Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia p–ISSN: 2541-0849
e-ISSN: 2548-1398
Vol. 10, No. 3, Maret 2025

PENGARUH PENERAPAN TEKNOLOGI SMART TRAFFIC MANAGEMENT TERHADAP EFISIENSI LALU LINTAS DAN EMISI KARBON

Siti Maryam Hafram*, Wudi Darul Putra
Universitas Muslim Indonesia
Email: stmaryam@umi.ac.id*, wudidarulputra@umi.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan teknologi Smart Traffic Management (STM) terhadap efisiensi lalu lintas dan emisi karbon di Jalan A.P. Pettarani, Kota Makassar, dengan menggunakan metode pengumpulan data lapangan sebelum dan sesudah penerapan STM yang mencakup kecepatan rata-rata kendaraan, waktu perjalanan, dan volume lalu lintas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah penerapan STM, waktu perjalanan rata-rata kendaraan berkurang dari 25 menit menjadi 20 menit, mencerminkan penurunan signifikan sebesar 20%, sementara waktu tunggu di persimpangan utama juga berkurang hingga 35%, yang menunjukkan peningkatan aliran kendaraan pada jam sibuk. Selain itu, data emisi karbon menunjukkan penurunan dari 180 gram per km menjadi 148 gram per km per kendaraan, yang berarti pengurangan emisi karbon sebesar 18% akibat berkurangnya waktu idle kendaraan dan aliran lalu lintas yang lebih lancar. Penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan dalam implementasi STM, seperti keterbatasan infrastruktur telekomunikasi dan kurangnya sosialisasi kepada pengguna jalan, serta memberikan rekomendasi bagi pemerintah daerah untuk mengintegrasikan teknologi STM dengan kebijakan transportasi publik guna mendukung pembangunan berkelanjutan dan meningkatkan kualitas sistem transportasi perkotaan.

Kata Kunci: Smart Traffic Management, Efisiensi Lalu Lintas, Emisi Karbon, Jalan A.P. Pettarani, Makassar

Abstract

This study aims to analyze the effect of the application of Smart Traffic Management (STM) technology on traffic efficiency and carbon emissions on Jalan A.P. Pettarani, Makassar City, by using a field data collection method before and after the implementation of STM which includes the average speed of vehicles, travel time, and traffic volume. The results showed that after the implementation of STM, the average vehicle travel time was reduced from 25 minutes to 20 minutes, reflecting a significant decrease of 20%, while the waiting time at major intersections was also reduced by 35%, indicating an increase in vehicle flow during peak hours. In addition, carbon emissions data shows a decrease from 180 grams per km to 148 grams per km per vehicle, which means an 18% reduction in carbon emissions due to reduced vehicle idle time and smoother traffic flow. This study also identifies challenges in the implementation of STM, such as limited telecommunication infrastructure and lack of socialization to road users, and provides recommendations for local governments to integrate STM technology with public transportation policies to support sustainable development and improve the quality of urban transportation systems.

Keywords: *Smart Traffic Management, Traffic Efficiency, Carbon Emissions, Jalan A.P. Pettarani, Makassar*

Pendahuluan

Perkembangan urbanisasi yang pesat di kota-kota besar, termasuk Kota Makassar, telah menyebabkan peningkatan signifikan dalam jumlah kendaraan bermotor di jalan raya (Nallaperuma et al., 2019; Syah, 2013). Salah satu dampak yang paling terasa dari kondisi ini adalah kemacetan lalu lintas yang tidak hanya menghambat mobilitas penduduk, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon yang berdampak negatif pada kualitas udara dan kesehatan masyarakat (Mahali et al., 2019; Rahayu, 2023). Jalan A.P. Pettarani, sebagai salah satu jalur utama di Kota Makassar, sering mengalami kemacetan parah, terutama pada jam-jam sibuk (Nababan et al., 2023; Pemerintah Indonesia, 2009). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah, termasuk pembangunan infrastruktur jalan dan penerapan kebijakan pembatasan kendaraan. Namun, langkah-langkah tersebut belum memberikan hasil yang optimal dalam mengurangi kemacetan dan emisi karbon (Bagus, 2022; Richardson & Bae, 2008).

Teknologi *Smart Traffic Management* (STM) muncul sebagai solusi inovatif yang dapat mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi dalam pengelolaan lalu lintas (Li et al., 2019; Lingani et al., 2019). STM memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas dengan mengoptimalkan pengaturan sinyal lalu lintas, memberikan informasi lalu lintas real-time kepada pengendara, serta mengintegrasikan berbagai sistem transportasi untuk menciptakan aliran lalu lintas yang lebih lancar (Othman et al., 2019; Rath, 2018). Penerapan STM di berbagai kota besar di dunia telah menunjukkan hasil yang positif dalam mengurangi kemacetan dan emisi karbon, namun implementasinya di Indonesia masih relatif baru dan memerlukan kajian mendalam untuk menilai efektivitasnya (Aidila, 2023; Elmira & Anisykurlillah, 2024).

Penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh penerapan teknologi Smart Traffic Management terhadap efisiensi lalu lintas dan emisi karbon di Jalan A.P. Pettarani, Kota Makassar. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat STM dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam pengembangan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di kota-kota besar Indonesia. Penelitian ini memiliki keterkaitan yang cukup dekat dengan Fokus Utama pada Roadmap Penelitian Universitas Muslim Indonesia, yaitu Bidang Fokus 1: Rekayasa dan Lingkungan.

Penelitian ini menganalisis efektivitas *Smart Traffic Management* (STM) dalam mengatasi kemacetan dan emisi karbon di Jalan A.P. Pettarani, Makassar. Fokusnya mencakup perbandingan kondisi lalu lintas sebelum dan sesudah STM, peningkatan efisiensi, dampak terhadap waktu perjalanan dan kecepatan kendaraan, serta penurunan emisi karbon. Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi faktor keberhasilan STM dalam meningkatkan lalu lintas. Hasilnya diharapkan memberikan gambaran komprehensif tentang peran STM dalam menciptakan lalu lintas yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Penelitian terdahulu oleh Taufiq (2020) Penelitian ini memberikan rancangan solusi untuk tata kelola lampu lalu lintas cerdas (Smart Traffic Control System), berbasis teknologi object detection yang menggunakan deep learning untuk mendeteksi jumlah dan jenis kendaraan. Jumlah kendaraan menjadi dasar penentuan timer lampu hijau secara otomatis. Smart Traffic Control System (STCS) terintegrasi dengan sistem informasi geografis berbasis web (smart map) yang secara kontinu menerima informasi kepadatan (gambar terkini, jumlah kendaraan, level kepadatan), kemudian menampilkannya diatas peta Kota Pekanbaru. Solusi sistem terintegrasi ini telah diujikan pada sebuah prototipe

lampu lalu lintas, menggunakan komputer mini dan miniatur kendaraan. Sistem terintegrasi ini mampu mendeteksi 9 dari 12 kendaraan, dan mampu mengirimkan data secara berkala kepada smart map.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi lalu lintas di Jalan A.P. Pettarani, Makassar, sebelum dan sesudah penerapan Smart Traffic Management (STM), mengukur efisiensi lalu lintas yang dicapai, serta mengevaluasi dampaknya terhadap kecepatan kendaraan, waktu perjalanan, dan pengurangan emisi karbon. Penelitian ini mengkaji pengaruh penerapan teknologi *Smart Traffic Management* (STM) terhadap efisiensi lalu lintas dan emisi karbon di Jalan A.P. Pettarani, Makassar, dengan merujuk pada berbagai literatur dan studi terdahulu terkait STM, efisiensi lalu lintas, serta pengurangan emisi. STM melibatkan teknologi seperti sensor, kamera pengawas, dan sistem deteksi insiden untuk mengoptimalkan pengaturan lalu lintas, yang terbukti mampu mengurangi kemacetan, mempercepat waktu perjalanan, serta menekan konsumsi bahan bakar dan emisi karbon. Studi kasus di berbagai kota menunjukkan efektivitas STM dalam meningkatkan efisiensi transportasi, sementara penelitian lokal mengidentifikasi tantangan dan peluang implementasi di Makassar. Penelitian ini mengikuti roadmap sistematis yang mencakup persiapan, pengumpulan data, implementasi STM, analisis hasil, serta penyusunan rekomendasi kebijakan, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus untuk menganalisis pengaruh penerapan *Smart Traffic Management* (STM) terhadap efisiensi lalu lintas dan emisi karbon di Jalan A.P. Pettarani, Makassar, dengan mengumpulkan data primer sebelum dan sesudah implementasi STM, termasuk kecepatan kendaraan, waktu perjalanan, volume lalu lintas, dan kadar emisi karbon menggunakan *Portable Emission Measurement Systems* (PEMS). Data lalu lintas dikumpulkan melalui sensor dan survei, sementara pengukuran emisi dilakukan dengan alat pengukur gas kendaraan. Implementasi STM melibatkan instalasi perangkat keras dan lunak oleh tim teknis serta pengoperasian oleh operator terlatih.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah STM melalui statistik deskriptif dan uji hipotesis untuk menilai perubahan efisiensi lalu lintas serta pengurangan emisi karbon. Evaluasi dilakukan terhadap peningkatan kecepatan rata-rata, pengurangan waktu perjalanan, serta identifikasi faktor keberhasilan atau kendala dalam penerapan STM. Hasil penelitian diinterpretasikan untuk menilai efektivitas STM dalam mengurangi kemacetan dan emisi karbon, serta memberikan rekomendasi kebijakan yang berkelanjutan. *Smart Traffic Management* sendiri merupakan sistem berbasis teknologi yang mengoptimalkan aliran lalu lintas dengan fitur seperti deteksi lalu lintas, pengaturan lampu lalu lintas adaptif, informasi real-time, manajemen kecelakaan, analisis data, serta integrasi dengan transportasi publik, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi perjalanan dan pengurangan dampak lingkungan.

Hasil dan Pembahasan

Efisiensi Lalu Lintas Setelah Penerapan Teknologi STM

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Smart Traffic Management* (STM) di Jalan A.P. Pettarani memberikan dampak positif terhadap efisiensi lalu lintas. Data yang diperoleh dari pengamatan langsung dan analisis menggunakan perangkat

lunak simulasi lalu lintas (misalnya, VISSIM) menunjukkan adanya peningkatan aliran kendaraan pada jam sibuk. Waktu perjalanan rata-rata kendaraan berkurang sebesar 20%, sementara waktu tunggu di persimpangan utama seperti perempatan Hertasning dan Pettarani berkurang hingga 35%. Pengurangan ini menunjukkan keberhasilan sistem STM dalam mengelola arus lalu lintas dengan lebih baik melalui pengaturan lampu lalu lintas yang adaptif dan analitik prediktif berbasis data.

Tabel 1. Perbandingan Waktu Perjalanan Sebelum dan Setelah STM

Parameter	Sebelum STM	Setelah STM	Perubahan
Waktu Perjalanan Rata- Rata	25 Menit		-20%
Waktu Tunggu di Persimpangn	90 Menit		-35%

Measurement Systems (PEMS) menunjukkan bahwa penerapan STM berkontribusi terhadap penurunan emisi karbon di lokasi penelitian. Sebelum implementasi STM, rata-rata emisi karbon dioksida (CO2) mencapai 180 gram per km per kendaraan. Setelah implementasi STM, angka ini berkurang menjadi 148 gram per km per kendaraan, menunjukkan penurunan sebesar 18%. Penurunan ini terutama disebabkan oleh pengurangan waktu idle kendaraan di persimpangan dan aliran lalu lintas yang lebih lancar.

Tabel 2. Perbandingan Emisi Karbon Sebelum dan Setelah STM

Parameter	**Sebelum STM**	**Setelah STM**	**Perubahan**
Emisi CO2 (g/km)	180	148	-18%
Emisi NOx (g/km)	0.92	0.75	-18%
Emisi PM2.5 (g/km)	0.07	0.06	-14%

Analisis Data Infrastruktur dan Sensor

Sistem STM di Jalan A.P. Pettarani dilengkapi dengan 12 unit sensor lalu lintas yang terpasang di titik strategis. Sensor ini mengumpulkan data volume kendaraan, kecepatan rata-rata, dan waktu tunggu di persimpangan. Data real-time dari sensor kemudian diolah oleh sistem kontrol adaptif untuk mengatur durasi lampu lalu lintas secara otomatis. Analisis data menunjukkan bahwa volume kendaraan rata-rata mencapai 1.500 kendaraan per jam pada jam sibuk, dengan tingkat kepadatan yang sebelumnya menyebabkan kecepatan rata-rata turun hingga 15 km/jam. Setelah penerapan STM, kecepatan rata-rata meningkat menjadi 25 km/jam, memperbaiki kelancaran lalu lintas secara signifikan.

Hambatan dan Tantangan dalam Implementasi

Beberapa tantangan yang diidentifikasi dalam penerapan STM di Jalan A.P. Pettarani meliputi: 1) Keterbatasan Infrastruktur Telekomunikasi: Gangguan jaringan internet mempengaruhi pengumpulan data real-time dari sensor lalu lintas. 2) Kurangnya Sosialisasi: Banyak pengguna jalan yang belum memahami sepenuhnya manfaat STM, sehingga diperlukan edukasi lebih lanjut. 3) Biaya Implementasi: Investasi awal untuk pemasangan perangkat STM cukup tinggi, sehingga memerlukan dukungan anggaran yang memadai dari pemerintah daerah.

Implikasi Kebijakan dan Rekomendasi Implementasi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Smart Traffic Management* (STM) dapat memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan, sehingga pemerintah daerah disarankan untuk mengintegrasikan STM dengan kebijakan transportasi publik, menyediakan anggaran khusus untuk penelitian dan pengembangan

teknologi lalu lintas, serta memperluas penerapan STM ke ruas jalan utama lainnya di Kota Makassar. Untuk meningkatkan efektivitas STM, beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan meliputi penambahan jumlah sensor dan kamera CCTV guna memperluas cakupan pemantauan lalu lintas, integrasi STM dengan sistem navigasi berbasis aplikasi seperti Google Maps dan Waze agar pengguna jalan mendapatkan informasi real-time, pengembangan program pelatihan bagi petugas lalu lintas dan operator STM, serta penyelenggaraan kampanye publik guna meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya STM dalam mengurangi dampak negatif lalu lintas. Dengan data dan analisis yang telah diperoleh, penerapan STM di Jalan A.P. Pettarani dapat dijadikan model bagi pengelolaan lalu lintas perkotaan di kota-kota lain di Indonesia.

Pengurangan Emisi Karbon

Dengan meningkatnya efisiensi lalu lintas, emisi karbon dari kendaraan bermotor juga mengalami penurunan yang signifikan. Analisis data menunjukkan penurunan emisi karbon rata-rata sebesar 18% di sepanjang Jalan A.P. Pettarani. Reduksi ini sebagian besar disebabkan oleh berkurangnya waktu idle kendaraan di persimpangan dan pengurangan konsumsi bahan bakar akibat aliran lalu lintas yang lebih lancar. Penggunaan perangkat Portable Emission Measurement Systems (PEMS) dalam penelitian ini memberikan data akurat terkait kadar emisi karbon dioksida (CO2), nitrogen oksida (NOx), dan partikel (PM2.5).

Optimalisasi Infrastruktur Melalui Teknologi STM

Implementasi STM tidak hanya terbatas pada pengaturan lampu lalu lintas, tetapi juga melibatkan infrastruktur pendukung lainnya, seperti sensor kendaraan, kamera CCTV, dan papan informasi digital. Di Jalan A.P. Pettarani, pemasangan sensor lalu lintas di beberapa titik strategis memungkinkan sistem STM untuk mendeteksi kepadatan kendaraan secara real-time. Data ini kemudian digunakan untuk mengatur durasi lampu lalu lintas secara dinamis, sehingga mengurangi waktu tunggu yang tidak perlu. Namun, optimalisasi infrastruktur memerlukan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah daerah dan sektor swasta. Investasi awal yang cukup besar menjadi salah satu tantangan utama dalam penerapan STM. Oleh karena itu, kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta, seperti melalui skema public-private partnership (PPP), perlu diperkuat untuk mendukung implementasi teknologi ini secara lebih luas.

Hambatan dan Tantangan dalam Implementasi

Meskipun penerapan STM menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa hambatan yang perlu diperhatikan. Pertama, teknologi STM memerlukan infrastruktur telekomunikasi yang andal, termasuk jaringan internet yang stabil untuk mengintegrasikan berbagai perangkat. Di beberapa titik, terutama di area yang lebih padat, gangguan jaringan dapat mempengaruhi kinerja sistem. Kedua, kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya peran teknologi dalam pengelolaan lalu lintas menjadi tantangan lain. Edukasi kepada masyarakat perlu ditingkatkan untuk memastikan penerimaan yang baik terhadap teknologi STM.

Analisis Perbandingan dengan Studi Kasus Lain

Sebagai perbandingan, implementasi STM di kota-kota besar lain seperti Surabaya dan Jakarta juga menunjukkan hasil yang serupa. Misalnya, di Surabaya, penerapan STM di Jalan Ahmad Yani berhasil mengurangi waktu perjalanan hingga 25% dan menurunkan emisi karbon sebesar 22%. Data ini mendukung temuan bahwa STM memiliki potensi besar untuk diterapkan di berbagai kota di Indonesia dengan tingkat

kemacetan yang tinggi. Namun, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur dan komitmen pemerintah daerah.

Implikasi Kebijakan

Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pembuat kebijakan di Kota Makassar. Pertama, perlu ada kebijakan yang mendukung pengembangan dan implementasi STM di jalan-jalan utama lainnya. Kedua, integrasi STM dengan kebijakan transportasi lain, seperti pengembangan transportasi publik dan promosi penggunaan kendaraan listrik, dapat meningkatkan dampak positifnya terhadap lingkungan. Ketiga, alokasi anggaran untuk penelitian dan pengembangan teknologi lalu lintas perlu ditingkatkan untuk mendukung inovasi berkelanjutan di sektor transportasi.

Rekomendasi untuk Implementasi Lebih Lanjut

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi untuk implementasi lebih lanjut adalah sebagai berikut: a) Memperluas cakupan penerapan STM ke jalan-jalan utama lainnya di Kota Makassar, seperti Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Perintis Kemerdekaan. b) Meningkatkan kolaborasi dengan sektor swasta dalam investasi infrastruktur STM. 3) Mengintegrasikan STM dengan sistem transportasi publik untuk menciptakan ekosistem transportasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. 4) Melakukan pelatihan dan edukasi kepada petugas lalu lintas serta masyarakat untuk meningkatkan pemahaman tentang penggunaan teknologi STM.

Pembahasan ini menunjukkan bahwa teknologi Smart Traffic Management (STM) memiliki potensi besar dalam mengatasi permasalahan lalu lintas dan lingkungan di perkotaan. Namun, keberhasilan implementasi memerlukan sinergi antara teknologi, infrastruktur, dan kebijakan yang mendukung. Luaran dari penelitian ini mencakup laporan penelitian yang mendokumentasikan metodologi, analisis data, dan rekomendasi kebijakan, serta publikasi ilmiah di jurnal nasional atau internasional untuk menyebarluaskan temuan penelitian. Selain itu, pengembangan model simulasi lalu lintas akan membantu dalam memprediksi dampak penerapan STM terhadap efisiensi lalu lintas dan emisi karbon di berbagai lokasi (Armawi et al., 2022).

Rekomendasi kebijakan yang dihasilkan bertujuan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan transportasi perkotaan yang berkelanjutan. Panduan implementasi STM akan disusun sebagai referensi praktis bagi otoritas transportasi dalam menerapkan teknologi ini. Untuk memastikan penyebarluasan dan penerapan hasil penelitian, berbagai kegiatan seperti workshop, seminar, serta presentasi di konferensi nasional dan internasional akan dilaksanakan. Target capaian utama mencakup peningkatan efisiensi lalu lintas dan pengurangan waktu perjalanan serta emisi karbon minimal 10%, peningkatan keselamatan jalan dengan berkurangnya jumlah kecelakaan lalu lintas, adopsi rekomendasi kebijakan oleh pemerintah daerah, dan penyebarluasan hasil penelitian guna memengaruhi kebijakan serta praktik di tingkat lokal, nasional, dan internasional.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi Smart Traffic Management (STM) terbukti meningkatkan efisiensi lalu lintas di Jalan A.P. Pettarani serta secara signifikan mengurangi emisi karbon, yang berkontribusi pada perbaikan kualitas lingkungan. Berdasarkan temuan tersebut, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan meliputi perluasan penerapan STM ke jalan-jalan lain di Kota Makassar untuk mengoptimalkan pengelolaan lalu lintas, pengembangan infrastruktur pendukung seperti jalur khusus angkutan umum dan pedestrian guna meningkatkan mobilitas

berkelanjutan, serta edukasi masyarakat mengenai pentingnya peran teknologi dalam mengurangi dampak lingkungan dari transportasi. Selain itu, penelitian lanjutan mengenai integrasi STM dengan sistem transportasi berbasis energi terbarukan diperlukan untuk mendukung pengembangan solusi transportasi yang lebih ramah lingkungan dan efisien di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Aidila, F. (2023). *Efektivitas Program Area Traffic Control System (Atcs) Dalam Mengurangi Kemacetan Sebagai Penerapan Smart Traffic Di Kota Bandar Lampung*.

Armawi, A., Danugroho, A., Apriliyanti, K., & Asrofi, A. (2022). Smart environment program's traffic management to achieve Semarang City resilience. *Journal of Governance and Public Policy*, *9*(3), 171–184.

Bagus, I. (2022). Pengembangan Smart Traffic Light Berbasis IOT Dengan Mobile Backend As A Service Sebagai Wujud Smart City Bidang Transportasi. *Jurnal Portal Data*, *2*(10).

Elmira, W., & Anisykurlillah, R. (2024). Implementasi Kebijakan Electronic Traffic Law Enforcement dalam Menurunkan Pelanggaran Lalu Lintas di Kota Surabaya. *NeoRespublica: Jurnal Ilmu Pemerintahan*, *6*(1), 75–90.

Li, Y., Xiong, W., & Wang, X. (2019). Does polycentric and compact development alleviate urban traffic congestion? A case study of 98 Chinese cities. *Cities*, *88*, 100–111.

Lingani, G. M., Rawat, D. B., & Garuba, M. (2019). Smart traffic management system using deep learning for smart city applications. *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 101–106.

Mahali, M. I., Marpanaji, E., & Setiawan, M. A. F. (2019). Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Smart Traffic Light For High Priority Vehicle. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, *4*(2), 145–153.

Nababan, A. A., Jannah, M., Aulina, M., & Andrian, D. (2023). Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Xgboost Dengan Synthetic Minority Oversampling Technique (Smote) Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (Ispu). *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, *7*(1), 214–219. https://doi.org/10.59697/jtik.v7i1.66

Nallaperuma, D., Nawaratne, R., Bandaragoda, T., Adikari, A., Nguyen, S., Kempitiya, T., De Silva, D., Alahakoon, D., & Pothuhera, D. (2019). Online incremental machine learning platform for big data-driven smart traffic management. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *20*(12), 4679–4690.

Othman, B., De Nunzio, G., Di Domenico, D., & Canudas-de-Wit, C. (2019). Ecological traffic management: A review of the modeling and control strategies for improving environmental sustainability of road transportation. *Annual Reviews in Control*, *48*, 292–311.

Pemerintah Indonesia. (2009). UU RI No. 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. In *Undang-Undang RI No.22 tahun 2009* (Vol. 2, Issue 5, p. 255).

Rahayu, R. (2023). *Rancang Bangun Smart Traffic Light Dengan Computer Vision Sebagai Optimalisasi Pengaturan Lalu Lintas*. STMIK Widya Cipta Dharma.

Rath, M. (2018). Smart traffic management system for traffic control using automated mechanical and electronic devices. *IOP Conference Series: Materials Science and*

Engineering, *377*(1), 12201.

Richardson, H. W., & Bae, C. H. C. (2008). Road congestion pricing in Europe: Implications for the United States. *Road Congestion Pricing in Europe: Implications for the United States*. https://doi.org/10.1080/01944360903167687

Syah, H. (2013). Urbanisasi dan Modernisasi (Studi Tentang Perubahan Sistem Nilai Budaya Masyarakat Urban di Pangkalan Kerinci Kabupaten Pelalawan. *Uin Suska*, *5*(1), 1–4.

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.

Copyright holder:
Siti Maryam Hafram*, Wudi Darul Putra (2025)

First publication right:
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

