportunities to support tajwid learning in a more effective and real-time manner. This study aims to develop an automatic detection system for the tajwid rules of Alif Lam Shamsiyyah and Alif Lam Qamariyyah in images of Qur'anic verses from the Uthmani Mushaf using the

YOLOv11s model. The research methodology follows the CRISP-DM framework, consisting of six stages: business understanding, data understanding, data preparation, modeling, evaluation, and deployment. The dataset comprises 1,400 images collected from a combination of the Indonesian Ministry of Religious Affairs' digital Mushaf and photographs of printed Mushaf copies. The images were subsequently annotated and augmented using Roboflow. The model was trained using Python on the Google Colab platform with an input image size of 640×640 pixels and the Adam optimizer. The evaluation results demonstrate that the YOLOv11s model achieved excellent detection performance, with a precision of 98.5%, a recall of 99.0%, and an mAP@50 of 98.9%. The best-performing model was then deployed as a web-based application using the Flask framework to enable automatic and real-time tajwid detection. Based on the findings, the YOLOv11s model is proven to be an effective solution for supporting interactive, adaptive, and accurate computer vision-based tajwid learning.

1. PENDAHULUAN

Al-Qur'an merupakan pedoman hidup bagi umat Islam yang berfungsi sebagai sumber ajaran, petunjuk, dan dasar dalam menjalankan kehidupan sehari-hari. Membaca Al-Qur'an dengan baik dan benar sesuai kaidah tajwid menjadi kewajiban bagi setiap muslim agar makna dan pelafalan ayat tetap terjaga sebagaimana yang diajarkan Rasulullah saw. Ilmu tajwid berperan penting dalam mengatur cara pengucapan huruf hijaiyah berdasarkan makhras dan sifat huruf sehingga dapat menghindarkan pembaca dari kesalahan bacaan yang berpotensi mengubah arti ayat Al-Qur'an. Pentingnya membaca Al-Qur'an dengan tartil dijelaskan dalam Q.S. Al-Muzzammil ayat 4 yang memerintahkan umat Islam untuk membaca Al-Qur'an secara perlahan dan benar. Oleh karena itu, penguasaan ilmu tajwid menjadi bagian penting dalam proses pembelajaran Al-Qur'an pada berbagai jenjang pendidikan Islam [1].

Salah satu hukum tajwid yang sering dijumpai dalam bacaan Al-Qur'an adalah Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Hukum Alif Lam Syamsiyah terjadi ketika huruf "Al" bertemu dengan salah satu huruf syamsiyah sehingga huruf lam tidak dibaca, sedangkan Alif Lam Qomariyah dibaca jelas ketika bertemu huruf qomariyah. Dalam praktiknya, banyak peserta didik masih mengalami kesulitan dalam membedakan kedua hukum bacaan tersebut karena kemiripan bentuk tulisan Arab dan kurangnya kemampuan dalam mengenali pola huruf pada ayat Al-

Qur'an. Kesalahan dalam membaca hukum tajwid dapat memengaruhi ketepatan pelafalan ayat dan menurunkan kualitas bacaan Al-Qur'an [2].

Permasalahan pembelajaran tajwid masih menjadi tantangan pada berbagai lembaga pendidikan Islam maupun pembelajaran mandiri di masyarakat. Proses pembelajaran tajwid umumnya masih dilakukan secara konvensional melalui metode ceramah, demonstrasi, dan latihan membaca langsung bersama guru. Keterbatasan jumlah pengajar, kurangnya media pembelajaran interaktif, serta minimnya sistem evaluasi otomatis menyebabkan peserta didik kesulitan memperoleh umpan balik secara cepat dan konsisten. Berdasarkan beberapa penelitian pendidikan Islam, kemampuan membaca Al-Qur'an peserta didik di Indonesia masih berada pada kategori sedang, khususnya dalam memahami hukum tajwid dasar [3]. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi yang mampu membantu proses identifikasi hukum tajwid secara lebih efektif, interaktif, dan adaptif [4].

Perkembangan Artificial Intelligence (AI) dalam beberapa tahun terakhir telah memberikan pengaruh besar pada berbagai bidang, termasuk pendidikan, kesehatan, keamanan, dan pengolahan citra digital. Salah satu cabang AI yang berkembang pesat adalah computer vision, yaitu teknologi yang memungkinkan komputer untuk memahami dan menginterpretasikan informasi visual dari

gambar maupun video secara otomatis. Teknologi computer vision memanfaatkan pendekatan machine learning dan deep learning untuk melakukan analisis pola visual dengan tingkat akurasi tinggi. Salah satu implementasi utama computer vision adalah object detection yang mampu mendeteksi sekaligus menentukan lokasi objek tertentu pada sebuah citra digital [5].

Teknologi object detection telah banyak diterapkan pada berbagai penelitian, seperti pengenalan wajah, deteksi kendaraan, identifikasi dokumen, pengenalan karakter Arab, hingga media pembelajaran berbasis visual. Dalam bidang pendidikan Islam, object detection berpotensi digunakan untuk membantu proses identifikasi hukum tajwid pada ayat Al-Qur'an secara otomatis dan real-time. Salah satu metode object detection yang saat ini berkembang sangat pesat adalah You Only Look Once (YOLO). Metode YOLO dikenal memiliki performa tinggi dalam mendeteksi objek karena mampu melakukan proses klasifikasi dan lokalisasi objek dalam satu tahap pemrosesan sehingga lebih cepat dibandingkan metode deteksi objek konvensional. Sejak diperkenalkan pertama kali, YOLO terus mengalami perkembangan mulai dari YOLOv1 hingga generasi terbaru yang memiliki peningkatan pada aspek akurasi, efisiensi, dan kecepatan deteksi [6].

Model YOLOv11s merupakan salah satu varian terbaru dari keluarga YOLO yang dirancang dengan arsitektur ringan namun tetap mampu menghasilkan performa deteksi objek yang tinggi. YOLOv11s memiliki kemampuan inferensi yang cepat, ukuran model yang lebih kecil, serta efisiensi komputasi yang baik sehingga cocok digunakan untuk implementasi sistem deteksi objek secara real-time pada perangkat berbasis web maupun cloud computing. Selain itu, model ini mampu mempertahankan tingkat precision dan recall yang tinggi pada proses pengolahan citra dengan objek kompleks dan ukuran kecil. Karakteristik tersebut menjadikan YOLOv11s berpotensi diterapkan pada proses deteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah pada citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani [7].

Beberapa penelitian terdahulu telah memanfaatkan teknologi deep learning dan computer vision untuk mendukung

pembelajaran Al-Qur'an maupun pengenalan tulisan Arab. Penelitian terkait pengenalan huruf hijaiyah, Arabic Optical Character Recognition (OCR), klasifikasi tajwid, dan deteksi objek berbasis YOLO menunjukkan bahwa metode deep learning mampu memberikan hasil akurasi yang cukup baik pada pengolahan citra Arab [8]. Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada klasifikasi karakter hijaiyah atau pengenalan teks Arab secara umum dan belum secara khusus mendeteksi hukum tajwid pada Mushaf Utsmani. Selain itu, sebagian penelitian hanya menggunakan metode klasifikasi tanpa proses object detection secara langsung sehingga belum mampu memberikan informasi lokasi objek tajwid pada citra ayat Al-Qur'an [9].

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, masih terdapat kesenjangan penelitian (research gap) pada pengembangan sistem deteksi hukum tajwid berbasis object detection. Penelitian sebelumnya umumnya belum menggunakan model YOLO generasi terbaru, belum mendukung deteksi real-time, serta belum memanfaatkan dataset khusus Mushaf Utsmani dengan fokus pada hukum Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Selain itu, penggunaan dataset yang terbatas menyebabkan kemampuan generalisasi model pada berbagai kondisi citra masih kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem deteksi tajwid yang lebih akurat, adaptif, dan mampu bekerja secara otomatis pada berbagai variasi citra Al-Qur'an [10].

Penelitian ini menawarkan novelty berupa penerapan model YOLOv11s untuk mendeteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah pada citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani secara otomatis dan real-time. Dataset penelitian menggunakan 1.400 citra yang diperoleh dari kombinasi mushaf digital Kementerian Agama dan foto mushaf fisik yang telah melalui proses anotasi dan augmentasi menggunakan Roboflow. Selain itu, sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web menggunakan framework Flask sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran tajwid interaktif berbasis computer vision dan artificial intelligence [11].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model deteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan

Alif Lam Qomariyah menggunakan YOLOv11s serta mengevaluasi performa model berdasarkan parameter precision, recall, F1-score, dan mean Average Precision (mAP). Penelitian ini juga bertujuan mengimplementasikan model ke dalam aplikasi berbasis web untuk mendukung proses pembelajaran tajwid secara otomatis dan real-time. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pendidikan Islam berbasis artificial intelligence serta menjadi media pembelajaran tajwid yang lebih efektif, interaktif, dan adaptif di era digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hukum Tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Qamariyah

Al-Qur'an merupakan kitab suci umat Islam yang menjadi pedoman hidup dalam berbagai aspek kehidupan. Membaca Al-Qur'an dengan benar sesuai kaidah tajwid menjadi kewajiban bagi setiap muslim agar pelafalan huruf dan makna ayat tetap terjaga sebagaimana yang diajarkan Rasulullah saw. Ilmu tajwid merupakan ilmu yang mempelajari tata cara membaca Al-Qur'an secara benar berdasarkan makhraj, sifat huruf, panjang pendek bacaan, serta hukum-hukum tertentu dalam pelafalan ayat Al-Qur'an [12]. Penerapan ilmu tajwid yang baik dapat membantu pembaca menghindari kesalahan bacaan yang berpotensi mengubah makna ayat dan meningkatkan kualitas bacaan secara tartil [13].

Penulisan Al-Qur'an yang digunakan saat ini mengacu pada Mushaf Utsmani yang disusun pada masa Khalifah Utsman bin Affan sebagai bentuk standarisasi penulisan Al-Qur'an. Mushaf Utsmani memiliki karakteristik penulisan yang berbeda dengan kaidah bahasa Arab modern karena menggunakan rasm utsmani yang mempertahankan bentuk tulisan asli Al-Qur'an sejak masa awal kodifikasi [10]. Standarisasi Mushaf Utsmani dilakukan untuk menjaga keseragaman bacaan dan menghindari perbedaan penulisan yang dapat menimbulkan kesalahan dalam membaca maupun memahami Al-Qur'an [14].

Salah satu hukum tajwid yang penting dipahami dalam membaca Al-Qur'an adalah Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Alif Lam Syamsiyah terjadi ketika huruf "ا" bertemu dengan salah satu huruf syamsiyah

sehingga huruf lam tidak dibaca dan melebur pada huruf berikutnya. Sebaliknya, Alif Lam Qomariyah dibaca dengan jelas karena huruf lam tetap dilafalkan ketika bertemu huruf qomariyah. Pemahaman terhadap kedua hukum tajwid tersebut sangat penting dalam meningkatkan ketepatan bacaan Al-Qur'an dan membantu peserta didik memahami pola pelafalan huruf hijaiyah secara benar [13].

Berbagai metode pembelajaran tajwid telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan membaca Al-Qur'an, mulai dari metode talaqqi, tahsin, hingga media pembelajaran berbasis digital. Pembelajaran tajwid yang dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan terbukti mampu meningkatkan ketepatan bacaan serta pemahaman peserta didik terhadap hukum-hukum bacaan Al-Qur'an [15]. Namun demikian, proses pembelajaran tajwid masih banyak dilakukan secara manual sehingga diperlukan inovasi berbasis teknologi yang mampu membantu proses identifikasi hukum tajwid secara otomatis dan interaktif. Tajwid merupakan ilmu yang membahas kaidah-kaidah membaca Al-Qur'an secara benar sesuai dengan makhraj dan sifat huruf sehingga bacaan terjaga dari kesalahan. Penerapan ilmu tajwid memiliki peran penting dalam menjaga keaslian pelafalan ayat Al-Qur'an dan meningkatkan kualitas bacaan peserta didik [12]. Pembelajaran tajwid yang baik dapat meningkatkan ketepatan bacaan Al-Qur'an dan membantu peserta didik memahami hukum-hukum bacaan secara lebih mendalam [13].

Penulisan Al-Qur'an yang digunakan saat ini mengacu pada Mushaf Utsmani yang disusun berdasarkan kodifikasi pada masa Khalifah Utsman bin Affan. Mushaf Utsmani memiliki karakteristik khusus dalam penulisan yang berbeda dengan kaidah imla' bahasa Arab modern, sehingga memerlukan pemahaman terhadap rasm Utsmani dalam membaca dan menafsirkannya [10]. Proses unifikasi Mushaf Utsmani dilakukan untuk menjaga keseragaman bacaan dan menghindari perbedaan yang dapat menyebabkan perselisihan di kalangan umat Islam [14].

Salah satu materi penting dalam ilmu tajwid adalah hukum Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qamariyah. Alif Lam Syamsiyah terjadi ketika huruf lam pada "ا" tidak dibaca dan melebur ke huruf setelahnya, sedangkan

Alif Lam Qamariyah dibaca dengan jelas karena huruf lam tetap dilafalkan. Pemahaman terhadap kedua hukum tersebut sangat penting dalam meningkatkan kualitas membaca Al-Qur'an secara tartil dan sesuai kaidah[13].

Berbagai metode pembelajaran tajwid telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan membaca Al-Qur'an. Metode pembelajaran yang sistematis dan berkelanjutan terbukti mampu meningkatkan ketepatan bacaan peserta didik serta memperkuat pemahaman terhadap hukum-hukum tajwid[1]. Selain itu, program tahsin dan pelatihan Al-Qur'an juga berperan dalam memperbaiki kualitas bacaan sesuai dengan kaidah tajwid yang benar[15].

2.2. Artificial Intelligence, Computer Vision, dan Deep Learning

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) telah mendorong pemanfaatan computer vision dalam berbagai bidang, termasuk pengolahan citra dan pengenalan pola. Computer vision memungkinkan komputer untuk memperoleh informasi dari citra digital dan menginterpretasikannya secara otomatis menyerupai kemampuan penglihatan manusia[16].

Citra digital merupakan representasi visual dalam bentuk matriks piksel yang dapat diproses menggunakan berbagai metode komputasi. Pengolahan citra digital bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar serta mengekstraksi informasi yang terkandung di dalamnya[17]. Teknologi computer vision memanfaatkan citra digital sebagai sumber data utama dalam proses identifikasi dan klasifikasi objek[18].

Machine learning merupakan cabang kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer mempelajari pola dari data tanpa harus diprogram secara eksplisit. Salah satu perkembangan *machine learning* yang banyak digunakan saat ini adalah *deep learning* yang mampu melakukan pembelajaran secara berlapis menggunakan jaringan saraf tiruan[6]. Bahasa pemrograman Python menjadi salah satu platform yang paling banyak digunakan dalam pengembangan machine learning dan deep learning karena memiliki berbagai pustaka pendukung yang lengkap dan fleksibel[19].

Salah satu algoritma deep learning yang paling populer dalam pengolahan citra adalah Convolutional Neural Network (CNN). CNN memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengenali pola dan fitur pada gambar sehingga banyak digunakan dalam klasifikasi citra, pengenalan wajah, pengenalan tulisan tangan, maupun bidang medis[4]. CNN bekerja melalui beberapa lapisan konvolusi dan pooling yang memungkinkan sistem memperoleh fitur-fitur penting secara otomatis dari citra masukan[20].

Penerapan CNN telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian, termasuk klasifikasi batik, identifikasi wajah, pengenalan telapak tangan, serta pengenalan hukum tajwid berdasarkan citra tulisan Al-Qur'an. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNN memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam proses klasifikasi dan pengenalan pola[21].

2.3. Object Detection dan YOLOv11s

Object detection merupakan salah satu cabang computer vision yang bertujuan untuk mendeteksi keberadaan objek sekaligus menentukan lokasi objek tersebut pada sebuah gambar atau video. Berbeda dengan klasifikasi citra yang hanya menentukan kategori objek, object detection mampu memberikan informasi posisi objek melalui bounding box sehingga objek dapat dikenali secara lebih spesifik [7]. Teknologi object detection saat ini banyak digunakan pada berbagai bidang seperti sistem keamanan, kendaraan otonom, kesehatan, pengolahan dokumen, dan media pembelajaran berbasis visual.

Salah satu algoritma object detection yang paling populer adalah You Only Look Once (YOLO). YOLO merupakan metode deteksi objek berbasis deep learning yang mampu melakukan proses klasifikasi dan lokalisasi objek dalam satu tahap pemrosesan sehingga memiliki kecepatan inferensi yang tinggi [22]. Sejak diperkenalkan pertama kali, YOLO terus mengalami perkembangan mulai dari YOLOv1 hingga generasi terbaru yang memiliki peningkatan pada aspek akurasi, efisiensi komputasi, dan kemampuan mendeteksi objek berukuran kecil maupun kompleks [8].

YOLOv11s merupakan salah satu varian terbaru dari keluarga YOLO yang dirancang dengan arsitektur ringan namun tetap memiliki performa deteksi yang tinggi. Model ini memiliki ukuran parameter yang lebih kecil

dibandingkan model YOLO lainnya sehingga mampu menghasilkan proses inferensi yang cepat dan efisien pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Selain itu, YOLOv11s memiliki kemampuan deteksi real-time dengan tingkat precision dan recall yang tinggi sehingga cocok digunakan untuk pengolahan citra digital berbasis web maupun cloud computing [11].

Penerapan algoritma YOLO telah banyak digunakan pada berbagai penelitian, seperti deteksi kendaraan, pengenalan wajah, monitoring lingkungan, pengenalan gestur tangan, hingga pengolahan dokumen berbasis visual [23]. Dalam bidang pendidikan Islam, teknologi object detection juga mulai diterapkan untuk membantu proses pembelajaran Al-Qur'an dan pengenalan tulisan Arab. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode YOLO mampu mendeteksi hukum tajwid Nun Mati dan Tanwin pada citra ayat Al-Qur'an dengan tingkat akurasi yang cukup baik [24]. Hal tersebut menunjukkan bahwa teknologi object detection memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam mendeteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah secara otomatis pada citra Mushaf Utsmani.

2.4. CRISP-DM, Roboflow, Google Colab, dan Flask

Penelitian ini menggunakan framework Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) sebagai metode pengembangan sistem. CRISP-DM merupakan framework yang banyak digunakan pada penelitian data mining dan machine learning karena memiliki tahapan sistematis yang meliputi business understanding, data understanding, data preparation, modeling, evaluation, dan deployment. Framework ini membantu proses penelitian menjadi lebih terstruktur mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi sistem [25].

Proses pengelolaan dataset pada penelitian ini menggunakan platform Roboflow. Roboflow merupakan platform berbasis cloud yang mendukung proses anotasi, augmentasi, preprocessing, dan manajemen dataset untuk kebutuhan computer vision dan object detection. Platform ini memudahkan proses pembuatan dataset YOLO melalui fitur labeling menggunakan bounding box serta mendukung

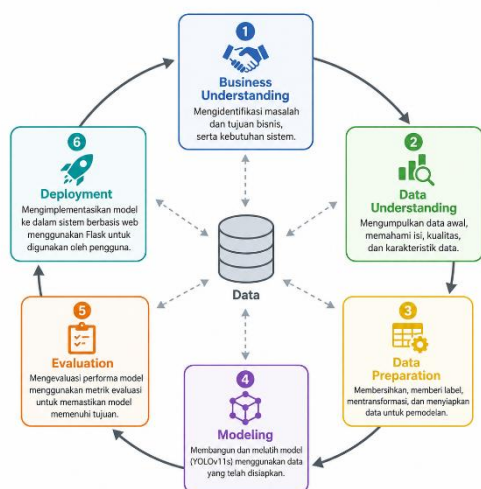
berbagai teknik augmentasi citra untuk meningkatkan kualitas data pelatihan [26].

Pelatihan model dilakukan menggunakan Google Colab yang menyediakan layanan cloud computing berbasis Python dengan dukungan GPU sehingga mempercepat proses training deep learning. Google Colab banyak digunakan pada penelitian machine learning karena mampu menjalankan proses pelatihan model secara efisien tanpa memerlukan perangkat keras dengan spesifikasi tinggi [27].

Hasil model yang telah dilatih kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Flask. Flask merupakan framework Python ringan yang digunakan untuk membangun aplikasi web secara fleksibel dan sederhana. Implementasi Flask memungkinkan sistem deteksi tajwid dapat diakses melalui antarmuka web sehingga pengguna dapat melakukan proses deteksi hukum tajwid secara otomatis dan real-time menggunakan citra ayat Al-Qur'an [28].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) sebagai framework pengembangan sistem deteksi hukum tajwid berbasis object detection. CRISP-DM dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur dalam pengembangan model machine learning mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi sistem. Framework ini terdiri atas enam tahapan utama, yaitu Business Understanding, Data Understanding, Data Preparation, Modeling, Evaluation, dan Deployment. Alur penelitian dimulai dari identifikasi permasalahan pembelajaran tajwid, pengumpulan dataset citra Mushaf Utsmani, proses pelatihan model YOLOv11s, evaluasi performa model, hingga implementasi sistem berbasis web menggunakan Flask.



Gambar 3 Tahapan CRISP-DM

3.1. Business Understanding

Tahap business understanding dilakukan untuk memahami permasalahan utama dalam proses pembelajaran tajwid Al-Qur'an, khususnya pada hukum Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Permasalahan yang sering ditemukan adalah peserta didik masih mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi kedua hukum tajwid tersebut secara tepat karena keterbatasan media pembelajaran interaktif dan kurangnya sistem evaluasi otomatis. Proses pembelajaran tajwid umumnya masih dilakukan secara manual melalui pendampingan guru sehingga peserta didik kesulitan memperoleh umpan balik secara langsung ketika melakukan kesalahan bacaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi hukum tajwid berbasis Artificial Intelligence menggunakan metode object detection YOLOv11s. Sistem dirancang untuk mampu mendeteksi posisi hukum Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah secara otomatis pada citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani. Hasil deteksi diharapkan dapat membantu proses pembelajaran tajwid menjadi lebih efektif, interaktif, dan adaptif melalui sistem berbasis web yang dapat digunakan secara real-time.

Tabel 3.1 Parameter Pelatihan Model YOLOv11s

Parameter	Nilai
Model	YOLOv11s
Epoch	100
Image Size	640 × 640
Batch Size	16
Optimizer	Adam
Learning Rate	0.001
Framework	Ultralytics YOLO
Platform Training	Google Colab

3.2. Data Understanding

Tahap data understanding dilakukan untuk memahami karakteristik dataset yang digunakan dalam penelitian. Dataset penelitian berupa citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani yang mengandung hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Pengumpulan dataset dilakukan dari dua sumber utama untuk meningkatkan variasi visual data, yaitu mushaf digital Kementerian Agama Republik Indonesia dan foto langsung mushaf fisik menggunakan kamera smartphone.

Jumlah dataset yang digunakan sebanyak 1.400 citra yang terdiri atas 700 citra Alif Lam Syamsiyah dan 700 citra Alif Lam Qomariyah. Dataset dipilih berdasarkan keberadaan objek hukum tajwid yang terlihat jelas pada citra ayat Al-Qur'an. Variasi dataset meliputi perbedaan ukuran tulisan, pencahayaan, sudut pengambilan gambar, kualitas citra, dan posisi objek pada ayat Al-Qur'an. Variasi tersebut bertujuan meningkatkan kemampuan generalisasi model dalam mendeteksi objek pada berbagai kondisi citra.

3.3. Data Preparation

Pada Tahap data preparation dilakukan untuk mempersiapkan dataset sebelum proses pelatihan model. Tahapan ini meliputi proses anotasi objek, augmentasi citra, preprocessing data, dan pembagian dataset.

- Proses anotasi dilakukan menggunakan platform Roboflow dengan metode bounding box sesuai format YOLOv11s. Setiap objek hukum tajwid diberikan label berdasarkan kelasnya, yaitu Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Proses anotasi

bertujuan memberikan informasi lokasi objek pada citra sehingga model dapat mempelajari posisi dan karakteristik visual setiap hukum tajwid.

- Augmentasi data dilakukan untuk meningkatkan variasi citra dan mengurangi risiko overfitting pada model. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi rotasi, flipping, brightness adjustment, zooming, dan grayscale. Augmentasi dilakukan secara otomatis menggunakan fitur preprocessing pada Roboflow sehingga menghasilkan dataset yang lebih beragam.
- Dataset yang telah diproses kemudian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu data training, data validation, dan data testing. Pembagian dataset menggunakan rasio 80:10:10. Sebanyak 80% data digunakan untuk proses pelatihan model, 10% untuk validasi model selama training, dan 10% digunakan pada tahap pengujian akhir sistem.

3.4. Modeling

Tahap modeling dilakukan dengan melatih model object detection menggunakan arsitektur YOLOv11s. Model dipilih karena memiliki ukuran yang ringan, kecepatan inferensi tinggi, dan kemampuan deteksi objek real-time dengan akurasi yang baik. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python pada platform Google Colab dengan dukungan GPU untuk mempercepat proses training.

Dataset hasil preprocessing digunakan sebagai input pelatihan model dengan ukuran citra sebesar 640×640 piksel. Optimasi model dilakukan menggunakan optimizer Adam dengan learning rate sebesar 0.001. Proses pelatihan dilakukan secara iteratif hingga model mencapai performa optimal berdasarkan penurunan nilai loss dan peningkatan akurasi deteksi objek

3.5. Evaluation

Tahap evaluation dilakukan untuk mengukur performa model YOLOv11s dalam mendeteksi hukum tajwid pada data testing.

Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix dan beberapa parameter evaluasi, yaitu precision, recall, F1-score, dan mean Average Precision (mAP50).

Precision digunakan untuk mengukur ketepatan model dalam mendeteksi objek tajwid, sedangkan recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam menemukan seluruh objek yang seharusnya terdeteksi. F1-score digunakan untuk menyeimbangkan nilai precision dan recall, sementara mAP50 digunakan untuk mengukur rata-rata akurasi deteksi objek berdasarkan Intersection over Union (IoU) sebesar 50%.

Selain evaluasi numerik, performa model juga dianalisis secara visual melalui grafik training loss, confusion matrix, dan hasil prediksi bounding box pada citra ayat Al-Qur'an. Model dengan performa terbaik kemudian dipilih untuk tahap implementasi sistem.

3.5. Deployment

Tahap deployment dilakukan dengan mengimplementasikan model YOLOv11s terbaik ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan framework Flask. Sistem dirancang agar pengguna dapat mengunggah citra ayat Al-Qur'an dan memperoleh hasil deteksi hukum tajwid secara otomatis dan real-time.

Pada tahap ini, model hasil pelatihan diintegrasikan dengan backend Flask untuk memproses input citra dan menampilkan hasil deteksi berupa bounding box beserta label objek hukum tajwid. Sistem berbasis web yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi media pembelajaran tajwid interaktif yang memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence dan computer vision untuk membantu proses pembelajaran Al-Qur'an secara lebih efektif dan modern

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Dataset

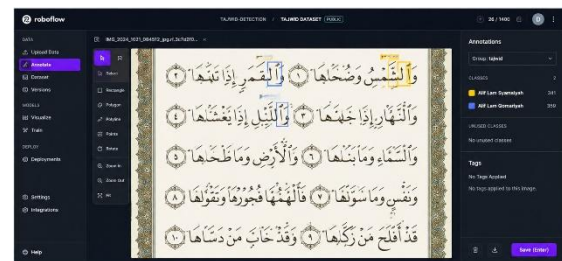
Tahap persiapan dataset dilakukan untuk memastikan data yang digunakan dalam proses pelatihan model memiliki kualitas yang baik dan mampu merepresentasikan objek hukum tajwid yang akan dideteksi. Dataset penelitian

berupa citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani yang mengandung hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Pengumpulan data dilakukan dari dua sumber utama, yaitu mushaf digital Kementerian Agama Republik Indonesia dan foto mushaf fisik yang diambil menggunakan kamera smartphone. Penggunaan dua sumber dataset bertujuan meningkatkan variasi visual citra sehingga model mampu beradaptasi terhadap berbagai kondisi pengambilan gambar.

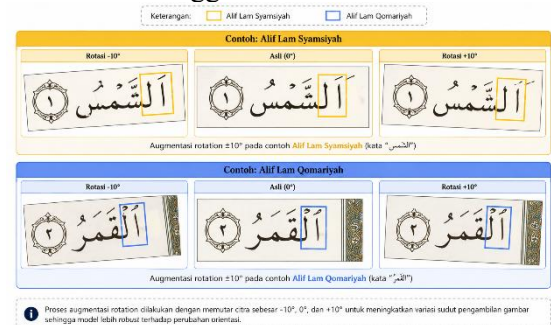
Hasil pengumpulan data menghasilkan sebanyak 1.400 citra yang terdiri atas 700 citra Alif Lam Syamsiyah dan 700 citra Alif Lam Qomariyah. Distribusi dataset yang seimbang pada kedua kelas bertujuan untuk mengurangi bias model terhadap salah satu kategori objek dan meningkatkan kemampuan klasifikasi secara merata [33]. Dataset kemudian dianalisis berdasarkan karakteristik visual seperti ukuran tulisan Arab, tingkat pencahayaan, sudut pengambilan gambar, ketajaman citra, dan posisi objek hukum tajwid pada ayat Al-Qur'an. Sebelum digunakan pada proses pelatihan model, seluruh dataset melalui tahap anotasi menggunakan platform Roboflow dengan format YOLO. Proses anotasi dilakukan dengan memberikan bounding box pada setiap objek hukum tajwid serta menambahkan label kelas sesuai kategori objek, yaitu Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah. Tahapan anotasi bertujuan memberikan informasi lokasi objek kepada model sehingga sistem mampu mempelajari pola visual dan posisi objek secara lebih akurat.

Dataset yang telah dianotasi kemudian dibagi menjadi tiga kelompok data menggunakan metode stratified split, yaitu data training sebesar 80%, data validation sebesar 10%, dan data testing sebesar 10% [34].

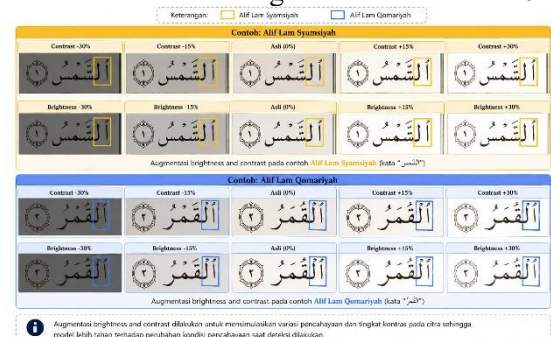
Pembagian dilakukan secara proporsional agar distribusi masing-masing kelas tetap seimbang pada setiap kelompok data sehingga proses pelatihan dan evaluasi model menjadi lebih optimal.



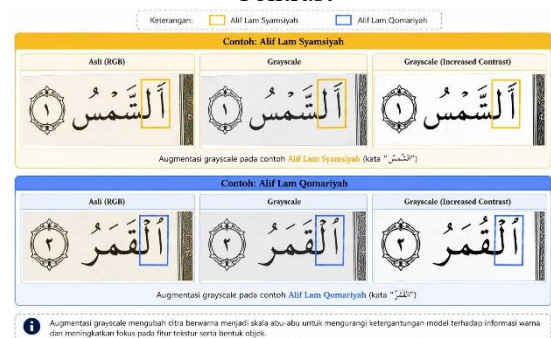
Gambar 4.1 Hasil Anotasi Dataset Menggunakan Roboflow



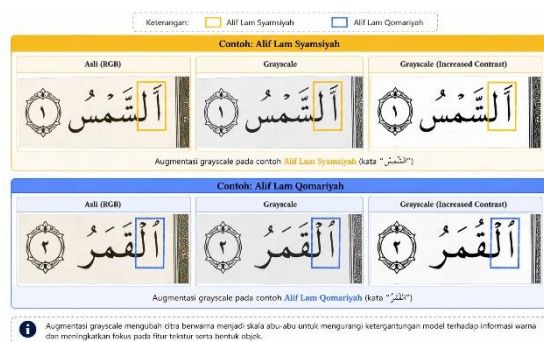
Gambar 4.2 Hasil Augmentasi Rotation $\pm 10^\circ$



Gambar 4.3 Hasil Augmentasi Brightness and Contrast



Gambar 4.4 Hasil Augmentasi Grayscale



Gambar 4.5 Hasil Augmentasi Blur

4.2 Pelatihan Model YOLOv11s

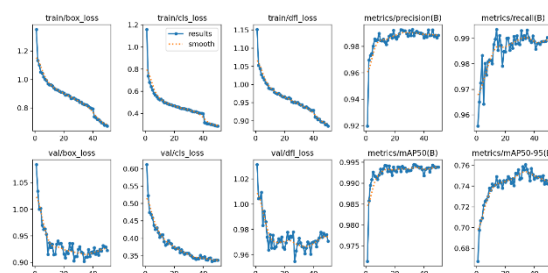
Tahap pelatihan model dilakukan setelah seluruh proses preprocessing dan augmentasi dataset selesai. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah YOLOv11s yang dipilih karena memiliki arsitektur ringan, kecepatan inferensi tinggi, dan performa object detection yang baik pada proses deteksi real-time. Pelatihan model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python pada platform Google Colab dengan dukungan GPU untuk mempercepat proses training.

Dataset hasil augmentasi digunakan sebagai data pelatihan agar model mampu mempelajari karakteristik visual hukum tajwid dari berbagai kondisi citra. Proses training menggunakan parameter berupa image size 640×640 piksel, batch size 8, learning rate sebesar 0.001, optimizer Adam, freeze layer sebanyak 5 layer, dan epoch sebanyak 50 iterasi. Penggunaan optimizer Adam bertujuan mempercepat proses konvergensi model dalam menemukan bobot terbaik dan meminimalkan nilai loss selama proses pelatihan [35].

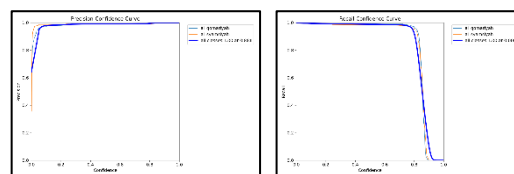
Selama proses training, model menunjukkan peningkatan performa secara bertahap pada setiap epoch. Penurunan nilai box loss, classification loss, dan distribution focal loss menunjukkan bahwa model semakin mampu mengenali lokasi objek, membedakan kelas objek, serta memperkirakan ukuran bounding box dengan lebih akurat [36]. Selain itu, grafik precision dan recall juga mengalami peningkatan yang stabil hingga mencapai performa optimal pada akhir proses pelatihan.

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model YOLOv11s mampu mempelajari pola visual hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah secara efektif. Hal tersebut terlihat dari stabilitas kurva training

dan validasi yang menunjukkan minimnya indikasi overfitting selama proses pelatihan berlangsung.



Gambar 4.6 Grafik Training Results



YOLOv11s

Gambar 4.7 Grafik Precision dan Recall

4.3 Evaluasi Model

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengukur performa model YOLOv11s dalam mendeteksi hukum tajwid menggunakan data testing yang belum pernah digunakan pada proses pelatihan. Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix dan parameter evaluasi berupa precision, recall, F1-score, mAP50, dan mAP50-95 karena metrik tersebut merupakan indikator utama pada object detection [37].

Berdasarkan hasil pengujian, kelas Alif Lam Qomariyah memperoleh nilai precision sebesar 97,6%, recall sebesar 98,3%, mAP50 sebesar 98,2%, dan mAP50-95 sebesar 74,8%. Sementara itu, kelas Alif Lam Syamsiyah memperoleh nilai precision sebesar 99,5%, recall sebesar 99,6%, mAP50 sebesar 99,5%, dan mAP50-95 sebesar 75,6%.

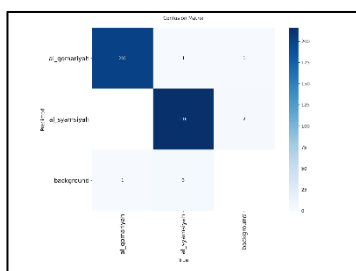
Secara keseluruhan, model menghasilkan rata-rata precision sebesar 98,5%, recall sebesar 99,0%, mAP50 sebesar 98,9%, dan mAP50-95 sebesar 75,2%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model YOLOv11s memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendeteksi objek hukum tajwid pada citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani [37].

Nilai precision yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar objek yang diprediksi oleh model merupakan objek yang benar sehingga tingkat false positive sangat rendah. Sementara itu, nilai recall yang mendekati 100% menunjukkan bahwa model mampu

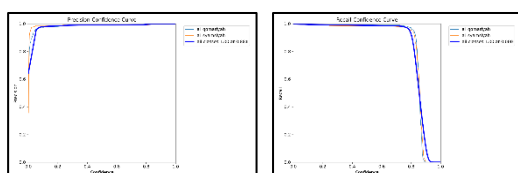
menemukan hampir seluruh objek hukum tajwid yang terdapat pada citra sehingga tingkat false negative dapat diminimalkan [38]. Tingginya nilai mAP50 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam menentukan lokasi bounding box dan mengklasifikasikan objek secara tepat pada berbagai kondisi citra.

Hasil confusion matrix menunjukkan bahwa model mampu membedakan kedua kelas objek dengan sangat baik. Pada kelas Alif Lam Qomariyah terdapat 201 prediksi benar, sedangkan pada kelas Alif Lam Syamsiyah terdapat 216 prediksi benar. Kesalahan klasifikasi yang terjadi relatif kecil dan sebagian besar disebabkan oleh kemiripan bentuk tulisan Arab serta kualitas citra yang kurang optimal. Jumlah kesalahan yang rendah menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru.

Berdasarkan keseluruhan hasil evaluasi, model YOLOv11s terbukti mampu memberikan performa deteksi objek yang sangat baik dalam mengenali hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah secara otomatis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan object detection berbasis deep learning dapat diterapkan secara efektif pada pengolahan citra Al-Qur'an berbasis Mushaf Utsmani.



Gambar 4.8 Confusion Matrix



Gambar 4.9 Precision-Recall Curve

4.4 Implementasi Website

Tahap implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan model YOLOv11s ke dalam

aplikasi berbasis web menggunakan framework Flask. Sistem dikembangkan sebagai media pembelajaran tajwid interaktif yang mampu melakukan proses deteksi hukum bacaan secara otomatis dan real-time.

Pada halaman utama sistem, pengguna dapat mengunggah citra ayat Al-Qur'an yang berasal dari mushaf fisik maupun mushaf digital. Setelah gambar diterima oleh sistem, model YOLOv11s akan melakukan proses inferensi untuk mendeteksi keberadaan hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah pada citra tersebut [28].

Hasil deteksi ditampilkan dalam bentuk bounding box yang mengelilingi area objek hukum tajwid yang berhasil dikenali. Selain itu, sistem juga menampilkan label kelas beserta confidence score sebagai tingkat keyakinan model terhadap hasil prediksi yang diberikan. Visualisasi tersebut membantu pengguna memahami lokasi hukum tajwid secara lebih jelas dan interaktif [22].

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan deteksi objek secara real-time dengan waktu respon yang cepat dan stabil pada berbagai sumber citra. Model berhasil mendeteksi objek hukum tajwid baik pada citra mushaf digital maupun foto mushaf fisik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Keberhasilan implementasi ini menunjukkan bahwa model YOLOv11s tidak hanya memiliki performa evaluasi yang baik, tetapi juga mampu diterapkan secara praktis sebagai media pembelajaran tajwid berbasis Artificial Intelligence dan computer vision [39].

4.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv11s mampu mendeteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah dengan tingkat performa yang sangat tinggi. Nilai mAP50 sebesar 98,9% menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengenali sekaligus menentukan lokasi objek hukum tajwid pada citra ayat Al-Qur'an. Tingginya nilai precision dan recall juga menunjukkan bahwa model mampu meminimalkan kesalahan deteksi berupa false positive maupun false negative [25].

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menerapkan teknologi deep

learning dan object detection pada pengolahan citra Al-Qur'an. Penelitian Padilah, Pambudi, dan Frazna Az-Zahra menunjukkan bahwa algoritma YOLO mampu memberikan performa yang baik dalam deteksi hukum tajwid Nun Mati pada ayat Al-Qur'an. Penelitian ini juga mendukung penelitian Nuraeni dan Pambudi yang menggunakan CNN untuk pengenalan bacaan tajwid berdasarkan citra tulisan Arab [40].

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu umumnya masih berfokus pada klasifikasi tajwid tanpa melakukan lokalisasi objek secara langsung. Sementara itu, penelitian ini menggunakan pendekatan object detection berbasis YOLOv11s yang mampu melakukan klasifikasi sekaligus menentukan posisi objek hukum tajwid secara real-time melalui bounding box.

Selain itu, penelitian ini menggunakan dataset Mushaf Utsmani yang lebih bervariasi dengan kombinasi mushaf digital dan mushaf fisik sehingga model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik terhadap berbagai kondisi citra. Implementasi model ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan Flask juga menjadi nilai tambah karena sistem dapat digunakan secara langsung sebagai media pembelajaran tajwid berbasis Artificial Intelligence.

Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa integrasi teknologi deep learning, object detection, dan aplikasi web berbasis Flask dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung pembelajaran Al-Qur'an di era digital. Pengembangan sistem deteksi tajwid otomatis ini diharapkan dapat membantu peserta didik memahami hukum bacaan Al-Qur'an secara lebih efektif, interaktif, dan modern

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, model YOLOv11s berhasil diterapkan untuk mendeteksi hukum tajwid Alif Lam Syamsiyah dan Alif Lam Qomariyah pada citra ayat Al-Qur'an Mushaf Utsmani secara otomatis dan *real-time*. Model menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan nilai precision sebesar 98,5%, recall sebesar 99,0%, mAP50 sebesar 98,9%, dan mAP50-95 sebesar 75,2%, sehingga

mampu mengidentifikasi serta melokalisasi objek tajwid secara akurat dengan tingkat kesalahan yang rendah.

Selain itu, model berhasil diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan Flask, sehingga mampu menampilkan hasil deteksi berupa *bounding box*, label hukum tajwid, dan *confidence score* secara *real-time*. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi Artificial Intelligence, computer vision, dan object detection berpotensi menjadi media pembelajaran tajwid yang interaktif, adaptif, dan efektif serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pendidikan Islam berbasis kecerdasan buatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya. Terima kasih kepada pihak lokasi penelitian atas izin dan dukungannya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga atas doa, dukungan, dan motivasi selama penyusunan penelitian ini..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Muslimin, M. Sanusi, A. Info, And A. History, "Penerapan Metode Karimah Dalam Peningkatan Kualitas Bacaan Al Qur ' An," Vol. 7, Pp. 8303–8311, 2024.
- [2] T. Pendidikan, A. T. P. Q. Ibadusholihin, And B. Pulung, "Penerapan Pembelajaran Ilmu Tajwid Dalam Meningkatkan Ketepatan Bacaan Al- Qur ' An Pada Santri," Pp. 830–841, 2025.
- [3] K. Latambaga And K. Koaka, "Issn 2599-1248 ©Production And Hosting By Usimar Kolaka," No. 7, Pp. 1–16, 2024.
- [4] S. N. Amartama, A. N. Hidayah, P. K. Sari, And R. A. Ramadhani, "Implementasi Convolutional Neural Network (Cnn) Dalam Pengenalan Pola Penulisan Tangan," Vol. 3, Pp. 133–138, 2024.
- [5] P. Studi And S. Komputer, "Analisis Big Data Dan Artificial Intelligence (Ai): Dalam Industri Khususnya Prediksi Penyakit Jantung Dengan Phyton," Vol. 30, No. 1, Pp. 76–86, 2024, Doi: 10.36309/Goi.V30i1.262.
- [6] J. Nurhakiki, "Studi Kepustakaan : Pengenalan 4 Algoritma Pada Pembelajaran Deep Learning Beserta Implikasinya," No. 1, 2024.
- [7] C. Setianingsih, M. Kalista, B. F. Aina, And M. Syarif, "Workshop Development Object

- Detection System Robotics With Arei (Asosiasi Robot Edukasi Indonesia),” Vol. 6, Pp. 1–6, 2023.
- [8] R. Sapkota, M. F. Rizwan, And Q. Chetan, “Yolo Advances To Its Genesis : A Decadal And Comprehensive Review Of The You Only Look Once (Yolo) Series,” 2025.
- [9] Nur Aisyah, “Metode Pembelajaran Baca Tulis Al-Qur’an Untuk Anak Berkebutuhan Khusus Di Sdlb Swadaya Kendal, Laporan Penelitian Individual,” Pp. 30–31, 2015.
- [10] Z. T. D. Rofi’i, M. A., Alfiani, N., & Shofianah, “Perbedaan Rasm Uthmāni Dan Kaidah Imlā’ Dalam Penulisan Al-Qur’an Serta Implikasinya Terhadap Penafsiran,” *J. Stud. Al-Qur’an*, 10(2), 2024, Doi: 145–160.
- [11] A. S. Asifaq, M., Danianti, D., Wijaya, D. P., & Yazid, “Penerapan Metode Yolov11 Dalam Mendeteksi Gestur Tangan Alfabet Bisindo Berbasis Website,” *J. Mhs. Tek. Inform.*, 2026, Doi: 215–224.
- [12] S. N. Khofifah And A. P. Astutik, “Implementasi Pembelajaran Ilmu Tajwid Dalam Meningkatkan Kemampuan Membaca Al- Qur ’ An [Implementation Of Tajwid Learning In Improving The Ability To Read The Qur ’ An],” Pp. 1–7.
- [13] M. K. Itsna Safira Khairunnisa And M. Khairusani, “Teori T A ’ Dib Syed Muhammad Naquib Al-Attas Dan Relevansinya Dalam Pendidikan Karakter Islam Kontemporer,” *J. Pendidik. Ris. Dan Konseptual*, Vol. 4, No. 4, Pp. 566–576, 2020.
- [14] H. K. Saraji, L., Miswar, A., & Daming, “Unifikasi Mushaf Usmāni,” *J. Kolaboratif Sains*, Vol. 8 (3), 2025, Doi: 412–421.
- [15] S. W. Tarigan And H. R. Setiawan, “Implementasi Program Tahsin Dalam Meningkatkan Kualitas Membaca Al- Qur ’ An Di Primary Satit Phatnawitya School Yala Thailand,” Vol. 8, No. April, Pp. 4443–4449, 2025.
- [16] J. Subur, M. Taufiqurrohman, P. Studi, T. Elektro, U. H. Tuah, And J. Timur, “Pemanfaatan Teknologi Computer Vision Untuk Deteksi Ukuran Ikan Bandeng Dalam Membantu Proses Sortir Ikan,” Vol. 7, No. 01, Pp. 52–60, 2024.
- [17] D. H. Naufal Dan R. Rahmadewi, “Pengelolaan Citra Digital (Perbandingan Studi Kasus Antara Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna Hsv Dan Penerapan Metode Konvolusi Dalam Pengolahan Citra Digital),” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, Pp. 168–177, 2024.
- [18] Dan R. D. V. Feriska, A. Reni, “Penilaian Kesegaran Ikan Dengan Metode K-Nearest Neighbor Dan Pengolahan Citra Digital,” *J. Mhs. Tek. Inform.*, Vol. 8, No, 2024.
- [19] M. R. Alfarizi And M. Z. Al-Farish, “Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman Untuk Machine Learning Dan Deep Learning,” Vol. 2, Pp. 1–6, 2023.
- [20] N. Hardi And J. Sundari, “Pengenalan Telapak Tangan Menggunakan Convolutionall Neural Network (Cnn),” Vol. 4, No. 1, Pp. 0–5, 2022.
- [21] A. Nuraeni, F., & Pambudi, “Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Pengenalan Bacaan Tajwid Berdasarkan Gambar Tulisan Dalam Al-Qur’an,” *Jati (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, Vol. 8 (5), 2024, Doi: 5451–5458. <https://doi.org/10.36040/Jati.V8i5.10867>.
- [22] R. M. Yusup Et Al., “Pendeteksian Objek Menggunakan Opencv Dan Metode Yolov4-Tiny Untuk Membantu Tunanetra,” Vol. 1, No. 2, Pp. 59–68, 2024.
- [23] Yodhi Ramadhani, “Wawancara,” 2025.
- [24] F. Padilah, D., Pambudi, A., & Az-Zahra, “Analisis Prediksi Tajwid Nun Mati Pada Ayat Al-Qur’an Dengan Metode Yolov8 (You Only Look Once),” *Jati (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, Vol. 8 (5), 2024, Doi: 6033–6040. <https://doi.org/10.36040/Jati.V8i5.11055>.
- [25] Dkk Kindarya, F., “Penerapan Aplikasi Klasifikasi Hukum Tajwid Menggunakan Image Processing,” *El-Mujtama J. Pengabd. Masy.*, Vol. 4 (2), 2024, Doi: 1097–1105.
- [26] D. W. Fu’adi, M., Setiawan, A. B., & Widodo, “Deteksi Hukum Tajwid Nun Mati Pada Ayat Al-Qur’an Menggunakan Deep Learning Berbasis Computer Vision. Prosiding Seminar Nasional Informatika Dan Sistem Informasi,” 2025.
- [27] Laraswati Ariadne Anwar, “No Titlentoleransi Membayangi Dunia Pendidikan,” In *Artikel*, Kompas.Com, 2020. [Online]. Available: <https://www.kompas.id/baca/dikbud/2020/01/02/intoleransi-membayangi-dunia-pendidikan>
- [28] J. Penerapan, T. Informasi, B. Perhiasan, B. Flask, And D. A. N. Mongodb, “It-Explore,” Vol. 03, Pp. 162–176, 2024.
- [29] J. Fasilkom, “Augmentasi Data Pada Prasasti Logam Untuk Deteksi Aksara Kawi,” Vol. 14, No. 1, Pp. 234–241, 2024.
- [30] S. Octarina, F. M. Puspita, E. Yuliza, And G. Meeting, “Jurnal Pepadu Jurnal Pepadu,” Vol. 6, No. 1, Pp. 56–66, 2025.
- [31] B. P. Rininda, N. Amelia, Y. Fitriyani, P. Negeri, T. Laut, And K. Selatan, “Pengaruh Pemahaman, Pengetahuan, Publikasi, Dan Peran Pemerintah Terhadap Minat Muzzaki Dalam Membayar Zakat,” Vol. 5, No. 1, Pp. 12–28, 2023.
- [32] A. Ritonga, “Studi Literatur Perbandingan

- Bahasa Pemrograman C ++ Dan Bahasa Pemrograman Python Pada Algoritma Pemrograman,” Vol. 3, No. 3, 2023.
- [33] Singgih Santoso, *Spss Mengolah Data Statistik Secara Profesional Versi 7.5*, Cet.3. Jakarta Elex Media Komputindo, 2021. [Online]. Available: [Http://Kin.Perpusnas.Go.Id/Displaydata.aspx?Pid=896&Pregioncode=Plksjog&Pclientid=145](http://Kin.Perpusnas.Go.Id/Displaydata.aspx?Pid=896&Pregioncode=Plksjog&Pclientid=145)
- [34] Burhan Bungin, “Metodologi Penelitian Kualitatif: Aktualisasi Metodologi Ke Arah Ragam Varian Kontemporer,” 2011.
- [35] O. Adam, “Klasifikasi Hama Pada Daun Sawi Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Dengan Algoritma Xcaption Dan,” Vol. 6, No. 2, Pp. 359–370, 2024, Doi: 10.33650/Jeeecom.V4i2.
- [36] I. Komputer, U. Indo, G. Mandiri, And K. Palembang, “Jurnal Sains , Nalar , Dan Aplikasi Teknologi Informasi,” Vol. 4, No. 2, Pp. 103–110, 2025, Doi: 10.20885/Snati.V4.I2.40414.
- [37] R. Wulanningrum, A. N. Handayani, And A. P. Wibawa, “Perbandingan Instance Segmentation Image Pada Yolo8 Comparison Of Image Segmentation Instance On Yolo8,” Vol. 11, No. 4, 2024, Doi: 10.25126/Jtiik.1148288.
- [38] G. Rininda, I. H. Santi, And S. Kirom, “Penerapan Svm Dalam Analisis Sentimen Pada Edlink,” Vol. 7, No. 5, Pp. 3335–3342, 2023.
- [39] Dkk Supriyadi, R., Irfan, M., Hapijar, R. D., “Engembangan Aplikasi Estimasi Kalori Makanan Berbasis Citra Dengan Pendekatan Deteksi Objek Menggunakan Yolo.,” *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, Vol. 14(1), Pp. 88–98., 2026.
- [40] N. Burhan *Et Al.*, “Evaluasi Kinerja Model Yolov8 Untuk Deteksi Objek Kecil,” Vol. 03, No. 01, Pp. 1–8, 2026.