

Sistem Analisis Kepadatan Lalu Lintas menggunakan Teknologi YOLOv8Nadiyah^{1*}, Beny Yusman², Moh. Furqan³, Zainal Arifin⁴¹ Universitas Nurul Jadid² Universitas Hafsahty Zainul Hasan^{3,4} Universitas Nurul Jadid**Info Artikel**Riwayat Artikel

Diterima: 24-05-2025

Disetujui: 30-06-2025

Kata Kunci

YOLOv8;

kepadatan;

lalu lintas;

deteksi objek;

transportasi cerdas;

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu tantangan utama di kawasan perkotaan yang berdampak langsung terhadap efisiensi sistem transportasi, peningkatan emisi kendaraan, dan penurunan produktivitas masyarakat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem analisis kepadatan lalu lintas berbasis teknologi deteksi objek YOLOv8 (*You Only Look Once version 8*), yang dikenal memiliki kecepatan tinggi dan presisi dalam pengolahan visual. Dataset yang digunakan terdiri dari kumpulan citra kendaraan dengan anotasi objek dalam berbagai kondisi pencahayaan (siang dan malam) serta cuaca (cerah hingga hujan). Model YOLOv8 dilatih untuk mendeteksi dan menghitung jumlah kendaraan secara real-time dari cuplikan video pemantauan lalu lintas. Evaluasi performa dilakukan berdasarkan dua parameter utama, yaitu tingkat akurasi dan kecepatan pemrosesan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mencapai akurasi deteksi sebesar 88%, yang menunjukkan performa yang cukup andal dalam mengidentifikasi kendaraan dan mengestimasi tingkat kepadatan lalu lintas secara efisien. Dengan kinerja tersebut, sistem ini berpotensi untuk diterapkan dalam manajemen lalu lintas cerdas, seperti pengaturan lampu lalu lintas adaptif, prediksi kemacetan, serta pemantauan kondisi jalan secara otomatis. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan sistem ini dengan perangkat *Internet of Things* (IoT) dan teknologi *edge computing* guna mendukung penerapan transportasi cerdas yang berskala luas dan berbasis data real-time.

nadiyah@unuja.ac.id*

1. PENDAHULUAN

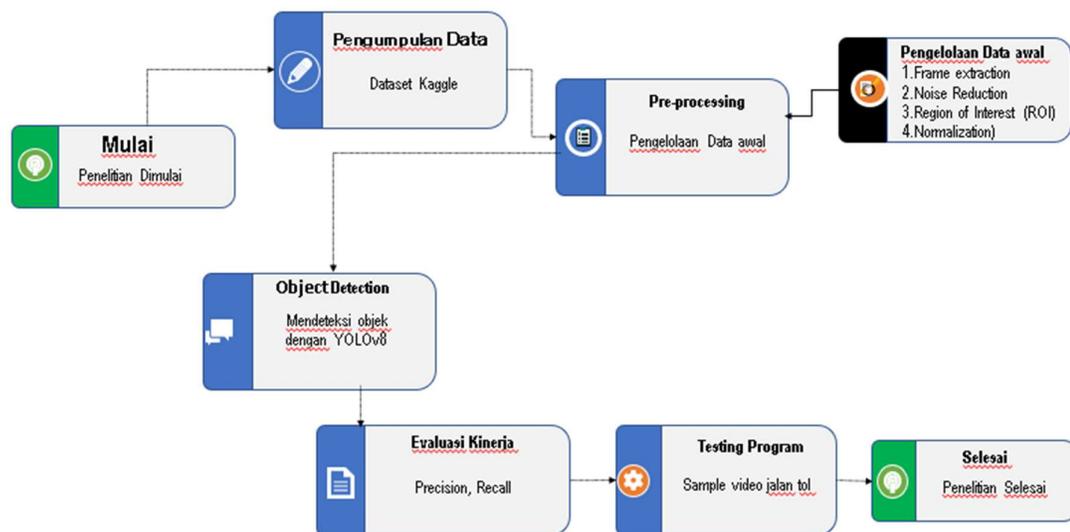
Masalah lalu lintas di perkotaan telah menjadi salah satu isu penting dalam kehidupan [1]. Menurut [2]. Peningkatan urbanisasi dan pertumbuhan jumlah kendaraan memperburuk kemacetan [3]. Hal ini meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas, kerugian ekonomi, kemacetan jalan, serta emisi kendaraan yang lebih tinggi [4],[5],[6]. Dengan teknologi perkiraan kemacetan lebih akurat dan dapat mengurangi insiden kecelakaan [7][8]. Sistem transportasi cerdas telah menjadi fokus perhatian para peneliti karena potensi besar yang dimilikinya untuk pengembangan di masa depan [9]. Teknologi yang mampu memberikan data lalu lintas secara real-time sangat diperlukan untuk mendukung keputusan yang cepat dan akurat dalam pengaturan lalu lintas [10] [11]. *Deep Learning* telah meraih kesuksesan besar dibanyak aplikasi terapan di computer vision [11]. Salah satu tantangan utama dalam pemantauan lalu lintas adalah mengumpulkan dan menganalisis data secara efisien di area dengan tingkat lalu lintas yang tinggi [12][13]. Menunjukkan bahwa sistem pemantauan konvensional, seperti sensor fisik di jalan atau kamera pengawas biasa, seringkali tidak

memadai dalam memberikan informasi kepadatan lalu lintas yang detail dan *real-time*. Sebaliknya, pendekatan berbasis komputer vision yang menggunakan algoritma *deep learning* telah menunjukkan potensi besar dalam memecahkan masalah ini [14] [15]. Selain itu, [16]. mencatat bahwa algoritma *deep learning* tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga memberikan fleksibilitas untuk menganalisis lalu lintas dalam berbagai kondisi lingkungan yang kompleks. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan computer vision dan algoritma *deep learning* dalam deteksi dan analisis kepadatan lalu lintas [17]. Mengembangkan algoritma YOLO (*You Only Look Once*), yang mampu mendeteksi objek dalam waktu singkat, sehingga sering digunakan dalam aplikasi pemantauan lalu lintas *real-time* [18] [19]. YOLOv8 dipilih karena memiliki akurasi dan kecepatan yang lebih baik dari pada metode yang lain [20]. Untuk meningkatkan performa, penelitian juga mengevaluasi pendekatan berbasis UAV video dan *deep neural networks* yang memberikan estimasi kepadatan dengan resolusi tinggi [21]

Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode pemantauan lalu lintas berbasis *computer vision* yang memberikan informasi kepadatan secara *real-time* dengan akurasi lebih baik dibandingkan metode sebelumnya. Berbagai pendekatan *deep learning*, seperti YOLO dan [22], telah digunakan dalam deteksi kendaraan dan estimasi kepadatan lalu lintas. Studi lain juga menunjukkan bahwa analisis berbasis data besar dari kamera web mampu memberikan wawasan mendalam mengenai kepadatan lalu lintas dalam skala besar [23]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada optimasi model *computer vision* untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi, sehingga mampu memberikan data kepadatan lalu lintas secara andal dan responsif di berbagai kondisi. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat mengatasi kekurangan metode sebelumnya, baik dari segi akurasi maupun efisiensi pemrosesan [24].

2. METODE

Penelitian ini mengadopsi metode deteksi objek berbasis *deep learning* menggunakan algoritma YOLOv8, yang dikenal karena kemampuannya untuk mendeteksi objek secara *real-time* dengan akurasi tinggi dalam kondisi lalu lintas yang beragam. YOLOv8, yang merupakan versi terbaru dari algoritma *You Only Look Once* [25][26], dipilih untuk sistem pemantauan kepadatan lalu lintas karena kecepatan dan ketepatannya dalam mendeteksi berbagai jenis kendaraan dalam sebuah frame secara bersamaan. Proses penelitian ini melibatkan beberapa tahapan utama, mulai dari pengambilan dataset, preprocessing data, pelatihan model, hingga evaluasi hasil deteksi [27].



Gambar 1. Alur Penelitian [28]

2.1. PENGAMBILAN DATASET

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kaggle, yang terdiri dari gambar kendaraan yang dilabeli dengan informasi mengenai kendaraan dan posisinya dalam frame. Dataset ini berjumlah lebih dari 2.000 gambar yang mencakup berbagai variasi kondisi lalu lintas, yang memungkinkan model untuk belajar dan mengenali kendaraan dalam berbagai situasi [29][30]

2.2. PREPROCESSING DATA

Pada penelitian ini, preprocessing data dilakukan untuk memastikan kualitas data yang optimal sebelum diterapkan pada model YOLOv8. Tahap pertama adalah Frame Extraction, di mana frame individu diambil dari video secara berkala dengan interval tertentu. Jika video memiliki FFF frame per detik (fps) dan frame diambil setiap interval waktu ttt, jumlah frame yang diekstraksi NNN dapat dihitung sebagai:

$$N = T_{total} / t$$

di mana T_{total} adalah durasi total video dalam detik.

Setelah frame diekstraksi, dilakukan Noise Reduction untuk mengurangi gangguan visual pada gambar. Teknik Gaussian Blur digunakan dengan kernel Gaussian $G(x,y)G(x,y)G(x,y)$, yang didefinisikan sebagai:

$$G((x,y)) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

di mana σ adalah standar deviasi dari distribusi Gaussian. Proses ini menghaluskan tepi gambar dengan mereduksi intensitas variasi lokal.

Setiap gambar diubah ukurannya (Resize) ke dimensi yang sesuai dengan input model, misalnya $640 \times 640 \times 640$ piksel. Resize dilakukan dengan mempertahankan rasio aspek menggunakan interpolasi bilinear:

$$I'(x,y) = I(f_x \cdot x, f_y \cdot y)$$

di mana $I'(x,y)$ adalah piksel pada gambar hasil resize, f_x dan f_y adalah faktor skala pada sumbu horizontal dan vertikal.

Augmentasi data dilakukan untuk meningkatkan variasi dataset, mencakup rotasi (θ), flipping, dan perubahan kecerahan. Transformasi rotasi diberikan oleh matriks:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

Transformasi ini membantu memperkenalkan model pada berbagai kondisi nyata seperti pencahayaan rendah atau cuaca buruk.

Selanjutnya, Region of Interest (ROI) diterapkan untuk membatasi analisis hanya pada area yang relevan, dengan mendefinisikan area dalam koordinat gambar.

Normalization proses mengubah nilai piksel gambar ke rentang 0–1 dengan membagi setiap piksel dengan nilai maksimum (255). Tujuannya adalah untuk mempercepat konvergensi model, menjaga stabilitas numerik, dan memastikan distribusi data lebih seragam. Proses ini dapat dirumuskan sebagai:

$$x_{norm} = x / 255$$

Dengan x sebagai nilai piksel awal dan x_{norm} sebagai nilai piksel setelah normalisasi.

2.3. PELATIHAN MODEL

Model YOLOv8 dilatih menggunakan dataset yang telah diproses. Pelatihan dilakukan dengan menggunakan teknik transfer learning, di mana model yang telah dilatih sebelumnya pada dataset lain (misalnya, COCO dataset) disesuaikan dengan dataset lalu lintas untuk meminimalkan waktu pelatihan dan meningkatkan efisiensi [18]. Selama pelatihan, model YOLOv8 mempelajari untuk mendeteksi objek (kendaraan) dalam berbagai posisi dan kondisi, serta menghitung kepadatan lalu lintas. berdasarkan jumlah kendaraan yang terdeteksi dalam setiap frame video. Parameter seperti anchor boxes dan learning rate disesuaikan untuk memperoleh performa terbaik.

2.4. EVALUASI DAN PENGUJIAN

Setelah model dilatih, langkah selanjutnya adalah menguji hasil deteksi pada video sampel lalu lintas yang telah disiapkan. Video ini dipilih untuk mencakup berbagai kondisi lalu lintas, termasuk kepadatan tinggi, rendah, serta berbagai kondisi cuaca. Akurasi deteksi diukur dengan menghitung rasio kendaraan yang terdeteksi dengan jumlah kendaraan yang sebenarnya ada dalam video [10]. Pengujian dilakukan dalam berbagai skenario untuk memastikan model dapat bekerja dengan baik dalam kondisi nyata.

3. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode deteksi kepadatan lalu lintas yang efisien menggunakan teknologi Computer Vision dan algoritma Deep Learning berbasis model YOLOv8 (You Only Look Once). Model ini diterapkan untuk mendeteksi kendaraan dalam video yang diambil dari kamera pengawas di jalan tol. Untuk mencapai tujuan tersebut, beberapa eksperimen dilakukan dengan menggunakan berbagai pengaturan parameter model, dataset yang telah dilabeli, dan teknik augmentasi data untuk meningkatkan performa model.

Pada tahap awal eksperimen, model YOLOv8 diinisialisasi dengan pengaturan default, yang terdiri dari batch size sebesar 16 dan learning rate sebesar 0.001. Namun, setelah melakukan pelatihan awal dan evaluasi terhadap hasil deteksi, akurasi model tidak memadai, terutama ketika mendeteksi kendaraan dalam kondisi lalu lintas yang padat dan pencahayaan yang kurang optimal. Hal ini disebabkan oleh overfitting dan ketidakmampuan model untuk menangani kondisi dinamis di jalan tol dengan baik.

Setelah evaluasi dan analisis, dilakukan beberapa penyesuaian terhadap parameter pelatihan untuk meningkatkan performa model. Batch size diperbesar menjadi 32 untuk memberi ruang lebih bagi model untuk memproses lebih banyak data dalam satu waktu, yang berpotensi meningkatkan stabilitas pelatihan dan mengurangi overfitting. Selain itu, learning rate diubah menjadi 0.0001 untuk menghindari pelatihan yang terlalu cepat yang dapat mengarah pada konvergensi yang buruk, serta memungkinkan model melakukan optimasi secara lebih halus.

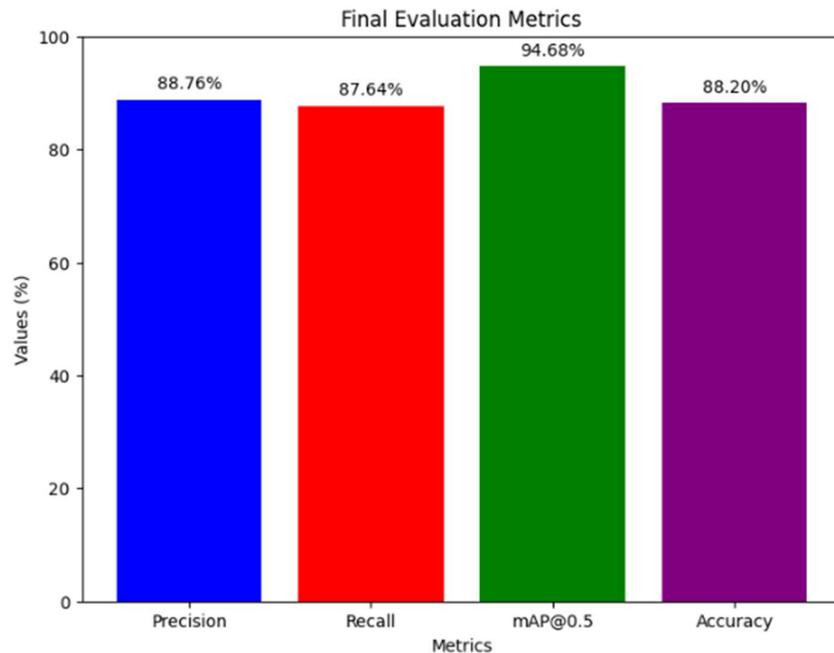
Selain penyesuaian parameter, eksperimen lebih lanjut juga mencakup penerapan data augmentation untuk memperkaya variasi dalam data pelatihan dan meningkatkan kemampuan model dalam mengenali kendaraan dalam berbagai kondisi. Teknik augmentasi yang diterapkan antara lain rotasi, pergeseran, scaling, dan perubahan pencahayaan. Penggunaan teknik ini bertujuan untuk membantu model menghadapi kondisi seperti cuaca buruk, pencahayaan rendah, dan kendaraan yang tumpang tindih, yang merupakan tantangan umum dalam deteksi kepadatan lalu lintas.

Augmentasi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan model untuk mendeteksi kendaraan dalam berbagai situasi. Misalnya, rotasi gambar memungkinkan model untuk mengenali kendaraan dari berbagai sudut pandang, sementara perubahan pencahayaan meningkatkan kemampuan model dalam mengatasi perubahan kondisi cuaca yang dapat mempengaruhi visibilitas kendaraan.

Setelah penerapan penyesuaian-penyesuaian tersebut, model diujikan kembali menggunakan dataset validasi yang terdiri dari lebih dari 2.000 gambar kendaraan yang diambil dalam kondisi lalu lintas jalan tol. Pada evaluasi akhir, model menunjukkan hasil yang signifikan lebih baik dibandingkan dengan eksperimen awal.

Prediksi lalu lintas menggunakan algoritma YOLOv8 memerlukan proses evaluasi. Artinya, model yang dikembangkan perlu dinilai berdasarkan Accuracy, precision, recall, interpretabilitas, dan skalabilitasnya. Oleh sebab itu, sebelum melakukan tinjauan terhadap artikel, penting untuk menjabarkan kriteria evaluasi dari algoritma YOLOv8 yang diterapkan (Gambar 1)[20], [21].

Gambar diagram berikut menunjukkan hasil evaluasi model setelah beberapa kali eksperimen pada pelatihan model.



Gambar 2. Final Evaluation Metrics

Dari gambar diagram tersebut, terlihat bahwa dengan pengaturan batch size = 32 dan learning rate = 0.0001, model memperoleh kinerja terbaik dengan precision sebesar 88%, recall sebesar 87%, dan mAP@0.5 sebesar 94%. Ini menunjukkan bahwa model sangat akurat dalam mendeteksi kendaraan yang ada di jalan tol dan memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dalam mengidentifikasi hampir semua kendaraan yang hadir dalam frame.

Selain pengukuran numerik, visualisasi hasil deteksi juga dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana model bekerja pada video jalan tol. Gambar-gambar berikut menunjukkan deteksi kendaraan dalam video yang telah diuji menggunakan model YOLOv8.



Gambar 3. Deteksi Kendaraan pada Jalan Tol

Pada gambar 2 terlihat YOLOv8 mampu mendeteksi kendaraan dengan baik, pada pojok kiri atas gambar terdapat indikator tingkat kepadatan lalu lintas. Sample video CCTV tersebut saya ambil pada website resmi kementerian PUPR.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem analisis kepadatan lalu lintas menggunakan teknologi YOLOv8 mampu mendeteksi kendaraan dan mengestimasi kepadatan lalu lintas dengan akurasi sebesar 88%, yang menunjukkan bahwa algoritma ini memiliki performa yang baik dalam mengolah data citra secara real-time. Sistem ini dapat menjadi solusi efektif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan lalu lintas secara cerdas. Namun demikian, untuk meningkatkan keandalannya, disarankan agar sistem diuji lebih lanjut pada berbagai kondisi lingkungan dan waktu, serta dikembangkan dengan integrasi data historis dan prediktif, visualisasi interaktif, dan penerapan teknologi edge computing agar dapat memberikan analisis kepadatan lalu lintas yang lebih akurat, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan di lapangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Syafiih, N. Nadiyah, M. Khairi, M. F. Rahman, and M. Muafi, "PkM Peningkatan Kemampuan Masyarakat Desa Terhadap Teknologi Informasi Melalui Jaringan Internet Sebagai Penerapan IoT Desa Cerdas," *GUYUB J. Community Engagem.*, vol. 4, no. 2, pp. 142–154, 2023.
- [2] E. Michelle, M. Jusuf, and J. Julian, "Efektivitas pelaksanaan kebijakan berdasarkan Pergub No 66 Tahun 2020 tentang uji emisi kendaraan bermotor di Jakarta," *ADIL J. Huk.*, vol. 12, no. 1, 2021.
- [3] A. F. Aini, "Analisis Analisis Dampak Urbanisasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kota Surabaya," *J. Econ. Strateg.*, vol. 3, no. 2, pp. 60–67, 2022.
- [4] A. Sasmita, M. Reza, S. Elystia, and S. Adriana, "Analisis pengaruh kecepatan dan volume kendaraan terhadap emisi dan konsentrasi karbon monoksida di jalan jenderal sudirman, kota pekanbaru," *J. Tek. Sipil*, vol. 16, no. 4, pp. 269–279, 2022.
- [5] M. Syafiih, "Penerapan Teknologi QR Code untuk Optimalisasi Absensi di PT. Sejahtera Paiton," *J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 6, no. 2, pp. 519–530, 2024.
- [6] M. Syafiih, M. R. Ufron, and M. Muizzuddin, "Pengaruh Strategi Promosi Digital terhadap Peningkatan Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru di Universitas Nurul Jadid," *COREAI J. Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 67–75, 2025.
- [7] J. Irawan and M. Syafiih, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN (SPK) MENGGUNAKAN METODE SIMPLE MULTI ATTRIBUTE RATING TECHNUE (SMART) DALAM MENENTUKAN JENIS PELANGGARAN DAN SANKSI DI MADRASAH ALIYAH NURUL JADID (MANJ)," *INFOTECH J.*, vol. 10, no. 2, pp. 218–227, 2024.
- [8] J. Ramadhanni and S. K. Irdawati, "Hubungan pengetahuan orang tua mengenai pencegahan kecelakaan dengan insiden kecelakaan pada toddler di wilayah kerja Puskesmas Gambirsari Surakarta." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2022.
- [9] R. E. Nalawati, D. Y. Liliana, and B. Warsuta, "Peningkatan Keselamatan Berkendara dengan Fitur Deteksi Helm pada Sistem Transportasi Cerdas," in *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 2023, pp. 136–146.
- [10] E. D. Azzahra and M. A. S. Yudono, "Systematic Literature Review: Efektivitas Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Untuk Mengurai Tingkat Kemacetan," 2024.
- [11] I. W. A. A. Wiguna, R. R. Huizen, and G. A. Pradipta, "Model Deteksi Objek Menggunakan Yolov5 untuk Pengendalian Pengaturan Lalu Lintas," in *Seminar Hasil Penelitian Informatika dan Komputer (SPINTER)| Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali*,

2024, pp. 840–844.

- [12] M. I. Hadi, D. K. Silalahi, and I. P. D. Wibawa, “Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Deteksi Volume Kendaraan Menggunakan Metode Yolov3,” *eProceedings Eng.*, vol. 9, no. 5, 2022.
- [13] D. Ariyoga, R. A. Rajagede, and R. Rahmadi, “Penelitian Terkini Tentang Sistem Pendeteksi Pelanggaran Lalu Lintas Berbasis Deep Learning: Sebuah Kajian Pustaka,” *AUTOMATA*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [14] N. E. Budiayanta, M. Mulyadi, and H. Tanudjaja, “Sistem Deteksi Kemurnian Beras berbasis Computer Vision dengan Pendekatan Algoritma YOLO,” *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 6, no. 1, pp. 51–55, 2021.
- [15] I. Virgiawan, F. Maulana, M. A. Putra, D. D. Kurnia, and E. Sinduningrum, “Deteksi dan tracking objek secara real time berbasis computer vision menggunakan metode YOLO V3,” *Humantech J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 3, no. 3, 2024.
- [16] A. A. M. Suradi, M. F. Rasyid, and N. Nasaruddin, “Sistem Perhitungan Jumlah Kendaraan Berbasis Computer Vision,” in *SISITI: Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 2022, pp. 89–97.
- [17] H. H. Marfuah, F. Syah, and Y. T. Hapsari, “Evaluasi Ergonomi Desain Ruang Kerja dengan Pendekatan Computer Vision Berbasis Postur Tubuh Menggunakan Metode Haar Cascade,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI)*, 2023, pp. 1–10.
- [18] A. I. Pradana, H. Harsanto, and W. Wijiyanto, “Deteksi Rambu Lalu Lintas Real-Time di Indonesia dengan Penerapan YOLOv11: Solusi Untuk Keamanan Berkendara,” *J. Algoritm.*, vol. 21, no. 2, pp. 145–155, 2024.
- [19] H. N. P. Wisudawan, M. Riskhi, R. Rosiana, and M. Kusriyanto, “Sistem Monitoring Kerusakan Lampu Lalu Lintas dan Notifikasi Secara Real-Time Berbasis Internet-of-Things,” *J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 9, no. 1, pp. 6–11, 2025.
- [20] M. B. A. N. Fathurrahman, A. Virgono, and R. R. Septiawan, “Impelementasi LoRA pada Perancangan Sistem Pemantauan Informasi Posisi Kendaraan Secara Real-Time,” *eProceedings Eng.*, vol. 11, no. 6, pp. 6823–6826, 2024.
- [21] W. Samek, G. Montavon, S. Lapuschkin, C. J. Anders, and K.-R. Müller, “Explaining deep neural networks and beyond: A review of methods and applications,” *Proc. IEEE*, vol. 109, no. 3, pp. 247–278, 2021.
- [22] Y. Yin, H. Li, and W. Fu, “Faster-YOLO: An accurate and faster object detection method,” *Digit. Signal Process.*, vol. 102, p. 102756, 2020.
- [23] C. Chen *et al.*, “Yolo-based uav technology: A review of the research and its applications,” *Drones*, vol. 7, no. 3, p. 190, 2023.
- [24] Z. Sun, X. Leng, Y. Lei, B. Xiong, K. Ji, and G. Kuang, “BiFA-YOLO: A novel YOLO-based method for arbitrary-oriented ship detection in high-resolution SAR images,” *Remote Sens.*, vol. 13, no. 21, p. 4209, 2021.
- [25] K. Amulya, M. Sahithya, M. Trisha, S. Hariharan, A. V. S. Kumar, and R. Karthikeyan, “Efficient Traffic Density Calculation for Diverse Road Traffic using Yolov8 Algorithm,” in *2025 IEEE 14th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, IEEE, 2025, pp. 535–539.
- [26] S. Pudaruth and I. M. Boodhun, “Reducing Traffic Congestion Using Real-Time Traffic Monitoring with YOLOv8,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 15, no. 10, 2024.
- [27] M. J. N. P. Markavathi, N. Saravanaselva, M. R. Viswam, M. Veeramani, and M. Pandikannan, “Real-Time Traffic Density Monitoring and Adaptive Signal Control Using YOLOv8 and Arduino-Based LED System,” in *2024 9th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, IEEE, 2024, pp. 227–232.
- [28] M. Syafiih, N. Aisyah, N. Nadiyah, N. W. Hastuti, T. Qomariah, and M. I. Z. Syauqillah, “Aplikasi Terintegrasi SIPONTREN dalam Meningkatkan Efisiensi Administrasi di Yayasan Nurul Amin,” *GUYUB J. Community Engagem.*, vol. 5, no. 3, pp. 746–764, 2024.
- [29] M. Syafiih, “Nadiyah,” Klasifikasi Biji Jagung Berdasarkan Tekstur Dan Warna

Menggunakan Metode Backpropagation Berbasis Web," *J. Elektron. Ilmu Komput. Udayana*, vol. 12, no. 4, pp. 761–774, 2024.

[30] K. C. Hari, M. Pokharel, and S. Shrestha, "Video Content Analysis for Detection of Road Traffic Congestion Pattern: An Optimized YOLOv8 Based Approach," *J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol*, vol. 57, pp. 180–193, 2024.