
RANCANG BANGUN APLIKASI MONITORING PELANGGARAN LALU LINTAS DETEKSI HELM OTOMATIS

Christian Nicholas Sinaga¹, Juhraini Helfiana Lexa², Debi Yandra Niska³

^{1,2,3} Program Studi Ilmu Komputer, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Jl. Willem Iskandar Pasar V, Medan Estate, Sumatera Utara, Indonesia

¹ christiannicholassinaga@gmail.com, ² juhrainihelfianalexa@gmail.com, ³ debiyandraniska@unimed.ac.id

Abstract

The high number of helmet violations among motorcyclists contributes to fatal traffic accidents. Manual monitoring is considered inefficient, so a technology-based solution capable of carrying out automatic and real-time monitoring is needed. Therefore, this study designs and develops a traffic violation monitoring application based on helmet detection using the YOLOv8 algorithm with video input from a smartphone camera. The method used is a system development approach with a prototyping model that includes needs analysis, design, implementation, testing, and evaluation. The dataset is obtained from public sources and field data, then goes through a preprocessing and model training stage using certain parameters. The results show that the model experienced a significant performance increase, with the mAP50 value reaching 0.945 in the 30th epoch. In addition, the system is able to detect helmet use in real time and store evidence of violations in the form of snapshots and timestamps. However, there are still detection errors influenced by environmental conditions. Overall, the developed system has the potential to be a more effective, flexible, and economical traffic monitoring solution.

Keywords : computer vision, YOLOv8, helmet detection, traffic monitoring, real-time object detection

Abstrak

Tingginya pelanggaran penggunaan helm pada pengendara sepeda motor berkontribusi terhadap fatalitas kecelakaan lalu lintas. Pengawasan manual dinilai kurang efisien sehingga dibutuhkan solusi berbasis teknologi yang mampu melaksanakan pemantauan secara otomatis dan real-time. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan mengembangkan aplikasi monitoring pelanggaran lalu lintas berbasis deteksi penggunaan helm menggunakan algoritma YOLOv8 dengan sumber input video dari kamera smartphone. Metode yang digunakan merupakan pendekatan pengembangan sistem dengan model prototyping yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian dan evaluasi. Dataset diperoleh dari sumber publik dan data lapangan, kemudian melalui tahap preprocessing dan pelatihan model menggunakan parameter tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mengalami peningkatan performa yang signifikan, dengan nilai mAP50 mencapai 0,945 pada epoch ke-30. Selain itu, sistem mampu mendeteksi penggunaan helm secara real-time serta menyimpan bukti pelanggaran dalam bentuk snapshot dan timestamp. Meskipun demikian, masih terdapat kesalahan deteksi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memiliki potensi sebagai solusi monitoring lalu lintas yang lebih efektif, fleksibel, dan ekonomis.

Kata kunci : computer vision, YOLOv8, deteksi helm, monitoring lalu lintas, deteksi objek real-time

1. PENDAHULUAN

Tingginya angka kecelakaan lalu lintas yang melibatkan sepeda motor masih menjadi kasus utama di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Data Kepolisian Republik Indonesia menunjukkan bahwa kecelakaan yang melibatkan sepeda motor mendominasi jumlah kecelakaan setiap tahunnya, dengan salah satu faktor utama yang memperparah tingkat cedera adalah pengendara yang tidak menggunakan helm. Padahal, berbagai penelitian epidemiologi telah membuktikan bahwa penggunaan helm standar dapat menurunkan risiko cedera kepala hingga 33% serta secara signifikan mengurangi tingkat fatalitas [1]. Meskipun Pemerintah Indonesia telah mewajibkan penggunaan helm berstandar SNI melalui Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, pelanggaran di lapangan masih sangat tinggi karena keterbatasan efektivitas pengawasan manual yang mengandalkan petugas di lapangan [2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengawasan berbasis teknologi yang mampu memantau penggunaan helm secara otomatis, berkelanjutan, dan real-time dengan tingkat akurasi yang baik.

Dalam satu dekade terakhir, perkembangan teknologi *computer vision* dan *deep learning* mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama dalam bidang deteksi objek secara *real-time*. Teknologi *computer vision* memungkinkan sistem komputer untuk menginterpretasikan informasi visual yang berasal dari gambar maupun video. Sementara itu, *deep learning* dengan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) dapat mengekstrak fitur visual secara berlapis tanpa memerlukan rekayasa fitur manual [3][4]. Salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam deteksi objek secara *real-time* adalah YOLO (*You Only Look Once*). Algoritma ini bekerja dengan membagi gambar menjadi beberapa bagian grid, kemudian membuat prediksi tentang batas kotak dan kategori objek dalam satu proses komputasi, sehingga mampu menghasilkan keseimbangan antara kecepatan dan tingkat akurasi [3]. Penerapan algoritma ini sangat relevan untuk sistem monitoring lalu lintas, karena mampu mendeteksi pengendara sepeda motor dan helm secara otomatis dari aliran video [5].

Perkembangan teknologi informasi yang semakin maju telah mendorong berbagai sektor, termasuk bidang keselamatan lalu lintas, untuk mengadopsi sistem berbasis teknologi guna meningkatkan efisiensi pengawasan. Sistem berbasis web memungkinkan pengelolaan data pelanggaran secara terpusat, fleksibel, dan

mudah diakses, sekaligus mendukung proses dokumentasi yang lebih terorganisir dan efektif. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi berbasis sistem informasi dapat menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan pengawasan manual yang kurang efisien [6]. Perkembangan teknologi *computer vision* berbasis *deep learning* juga telah banyak diterapkan pada berbagai sistem pengawasan otomatis, salah satunya adalah pengenalan plat nomor kendaraan secara real-time. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi algoritma YOLOv8 untuk deteksi objek dan metode *scene text recognition* seperti TPS-ResNet-BiLSTM-Attn mampu menghasilkan akurasi yang baik bahkan pada kondisi lingkungan yang menantang, seperti pencahayaan rendah dan cuaca hujan [7]. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa pendekatan *deep learning* memiliki kemampuan adaptif yang tinggi dalam menangani variasi kondisi visual pada sistem berbasis pengolahan citra.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan YOLO untuk deteksi helm. Febriana (2023) berhasil mencapai akurasi tinggi (mAP 99,69%) menggunakan YOLOv4, namun membutuhkan waktu komputasi training yang lama sehingga kurang adaptif untuk pembaruan model secara berkala [2]. Sementara itu, Gayathri et al. (2025) dan Gopinath (2024) menunjukkan bahwa YOLOv8 mampu bekerja pada berbagai kondisi lingkungan dan mendeteksi pelanggaran dengan akurasi sekitar 85%, meskipun kinerjanya sangat bergantung pada kualitas gambar [8]. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih bergantung pada infrastruktur CCTV statis yang mahal, tidak portabel, serta belum mengintegrasikan mekanisme otomatis penyimpanan bukti pelanggaran beserta *timestamp* yang terstandar.

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) pada tiga aspek utama. Pertama, pemanfaatan video streaming dari kamera smartphone (melalui aplikasi Orion) sebagai sumber input yang menggantikan ketergantungan pada CCTV sehingga sistem menjadi lebih fleksibel, ekonomis, dan mudah diterapkan di berbagai lokasi [9][10]. Kedua, implementasi algoritma YOLO (dengan versi YOLOv8) tidak hanya untuk mendeteksi pengendara tidak berhelm secara *real-time* menggunakan bahasa pemrograman Python, tetapi juga secara otomatis menyimpan bukti pelanggaran berupa *snapshot* gambar beserta *timestamp* sebagai bukti digital yang terdokumentasi [9][12]. Ketiga, sistem dirancang

sebagai solusi monitoring lalu lintas yang tidak memerlukan infrastruktur pengawasan permanen sehingga cocok untuk daerah dengan keterbatasan anggaran [12][13].

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang serta mengimplementasikan sistem pemantauan pelanggaran helm yang memanfaatkan algoritma YOLO dan menggunakan sumber video dari perangkat smartphone. Luaran yang dihasilkan adalah sebuah purwarupa sistem yang mampu mendeteksi pengendara tidak berhelm secara *real-time*, menyimpan bukti digital pelanggaran, serta melakukan evaluasi kinerja menggunakan metrik seperti presisi, recall dan mean Average Precision (mAP). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengembangkan sistem keselamatan kendaraan berbasis AI yang lebih terjangkau, fleksibel, dan adaptif di masa mendatang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Skema Alur Penelitian

Penelitian ini menjelaskan tahapan yang terstruktur dalam perancangan dan pengembangan aplikasi monitoring pelanggaran lalu lintas berbasis deteksi penggunaan helm. Penelitian diawali dengan identifikasi masalah terkait tingginya pelanggaran penggunaan helm, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk menentukan metode yang sesuai, khususnya computer vision dengan algoritma YOLO. Tahap berikutnya adalah pengumpulan dan preprocessing data, yang meliputi ekstraksi frame, pembersihan data, normalisasi, serta anotasi objek helmet dan no helmet. Data yang telah siap kemudian digunakan dalam proses pengembangan sistem menggunakan metode prototyping yang mencakup tahapan requirements, design, coding, testing, dan evaluation secara iteratif. Metode ini dipilih karena pengembangan tidak dilakukan sekali jadi, melainkan melalui beberapa siklus perbaikan yang berkelanjutan, sehingga sistem dapat terus disesuaikan berdasarkan kebutuhan dan masukan dari pengguna [14]. Selain itu, kinerja sistem dianalisis menggunakan metrik evaluasi seperti accuracy, precision, recall, dan mean Average Precision (mAP). Secara keseluruhan, alur penelitian disajikan dalam bentuk diagram flowchart yang menggambarkan tahapan mulai dari input data, proses

preprocessing, deteksi objek, klasifikasi, hingga penyimpanan data pelanggaran.

2.2. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pelatihan serta pengujian sistem deteksi helm. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder, di mana data primer diperoleh melalui observasi langsung dengan merekam video pengendara menggunakan kamera smartphone. Sementara itu, data sekunder diambil dari dataset publik yang tersedia di internet.

Data yang dikumpulkan tidak hanya satu kondisi saja, tetapi mencakup variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta situasi lalu lintas yang beragam. Hal ini bertujuan agar model memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengenali objek. Selanjutnya, seluruh data digunakan pada tahap *preprocessing*, pelatihan, dan pengujian sistem.

2.3. Analisa Data

Analisis pada penelitian ini dilakukan untuk melihat lebih jelas permasalahan yang terjadi sekaligus menilai kinerja sistem yang dibangun. Permasalahan utamanya berkaitan dengan masih tingginya pelanggaran penggunaan helm di kalangan pengendara sepeda motor. Dari situ, fokus analisis diarahkan pada pengendara yang kemudian dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu menggunakan helm dan tidak menggunakan helm. Data yang digunakan berasal dari rekaman video di lingkungan lalu lintas selama proses penelitian berlangsung. Data yang diperoleh tidak langsung digunakan, melainkan terlebih dahulu diproses agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Proses analisis dilakukan dengan memanfaatkan algoritma YOLOv8 untuk mendeteksi objek pada setiap frame video. Hasil deteksi kemudian dianalisis menggunakan metrik evaluasi seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP), sehingga dapat diketahui tingkat kinerja sistem dalam mendeteksi penggunaan helm secara akurat.

2.4. Tahapan Penelitian

Metode pengembangan sistem yang diterapkan adalah model *prototyping*, yaitu pendekatan yang menggunakan model awal (prototype) untuk merepresentasikan sistem. Dengan metode ini, pengguna atau pemilik sistem

dapat memperoleh gambaran awal terhadap sistem yang akan dikembangkan.[15]. Model ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu:

2.4.1 Requirements Analysis

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, baik dari sisi fungsional maupun non-fungsional. Sistem dirancang agar mampu mendeteksi penggunaan helm pada pengendara sepeda motor secara real-time dengan memanfaatkan input video.

2.4.2 System Design

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem yang terdiri atas komponen input (video), proses (preprocessing dan deteksi objek), serta output (hasil deteksi dan penyimpanan data pelanggaran).

2.4.3 Implementation (Coding)

Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan dukungan library OpenCV serta framework PyTorch. Model deteksi objek yang digunakan adalah algoritma YOLOv8

2.4.4 Testing

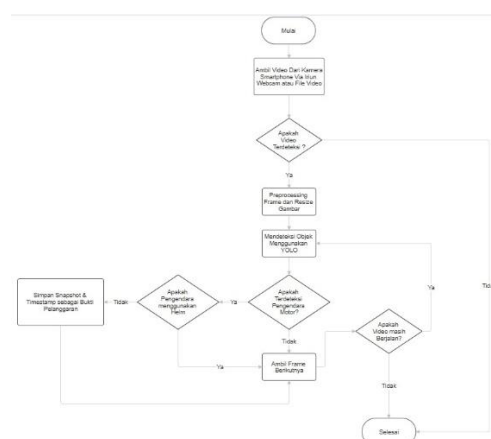
Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan, khususnya dalam mendeteksi objek serta mengklasifikasikan penggunaan helm.

2.4.5 Evaluation

Tahap evaluasi bertujuan untuk menganalisis performa sistem serta mengidentifikasi kekurangan yang masih perlu diperbaiki. Jadi

2.5. Alur Kerja sistem

Sistem yang telah dikembangkan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi desktop yang mampu melakukan deteksi secara *real-time*. Alur kerja sistem dirancang cukup sederhana, tetapi tetap mempertimbangkan efisiensi proses. Pada saat sistem dijalankan, kamera akan menangkap video sebagai input. Video tersebut kemudian diubah menjadi frame-frame gambar. Setiap frame diproses menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi keberadaan pengendara dan helm. Apabila sistem mendeteksi adanya pelanggaran, yaitu pengendara tanpa helm, maka sistem akan secara otomatis menandai objek tersebut, menyimpan *snapshot* sebagai bukti, serta mencatat waktu kejadian.



Gambar 1. Flowchart Sistem

Penjelasan pada flowchart sistem:

1. Proses diawali dengan pengambilan video sebagai input, yang bisa berasal dari kamera smartphone, webcam, atau file video yang sudah tersedia.
2. Sistem kemudian mengecek apakah video berhasil dibaca. Jika tidak, proses langsung dihentikan. Jika berhasil, sistem lanjut ke tahap berikutnya.
3. Video dipecah menjadi beberapa frame. Setiap frame diproses satu per satu, biasanya melalui tahap *preprocessing* seperti resize agar lebih sesuai untuk dianalisis.
4. Frame yang sudah siap kemudian diproses menggunakan metode YOLO untuk mendeteksi objek, seperti kendaraan dan pengendara.
5. Sistem mengecek apakah pengendara terdeteksi:
 - Jika tidak terdeteksi, sistem langsung lanjut ke frame berikutnya.
 - Jika terdeteksi, proses dilanjutkan ke tahap berikutnya.
6. Sistem kemudian mengidentifikasi apakah pengendara menggunakan helm atau tidak.
7. Hasil pengecekan dibagi menjadi dua kondisi:
 - Jika tidak menggunakan helm, sistem mengambil *snapshot* sebagai bukti pelanggaran.
 - Jika menggunakan helm, sistem tidak melakukan tindakan dan langsung lanjut ke frame berikutnya.
8. Proses ini berlangsung terus selama video masih berjalan (loop per frame).

9. Ketika video selesai atau tidak ada frame yang dapat diproses, sistem akan berhenti dan proses dinyatakan selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pelatihan Model

Pelatihan model dilakukan menggunakan algoritma *object detection* YOLOv8, dengan performa model diamati pada setiap epoch pelatihan. Berdasarkan Tabel 1 Nilai *loss* menunjukkan kecenderungan menurun secara bertahap seiring bertambahnya jumlah epoch. Penurunan ini mengindikasikan bahwa model semakin mampu memahami karakteristik objek, baik pengendara yang menggunakan helm maupun yang tidak. Dalam hal ini, *box loss* merepresentasikan kesalahan dalam prediksi lokasi *bounding box*, *classification loss (cls loss)* menunjukkan kesalahan dalam proses klasifikasi objek, sedangkan *distribution focal loss (DFL)* digunakan untuk meningkatkan ketelitian prediksi koordinat objek. Penurunan ketiga komponen *loss* tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesalahan model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek semakin berkurang.

Selain itu, nilai mAP50 merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi deteksi objek dengan ambang *Intersection over Union (IoU)* sebesar 0,7, yaitu untuk menilai kesesuaian antara *bounding box* hasil prediksi dan data aktual. Sementara itu, mAP50-95 merupakan nilai rata-rata mAP pada berbagai tingkat IoU, yaitu dari 0,36 hingga 0,945, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap kemampuan model dalam mendeteksi objek secara presisi, tidak hanya dari sisi keberhasilan deteksi tetapi juga ketepatan lokasi objek.

Secara kuantitatif, pada tahap awal pelatihan diperoleh nilai mAP50 sebesar 0,36 yang kemudian meningkat hingga mencapai 0,945 pada epoch ke-30. Peningkatan ini menunjukkan bahwa model mengalami perbaikan performa yang signifikan dalam mengenali objek seiring berjalannya proses pelatihan. Dengan demikian, nilai mAP50 yang tinggi mengindikasikan kemampuan model dalam mendeteksi objek secara umum semakin baik, sedangkan peningkatan mAP50-95 mencerminkan bahwa model juga semakin akurat dalam menentukan posisi objek secara lebih presisi.

TABEL 1. HASIL PELATIHAN MODEL PER EPOCH

Epoch	Box Loss	Cls Loss	DFL Loss	mAP 50	mAP5 0-95
-------	----------	----------	----------	--------	-----------

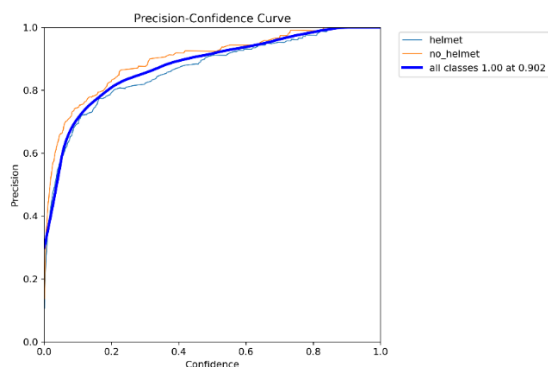
1	1,287	2,63	1,25 2	0,36	0,213
2	1,317	1,934	1,25	0,659	0,383
3	1,343	1,754	1,28 9	0,735	0,427
4	1,333	1,633	1,28 2	0,799	0,467
5	1,296	1,426	1,25 3	0,783	0,475
6	1,293	1,355	1,27 3	0,744	0,461
7	1,261	1,251	1,23 2	0,754	0,459
8	1,217	1,171	1,21 6	0,789	0,486
9	1,185	1,109	1,28 2	0,81	0,488
10	1,175	1,089	1,18 1	0,887	0,56
11	1,207	1,089	1,21 8	0,893	0,564
12	1,157	0,971	1,16 1	0,891	0,569
13	1,155	0,971 5	1,17 4	0,868	0,538
14	1,103	0,892 7	1,12 6	0,916	0,603
15	1,127	0,864 9	1,15 5	0,897	0,593
16	1,074	0,843 9	1,13 3	0,884	0,579
17	1,073	0,853 1	1,14 4	0,915	0,598
18	1,058	0,796 5	1,11 6	0,911	0,597
19	1,05	0,777 4	1,11 4	0,921	0,611
20	1,046	0,746 2	1,10 4	0,93	0,594
21	1,04	0,699 4	1,11 7	0,933	0,629
22	0,996 4	0,699 3	1,10 1	0,936	0,631
23	0,968 2	0,640 3	1,08 8	0,946	0,645
24	0,968 3	0,643 7	1,07 5	0,938	0,636
25	0,947 4	0,589 4	1,06 8	0,937	0,636
26	0,937 2	0,576 5	1,06 8	0,939	0,651
27	0,937 2	0,545 7	1,05 1	0,947	0,651
28	0,898 1	0,534 3	1,03 6	0,947	0,653

29	0,888 3	0,521 0	1,04 2	0,94	0,648
30	0,879 4	0,509 5	1,02 9	0,945	0,656

3.2 Analisis Recall-Confidence Curve

Berdasarkan grafik *Precision-Confidence Curve* pada Gambar 1, terlihat bahwa nilai *precision* mengalami peningkatan yang cukup tajam seiring dengan bertambahnya nilai *confidence threshold*. Pada nilai *confidence* yang sangat rendah, *precision* masih berada pada tingkat yang rendah, yang menunjukkan tingginya kemungkinan terjadinya *false positive*. Namun, ketika *confidence* mulai meningkat, *precision* naik dengan cepat hingga mencapai kisaran di atas 0,8 bahkan mendekati 0,9 pada rentang *confidence* menengah.

Selain itu, pada nilai *confidence* yang lebih tinggi, kurva untuk masing-masing kelas (*helmet* dan *no_helmet*) serta keseluruhan kelas menunjukkan kecenderungan yang semakin stabil dan mendekati nilai maksimum. Bahkan, kurva *all classes* mencapai *precision* sebesar 1,0 pada sekitar *confidence* 0,9. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam melakukan prediksi pada tingkat kepercayaan tertentu. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model mampu meminimalkan kesalahan deteksi secara signifikan serta menunjukkan kinerja yang stabil dan konsisten pada berbagai nilai *confidence threshold*.

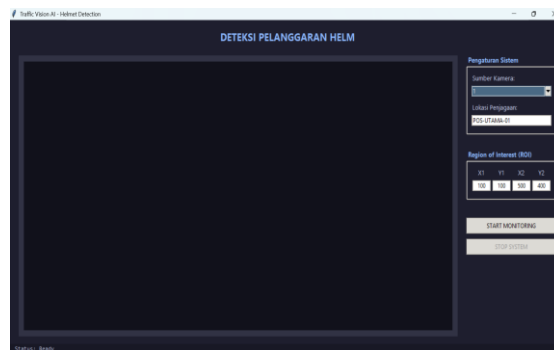


Gambar 2. grafik *Recall-Confidence Curve*

3.3 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan dengan memanfaatkan data lapangan untuk menilai kemampuan sistem dalam mendeteksi penggunaan helm pada pengendara sepeda motor. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengidentifikasi objek dengan memberikan label "HELMET" pada pengendara yang menggunakan helm serta "NO HELMET" pada pengendara yang tidak menggunakan helm.

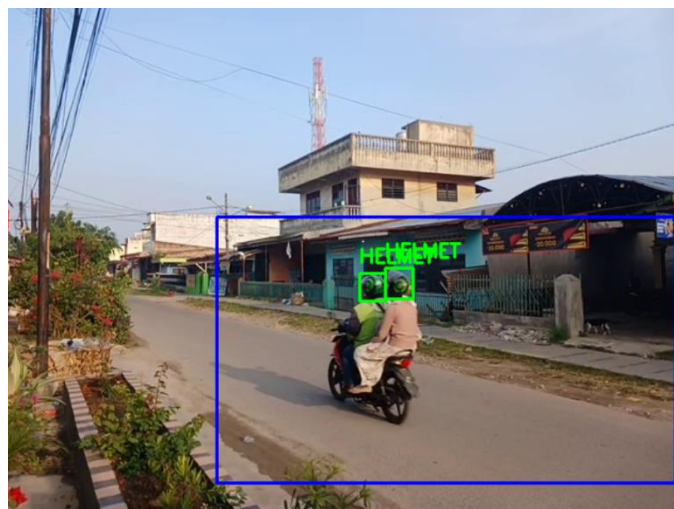
Selain itu, penerapan ROI (*Region of Interest*) bertujuan agar proses deteksi difokuskan hanya pada area jalan raya, sehingga model tidak mengidentifikasi objek lain seperti pejalan kaki. Hal ini menunjukkan bahwa model telah mampu melakukan proses klasifikasi objek dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mendeteksi pelanggaran penggunaan helm secara otomatis.



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Desktop



Gambar 4. Model Mendeteksi Pengendara Tanpa Helm



Gambar 5. Model Mendeteksi Pengendara Menggunakan Helm

3.4 Hasil dan Analisis Kesalahan Deteksi

Meskipun model menunjukkan performa yang cukup baik, masih terdapat beberapa kesalahan dalam proses deteksi. Secara kualitatif, kesalahan tersebut terdiri dari:

- *False Positive (FP)*: pengendara tidak menggunakan helm tetapi terdeteksi menggunakan helm
- *False Negative (FN)*: pengendara menggunakan helm tetapi tidak terdeteksi oleh sistem

Kesalahan tersebut umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi pencahayaan yang kurang optimal, perbedaan sudut pengambilan gambar, serta ukuran objek yang relatif kecil dalam frame.

TABEL II. HASIL PENGUJIAN MODEL (CONFUSION MATRIX)

Kategori	Deskripsi	Jumlah
True Positive (TP)	Pengendara menggunakan helm terdeteksi dengan benar	20 pengendara
True negative (TN)	Pengendara tidak menggunakan helm terdeteksi dengan benar	12 pengendara
False positive (FP)	Pengendara tidak menggunakan helm tetapi terdeteksi menggunakan helm	3 pengendara
False Negative (FN)	Pengendara menggunakan helm tetapi tidak terdeteksi	5 pengendara
Total data	Jumlah keseluruhan data pengujian	40 pengendara

Pengujian terhadap 40 sampel menunjukkan tingkat akurasi model sebesar 80%, dengan keberhasilan identifikasi pada 20 data *True Positive* dan 12 data *True Negative*. Meskipun performa umum dinilai baik, terdapat margin kesalahan sebesar 20% yang terdiri dari 5 kasus *False Negative* dan 3 kasus *False Positive*. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem lebih rentan terhadap kegagalan deteksi objek helm yang sebenarnya ada dibandingkan melakukan kesalahan klasifikasi positif.

Analisis terhadap kegagalan deteksi ini menunjukkan bahwa model mengalami kendala signifikan dalam mengenali fitur visual helm pada kondisi lingkungan yang tidak ideal. Tingginya angka *False Negative* mencerminkan keterbatasan sistem dalam mengekstraksi informasi objek ketika berhadapan dengan variasi pencahayaan dan sudut pandang kamera yang ekstrem. Fenomena ini mempertegas bahwa reliabilitas sistem masih sangat bergantung pada kualitas input visual yang diterima oleh sensor kamera.

Secara teknis, kesalahan tersebut dipicu oleh faktor eksternal seperti intensitas cahaya yang minim dan ukuran objek yang relatif kecil dalam *frame*. Kondisi tersebut menyebabkan distorsi pada fitur pembeda helm, sehingga sistem gagal melakukan klasifikasi secara presisi. Sebagai langkah pengembangan, diperlukan optimasi arsitektur model dan pengayaan data latih untuk meningkatkan sensitivitas deteksi terhadap objek pada kondisi lingkungan yang kompleks.

3.5 Pembahasan

Secara keseluruhan, model YOLOv8 yang dikembangkan menunjukkan performa yang cukup baik dalam mendeteksi penggunaan helm secara otomatis, sebagaimana terefleksi dari peningkatan nilai mAP50 yang signifikan dari 0,36 hingga mencapai 0,945 pada epoch ke-30. Meskipun nilai akurasi ini secara kuantitatif berada di bawah performa YOLOv4 pada penelitian Febriana (2023) yang mencapai 99,69%, secara kritis arsitektur YOLOv8 dalam penelitian ini memberikan keunggulan pada aspek kecepatan komputasi dan efisiensi waktu proses yang jauh lebih adaptif untuk kebutuhan sistem monitoring lalu lintas dinamis secara *real-time*. Namun demikian, analisis mendalam pada *Recall-Confidence Curve* mengungkapkan adanya penurunan kinerja sistem pada nilai *confidence* yang tinggi, yang mengindikasikan fenomena *trade-off* mekanis antara jumlah objek yang berhasil terdeteksi (*recall*) dengan tingkat presisi deteksi. Kondisi ini mempertegas bahwa dalam skenario pengawasan lapangan, efisiensi operasional dan portabilitas sistem yang dalam hal ini memanfaatkan input kamera *smartphone* untuk menggantikan infrastruktur CCTV permanen yang mahal menjadi nilai kebaruan yang lebih krusial dibandingkan mengejar angka akurasi mutlak yang seringkali hanya tercapai pada lingkungan simulasi statis. Oleh karena itu, implikasi konseptual dari temuan ini menekankan perlunya optimasi berkelanjutan melalui pengayaan variasi dataset, peningkatan kualitas pencahayaan, serta penyesuaian

parameter *confidence threshold* secara adaptif guna menjaga keseimbangan optimal antara stabilitas deteksi dan validitas bukti pelanggaran yang dihasilkan.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi pelanggaran penggunaan helm berbasis algoritma YOLOv8 dengan sumber input video dari kamera smartphone. Model yang dikembangkan menunjukkan peningkatan performa yang signifikan, dengan nilai mAP50 meningkat dari 0,36 menjadi 0,945 pada epoch ke-30, yang mengindikasikan bahwa sistem telah mampu mendeteksi penggunaan helm secara otomatis dan real-time sesuai dengan tujuan penelitian. Selain itu, sistem mampu menyimpan bukti pelanggaran secara otomatis tanpa bergantung pada infrastruktur CCTV permanen, sehingga menjadikannya solusi yang lebih fleksibel dan ekonomis. Namun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan berupa kesalahan deteksi (*false positive* dan *false negative*) yang dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan ukuran objek dalam frame.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperluas jumlah dan variasi dataset dengan mencakup kondisi lingkungan yang lebih beragam, seperti variasi pencahayaan, sudut pandang, dan ukuran objek, guna meningkatkan ketahanan model terhadap kondisi nyata di lapangan. Selain itu, perlu dilakukan eksplorasi terhadap arsitektur model yang lebih mutakhir serta optimasi *confidence threshold* secara adaptif untuk memperoleh keseimbangan optimal antara *recall* dan akurasi deteksi.

Daftar Pustaka:

- [1] U. U. Deshpande *et al.*, "Computer-vision based automatic rider helmet violation detection and vehicle identification in Indian smart city scenarios using NVIDIA TAO toolkit and YOLOv8," *Front. Artif. Intell.*, vol. 8, 2025, doi: 10.3389/frai.2025.1582257.
- [2] Nadia Hanifa Febriana, "Analysis of Helmet Detection on Motor Drivers to Detect Traffic Violations Using the You Only Look Once Method (Yolov4)," *Jurnal Multidisiplin Madani*, vol. 3, no. 7, pp. 1451–1460, Jul. 2023, doi: 10.55927/mudima.v3i7.4931.
- [3] J. Prakash-Borah, P. Devnani, S. Kumar-Das, A. Vetagiri, and P. Pakray, "Real-Time Helmet Detection and Number Plate Extraction Using Computer Vision," *Computacion y Sistemas*, vol. 28, no. 1, pp. 41–53, 2024, doi: 10.13053/CyS-28-1-4906.
- [4] L. Liu *et al.*, "Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 128, no. 2, pp. 261–318, Feb. 2020, doi: 10.1007/s11263-019-01247-4.
- [5] Y. Said *et al.*, "AI-Based Helmet Violation Detection for Traffic Management System," *CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences*, vol. 141, no. 1, pp. 733–749, 2024, doi: 10.32604/cmcs.2024.052369.
- [6] M. Andika Anjas Syaputra, A. Voutama, J. H. Ronggo Waluyo, T. Timur, and J. Barat, "RANCANG BANGUN APLIKASI PEMESANAN CUCI MOTOR & MOBIL BERBASIS WEBSITE," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 7, no. 1, 2024. [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jir> eISSN.2620-6900
- [7] Y. Galahartlambang, T. Khotiah, Z. Fanani, M. Bastian, and D. Rahmat, "PENGENALAN PLAT NOMOR KENDARAAN REAL-TIME PADA KONDISI GELAP DAN HUJAN MENGGUNAKAN DEEP LEARNING," *JIRE*, vol. 8, no. 1, 2025 [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jir> eISSN.2620-6900
- [8] T. Gayathri, M. Kavya, M. H. Sri, L. Harshitha, K. S. V. Sahithi, and M. Tejaswi, "A Deep Learning-Based System to Detect Triple Riding and Helmet Violations Through CCTV Webcam," 2025, pp. 330–343. doi: 10.2991/978-94-6463-700-7_27.
- [9] N. Ainun, K. Dira Pasongko, A. Khairunnisa, and S. Aras, "Deteksi Penggunaan Safety Helmet Menggunakan YOLOv5," vol. 7, no. 2, pp. 74–78, 2023.
- [10] I. R. Ilham and F. Utaminigrum, "Deteksi Helm untuk Keamanan Pengendara Sepeda Motor dengan Metode CNN (Convolutional Neural Network) menggunakan Raspberry Pi," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 11, pp. 4734–4739, 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [11] H. A. Reswara, B. Priyatna, A. Hananto, and T. Tukino, "Implementasi Deteksi Objek Penggunaan Helm Dengan Metode

- YOLOv10,” *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 1380–1387, Jul. 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.15010.
- [12] Samuel Orief Rosario, Agustinus Aditya Bintara, Muhammad Rifki Zhaki, Rachmat Adi Purnama, Rame Santoso, and Vetri Apriana, “Sistem Deteksi Penggunaan Helm Pada Pengendara Sepeda Motor di Indonesia Menggunakan Perbandingan Model YOLOv8 dan RT-DETR,” *Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 3, pp. 321–338, Dec. 2025, doi: 10.55606/jutiti.v5i3.6314.
- [13] Mr. S. Suresh, J. Gopalakrishnan, K. Guruseelan, S. Giridharan, and K. Gururajan, “Traffic Violation **Detection** Using Deep Learning,” *International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJAEM)*, vol. 3, no. 04, pp. 1359–1363, Apr. 2025, doi: 10.47392/irjaem.2025.0221.
- [14] Bagus Ageng Alfahri, Alfani Azhar, Legiman Samosir, and Khalil Gibran, “Penerapan Metode Prototyping pada Pengembangan Aplikasi ‘We Listen We Don’t Judge’ untuk Analisis Tautan dan Pemberian Saran Otomatis Berbasis Web,” *Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 3, pp. 55–62, Jun. 2025, doi: 10.61132/neptunus.v3i3.899.
- [15] M. I. Saputri, V. R. Handayani, E. Rahmawati, and C. Kesuma, “Penerapan Metode Prototype Dalam Perancangan Sistem Informasi Service Pada Bengkel Sido Motor Berbasis Website,” *Jurnal Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 4, tidak. 2, hlm. 39–47, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.bsi.ac.id/index.php/ijec/>