

Pengembangan Model Klasifikasi Kendaraan Keluar Masuk Area Parkir Dengan Algoritma YOLOv8

Argi Nur Faturrohman¹, Sayekti Harits Suryawan^{2*}, Abdul Rahim³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda, Kalimantan Timur

Email: ¹2011102441016@umkt.ac.id, ^{2*}shs500@umkt.ac.id, ³ar622@umkt.ac.id

(Naskah masuk: 19 Jul 2024, direvisi: 8 Sep 2024, diterima: 9 Sep 2024)

Abstrak

Peningkatan laju pertumbuhan mahasiswa baru menimbulkan tantangan serius terhadap infrastruktur parkir di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT). Data terkini menunjukkan adanya peningkatan signifikan sekitar 10% dari tahun sebelumnya, mencapai 2.598 mahasiswa baru pada tahun 2022. Ruang lingkup penelitian ini adalah melakukan proses klasifikasi kendaraan tetapi tidak melakukan *tracking* kendaraan, data yang digunakan adalah data dari perekaman video yang dilakukan pada simpang tanjakan menuju area parkir kampus bagian atas di siang hari, serta objek yang dideteksi adalah motor, mobil dan manusia, sedangkan yang dihitung keluar masuknya adalah mobil dan motor. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan algoritma YOLOv8 agar dapat mendeteksi serta mengklasifikasikan kendaraan keluar masuk area parkir serta untuk mengetahui bagaimana proses deteksi dapat diterapkan agar dapat akurat untuk mendeteksi kendaraan yang keluar masuk area parkir. Metode penelitian melibatkan pengumpulan data dan penerapan algoritma YOLOv8 (*You Only Look Once*) untuk *training* dan validasi model pada *platform Google Colab* yang mendukung GPU untuk mempercepat komputasi dan memungkinkan pengolahan data dalam skala besar. Hasil dari penelitian ini adalah model klasifikasi yang dapat mendeteksi kendaraan keluar masuk area parkir UMKT dengan memiliki nilai mAP50 sebesar 89,8% dan nilai presisi sebesar 86,5%. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan model dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dengan mengintegrasikan CCTV sebagai sumber video secara *real-time*.

Kata Kunci: Algoritma YOLO, Parkir, Klasifikasi Kendaraan, Deteksi Objek, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

Development of a Vehicle Classification Model for Entry and Exit in the Parking Area Using YOLOv8 Algorithm

Abstract

The increasing growth rate of new students has posed a serious challenge to the parking infrastructure at Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT). Recent data shows a significant increase of around 10% from the previous year, reaching 2,598 new students in 2022. The scope of this research is to perform vehicle classification but not vehicle tracking. The data used comes from video recordings taken at the slope intersection leading to the upper campus parking area during the daytime, and the objects detected are motorcycles, cars, and humans, while the vehicles counted for entering and exiting are cars and motorcycles. The aim of this research is to implement the YOLOv8 algorithm to detect and classify vehicles entering and exiting the parking area, and to understand how the detection process can be applied accurately to detect vehicles entering and exiting the parking area. The research method involves data collection and the application of the YOLOv8 (You Only Look Once) algorithm for training and model validation on the Google Colab platform, which supports GPU to accelerate computation and enables the processing of large-scale data. The results of this study are a classification model that can detect vehicles entering and exiting the UMKT parking area with an mAP50 score of 89.8% and a precision score of 86.5%. Future research is expected to develop a model with higher accuracy by integrating CCTV as a real-time video source for vehicle detection.

Keywords: YOLO Algorithm, Parking, Vehicle Classification, Object Detection, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur.

I. PENDAHULUAN

Laju peningkatan mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari *Application Programming Interface* (API) aplikasi Civitas, jumlah mahasiswa baru tahun 2022 yang mendaftar di UMKT kampus 1 sekitar 2.598 mahasiswa [1]. Jumlah ini meningkat sekitar 10% dari tahun 2021 yang berjumlah 2.343 mahasiswa baru, dan diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data tersebut, jumlah kendaraan yang masuk ke area kampus diperkirakan meningkat sekitar 8% dari tahun 2021 hingga tahun 2022 dengan luas area lahan parkir UMKT kampus 1 yang tersedia saat ini adalah sekitar 6.623 meter persegi [2].

Seiring banyaknya jumlah kendaraan, hal ini mempengaruhi kebutuhan lahan parkir [3]. Lahan parkir di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur merupakan aspek penting yang terus menghadapi tantangan dengan meningkatnya mahasiswa dan staf aktif. Dengan jumlah mahasiswa yang terus bertambah, fasilitas parkir menjadi kebutuhan penting sebagai aksesibilitas kampus [4]. Hal ini menunjukkan perlunya manajemen parkir yang efektif untuk mengatasi permasalahan parkir yang akan muncul seperti parkir tidak terstruktur, polusi kendaraan dan untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan parkir yang tersedia [5].

Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur menghadapi permasalahan yang berkaitan dengan lahan parkir khususnya lahan parkir kendaraan bermotor. Sampai saat ini, mahasiswa yang menjadi bagian dari UMKT bertambah banyak seiring berjalannya waktu. Tetapi hal ini berbanding terbalik terhadap lahan parkir yang ada, lahan parkir yang menjadi aspek penting bagi mahasiswa dan staf aktif tidak bertambah mengikuti peningkatan jumlah mahasiswa setiap tahunnya. Sehingga dibutuhkan teknologi tepat guna yang dapat mendeteksi kendaraan keluar masuk area parkir beserta jumlah kendaraan agar lahan parkir dapat lebih dioptimalkan [6].

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas klasifikasi kendaraan untuk meningkatkan efisiensi dan aksesibilitas parkir. Abdurrafi, Taqijuddin dan Basuki [7] memfokuskan pada sisi penggunaan algoritma *You Only Look Once* (YOLOv3) untuk mendeteksi klasifikasi dan menghitung kendaraan dengan dukungan CCTV. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan YOLOv3 dapat mengklasifikasikan dan menghitung objek kendaraan dengan sangat baik pada CCTV dari Dinas Perhubungan Kabupaten Pasuruan. Performa yang dihasilkan cukup tinggi dengan nilai *Precision* 99% dan *F1 Score* 94%.

Azhad dan Zaman [8] dalam penelitiannya menggunakan algoritma YOLOv4 dengan kombinasi DeepSORT untuk deteksi kendaraan dengan CCTV. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan YOLOv4 mendapat performa yang baik dengan mencapai 82,08% mAP (*mean Average Precision*) dengan dataset kustom secara *realtime* dengan 40fps dan menggunakan GTX 1660ti.

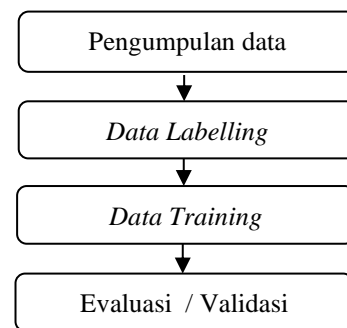
Dalam rangka mencapai tujuan untuk menjadikan lahan parkir UMKT menjadi lebih optimal, peneliti menggunakan

algoritma YOLOv8 dengan bantuan data perekaman pada area kampus yang mengarah ke simpang 3 parkir. YOLOv8 memperkenalkan pengoptimalan tambahan dan modul baru untuk meningkatkan sakurasi dan efisiensi [9]. Penggunaan algoritma tersebut untuk mengklasifikasikan serta menghitung jumlah kendaraan baik itu mobil ataupun motor yang keluar masuk area parkir kampus UMKT. OpenCV juga digunakan pada penelitian ini untuk menghitung jumlah kendaraan keluar masuk. OpenCV (*Open Source Computer Vision*) merupakan pustaka sumber terbuka dari suatu fungsi pemrograman yang digunakan untuk pendeteksian objek dengan metode *computer vision* [10]. Sementara YOLOv8 menggunakan metode ekstraksi fitur yang lebih baik dibandingkan versi sebelumnya, sehingga menghasilkan deteksi objek yang lebih akurat [11]. Keunggulan YOLOv8 menurut [12] antara lain performa tinggi, model yang lebih kecil, ekstraksi fitur lebih baik, kemampuan multi-skala, kemampuan deteksi banyak objek, kemampuan deteksi objek pada gambar berukuran besar.

Berdasarkan pembahasan tersebut, penelitian ini bertujuan akan membuat model analitik untuk mendeteksi kendaraan melalui proses klasifikasi, dan dapat diimplementasikan pada area parkir UMKT. Deteksi jenis kendaraan adalah suatu proses klasifikasi pola yang inputannya berupa sebuah citra masukan jenis kendaraan dan output berupa klasifikasi dengan hasil deteksi berupa citra output yang telah diproses oleh sistem dan memiliki suatu pola output dari proses pendeteksian tersebut [13]. Hasil yang diharapkan adalah model dapat melakukan klasifikasi kendaraan dan menghitung jumlah kendaraan guna mengetahui kendaraan yang keluar masuk area parkir beserta jumlahnya.

II. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan menjelaskan tahapan penelitian yang akan dilakukan, tahapan penelitian dijabarkan melalui blok diagram seperti pada Gambar 1.



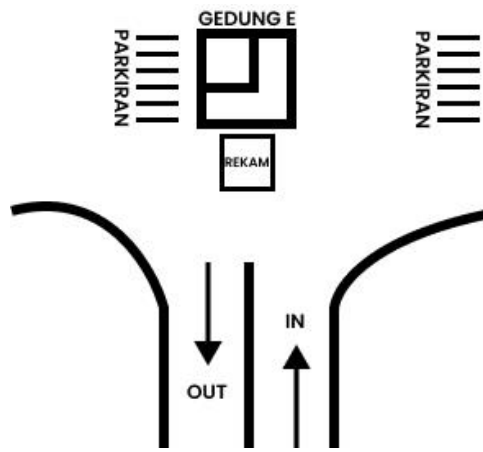
Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang akurat dan relevan perlu dilakukan teknik pengumpulan data yaitu menggunakan metode dokumentasi, karena dokumentasi adalah metode yang digunakan untuk menelusuri data historis [14]. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh

langsung dari pada saat dokumentasi lapangan dari perekaman video kendaraan yang menuju parkir.

Posisi kamera sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil dan deteksi [15]. Oleh karena itu pengambilan video dilakukan di samping gedung E pada simpang tanjakan yang menuju area parkir. Dengan sudut pengambilan video yang cukup jelas agar objek yang diteliti dapat terlihat sepenuhnya. Berikut adalah sketsa letak gawai yang digunakan untuk pengumpulan data pada Gambar 2.



Gambar 2. Peletakan Perekaman

B. Pelabelan Data

Setelah data terkumpul akan dilakukan anotasi / pelabelan dengan memperhatikan contoh objek yang dilatih. Untuk melakukan anotasi, penulis menggunakan perangkat lunak bernama *Roboflow* yang mendukung anotasi *bounding box*. Perangkat lunak ini dipilih karena kemudahannya memberikan akses untuk proses pelabelan, anotasi gambar, *pre-processing*, proses augmentasi dan kelebihan lainnya untuk menangani dataset [16]. Data akan dilabelkan berdasarkan kategori kendaraan yang relevan dengan tujuan penelitian yakni Manusia, Motor dan Mobil. Proses pelabelan ini bertujuan untuk menghasilkan dataset yang sudah teranotasi dengan benar sehingga dapat digunakan sebagai data uji untuk pengujian model klasifikasi dan deteksi kendaraan.

Sebagai perbandingan, pada penelitian yang dilakukan oleh Amwin [17] dengan menggunakan video dari CCTV yang kemudian diolah menjadi gambar-gambar yang akan diproses anotasi citra dengan menggunakan perangkat lunak *Labellm* dengan menggunakan format anotasi YOLO. Hasilnya adalah data yang terdapat informasi letak kotak pembatas dengan labelnya yang berbentuk .txt.

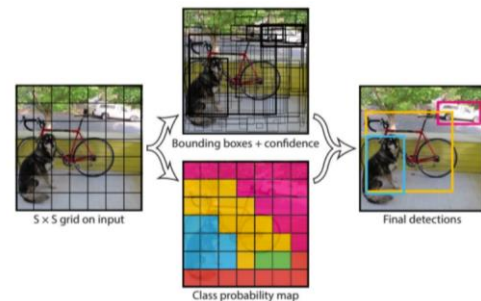
C. Pelatihan Data

Penelitian ini akan menggunakan data latih langsung dari hasil perekaman video pada saat pengumpulan data. Hal tersebut dilakukan untuk melatih algoritma YOLOv8 dalam merancang model yang sesuai dengan klasifikasinya [18]. Dalam data latih ini terdapat banyak rekognisi *frame per frame* sebagai bahan untuk algoritma agar dapat mendeteksi objek. Untuk pembagian, sebanyak 70% data akan digunakan sebagai data latih, 20% akan digunakan sebagai data validasi dan

sisanya akan digunakan sebagai data uji. Data tersebut sudah teranotasi pada tahap pelabelan data agar objek yang lewat nantinya akan mudah untuk diklasifikasi.

Gambar-gambar yang telah diberi label dan diklasifikasikan kemudian akan digunakan untuk melatih model dalam YOLO dengan *Google Colab*. *Google Colab* adalah sebuah IDE untuk pemrograman Python dimana pemrosesan akan dilakukan oleh server *Google* yang memiliki perangkat keras dengan performa yang tinggi [19]. Sedangkan YOLO (*You Only Look Once*) adalah algoritma pendeteksi objek yang dirilis pada tahun 2015 dibuat oleh Joseph Redmon dan Ali Farhadi. YOLO memproses seluruh citra dalam satu lintasan maju melalui jaringan saraf konvolusional (CNN) dan memprediksi kotak pembatas objek dan probabilitas kelas secara *real-time* [20].

Deep learning memungkinkan mesin untuk belajar mengklasifikasikan gambar, audio, teks atau video [21]. YOLOv8 merupakan bagian dari *deep learning* dan merupakan algoritma *one-stage detection* yang melakukan deteksi lokasi objek dan klasifikasi objek dalam satu tahap [22]. YOLOv8 beroperasi dengan memindai seluruh area gambar sekali dan kemudian melewati jaringan saraf hanya sekali untuk langsung mendeteksi objek yang ada. Berikut Gambar 3 merupakan langkah-langkah dalam proses deteksi objek menggunakan YOLOv8.



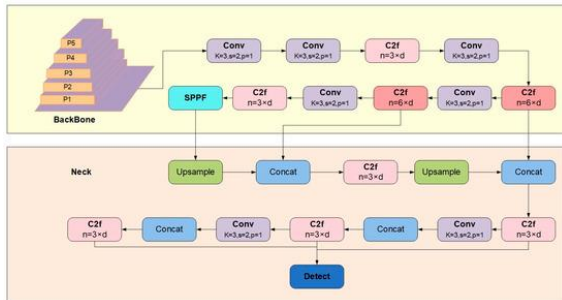
Gambar 3. Langkah Kerja Algoritma YOLOv8

Dari gambar tersebut, terdapat beberapa tahap kerja algoritma YOLOv8.

- Pertama *frame* terbagi menjadi *grid* yang berukuran $S \times S$.
- Setelah *frame* dibagi menjadi *grid*, setiap *grid* akan memprediksi *bounding box*, koordinat x, y , lebar, tinggi, serta skor kepercayaan. Skor kepercayaan ini mencerminkan keyakinan algoritma bahwa *bounding box* yang diprediksi berisi objek yang ingin dideteksi [23].
- Prediksi kelas objek akan dilakukan yang terdapat di dalam setiap *bounding box* dengan. Algoritma ini dapat memprediksi multiple objek dengan berbagai kelas yang berbeda dalam satu *frame*.
- Setelah melakukan prediksi *bounding box*, dilakukan penyaringan dengan metode *Non-Maximum Suppression* (NMS) untuk menghapus *bounding box* yang tumpang tindih atau redundan dengan hanya mempertahankan *bounding box* dengan prediksi yang tinggi.
- Hasil akhirnya adalah YOLO menghasilkan objek-objek yang berhasil dideteksi bersama dengan koordinat *bounding box* dan kelas objeknya yang dapat digunakan

untuk berbagai tujuan seperti pelacakan objek, analisis visual hingga pengenalan objek.

YOLOv8 adalah *single-stage real-time object detector* yang dirilis pada Januari 2024. Arsitektur Algoritma YOLOv8 terdiri dari tiga bagian utama, yaitu *Backbone*, *Neck* dan *Detect*. Gambar 4 merupakan tampilan Arsitektur YOLOv8.



Gambar 4. Arsitektur YOLOv8

Backbone adalah bagian yang bertanggung jawab untuk mengekstrak fitur dari gambar. Tingkat P masing-masing memiliki resolusi yang sesuai dengan piramida, misalnya tingkat 1 (P1) memiliki resolusi tertinggi dan bertanggung jawab untuk mendeteksi objek besar dengan bantuan SPPF (*Spatial Pyramid Pooling Fast*).

Setelah dari *Backbone*, *Neck* adalah bagian yang bertanggung jawab untuk menggabungkan fitur dari *Backbone* menjadi fitur yang lebih abstrak. Struktur *Neck* menjembatani jaringan *Backbone* dan lapisan output, memfasilitasi integrasi dan fusi fitur pada berbagai skala dan tingkat abstraksi. Dengan menggunakan struktur *Feature Pyramid Network* (FPN) dan *Path Aggregation Network* (PANet), bagian *Neck* menangkap informasi kontekstual untuk meningkatkan kemampuan representasi objek yang berbeda dalam ukuran dan posisi [24].

Pada lapisan output, prediksi deteksi objek dihasilkan. Langkah ini melibatkan penerapan teknik *Non-Maximum Suppression* (NMS) untuk menyaring hasil yang kurang tinggi dari nilai kepercayaan deteksi, sehingga hanya hasil prediksi yang andal dan akurat yang dipertahankan. Setelah fitur dari *Backbone* dan *Neck* digabungkan, fitur-fitur tersebut diproses oleh *Head* untuk menghasilkan *bounding box* dan skor kepercayaan bagi setiap objek yang terdeteksi.

D. Evaluasi / Validasi

Pada tahapan ini, dilakukan pengukuran untuk menilai kesesuaian antara hasil klasifikasi model dengan kelas yang sebenarnya. *Precision* dan *mean Average Precision* (mAP) digunakan sebagai indikator evaluasi karena kedua metrik ini memberikan informasi penting terkait performa model dalam mengenali objek secara akurat. *Precision* mengukur seberapa baik model dalam menghindari kesalahan, sedangkan mAP menggabungkan metrik *precision* dan *recall* untuk memberikan gambaran lebih komprehensif dan presisi tentang akurasi deteksi objek secara keseluruhan [25].

Selain itu, validasi manual juga akan dilakukan sebagai langkah perbandingan. Validasi manual dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat secara manual jumlah serta jenis kendaraan yang muncul pada suatu *frame* pada spesifik waktu

menit atau detik pada beberapa *frame* [7], kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan data yang dihasilkan dari proses klasifikasi algoritma YOLOv8. Proses validasi ini melibatkan penggunaan tiga sampel *frame* yang dipilih secara acak, di mana hasil deteksi dari algoritma akan dibandingkan secara teliti dengan jumlah kendaraan yang dihitung secara manual oleh peneliti. Hasil perbandingan ini kemudian akan disajikan dalam bentuk tabel untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dan akurat mengenai tingkat keakuratan deteksi yang dilakukan oleh algoritma.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data video perekaman kendaraan yang keluar masuk area parkir Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur (UMKT), yang diperoleh melalui metode dokumentasi. Pengumpulan data dilakukan pada hari Rabu, tanggal 8 Mei 2024. Proses perekaman video dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek teknis seperti resolusi dan konfigurasi kamera untuk memastikan kualitas video yang dihasilkan sesuai dengan standar CCTV. Hal ini dilakukan agar hasil perekaman memiliki kesamaan dalam hal kualitas dan dapat digunakan secara efektif dalam penelitian ini.

Pada hari tersebut, dilakukan perekaman sebanyak tiga video yang mencakup keseluruhan aktivitas di area parkir secara menyeluruh. Setiap video ini kemudian diolah dengan prosedur yang terstruktur dan dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu data latih, data uji, dan data validasi. Proses pembagian ini dilakukan dengan sangat cermat untuk memastikan bahwa setiap kategori data memiliki representasi yang cukup dari berbagai kondisi dan situasi yang terekam, sehingga mencakup semua variasi yang mungkin ditemui dalam lingkungan nyata. Tujuan dari pembagian ini adalah untuk melatih model YOLOv8 menggunakan data yang bervariasi dan komprehensif, yang pada akhirnya akan meningkatkan akurasi deteksi dan klasifikasi kendaraan, serta memastikan model dapat menangani berbagai skenario yang mungkin dihadapi di lapangan.

Video yang direkam awalnya beresolusi Full HD (1080p). Namun, untuk menyesuaikan dengan standar resolusi CCTV yang umumnya digunakan, resolusi video tersebut dikonversi menjadi HD (720p). Konversi ini dilakukan tanpa mengurangi kualitas signifikan dari video, sehingga tetap memberikan detail yang cukup untuk keperluan pelabelan dan pelatihan model. Selain itu, penyesuaian resolusi ini membantu dalam memastikan bahwa model yang dilatih dapat diterapkan pada sistem CCTV yang sebenarnya, yang biasanya memiliki resolusi serupa.

Proses perekaman yang dilakukan dalam penelitian ini melibatkan sejumlah langkah penting, termasuk penyesuaian sudut kamera serta penempatan perangkat perekaman pada lokasi yang strategis. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh aktivitas kendaraan di area parkir dapat tertangkap dengan baik oleh kamera. Perekaman dilakukan secara kontinu untuk mendapatkan data yang cukup banyak

dan variatif, mencakup berbagai jenis kendaraan seperti mobil dan motor, serta aktivitas keluar masuk kendaraan yang terjadi. Dengan data yang komprehensif ini, penelitian dapat menghasilkan model analitik yang akurat dan mampu mengidentifikasi dan menghitung kendaraan secara efektif dalam berbagai kondisi pencahayaan dan situasi. Berikut sampel *frame* dari video pengumpulan data dapat dilihat pada Gambar 5.

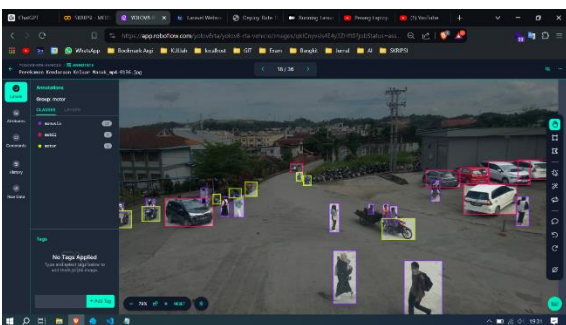


Gambar 5. Pengumpulan Data

B. Pelabelan Data

Setelah mengumpulkan video data latih dengan durasi 2 menit 51 detik, dilakukan proses ekstraksi *frame* sehingga didapatkan sejumlah *frame* yang siap untuk dianotasi. Proses ekstraksi *frame* ini bertujuan untuk mengonversi video menjadi serangkaian gambar statis yang kemudian dapat dianalisis secara individual. Setelah *frame-frame* tersebut diekstraksi, langkah berikutnya adalah proses anotasi yang penting untuk pelatihan model analitik untuk proses deteksi.

Proses anotasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Roboflow, yang merupakan alat yang sangat berguna untuk membuat *bounding box* dan melabeli objek dalam gambar. Roboflow memudahkan penulis untuk melakukan pelabelan secara efisien dan akurat. Berikut adalah salah satu proses pelabelan data pada Roboflow yang ditampilkan pada Gambar 6. Pada tahap ini, setiap *frame* dianotasi dengan memperhatikan tiga kategori utama, yaitu motor, mobil, dan manusia. Kategori-kategori ini dipilih berdasarkan relevansi dan tujuan penelitian untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis-jenis kendaraan serta keberadaan manusia di area parkir.

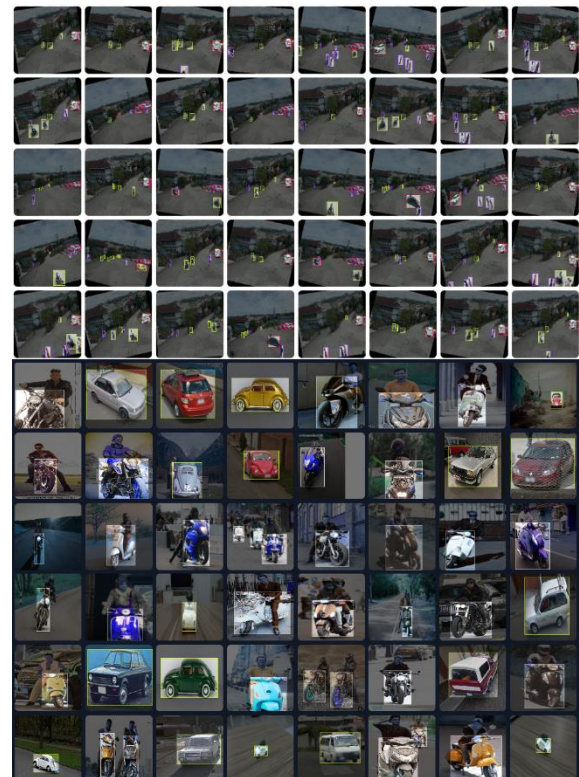


Gambar 6. Pelabelan Data

Setiap objek yang masuk ke dalam salah satu kategori tersebut diberi *bounding box* yang mengelilingi objek

tersebut. *Bounding box* ini merupakan kotak pembatas yang digunakan untuk menunjukkan posisi dan ukuran objek dalam *frame*. Selain itu, setiap *bounding box* diberi label sesuai dengan kategori yang relevan, seperti "motor" untuk sepeda motor, "mobil" untuk kendaraan roda empat, dan "manusia" untuk orang yang berada di area parkir. Proses pelabelan ini dilakukan secara manual untuk memastikan bahwa setiap objek teranotasi dengan tepat dan akurat.

Hasil dari proses anotasi ini adalah dataset yang terstruktur dengan baik, dimana setiap *frame* memiliki informasi *bounding box* dan label yang sesuai. Dataset ini sangat penting untuk melatih model YOLOv8 karena memberikan data yang jelas tentang posisi dan kategori objek yang perlu dideteksi. Dataset ini kemudian dibagi menjadi tiga bagian untuk keperluan pelatihan dan pengujian model klasifikasi dan deteksi kendaraan. Proporsi pembagian dataset adalah 70% untuk data latih, 20% untuk data validasi, dan 10% untuk data uji. Kemudian setiap *frame* akan dilakukan augmentasi dengan dirotasi sebesar negatif & positif 15 derajat. Berikut Gambar 7 adalah sampel dataset yang dihasilkan pada tahap ini.



Gambar 7. Sampel Dataset

Data latih digunakan untuk melatih model agar dapat mengenali dan mengklasifikasikan objek-objek dalam kategori yang telah ditentukan. Data validasi digunakan untuk mengukur kinerja model selama pelatihan dan melakukan penyesuaian parameter jika diperlukan. Sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi kinerja akhir model setelah proses pelatihan selesai. Dengan pembagian dataset ini, diharapkan model yang dihasilkan akan memiliki kemampuan

yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan dan manusia di area parkir.

C. Pelatihan Data

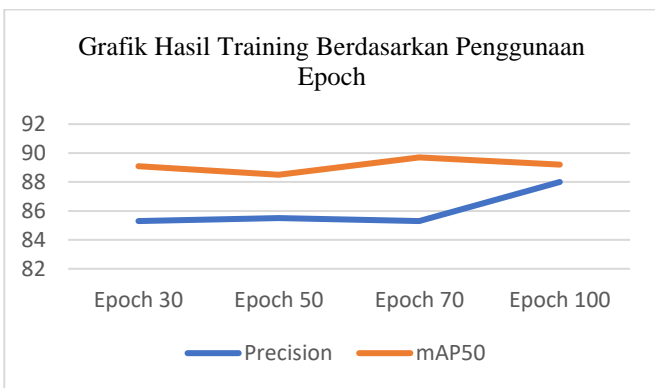
Setelah menyelesaikan proses anotasi data, langkah berikutnya adalah melatih model YOLOv8 menggunakan dataset yang telah teranotasi. Pada tahap ini, data yang digunakan terdiri dari 70% data latih, 20% data uji validasi serta 10% data uji, sesuai dengan yang telah direncanakan pada bab 2. Data latih dan data uji diatur dalam direktori terpisah. Data latih berisi 70% dari total *frame* yang telah dianotasi, sedangkan data validasi berisi 20% dan data uji berisi 10% sisanya. Dataset ini berisi berbagai rekognisi *frame* per *frame* yang memuat objek motor, mobil dan manusia dengan anotasi *bounding box*. Berikut hasil pelatihan data dapat dilihat pada Gambar 8.

```

(fused): 168 layers, 3006233 parameters, 0 gradients, 8.1 GFLOPs
Class Images Instances Box(P) R mAP50 mAP50-95: 100
all 69 715 0.857 0.87 0.897 0.51
manusia 57 233 0.819 0.811 0.831 0.403
mobil 69 228 0.996 0.985 0.994 0.648
motor 69 254 0.755 0.815 0.866 0.48
preprocess, 3.2ms inference, 0.0ms loss, 3.0ms postprocess per image
    
```

Gambar 8. Hasil Pelatihan Data

Model YOLOv8 dilatih menggunakan *framework Ultralytics*. Konfigurasi pelatihan mencakup beberapa parameter penting seperti jumlah *epoch* dan ukuran gambar. Berdasarkan eksperimen, model dilatih selama 70 *epoch*, di mana jumlah *epoch* ini dipilih untuk mencapai keseimbangan antara pembelajaran optimal dan menghindari *overfitting*. Ukuran gambar sebesar 640x640, dengan tujuan untuk menyesuaikan resolusi dataset dan meningkatkan akurasi deteksi objek. Percobaan dengan berbagai *epoch* dilakukan untuk mengidentifikasi *epoch* terbaik dalam meningkatkan performa model, yang diukur menggunakan mAP50. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model mencapai performa terbaik dengan ukuran gambar 640x640 dan 70 *epoch*, memberikan keseimbangan optimal antara akurasi dan kecepatan pelatihan. Gambar 9 berikut menunjukkan grafik dari hasil training berdasarkan beberapa *epoch* yang diujikan yakni 30, 50, 70 serta 100 *epoch*.



Gambar 9. Grafik Hasil Training Berdasarkan Epoch

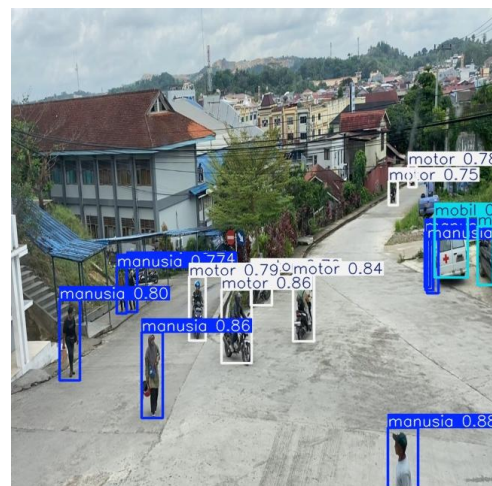
Model yang telah dilatih menunjukkan hasil yang cukup memuaskan, dengan pencapaian nilai mAP yang tinggi pada

data latih. Secara umum, model ini menunjukkan performa yang sangat baik khususnya untuk kelas "mobil," di mana nilai mAP50 mencapai angka yang sangat tinggi, yaitu 99,4%. Angka ini menunjukkan bahwa proses deteksi untuk kelas "mobil" mampu mencapai tingkat akurasi yang sangat tinggi, dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa model dapat mengenali dan mengklasifikasikan kendaraan jenis mobil dengan sangat tepat. Di sisi lain, performa model untuk kelas "motor" menunjukkan hasil yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kelas "mobil." Meskipun demikian, performa keseluruhan dari model tetap dapat diterima, dengan nilai mAP50 sebesar 89,7% dan nilai *precision* sebesar 85,7%. Hasil ini menunjukkan bahwa model masih memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan, meskipun ada ruang untuk perbaikan terutama pada kelas "motor." Detail lebih lanjut mengenai hasil pelatihan dan performa data model dapat dilihat pada tabel 1 yang disertakan berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pelatihan Data

Metrik	Nilai (%)
<i>Precision</i>	85,7
mAP50	89,7

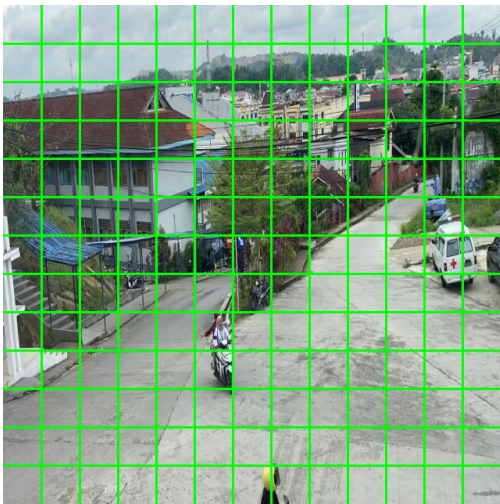
Setelah proses pelatihan model selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan visualisasi hasil deteksi pada beberapa *frame* yang diambil dari data uji. Visualisasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran nyata mengenai seberapa baik model YOLOv8 dapat mengenali objek-objek dalam lingkungan yang berbeda. Hasil deteksi menunjukkan bahwa *bounding box* yang dihasilkan oleh model YOLOv8 mampu mengelilingi objek-objek seperti motor, mobil, dan manusia dengan tingkat akurasi yang sangat baik. *Bounding box* ini secara tepat mengidentifikasi batas-batas setiap objek, menunjukkan bahwa model telah dilatih dengan baik dan mampu mendeteksi berbagai jenis objek secara konsisten. Berikut adalah contoh hasil deteksi yang dihasilkan oleh model YOLOv8 pada *frame* dari data uji, yang dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Deteksi YOLOv8

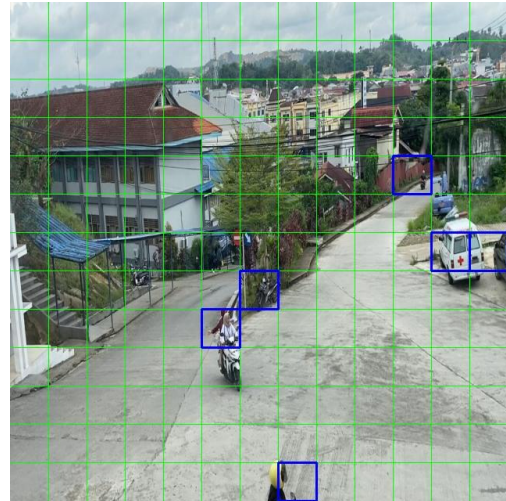
Gambar 10 menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi objek motor, mobil dan manusia dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, sesuai dengan anotasi yang diberikan selama tahap pelabelan data. Hasil pelatihan ini menunjukkan bahwa model YOLOv8 yang dilatih dengan *dataset* yang relevan dan teranotasi dengan baik mampu memberikan performa deteksi yang sesuai dengan tujuan penelitian.

YOLOv8 melakukan tahapan mulai dari pembagian *grid* hingga menjadi hasil output yang memiliki *bounding box* serta nilai kepercayaan. Pada tahap ini, *grid* 13x13 dipilih karena cukup untuk mendeteksi objek dengan berbagai skala objek keluar masuk area parkir. Gambar 11 merupakan hasil tahap pembagian *grid* yang dilakukan oleh algoritma YOLOv8.



Gambar 11. Tahap *Grid* 13x13

Tahap berikutnya setelah proses pembagian *grid* selesai adalah melakukan prediksi *bounding box* berdasarkan *grid* yang telah dihasilkan sebelumnya. Pada tahap ini, setiap *grid* yang terbentuk digunakan sebagai acuan untuk menentukan lokasi dan ukuran *bounding box* yang berfungsi mengelilingi objek-objek yang terdeteksi di dalam gambar. Ukuran *bounding box* ini secara otomatis disesuaikan dengan ukuran *grid* yang dihasilkan pada tahap sebelumnya, memastikan bahwa setiap objek teridentifikasi secara proporsional dengan resolusi dan skala *grid* tersebut. Proses ini sangat penting dalam mendeteksi dan mengenali objek dengan lebih akurat, karena *bounding box* menjadi representasi visual dari hasil prediksi model. Hasil prediksi *bounding box* ini dapat dilihat lebih rinci pada Gambar 12, yang memberikan gambaran mengenai bagaimana model menentukan batas-batas objek dalam setiap *frame* gambar.



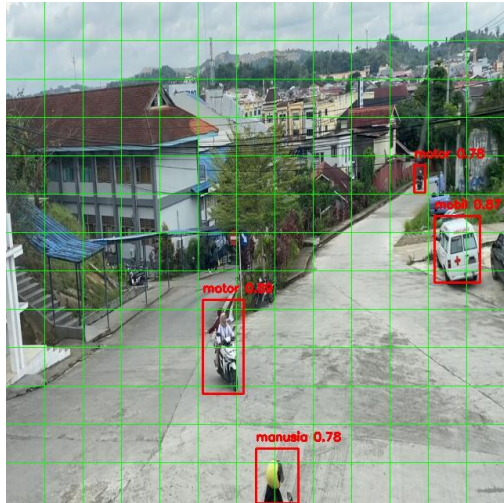
Gambar 12. Tahap Pemberian Box

Tahap berikutnya prediksi label yang dilakukan oleh YOLO, setelah mendapatkan *bounding box*, YOLO akan melakukan prediksi terhadap *bounding box* tersebut dengan faktor model yang telah dihasilkan dari *training* sebelumnya dengan nilai keyakinan algoritma bahwa *bounding box* yang diprediksi berisi objek yang ingin dideteksi dengan hasil pada Gambar 13.



Gambar 13. Pemberian *Bounding box* & Kelas

Selanjutnya, model YOLO melanjutkan ke tahap *Non-Maximum Suppression* (NMS), yang merupakan proses penting dalam penyaringan hasil deteksi. Pada tahap ini, model menerapkan batasan pada nilai *confidence* minimal, yang ditetapkan pada 40%, untuk memastikan bahwa hanya objek-objek yang memiliki tingkat kepercayaan yang cukup tinggi yang dianggap valid. Proses NMS bertujuan untuk menghilangkan *bounding box* yang tumpang tindih dan mengurangi duplikasi deteksi, sehingga menghasilkan deteksi objek yang lebih bersih dan akurat (penyaringan). Gambar 14 menunjukkan bagaimana YOLO melaksanakan tahap NMS.



Gambar 14. Tahap Penyaringan NMS

Setelah dilakukan penyaringan, YOLO menghasilkan objek-objek yang berhasil dideteksi bersama dengan koordinat *bounding box* dan kelas objek seperti pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15. Tahap Akhir Algoritma YOLOv8

D. Evaluasi / Validasi

Pada tahap ini, penulis mengevaluasi kinerja model YOLOv8 menggunakan metrik validasi yang telah ditentukan pada bab sebelumnya, yaitu *Precision* dan *mean Average Precision* (mAP). Validasi mendapatkan hasil *Precision* dan mAP yang cukup memuaskan dan sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil data latih. Tabel 2 berikut menampilkan hasil evaluasi model yang didapatkan setelah validasi data.

Tabel 2. Hasil Validasi Model

Metrik	Nilai (%)
<i>Precision</i>	86.5
mAP50	89.8

Tabel 2 memberikan gambaran yang jelas mengenai hasil evaluasi model YOLOv8 yang telah dilatih, dengan

menampilkan nilai mAP50 dan nilai *precision* yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa model ini efektif dan akurat dalam mendeteksi objek-objek yang relevan dalam data uji. Nilai mAP50 merupakan metrik penting dalam mengukur performa deteksi, menunjukkan hasil yang memuaskan, terutama pada threshold 0.5 yang sering digunakan sebagai standar evaluasi dalam banyak studi karena konsistensi penilaian terhadap akurasi deteksi. Dengan demikian, tingginya nilai mAP50 dan *precision* ini menegaskan bahwa model YOLOv8 memiliki kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek secara akurat.

Selain validasi performa model, peneliti juga melakukan validasi manual dengan melakukan perbandingan antara hasil deteksi dengan data aktual yang telah teranotasi. Validasi ini dilakukan pada 3 *frame* acak dari data uji untuk memastikan keakuratan deteksi. Hasil validasi manual menunjukkan bahwa sebagian besar deteksi yang dilakukan oleh model sesuai dengan posisi dan kategori objek yang sebenarnya. Tabel 3 berikut menyajikan sampel hasil dari validasi manual.

Tabel 3. Validasi Manual

Detik	Objek Aktual	Deteksi Model	Status
42	1 manusia, 2 mobil, 3 motor	1 manusia, 2 mobil, 3 motor	Valid
1:12	1 manusia, 2 mobil, 5 motor	1 manusia, 2 mobil, 5 motor	Valid
2:23	2 manusia, 3 motor, 2 mobil	4 motor, 2 mobil	Tidak Valid

Tabel 3 menunjukkan bahwa model YOLOv8 umumnya memberikan deteksi yang tepat, namun pada beberapa kasus terjadi kesalahan deteksi. Kesalahan deteksi biasanya terjadi pada kondisi objek yang tumpang tindih. Analisis ini memberikan wawasan tentang area yang perlu diperbaiki dalam dataset atau model untuk meningkatkan akurasi.

Selain evaluasi performa dari klasifikasi, penulis juga memodifikasi program menggunakan model YOLOv8 agar dapat menghitung jumlah kendaraan keluar masuk area parkir UMKT. Dengan memanfaatkan *OpenCV*, area masuk parkir dibuat sebuah garis yang menjadi tolak ukur kendaraan tersebut melintas masuk atau keluar. Dari garis tersebut program mampu menjumlahkan kendaraan keluar masuk seperti yang dapat dilihat pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Hasil Deteksi & Perhitungan Kendaraan Keluar Masuk

Hasil perhitungan jumlah kendaraan keluar masuk pada program ini masih dapat dikembangkan. Dilihat dari perhitungannya, program ini masih sedikit kesulitan menghitung kendaraan dikarenakan tidak menggunakan algoritma tambahan seperti DeepSORT. Masih terdapat beberapa kesalahan yang dihasilkan oleh program perhitungan jumlah kendaraan keluar masuk yang masih sangat mungkin untuk dikembangkan kedepannya.

Hasil evaluasi dan validasi menunjukkan bahwa model YOLOv8 yang telah dilatih memiliki performa yang baik dalam mendeteksi objek motor, mobil dan manusia. Hasil model standar klasifikasi kendaraan pada YOLOv8 mendapatkan tingkat *confidence* yang tinggi dibandingkan tingkat *confidence* klasifikasi kendaraan pada hasil perhitungan kendaraan keluar masuk, hal ini dikarenakan pada model standar YOLOv8 tidak terganggu oleh codingan tambahan untuk perhitungan jumlah kendaraan keluar masuk. Ini memberikan dasar yang kuat untuk implementasi pada penelitian berikutnya.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah data yang digunakan merupakan data perekaman video dengan memperhatikan kesesuaian resolusi dan sudut pengambilan agar sesuai dengan CCTV. Label yang dapat dideteksi adalah manusia, motor dan mobil. Model dapat mengklasifikasikan serta menghitung jumlah kendaraan keluar masuk area parkir UMKT. Proses pelabelan data menggunakan Roboflow secara signifikan mempermudah dan mempercepat proses anotasi, sehingga dataset yang dihasilkan terstruktur dengan baik untuk keperluan pelatihan model. Evaluasi model menunjukkan bahwa akurasi yang dicapai sebesar 89,8% mAP50 dengan nilai *precision* mencapai 86,5%. Meskipun performa model cukup baik, terdapat potensi untuk meningkatkan akurasi dengan penambahan *dataset* yang lebih beragam dan *tuning* parameter yang lebih lanjut.

REFERENSI

- [1] Civitas, "Jumlah Mahasiswa UMKT."
- [2] U. Umum, "Pemanfaatan Ruang Luar Pada Persil Bangunan Gedung," Samarinda, 2024.
- [3] S. Sukri, T. Rosdiyani, and E. Amilia, "Analisis Karakteristik Dan Kebutuhan Ruang Parkir Kendaraan Di Area Pasar Pamarayan," *J. Sustain. Civ. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 21–29, 2021, doi: 10.47080/josce.v3i1.948.
- [4] F. Mubarak, "Perencanaan Tempat Parkir Kendaraan Pada Lingkup Fakultas Pertanian Universitas Tadulako," *J. Sains dan Teknol. Tadulako*, vol. 7, no. 1, pp. 38–60, 2021, doi: 10.22487/jstt.v7i1.359.
- [5] I. M. Z. Asikin, "Manajemen Parkir di Perkotaan: Catatan Perjalanan di Asean, Eropa, China, Rusia, dan Amerika," *Perkim.id*. 2020. [Online]. Available: <https://perkim.id/catatandiskusi/manajemen-parkir-di-perkotaan-catatandiskusi-perjalanan-di-asean-eropa-china-rusia-dan-amerika/>
- [6] M. Zuhlilmi, "EFEKTIVITAS SISTEM PARKIR ELEKTRONIK (E-PARKIR) DALAM PENGELOLAAN PARKIR DI KOTA BANDA ACEH," 2023.
- [7] D. A. Abdurrafi, M. Taqijuddin Alawiy, and B. M. Basuki, "Deteksi Klasifikasi Dan Menghitung Kendaraan Berbasis Algoritma You Only Look Once (Yolo) Menggunakan Kamera Cctv," *Sci. Electro*, vol. nn, no. 9, pp. 1–6, 2023.
- [8] M. A. Bin Zuraimi and F. H. Kamaru Zaman, "Vehicle detection and tracking using YOLO and DeepSORT," *ISCAIE 2021 - IEEE 11th Symp. Comput. Appl. Ind. Electron.*, pp. 23–29, 2021, doi: 10.1109/ISCAIE51753.2021.9431784.
- [9] H. Wang, X. Xu, Y. Liu, D. Lu, B. Liang, and Y. Tang, "Real-Time Defect Detection for Metal Components: A Fusion of Enhanced Canny–Devernavy and YOLOv6 Algorithms," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 12, 2023, doi: 10.3390/app13126898.
- [10] T. C. A.-S. Zulkhaidi, E. Maria, and Y. Yulianto, "Pengenalan Pola Bentuk Wajah dengan OpenCV," *J. Rekayasa Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, p. 181, 2020, doi: 10.30872/jurti.v3i2.4033.
- [11] Y. Yanto, F. Aziz, and I. Irmawati, "Yolo-V8 Peningkatan Algoritma Untuk Deteksi Pemakaian Masker Wajah," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 3, pp. 1437–1444, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i3.7047.
- [12] A. Aboah, B. Wang, U. Bagci, and Y. Adu-Gyamfi, "Real-time Multi-Class Helmet Violation Detection Using Few-Shot Data Sampling Technique and YOLOv8," *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work.*, vol. 2023-June, pp. 5350–5358, 2023, doi: 10.1109/CVPRW59228.2023.00564.
- [13] J. S. W. Hutaaruk, T. Matulatan, and N. Hayaty, "Deteksi Kendaraan secara Real Time menggunakan Metode YOLO Berbasis Android," *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 9, no. 1, pp. 8–14, 2020, doi: 10.31629/sustainable.v9i1.1401.
- [14] S. Permata and Ismawati Azmi, "Tinjauan Etika Bisnis Islam Dalam Meningkatkan Loyalitas Pelanggan Pusat Kuliner Di Jalan Tondong Kecamatan Sinjai Utara," *J. Adz-Dzahab J. Ekon. dan Bisnis Islam*, vol. 5, no. 1, pp. 36–44, 2020, doi: 10.47435/adz-dzahab.v5i1.302.
- [15] M. Leriensyah and A. Kurniawardhani, "Klasifikasi dan Perhitungan Kendaraan untuk Mengetahui Arus Kepadatan Lalu Lintas Menggunakan Metode YOLO," *Automata*, 2020, [Online]. Available: <https://journal.uui.ac.id/AUTOMATA/article/view/13970>
- [16] A. H. N. Hidayah, A. R. Syafeeza, N. A. Razak, W. H. M. Saad, Y. C. Wong, and A. A. Naja, "Disease Detection of Solanaceous Crops Using Deep Learning for Robot Vision," *J. Robot. Control*, vol. 3, no. 6, pp. 790–799, 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i6.15948.
- [17] A. Amwin, "Deteksi Dan Klasifikasi Kendaraan Berbasis Algoritma You Only Look Once (YOLO),"

- Univ. Islam Indones.*, pp. 1–60, 2021, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/34154>
- [18] Y. Zhang, Z. Guo, J. Wu, Y. Tian, H. Tang, and X. Guo, “Real-Time Vehicle Detection Based on Improved YOLO v5,” *Sustain.*, vol. 14, no. 19, 2022, doi: 10.3390/su141912274.
- [19] R. T. Handayanto and H. Herlawati, “Prediksi Kelas Jamak dengan Deep Learning Berbasis Graphics Processing Units,” *J. Kaji. Ilm.*, vol. 20, no. 1, pp. 67–76, 2020, doi: 10.31599/jki.v20i1.71.
- [20] L. Rahma, H. Syaputra, A. H. Mirza, and S. D. Purnamasari, “Objek Deteksi Makanan Khas Palembang Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once),” *J. Nas. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 213–232, 2021, doi: 10.47747/jurnalnik.v2i3.534.
- [21] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, “Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia,” *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.
- [22] A. S. Choudhary, “Object Detection Using YOLO And Mobilenet SSD,” *Analyticvidhya.Com*, vol. 11, no. 06, pp. 134–138, 2022.
- [23] M. . Zayed, A. Amin, and S. Rahman, “Real-time Detection and Recognition of Traffic Signs in Bangladesh using YOLOv3 Detector,” no. January, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.25208.98561.
- [24] Y. Du, X. Liu, Y. Yi, and K. Wei, “Optimizing Road Safety: Advancements in Lightweight YOLOv8 Models and GhostC2f Design for Real-Time Distracted Driving Detection,” *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 21, 2023, doi: 10.3390/s23218844.
- [25] M. A. Surya, M. Susanto, A. Setyawan, H. Fitriawan, and Mardiana, “Sistem Keamanan Ruangan Dengan Human Detection Menggunakan Sensor Kamera Berbasis Deep Learning,” *J. Teknoinfo*, vol. 18, no. 1, pp. 182–192, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/index>