



# Inventa: Journal of Science, Technology, and Innovation

Vol 1 No 3 April 2026, Hal 303-311  
ISSN: 3123-3147 (Print) ISSN: 3123-3155 (Electronic)  
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/inventa>

## Pemanfaatan Teknologi *Artificial Intelligence* Untuk Transparansi Analisis Kepadatan Jalanan Perkotaan

Muhamad Faza Almaliki<sup>1\*</sup>, Hasmina Tari Moku<sup>2</sup>, Maudhy Satyadharma<sup>3</sup>, Hado<sup>4</sup>, Muhammad Rajulan<sup>5</sup>, Sulsiani Mursalin<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universitas Hasanuddin, Indonesia

<sup>2</sup> Universitas Halu Oleo, Indonesia

<sup>3</sup> Dinas Perhubungan Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia

<sup>3</sup> Universitas Sulawesi Tenggara, Indonesia

<sup>5</sup> Masyarakat Transportasi Indonesia, Indonesia

<sup>6</sup> Institut Mekongga, Indonesia

email: [muhamadfazaalmaliki@gmail.com](mailto:muhamadfazaalmaliki@gmail.com)<sup>1</sup>

### Article Info :

Received:  
28-03-2026  
Revised:  
6-04-2026  
Accepted:  
23-04-2026

### Abstract

Urban traffic congestion is a major challenge in modern transportation management, while conventional monitoring systems remain limited in providing transparent and easily understandable information. This study aims to analyze the use of Artificial Intelligence to enhance the transparency of road congestion analysis through visual interpretation. Traffic imagery data was obtained from CCTV cameras at urban intersections and processed using the YOLOv8 model to detect vehicles and visualize traffic conditions. Subsequently, heatmap visualizations and Explainable Artificial Intelligence approaches were employed to clarify areas of vehicle concentration. The results show that the system can identify vehicle distribution patterns and present a visual representation of density based on concentration and object categories. This visualization provides more transparent, informative, and intuitive information regarding traffic conditions. Thus, this approach has the potential to support the development of smart transportation systems and data-driven traffic monitoring in urban environments effectively, accurately, and sustainably.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Explainable AI, Heatmap Visualization, Smart Transportation, Traffic Density.

### Abstrak

Kepadatan lalu lintas perkotaan menjadi tantangan utama dalam manajemen transportasi modern, sementara sistem pemantauan konvensional masih terbatas dalam menyajikan informasi yang transparan dan mudah dipahami. Penelitian ini bertujuan menganalisis pemanfaatan Kecerdasan Buatan untuk meningkatkan transparansi analisis kepadatan jalan melalui interpretasi visual. Data berupa citra lalu lintas diperoleh dari kamera CCTV pada persimpangan perkotaan dan diproses menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi kendaraan serta memvisualisasikan kondisi lalu lintas. Selanjutnya, digunakan visualisasi heatmap dan pendekatan Explainable Artificial Intelligence guna memperjelas area konsentrasi kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi pola distribusi kendaraan dan menyajikan representasi visual kepadatan berdasarkan konsentrasi dan kategori objek. Visualisasi tersebut memberikan informasi yang lebih transparan, informatif, dan intuitif terkait kondisi lalu lintas. Dengan demikian, pendekatan ini berpotensi mendukung pengembangan sistem transportasi cerdas serta pemantauan lalu lintas berbasis data di lingkungan perkotaan secara efektif, akurat, dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Kecerdasan Buatan, AI yang Dapat Dijelaskan, Visualisasi Peta Panas, Transportasi Cerdas, Kepadatan Lalu Lintas.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## PENDAHULUAN

Perkembangan urbanisasi global yang semakin intensif telah mendorong transformasi sistem transportasi menuju paradigma berbasis data dan kecerdasan komputasional, di mana kepadatan lalu lintas menjadi indikator krusial dalam mengukur efisiensi mobilitas perkotaan sekaligus kualitas tata kelola kota modern. Integrasi teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam kerangka smart city telah mengalami akselerasi signifikan, tidak hanya dalam aspek optimasi teknis tetapi juga dalam upaya

meningkatkan transparansi informasi publik terkait kondisi lalu lintas yang dinamis dan kompleks (Purwita et al., 2025; Atmojo et al., 2021).

Penerapan AI tidak lagi terbatas pada automasi sistem, melainkan telah berkembang sebagai instrumen epistemik untuk menghasilkan representasi realitas lalu lintas yang lebih akurat, adaptif, dan dapat diinterpretasikan secara visual oleh berbagai pemangku kepentingan (Apriadi et al., 2025). Transformasi tersebut juga sejalan dengan agenda digitalisasi pelayanan publik yang menuntut sistem informasi transportasi yang tidak hanya efisien tetapi juga transparan dan akuntabel (Achmad & Achmad, 2025; Sedana et al., 2025). Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan model deep learning, khususnya YOLOv8, telah memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan akurasi deteksi objek kendaraan serta efisiensi pemantauan lalu lintas berbasis citra secara real-time (Bakirci, 2024). Pendekatan ini diperkuat oleh studi yang menekankan integrasi AI dalam optimalisasi rute kendaraan guna mengurangi kemacetan melalui analisis prediktif berbasis data besar (Dikshit et al., 2023).

Pengembangan algoritma deteksi berbasis multimodal seperti adaptive pyramid transformer menunjukkan peningkatan performa dalam mendeteksi objek lintas kondisi visual yang kompleks, termasuk dalam konteks pemantauan berbasis UAV (Li et al., 2025). Di sisi lain, pendekatan Explainable Artificial Intelligence (XAI) mulai diadopsi untuk mengatasi keterbatasan interpretabilitas model AI dalam prediksi lalu lintas, sehingga memungkinkan pengguna memahami logika di balik keputusan sistem (Guo et al., 2024). Sintesis dari berbagai temuan ini mengindikasikan bahwa kemajuan teknologi AI telah memperluas kapasitas analitik sistem transportasi, namun orientasinya masih didominasi oleh aspek akurasi teknis dan efisiensi komputasional. Meskipun demikian, literatur yang ada menunjukkan adanya kecenderungan reduksionisme teknologis yang menempatkan AI semata sebagai alat optimasi tanpa mempertimbangkan dimensi transparansi informasi sebagai kebutuhan fundamental dalam tata kelola transportasi modern. Banyak studi berfokus pada peningkatan performa algoritma deteksi atau prediksi, tetapi belum secara memadai mengintegrasikan pendekatan visual interpretatif yang dapat menjembatani kesenjangan antara kompleksitas model dan pemahaman pengguna akhir (Guo et al., 2024; Bakirci, 2024).

Ketidakhadiran kerangka interpretabilitas yang komprehensif menyebabkan hasil analisis kepadatan lalu lintas sering kali bersifat “black box”, sehingga sulit digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan publik yang transparan dan partisipatif. Lebih lanjut, integrasi antara visualisasi spasial seperti heatmap dengan pendekatan XAI masih jarang dieksplorasi secara sistematis, terutama dalam konteks implementasi di lingkungan perkotaan berkembang yang memiliki karakteristik lalu lintas yang heterogen (Arruan et al., 2025). Kondisi tersebut menimbulkan implikasi serius baik secara ilmiah maupun praktis, mengingat kebutuhan akan sistem pemantauan lalu lintas yang tidak hanya akurat tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan secara epistemologis semakin mendesak dalam kerangka pembangunan kota berkelanjutan. Ketidakmampuan sistem dalam menyajikan informasi yang transparan berpotensi menghambat efektivitas kebijakan transportasi serta menurunkan tingkat kepercayaan publik terhadap teknologi digital yang diimplementasikan oleh pemerintah (Achmad & Achmad, 2025; Sedana et al., 2025).

Meningkatnya kompleksitas jaringan transportasi perkotaan menuntut pendekatan analitik yang mampu menggabungkan kecanggihan algoritma dengan kejelasan interpretasi visual, sehingga hasil analisis dapat digunakan secara luas oleh perencana kota, pengambil kebijakan, maupun masyarakat umum (Fudhayl et al., 2024). Kesenjangan antara kemampuan teknis AI dan kebutuhan transparansi inilah yang memperkuat urgensi pengembangan pendekatan baru dalam analisis kepadatan lalu lintas. Dalam lanskap keilmuan yang berkembang tersebut, penelitian ini menempatkan diri sebagai upaya integratif yang menggabungkan kekuatan deteksi objek berbasis deep learning dengan pendekatan visualisasi interpretatif dan prinsip Explainable AI untuk menghasilkan sistem analisis kepadatan lalu lintas yang tidak hanya presisi tetapi juga transparan. Pendekatan ini berbeda dari studi sebelumnya yang cenderung terfragmentasi, dengan menghadirkan sintesis antara deteksi objek, pemetaan spasial, dan interpretasi berbasis XAI dalam satu kerangka analitik yang koheren.

Dengan memanfaatkan citra lalu lintas dari CCTV sebagai sumber data empiris, penelitian ini berupaya mengonstruksi representasi visual yang mampu mengungkap pola distribusi kendaraan secara intuitif sekaligus mempertahankan akurasi analitis yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence dalam meningkatkan transparansi analisis kepadatan lalu lintas perkotaan melalui pendekatan visual berbasis deteksi objek dan interpretasi

spasial. Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka konseptual yang mengintegrasikan akurasi algoritmik dengan transparansi interpretatif dalam analisis lalu lintas, sementara kontribusi metodologisnya diwujudkan melalui penerapan kombinasi model deteksi objek, visualisasi heatmap, dan pendekatan Explainable AI dalam satu sistem analitik yang komprehensif.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan visual untuk menganalisis pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence dalam transparansi analisis kepadatan jalan perkotaan. Penelitian dilakukan menggunakan citra lalu lintas yang diperoleh dari kamera Closed Circuit Television (CCTV) pada area persimpangan jalan perkotaan. Objek penelitian berupa kendaraan yang terdeteksi pada citra tersebut sebagai representasi kondisi kepadatan lalu lintas. Metode penelitian diawali dengan pengumpulan citra lalu lintas dari hasil tangkapan CCTV, yang kemudian diproses menggunakan model YOLOv8 untuk mendeteksi objek kendaraan pada area jalan. Hasil deteksi divisualisasikan menggunakan bounding box dan heatmap guna menunjukkan area konsentrasi kendaraan pada ruas jalan, sehingga memungkinkan representasi spasial yang lebih jelas terhadap distribusi lalu lintas (Bakirci, 2024; Dikshit et al., 2023).

Pendekatan Explainable Artificial Intelligence (XAI) digunakan untuk memberikan interpretasi visual terhadap hasil analisis sistem sehingga kondisi kepadatan jalan dapat dipahami secara lebih transparan dan tidak bersifat “black box”. Penelitian ini berfokus pada interpretasi visual hasil deteksi Artificial Intelligence dan belum melakukan pengujian sistem secara mendalam, seperti pengukuran akurasi model, evaluasi performa, maupun pengujian terhadap dataset dalam jumlah besar. Keterbatasan ini menempatkan penelitian sebagai kajian eksploratif awal yang menekankan aspek transparansi dan interpretabilitas dalam analisis kepadatan lalu lintas, sekaligus membuka ruang pengembangan metodologis lebih lanjut terkait integrasi Explainable AI dalam sistem transportasi cerdas (Guo et al., 2024; Apriadi et al., 2025).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Analisis Deteksi Kendaraan Menggunakan YOLOv8**

Hasil pengolahan citra lalu lintas menunjukkan bahwa model YOLOv8 mampu mendeteksi objek kendaraan secara konsisten pada area persimpangan perkotaan. Deteksi dilakukan terhadap berbagai kategori objek seperti mobil, sepeda motor, dan pejalan kaki yang muncul dalam citra. Proses ini menghasilkan bounding box yang menandai posisi objek secara spasial pada citra input. Pendekatan deteksi berbasis deep learning ini selaras dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan efektivitas YOLO dalam analisis objek real-time (DIKSHIT et al., 2023). Distribusi objek yang terdeteksi menunjukkan variasi kepadatan yang berbeda pada setiap bagian ruas jalan. Area dengan intensitas lalu lintas tinggi cenderung memiliki jumlah bounding box yang lebih padat dibandingkan area lain. Hal ini mengindikasikan adanya konsentrasi aktivitas kendaraan pada titik tertentu dalam citra. Pola tersebut mendukung konsep traffic density sebagai indikator utama dalam analisis transportasi cerdas (BAKIRCI, 2024).

Hasil deteksi kemudian dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung jumlah objek pada setiap frame citra. Nilai ini digunakan sebagai representasi awal tingkat kepadatan kendaraan pada area pengamatan. Semakin tinggi jumlah objek yang terdeteksi, maka semakin tinggi pula tingkat kepadatan lalu lintas. Pendekatan ini umum digunakan dalam studi berbasis visi komputer untuk estimasi kepadatan kendaraan (SETIAJI et al., 2025). Untuk memperjelas distribusi data, dilakukan agregasi jumlah objek berdasarkan kategori kendaraan. Analisis ini memberikan gambaran tentang dominasi jenis kendaraan tertentu dalam arus lalu lintas.

Kendaraan roda dua menunjukkan frekuensi kemunculan yang lebih tinggi dibandingkan kendaraan roda empat. Fenomena ini sejalan dengan karakteristik transportasi di wilayah perkotaan berkembang (APRIADI et al., 2025). Sebagai bagian dari interpretasi kuantitatif, data hasil deteksi dirangkum dalam Tabel 1 yang menunjukkan jumlah rata-rata objek per kategori. Tabel ini menyajikan distribusi kendaraan berdasarkan hasil deteksi pada beberapa sampel citra. Informasi tersebut memberikan dasar analisis terhadap variasi kepadatan lalu lintas. Representasi tabel mempermudah identifikasi pola dominasi kendaraan pada area pengamatan (GUO et al., 2024).

Gambar Asli



**Gambar 1. Citra Input**

Kategori motorcycle memiliki jumlah tertinggi dibandingkan kategori lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan roda dua berperan dominan dalam membentuk kepadatan lalu lintas. Dominasi ini dapat memengaruhi dinamika pergerakan kendaraan di persimpangan jalan. Kondisi tersebut sering dikaitkan dengan fleksibilitas mobilitas kendaraan roda dua di ruang terbatas (SETIAJI et al., 2025). Jumlah kendaraan roda empat tetap memberikan kontribusi signifikan terhadap kepadatan. Kendaraan jenis ini cenderung memiliki ukuran lebih besar sehingga memengaruhi kapasitas jalan. Dampaknya terlihat pada potensi perlambatan arus lalu lintas di area tertentu. Analisis ini memperkuat konsep hubungan antara ukuran kendaraan dan kapasitas jalan (BAKIRCI, 2024). Keberadaan objek person dalam hasil deteksi menunjukkan interaksi antara kendaraan dan pengguna jalan lainnya. Hal ini penting dalam analisis keselamatan dan perencanaan transportasi perkotaan. Interaksi tersebut dapat meningkatkan kompleksitas dinamika lalu lintas. Studi sebelumnya menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor manusia dalam sistem transportasi cerdas (GUO et al., 2024).

Hasil deteksi menunjukkan bahwa model mampu mempertahankan konsistensi dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang kamera. Hal ini mengindikasikan bahwa YOLOv8 memiliki robustnes yang cukup baik dalam pengolahan citra lalu lintas. Kinerja tersebut penting untuk implementasi sistem monitoring secara real-time. Kemampuan adaptif model juga didukung oleh penelitian terkait pengembangan algoritma deteksi modern (LI et al., 2025). Interpretasi keseluruhan menunjukkan bahwa deteksi kendaraan berbasis YOLOv8 memberikan dasar yang kuat untuk analisis kepadatan lalu lintas. Hasil ini tidak hanya bersifat deskriptif tetapi juga mendukung analisis kuantitatif berbasis data visual. Integrasi antara deteksi objek dan analisis kepadatan menjadi elemen penting dalam sistem transportasi cerdas. Pendekatan ini memperlihatkan potensi besar dalam pengembangan sistem monitoring lalu lintas berbasis Artificial Intelligence (APRIADI et al., 2025).

### **Visualisasi Heatmap dan Interpretasi Kepadatan Lalu Lintas Berbasis XAI**

Hasil deteksi objek kendaraan selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk heatmap untuk menunjukkan distribusi kepadatan secara spasial pada citra lalu lintas. Representasi ini memberikan informasi mengenai area dengan intensitas aktivitas kendaraan yang tinggi. Warna dengan intensitas lebih tinggi mengindikasikan konsentrasi objek yang lebih padat dibandingkan area lainnya. Pendekatan visual ini mendukung interpretasi data secara intuitif dalam konteks Explainable Artificial Intelligence (GUO et al., 2024). Heatmap yang dihasilkan kemudian di-overlay dengan citra asli untuk mempertahankan konteks visual dari kondisi lapangan. Integrasi ini memungkinkan pengguna memahami hubungan antara lokasi fisik jalan dan tingkat kepadatan kendaraan. Visualisasi overlay meningkatkan keterbacaan hasil analisis dibandingkan representasi numerik semata. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip transparansi dalam sistem berbasis Artificial Intelligence (LI et al., 2025).

Analisis visual menunjukkan bahwa area persimpangan menjadi titik dengan intensitas heatmap tertinggi. Hal ini mengindikasikan adanya akumulasi kendaraan akibat pertemuan arus lalu lintas dari berbagai arah. Pola ini konsisten dengan teori bottleneck dalam sistem transportasi perkotaan. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa persimpangan merupakan titik kritis dalam distribusi kepadatan lalu lintas (BAKIRCI, 2024). Distribusi warna pada heatmap memperlihatkan bahwa kepadatan tidak tersebar secara merata di seluruh ruas jalan. Area tertentu menunjukkan gradasi warna yang lebih intens dibandingkan area lain. Hal ini mengindikasikan adanya variasi aktivitas kendaraan berdasarkan lokasi

spasial. Variasi tersebut mencerminkan dinamika lalu lintas yang kompleks dalam lingkungan perkotaan (DIKSHIT et al., 2023).

Citra tersebut kemudian diproses menggunakan teknologi Artificial Intelligence berbasis YOLOv8 untuk mendeteksi objek kendaraan pada area jalan. Hasil deteksi divisualisasikan dalam bentuk bounding box dan heatmap untuk menunjukkan konsentrasi kendaraan serta memberikan interpretasi visual terhadap kondisi kepadatan lalu lintas secara lebih transparan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Hasil Deteksi Kepadatan Kendaraan**

Hasil deteksi kendaraan menggunakan YOLOv8 selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk peta panas (heatmap) untuk menunjukkan area dengan konsentrasi kendaraan tertinggi pada ruas jalan. Visualisasi tersebut kemudian di-overlay pada citra asli sehingga distribusi kepadatan lalu lintas dapat terlihat secara lebih jelas dan mudah diinterpretasikan. Adapun interpretasi tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Overlay Kepadatan Kendaraan**

Berdasarkan hasil visualisasi pada Gambar 3, sistem Artificial Intelligence berbasis YOLOv8 mampu mendeteksi keberadaan kendaraan pada area persimpangan jalan dan menampilkan tingkat konsentrasi objek melalui peta panas (heatmap). Area dengan warna yang lebih dominan menunjukkan titik dengan kepadatan kendaraan yang lebih tinggi dibandingkan area lainnya. Overlay heatmap pada citra asli memberikan interpretasi visual yang lebih jelas mengenai distribusi kendaraan pada ruas jalan sehingga kondisi kepadatan lalu lintas dapat diamati secara lebih transparan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa visualisasi berbasis Explainable Artificial Intelligence (XAI) dapat membantu memahami hasil analisis sistem secara lebih intuitif.

Sejalan dengan penelitian Li dkk. (2025) yang menekankan pengembangan algoritma deteksi objek adaptif untuk meningkatkan kemampuan analisis visual, penelitian ini juga berfokus pada peningkatan transparansi sistem deteksi kepadatan lalu lintas melalui pendekatan Explainable Artificial Intelligence (XAI) agar hasil analisis sistem dapat dipahami secara lebih jelas dan intuitif. Untuk memberikan interpretasi yang lebih spesifik terhadap jenis objek yang terdeteksi, visualisasi kepadatan selanjutnya dipisahkan berdasarkan kategori objek, yaitu person, car, dan motorcycle, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



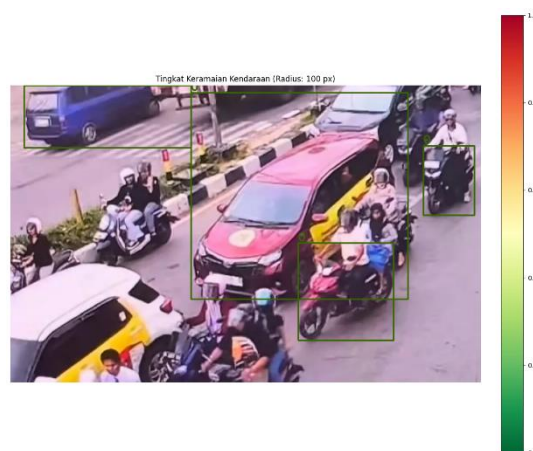
**Gambar 4. Visualisasi Kepadatan Objek Berdasarkan Kategori Deteksi Menggunakan YOLOv8**

Berdasarkan Gambar 4, sistem Artificial Intelligence berbasis YOLOv8 mampu melakukan identifikasi objek pada area lalu lintas dengan memisahkan hasil deteksi berdasarkan kategori objek, yaitu person, car, dan motorcycle. Visualisasi tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mendeteksi keberadaan objek secara umum, tetapi juga mampu memberikan interpretasi kepadatan berdasarkan jenis pengguna jalan yang terdeteksi pada citra. Pada visualisasi kepadatan kategori person, area berwarna lebih terang menunjukkan konsentrasi pejalan kaki atau pengguna kendaraan yang berada pada titik tertentu di persimpangan jalan. Hal ini memperlihatkan bahwa aktivitas pengguna jalan cenderung terpusat pada area dengan intensitas lalu lintas yang tinggi.

Pada kategori car, visualisasi heatmap menunjukkan area dominasi kendaraan roda empat yang tersebar pada jalur utama persimpangan. Warna merah dengan intensitas lebih tinggi mengindikasikan adanya konsentrasi kendaraan mobil pada area tertentu yang berpotensi menyebabkan perlambatan arus lalu lintas. Sementara itu, pada kategori motorcycle terlihat bahwa kendaraan roda dua memiliki distribusi yang lebih luas dibandingkan kendaraan roda empat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sepeda motor mendominasi aktivitas lalu lintas pada area pengamatan dan bergerak lebih dinamis di berbagai sisi jalan.

Hasil visualisasi ini menunjukkan bahwa pendekatan *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) mampu memberikan gambaran yang lebih transparan terhadap hasil analisis sistem Artificial Intelligence. Pemisahan visualisasi berdasarkan kategori objek membantu interpretasi kondisi lalu lintas secara lebih spesifik sehingga informasi kepadatan kendaraan dapat dipahami dengan lebih mudah oleh pengguna maupun pihak pengambil kebijakan di bidang transportasi. Selain itu, visualisasi tersebut dapat menjadi pendukung dalam proses monitoring lalu lintas perkotaan karena mampu memperlihatkan pola distribusi kendaraan secara intuitif melalui representasi visual berbasis heatmap.

Untuk memberikan interpretasi yang lebih mendalam terhadap kondisi kepadatan lalu lintas, visualisasi selanjutnya pada Gambar 5 dilakukan berdasarkan tingkat keramaian pada setiap radius area deteksi. Pendekatan ini digunakan untuk menunjukkan distribusi konsentrasi kendaraan pada titik-titik tertentu sehingga pola kepadatan lalu lintas dapat diamati secara lebih detail dan terstruktur.



**Gambar 5. Tingkat Keramaian Kendaraan Berdasarkan Radius Area Deteksi**

Berdasarkan visualisasi tingkat keramaian berdasarkan radius area deteksi sebagaimana pada Gambar 5, terlihat bahwa sistem Artificial Intelligence mampu menunjukkan distribusi kepadatan kendaraan secara lebih terfokus pada titik-titik tertentu di area persimpangan jalan. Area dengan radius dan intensitas warna yang lebih besar menunjukkan konsentrasi kendaraan yang lebih tinggi dibandingkan area lainnya. Visualisasi ini memperlihatkan bahwa kepadatan lalu lintas tidak tersebar secara merata, melainkan terkonsentrasi pada jalur utama dan titik pertemuan arus kendaraan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya potensi perlambatan arus lalu lintas pada area dengan tingkat keramaian yang tinggi.

Pendekatan visualisasi berbasis radius memberikan interpretasi yang lebih mudah dipahami karena mampu menggambarkan tingkat kepadatan kendaraan melalui ukuran dan intensitas area deteksi. Semakin besar radius yang ditampilkan, maka semakin tinggi tingkat aktivitas kendaraan pada titik tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan Explainable Artificial Intelligence (XAI) tidak hanya mampu mendeteksi objek kendaraan, tetapi juga membantu menjelaskan pola distribusi kepadatan lalu lintas secara visual dan intuitif. Hal ini sejalan dengan penelitian Guo dkk. (2024) yang menekankan pentingnya explainable AI dalam analisis transportasi untuk meningkatkan transparansi dan pemahaman terhadap hasil prediksi sistem. Visualisasi tersebut dapat mendukung proses monitoring lalu lintas perkotaan serta memberikan informasi yang lebih transparan bagi pengambil kebijakan dalam memahami kondisi kepadatan jalan.

### **Implikasi Analitis dan Relevansi terhadap Sistem Transportasi Cerdas**

Berdasarkan hasil analisis visualisasi kepadatan lalu lintas, pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence berpotensi mendukung pengembangan sistem transportasi perkotaan yang lebih responsif, transparan, dan berbasis data visual. Informasi yang dihasilkan dari sistem ini dapat menjadi pendukung dalam proses monitoring lalu lintas serta membantu pihak pemerintah dan instansi terkait dalam memahami pola kepadatan kendaraan pada ruas jalan perkotaan. Hal ini sejalan dengan penelitian Setiaji dkk (2025) yang memanfaatkan YOLOv8, OpenCV, dan pattern recognition untuk monitoring kepadatan lalu lintas secara real-time pada konsep smart city, sehingga informasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pendukung pengawasan kondisi jalan dan pengambilan keputusan terkait manajemen lalu lintas perkotaan. Diperlukan beberapa arah pengembangan kebijakan untuk mendukung implementasi teknologi *Artificial Intelligence* pada sistem transportasi cerdas di masa mendatang.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemanfaatan Artificial Intelligence mampu memberikan kontribusi signifikan dalam pemantauan kepadatan lalu lintas perkotaan. Integrasi deteksi objek dan visualisasi berbasis heatmap menghasilkan informasi yang komprehensif. Informasi tersebut dapat digunakan untuk memahami pola distribusi kendaraan secara lebih sistematis. Pendekatan ini relevan dengan pengembangan sistem transportasi cerdas yang berbasis data visual (SETIAJI et al., 2025). Kombinasi antara YOLOv8 dan Explainable Artificial Intelligence memungkinkan sistem tidak hanya mendeteksi objek tetapi juga menjelaskan hasil analisisnya. Transparansi ini penting dalam meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap teknologi yang digunakan. Sistem yang dapat dijelaskan cenderung lebih mudah diadopsi dalam konteks kebijakan publik. Hal ini sejalan dengan pentingnya interpretabilitas dalam sistem berbasis Artificial Intelligence (GUO et al., 2024).

Implikasi praktis dari penelitian ini terlihat pada potensi penggunaan sistem dalam monitoring lalu lintas secara real-time. Data yang dihasilkan dapat digunakan oleh instansi terkait untuk mengidentifikasi titik kemacetan secara cepat. Informasi tersebut dapat mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Pendekatan ini mendukung konsep manajemen lalu lintas adaptif dalam smart city (APRIADI et al., 2025). Hasil analisis menunjukkan bahwa visualisasi berbasis heatmap dapat berfungsi sebagai alat evaluasi kondisi jalan. Representasi visual mempermudah identifikasi area dengan kepadatan tinggi tanpa memerlukan analisis kompleks. Hal ini memberikan efisiensi dalam proses monitoring lalu lintas. Visualisasi intuitif menjadi faktor penting dalam pengambilan keputusan operasional (DIKSHIT et al., 2023).

Pada aspek rekayasa lalu lintas, data hasil analisis dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan lampu lalu lintas. Informasi kepadatan kendaraan dapat menjadi dasar dalam menentukan durasi sinyal. Hal ini berpotensi meningkatkan efisiensi arus kendaraan di persimpangan. Pendekatan berbasis data ini mendukung konsep adaptive traffic control system (BAKIRCI, 2024). Evaluasi infrastruktur jalan juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil analisis kepadatan. Area dengan

intensitas tinggi dapat diidentifikasi sebagai prioritas perbaikan atau pengembangan. Hal ini membantu pemerintah dalam merencanakan pembangunan yang lebih tepat sasaran. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa analisis data lalu lintas penting dalam perencanaan transportasi berkelanjutan (APRIADI et al., 2025).

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada aspek pengujian sistem yang belum dilakukan secara luas. Data yang digunakan masih terbatas pada jumlah citra tertentu dan belum mencakup variasi kondisi yang lebih kompleks. Hal ini memengaruhi generalisasi hasil penelitian terhadap kondisi nyata. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan reliabilitas sistem (LI et al., 2025). Analisis keseluruhan menunjukkan bahwa pemanfaatan Artificial Intelligence dalam studi ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Integrasi teknologi ini dengan konsep smart city dapat menghasilkan sistem transportasi yang lebih efisien dan adaptif. Hasil penelitian memberikan dasar konseptual dan empiris untuk pengembangan sistem berbasis data visual. Pendekatan ini mendukung transformasi digital dalam sektor transportasi perkotaan (GUO et al., 2024).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis visualisasi kepadatan lalu lintas, penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence berbasis YOLOv8 mampu mendukung interpretasi kondisi kepadatan jalan perkotaan melalui deteksi kendaraan dan visualisasi heatmap secara lebih transparan. Pendekatan Explainable Artificial Intelligence (XAI) yang diterapkan mampu memberikan gambaran visual mengenai distribusi kendaraan berdasarkan tingkat konsentrasi dan kategori objek yang terdeteksi, sehingga kondisi lalu lintas dapat dipahami secara lebih intuitif. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa kepadatan kendaraan cenderung terpusat pada area tertentu di persimpangan jalan, terutama pada jalur dengan aktivitas kendaraan roda dua dan roda empat yang tinggi. Penelitian ini juga memperlihatkan bahwa visualisasi berbasis Artificial Intelligence berpotensi menjadi pendukung dalam monitoring lalu lintas perkotaan serta membantu pemerintah dan pihak terkait dalam memahami pola kepadatan kendaraan secara lebih informatif. Pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence dapat menjadi salah satu langkah awal dalam mendukung pengembangan sistem transportasi cerdas yang lebih adaptif, transparan, dan berbasis data visual di kawasan perkotaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. Y. N., & Achmad, M. G. N. (2025). Artificial Intelligence Driven E-Government (Model Transformasi Pelayanan Publik Digital Di Pemerintahan Daerah). *Jurnal Mahandia*, 9(2), 60-71. <https://doi.org/10.5281/vn0v1p02>
- Almulhim, A. I. (2025). Integrating artificial intelligence into smart infrastructure management for sustainable urban planning. *Technologies*, 13(11), 481. <https://doi.org/10.3390/technologies13110481>
- Apriadi, E. A., Julianto, R., Dwiatmoko, F., Kom, S., Kom, M., Bistri, M., & Kom, M. (2025). *KECERDASAN BUATAN Teori, Implementasi, dan Aplikasi di Era Digital*. Eko Aziz Apriadi.
- Arruan, R. D., Syaiful, T. D., Wardhani, A. K., AP, S., Hasiholan, I. F., Kardita, I. P. C. P., ... & Sombolinggi, A. T. (2025). *Perencanaan transportasi*. Arsy Media.
- Atmojo, M. E., Fridayani, H. D., Aldiansyah, M. F., Afra, F. S., Ikhsan, M., Oktaviani, R. D., ... & Radifan, R. N. (2021). *Tata kelola perkotaan berbasis smart city: perspektif inovasi dan pengembangan kota di Pulau Jawa*. Samudra Biru.
- Bakirci, M. (2024). Utilizing YOLOv8 for enhanced traffic monitoring in intelligent transportation systems (ITS) applications. *Digital signal processing*, 152, 104594. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2024.104594>
- Dikshit, S., Atiq, A., Shahid, M., Dwivedi, V., & Thusu, A. (2023). The use of artificial intelligence to optimize the routing of vehicles and reduce traffic congestion in urban areas. *EAI endorsed transactions on energy web*, 10. <https://doi.org/10.4108/ew.4613>
- Fudhayl, A. A. F. I., Sianipar, K. L., Ta'dung, M. V. R., & Sampetoding, E. A. M. (2024). AKKITA: Aplikasi Keamanan Kota Terintegrasi Berbasis Mobile dan Teknologi Artificial Intelligence. *Buletin Pagelaran Mahasiswa Nasional Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2(2), 16-20. <http://buletiningemastik.id/index.php/bg/article/view/36/28>

- Guo, X., Zhang, Q., Jiang, J., Peng, M., Zhu, M., & Yang, H. F. (2024). Towards explainable traffic flow prediction with large language models. *Communications in Transportation Research*, 4, <https://doi.org/100150>. [10.1016/j.commtr.2024.100150](https://doi.org/10.1016/j.commtr.2024.100150)
- He, W., & Chen, M. (2024). Advancing urban life: A systematic review of emerging technologies and artificial intelligence in urban design and planning. *Buildings*, 14(3), 835. <https://doi.org/10.3390/buildings14030835>
- Injac, Z., Arsić, S., Drašković, D., & Arsić, M. (2025). Urban traffic management using artificial intelligence: A sustainable approach to enhancing urban mobility. *Journal of Traffic and Transport Theory and Practice (JTTP)*, 10(1), 30-35. <https://doi.org/10.7251/JTTP2501030I>
- Islam, M. (2025). Analysis Of AI-Enabled Adaptive Traffic Control Systems For Urban Mobility Optimization Through Intelligent Road Network Management. *Review of Applied Science and Technology*, 4(02), 207-232. <https://doi.org/10.63125/358pgg63>
- khaleel Khlewee, I., Hamze, K., & Muya, T. (2025). AI in smart cities: a review of urban data processing, prediction, and optimization techniques. *Estdamaa*, 2025, 29-38. <https://orcid.org/0000-0003-1594-9967>
- Kumar, A., Batra, N., Mudgal, A., & Yadav, A. L. (2024, March). Navigating urban mobility: A review of ai-driven traffic flow management in smart cities. In *2024 11th international conference on reliability, infocom technologies and optimization (trends and future directions)(ICRITO)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRITO61523.2024.10522206>
- Li, Q., Yang, M., Zhang, X., Wang, N., Tu, X., Liu, X., & Zhu, X. (2025). A Dual-Modal Adaptive Pyramid Transformer Algorithm for UAV Cross-Modal Object Detection. *Sensors*, 25(24), <https://doi.org/7541>. [10.3390/s25247541](https://doi.org/10.3390/s25247541)
- Nampally, R. C. R. (2021). Leveraging AI in urban traffic management: Addressing congestion and traffic flow with intelligent systems. *Journal of artificial intelligence and big data*, 1(1), 86-99. <https://doi.org/10.31586/jaibd.2021.1151>
- Nwaigbo, J. C., Sanusi, A. N., Akinode, A. O., & Cyriacus, C. (2025). Artificial Intelligence in Smart Cities: Accelerating Urban Sustainability through Intelligent Systems. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 24(03), 051-073. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2025.24.3.0257>
- Ogundare, E. (2024). Understanding the mediating role of artificial intelligence in urban transportation planning for smart city development and its implications for the United States. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 9(12), 2456-2165. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14613884>
- Purwita, A. W., Rustiyana, R., Judijanto, L., Tantrisna, E., Sjoen, M. C., Abdillah, F., ... & Tedja, J. N. (2025). *Smart city: Konsep dasar dalam penerapan sistem perkotaan berkelanjutan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Saxena, R. R. (2024). Artificial intelligence in traffic systems. *arXiv preprint arXiv:2412.12046*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.12046>
- Sedana, I. W. A., Widnyani, I. A. P. S., Girindra, I. A. G., Saraswati, N. M. A. I., Ekayasa, I. P. G. J., Rahayu, N. M. P., ... & Surya, W. (2025). *Efisiensi pelayanan publik di era kecerdasan buatan*. Penerbit Widina.
- Shan, T. O. N. G., & Shaokang, L. I. (2024). Explainable Artificial Intelligence for Urban Planning: Challenges, Solutions, and Future Trends from a New Perspective. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 15(7). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2024.0150777>
- Yigitcanlar, T., Kankanamge, N., Regona, M., Ruiz Maldonado, A., Rowan, B., Ryu, A., ... & Li, R. Y. M. (2020). Artificial intelligence technologies and related urban planning and development concepts: How are they perceived and utilized in Australia?. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 187. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040187>