

Literature review Implementasi kecerdasan buatan untuk Prediksi dan Pengelolaan Kemacetan Lalu Lintas di Perkotaan

Muhammad Hasan Fikri^{*1}, Muhammad Miftahul Ulum², Nur Latifah Dwi Mutiara Sari³

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Universitas PGRI Semarang, Kota Semarang

Email: hasanfikri14843@gmail.com^{*1}, mhd.miftahul.ulum@gmail.com², nurlatifah@gmail.com³

Abstract

In an effort to provide solutions to traffic problems, this literature reviews previous literature to assess the role of artificial intelligence (AI) in predicting and managing traffic jams in urban areas. Artificial intelligence technology or AI is able to offer various solutions that can help overcome traffic problems, such as Machine learning and deep learning can be used to analyze real-time traffic data, predict traffic flows, and optimize traffic signal settings. Effective traffic management is becoming increasingly important as urbanization and traffic complexity in large cities increases. Congestion prediction and traffic signal optimization are some of the problems that can be solved with artificial intelligence. Based on an analysis of 30 articles published between 2020 and 2024 used in this review process, it shows that the use of AI in traffic management can create a more responsive, adaptive and efficient system. The most effective method for optimizing traffic is YOLOv5, because it can process data in real-time and has an accuracy value of 98%. The technology that is often used in AI implementation is CCTV, because it is easy to implement, affordable, and allows real-time traffic monitoring and management with detailed visual data. The findings and consequences of this literature help traffic policy developers and transportation researchers.

Keywords: Systematic Literature Review; Artificial Intelligence; Traffic

Abstrak

Dalam upaya memberikan solusi dari permasalahan lalu lintas, literatur ini meninjau literatur sebelumnya untuk menilai peran kecerdasan buatan (AI) dalam prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas di perkotaan. teknologi kecerdasan buatan atau AI mampu menawarkan berbagai solusi yang dapat membantu mengatasi masalah lalu lintas, seperti pembelajaran mesin (*Machine Learning*) dan pembelajaran mendalam dapat digunakan untuk menganalisis data lalu lintas secara real-time, memprediksi arus lalu lintas, dan mengoptimalkan pengaturan sinyal lalu lintas. Manajemen lalu lintas yang efektif menjadi semakin penting seiring dengan peningkatan urbanisasi dan kompleksitas lalu lintas di kota-kota besar. Prediksi kemacetan dan optimasi sinyal lalu lintas adalah beberapa masalah yang dapat diselesaikan dengan kecerdasan buatan. Berdasarkan analisis dari 30 artikel yang dipublikasikan antara tahun 2020 sampai 2024 yang digunakan dalam proses tinjauan ini menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam manajemen lalu lintas dapat menciptakan sistem yang lebih responsif, adaptif, dan efisien. Metode yang paling efektif dalam mengoptimalkan lalu lintas adalah YOLOv5, karena dapat mengolah data secara real-time dan memiliki nilai akurasi 98%. Teknologi yang sering digunakan dalam implementasi AI ini adalah CCTV, karena mudah penerapannya, terjangkau, dan memungkinkan pengawasan serta pengelolaan lalu lintas secara real-time dengan data visual yang detail. Penemuan dan konsekuensi literatur ini membantu pengembang kebijakan lalu lintas dan peneliti transportasi.

Kata kunci: Tinjauan Pustaka Sistematis; Kecerdasan buatan; Lalu lintas

1. Pendahuluan

Di era global masa kini seringkali menjumpai permasalahan lalu lintas yang tak kunjung usai marak terjadi di kota-kota besar, dan masih sulit untuk diatasi oleh pemerintah.

Permasalahan lalu lintas yang dimaksud diantaranya adalah kemacetan, kecelakaan, dan pelanggaran lalu lintas. Oleh karena itu manajemen lalu lintas yang efektif sangat penting untuk mengatasi masalah tersebut. Dengan adanya pengelolaan yang baik dapat meningkatkan kelancaran arus lalu lintas, mengurangi resiko kecelakaan dan mengurangi pelanggaran kendaraan.

Perkembangan teknologi baru-baru ini mengalami perkembangan yang begitu cepat terutama dalam bidang kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan memiliki peran kunci pada transformasi digital dewasa ini[1]. Berbagai metode yang digunakan dalam penelitian terkait AI untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas, seperti algoritma YOLO (*You Only Look Once*), pembelajaran mesin (*Machine Learning*), dan pembelajaran mendalam (*Deep Learning*), menunjukkan bahwa teknologi ini dapat menganalisis data lalu lintas secara real-time, memprediksi arus lalu lintas, dan mengoptimalkan pengaturan sinyal lalu lintas. Oleh karena itu, eksplorasi terhadap metode yang paling sering digunakan dan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi untuk mengoptimalkan lalu lintas di kota menggunakan AI serta penerapan teknologi-teknologi tersebut menjadi hal yang sangat penting.

Tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk mengetahui peran AI dalam manajemen lalu lintas kota. Dengan meninjau berbagai publikasi, tinjauan ini mencoba mengidentifikasi cara AI dimanfaatkan dan mengevaluasi keberhasilannya dalam konteks ini. Literatur ini juga memberikan saran untuk pengembangan dan penerapan kecerdasan buatan dalam sistem manajemen lalu lintas.

2. Metode

Pada artikel ini menggunakan metode *systematic Literature Review* (SLR), di mana beberapa artikel yang diterbitkan mulai dari tahun 2020 sampai tahun 2024 yang akan dianalisis secara sistematis[2]. Tujuan dari studi SLR adalah untuk mengumpulkan dan mengevaluasi penelitian yang berkaitan dengan topik tertentu. Hal ini dilakukan melalui langkah-langkah sistematis untuk memastikan bahwa penelitian yang dikumpulkan adalah yang terbaik dan paling relevan dengan topik. Langkah-langkah yang diambil meliputi :

2.1. Pencarian Literatur

- Sumber Data: Artikel diperoleh dari database akademik seperti Google Scholar, Garuda, dan ScienceDirect.
- Kata Kunci: Kata kunci yang digunakan meliputi " Kecerdasan Buatan dalam Manajemen Lalu Lintas", "AI untuk mengurangi kemacetan lalu lintas", "*Real-time Traffic Management And AI*", dan "*Artificial Intelligence Traffic Control*".
- Kriteria Inklusi: Artikel yang dipublikasikan lima tahun terakhir, berbahasa Inggris dan Indonesia, dan fokus pada penerapan AI dalam prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas.

Hasil dari ketentuan pencarian literature tersebut akan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pencarian literature

SUMBER	ARTIKEL
Google Scholar[3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]	10
Garuda[13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]	10
ScienceDirect[23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32]	10

Tabel 1 menunjukkan hasil pencarian 30 artikel dari tiga sumber; Google Scholar mendapatkan 10 artikel, Garuda mendapatkan 10 artikel, dan ScienceDirect mendapatkan 10 artikel.

2.2. Pertanyaan Penelitian (*Research Question*)

Pada artikel ini, terdapat tiga pertanyaan dan motivasi utama tentang penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam manajemen lalu lintas kota. Pertanyaan dan motivasi ini akan

membantu memahami bagaimana AI berperan dalam meningkatkan efisiensi sinyal lalu lintas, prediksi pola lalu lintas serta kemacetan jalan raya.

Berikut tabel pertanyaan dan motivasi yang digunakan dalam membantu literatur ini :

Tabel 2. *Research Question* pada literature review

Code	Research Question	Motivation
RQ1	Apa saja metode yang umum digunakan dalam penelitian yang memanfaatkan kecerdasan buatan untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas?	Mengidentifikasi metode yang paling banyak digunakan
RQ2	Metode apa yang paling efektif dalam mengoptimalkan lalu lintas di kota menggunakan AI?	Menentukan metode AI yang paling efektif untuk meningkatkan manajemen sinyal lalu lintas
RQ3	Teknologi apa saja yang digunakan dalam penelitian yang memanfaatkan kecerdasan buatan untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas ?	Mengidentifikasi teknologi yang mendukung untuk manajemen lalu lintas.

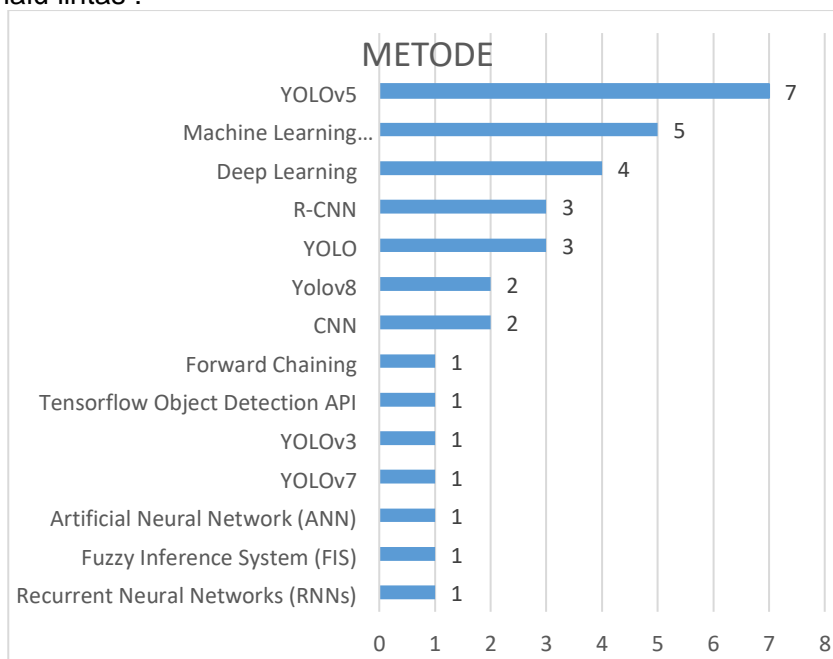
3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil penelitian setelah proses pengumpulan data dan analisis. Tujuan penyajian hasil ini adalah untuk memberikan gambaran yang jelas tentang temuan penelitian dan relevansinya dengan tujuan penelitian.

3.1. Penyajian Hasil

A. RQ1. Metode Yang Umum Digunakan Dalam Penelitian Yang Memanfaatkan Kecerdasan Buatan Untuk Prediksi Dan Pengelolaan Kemacetan Lalu Lintas

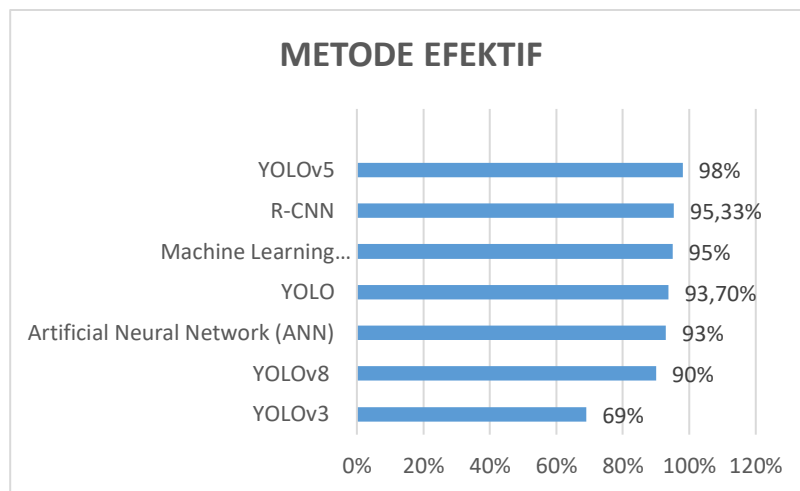
Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya adalah YOLOv5, YOLO (*You Only Look Once*) adalah sistem pendeteksian objek terbaru yang beroperasi secara real time dan menggunakan satu jaringan saraf untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan objek[3]. Selain itu ada juga metode *Machine Learning* yang sering digunakan untuk memecahkan berbagai masalah dalam berbagai bidang salah satunya adalah lalu lintas.[4] Berikut metode yang umum digunakan dalam penelitian yang memanfaatkan kecerdasan buatan untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas :



Gambar 1. Metode yang umum digunakan dalam penelitian

B. RQ2. Metode Yang Paling Efektif Dalam Mengoptimalkan Lalu Lintas Di Kota Menggunakan AI

Pada bagian sebelumnya telah disebutkan beberapa metode yang umum digunakan dalam penelitian untuk memanfaatkan kecerdasan buatan atau AI dan pengelolaan kemacetan lalu lintas. Namun, dari metode yang umum digunakan terdapat metode yang paling efektif untuk digunakan dari metode lainnya.

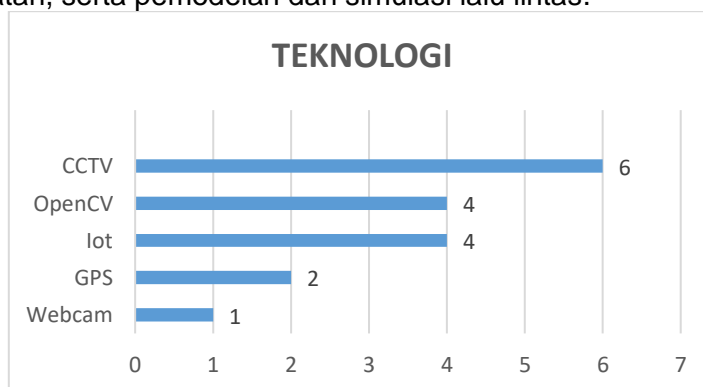


Gambar 2. Metode paling efektif

YOLOv5 tidak hanya menjadi metode yang umum digunakan dalam banyak penelitian, tetapi juga dianggap sebagai metode yang paling efektif untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. YOLOv5 memiliki akurasi yang tinggi, mencapai 98%.

C. RQ3. Teknologi Yang Digunakan Dalam Penelitian Yang Memanfaatkan Kecerdasan Buatan Untuk Prediksi Dan Pengelolaan Kemacetan Lalu Lintas

Bukan hanya metode, teknologi juga menjadi pembahasan penting dalam review prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas. Literatur ini akan mengeksplorasi berbagai teknologi yang digunakan untuk memprediksi dan mengelola kemacetan lalu lintas. Beberapa teknologi yang sering disebut dalam literatur termasuk penggunaan sensor untuk pengumpulan data lalu lintas, analisis data menggunakan algoritma kecerdasan buatan, serta pemodelan dan simulasi lalu lintas.



Gambar 3. Teknologi yang digunakan

Pada Gambar 3. terlihat bahwa teknologi yang sering digunakan adalah CCTV.

3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pencarian dari 30 artikel yang dipublikasikan antara tahun 2020 sampai 2024 yang digunakan dalam penelitian pemanfaatan kecerdasan buatan untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas. Penelitian dari review ini dimulai dari identifikasi metode yang umum digunakan, metode yang paling efektif, dan juga teknologi yang digunakan.

a) RQ1. Metode Yang Umum Digunakan Dalam Penelitian Yang Memanfaatkan Kecerdasan Buatan Untuk Prediksi Dan Pengelolaan Kemacetan Lalu Lintas

Dari identifikasi yang dilakukan, diperoleh beberapa metode yang digunakan. Pada Gambar 1 terlihat bahwa metode YOLOv5 menempati urutan pertama sebagai metode yang umum digunakan, kemudian disusul dengan *machine learning* yang juga cukup banyak digunakan.

b) RQ2. Metode Yang Paling Efektif Dalam Mengoptimalkan Lalu Lintas Di Kota Menggunakan AI

Pada Gambar 2. Menunjukkan bahwa metode YOLOv5 selain menjadi metode yang paling umum digunakan juga menjadi metode paling efektif yang memiliki tingkat akurasi paling tinggi sebesar 98% dibandingkan metode YOLO lainnya, termasuk YOLOv8, serta metode R-CNN, *Machine Learning*, dan *Artificial Neural Network (ANN)*, karena dapat memproses data secara real-time dan mudah diintegrasikan. YOLOv5 juga memiliki kelebihan kinerja yang tinggi, unggul dalam ukuran file, waktu pelatihan, waktu deteksi, dan FPS[6]. sementara metode YOLO lainnya memiliki persentase akurasi pendeteksian yang kurang baik pada objek yang tidak sepenuhnya terdeteksi[20]. Meskipun YOLOv8 adalah versi terbaru, terkadang memperkenalkan kompleksitas tambahan yang dapat mempengaruhi kestabilan dan kemudahan penggunaan, tetapi YOLOv8 membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dilatih, yang berarti lebih banyak waktu diperlukan untuk melatih algoritma untuk mencapai kinerja deteksi yang optimal[24]. R-CNN mungkin mengalami ketidakakuratan deteksi karena rentang tumpang tindih yang telah ditentukan sebelumnya yang digunakan untuk pelabelan wilayah positif dan negatif selama pelatihan mungkin tidak mencakup semua kemungkinan situasi atau skenario[28]. Dalam *Machine Learning*, memiliki masalah overfitting. Ini terjadi ketika model dapat bekerja dengan baik pada data pelatihan tetapi gagal pada data yang tidak terlihat, yang mengurangi efektivitasnya[30]. Sedangkan metode *Artificial Neural Network (ANN)* mahal secara komputasi dan memakan waktu, terutama untuk jaringan kompleks dengan banyak lapisan dan neuron. Ini dapat membatasi skalabilitas model dan membutuhkan sumber daya komputasi yang tinggi[19].

c) RQ3. Teknologi Yang Digunakan Dalam Penelitian Yang Memanfaatkan Kecerdasan Buatan Untuk Prediksi Dan Pengelolaan Kemacetan Lalu Lintas

Selain metode, teknologi yang digunakan dalam penelitian juga diperhatikan untuk diidentifikasi. Teknologi yang sering digunakan adalah CCTV, karena dapat memberikan pengawasan real-time, memberikan data visual yang detail, memungkinkan analisis data historis, dapat diintegrasikan dengan AI untuk analisis otomatis, dan CCTV juga dilengkapi dengan sensor infra merah dimana dapat memberikan hasil video dengan objek yang detail meskipun pada malam hari.

4. Kesimpulan

Pada analisis literatur mengenai pemanfaatan kecerdasan buatan untuk prediksi dan pengelolaan kemacetan lalu lintas, beberapa temuan dapat disimpulkan. Metode-metode yang digunakan, terutama YOLOv5 dimana selain sebagai metode yang umum digunakan tetapi juga sebagai metode yang paling efektif dalam mengoptimalkan lalu lintas, karena dapat mengolah data secara real-time dan memiliki nilai akurasi 98%. Teknologi yang sering digunakan dalam implementasi AI ini adalah CCTV, dimana selain mudah penerapannya dan terjangkau dari teknologi yang lain, CCTV juga memungkinkan pengawasan dan pengelolaan lalu lintas secara real-time dengan data visual yang detail. Secara keseluruhan, penggunaan

AI dalam manajemen lalu lintas kota menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, memprediksi arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan.

Dengan adanya literatur ini, diharapkan dapat memberikan panduan yang jelas mengenai pemanfaatan AI dalam manajemen lalu lintas kota, serta mendorong lebih banyak penelitian dan pengembangan di bidang ini. Literatur ini juga diharapkan dapat membantu pemerintah untuk memanfaatkan teknologi AI dalam mengatasi masalah lalu lintas. Namun, perlu diakui bahwa literatur ini memiliki keterbatasan dalam jumlah data yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dengan data yang lebih luas sangat diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif.

5. Referensi

- [1] Y. Cahyaningrum and F. Rizqi Anshori, "Systematic Literature Review Dalam Bidang Kecerdasan Buatan Dan Teknologi Informasi," *J. Kecerdasan Buatan dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 3, pp. 128–131, 2023.
- [2] I. Amelia, Y. N. Azzahra, A. Abda, and Z. Azmi, "Pemanfaatan Artificial Intelligence Dalam Akuntansi : Kajian Literatur Review," vol. 3, no. 1, 2024.
- [3] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, "Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika," *SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, pp. 219–224, 2021.
- [4] M. Buushiri, R. Munadi, and S. Sussi, "Prediksi Kemacetan Lalu Lintas Jalur Armada Bus Trans Metro Bandung Berbasis Machine Learning dan Internet of Things," *eProceedings ...*, vol. 8, no. 6, pp. 3779–3787, 2023, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/19118%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/19118/18506>
- [5] M. T. Ubaid, T. Saba, H. U. Draz, A. Rehman, M. U. Ghani, and H. Kolivand, "Intelligent Traffic Signal Automation Based on Computer Vision Techniques Using Deep Learning," *IT Prof.*, vol. 24, no. 1, pp. 27–33, 2022, doi: 10.1109/MITP.2021.3121804.
- [6] F. E. AYSAL, K. YILDIRIM, and E. CENGİZ, "Real-Time Application of Traffic Sign Recognition Algorithm with Deep Learning," *J. Mater. Mechatronics A*, vol. 3, no. 2, pp. 275–289, 2022, doi: 10.55546/jmm.1196409.
- [7] A. Nugroho and M. R. A. Cahyono, "Implementasi Object Recognition Pada Rambu-Rambu Dan Lampu Lalu Lintas Dengan Raspberry Pi Dengan Algoritma Yolov5," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 549–556, 2022, doi: 10.46984/sebatik.v26i2.2047.
- [8] V. Mandal, A. R. Mussah, P. Jin, and Y. Adu-gyamfi, "sustainability Artificial Intelligence-Enabled Traffic Monitoring System," *Mpdi*, no. January, 2020.
- [9] A. Navarro-Espinoza *et al.*, "Traffic Flow Prediction for Smart Traffic Lights Using Machine Learning Algorithms," *Technologies*, vol. 10, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.3390/technologies10010005.
- [10] A. Tiwari, "Smart Traffic Management System using IoT," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 11, pp. 542–547, 2020, doi: 10.22214/ijraset.2020.32219.
- [11] R. Dwiyanto, D. W. Widodo, and P. Kasih, "Implementasi Metode You Only Look Once (YOLOv5) Untuk Klasifikasi Kendaraan Pada CCTV Kabupaten Tulungagung," *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 102–104, 2022.
- [12] I. W. Adi, A. Wiguna, R. R. Huizen, and G. A. Pradipta, "Model Deteksi Objek Menggunakan Yolov5 untuk Pengendalian Pengaturan Lalu Lintas," pp. 840–844, 2024.
- [13] B. Santoso, A. I. S. Azis, and A. Bode, "Pengendalian Lampu Lalu Lintas Cerdas di Persimpangan Empat Ruas yang Kompleks Menggunakan Algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 6, no. 1, p. 29, 2020, doi: 10.26418/jp.v6i1.37311.
- [14] D. Iskandar Mulyana and M. A. Rofik, "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 3, pp. 13971–13982, 2022, doi: 10.31004/jptam.v6i3.4825.

- [15] N. Yedidiya, S. Mendrofa, A. Mahfuzie, M. Faisal, A. Haidar, and P. Rosyani, "Nisan Yedidiya Sorayana Mendrofa | https PERBANDINGAN METODE YOLO DAN FAST R-CNN DALAM SISTEM DETEKSI PENGENALAN KENDARAAN," *JRIIN J. Ris. Inform. dan Inov.*, vol. 1, no. 2, pp. 431–436, 2023.
- [16] Dr. Bhavesh A. Prabhakar and डॉ. गुरुदत्त पी. जपी, "भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रमों और इसरो के पीएसएलवी, जीएसएलवी प्रक्षेपकों की क्षमता की पृष्ठभूमि में चंद्रयान -1, 2, 3 अभियानों की भूमिका का आकलन," *Int. J. Res. Sci. Commer. Arts, Manag. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 410–421, 2023, doi: 10.48175/ijarsct-13062.
- [17] M. I. Haadi, D. K. Silalahi, and P. D. Wibawa, "Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Deteksi Volume Kendaraan Menggunakan Metode Yolov3," *e-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 5, pp. 2133–2143, 2022.
- [18] D. Nafis Alfarizi, R. Agung Pangestu, D. Aditya, M. Adi Setiawan, and P. Rosyani, "Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis," *J. Artif. Intel. dan Sist. Penunjang Keputusan*, vol. 1, no. 1, pp. 54–63, 2023, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk>
- [19] A. A. Hardy, A. A. Rohmawati, and S. S. Prasetyowati, "Prediction of Bandung City Traffic Classification Using Machine Learning and Spatial Analysis," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 4, p. 1861, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i4.4538.
- [20] M. A. Syaputra, J. Pinem, A. A. Lubis, and Y. Denia, "Implementasi Algoritma YOLO Dalam Pengklasifikasian Objek Transportasi pada Lalu Lintas Kota Medan," *J. Penelit. Mhs.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–23, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.58192/populer.v3i1.1641>
- [21] A. . I. I. Paramitha and I Nyoman Mahayasa Adiputra, "Deteksi Kendaraan Pada Lalu Lintas Menggunakan Artificial Intelligence Untuk Mendukung Denpasar Smart City," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 4, no. 4, pp. 353–358, 2022, doi: 10.51401/jinteks.v4i4.2074.
- [22] I. Maulana, K. Umam, A. R. Saputra, H. Al Amin, and P. Rosyani, "Teknologi Berbasis Kecerdasan Buatan Pada Aplikasi Grab Penumpang Maupun Driver Menggunakan Metode Forward Chaining," *Biner J. Ilmu Komput. , Tek. dan Multimed.*, vol. 1, no. 3, pp. 505–509, 2023, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/Biner>
- [23] H. Almukhalifi, A. Noor, and T. H. Noor, "Traffic management approaches using machine learning and deep learning techniques: A survey," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 133, no. PB, p. 108147, 2024, doi: 10.1016/j.engappai.2024.108147.
- [24] M. Bakirci, "Utilizing YOLOv8 for enhanced traffic monitoring in intelligent transportation systems (ITS) applications," *Digit. Signal Process. A Rev. J.*, vol. 152, no. May, p. 104594, 2024, doi: 10.1016/j.dsp.2024.104594.
- [25] S. Kanagamalliga, P. Kovalan, K. Kiran, and S. Rajalingam, "Traffic Management through Cutting-Edge Vehicle Detection, Recognition, and Tracking Innovations," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 233, pp. 793–800, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.03.268.
- [26] M. Q. Kheder and A. A. Mohammed, "Real-time traffic monitoring system using IoT-aided robotics and deep learning techniques," *Kuwait J. Sci.*, vol. 51, no. 1, p. 100153, 2024, doi: 10.1016/j.kjs.2023.10.017.
- [27] K. Pawar and V. Attar, "Deep learning based detection and localization of road accidents from traffic surveillance videos," *ICT Express*, vol. 8, no. 3, pp. 379–387, 2022, doi: 10.1016/j.ict.2021.11.004.
- [28] R. Castruita Rodríguez, C. Mendoza Carlos, O. O. Vergara Villegas, V. G. Cruz Sánchez, and H. de J. Ochoa Domínguez, "Mexican traffic sign detection and classification using deep learning," *Expert Syst. Appl.*, vol. 202, no. April 2021, p. 117247, 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2022.117247.
- [29] C. Wu, I. Kim, and Z. Ma, "Deep Reinforcement Learning Based Traffic Signal Control: A Comparative Analysis," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 220, pp. 275–282, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.03.036.
- [30] S. Majumdar, M. M. Subhani, B. Roullier, A. Anjum, and R. Zhu, "Congestion prediction

- for smart sustainable cities using IoT and machine learning approaches,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 64, no. March 2020, p. 102500, 2021, doi: 10.1016/j.scs.2020.102500.
- [31] S. J. Kamble and M. R. Kounte, “Machine Learning Approach on Traffic Congestion Monitoring System in Internet of Vehicles,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 171, no. 2019, pp. 2235–2241, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.04.241.
- [32] S. B S and D. R, “Deep learning assisted active net segmentation of vehicles for smart traffic management,” *Glob. Transitions Proc.*, vol. 2, no. 2, pp. 282–286, 2021, doi: 10.1016/j.gltip.2021.08.024.