



Optimasi Deteksi Pelanggaran Helm pada Traffic Light Berbasis YOLOv7 dan CLAHE

Muhammad Rafli Pratama¹, Basuki Rahmat², I Gede Susrama Mas Diyasa^{*3}

¹Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Email: 21081010262@student.upnjatim.ac.id¹; basukirahmat.if@upnjatim.ac.id²;
igsusrama.if@upnjatim.ac.id^{*3}

Paratama, M. R., Rahmat, B., & Mas Diyasa, I. G. S. (2026). Optimasi Deteksi Pelanggaran Helm pada Traffic Light Berbasis YOLOv7 dan CLAHE. *Journal Cerita: Creative Education of Research in Information Technology and Artificial Informatics*, 12(2), 178-186

DOI: <https://doi.org/10.33050/cerita.v12i2.3883>

ABSTRAK

Keselamatan berkendara merupakan aspek krusial dalam sistem transportasi, khususnya dalam memastikan penggunaan helm oleh pengendara sepeda motor. Penelitian ini mengusulkan sistem deteksi pelanggaran helm berbasis algoritma *You Only Look Once version 7 (YOLOv7)* yang dioptimasi dengan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)* untuk meningkatkan performa pada kondisi pencahayaan rendah (*low-light*). Data diperoleh melalui perekaman video di area lampu lalu lintas dan diproses melalui tahapan *pre-processing*, seperti peningkatan kontras, anotasi, dan *augmentasi*. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model YOLOv7 dengan CLAHE mencapai nilai *precision* sebesar 0,884, *recall* 0,873, dan *mean Average Precision (mAP)* 0,920 untuk seluruh kelas objek. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan model YOLOv7 tanpa CLAHE yang hanya memperoleh *precision* 0,731, *recall* 0,704, dan *mAP* 0,728. Dengan demikian, pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi deteksi pelanggaran helm, terutama dalam kondisi pencahayaan minim, dan dapat diterapkan sebagai sistem pendukung penegakan hukum lalu lintas berbasis teknologi untuk meningkatkan keselamatan jalan.

Kata kunci: YOLOv7, CLAHE, Helmet, Low-Light, Computer Vision

ABSTRACT

Driving safety is a crucial aspect in the transportation system, especially in ensuring the use of helmets by motorcyclists. This research proposes a helmet violation detection system based on the YOLOv7 algorithm optimized with the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) method to improve performance in low-light conditions. Data is obtained through video recording in traffic light areas and processed through pre-processing stages, such as contrast enhancement, annotation, and augmentation. The training results showed that the YOLOv7 model with CLAHE achieved a precision value of 0,884, recall of 0,873, and mean average precision (mAP) of 0,920 for all object classes. This value is much higher than the YOLOv7 model without CLAHE which only obtained a precision of 0,731, recall of 0,704, and mAP of 0,728. Thus, this approach proves effective in improving the accuracy of helmet violation detection, especially in low-light conditions, and can be applied as a technology-based traffic law enforcement support system.

Keywords: YOLOv7, CLAHE, Helm, Low-Light, Visi Komputer

I. PENDAHULUAN

Keselamatan dalam berkendara, terutama mengenai kewajiban penggunaan helm oleh pengendara sepeda motor, menjadi perhatian utama dalam konteks lalu lintas di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, jumlah korban jiwa akibat kecelakaan lalu lintas tercatat sebanyak 25.266 orang pada tahun 2021 serta meningkat menjadi 26.100 orang tahun 2022, di mana sekitar 73 persen insiden melibatkan sepeda motor (<https://www.bps.go.id/id>). Salah satu jenis pelanggaran yang paling sering terjadi adalah tidak mengenakan helm baik pengemudi maupun penumpang sepeda motor (<https://korlantas.polri.go.id/>). Meski berbagai langkah seperti edukasi publik dan operasi penertiban telah dilakukan, efektivitas upaya tersebut masih menghadapi hambatan, terutama terkait keterbatasan tenaga pengawas di lapangan.

Kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain kelalaian manusia (human error), kondisi kendaraan, infrastruktur jalan (sarana dan prasarana), serta kondisi cuaca. Di antara faktor-faktor tersebut, kelalaian manusia merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan lalu lintas, oleh karena itu, pengendara kendaraan roda dua perlu memiliki pengetahuan dan sikap berkendara yang baik dan bijak guna menciptakan ketertiban lalu lintas serta mewujudkan keselamatan di jalan raya. Selain itu, kepatuhan terhadap standar berkendara, seperti penggunaan helm dan kelengkapan surat-surat kendaraan, juga merupakan aspek penting yang perlu ditegakkan (Heryono, Maslina, and Zainul 2020). Helm merupakan salah satu perangkat keselamatan

yang berfungsi untuk melindungi kepala pengendara sepeda motor dari benturan saat terjadi kecelakaan. Tingginya angka kecelakaan yang melibatkan sepeda motor mendorong pemerintah Indonesia untuk mengambil langkah serius dalam meningkatkan keselamatan berkendara, salah satunya melalui kewajiban penggunaan helm. Oleh karena itu, pemerintah menetapkan peraturan yang mewajibkan seluruh pengendara sepeda motor untuk menggunakan helm selama berkendara sebagai upaya preventif terhadap risiko cedera serius. Meskipun demikian, masih banyak pengendara di Indonesia yang belum sepenuhnya mematuhi ketentuan tersebut (Maulidati et al. 2021).

Keterbatasan waktu dan sumber daya manusia masih menjadi hambatan utama dalam penegakan aturan penggunaan helm. Untuk mengatasi hal ini, sistem deteksi otomatis berbasis deep learning menawarkan solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas pengawasan. Dengan dukungan teknologi visi komputer, sistem ini mampu melakukan deteksi pelanggaran secara presisi (Saputra et al. 2021). Selain itu pemanfaatan kamera CCTV (Closed Circuit Television) yang telah tersebar diberbagai kota besar menjadi pilihan yang baik, karena kemampuannya dalam memantau aktivitas secara real time dan berkelanjutan.

You Only Look Once (YOLO) merupakan algoritma deteksi yang dikenal memiliki kinerja unggul dalam berbagai aplikasi visi komputer. Salah satu versinya adalah YOLOv7 yang menawarkan keseimbangan optimal antara kecepatan dan akurasi, hal tersebut menjadikannya sangat cocok untuk implementasi pemantauan secara real time. Struktur arsitekturnya terbagi menjadi tiga komponen

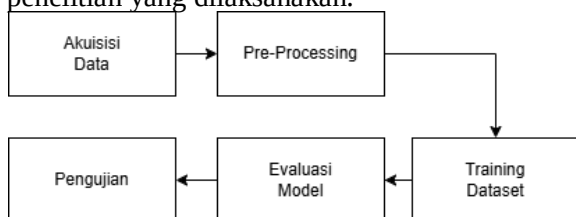
utama, yaitu bagian input, backbone, serta modul prediksi (Tsai et al. 2023).

Salah satu tantangan utama dalam mendeteksi pelanggaran penggunaan helm adalah kondisi pencahayaan yang tidak optimal, terutama pada pagi, sore, serta malam hari pada saat intensitas cahaya rendah tetapi tingkat volume lalu lintas tinggi. Citra yang diambil dalam intensitas cahaya yang redup cenderung memiliki kontras rendah dan tingkat noise yang tinggi, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kualitas visual dan menyulitkan proses deteksi serta segmentasi objek (Poerwandono, Edhy & Barronzoeputra 2024). Sebagai solusi terhadap permasalahan pencahayaan rendah, metode *pre processing* berupa Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) dapat diterapkan secara efektif. Teknik ini bekerja dengan meningkatkan kontras citra secara adaptif sekaligus membatasi amplifikasi untuk mengurangi *noise*. Dengan demikian, visibilitas objek dalam kondisi pencahayaan minim dapat menjadi lebih baik, sehingga mendukung peningkatan kinerja deteksi (Mudjirahardjo 2024).

Penggabungan antara YOLOv7 dan teknik CLAHE memiliki potensi untuk menghasilkan sistem deteksi pelanggaran helm yang lebih adaptif, terutama dalam situasi kondisi pencahayaan yang rendah. Dengan mempertimbangkan metode YOLOv7 yang dioptimalkan dengan metode CLAHE. Pendekatan ini diharapkan menjadi alternatif yang efisien dalam mendukung penegakan aturan keselamatan berkendara, khususnya pada situasi pencahayaan yang rendah (Kusuma, Usman, and Saidah 2021).

II. METODE PENELITIAN

Untuk memastikan pelaksanaan penelitian berjalan secara sistematis dan terarah dalam menjawab permasalahan yang dikaji, diperlukan suatu landasan konseptual yang memandu setiap tahapannya. Dalam hal ini, blok diagram digunakan sebagai representasi visual dari alur penelitian yang dilaksanakan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Akuisi Data

Pada tahap akuisisi data, penelitian ini menggunakan rekaman video kendaraan yang melintas di jalan raya, dengan fokus observasi pada penggunaan helm oleh pengendara sepeda motor. Data video diperoleh melalui proses perekaman menggunakan kamera DSLR. Pemilihan lokasi dilakukan untuk merepresentasikan kondisi lalu lintas yang sebenarnya. Penempatan kamera dirancang sedemikian rupa sehingga sudut pengambilan gambar menyerupai sudut pandang kamera pengawas (CCTV) lalu lintas untuk mendapatkan kendaraan yang masih utuh dan jelas.

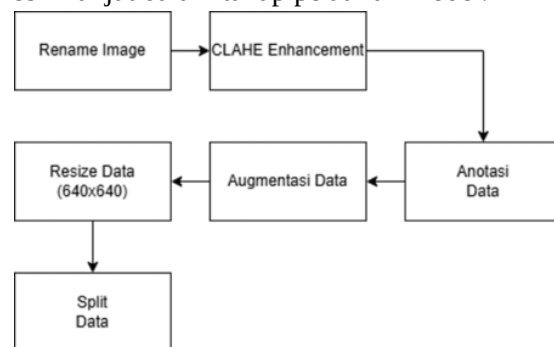
Tabel 1. Akuisisi Data

Kelas	Jumlah Data	Data Pelatihan	Data Validasi
Helmet	2669	2135	534
No-helmet	2669	2135	534
Rider	2669	2135	534

Tabel 1 menunjukkan perincian dari pengambilan dataset yang akan dilakukan untuk proses *pre processing* dan proses pelatihan selanjutnya.

B. Pre Processing

Setelah proses akuisisi data dilakukan, tahapan selanjutnya adalah *pre processing* data. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam penelitian memiliki kualitas yang memadai dan siap untuk diproses lebih lanjut dalam tahap pelatihan model.



Gambar 2. Preprocessing Data

Gambar 2 menunjukkan alur *pre processing* yang dilakukan guna mengoptimalkan kualitas citra, sehingga data yang dihasilkan menjadi lebih representatif dan sesuai untuk digunakan dalam proses analisis serta pelatihan model deteksi objek.

1. Rename Image

Proses perubahan nama dataset atau rename bertujuan untuk mempermudah pengelompokkan serta pelabelan dataset. Hasil dari perubahan nama atau *rename* dataset, akan didapatkan hasil dengan format nama seperti {train1, ..., train450}, serta {val1, ..., val450}.

2. Clahe Enhancement

Pada proses selanjutnya adalah proses enhancement dengan clahe. Proses clahe dilakukan untuk meningkatkan kontras pada gambar yang digunakan untuk memperbaiki kualitas citra, terutama dalam kondisi pencahayaan rendah.

$$CDF'(x) = \frac{CDF(x) - CDF_{min}}{CDF_{max} - CDF_{min}} \times (L - 1) \quad (1)$$

Di mana $CDF(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif untuk nilai intensitas x , CDF_{min} dan CDF_{max} masing-masing merupakan nilai minimum serta maksimum dari CDF , dan L merupakan jumlah level intensitas yang digunakan dalam pemrosesan gambar. Proses ini mengurangi risiko over enhancement pada gambar. Misalnya, sebuah gambar 100×100 piksel dengan 3 kanal warna (RGB) akan memproses dengan total 30,000 piksel (Pratama et al. 2025).

Algoritma CLAHE merupakan bentuk modifikasi dari metode pemerataan histogram adaptif yang dirancang untuk membatasi peningkatan kontras secara berlebihan sehingga dapat meminimalkan noise. Pembatasan ini dilakukan dengan memangkas histogram pada ambang tertentu yang disebut clip limit tepat sebelum proses perhitungan Cumulative Distribution Function (CDF). Bagian histogram yang tidak dipangkas tidak dibuang begitu saja, melainkan didistribusikan ulang untuk menghasilkan batas klip yang lebih efektif, tergantung pada struktur citra yang diolah (Mudjirahardjo 2024).

3. Anotasi Data

Proses pelabelan atau anotasi dilakukan untuk menyematkan informasi seperti nama kelas serta posisi objek dalam bentuk bounding box yang akan dideteksi. Tahapan pelabelan ini dilakukan setelah data akuisisi diperoleh dalam bentuk rekaman video. Data berupa video tersebut kemudian diproses menjadi kumpulan gambar.

Proses pelabelan dibagi menjadi tiga kelas, yaitu helmet (menggunakan helm), no-helmet (tanpa helm), dan rider (pengendara). Untuk kelas kategori Rider, area yang dilabeli

mencakup dari kepala hingga roda motor. Sementara itu, pada kategori helm dan no-helmet, pelabelan dimulai dari bagian kepala atau helm, hingga ke bagian leher pengendara. Pelabelan atau anotasi data dilakukan dengan menggunakan platform open source Roboflow

4. Augmentasi Data

Setelah proses anotasi selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah proses augmentasi, yang merupakan proses memodifikasi atau merubah citra gambar, hal ini bertujuan untuk menambah varietas data citra. Augmentasi juga dapat berfungsi untuk memperbanyak jumlah citra pada dataset. Proses augmentasi data dilakukan dengan menggunakan roboflow. Beberapa jenis augmentasi yang digunakan antara lain: (1) Transformasi Flip-vertikal, yaitu membalik gambar secara vertikal untuk menambah variasi sudut pandang, sehingga model mampu mengenali objek dari berbagai arah; (2) Transformasi Noise, yaitu menambahkan gangguan visual berupa bintik-bintik putih dengan intensitas 0,1 persen untuk meniru kondisi gambar yang kurang ideal, melatih model agar tetap akurat meskipun kualitas gambar tidak sempurna; (3) Transformasi Rotate, yaitu memutar gambar sebesar 15 derajat untuk menambah keragaman orientasi, sehingga model lebih fleksibel dalam mendeteksi objek; dan (4) Transformasi Rotasi 90 derajat, yang dilakukan menggunakan platform Roboflow dengan menyesuaikan tingkat kecerahan gambar untuk melatih model mengenali objek dalam kondisi pencahayaan yang berbeda, baik terang maupun redup. Teknik augmentasi ini secara keseluruhan bertujuan meningkatkan ketahanan model terhadap variasi visual dan memperluas cakupan data pelatihan, sehingga mengurangi risiko overfitting dan meningkatkan akurasi deteksi objek.

5. Resize Data

Setelah proses augmentasi selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan resize terhadap data citra. Proses resize diperlukan karena algoritma YOLOv7 membutuhkan input citra dengan dimensi yang seragam agar dapat diproses secara optimal oleh jaringan neural. Dalam penelitian ini, seluruh citra akan disesuaikan ke dalam resolusi 640×640 piksel. Penyeragaman ukuran ini bertujuan untuk memastikan konsistensi dimensi antar citra sebelum digunakan dalam proses pelatihan model.

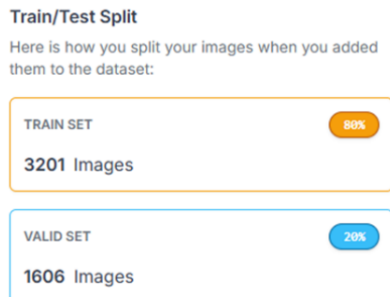


Gambar 1. Resize Data

Gambar 3, menunjukkan hasil dari resize data menjadi ukuran 640x640.

6. Split Data

Setelah tahap augmentasi data citra diselesaikan, langkah selanjutnya adalah melakukan proses split data. Proses ini bertujuan untuk membagi dataset citra ke dalam dua subset utama, yaitu data training dan data validasi. Dalam penelitian ini, pembagian data dilakukan dengan proporsi 80% untuk data training dan 20% untuk data validasi. Pembagian ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa model memperoleh data yang cukup untuk proses pembelajaran, sekaligus menyediakan data yang representatif untuk mengevaluasi performa model secara objektif selama proses pelatihan.



Gambar 4 Split Data

Gambar 4 menunjukkan proses split data yang dilakukan pada platform Roboflow, di mana dataset citra dibagi dengan rasio 80:20, yaitu 80% untuk training set dan 20% untuk validation set. Platform Roboflow menyediakan fitur duplikasi dataset yang memungkinkan penggandaan jumlah citra guna meningkatkan variasi dan keragaman data. Fitur ini digunakan untuk memperkaya dataset, sehingga model dapat dilatih dengan data yang lebih beragam dan representatif.

C. YOLO

YOLO (You Only Look Once) merupakan algoritma deteksi objek satu tahap yang menjalankan proses deteksi hanya dalam satu langkah forward propagation pada jaringan saraf. Citra input dibagi menjadi grid berukuran $S \times S$, di mana setiap sel pada grid bertugas untuk

memprediksi bounding box serta confidence score yang merepresentasikan kemungkinan keberadaan objek berdasarkan letaknya (Ramadah, Wibawa, and Rizal 2022).

D. YOLOv7

Model YOLOv7 menghadirkan peningkatan signifikan dalam arsitekturnya melalui penerapan dua komponen utama, yaitu Extended Efficient Layer Aggregation Network (E-ELAN) dan Trainable Bag of Freebies (BoF). Inovasi ini dirancang untuk mengoptimalkan proses pelatihan model dengan cara meningkatkan akurasi secara efisien, terutama melalui strategi penetapan label yang lebih efektif selama proses pelatihan.

Komponen E-ELAN memainkan peran penting dalam memperkuat proses pembelajaran jaringan dengan cara memperluas dan menggabungkan cardinality (jumlah jalur paralel dalam jaringan) tanpa harus mengubah struktur transisi data yang telah ada. Pendekatan ini memungkinkan jaringan untuk menyerap informasi lebih banyak dari berbagai jalur representasi, sehingga mendukung pembelajaran yang lebih dalam dan kaya.

Selain itu, penggunaan convolution group dalam arsitektur YOLOv7 memberikan efisiensi yang lebih tinggi dalam proses ekstraksi fitur serta representasi data. Teknik ini membagi proses konvolusi menjadi beberapa bagian terpisah yang diproses secara paralel, sehingga tidak hanya mengurangi beban komputasi, tetapi juga mempertahankan kualitas informasi yang diekstrak dari citra. Dengan kombinasi elemen-elemen tersebut, YOLOv7 berhasil menciptakan model deteksi objek yang tidak hanya akurat, tetapi juga cepat dan efisien dalam praktik nyata (Wang, Bochkovskiy, and Liao 2023).

a) Fine-Tuning Model

Fine-tuning merupakan proses pelatihan lanjutan yang dilakukan terhadap model yang sebelumnya telah melalui tahap pelatihan awal pada dataset tertentu. Proses ini bertujuan untuk menyesuaikan parameter model agar lebih optimal dalam mendeteksi objek yang relevan sesuai dengan konteks penelitian. Untuk memastikan bahwa representasi awal tidak mengalami perubahan yang signifikan, bagian backbone model difreeze untuk mempertahankan fitur-fitur penting yang telah dipelajari selama tahap fine-tuning. Selanjutnya, pengaturan hyperparameter, seperti learning rate, dilakukan

secara cermat guna memperoleh performa terbaik selama proses pelatihan lanjutan berlangsung.

E. Training Dataset

Pada tahap pelatihan model dalam penelitian ini, pada tabel 3.2 menunjukkan pemilihan nilai learning-rate sebesar 0,001, yang merupakan konfigurasi standar dari algoritma YOLOv7. Nilai learning rate yang relatif kecil berdampak pada proses pelatihan yang berlangsung lebih lama, namun memberikan keuntungan dalam meningkatkan stabilitas serta akurasi model secara keseluruhan. Proses pelatihan dilakukan dengan skenario pembagian data menggunakan rasio 80:20, yakni 80% untuk training set dan 20% untuk validation set, dengan total data citra sebanyak 8,000 gambar. Pelatihan dilakukan selama 50 epoch untuk memastikan model memperoleh pemahaman optimal terhadap pola data. Pada pelatihan ini dilakukan fine tuning yang merupakan pelatihan lanjutan pada model yang telah melalui pre-train dengan dataset besar, untuk menyesuaikan model pada konteks spesifik. Proses ini melibatkan freezing pada agar fitur dasar tetap terjaga, serta penyesuaian hyperparameter seperti learning rate untuk mengoptimalkan akurasi deteksi sesuai kebutuhan penelitian.

Tabel 2. Konfigurasi *Hyperparameter*

Nama Parameter	Nilai
Jumlah Kelas	3
Ukuran dimensi citra	640
Batch Size	16
Epoch	50
Learning Rate	0.001

F. Hasil Training

Model yang telah melalui proses dan fine tuning selanjutnya dievaluasi menggunakan data uji untuk menilai kemampuan deteksi objek secara menyeluruh. Evaluasi dilakukan guna mengukur akurasi dan performa model dalam mengidentifikasi penggunaan helm pada pengendara sepeda motor. Proses evaluasi kinerja dilakukan dengan menggunakan metrik evaluasi seperti precision, recall, mean Average Precision (mAP), yang berfungsi untuk memastikan bahwa model mampu mendeteksi objek secara tepat dan konsisten dalam berbagai kondisi..

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini merupakan hasil perancangan yang telah dilakukan termasuk hasil dari model YOLOv7 yang telah dibuat serta melakukan pengujian terhadap hasil training model pada dataset dalam melakukan deteksi pengendara sepeda motor.

A. Evaluasi Pada Kondisi Minim Cahaya

Evaluasi lanjutan dilakukan untuk mengukur seberapa efektif metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) saat digunakan dalam situasi dengan pencahayaan minim. Pengujian dilakukan menggunakan rekaman video malam hari di sekitar area lampu lalu lintas, di mana pencahayaan biasanya lemah dan kualitas visual cenderung rendah. Hasil menunjukkan bahwa penerapan CLAHE pada YOLOv7 meningkatkan kemampuan model dalam mengenali objek, terutama pada kategori no-helmet dan rider. Sebaliknya, model YOLOv7 tanpa penerapan CLAHE hanya mampu mendeteksi objek dalam kategori rider saja.



Gambar 5 Hasil Clahe

Gambar 5 menunjukkan hasil dari preprocessing clahe yang meratakan rentang cahaya dari tiap regionnya. Hal tersebut dapat merubah gambar yang awalnya memiliki pencahayaan yang rendah menjadi pencahayaan yang cukup merata.

B. Train dan Perbandingan Hasil Model

Pelatihan ini menggunakan data primer yang diperoleh dari perekaman video di lokasi lampu lalu lintas yang dipilih karena relevansinya dengan permasalahan penelitian. Melalui serangkaian uji coba, diperoleh hasil evaluasi sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Train Model YOLOv7 + CLAHE

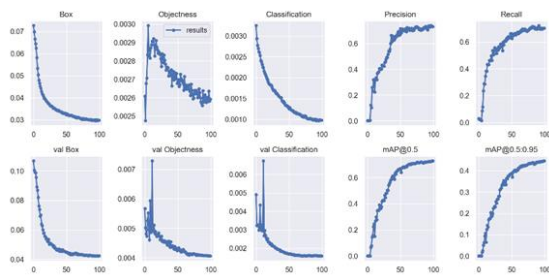
Kelas	Precision	Recall	mAP
All Class	0.884	0.873	0.92
Helmet	0.893	0.839	0.908
No-helmet	0.9	0.82	0.908
Rider	0.858	0.961	0.966

Tabel 3. Hasil Train Model YOLOv7

Kelas	Precision	Recall	mAP
All Class	0.731	0.704	0.728
Helmet	0.709	0.639	0.667
No-helmet	0.785	0.638	0.723
Rider	0.698	0.835	0.794

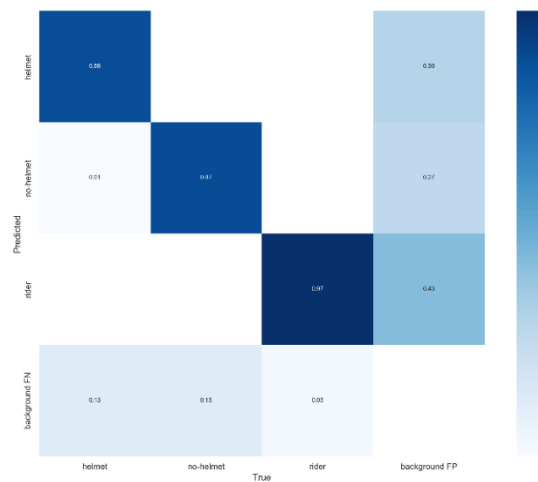
Berdasarkan analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil training dari kedua jenis skenario, yaitu pelatihan YOLOv7 + CLAHE mendapatkan hasil lebih tinggi dalam deteksi pada setiap kelasnya maupun semua kelasnya, dengan hasil evaluasi pada all class mendapatkan nilai precision 0,884, recall 0,873 serta mAP 0,92. Sedangkan untuk model YOLOv7 mendapatkan hasil evaluasi yang lebih rendah pada semua kelas maupun tiap kelasnya. Evaluasi all class pada model YOLOv7 mendapatkan nilai precision 0,731, recall 0,704, mAP 0,728.

C. Hasil Visualisasi



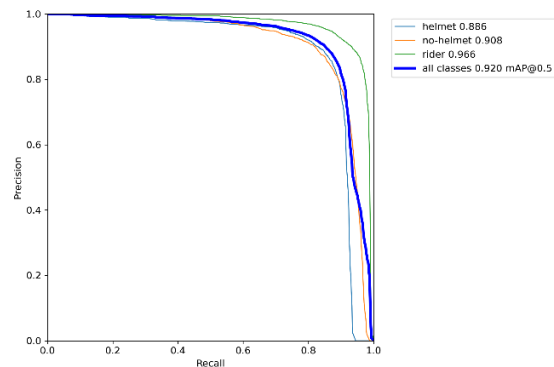
Gambar 6. Visualisasi Nilai Akhir Model YOLOv7 + CLAHE

Berdasarkan hasil visualisasi pada Gambar 6 menunjukkan hasil pelatihan YOLOv7 dengan CLAHE selama 50 epoch, di mana train dan validation loss (Box, Objectness, Classification) menurun stabil, hal tersebut menandakan pembelajaran yang baik tanpa overfitting. Precision dan recall meningkat secara signifikan, masing – masing mencapai lebih dari 0,85 dan 0,9. Nilai mAP@0.5 sekitar 0,9 dan mAP@0.5:0.95 sekitar 0,6, yang menunjukkan kinerja deteksi yang sangat baik. Hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan CLAHE efektif dalam meningkatkan performa YOLOv7 pada kondisi pencahayaan rendah.



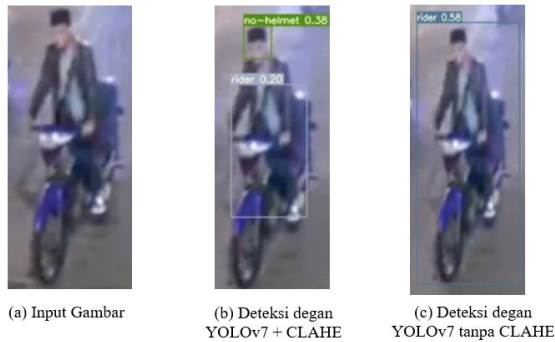
Gambar 7. Confusion Matrix model YOLOv7 + CLAHE

Gambar 7 menunjukkan grafik confusion matrix dari hasil pelatihan model YOLOv7 yang dikombinasikan dengan CLAHE menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan objek ke dalam 3 kelas, yaitu helmet, no-helmet, dan rider, dengan hasil tingkat akurasi yang baik. Hasil ini mengindikasikan bahwa model memiliki performa deteksi yang andal dan mampu membedakan antar kelas secara efektif.



Gambar 8. Precision-Recall Curve model YOLOv7 + CLAHE

Gambar 8 menampilkan kurva precision recall hasil pelatihan model YOLOv7 dengan CLAHE memperlihatkan bahwa model memiliki performa yang sangat baik dalam mendeteksi tiga kategori objek, yaitu helmet, no-helmet dan rider. Nilai mAP@0.5 mencapai 0,920 untuk seluruh kelas yang menunjukkan bahwa model mampu menjadaga keseimbangan yang optimal antara presisi dan recall, yang menjadi indikator penting dalam efektivitas deteksi objek.



Gambar 9. Hasil Deteksi model YOLOv7 + CLAHE dan YOLOv7 tanpa CLAHE

Gambar 9 menunjukkan hasil deteksi dari model pada kondisi nyata di lalu lintas, data diambil pada waktu malam hari, model YOLOv7 dengan CLAHE dapat mendeteksi objek pada kelas no-helmet dan rider, sedangkan sebaliknya untuk model YOLOv7 hanya dapat mendeteksi objek pada kelas rider. Dengan hasil tersebut model YOLOv7 dengan penerapan CLAHE terbukti efektif dalam melakukan deteksi dalam kondisi pencahayaan yang rendah.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi pelanggaran penggunaan helm bagi pengendara sepeda motor di area lampu lalu lintas dengan pemanfaatan algoritma YOLOv7 yang dioptimalkan melalui penerapan teknik peningkatan citra Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), khususnya untuk kondisi pencahayaan rendah (low light). Berdasarkan hasil evaluasi, penggunaan CLAHE terbukti mampu meningkatkan kualitas citra secara signifikan, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap peningkatan akurasi deteksi objek oleh YOLOv7.

Model yang dikembangkan menunjukkan kinerja deteksi yang andal, baik dari segi akurasi maupun kecepatan, sehingga layak untuk diterapkan dalam skenario pemantauan lalu lintas secara real time. Dengan demikian, pendekatan ini memiliki potensi untuk menjadi solusi yang efektif dalam mendukung penegakan hukum di bidang keselamatan lalu lintas, khususnya dalam meningkatkan kepatuhan terhadap penggunaan helm oleh pengendara sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Heryono, Dedy, Maslina, and LM Zainul. 2020. "Hubungan Tingkat Pengetahuan Terhadap Kepatuhan Safety Riding Pada Remaja Di Sma Negeri 8 Balikpapan." *Identifikasi* 6(2): 314–20.
- Kusuma, Tsabita Al Asshifa Hadi, Koredianto Usman, and Sofia Saidah. 2021. "People Counting for Public Transportations Using You Only Look Once Method." *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)* 2(1): 57–66. doi:10.20884/1.jutif.2021.2.2.77.
- Maulidati, N, A D N Cahyo, K Irodattillah, and F Triawan. 2021. "Armadillo Modelled Foldable Motorcycle Helmet: A Preliminary Design Concept for Rider in Indonesia." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098(6): 062105. doi:10.1088/1757-899x/1098/6/062105.
- Mudjirahardjo, Panca. 2024. "The Effect of Grayscale, CLAHE Image and Filter Images in Convolution Process." *Int. j. adv. multidisc. res. stud* 4(3): 943–46. www.multiresearchjournal.com.
- Poerwandono, Edhy & Barronzoeputra, Gaoeng. 2024. "Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLOv8) Untuk Mendeteksi Pelanggaran Lalu Lintas Berupa Tidak Menggunakan Helm (Studi Kasus Di Jatiasih, Bekasi)." 5(3): 3237–47.
- Pratama, Muhammad Rafli, Shafira Zahrah Hidayat, Abdul Rahman Nuruddin, Hamida Wefi Niamaputri, and Kata Kunci. 2025. "Optimasi Peningkatan Kontras Gambar Menggunakan Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets Dan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)." 4(1): 307–17. doi:10.31284/p.semtik.2025-1.6884.
- Ramadah, Fadilah, Prasetya Dwi Wibawa, and Achmad Rizal. 2022. "Sistem Deteksi Api Menggunakan Pengolahan Citra Pada Webcam Dengan Metode YOLOV3." *e-Proceeding of Engineering* 9(2): 226–31.
- Saputra, Ardimas, Alvian Ramadan, ABIZAR ALGIFARIH, Dewi Wulandari, and Munaya Fauziah. 2021. "Description of Safety Riding Behavior and Knowledge in Adolescents in The South Tangerang Area." *Muhammadiyah International Public Health and Medicine Proceeding* 1(1): 499–514.

- doi:10.53947/miphmp.v1i1.95.
- Tsai, Chun Ming, Jun Wei Hsieh, Ming Ching Chang, Guan Lin He, Ping Yang Chen, Wei Tsung Chang, and Yi Kuan Hsieh. 2023. "Video Analytics for Detecting Motorcyclist Helmet Rule Violations." *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* 2023-June: 5366–74. doi:10.1109/CVPRW59228.2023.00566.
- Wang, Chien-Yao, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao. 2023. "YOLOv7." *Cvpr*: 7464–75.
- Attaqwa, S. I., Puspaningrum, E. Y., Saputra, W. S. J., Pembangunan, U., Veteran, N., Timur, J., & Anyar, G. (2024). Implementasi Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Dalam Pengolahan Generative. 12(3).
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Cao, L., Zheng, X., & Fang, L. (2023). The Semantic Segmentation of Standing Tree Images Based on the Yolo V7 Deep Learning Algorithm. *Electronics (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/electronics12040929>
- Dhutanggara, A., Handayani, D., Ningsih, U., & Zuliarso, E. (n.d.). Optimasi Sistem Smart Parking Menggunakan Metode YOLO dan Algoritma A* (A-star). 852–861.
- Huang, X., Zhang, J., & Lin, Y. (2023). Intelligent Parking System Based on Big Data and Internet of Things. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 42, 733–742. <https://doi.org/10.3233/ATDE231013>
- Kusuma, T. A. A. H., Usman, K., & Saidah, S. (2021). People Counting for Public Transportations Using You Only Look Once Method. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 2(1), 57–66. <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2021.2.2.77>
- Mudjirahardjo, P. (2024). The Effect of Grayscale, CLAHE Image and Filter Images in Convolution Process. *Int. j. Adv. Multidisc. Res. Stud*, 4(3), 943–946.
- Phimphisan, S., & Sriwiboon, N. (2024). A Customized CNN Architecture with CLAHE for Multi-Stage Diabetic Retinopathy Classification. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 14(6), 18258–18263. <https://doi.org/10.48084/etasr.8932>
- Pratama, M. R., Hidayat, S. Z., Nuruddin, A. R., Niamaputri, H. W., & Kunci, K. (2025). Optimasi Peningkatan Kontras Gambar Menggunakan Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets dan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). 4(1), 307–317. <https://doi.org/10.31284/p.semtik.2025-1.6884>
- Rachmawati, F., & Widhyaestoeti, D. (2020). Deteksi Jumlah Kendaraan di Jalur SSA Kota Bogor Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLO. *Prosiding LPPM UIKA Bogor*, 360–370.
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2023a). YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors. 7464–7475. <https://doi.org/10.1109/cvpr52729.2023.00721>
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2023b). YOLOv7. *Cvpr*, 7464–7475.