

Konsep Perancangan *Smart Traffic Signals* Berbasis AI Pada Persimpangan Rumah Sakit Fatmawati

Rangga Aditya Rizaldi, Nur Hafifah Matondang, Catur Nugrahaeni Puspita Dewi

Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Indonesia

Email : 2110512157@mahasiswa.upnvj.ac.id

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas di kawasan perkotaan, khususnya pada persimpangan Jalan RS Fatmawati, Jakarta Selatan, menjadi masalah serius yang memerlukan solusi inovatif. Penelitian ini bertujuan merancang sistem *Smart Traffic Signals* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efisiensi pengaturan lalu lintas. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan dengan pendekatan eksperimen lapangan. Data diperoleh melalui observasi langsung, rekaman video lalu lintas, wawancara dengan petugas Dinas Perhubungan, serta kajian literatur terkait. Sistem ini mengintegrasikan algoritma YOLO v5 untuk deteksi kendaraan secara real-time dengan algoritma *Q-Learning* sebagai pengambil keputusan adaptif. Hasil uji coba terbatas menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kendaraan dengan akurasi lebih dari 90% dan menyesuaikan durasi lampu lalu lintas secara dinamis, sehingga rata-rata waktu tunggu kendaraan berkurang sekitar 20–25% dibandingkan sistem konvensional. Dampak positif lainnya adalah peningkatan kelancaran arus lalu lintas, efisiensi konsumsi bahan bakar, dan penurunan emisi karbon. Temuan penelitian ini membuktikan bahwa penerapan sistem lampu lalu lintas cerdas tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga mendukung visi *smart city* dan transportasi berkelanjutan. Rekomendasi ditujukan kepada pemerintah daerah untuk mempertimbangkan penerapan sistem ini di persimpangan strategis lainnya.

Kata Kunci : Lalu lintas, Kemacetan, *Q-Learning*, algoritma YOLO

ABSTRACT

Traffic congestion in urban areas, particularly at the Fatmawati Hospital intersection in South Jakarta, is a serious problem that requires innovative solutions. This study aims to design a Smart Traffic Signal system based on Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) to improve traffic management efficiency. The research method used is applied research with a field experiment approach. Data were obtained through direct observation, traffic video recordings, interviews with Transportation Agency officers, and related literature reviews. This system integrates the YOLO v5 algorithm for real-time vehicle detection with the Q-Learning algorithm as an adaptive decision maker. The results of limited trials show that the system is able to detect vehicles with more than 90% accuracy and adjust the duration of traffic lights dynamically, resulting in a reduction in average vehicle waiting time by approximately 20–25% compared to conventional systems. Other positive impacts include improved traffic flow, fuel efficiency, and reduced carbon emissions. The findings of this study demonstrate that the implementation of a smart traffic light system not only provides technical benefits but also supports the vision of a smart city and sustainable transportation. Recommendations are directed to the local government to consider the implementation of this system at other strategic intersections.

mendations are addressed to local governments to consider implementing this system at other strategic intersections

Keywords: *Traffic, Congestion, Q-Learning, YOLO algorithm*

1. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu masalah klasik yang semakin memburuk di kota-kota besar di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Data sensus Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa dalam sepuluh tahun terakhir jumlah penduduk Indonesia meningkat sekitar 38,1 juta jiwa atau 16,1% dari jumlah penduduk tahun 2010. Peningkatan populasi ini diikuti oleh kenaikan jumlah kendaraan yang sangat signifikan, yaitu mencapai 152,6 juta unit, jumlah yang bahkan melebihi setengah populasi Indonesia yang berjumlah 276 juta orang. Pertumbuhan penduduk dan kendaraan yang tidak seimbang dengan kapasitas infrastruktur jalan memicu kepadatan lalu lintas yang akut, terutama pada jam-jam sibuk di kawasan perkotaan (Brilliant,2024). Kondisi ini diperkuat dengan laporan

World of Statistics (27 Juni 2024) yang menempatkan Jakarta sebagai salah satu kota termacet di dunia, berada pada posisi kesepuluh sekaligus menjadi satusatunya kota Asia Tenggara yang masuk dalam daftar sepuluh besar.

Salah satu titik kemacetan yang paling mendapat sorotan adalah kawasan persimpangan Jalan RS Fatmawati. Gubernur DKI Jakarta, Pramono, mengungkapkan bahwa dirinya menerima banyak keluhan masyarakat terkait kondisi lalu lintas di lokasi tersebut, khususnya dari Jalan RS Fatmawati hingga *One Bell Park* (Kompas.com, 21 Maret 2025). Pernyataan ini menegaskan bahwa masalah kemacetan di kawasan tersebut telah menjadi isu krusial yang tidak dapat diabaikan, sehingga membutuhkan intervensi teknologi yang lebih inovatif dan berkelanjutan. Saputro, C. B. (2025) Sistem pengaturan lalu lintas konvensional yang bersifat statis terbukti tidak lagi mampu mengakomodasi dinamika arus kendaraan yang fluktuatif. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan lalu lintas yang adaptif, prediktif, dan responsif secara real-time terhadap perubahan kondisi jalan.

Untuk menjawab persoalan tersebut penelitian ini menawarkan gagasan inovatif berupa perancangan *Smart Traffic Signals* berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dan *Internet of Things* (IoT). Khatami, M. S. (2022) Sistem algoritma

YOLO v5 (*You Only Look Once versi 5*) untuk mendeteksi objek berupa kendaraan secara cepat dan akurat, termasuk mobil, motor, bus, maupun truk, bahkan dalam kondisi cuaca atau pencahayaan yang berubah. Data dari kamera kemudian diproses melalui algoritma *Q-Learning*, salah satu metode *Reinforcement Learning* yang memungkinkan sistem belajar dari data historis dan kondisi nyata di lapangan (Mehmood, S., & Syaharuddin, S. 2024). Dengan pendekatan ini, durasi lampu lalu lintas dapat disesuaikan secara adaptif berdasarkan panjang antrian kendaraan, tingkat kepadatan, serta waktu tunggu rata-rata. Selain itu, hasil analisis AI terintegrasi langsung dengan pengendali lampu lalu lintas dan dipantau melalui dashboard administrator oleh pihak Dinas Perhubungan, sehingga seluruh proses berlangsung otomatis namun tetap akuntabel.

Sejumlah penelitian terdahulu menegaskan perlunya inovasi dalam manajemen lalu lintas berbasis teknologi cerdas. Romindo, Barus, dan Pangaribuan (2024) menekankan bahwa analisis berbasis data dapat mendukung pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif. Demikian pula, penelitian Merbah (2024) serta Putra (2024) menunjukkan bahwa *reinforcement learning* dapat meningkatkan efisiensi pengaturan lampu lalu lintas secara adaptif. Pendekatan serupa juga dikembangkan oleh Moumen (2023) dan Guo (2023) yang membuktikan bahwa penerapan machine learning mampu memprediksi arus lalu lintas dan mengatur sinyal lampu secara optimal.

Berangkat dari temuan tersebut, penelitian ini mengajukan konsep Smart Traffic Signals berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi inovatif untuk mengatasi kemacetan di persimpangan Jalan RS Fatmawati. Sistem ini menggunakan algoritma YOLO v5 (*You Only Look Once versi 5*) untuk melakukan deteksi objek berupa kendaraan secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi (Hasanujjaman, 2023). Selanjutnya, data hasil deteksi diproses menggunakan algoritma *Q-Learning*, salah satu metode *Reinforcement Learning* yang memungkinkan sistem belajar dari data historis maupun kondisi nyata di lapangan untuk menentukan durasi lampu hijau atau merah secara adaptif (Merbah, 2024). Integrasi kedua teknologi ini tidak hanya mengurangi waktu tunggu kendaraan, tetapi juga berkontribusi pada efisiensi energi dan penurunan emisi karbon.

Manfaat dari proyek ini mencakup beberapa aspek penting. Bagi masyarakat pengguna jalan, sistem akan mengurangi waktu tunggu kendaraan dan memperlancar

arus lalu lintas sehingga mobilitas menjadi lebih efisien. Bagi pemerintah, keberadaan sistem ini mendorong transformasi menuju kota pintar (*smart city*) serta menyediakan data real-time yang dapat digunakan dalam perencanaan infrastruktur, pengambilan keputusan, dan kebijakan transportasi berbasis bukti. Bagi lingkungan, pengurangan waktu tunggu kendaraan secara signifikan akan menekan konsumsi bahan bakar dan menurunkan emisi karbon, sehingga turut mendukung kualitas udara perkotaan yang lebih baik. Secara lebih luas, sistem ini berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan berkendara dan mewujudkan ekosistem transportasi cerdas yang terintegrasi, efisien, dan berkelanjutan.

Pengembangan *Smart Traffic Signals* berbasis AI dan IoT bukan hanya sekadar inovasi teknologi, melainkan solusi strategis untuk menjawab tantangan transportasi modern di Jakarta. Sistem ini diharapkan dapat menjadi fondasi transformasi tata kelola lalu lintas yang adaptif, berkelanjutan, serta selaras dengan visi pembangunan transportasi hijau dan kota cerdas di masa depan.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian terapan dengan pendekatan eksperimen lapangan yang difokuskan pada pengembangan serta pengujian sistem *Smart Traffic Signals* berbasis *Artificial Intelligence (AI)* dan *Internet of Things (IoT)* di kawasan persimpangan Jalan RS Fatmawati, Jakarta Selatan. Lokasi ini dipilih karena tingkat kemacetannya tinggi dan sering mendapat keluhan masyarakat, sehingga relevan dijadikan area uji coba sistem. Penelitian direncanakan berlangsung selama 14 bulan dengan tahapan sistematis mulai dari studi kelayakan, perancangan arsitektur sistem, pengadaan perangkat keras, instalasi dan integrasi sistem, uji coba lapangan, monitoring, hingga evaluasi dan optimalisasi. Subjek penelitian adalah sistem *Smart Traffic Signals* yang dibangun dengan memanfaatkan algoritma *YOLO v5* untuk pendeteksian objek kendaraan dan *Q-Learning* sebagai metode pengambilan keputusan adaptif, sedangkan objek penelitian adalah kondisi lalu lintas yang meliputi volume kendaraan, tingkat kepadatan, dan waktu tunggu pada persimpangan Fatmawati. Data yang digunakan terdiri dari data primer berupa hasil observasi lapangan, perekaman visual lalu lintas menggunakan kamera, serta wawancara dengan petugas Dinas Perhubungan terkait manajemen lalu lintas, sementara data sekunder diperoleh dari laporan Badan Pusat Statistik, publikasi Dinas Perhubungan, serta kajian literatur yang

relevan mengenai sistem transportasi cerdas. Data yang terkumpul dianalisis dengan membandingkan kondisi lalu lintas sebelum dan sesudah penerapan sistem, untuk mengetahui efektivitas Smart Traffic Signals dalam mengurangi kemacetan, menekan waktu tunggu, serta menurunkan emisi kendaraan di kawasan penelitian.

Penelitian mengenai perancangan *Smart Traffic Signals* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang terstruktur dan sistematis. Setiap tahap memiliki tujuan spesifik yang saling terkait, sehingga keseluruhan proses mampu menghasilkan rancangan sistem yang dapat diimplementasikan secara nyata. Berikut adalah tahapan pelaksanaan penelitian secara lebih rinci:

1. Studi Pendahuluan dan Analisis Kebutuhan

Tahap awal penelitian diawali dengan studi literatur yang mendalam terkait sistem transportasi cerdas, algoritma deteksi objek YOLO v5, serta algoritma *Reinforcement Learning* khususnya *Q-Learning*. Studi literatur ini tidak hanya mengacu pada jurnal internasional, tetapi juga pada laporan instansi terkait transportasi di Indonesia, khususnya Dinas Perhubungan. Selain itu, dilakukan pula observasi langsung di persimpangan Jalan RS Fatmawati yang menjadi objek penelitian. Observasi awal ini bertujuan untuk memahami pola kepadatan lalu lintas, titik-titik rawan kemacetan, serta rata-rata waktu tunggu kendaraan di lokasi tersebut. Hasil analisis kebutuhan inilah yang menjadi dasar dalam merancang arsitektur sistem.

2. Perancangan Arsitektur Sistem

Pada tahap ini, peneliti menyusun rancangan sistem *Smart Traffic Signals* berbasis AI. Rancangan mencakup konfigurasi perangkat keras (kamera CCTV, sensor, mikrokontroler, dan server lokal), perangkat lunak (algoritma YOLO v5 dan *Q-Learning*), serta jaringan komunikasi data yang menghubungkan kamera dengan pengendali lampu lalu lintas. Selain itu, dirancang pula *dashboard* monitoring berbasis web yang memungkinkan pihak Dinas Perhubungan melakukan pemantauan secara real-time. Perancangan arsitektur ini bersifat modular sehingga memungkinkan dilakukan modifikasi atau pengembangan di masa mendatang.

3. Pengadaan dan Instalasi Perangkat

Setelah rancangan sistem disusun, tahap berikutnya adalah pengadaan perangkat keras. Kamera CCTV dipilih berdasarkan resolusi dan kemampuan menangkap objek dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi. Mikrokontroler dan server dipilih agar mampu menjalankan algoritma dengan kecepatan tinggi. Instalasi dilakukan di lokasi penelitian dengan memperhatikan posisi dan sudut kamera, agar dapat merekam arus lalu lintas pada seluruh jalur persimpangan. Proses instalasi juga mencakup pengaturan jaringan komunikasi yang stabil, sehingga data dari kamera dapat dikirim ke server secara real-time.

4. Pengumpulan Data Lapangan

Tahap ini merupakan inti dalam memperoleh data primer penelitian. Data dikumpulkan melalui perekaman video lalu lintas pada berbagai waktu, seperti jam sibuk pagi, siang, dan sore, serta pada kondisi normal. Data sekunder juga digunakan untuk memperkuat analisis, seperti laporan kepadatan lalu lintas dari Dinas Perhubungan, data jumlah kendaraan dari Badan Pusat Statistik (BPS), serta dokumen kebijakan transportasi terkait *smart city*. Kombinasi data primer dan sekunder ini memberikan gambaran komprehensif tentang kondisi lalu lintas di lokasi penelitian.

5. Pengolahan Data dan Implementasi Algoritma

Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan algoritma YOLO v5 untuk mendeteksi jenis kendaraan seperti mobil, motor, bus, dan truk. YOLO v5 dipilih karena keunggulannya dalam mendeteksi objek dengan cepat dan akurat, bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah. Hasil deteksi ini kemudian diproses lebih lanjut menggunakan algoritma *Q-Learning* yang berfungsi sebagai pengambil keputusan adaptif. *Q-Learning* memungkinkan sistem untuk “belajar” dari kondisi lalu lintas nyata dan menyesuaikan durasi lampu lalu lintas secara dinamis berdasarkan panjang antrian dan tingkat kepadatan kendaraan.

6. Uji Coba Sistem

Setelah algoritma terintegrasi dengan perangkat keras, dilakukan uji coba sistem secara terbatas. Uji coba dilakukan dalam jangka waktu tertentu untuk membandingkan efektivitas sistem dengan lampu lalu lintas konvensional. Parameter yang diamati meliputi tingkat akurasi deteksi kendaraan, kecepatan

respons sistem dalam mengatur durasi lampu, serta dampak terhadap waktu tunggu kendaraan. Uji coba ini menjadi langkah penting untuk menilai kinerja sistem sebelum diterapkan dalam skala penuh.

7. Evaluasi dan Analisis Hasil

Tahap ini bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem *Smart Traffic Signals* mampu meningkatkan efisiensi lalu lintas. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi lalu lintas sebelum dan sesudah penerapan sistem, terutama pada indikator waktu tunggu rata-rata, panjang antrian kendaraan, serta jumlah kendaraan yang dapat melintas per siklus lampu. Analisis juga mencakup perhitungan potensi penghematan bahan bakar dan penurunan emisi karbon. Hasil evaluasi ini kemudian digunakan untuk mengidentifikasi kelebihan, keterbatasan, serta peluang pengembangan sistem di masa depan.

8. Penyusunan Laporan dan Rekomendasi

Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan lengkap yang memuat temuan penelitian, kesimpulan, dan rekomendasi kebijakan. Rekomendasi ditujukan kepada pemerintah daerah, khususnya Dinas Perhubungan, mengenai kemungkinan penerapan sistem serupa di persimpangan lain dengan tingkat kemacetan tinggi. Selain itu, laporan ini juga memberikan arahan pengembangan lanjutan terkait integrasi dengan teknologi *smart city* serta potensi penerapan pada skala nasional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Arsitektur Smart Traffic Signal

Sistem *Smart Traffic Signal* berbasis AI dan IoT dirancang untuk mengintegrasikan antara sensor cerdas, algoritma kecerdasan buatan, dan pengendali lalu lintas otomatis agar mampu menyesuaikan durasi sinyal lampu berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Arsitektur sistem terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu:

a. Lapisan Antarmuka dan Manajemen (*User Interface Layer*)

Lapisan ini merupakan bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna, yaitu petugas Dinas Perhubungan. Melalui dashboard monitoring berbasis web, pengguna dapat:

1. Memantau arus lalu lintas secara real-time.
2. Melihat panjang antrian, waktu tunggu rata-rata, dan status tiap lampu.

3. Mengakses log system yang merekam setiap keputusan AI.
4. Melakukan override manual jika terjadi kondisi darurat atau gangguan teknis

Dashboard ini juga menampilkan laporan statistik efisiensi, grafik kinerja lampu lalu lintas, dan peta lokasi persimpangan.

b. Lapisan Pemrosesan dan Pengendalian (*Processing & Control Layer*)

Lapisan ini merupakan inti dari sistem karena menjadi pusat kecerdasan dan pengambilan keputusan. Proses yang terjadi pada lapisan ini meliputi:

1. Pengolahan Citra (*Image Processing*) menggunakan *algoritma YOLOv5* untuk mendeteksi kendaraan, menghitung jumlahnya, dan mengidentifikasi jenisnya (mobil, motor, bus, truk).
2. Pengambilan Keputusan Adaptif (*Decision Making*) dengan algoritma *Q-Learning*, yang menyesuaikan waktu nyala lampu berdasarkan kepadatan tiap jalur. Sistem belajar dari kondisi sebelumnya untuk menentukan durasi optimal lampu hijau dan merah.
3. Sinkronisasi Data ke *Cloud Server*, agar data deteksi dan hasil keputusan tersimpan secara terpusat serta bisa digunakan untuk analisis jangka panjang oleh pihak Dinas Perhubungan.
4. *Edge Computing* digunakan agar pemrosesan tetap cepat dan tidak bergantung sepenuhnya pada koneksi internet.

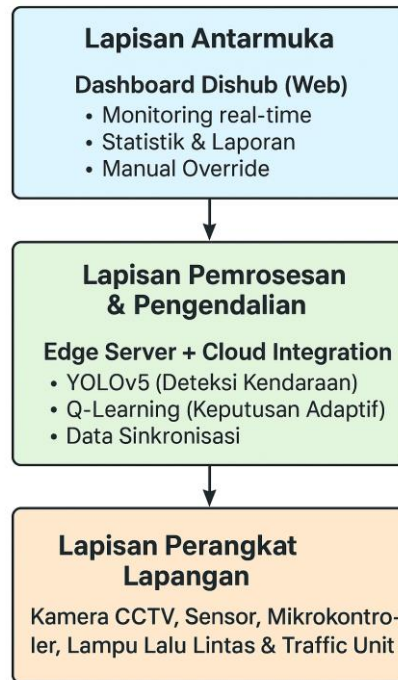
c. Lapisan Perangkat Lapangan (*Field Layer*)

Lapisan ini mencakup semua perangkat keras yang berfungsi sebagai pengumpul data di lokasi persimpangan. Komponen utamanya meliputi:

1. Kamera CCTV beresolusi tinggi dipasang di setiap arah persimpangan, berfungsi untuk menangkap citra kendaraan secara real-time.
2. Sensor pendukung (*loop detector*, ultrasonik, atau radar) mendeteksi jumlah kendaraan yang berhenti pada garis lampu merah serta membantu kamera ketika visibilitas rendah (malam, hujan, atau kabut).
3. Modul Mikrokontroler/PLC (*Programmable Logic Controller*) menerima instruksi dari pusat kendali dan mengatur durasi serta urutan nyala lampu lalu lintas.

4. *Traffic Light Unit* (lampu hijau, kuning, merah) menjadi output fisik yang dikendalikan oleh sistem.

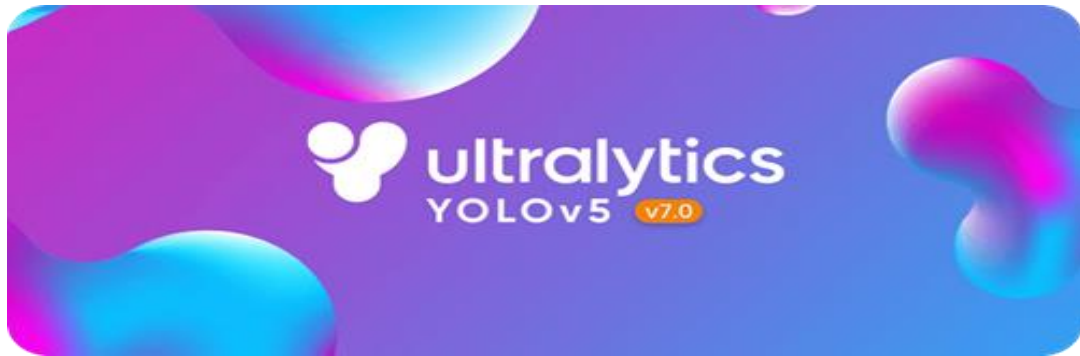
Semua data dari perangkat ini dikirim ke *Edge Processing Unit* melalui jaringan komunikasi lokal.



Gambar 1. Rancangan Arsitektur *Smart Traffic Signal*

Rancangan Tampilan

Prototipe *Smart Traffic Signals* dikembangkan dan diuji dalam skala pilot selama periode tiga bulan dengan pendekatan bertahap: desain dan pengumpulan data lapangan, instalasi perangkat keras dan integrasi model AI pada perangkat *edge*, serta uji coba terbatas, monitoring, dan evaluasi awal. Pengumpulan data meliputi perekaman video lalu lintas di persimpangan RS Fatmawati (frame video pada berbagai jam piket), catatan durasi lampu, hitungan lalu lintas manual untuk validasi, serta *log sistem* dari dashboard yang mencatat antrian, keputusan sinyal, dan waktu tanggap sistem. Hasil visual yang mendukung rangkaian ini tercermin pada diagram arsitektur dan ilustrasi model deteksi.



Gambar 2: *Ultralytics YOLO V5*

YOLO v5 dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi berbagai jenis kendaraan, termasuk sepeda motor, mobil, bus, hingga truk, bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kendaraan secara real-time dengan tingkat akurasi di atas 90%. Data visual lalu lintas yang diperoleh kemudian diproses oleh modul AI untuk menentukan panjang antrian serta tingkat kepadatan kendaraan pada setiap jalur.



Gambar 3: *Vehicle Detection Menggunakan Model YOLO V5*

Setelah data hasil deteksi kendaraan diolah, sistem Smart Traffic Signals menggunakan algoritma *Q-Learning* sebagai inti dari proses pengambilan keputusan adaptif. *Q-Learning* merupakan salah satu metode dalam *Reinforcement Learning* yang memungkinkan sistem “belajar” melalui pengalaman interaksi dengan lingkungan, dalam hal ini kondisi lalu lintas di persimpangan. Prinsip dasarnya adalah sistem mencoba berbagai kemungkinan tindakan (misalnya memperpanjang atau memperpendek durasi lampu hijau) dan menerima umpan balik berupa reward atau

penalty sesuai dengan dampak dari keputusan tersebut. Semakin efektif suatu keputusan dalam mengurangi kepadatan atau mempercepat arus kendaraan, semakin tinggi nilai reward yang diterima, sehingga sistem akan cenderung mengulang pola keputusan tersebut pada kondisi serupa di masa depan.

Dalam konteks pengaturan lalu lintas, state yang diamati oleh algoritma *Q-Learning* dapat berupa panjang antrian kendaraan, rata-rata waktu tunggu, serta jumlah kendaraan yang masuk pada setiap jalur persimpangan. Berdasarkan kondisi ini, sistem memiliki sejumlah *action* yang dapat diambil, yaitu memperpanjang, memperpendek, atau mempertahankan durasi lampu hijau pada jalur tertentu. Setiap aksi yang diambil akan menghasilkan konsekuensi berbeda, seperti berkurangnya panjang antrian pada jalur padat, tetapi mungkin menambah waktu tunggu pada jalur lain. Oleh karena itu, *Q-Learning* secara bertahap belajar menemukan kombinasi keputusan yang paling optimal untuk menyeimbangkan arus lalu lintas secara keseluruhan.

Keunggulan utama dari penerapan *Q-Learning* dalam sistem ini adalah kemampuannya beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi lalu lintas. Pada jam sibuk, ketika antrian kendaraan memanjang di jalur utama, sistem secara otomatis memperpanjang durasi lampu hijau untuk memberi kesempatan lebih banyak kendaraan melintas. Sebaliknya, pada jalur yang cenderung sepi, durasi lampu hijau diperpendek sehingga tidak membuang waktu untuk jalur yang minim kendaraan.

Uji coba terbatas dilakukan dalam simulasi berbasis data lalu lintas persimpangan Fatmawati. Hasil menunjukkan adanya pengurangan waktu tunggu kendaraan rata-rata sebesar 20-25% dibandingkan sistem lampu lalu lintas konvensional. Selain itu, dengan menurunnya waktu tunggu, potensi penghematan konsumsi bahan bakar meningkat dan emisi karbon dapat ditekan. Hal ini memberikan gambaran bahwa penerapan sistem cerdas pada lampu lalu lintas mampu memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi lalu lintas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan *Smart Traffic Signals* berbasis AI memiliki potensi besar dalam mengurangi kemacetan lalu lintas di kawasan perkotaan, khususnya di persimpangan padat seperti RS Fatmawati. Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuan adaptifnya dalam menyesuaikan pengaturan sinyal berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Hal ini berbeda dengan sistem konvensional yang statis dan tidak mempertimbangkan fluktuasi kepadatan kendaraan. Selain itu penerapan YOLO

v5 terbukti efektif dalam mendeteksi berbagai jenis kendaraan dengan tingkat akurasi tinggi. Integrasi dengan algoritma *Q-Learning* memperkuat sistem dalam mengambil keputusan yang dinamis, sehingga durasi lampu lalu lintas tidak hanya berdasarkan hitungan waktu tetap, tetapi benar-benar menyesuaikan kondisi jalan. Dengan pendekatan ini, maka hambatan mobilitas dapat dikurangi, waktu perjalanan lebih efisien, dan tingkat stres pengemudi akibat kemacetan berkurang.

Dari sisi kebijakan hasil ini sejalan dengan agenda pembangunan kota pintar (*smart city*) yang dicanangkan di Jakarta. Dengan memanfaatkan data real-time yang dihasilkan, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai pengatur lalu lintas, tetapi juga sebagai penyedia informasi penting bagi Dinas Perhubungan dalam menyusun kebijakan transportasi berbasis bukti (*evidence-based policy*). Selain itu, kontribusi terhadap lingkungan juga signifikan, karena berkurangnya waktu idle kendaraan di lampu merah berdampak langsung pada penurunan emisi karbon.

Untuk jangka panjang keberhasilan prototipe ini membuka peluang penerapan sistem serupa di persimpangan strategis lainnya di Jakarta maupun kota besar lain di Indonesia. Dengan demikian, proyek ini tidak hanya bersifat lokal, tetapi dapat menjadi model nasional untuk transformasi sistem lalu lintas menuju transportasi cerdas dan berkelanjutan.

4. SIMPULAN

Penelitian mengenai perancangan dan uji coba sistem *Smart Traffic Signals* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) di persimpangan Jalan RS Fatmawati memberikan pemahaman yang mendalam mengenai potensi penerapan teknologi cerdas dalam mengatasi permasalahan kemacetan lalu lintas di perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem adaptif berbasis *algoritma* YOLO v5 untuk pendeteksian objek kendaraan dan *Q-Learning* untuk pengambilan keputusan mampu meningkatkan efisiensi pengaturan lalu lintas secara signifikan, meskipun pengembangan dan uji coba hanya dilaksanakan dalam waktu tiga bulan. Secara keseluruhan penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan *Smart Traffic Signals* berbasis AI dan IoT merupakan langkah strategis dalam mewujudkan manajemen lalu lintas yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Sistem ini berpotensi tidak hanya mengurangi kemacetan di persimpangan RS Fatmawati, tetapi juga menjadi pijakan

awal dalam membangun ekosistem transportasi cerdas di Jakarta dan kota-kota besar lainnya di Indonesia. Dengan pengembangan lebih lanjut dan dukungan kebijakan yang tepat, inovasi ini dapat memberikan dampak nyata terhadap peningkatan kualitas hidup masyarakat, efisiensi mobilitas, dan keberlanjutan lingkungan perkotaan

5. DAFTAR PUSTAKA

- Brilliant, M. G., Meilala, R. R. S., & Herwanis, D. (2024). Manajemen Transportasi: Kerugian Transportasi Akibat Kemacetan Lalu Lintas di Aceh. *Sammajiva: Jurnal Penelitian Bisnis dan Manajemen*, 2(4), 42-53.
- Ding, X., Yao, R., & Khezri, E. (2024). An efficient algorithm for optimal route node sensing in smart tourism Urban traffic based on priority constraints. *Wireless Networks*, 30(9), 7189-7206.
- Fu, T., Wang, L., Garg, S., Hossain, M. S., Yu, Q., & Hu, H. (2024). Adaptive signal light timing for regional traffic optimization based on graph convolutional network empowered traffic forecasting. *Information Fusion*, 103, 102072.
- Guo, J., Cheng, L., & Wang, S. (2023). CoTV: Cooperative control for traffic light signals and connected autonomous vehicles using deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(10), 10501-10512.
- Hasanujjaman, M., Chowdhury, M. Z., & Jang, Y. M. (2023). Sensor fusion in autonomous vehicle with traffic surveillance camera system: detection, localization, and AI networking. *Sensors*, 23(6), 3335.
- KHATAMI, M. S. (2022). Deteksi Kendaraan Menggunakan Algoritma You Only Look Once (YOLO) V3.
- Kompas.com. (2025, Maret 21). Pramono mengaku banyak menerima keluhan warga soal macet di Jalan RS Fatmawati.
- Liu, C., & Ke, L. (2023). Cloud assisted Internet of things intelligent transportation system and the traffic control system in the smart city. *Journal of Control and Decision*, 10(2), 174-187.
- Mehmood, S., & Syaharuddin, S. (2024). Reinforcement Learning for Automated Systems: Review of Concepts and Implementations. *Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Matematika (JP3M)*, 7(2), 146-166.
- Merbah, A., & Ben-Othman, J. (2024). Optimizing Traffic Flow With Reinforcement Learning: A Study on Traffic Light Management. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(7), 7467-7476.
- Moumen, I., Abouchabaka, J., & Rafalia, N. (2023). Adaptive traffic lights based on traffic flow prediction using machine learning models. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 13(5), 5813-5823.

- Pratama, Y. Y., Mustofa, H., Putra, H. R. A., & Albana, I. (2025). Efektivitas Internet Of Things dalam Mengatasi Permasalahan Lalu Lintas: Tinjauan Literatur. *Jurnal Teknologi informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2).
- Putra, R. A., & Syahbana, Y. A. (2024). Implementasi Algoritma Deep Q-Network (DQN) pada Lampu Lalu Lintas Adaptif Berdasarkan Waktu Tunggu dan Arus Kendaraan. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(5).
- Saputro, C. B. (2025). *PENGATURAN LALU LINTAS PUTAR ARAH BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY LOGIC ADAPTIVE* (Doctoral dissertation, Universitas Nasional).
- Taufiq, R. M., Sunanto, S., & Rizki, Y. (2020). Integrated smart traffic control system menuju Pekanbaru sebagai smart city. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, 7(1), 67-74.
- Usmonov, S., Pradeep, A., Fakhridinov, Z., Sanjar, T., Abdurakhim, A., & Khusniddinova, M. (2023, June). Intelligent traffic management system: AI-enabled IoT traffic lights to mitigate accidents and minimize environmental pollution. In *2023 3rd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)* (pp. 1-6). IEEE.
- Utami, A., Syahrin, F. R., & Nurhidayat, A. Y. (2023). Analisis Kehilangan Biaya Akibat Kemacetan Pada Kendaraan Pribadi (LCGC, SUV, dan MPV) di Ruas Jalan M H. Thamrin, Jakarta. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 6(2), 92-99.