

Deteksi dan Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan Metode Deep Learning Berbasis YOLOv8 dan Convolutional Neural Network

^{1*}Muhammad Arief Pramana, ²Made Ayu Dusea Widyadara, ³Daniel Swanjaya

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

E-mail: ¹_ariefpramana2003@gmail.com, ²madeayu@unpkediri.ac.id, ³daniel@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondensi : Muhammad Arief Pramana

Abstrak— Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mendorong kebutuhan sistem identifikasi kendaraan yang cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia menggunakan metode Deep Learning berbasis *You Only Look Once* versi 8 (YOLOv8) dan *Convolutional Neural Network* (CNN). YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi lokasi plat nomor pada citra kendaraan, sedangkan CNN digunakan untuk mengenali karakter huruf dan angka pada plat nomor. Dataset penelitian terdiri atas citra kendaraan roda dua dan roda empat dengan variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan jarak kamera. Tahapan penelitian meliputi preprocessing data, pelatihan model YOLOv8, segmentasi karakter, pelatihan CNN, serta evaluasi menggunakan parameter *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *Intersection over Union* (IoU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi YOLOv8 dan CNN mampu mendeteksi serta mengenali plat nomor kendaraan secara otomatis dengan performa yang baik sehingga berpotensi diterapkan pada sistem transportasi dan keamanan berbasis computer vision.

Kata Kunci— CNN, Computer Vision, Deep Learning, License Plate Recognition, YOLOv8.

Abstract— The increasing number of motor vehicles in Indonesia has created a need for a fast and accurate vehicle identification system. This study aims to develop an Indonesian vehicle license plate detection and recognition system using Deep Learning methods based on *You Only Look Once* version 8 (YOLOv8) and *Convolutional Neural Network* (CNN). YOLOv8 is employed to detect license plate locations in vehicle images, while CNN is used to recognize alphanumeric characters on the license plates. The dataset consists of motorcycle and car images captured under various lighting conditions, viewing angles, and distances. The research stages include data preprocessing, YOLOv8 training, character segmentation, CNN training, and performance evaluation using *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, and *Intersection over Union* (IoU). The results indicate that the combination of YOLOv8 and CNN can automatically detect and recognize vehicle license plates with good performance, making it suitable for transportation and computer vision-based security applications.

Keywords— CNN, Computer Vision, Deep Learning, License Plate Recognition, YOLOv8.

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



I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan telah memberikan dampak yang signifikan terhadap berbagai sektor kehidupan, termasuk bidang transportasi dan keamanan. Salah satu implementasi teknologi yang berkembang pesat adalah sistem pengenalan plat nomor kendaraan atau *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR). Sistem ini

memungkinkan identifikasi kendaraan dilakukan secara otomatis tanpa intervensi manusia sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi proses identifikasi kendaraan [1].

Di Indonesia, jumlah kendaraan bermotor yang terus meningkat menimbulkan kebutuhan akan sistem identifikasi kendaraan yang cepat dan akurat. Proses identifikasi secara manual masih memiliki berbagai keterbatasan, seperti waktu pemrosesan yang lama, ketergantungan terhadap operator, serta tingginya kemungkinan terjadinya kesalahan pencatatan [2]. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang mampu mengotomatisasi proses identifikasi kendaraan untuk mendukung sistem transportasi dan keamanan yang lebih efektif.

Metode *Deep Learning* telah menjadi pendekatan yang banyak digunakan dalam pengolahan citra digital karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur secara otomatis. Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) dikenal sebagai salah satu metode deteksi objek yang memiliki kecepatan tinggi dan akurasi yang baik untuk aplikasi *real-time* [3]. Sementara itu, *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan metode klasifikasi citra yang mampu mengenali pola visual secara efektif sehingga banyak diterapkan pada pengenalan karakter dan objek [4].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan metode *Deep Learning* dalam sistem pengenalan plat nomor kendaraan. Salah satu penelitian mengimplementasikan kombinasi algoritma YOLO dan *Tesseract Optical Character Recognition* (OCR) untuk mendeteksi sekaligus mengenali plat nomor kendaraan secara otomatis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kendaraan dengan tingkat akurasi yang baik, meskipun performa pengenalan karakter masih dipengaruhi oleh kualitas citra dan kondisi pencahayaan [5].

Penelitian lain menerapkan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk pengenalan karakter pada plat nomor kendaraan Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CNN mampu mengenali karakter dengan tingkat akurasi yang tinggi karena dapat mengekstraksi fitur visual secara otomatis tanpa memerlukan proses ekstraksi fitur secara manual [6].

Penelitian berikutnya mengembangkan sistem deteksi plat nomor kendaraan menggunakan metode CNN. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *Deep Learning* memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan metode pengolahan citra konvensional dalam mendeteksi objek pada berbagai kondisi lingkungan [7].

Penelitian selanjutnya mengimplementasikan sistem pengenalan plat nomor kendaraan lokal menggunakan CNN dan memperoleh hasil pengenalan karakter yang baik pada berbagai variasi bentuk huruf dan angka. Temuan tersebut menunjukkan bahwa CNN masih merupakan salah satu metode yang efektif untuk proses klasifikasi karakter kendaraan [8].

Perkembangan terbaru dalam bidang deteksi objek menunjukkan bahwa YOLOv8 memiliki peningkatan performa dibandingkan generasi YOLO sebelumnya, baik dari sisi akurasi maupun kecepatan inferensi. Arsitektur YOLOv8 mampu melakukan deteksi objek secara *real-time* dengan tingkat presisi yang tinggi sehingga banyak diterapkan pada berbagai aplikasi *computer vision* modern [9].

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu tersebut, sebagian besar sistem pengenalan plat nomor masih menggunakan metode *Optical Character Recognition* (OCR) konvensional sebagai pengenal karakter atau belum mengintegrasikan model deteksi objek terkini dengan model klasifikasi karakter yang lebih optimal. Penggunaan OCR konvensional umumnya mengalami penurunan akurasi pada kondisi pencahayaan yang tidak stabil, sudut pengambilan gambar yang bervariasi, serta kualitas citra yang rendah. Oleh karena itu, penelitian ini

mengusulkan kombinasi YOLOv8 sebagai metode deteksi plat nomor dan *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai metode pengenalan karakter untuk meningkatkan akurasi dan keandalan sistem pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia berbasis *Deep Learning* menggunakan YOLOv8 dan CNN serta mengevaluasi kinerjanya berdasarkan parameter akurasi, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan efisiensi waktu pemrosesan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Development Research* dengan fokus pada pengembangan sistem deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia berbasis *deep learning*. Sistem dikembangkan menggunakan kombinasi algoritma YOLOv8 untuk deteksi lokasi plat nomor dan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk pengenalan karakter. Pendekatan ini dipilih karena YOLO memiliki kemampuan deteksi objek secara real-time, sedangkan CNN efektif untuk klasifikasi karakter pada citra.

Subjek penelitian berupa dataset citra kendaraan roda dua dan roda empat yang memuat plat nomor kendaraan Indonesia. Data diperoleh melalui pengambilan gambar langsung menggunakan kamera digital/kamera ponsel serta dari sumber dataset publik yang relevan. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara purposive, yaitu memilih citra yang merepresentasikan variasi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, jarak kamera, dan jenis kendaraan. Dataset kemudian dibagi menjadi data latih (70%), data validasi (15%), dan data uji (15%).

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas prosesor *Intel Core i5* atau yang setara, memori utama (*Random Access Memory*/RAM) dengan kapasitas minimal 8 GB, media penyimpanan dengan kapasitas minimal 256 GB, serta *Graphics Processing Unit* (GPU) NVIDIA yang mendukung teknologi *Compute Unified Device Architecture* (CUDA) sebagai komponen pendukung apabila tersedia. Adapun perangkat lunak yang digunakan meliputi *Python*, YOLOv8, *TensorFlow* atau *PyTorch*, *OpenCV*, *NumPy*, dan *Visual Studio Code* sebagai lingkungan pengembangan sistem.

A. Desain Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

1. Studi literatur. Mengkaji teori pengolahan citra, deteksi objek, CNN, dan penelitian terdahulu terkait pengenalan plat nomor kendaraan.
2. Pengumpulan dataset. Mengumpulkan citra kendaraan dari pengambilan langsung dan sumber publik.
3. Pra-pemrosesan data. Melakukan resize citra, normalisasi piksel, anotasi bounding box, dan pembagian dataset.
4. Pelatihan model YOLOv8. Melatih model untuk mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan pada citra.
5. Ekstraksi dan segmentasi karakter. Melakukan cropping area plat nomor, konversi grayscale, thresholding, penghilangan noise, dan segmentasi karakter.
6. Pelatihan model CNN. Melatih model CNN untuk mengenali karakter huruf dan angka hasil segmentasi.
7. Integrasi sistem. Menggabungkan model YOLOv8 dan CNN menjadi satu sistem pengenalan plat nomor.

8. Pengujian dan evaluasi. Menguji sistem menggunakan data uji yang belum pernah digunakan pada tahap pelatihan.

Variabel independen dalam penelitian ini meliputi metode deteksi objek (YOLOv8), arsitektur CNN, dan karakteristik dataset. Variabel dependen meliputi akurasi deteksi plat nomor, akurasi pengenalan karakter, dan waktu pemrosesan sistem. Variabel kontrol meliputi spesifikasi perangkat keras, perangkat lunak, ukuran dataset, dan parameter pelatihan.

Pengukuran kinerja sistem dilakukan secara kuantitatif. Akurasi deteksi plat nomor dievaluasi menggunakan Intersection over Union (IoU), sedangkan akurasi pengenalan karakter dihitung berdasarkan perbandingan jumlah karakter yang dikenali dengan benar terhadap total karakter yang diuji. Selain itu, diukur pula precision, recall, F1-score, dan waktu pemrosesan per citra. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menyajikan hasil dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi performa sistem.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan deteksi objek berbasis YOLO dan klasifikasi karakter berbasis CNN yang telah banyak diterapkan pada penelitian pengenalan plat nomor kendaraan sebelumnya. Seluruh tahapan dirancang agar dapat direproduksi oleh peneliti lain dengan kondisi eksperimen yang serupa.

B. Dataset Penelitian

Dataset terdiri atas citra kendaraan roda dua dan roda empat yang mengandung plat nomor kendaraan Indonesia. Data diperoleh dari pengambilan gambar langsung dan dataset publik.

Tabel 1. Pembagian Dataset

Jenis Data	Persentase
Training	70%
Validation	15%
Testing	15%

Dataset mencakup variasi:

1. Pencahayaan terang dan redup
2. Sudut pengambilan berbeda
3. Kendaraan roda dua dan roda empat
4. Jarak pengambilan gambar yang bervariasi

C. Preprocessing Data

Tahapan *preprocessing* dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum digunakan dalam proses pelatihan model deteksi dan pengenalan karakter. Tahapan ini bertujuan untuk mengurangi gangguan pada citra dan memastikan data yang digunakan memiliki format yang seragam sehingga dapat meningkatkan performa model.

Tahapan *preprocessing* yang dilakukan meliputi:

1. *Resize Image*, yaitu mengubah ukuran seluruh citra menjadi 640×640 piksel agar sesuai dengan ukuran input model YOLOv8[10].
2. Normalisasi Piksel, dilakukan untuk menyamakan rentang nilai piksel sehingga proses pelatihan model menjadi lebih stabil.

3. Anotasi *Bounding Box*, yaitu proses pemberian label pada area plat nomor kendaraan yang digunakan sebagai target deteksi objek.
4. *Grayscale Conversion*, dilakukan untuk mengubah citra berwarna menjadi citra keabuan sehingga memudahkan proses segmentasi karakter.
5. *Noise Reduction*, digunakan untuk mengurangi gangguan atau noise pada citra menggunakan teknik filtering.
6. *Thresholding*, dilakukan untuk memisahkan objek karakter dari latar belakang sehingga karakter lebih mudah dikenali[11].

D. Deteksi Plat Nomor Menggunakan YOLOv8

YOLOv8 digunakan sebagai model deteksi objek untuk menemukan lokasi plat nomor kendaraan pada citra input. Model ini dipilih karena memiliki kemampuan deteksi yang cepat dan akurat sehingga sesuai untuk diterapkan pada sistem pengenalan plat nomor kendaraan secara real-time.

Arsitektur YOLOv8 terdiri atas tiga komponen utama, yaitu[1],[11]:

1. Backbone, merupakan bagian yang bertugas mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra input. Pada tahap ini, model mempelajari karakteristik visual, seperti bentuk, tekstur, dan pola objek yang akan digunakan sebagai dasar proses deteksi.
2. Neck, berfungsi menggabungkan informasi fitur dari berbagai tingkat skala hasil ekstraksi Backbone. Proses ini memungkinkan model mendeteksi objek dengan ukuran yang beragam, baik objek berukuran kecil maupun besar.
3. Detection Head, merupakan bagian akhir yang bertugas memprediksi lokasi objek melalui bounding box, menentukan kelas objek yang terdeteksi, serta menghitung tingkat kepercayaan (confidence score) dari setiap hasil deteksi sehingga posisi plat nomor dapat diidentifikasi secara akurat. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan parameter yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Table 2. Proses pelatihan dilakukan menggunakan parameter:

Parameter	Nilai
Epoch	100
Batch Size	16
Learning Rate	0.001
Image Size	640 × 640

E. Segmentasi Karakter

Setelah lokasi plat nomor berhasil dideteksi oleh model YOLOv8, area plat nomor dipotong (*cropping*) berdasarkan koordinat *bounding box* hasil deteksi. Tahap berikutnya adalah segmentasi karakter, yaitu proses memisahkan setiap karakter huruf dan angka pada plat nomor sehingga masing-masing karakter dapat dikenali secara terpisah oleh model *Convolutional Neural Network* (CNN).

Tahapan segmentasi karakter meliputi:

1. **Konversi citra ke grayscale**
Tahap ini dilakukan dengan mengubah citra berwarna menjadi citra keabuan sehingga informasi intensitas piksel menjadi lebih sederhana. Proses ini bertujuan mengurangi kompleksitas data dan mempermudah tahapan pemrosesan berikutnya[3].
2. **Adaptive thresholding**

Tahap ini digunakan untuk memisahkan karakter dari latar belakang berdasarkan nilai intensitas piksel secara adaptif. Metode ini mampu menghasilkan citra biner yang lebih baik meskipun kondisi pencahayaan pada citra tidak merata[3],[6].

3. Operasi morfologi

Proses ini bertujuan menghilangkan *noise*, memperbaiki bentuk karakter, serta memperjelas batas setiap karakter menggunakan operasi seperti *erosion* dan *dilation*. Dengan demikian, karakter menjadi lebih mudah dipisahkan pada tahap berikutnya.

4. Segmentasi karakter menggunakan analisis kontur

Tahap ini dilakukan dengan mendeteksi setiap kontur yang merepresentasikan karakter pada plat nomor. Setiap karakter yang berhasil diidentifikasi kemudian dipisahkan menjadi citra tunggal sesuai dengan posisi dan ukuran masing-masing karakter[6].

Hasil segmentasi berupa citra karakter tunggal yang selanjutnya digunakan sebagai masukan (*input*) pada proses klasifikasi menggunakan model *Convolutional Neural Network* (CNN).

F. Pengenalan Karakter Menggunakan CNN

Convolutional Neural Network (CNN) digunakan untuk mengenali karakter huruf dan angka pada plat nomor kendaraan berdasarkan hasil segmentasi karakter. Model ini dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi fitur visual secara otomatis sehingga mampu membedakan karakter dengan tingkat akurasi yang tinggi. Arsitektur CNN yang digunakan terdiri atas beberapa *layer*, yaitu [2], [6]:

1. **Convolution Layer**, berfungsi mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra karakter, seperti tepi, garis, tekstur, dan pola visual lainnya melalui proses konvolusi.
2. **Rectified Linear Unit (ReLU) Activation**, berfungsi memberikan aktivasi nonlinier pada hasil konvolusi sehingga model mampu mempelajari hubungan yang lebih kompleks serta mempercepat proses pelatihan.
3. **Max Pooling Layer**, berfungsi mengurangi ukuran dimensi fitur (*feature map*) dengan tetap mempertahankan informasi yang paling penting. Tahap ini membantu mengurangi kompleksitas komputasi dan risiko *overfitting*.
4. **Fully Connected Layer**, berfungsi menghubungkan seluruh fitur yang telah diekstraksi untuk menghasilkan representasi akhir yang digunakan dalam proses klasifikasi karakter.
5. **Softmax Output Layer**, berfungsi menghitung probabilitas setiap kelas karakter dan menentukan kelas dengan probabilitas tertinggi sebagai hasil prediksi akhir [6].

Model CNN dikembangkan untuk mengenali seluruh karakter yang digunakan pada plat nomor kendaraan Indonesia, yaitu dua puluh enam huruf alfabet (A sampai Z) dan sepuluh karakter numerik (0 sampai 9). Dengan demikian, model melakukan proses klasifikasi terhadap total tiga puluh enam kelas karakter.

E. Evaluasi Sistem

Kinerja sistem dievaluasi menggunakan beberapa parameter pengukuran yang umum digunakan pada sistem deteksi objek dan klasifikasi citra

Accuracy

Accuracy digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan prediksi model terhadap seluruh data pengujian [11].

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

Precision

Precision digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan objek yang berhasil dideteksi.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Recall

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam menemukan seluruh objek yang seharusnya terdeteksi [11].

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

F1-Score

F1-Score merupakan rata-rata harmonis antara precision dan recall.

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

Intersection over Union (IoU)

IoU digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara bounding box hasil prediksi dan bounding box ground truth.

$$IoU = \frac{Area\ Overlap}{Area\ Union} \quad (5)$$

Nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan IoU digunakan untuk mengevaluasi performa model YOLOv8 maupun CNN secara kuantitatif [1], [8].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Sistem

Penelitian ini menghasilkan sistem deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia berbasis Deep Learning yang mengintegrasikan metode YOLOv8 dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan dukungan pustaka *OpenCV*, *TensorFlow*, dan *Ultralytics YOLOv8*. Tahap pertama sistem adalah deteksi lokasi plat nomor kendaraan menggunakan model YOLOv8. Model dilatih menggunakan dataset citra kendaraan yang telah diberi anotasi bounding box pada area plat nomor. Setelah proses pelatihan selesai, model menghasilkan file bobot (weights) terbaik yang digunakan pada tahap pengujian. Tahap kedua adalah proses ekstraksi dan segmentasi karakter. Area plat nomor yang berhasil dideteksi dipotong (cropping) berdasarkan koordinat bounding box hasil deteksi. Selanjutnya dilakukan konversi grayscale, thresholding, dan penghilangan noise untuk meningkatkan kualitas citra sebelum proses segmentasi karakter. Karakter hasil segmentasi kemudian digunakan sebagai masukan bagi model CNN yang telah dilatih untuk mengenali 36 kelas karakter yang terdiri atas huruf A–Z dan angka 0–9. Hasil akhir sistem berupa teks nomor kendaraan yang berhasil dikenali secara otomatis.

B. Hasil Pelatihan Model YOLOv8

Pelatihan model YOLOv8 dilakukan menggunakan dataset citra kendaraan yang telah melalui proses anotasi. Parameter pelatihan meliputi learning rate sebesar 0,001, batch size 16, image size 640×640 piksel, dan jumlah epoch sebanyak 100. Selama proses pelatihan, nilai loss menunjukkan tren penurunan yang stabil pada setiap epoch. Penurunan nilai loss mengindikasikan bahwa model mampu mempelajari karakteristik objek plat nomor dengan baik. Selain itu, nilai mean *Average Precision* (mAP) mengalami peningkatan hingga mencapai nilai optimal pada akhir proses pelatihan. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model YOLOv8 mampu mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan dengan tingkat akurasi yang tinggi dan

kecepatan inferensi yang sesuai untuk kebutuhan aplikasi real-time. Penurunan nilai loss yang konsisten serta peningkatan nilai mAP menunjukkan bahwa model berhasil mempelajari karakteristik objek plat nomor secara efektif.

C. Hasil Deteksi Plat Nomor

Pengujian dilakukan menggunakan data uji yang tidak digunakan pada tahap pelatihan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan roda dua maupun roda empat pada berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Tabel 1 menunjukkan hasil evaluasi model deteksi plat nomor menggunakan parameter *Intersection over Union (IoU)*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *mean Average Precision (mAP)*.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Deteksi Plat Nomor Menggunakan YOLOv8

Parameter	Nilai (%)
Precision	95,40
Recall	94,90
F1-Score	95,14
mAP@0.5	96,20

Berdasarkan Tabel 1, nilai *precision* sebesar 95,40% menunjukkan bahwa sebagian besar objek yang dideteksi oleh model merupakan plat nomor yang benar sehingga tingkat kesalahan deteksi (*false positive*) relatif rendah. Nilai *recall* sebesar 94,90% menunjukkan bahwa model mampu menemukan hampir seluruh objek plat nomor yang terdapat pada data uji. Nilai *F1-score* sebesar 95,14% mengindikasikan bahwa model memiliki keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*. Sementara itu, nilai *mean Average Precision (mAP@0.5)* sebesar 96,20% menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi deteksi yang sangat tinggi pada ambang *Intersection over Union (IoU)* sebesar 0,5. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sekitar 96,20% hasil deteksi memiliki kesesuaian yang baik antara *bounding box* hasil prediksi dengan *ground truth*, sehingga model mampu mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan secara akurat dan andal pada berbagai kondisi pengujian.

D. Hasil Pengenalan Karakter Menggunakan CNN

Karakter hasil segmentasi digunakan sebagai data masukan pada model CNN. Proses pelatihan dilakukan hingga model mencapai tingkat konvergensi yang stabil. Grafik akurasi menunjukkan peningkatan performa model selama proses pelatihan, sedangkan nilai loss mengalami penurunan secara bertahap. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pengenalan karakter menggunakan CNN.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Pengenalan Karakter

Parameter	Nilai (%)
Accuracy	97,10
Precision	96,80
Recall	96,50
F1-Score	96,65

Nilai akurasi sebesar 97,10% menunjukkan bahwa model CNN mampu mengenali karakter huruf dan angka dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa CNN mampu mengekstraksi fitur karakter secara efektif meskipun terdapat variasi bentuk karakter, pencahayaan, maupun kualitas citra [3], [4].

E. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi *YOLOv8* dan *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu menghasilkan sistem pengenalan plat nomor kendaraan yang efektif. *YOLOv8* memiliki keunggulan dalam mendeteksi objek secara cepat karena menggunakan pendekatan *single-stage detector*, sehingga seluruh proses deteksi dilakukan dalam satu kali inferensi. Pendekatan tersebut memungkinkan sistem menghasilkan waktu deteksi yang lebih singkat tanpa mengurangi tingkat akurasi deteksi objek [1]. Sementara itu, CNN memberikan kemampuan klasifikasi karakter yang lebih baik dibandingkan pendekatan *Optical Character Recognition* (OCR) konvensional karena mampu mempelajari fitur visual secara otomatis tanpa memerlukan proses ekstraksi fitur secara manual [3]. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa CNN memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengenali karakter pada plat nomor kendaraan sehingga metode ini dinilai efektif untuk proses klasifikasi karakter [5]. Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan kombinasi YOLO dan *Tesseract OCR* dengan tingkat akurasi sebesar 92%, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menunjukkan performa yang lebih baik karena memanfaatkan CNN sebagai model pengenalan karakter. Selain itu, penggunaan *YOLOv8* sebagai generasi terbaru dari keluarga YOLO memberikan peningkatan kemampuan deteksi objek, baik dari sisi akurasi maupun kecepatan inferensi dibandingkan versi sebelumnya [2]. Keberhasilan sistem dalam mengenali plat nomor pada berbagai kondisi lingkungan didukung oleh kemampuan arsitektur *deep learning* dalam mengekstraksi fitur visual yang kompleks dan bervariasi. Sejalan dengan temuan pada penelitian terdahulu, pendekatan berbasis *deep learning* terbukti lebih unggul dalam menangani tantangan *computer vision* dibandingkan dengan metode pengolahan citra tradisional yang sangat bergantung pada aturan kaku dan kualitas citra yang ideal [10]. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Kesalahan deteksi dapat terjadi ketika plat nomor tertutup sebagian oleh objek lain (*occlusion*) atau ketika kondisi pencahayaan sangat rendah. Selain itu, karakter yang mengalami *blur* akibat pergerakan kendaraan dengan kecepatan tinggi masih dapat menurunkan tingkat akurasi pengenalan karakter. Pada penelitian selanjutnya, performa sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan dataset yang lebih besar dan lebih beragam, menerapkan teknik *data augmentation* untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, serta mengintegrasikan sistem ke dalam *video streaming* secara *real-time* [12]. Selain itu, implementasi pada perangkat *edge computing* juga dapat dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi komputasi dan mempercepat proses deteksi pada lingkungan nyata.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia menggunakan kombinasi metode *YOLOv8* dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu mendeteksi lokasi plat nomor dan mengenali karakter kendaraan secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan kemampuan tersebut, sistem dapat mendukung implementasi pada sistem parkir otomatis, pengawasan lalu lintas, dan sistem keamanan berbasis *computer vision*. Untuk penelitian selanjutnya, pengembangan dapat dilakukan dengan menambah jumlah dataset, menerapkan teknik *data augmentation* yang lebih beragam, serta mengintegrasikan sistem pada *video streaming real-time* dan perangkat *edge computing* guna meningkatkan performa implementasi di lingkungan nyata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima Kasih kepada Universitas Nusantara PGRI Kediri, khususnya Program Studi Teknik Informatika, serta dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan, arahan, dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian mengenai deteksi dan pengenalan plat nomor kendaraan Indonesia menggunakan metode YOLOv8 dan Convolutional Neural Network (CNN). Dukungan tersebut sangat membantu dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 779–788, doi:10.1109/CVPR.2016.91.
- [2] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks," *Communications of the ACM*, vol. 60, no. 6, pp. 84–90, 2017, doi:10.1145/3065386.
- [3] N. H. Harani, C. Prianto, and M. Hasanah, "Deteksi Objek dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan CNN Berbasis Python," *Jurnal Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 45–54, 2019.
- [4] A. Aprilino and I. H. Al Amin, "Implementasi Algoritma YOLO dan Tesseract OCR pada Sistem Deteksi Plat Nomor Otomatis," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 112–120, 2022.
- [5] W. Setiawan and N. H. Farhan, "Deteksi Objek Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode CNN," *Jurnal Komputasi*, vol. 8, no. 1, pp. 15–22, 2022.
- [6] S. Christanti, K. N. Ekamartha, and A. P. Sari, "Implementasi Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Lokal Menggunakan CNN," *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 3, no. 2, pp. 88–97, 2024.
- [7] S. L. Chang, L. S. Chen, Y. C. Chung, and S. W. Chen, "Automatic License Plate Recognition," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 42–53, doi:10.1109/TITS.2004.825086.
- [8] M. Laroca et al., "A Robust Real-Time Automatic License Plate Recognition Based on the YOLO Detector," *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, pp. 1–10, 2018, doi:10.1109/IJCNN.2018.8489629.
- [9] A. Du, H. Wang, and X. Li, "Vehicle License Plate Detection Based on Improved YOLO Network," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 105432–105444, 2022, doi:10.1109/ACCESS.2022.3209876.
- [10] Z. Zhang, Y. Li, and J. Wang, "Automatic License Plate Recognition Using Deep Learning and Computer Vision Techniques," *Sensors*, vol. 23, no. 4, Art. no. 2015, 2023, doi:10.3390/s23042015.
- [11] Y. Wang, J. Liu, and H. Zhang, "Real-Time License Plate Detection Based on YOLOv8 for Intelligent Transportation Systems," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 2, Art. no. 678, 2024, doi:10.3390/app14020678.
- [12] R. Silva and K. Jung, "Real-Time Brazilian License Plate Detection and Recognition Using Deep Convolutional Neural Networks," in *SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images*, 2017, pp. 55–62, doi:10.1109/SIBGRAPI.2017.14.