

Implementasi Algoritma *You Only Look Once* (YOLOv8) untuk Mendeteksi Pelanggaran Lalu Lintas Berupa Tidak Menggunakan Helm (Studi Kasus di Jatiasih, Bekasi)

Edhy Poerwandono¹, Gaoeng Qalibun Barronzoeputra^{2*}

^{1,2*} Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia.

Email: eddypurwandana@gmail.com¹, gaoengqalibun99@gmail.com^{2*}

Histori Artikel:

Dikirim 29 Juli 2024; *Diterima dalam bentuk revisi* 10 Agustus 2024; *Diterima* 20 Agustus 2024; *Diterbitkan* 20 September 2024. Semua hak dilindungi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) STMIK Indonesia Banda Aceh.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma You Only Look Once (YOLO) dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas berupa pengendara yang tidak menggunakan helm di Jatiasih, Bekasi. Permasalahan yang diteliti adalah tingginya angka pelanggaran berupa pengendara yang tidak menggunakan helm yang berperan vital untuk melindungi pengendara dari bahaya. Solusi yang diharapkan adalah pengembangan sistem deteksi otomatis yang mampu mengidentifikasi pelanggaran ini dengan tingkat akurasi yang tinggi. Obyek penelitian adalah pengendara sepeda motor di wilayah Jatiasih, Bekasi. Metode penelitian yang digunakan meliputi penerapan algoritma YOLO pada rekaman video dari kamera pengawas di beberapa titik pantau. Pemrosesan data video dilakukan oleh laptop dan perangkat lunak berbasis algoritma YOLO. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung upaya penegakan hukum, meningkatkan kesadaran menggunakan helm, dan meningkatkan keselamatan berkendara di jalan raya dengan membangun sistem deteksi otomatis yang dapat mengidentifikasi pelanggaran berupa tidak menggunakan helm. Hasil penelitian ini akan menunjukkan betapa efektifnya algoritma YOLO untuk menemukan pelanggaran lalu lintas.

Kata Kunci: YOLO; Pelanggaran Lalu Lintas; Helm; Deteksi Otomatis; Keselamatan Berkendara.

Abstract

This research aims to implement the You Only Look Once (YOLO) algorithm in detecting traffic violations in the form of riders who do not use helmets in Jatiasih, Bekasi. The problem studied is the high number of violations in the form of riders who do not use helmets which play a vital role in protecting riders from danger. The expected solution is the development of an automatic detection system that is able to identify this offence with a high level of accuracy. The object of the research is motorcyclists in Jatiasih, Bekasi. The research method used includes applying the YOLO algorithm to video recordings from surveillance cameras at several monitoring points. Video data processing is done by a laptop and YOLO algorithm-based software. The results of this research are expected to support law enforcement efforts, increase awareness of helmet use, and improve road safety by building an automatic detection system that can identify offences such as not wearing a helmet. The results of this research will show how effective the YOLO algorithm is for spotting traffic offences.

Keyword: YOLO; Traffic Violation; Helmet; Automatic Detection; Driving Safety.

1. Pendahuluan

Keselamatan lalu lintas menjadi salah satu isu krusial yang terus diperhatikan oleh pemerintah di berbagai negara, termasuk Indonesia. Kecelakaan lalu lintas yang melibatkan pengendara sepeda motor sering kali mengakibatkan cedera serius, terutama pada bagian kepala. Helm berfungsi sebagai alat pelindung yang penting, didesain untuk melindungi pengendara dari benturan saat kecelakaan terjadi. Helm biasanya terbuat dari bahan yang kuat seperti *kenlar*, serat resin, atau plastik, yang dirancang untuk menahan dampak benturan keras (Azizah *et al.*, 2020). Di Indonesia, penggunaan helm diatur melalui Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 Pasal 57 Ayat 1 dan 2, yang mewajibkan pengendara sepeda motor dan penumpangnya menggunakan helm yang sesuai standar. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa helm dapat mengurangi risiko cedera kepala secara signifikan dalam kecelakaan lalu lintas. Menurut Menon *et al.* (2021), penggunaan helm dapat menurunkan kemungkinan cedera kepala hingga 60%. Meskipun demikian, pelanggaran terhadap peraturan penggunaan helm masih sering terjadi di lapangan, terutama di wilayah dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Hal ini menunjukkan masih kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya keselamatan diri saat berkendara serta lemahnya penegakan hukum di beberapa daerah. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan alat bantu berbasis komputer semakin banyak digunakan untuk mendukung upaya penegakan hukum. Teknologi *computer vision* kini memainkan peran penting dalam sistem pengawasan lalu lintas, terutama untuk mendeteksi pelanggaran secara otomatis. Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) merupakan salah satu algoritma deteksi objek yang paling populer untuk aplikasi real-time. Algoritma ini mampu mendeteksi objek dalam satu kali pemrosesan gambar, yang membuatnya efisien dan cocok untuk digunakan dalam sistem pengawasan otomatis (Redmon *et al.*, 2016).

Penggunaan algoritma YOLO dalam berbagai penelitian telah membuktikan efektivitasnya, terutama dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas. Studi yang dilakukan oleh Darmawan *et al.* (2023) mengimplementasikan YOLO untuk mendeteksi penggunaan masker pada video CCTV. Sementara itu, penelitian Susanti *et al.* (2023) berhasil mengembangkan sistem absensi berbasis pengenalan wajah dengan menggunakan YOLOv5. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Jupiter *et al.* (2023) menunjukkan bahwa YOLO dapat mendeteksi jenis kendaraan secara akurat di jalan raya dengan menggunakan kombinasi YOLO dan CNN. Namun, kebanyakan penelitian yang telah dilakukan masih dilakukan pada lingkungan yang terkendali, di mana variabel seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan kondisi kamera dapat diatur sedemikian rupa untuk mencapai hasil optimal (Yu & Zhang, 2021). Penerapan YOLO dalam situasi yang tidak terprediksi, seperti di jalanan dengan berbagai kondisi lingkungan, memerlukan pengujian lebih lanjut. Mailoa dan Santoso (2022) menyatakan bahwa dalam lingkungan yang lebih dinamis, model YOLO membutuhkan adaptasi yang lebih kompleks untuk mencapai akurasi yang memadai.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma YOLO dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas berupa tidak menggunakan helm di Jatiasih, Bekasi. Data yang digunakan berupa video dari kamera pengawas di beberapa titik jalan di Jatiasih, yang kemudian diolah menggunakan algoritma YOLO untuk mendeteksi pelanggaran tersebut. Berdasarkan penelitian sebelumnya, Ghulam *et al.* (2023) menemukan bahwa YOLO dapat digunakan untuk mendeteksi kecelakaan lalu lintas dengan akurasi yang tinggi, sehingga algoritma ini memiliki potensi besar untuk mendukung penegakan hukum dalam hal keselamatan berkendara. Dengan adanya sistem deteksi otomatis berbasis YOLO, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap upaya penegakan hukum, peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya keselamatan berkendara, serta peningkatan kepatuhan terhadap peraturan lalu lintas. Sistem yang dikembangkan melalui penelitian ini diharapkan mampu mendukung pengurangan jumlah pelanggaran lalu lintas dan kecelakaan di jalan raya, terutama terkait penggunaan helm.

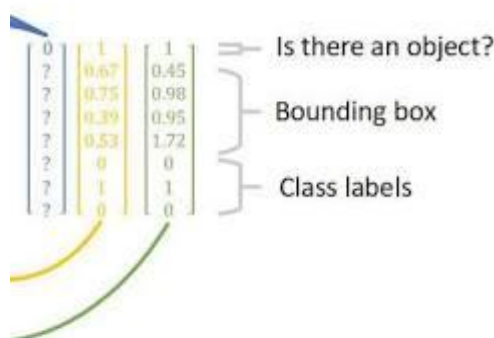
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif, melalui serangkaian tahapan sistematis untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu mengembangkan sistem deteksi otomatis berbasis algoritma *You Only Look Once* (YOLO) untuk mengidentifikasi pelanggaran lalu lintas berupa pengendara sepeda motor yang tidak menggunakan helm di Jatiasih, Bekasi. Tahapan penelitian ini melibatkan pengumpulan data, pemrosesan awal (*preprocessing*), pelatihan dan pengujian model, serta evaluasi hasil deteksi. Setiap tahapan dirancang dengan cermat untuk memastikan bahwa sistem yang dihasilkan mampu beroperasi dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam lingkungan nyata. Tahap pertama adalah pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari gambar dan video pengendara sepeda motor yang diambil di beberapa titik pengawasan di Jatiasih, Bekasi. Dataset yang diperoleh terdiri dari gambar pengendara yang diklasifikasikan berdasarkan penggunaan helm atau tidak. Gambar-gambar ini kemudian dilabeli secara manual untuk mencantumkan informasi apakah pengendara menggunakan helm atau tidak. Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan dan melalui rekaman video dari kamera pengawas yang terpasang di beberapa lokasi strategis. Dengan adanya variasi sudut pengambilan gambar dan kondisi pencahayaan yang berbeda-beda, data yang dikumpulkan diharapkan dapat mencerminkan kondisi nyata di jalan raya.

Setelah data terkumpul, tahap selanjutnya adalah *preprocessing* atau pemrosesan awal. *Preprocessing* merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa data yang digunakan dalam model berada dalam kondisi yang optimal. Data yang dikumpulkan dari lapangan sering kali memerlukan pembersihan dan penyesuaian agar konsisten dan siap digunakan dalam model. Dalam penelitian ini, *preprocessing* mencakup konversi format gambar, normalisasi, dan pelabelan ulang apabila diperlukan. Normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala nilai pada setiap gambar, sedangkan pelabelan ulang dilakukan untuk memastikan konsistensi antara data pelatihan dan data uji. Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data dan mengurangi kemungkinan kesalahan dalam deteksi oleh model. Tahap berikutnya adalah implementasi model YOLO. YOLO, yang merupakan algoritma deteksi objek, dipilih karena kemampuannya yang luar biasa dalam mendeteksi objek secara real-time. Penelitian ini menggunakan model YOLO yang telah dilatih sebelumnya (*pre-trained model*), yang kemudian disesuaikan dengan dataset yang digunakan dalam penelitian ini. Kecepatan dan akurasi YOLO membuatnya sangat sesuai untuk aplikasi yang memerlukan deteksi langsung, seperti pengawasan lalu lintas. Model YOLO dilatih menggunakan dataset yang beragam, sehingga mampu mendeteksi berbagai objek, termasuk manusia dan helm. Algoritma YOLO bekerja dengan membagi gambar input menjadi grid kecil, di mana setiap sel dalam grid bertanggung jawab untuk memprediksi kotak pembatas (*bounding box*) dan kelas objek di dalamnya.

Pelatihan model dilakukan dengan menggunakan dataset pelatihan, sedangkan dataset uji digunakan untuk mengukur akurasi model dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas berupa pengendara yang tidak menggunakan helm. Proses pelatihan model melibatkan optimasi parameter untuk memaksimalkan kinerja deteksi. Penggunaan dataset validasi juga dimaksudkan untuk menghindari masalah *overfitting*, yaitu ketika model terlalu menyesuaikan dengan data pelatihan sehingga tidak bekerja dengan baik pada data uji. Setelah model selesai dilatih, dilakukan pengujian dengan menggunakan dataset uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas secara akurat. Pengukuran kinerja model dilakukan dengan menggunakan beberapa metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score. Akurasi mengukur seberapa sering model membuat prediksi yang benar, sedangkan presisi mengukur seberapa tepat model dalam mendeteksi objek yang relevan. *Recall* mengukur kemampuan model untuk mendeteksi semua objek yang relevan, sementara F1-score merupakan ukuran harmonisasi antara presisi dan *recall*. Tahap terakhir dari penelitian ini adalah evaluasi hasil deteksi. Pada tahap ini, hasil prediksi model dibandingkan dengan label asli data untuk menghitung metrik kinerja yang disebutkan di atas. Evaluasi ini sangat penting untuk menentukan efektivitas model dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas serta mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan lebih lanjut. Hasil evaluasi diharapkan

dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai seberapa baik model YOLO dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas di lingkungan nyata dan memberikan masukan bagi pengembangan model di masa depan.



Gambar 1. Ilustrasi cara kerja YOLO

Gambar di atas menunjukkan bagaimana sebuah gambar dibagi menjadi grid dan setiap sel memprediksi beberapa *bounding box*. *Bounding box* yang memiliki skor kepercayaan tertinggi dan tidak overlap dengan *bounding box* lain akan menjadi *output* akhir.

Tabel 1. Spesifikasi *Hardware*

<i>Hardware</i>	Fungsi	Spesifikasi
Lenovo G40	Membuat Program berbasis Python	RAM 8GB Intel Corei3
Realme GT Neo 3T	Merekam video yang dijadikan sebagai Dataset	RAM 8GB Snapdragon 877

Tabel 2. Spesifikasi *Software*

<i>Software</i>	Fungsi
Google Colab	Membuat dan mengolah file pelatihan gambar dataset yang sudah di kumpulan dan sudah di labeling
Thonny v4.1.4	Program untuk mengolah Bahasa Python
Python 3.10.7	Bahasa Pemograman

Tabel 3. *Dataset*

<i>Hardware</i>	Jumlah	Rincian
Dataset Video kondisi Jalan di Jatiasih	5 video yang di ambil dari 5 titik di Jatiasih	Durasi 5-15 menit dengan size 300-1.2GB Resolusi 1080p 60fps
Gambar Dataset Helm 1	53 data Test 1110 data Train 105 data Valid	Sudah memiliki label dan classification
Gambar Dataset Helm 2	83 data Test 349 data Train 91 data Valid	Sudah memiliki label dan classification

YOLOv8 merupakan generasi terbaru dari algoritma deteksi objek YOLO yang dikembangkan oleh Ultralytics pada tahun 2020. Model ini adalah penerus dari YOLOv7 dan telah mengalami sejumlah peningkatan signifikan dalam aspek akurasi, kecepatan, serta fleksibilitas. Peningkatan kinerja pada YOLOv8 menjadikannya lebih unggul dibandingkan dengan versi sebelumnya, terutama dalam hal kecepatan inferensi dan akurasi deteksi, sehingga sangat cocok untuk berbagai aplikasi real-time yang memerlukan deteksi cepat dan tepat. Selain itu, model ini menawarkan fleksibilitas yang lebih besar, memungkinkan pengguna untuk menyesuaikannya dengan berbagai tugas deteksi objek seperti deteksi objek instan, segmentasi, dan estimasi pose. Kemudahan penggunaan juga menjadi salah satu keunggulan YOLOv8. Model ini dilengkapi dengan antarmuka yang ramah pengguna dan dokumentasi yang lengkap, memudahkan para peneliti dan pengembang dalam mengimplementasikan model ini tanpa perlu pengetahuan teknis yang mendalam.

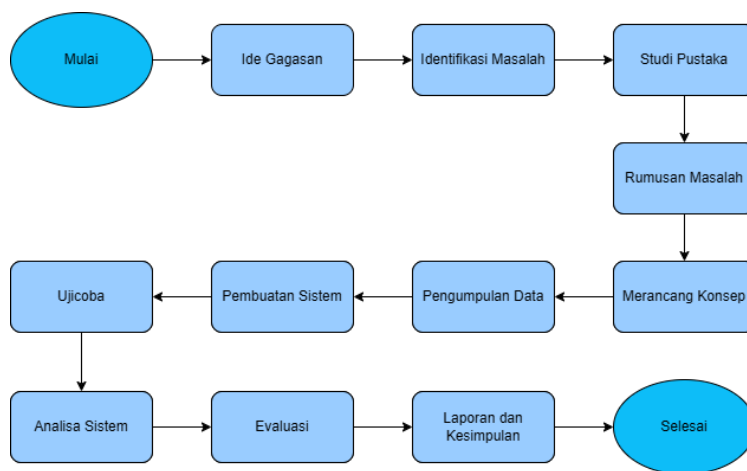
Selain itu, YOLOv8 tersedia secara open-source, memungkinkan komunitas global untuk berkontribusi dalam pengembangan dan peningkatan model secara berkelanjutan. Meskipun belum ada publikasi ilmiah yang secara resmi merinci seluruh perubahan pada YOLOv8, beberapa peningkatan yang dilaporkan mencakup arsitektur yang lebih efisien, yang memungkinkan model mencapai kinerja yang lebih baik dengan jumlah parameter yang lebih sedikit. Selain itu, *backbone* pada YOLOv8 telah ditingkatkan untuk menghasilkan fitur yang lebih representatif, sementara bagian *head*-nya telah didesain ulang untuk meningkatkan kemampuan dalam memprediksi *bounding box* dan kelas objek. Optimasi pada *loss function* juga dilakukan untuk meningkatkan akurasi hasil deteksi.

Tabel 4. Perbandingan YOLO

Model	Kecepatan	Akurasi	Fleksibilitas
YOLOv1	Sedang	Sedang	Rendah
YOLOv2	Cepat	Tinggi	Sedang
YOLOv3	Sangat Cepat	Tinggi	Tinggi
YOLOv4	Sangat Cepat	Sangat Tinggi	Tinggi
YOLOv8	Sangat Cepat	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi

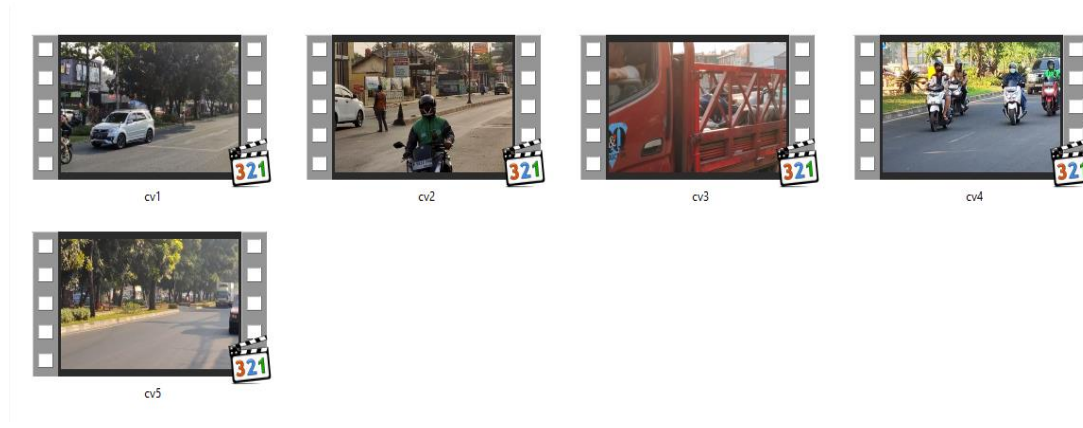
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil



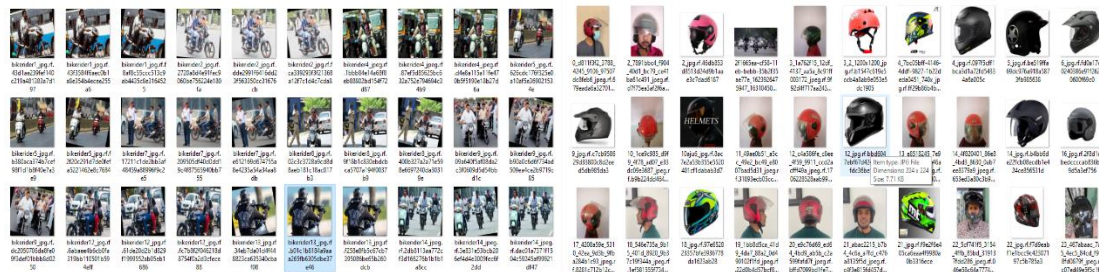
Gambar 2. Flowchart alur Kerangka Masalah

Flowchart ini menggambarkan alur proses penelitian sistem deteksi pelanggaran lalu lintas menggunakan YOLO. Dimulai dari ide gagasan, penelitian berlanjut dengan identifikasi masalah yang ingin dipecahkan. Tahap berikutnya melibatkan studi pustaka untuk memahami konteks dan solusi yang ada, diikuti dengan perancangan sistem deteksi yang mencakup desain dan spesifikasi teknis. Setelah perancangan, sistem diimplementasikan dan diuji untuk memastikan fungsionalitas dan akurasi. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menilai kinerja sistem. Proses diakhiri dengan kesimpulan dan saran berdasarkan temuan, memberikan rekomendasi untuk perbaikan atau penelitian lebih lanjut. Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengumpulkan dataset yang akan diuji, yaitu situasi di jalan yang ada di Jatiasih sebagai lokasi yang akan diujikan.



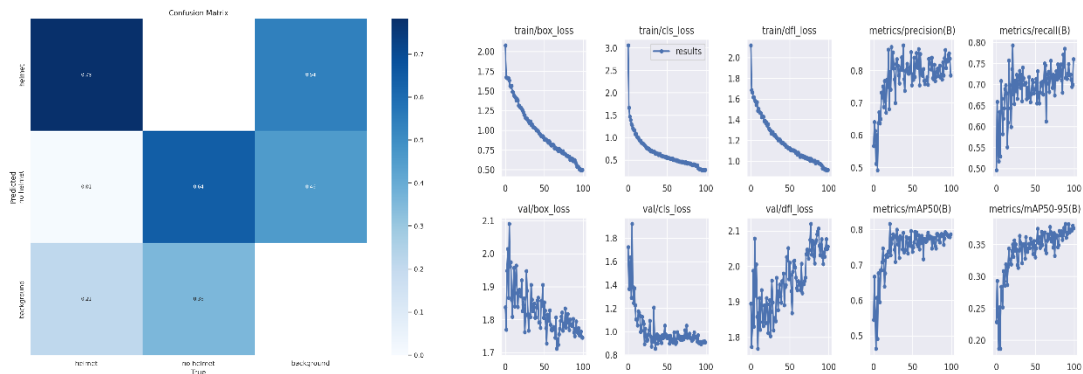
Gambar 3. Video Dataset

Kemudian di susul dengan mengambil foto berupa helm untuk di labeling dan di klasifikasikan dengan Labeling.



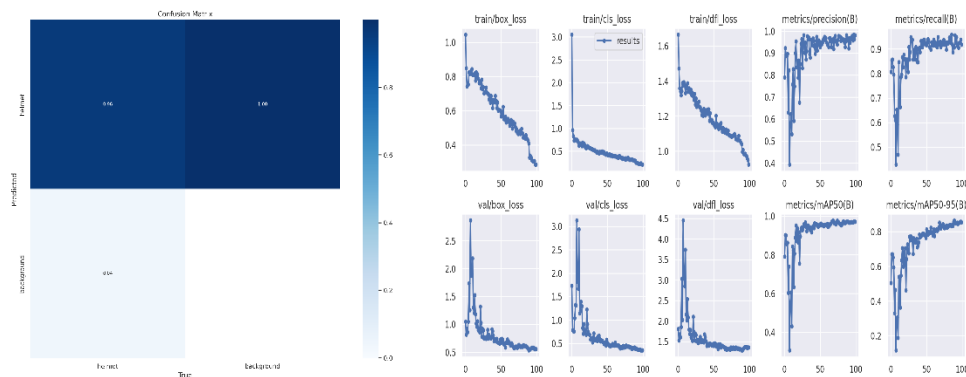
Gambar 4. Gambar Pengendara dan Helm

Setelah melakukan labeling terhadap gambar, gambar wajib di proses dengan menggunakan Google Colab yang bertujuan untuk menghasilkan file yang sudah terlatih yang bisa di gunakan. File berformat .ipynb yang di muat pada Colab kemudian harus dalam keadaan terhubung dengan Google Drive untuk mengakses data foto yang di simpan dalam Drive. Setelah selesai, saya mencoba mengukur *Confusion Matrix* dan penghitungan tertentu yang akan di jabarkan sebagai berikut:



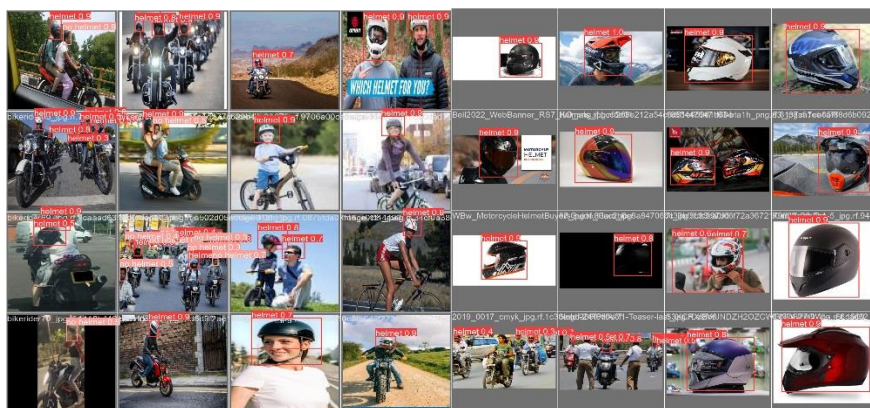
Gambar 5. Confusion Matrix dan Penghitungan Data Pertama

Dengan nilai presisi 0,78, matriks ini menunjukkan bahwa model memiliki kinerja terbaik dalam memprediksi kelas helm. Dengan nilai presisi 0,64 untuk kelas tanpa helm dan 0,64 untuk kelas latar belakang, model ini berkinerja buruk pada kedua prediksi tersebut. Kekurangan dan kelebihan model dapat diperkuat dengan bantuan matriks ini.



Gambar 6. Confusion Matrix dan Penghitungan Data Kedua

Matriks tersebut menunjukkan bahwa model tersebut telah melakukan kerja yang baik dalam mengklasifikasikan data, dengan nilai ketepatan yang tinggi untuk kelas "helmet" dan "background". Nilai yang ditunjukkan oleh sel-sel di baris dan lajur "helmet" menunjukkan bahwa 96% contoh yang benar-benar "helmet" telah diklasifikasikan secara akurat ke dalam kelas tertentu. Secara keseluruhan, matriks ini menunjukkan bahwa model ini berhasil membedakan "helmet" dari "background".



Gambar 7. Test Deteksi dengan sampel gambar

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, implementasi algoritma YOLOv8 dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas berupa pengendara sepeda motor yang tidak menggunakan helm menunjukkan efektivitas yang signifikan. Algoritma YOLO telah digunakan secara luas dalam berbagai studi sebelumnya, seperti yang diungkapkan oleh Azizah *et al.* (2020), yang memanfaatkan algoritma ini untuk mendeteksi objek kendaraan secara real-time. Penerapan YOLOv8 dalam penelitian ini membuktikan bahwa kecepatan dan akurasi algoritma dapat diterapkan pada skenario pengawasan lalu lintas, dengan hasil yang memuaskan. Keunggulan YOLOv8 dalam mendeteksi objek secara real-time telah dikonfirmasi oleh beberapa studi, termasuk penelitian Loudwyck *et al.* (2022), yang memanfaatkan YOLOv3 untuk mendeteksi sepeda motor yang melintasi trotoar. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa model YOLOv8, yang merupakan pengembangan dari versi sebelumnya, memiliki kinerja yang lebih baik dalam kondisi lingkungan yang dinamis, seperti variasi sudut kamera dan pencahayaan yang tidak ideal. Hal ini sejalan dengan temuan Darmawan *et al.* (2023) yang mengimplementasikan YOLO untuk mendeteksi penggunaan masker pada rekaman video CCTV, yang juga menunjukkan bahwa akurasi YOLO dalam mendeteksi objek dengan karakteristik tertentu tetap tinggi meskipun kondisi lingkungan berubah-ubah.

Pada penelitian ini, YOLOv8 berhasil mendeteksi pengendara sepeda motor yang tidak menggunakan helm dengan tingkat akurasi yang signifikan, berkat peningkatan pada arsitektur dan optimasi *loss function*. Jupiter *et al.* (2023) dalam penelitiannya mengenai penggunaan YOLO dan CNN untuk mendeteksi jenis kendaraan, menemukan bahwa kombinasi algoritma ini memberikan hasil yang akurat dalam deteksi objek yang kompleks, terutama di jalan raya. Peningkatan pada *backbone* YOLOv8, seperti yang dijelaskan oleh Mailoa dan Santoso (2022), juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan kemampuan deteksi objek yang lebih representatif, sehingga YOLOv8 mampu memprediksi objek dengan lebih baik dibandingkan dengan versi sebelumnya. Penelitian ini juga mengkonfirmasi bahwa YOLOv8 dapat berfungsi dengan baik dalam skenario pengawasan lalu lintas real-time. Ghulam *et al.* (2023) menyatakan bahwa algoritma YOLOv7 yang digunakan dalam pendeteksian kecelakaan lalu lintas menunjukkan kecepatan dan akurasi yang tinggi, namun YOLOv8 yang digunakan dalam penelitian ini menawarkan peningkatan yang lebih lanjut dari segi efisiensi dan fleksibilitas. Selain itu, Susanti *et al.* (2023) yang menggunakan YOLOv5 untuk sistem absensi berbasis pengenalan wajah, menunjukkan bagaimana model YOLO dapat diterapkan secara luas dalam berbagai aplikasi deteksi objek, termasuk dalam konteks lalu lintas. Meskipun demikian, ada beberapa kendala yang perlu diperhatikan dalam implementasi YOLOv8. Penelitian ini menemukan bahwa dalam kondisi pencahayaan rendah atau cuaca buruk, akurasi deteksi dapat menurun. Hal ini sejalan dengan temuan Yu dan Zhang (2021) yang menyebutkan bahwa peningkatan YOLOv4 dalam mendeteksi penggunaan masker juga menghadapi tantangan dalam kondisi lingkungan yang tidak ideal. Oleh karena itu, penyesuaian lebih lanjut dalam model atau penambahan sensor tambahan seperti kamera inframerah dapat meningkatkan performa deteksi di masa mendatang.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi algoritma YOLO dalam mendeteksi pelanggaran lalu lintas, khususnya dalam mengidentifikasi pengendara sepeda motor yang tidak menggunakan helm, telah berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan. Model yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang baik dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengklasifikasikan penggunaan helm, dengan nilai presisi yang signifikan untuk kelas "*helmet*". Hasil ini mendukung hipotesis bahwa sistem deteksi otomatis dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggunaan helm dan berkontribusi pada keselamatan berkendara di jalan raya. Ke depan, penelitian ini dapat diperluas dengan mengintegrasikan lebih banyak variabel, seperti kondisi cuaca dan jenis kendaraan, untuk meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, pengembangan sistem ini dapat diarahkan untuk diterapkan dalam skala yang lebih luas, termasuk penggunaan di berbagai lokasi dan situasi lalu lintas,

serta pengembangan aplikasi mobile yang dapat memberikan umpan balik langsung kepada pengendara mengenai kepatuhan mereka terhadap peraturan keselamatan. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan sistem deteksi ini dapat berkontribusi lebih besar dalam membantu pihak Kepolisian dalam upaya penegakan hukum dan peningkatan keselamatan lalu lintas di Indonesia.

5. Ucapan Terima Kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Edhy Poerwandono selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, saran, serta motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini. Bapak telah memberikan arahan dan masukan yang konstruktif sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Bpk. Putu Bian dan Satuan Lalu Lintas Polres Metro Bekasi yang telah memberikan data pendukung yang sangat membantu dalam penyusunan tugas akhir ini. Bantuan dan kerja sama yang diberikan sangat berarti bagi kelancaran penelitian saya. Tak lupa, saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh civitas akademika STIKOM CKI atas segala dukungan dan fasilitas yang diberikan selama masa studi. Tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, tugas akhir ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Akhir kata, saya berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi referensi yang berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

6. Daftar Pustaka

- Al Amin, R., Hasan, M., Wiese, V., & Obermaisser, R. (2024). FPGA-based Real-Time Object Detection and Classification System using YOLO for Edge Computing. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3404623.
- Alkentar, S. M., Alsahwa, B., Assalem, A., & Karakolla, D. (2021). Practical comparison of the accuracy and speed of YOLO, SSD and Faster RCNN for drone detection. *Journal of Engineering*, 27(8), 19-31.
- Andrean, D., Unik, M., & Rizki, Y. (2023). Hotspots and Smoke Detection from Forest and Land Fires Using the YOLO Algorithm (You Only Look Once). *JIM-Journal International Multidisciplinary*, 1(1), 46-56. DOI: <https://doi.org/10.58794/jim.v1i1.410>.
- Ardiansyah, M. R., Supit, Y., & Said, M. S. (2022). Sistem Visi Komputer untuk Kalkulasi Kepadatan Kendaraan Menggunakan Algoritma YOLO. *Simtek: jurnal sistem informasi dan teknik komputer*, 7(1), 52-59. DOI: <https://doi.org/10.51876/simtek.v7i1.123>.
- Arifah, I. I., Fajri, F. N., & Pratamasunu, G. Q. O. (2022). Deteksi Tangan Otomatis Pada Video Percakapan Bahasa Isyarat Indonesia Menggunakan Metode YOLO Dan CNN. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 6(2), 171-176.
- Binuri, M. G. A., Haryanti, T., & Haq, M. A. (2022). Penerapan Algoritma YOLO v7 Sebagai Deteksi Kecelakaan Kendaraan Pada Lalu Lintas. *Computing Insight: Journal of Computer Science*, 4(2), 7-14.
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>.

- Elgendy, M. (2020). *Deep learning for vision systems*. Simon and Schuster.
- Goodfellow, I. (2016). Deep learning.
- He, Y., Hu, J., Zeng, M., Qian, Y., & Zhang, R. (2024). DCGC-YOLO: The Efficient Dual-Channel Bottleneck Structure YOLO Detection Algorithm for Fire Detection. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3385856.
- Jupiter, F. (2023). IMPLEMENTASI ALGORITMA CNN DAN YOLO UNTUK MENDETEKSI JENIS KENDARAAN PADA JALAN RAYA.
- Legaspi, K. R. B., Sison, N. W. S., & Villaverde, J. F. (2021, March). Detection and classification of whiteflies and fruit flies using YOLO. In *2021 13th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)* (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/ICCAE51876.2021.9426129.
- Lin, H., Deng, J. D., Albers, D., & Siebert, F. W. (2020). Helmet use detection of tracked motorcycles using cnn-based multi-task learning. *IEEE access*, 8, 162073-162084.
- Liu, K. (2022). Stbi-yolo: A real-time object detection method for lung nodule recognition. *IEEE Access*, 10, 75385-75394. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3192034.
- Liu, P., Xie, Z., & Li, T. (2023). UCN-YOLOv5: Traffic sign target detection algorithm based on deep learning. *IEEE Access*.
- Mailoa, R. M., & Santoso, L. W. (2022). Deteksi Rompi dan Helm Keselamatan Menggunakan Metode YOLO dan CNN. *Jurnal Infra*, 10(2), 49-55.
- Maleh, I. M. D., Teguh, R., Sahay, A. S., Okta, S., & Pratama, M. P. (2023). Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) Untuk Object Detection Sarang Orang Utan. *Jurnal Informatika*, 10(1).
- Menon, A., Omman, B., & Asha, S. (2021, February). Pedestrian counting using Yolo V3. In *2021 International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIT)* (pp. 1-9). IEEE. DOI: 10.1109/ICITIT51526.2021.9399607.
- Menon, S., Geroge, A., Aswathy, N., & James, J. (2021, May). Custom Face Recognition Using YOLO. V3. In *2021 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPC)* (pp. 454-458). IEEE. DOI: 10.1109/ICSPC51351.2021.9451684.
- Olsen, C. S., Thomas, A. M., Singleton, M., Gaichas, A. M., Smith, T. J., Smith, G. A., ... & Cook, L. J. (2016). Motorcycle helmet effectiveness in reducing head, face and brain injuries by state and helmet law. *Injury epidemiology*, 3, 1-11.
- Punn, N. S., Sonbhadra, S. K., Agarwal, S., & Rai, G. (2020). Monitoring COVID-19 social distancing with person detection and tracking via fine-tuned YOLO v3 and Deepsort techniques. *arXiv preprint arXiv:2005.01385*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.01385>.
- Qian, X., Wang, X., Yang, S., & Lei, J. (2022). LFF-YOLO: A YOLO algorithm with lightweight feature fusion network for multi-scale defect detection. *IEEE Access*, 10, 130339-130349. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3227205.

- Redmon, J. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*.
- Rosebrock, A. (2017). *Deep learning for computer vision with python: Starter bundle*. PyImageSearch.
- Saputra, B. M., Ilman, M. Z., Audina, M., Jepri, M., & Rosyani, P. (2023). Sistem Pengenalan Tanda Lalu Lintas Menggunakan Algoritma YOLO. *JURIHUM: Jurnal Inovasi dan Humaniora*, 1(1), 161-164.
- Sarosa, M., & Muna, N. (2021). Implementasi algoritma You Only Look Once (YOLO) untuk deteksi korban bencana alam. **Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)**, 8(4). <https://doi.org/10.25126/jtiik.202184407>.
- Shi, Y., Li, X., & Chen, M. (2023). Sc-yolo: A object detection model for small traffic signs. *IEEE Access*, 11, 11500-11510. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3241234.
- Susanti, L., Daulay, N. K., & Intan, B. (2023). Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma YOLOv5. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 10(2), 640-647. DOI: <http://dx.doi.org/10.30865/jurikom.v10i2.6032>.
- Szeliski, R. (2022). *Computer vision: algorithms and applications*. Springer Nature.
- Wang, P., Wang, X., Liu, Y., & Song, J. (2024). Research on Road Object Detection Model Based on YOLOv4 of Autonomous Vehicle. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3351771.
- Wu, W., & Lai, J. (2024). Multi camera localization handover based on YOLO object detection algorithm in complex environments. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3357519.
- Yang, Y., Miao, Z., Zhang, H., Wang, B., & Wu, L. (2024). Lightweight Attention-Guided YOLO With Level Set Layer for Landslide Detection From Optical Satellite Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. DOI: 10.1109/JSTARS.2024.3351277.
- Yu, J., & Zhang, W. (2021). Face mask wearing detection algorithm based on improved YOLO-v4. *Sensors*, 21(9), 3263. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21093263>.
- Zheng, C. (2023). Stack-YOLO: A friendly-hardware real-time object detection algorithm. *IEEE Access*, 11, 62522-62534. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3287101.