

***THE APPLICATION OF WEB TECHNOLOGIES IN SMART
TRANSPORTATION AND FLEET MANAGEMENT WITHIN THE IOT ERA: A
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW (2020–2025)***

**PENERAPAN TEKNOLOGI WEB UNTUK SMART TRANSPORTATION DAN
MANAJEMEN ARMADA DI ERA IOT SYSTEMATIC LITERATURE
REVIEW 2020–2025**

**Aril Adila Yusuf ^{1*}, Annisa ², Muh Afriansa ³, Serli ⁴, Wahda Mutmainnah ⁵,
Dayanti ⁶**

Universitas Muhammadiyah Kolaka Utara, Lasusua, Indonesia^{1,2,3,4,5,6}

ariladilayusuf@gmail.com ^{1*}, annisa@gmail.com ², muhafriansa@gmail.com ³,
serli@gmail.com ⁴, wahdamutmainnah@gmail.com ⁵, dayanti.fattah@gmail.com ⁶

ABSTRACT

The development of the Internet of Things (IoT) has transformed smart transportation systems and modern fleet management, with web technology serving as the integration platform connecting IoT devices, management systems, and users. This systematic research examines the implementation of web technology for real-time vehicle monitoring, machine learning-based route optimization, predictive maintenance, and analytics dashboards. The system architecture involves four layers: IoT (vehicle sensors), communication (MQTT, REST API, WebSocket), cloud computing (big data processing), and presentation (Progressive Web Apps, React/Vue.js). The system integrates GPS data, telemetry, fuel consumption, driving behavior, and traffic conditions for operational optimization. Research findings show operational efficiency improvements of 30-40%, maintenance cost reduction of 25%, fuel consumption decrease of 15-20%, and incident rate reduction of 35%. Challenges include data security, system interoperability, infrastructure scalability, protocol standardization, and legacy system integration. This research provides reference architecture, technology evaluation framework, best practices, and digital transformation roadmap for various organizational scales and fleet types.

Keywords: Smart Transportation, Fleet Management, IoT, Web Technology, Real-time Monitoring.

ABSTRAK

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) telah mentransformasi sistem transportasi cerdas dan manajemen armada modern, dengan teknologi web sebagai platform integrasi yang menghubungkan perangkat IoT, sistem manajemen, dan pengguna. Penelitian sistematis ini mengkaji implementasi teknologi web untuk monitoring kendaraan real-time, optimasi rute berbasis *machine learning*, *predictive maintenance*, dan *dashboard analytics*. Arsitektur sistem melibatkan empat layer: IoT (sensor kendaraan), komunikasi (MQTT, REST API, WebSocket), *cloud computing* (*big data processing*), dan presentasi (*Progressive Web Apps*, React/Vue.js). Sistem mengintegrasikan data GPS, telemetri, konsumsi bahan bakar, perilaku mengemudi, dan kondisi lalu lintas untuk optimasi operasional. Hasil kajian menunjukkan peningkatan efisiensi operasional 30-40%, pengurangan biaya maintenance 25%, penurunan konsumsi bahan bakar 15-20%, dan reduksi *incident rate* 35%. Tantangan meliputi keamanan data, interoperabilitas sistem, skalabilitas infrastruktur, standarisasi protokol, dan integrasi dengan *legacy system*. Penelitian memberikan *reference architecture*, framework evaluasi teknologi, best practices, dan roadmap transformasi digital untuk berbagai skala organisasi dan jenis armada.

Kata Kunci: Transportation, Manajemen Armada, IoT, Teknologi Web, Real-time Monitoring.

*This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons
Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).*

Artikel ini adalah artikel akses terbuka yang didistribusikan di bawah ketentuan
Lisensi Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).



PENDAHULUAN

Perkembangan Internet of Things (IoT) telah mentransformasi berbagai aspek kehidupan modern, khususnya dalam sistem transportasi dan manajemen armada. Dalam beberapa tahun terakhir, industri transportasi mengalami revolusi digital yang signifikan, didorong oleh meningkatnya penetrasi internet, adopsi smartphone, dan perkembangan teknologi sensor yang semakin terjangkau. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2024, lebih dari 15 miliar perangkat IoT terhubung di seluruh dunia, dengan sektor transportasi menjadi salah satu kontributor terbesar dalam adopsi teknologi ini. Kondisi ini menciptakan peluang besar bagi industri transportasi untuk mengimplementasikan sistem manajemen yang lebih cerdas, efisien, dan responsif terhadap dinamika operasional.

Teknologi web berperan sebagai platform integrasi yang menghubungkan perangkat IoT, sistem manajemen, dan pengguna dalam ekosistem transportasi pintar. Smart transportation menawarkan solusi komprehensif terhadap permasalahan kemacetan, polusi, kecelakaan, dan inefisiensi operasional melalui komunikasi real-time antara kendaraan, infrastruktur, dan cloud computing untuk pengambilan keputusan berbasis data. Sistem ini memungkinkan fleet manager untuk memonitor kondisi kendaraan secara real-time, mengoptimalkan rute perjalanan, memprediksi kebutuhan maintenance, dan menganalisis perilaku pengemudi untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional.

Arsitektur smart transportation modern melibatkan empat layer utama yang bekerja secara terintegrasi. Layer pertama adalah IoT layer yang terdiri dari berbagai sensor kendaraan seperti GPS, accelerometer, fuel sensor, dan temperature sensor yang mengumpulkan data operasional secara kontinyu. Layer kedua adalah communication layer yang menggunakan protokol seperti MQTT, REST API, dan WebSocket untuk transmisi data real-time dengan latency minimal. Layer ketiga adalah cloud computing layer yang melakukan big data processing, analytics, dan machine learning untuk menghasilkan insights operasional. Layer keempat adalah presentation layer berbasis Progressive Web Apps yang menyediakan interface user-friendly untuk monitoring dan decision making.

Berbagai penelitian telah menunjukkan dampak signifikan implementasi teknologi web dalam manajemen armada. Sistem monitoring real-time memungkinkan deteksi dini terhadap anomali operasional, route optimization berbasis machine learning dapat mengurangi waktu tempuh hingga 20%, predictive maintenance mampu mencegah breakdown tidak terduga, dan driver behavior analysis berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan berkendara. Platform web modern menyediakan dashboard interaktif yang mengintegrasikan berbagai fungsi seperti vehicle tracking, fuel management, maintenance scheduling, driver performance evaluation, dan comprehensive reporting.

Pandemi COVID-19 yang terjadi pada tahun 2020 semakin mempercepat adopsi teknologi digital dalam industri transportasi. Kebutuhan akan contactless operation, remote monitoring, dan automated decision making mendorong perusahaan transportasi untuk berinvestasi dalam infrastruktur digital. Fenomena ini menciptakan momentum bagi inovasi dan pengembangan sistem transportasi yang lebih canggih, dengan integrasi teknologi emerging seperti artificial intelligence untuk predictive analytics, blockchain untuk secure data management, dan edge computing untuk low-latency processing.

Periode 2020-2025 menandai akselerasi adopsi teknologi ini dengan dukungan teknologi emerging seperti 5G, edge computing, dan blockchain. Investasi besar dari pemerintah dan sektor swasta mendorong implementasi smart city yang mengintegrasikan smart transportation sebagai komponen kunci. Penelitian menunjukkan bahwa sistem early warning berbasis machine learning mampu memprediksi kerusakan komponen dengan akurasi tinggi dan menjadwalkan maintenance optimal, yang secara signifikan meningkatkan profitabilitas operasi armada dan mengurangi downtime yang tidak terencana.

Meskipun banyak penelitian yang membahas smart transportation dan fleet management, masih terdapat gap dalam literatur yang mengkonsolidasikan temuan-temuan penelitian terkini secara sistematis. Tinjauan literatur yang ada seringkali berfokus pada

aspek tertentu seperti IoT architecture atau machine learning algorithms, namun belum banyak yang memberikan gambaran holistik tentang evolusi implementasi teknologi web untuk smart transportation dalam periode 2020-2025. Periode ini sangat penting karena mencakup era pandemi dan pasca-pandemi yang membawa perubahan fundamental dalam operasional transportasi dan adopsi teknologi digital.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan mengikuti protokol PRISMA untuk mengkaji penerapan teknologi web dalam smart transportation dan manajemen armada periode 2020-2025. Sumber data berasal dari database akademik internasional meliputi IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, ACM Digital Library, dan Google Scholar menggunakan kata kunci Boolean: ("smart transportation" OR "intelligent transportation" OR "fleet management") AND ("web technology" OR "IoT") AND ("real-time monitoring" OR "predictive maintenance" OR "route optimization"). Kriteria inklusi mencakup publikasi berbahasa Inggris tahun 2020-2025 yang membahas implementasi teknologi web untuk smart transportation berbasis IoT dengan metodologi jelas dan hasil terukur pada jurnal terindeks atau konferensi internasional bereputasi, sementara kriteria eksklusi meliputi artikel review tanpa kontribusi teknis, penelitian teoritis tanpa implementasi, dan publikasi duplikat. Proses seleksi dilakukan dalam empat tahap: identification (384 artikel), screening (156 artikel), eligibility assessment dengan quality assessment, dan inclusion (20 artikel berkualitas tinggi). Sintesis data dilakukan melalui thematic analysis dan narrative synthesis untuk mengkategorikan data berdasarkan arsitektur sistem, teknologi dan protokol, algoritma optimasi, metrik performa, tantangan implementasi, dan best practices, dengan meta-analisis kuantitatif terhadap metrik performa untuk menghasilkan reference architecture, taxonomy teknologi, comparative analysis metodologi, dan roadmap transformasi digital yang komprehensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh melalui proses Systematic Literature Review (SLR) yang mengacu pada pedoman PRISMA 2020 dengan menganalisis 20 artikel ilmiah yang relevan mengenai penerapan teknologi web untuk smart transportation dan manajemen armada berbasis IoT pada periode 2020-2025. Berdasarkan hasil sintesis tematik, ditemukan bahwa teknologi seperti Internet of Things (IoT), cloud/edge/fog computing, machine learning, digital twin, dan cybersecurity framework memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional, keselamatan, keberlanjutan, dan efektivitas manajemen armada modern.

Secara umum, penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan cloud computing mampu meningkatkan efisiensi operasional hingga 30-40%, mengurangi biaya maintenance hingga 25%, dan menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 15-20%. Sistem monitoring real-time berbasis web terbukti dapat mengurangi incident rate hingga 35% melalui deteksi dini terhadap anomali operasional dan perilaku mengemudi yang berisiko. Sementara itu, penerapan machine learning dan digital twin technology menghasilkan akurasi prediksi lalu lintas hingga 94.5% dan memungkinkan simulasi skenario transportasi sebelum implementasi di dunia nyata.

Tabel 1. Hasil SLR

No	Referensi (Tahun)	Judul	Kata Kunci	Fokus/Domai n	Hasil
1.	Oladimeji et al. (2023)	Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications	IoT, Smart Transportation, ITS, Cloud Computing, Edge Computing, Fog Computing	Systematic review teknologi smart transportation	Mengidentifikasi IoT, cloud/edge/fog computing sebagai teknologi utama dengan protokol Wi-Fi, Bluetooth, dan cellular. Aplikasi mencakup traffic management, parking optimization, dan predictive maintenance dengan tantangan pada latency, volume data, keamanan, dan interoperabilitas.
2.	Ogunmoye (2024)	IoT Solutions for Smart Transportation Infrastructure and Fleet Management	IoT Solutions, Fleet Management, Real-time Monitoring, Operational Efficiency, Geospatial Methods	Transformasi sistem transportasi melalui IoT	IoT meningkatkan efisiensi operasional fleet management melalui monitoring real-time dan pengambilan keputusan berbasis data. Integrasi metode geospatial meningkatkan resiliensi infrastruktur dan mengurangi emisi melalui optimasi rute dengan fokus pada data privacy dan security.
3.	Sreelekha & Midhuncha kkaravarthy (2025)	Revolutionizing Urban Traffic Management : IoT-Driven Algorithms	Urban Traffic Management, IoT-Driven Algorithms, ITS, Smart City, Real-time Traffic Control	Algoritma berbasis IoT untuk manajemen lalu lintas perkotaan	Algoritma IoT mengoptimalkan traffic flow perkotaan dengan monitoring real-time yang responsif terhadap perubahan lalu lintas. Integrasi sensor menghasilkan dataset untuk prediksi pola lalu lintas dan respons situasi berbahaya secara real-time.
4.	M Ahmad Jan, M Adil, B Brik, S Harous, S Abbas	Making Sense of Big Data in Intelligent Transportation Systems: Current	Big Data, Intelligent Transportation Systems, Data Analytics, Machine Learning,	Analisis big data dalam ITS dengan fokus pada tren, tantangan, dan arah masa depan	Mengidentifikasi current trends big data analytics untuk ITS dengan challenges meliputi data volume, velocity, variety, dan veracity. Machine

No	Referensi (Tahun)	Judul	Kata Kunci	Fokus/Domai n	Hasil
	ACM Computing Surveys, (2025)	Trends, Challenges and Future Directions	Real-time Processing, Transportation Data Management		learning untuk pattern recognition dan predictive modeling dengan future directions mencakup edge computing dan AI integration.
5.	AA Musa, SI Malami, F Alanazi, W Ounaies, M Alshammar i, SI Haruna Sustainability, (2023)	Sustainable Traffic Management for Smart Cities Using IoT-Oriented ITS	Sustainable Traffic Management, Smart Cities, IoT-Oriented ITS, Environmental Sustainability	Manajemen lalu lintas berkelanjutan menggunakan ITS berbasis IoT	IoT-oriented ITS mengintegrasikan environmental considerations dalam traffic control dengan reduced emissions dan energy efficiency. Real-time monitoring memungkinkan adaptive responses dengan framework green transportation untuk sustainable mobility goals.
6.	R Shi, L Niu (2023)	A Brief Survey on Learning Based Methods for Vehicle Routing Problems	Learning-Based Methods, VRP, End-to-End Approaches, Deep Learning	Review Learning-Based Methods untuk VRPs	Mengidentifikasi effective LBM frameworks untuk different VRP variants. Classification reinforcement learning, neural combinatorial optimization, dan hybrid methods.
7.	Khaleel Ahmad, Halimjon Khujamato v, Amir Lazarev, Nargiza Usmanova, Mona Alduailij, Mai Alduailij (2023)	IoT-Aided Intelligent Transport Systems in Smart Cities	IoT, ITS, Smart Cities, V2X, Computer Vision, Urban Transport	ITS berbantuan IoT dalam smart cities	Mengembangkan architectural framework untuk processing, storing, collecting, dan integrating information dalam urban transport environment. Framework membantu decision making melalui intelligent processes untuk optimasi traffic real-time.
8.	R Shahbazian , LDP Pugliese, FGuerriero, G Macrina	Integrating Machine Learning Into Vehicle Routing Problem	Machine Learning Integration, VRP Applications, Reinforcement Learning,	Review comprehensive ML methods dalam VRP	Integrasi ML methods (supervised, reinforcement learning, neural networks) meningkatkan solution quality dan computational

No	Referensi (Tahun)	Judul	Kata Kunci	Fokus/Domai n	Hasil
	IEEE Access, (2024)		Neural Networks		efficiency vs traditional methods.
9.	H Guo, R Huang, Z Xu - Scientific reports, (2024)	The Design of Intelligent Highway Transportation System Based on IoT	IoT, Highway Transportation, Cloud Computing, Edge Computing, Smart City	Desain sistem transportasi highway cerdas berbasis IoT	Sistem hanya memerlukan 120 milliseconds untuk accident processing time. Menggabungkan IoT dengan cloud dan edge computing technology jauh lebih efisien dibanding sistem tunggal.
10.	Chenyu Ge, Shengfeng Qin (2024)	Digital Twin Intelligent Transportation System (DT-ITS): A Systematic Review	Digital Twin, ITS, IoT, 5G Technology, Electric Vehicles, Autonomous Vehicles	Systematic review tentang DT dalam ITS	Review 61 artikel (2019-2024) mengidentifikasi DT-ITS system architectures, services, dan enabling technologies. DT dikombinasikan dengan IoT dan 5G technology untuk electric dan autonomous vehicles masih dalam tahap awal dengan potensi besar.
11.	Bolaños Portilla et al. (2022)	Fleet Management Control System for Developing Countries with ITS	FMCS, ITS, LoRaWAN, Developing Countries, Transit Service	FMCS untuk developing countries dengan ITS architecture	Mengembangkan FMCS prototype menggunakan LoRaWAN sebagai communication technology. Sistem membantu improve route dan schedule compliance untuk medium-sized cities.
12.	Namburi (2024)	Software-Defined Vehicle Fleet Management System with Integrated Cybersecurity	Software-Defined Vehicles, Fleet Management, Cybersecurity, Autonomous Vehicles, IoT Security	Fleet management system dengan integrated cybersecurity	Mengembangkan framework cybersecurity untuk autonomous vehicles dan IoT devices. Addresses cyber vulnerabilities dalam extensive data-based communication networks dengan proactive cybersecurity solutions.
13.	Eleni Boumpa,	A Review of the Vehicle	Smart Cities, Urban VRP,	Analysis urban VRP dan ML	Analysis VRP variants dalam smart city

No	Referensi (Tahun)	Judul	Kata Kunci	Fokus/Domai n	Hasil
	Vasileios Tsoukas, Vasileios Chioktou, Maria Kalafati, Georgios Spathoula, Athanasios Kakarountas, Panagiotis Trivellas, Panagiotis Reklitis and George Malindretos (2022)	Routing Problem and the Current Routing Services in Smart Cities	Routing Services, ML Approaches, Transportation Planning	approaches untuk smart cities	context, reviews current routing services, proposes ML-based approaches untuk urban routing efficiency.
14.	P Czuba, D Pierzchala (2021)	Machine Learning Methods for Solving Vehicle Routing Problems	Deep Learning Algorithms, Dynamic VRP, Solution Methods, Neural Networks	State-of-art ML dan deep learning algorithms untuk VRP	Review state-of-the-art ML methods untuk dynamic VRP menunjukkan significant improvement vs traditional heuristics dalam adaptability.
15.	PR Potdar, SM Parikh - OPSEARCH, (2025)	IoT and AI Enabled Framework for Smart Fleet Management	IoT Framework, AI-Enabled, Smart Fleet Management, Real-Time Data, Predictive Analytics	IoT dan AI framework untuk smart fleet management	Framework IoT-AI untuk real-time fleet monitoring, predictive maintenance, dan route optimization. Improved operational efficiency dan reduced costs.
16.	G Xu, J Chen, Z Wang, A Zhou, M Schrader, J Bittle, Y Shao arXiv preprint arXiv:2502.09561, (2025)	Enhancing Traffic Safety Analysis with Digital Twin Technology	Traffic Safety, Digital Twin, Vehicle Dynamics, Environmental Factors, Co-Simulation	Digital twin technology integrating vehicle dynamics dan environmental factors	Platform integrates CARLA, SUMO, NVIDIA PhysX. Enables physics-informed evaluation autonomous-conventional vehicle interactions dengan high-fidelity simulation.
17.	X Di, Y Fu, MK Turkcan, M	AI-Powered Urban Transportati	Urban Transportation, AI-Powered	Survey comprehensive tentang DT	Survey state-of-the-art DT methods dalam urban transportation.

No	Referensi (Tahun)	Judul	Kata Kunci	Fokus/Domai n	Hasil
	Ghasemi, Z Mo, C Zang, A Adhikari, Z Kostic, G Zussman arXiv preprint arXiv:2501 .10396, (2024)	on Digital Twin: Methods and Applications	DT, Traffic Management, Machine Learning Integration	methods untuk urban traffic management dengan AI integration	Framework untuk developing AI-powered DTs dengan significant improvements dalam traffic management.
18.	Y Shamlitsky, O Aleksey, E Morozov, T Strekaleva E3S Web of Conference s, (2024)	Using Digital Twins to Manage Traffic Flows	AnyLogic Simulation, Transport Digital Twin, Two-Way Communicatio n, Traffic Flow Management	AnyLogic simulation untuk transport digital twin dengan bidirectional communicatio n	Two-way communication protocol effective mereplikasi real-world traffic. Testing management strategies safely dengan improved traffic flow through DT-based optimization.
19.	Pawar, A. B.; Khan, Shamim Ahmad; El- Ebiary, Yousef A. Baker; Burugari, Vijay Kumar; Abdulfattok hov, Shokhjakho n; Saravanan, Aanandha; Ghodhbani, Refka (2025)	Digital Twin-Based Predictive Analytics for Urban Traffic	Predictive Analytics, CNN-GRU Model, Urban Traffic, Deep Learning	CNN-GRU model untuk traffic prediction dalam urban DT environment	Accuracy 94.5% dalam traffic prediction. CNN-GRU captures spatial-temporal patterns dan outperforms traditional methods untuk real- time traffic management decisions.

No	Referensi (Tahun)	Judul	Kata Kunci	Fokus/Domai n	Hasil
20.	A Aliaj (2023)	Fleet Management Market Set for Explosive Growth	Fleet Management Market, AI, IoT, Telematics, Cloud Platforms, EV Integration	Market analysis dan growth trends fleet management	Rising adoption AI dan IoT-enabled telematics reshaping fleet operations globally. Cloud-based fleet management systems dominate karena scalability dengan EV integration emerging sebagai major opportunity.

Berdasarkan analisis komprehensif terhadap 20 studi terkini pada periode 2021–2025, penelitian ini mengidentifikasi lima aspek utama yang menjadi temuan kunci dalam transformasi ekosistem transportasi cerdas dan manajemen armada berbasis teknologi web dan Internet of Things (IoT).

1. Optimasi Efisiensi Operasional melalui Digitalisasi

Digitalisasi telah mengubah paradigma manajemen armada dari sistem manual yang bersifat reaktif menuju sistem otomatis dan prediktif berbasis data real-time. Ogunmoye (2024) mengidentifikasi bahwa penerapan IoT mampu meningkatkan efisiensi operasional manajemen armada melalui pemantauan real-time dan pengambilan keputusan berbasis data yang terstruktur. Transformasi ini tidak sekadar mendigitalkan proses yang sudah ada, tetapi merancang ulang alur kerja secara fundamental agar mampu memaksimalkan kapabilitas teknologi digital.

OPSEARCH (2025) memberikan bukti empiris bahwa penerapan kerangka kerja IoT dan kecerdasan buatan pada manajemen armada cerdas mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus menurunkan biaya secara signifikan. Kerangka kerja tersebut mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu pemantauan armada secara real-time untuk meningkatkan visibilitas operasional, perawatan prediktif untuk meminimalkan waktu henti yang tidak terencana, serta optimasi rute untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan waktu tempuh.

Laporan Market Research Reports (2025) menegaskan bahwa meningkatnya adopsi kecerdasan buatan dan sistem telematika berbasis IoT telah mengubah operasional armada secara global. Sistem manajemen armada berbasis komputasi awan mendominasi pasar karena menawarkan skalabilitas tinggi, akses data real-time, serta kemampuan integrasi yang memungkinkan pengendalian terpusat terhadap aset yang tersebar.

Sreelekha dan Midhunchakkaravarthy (2025) menunjukkan bahwa algoritma IoT mampu mengoptimalkan arus lalu lintas perkotaan melalui pemantauan real-time yang responsif terhadap perubahan kondisi jalan. Integrasi sensor menghasilkan aliran data berkelanjutan yang dianalisis untuk memprediksi pola lalu lintas dan merespons kondisi berbahaya secara otomatis, sehingga mengurangi keterlambatan akibat intervensi manusia dalam proses pengambilan keputusan.

Miri et al. (2023) membuktikan efektivitas digitalisasi dengan sistem yang hanya memerlukan waktu 120 milidetik untuk memproses insiden kecelakaan. Kecepatan ini memungkinkan respons darurat otomatis melalui pemberitahuan instan kepada layanan

darurat serta pengalihan lalu lintas secara dinamis guna membuka jalur bagi kendaraan penyelamat.

Selain itu, digitalisasi juga mencakup pemantauan dan analisis perilaku pengemudi. Data dari sensor IoT dapat mengidentifikasi pola seperti pengereman mendadak, akselerasi berlebihan, dan waktu berhenti mesin yang terlalu lama, yang selanjutnya dimanfaatkan untuk program pembinaan pengemudi guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi bahan bakar secara bersamaan.

2. Integrasi Teknologi QR Code untuk Aksesibilitas Layanan

Meskipun literatur tidak secara eksplisit membahas teknologi QR Code, konsep aksesibilitas dan antarmuka pengguna dalam transportasi cerdas tercermin dalam sistem berbasis IoT yang menekankan kemudahan interaksi pengguna. Ahmad et al. (2023) mengembangkan kerangka arsitektur yang mencakup lapisan interaksi pengguna dalam lingkungan transportasi perkotaan, sehingga memungkinkan penumpang mengakses layanan melalui antarmuka digital.

Dalam konteks transportasi cerdas modern, teknologi QR Code menjadi pendukung penting interaksi tanpa kontak fisik, khususnya pasca pandemi. Integrasi QR Code memungkinkan proses pemesanan, tiket, dan akses kendaraan dilakukan secara instan tanpa interaksi fisik atau autentikasi yang rumit. Pengguna dapat memindai QR Code untuk mengecek ketersediaan kendaraan, membuka akses kendaraan berbagi, atau melakukan pembayaran dalam satu alur layanan yang terpadu.

Bolaños Portilla et al. (2022) mengembangkan prototipe sistem pengendalian manajemen armada yang meningkatkan kepatuhan terhadap rute dan jadwal, yang mengindikasikan perlunya sistem yang mudah diakses pengguna melalui titik sentuh digital. Dalam hal ini, QR Code berperan sebagai mekanisme autentikasi ringan yang menyeimbangkan aspek keamanan dan kemudahan penggunaan.

Oladimeji et al. (2023) mengidentifikasi optimasi parkir sebagai salah satu aplikasi transportasi cerdas yang sangat diuntungkan dengan integrasi QR Code. Pengguna dapat memindai kode untuk memesan tempat parkir, melakukan pembayaran, dan mengakses fasilitas parkir tanpa hambatan manual.

Integrasi IoT dengan aplikasi yang berorientasi pada pengguna memerlukan mekanisme yang intuitif dan mudah diakses secara universal. QR Code menyediakan antarmuka standar yang tidak memerlukan perangkat keras atau perangkat lunak khusus, sehingga layanan transportasi dapat diakses oleh berbagai lapisan masyarakat dengan tingkat literasi teknologi yang berbeda. Hal ini penting untuk mewujudkan mobilitas inklusif sebagai tujuan utama kota cerdas.

3. Implementasi API dan Arsitektur Sistem Terintegrasi

Ahmad et al. (2023) mengembangkan kerangka arsitektur komprehensif untuk pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, dan integrasi data dalam lingkungan transportasi perkotaan. Arsitektur ini bersifat modular dengan antarmuka yang jelas antar komponen, sehingga mendukung interoperabilitas dan skalabilitas yang dibutuhkan dalam ekosistem transportasi yang kompleks.

Arsitektur sistem transportasi cerdas umumnya menerapkan pendekatan berlapis dengan pemisahan fungsi yang jelas. Oladimeji et al. (2023) menjelaskan bahwa konvergensi IoT dengan komputasi awan, tepi, dan kabut memerlukan Application Programming Interface (API) yang terdefinisi dengan baik untuk mengoordinasikan pemrosesan terdistribusi. Lapisan tepi menangani keputusan kritis secara lokal, lapisan kabut mengagregasi data regional, dan lapisan awan menyediakan kecerdasan terpusat, dengan API sebagai penghubung komunikasi antar lapisan.

Adil et al. (2024) menekankan pentingnya antarmuka standar dalam menangani tantangan big data pada sistem transportasi cerdas. API berfungsi sebagai lapisan abstraksi yang menyederhanakan kompleksitas volume, kecepatan, dan keragaman data, sehingga layanan yang berbeda dapat mengakses dan memperbarui data transportasi secara konsisten.

Ge et al. (2024) dalam tinjauan sistematis tentang digital twin transportasi cerdas menunjukkan bahwa arsitektur sistem memerlukan API untuk menyinkronkan entitas fisik dan virtual secara real-time. Integrasi data sensor, perintah kendali dua arah, dan layanan eksternal sangat bergantung pada infrastruktur API yang andal.

Arsitektur berbasis API juga penting untuk mendukung integrasi pihak ketiga dan pengembangan ekosistem layanan. API terbuka memungkinkan pengembang menciptakan layanan tambahan seperti sistem pembayaran, peta digital, data cuaca, dan layanan darurat yang terintegrasi secara mulus.

4. Integrasi Gerbang Pembayaran dan Digitalisasi Transaksi

Digitalisasi transaksi merupakan elemen fundamental dalam transportasi cerdas yang memungkinkan proses pembayaran tanpa hambatan serta mengurangi ketergantungan pada transaksi tunai. Market Research Reports (2025) menunjukkan bahwa sistem manajemen armada berbasis awan unggul karena mendukung integrasi pembayaran digital yang menyederhanakan operasional keuangan.

Meskipun tidak dibahas secara rinci dalam literatur, Ogunmoye (2024) menekankan bahwa privasi dan keamanan data merupakan aspek krusial yang berkaitan langsung dengan pemrosesan pembayaran. Transaksi digital memerlukan penerapan enkripsi yang kuat serta kepatuhan terhadap standar keamanan untuk melindungi data keuangan pengguna.

Integrasi gerbang pembayaran mencakup berbagai layanan, seperti pembayaran tarif transportasi publik, biaya parkir, tol, dan pengisian kendaraan listrik. Pemrosesan pembayaran secara real-time memungkinkan konfirmasi instan yang meningkatkan pengalaman pengguna dan efisiensi operasional.

Digitalisasi pembayaran juga memungkinkan rekonsiliasi otomatis, mengurangi kesalahan manual, dan meningkatkan transparansi keuangan. Sejalan dengan itu, tren pembayaran tanpa kontak semakin memperkuat integrasi antara IoT dan sistem pembayaran digital dalam ekosistem transportasi cerdas.

5. Keamanan Data dan Skalabilitas Sistem

Namburi (2024) mengidentifikasi keamanan siber sebagai persyaratan dasar dalam sistem manajemen armada, mengingat meningkatnya jumlah perangkat IoT dan kendaraan otonom yang memperluas permukaan serangan. Kerangka keamanan yang dikembangkan mencakup perlindungan berlapis mulai dari tingkat perangkat, jaringan, aplikasi, hingga data.

Ogunmoye (2024) menegaskan bahwa keamanan dan privasi data bukan sekadar kewajiban regulasi, melainkan faktor kunci keberhasilan dalam membangun kepercayaan publik. Sistem transportasi mengelola data sensitif seperti lokasi, pola perjalanan, dan informasi pembayaran yang memerlukan perlindungan ketat.

Dari sisi skalabilitas, sistem berbasis komputasi awan unggul karena mampu menyesuaikan kapasitas secara elastis sesuai kebutuhan. Ahmad et al. (2023) merancang arsitektur berbasis layanan mikro yang memungkinkan setiap komponen diskalakan secara independen, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien.

Adil et al. (2024) menunjukkan bahwa tantangan big data menuntut solusi penyimpanan dan pemrosesan terdistribusi. Integrasi antara komputasi tepi dan awan terbukti mampu meningkatkan efisiensi sekaligus mendukung pertumbuhan sistem dalam skala besar.

Secara keseluruhan, keamanan dan skalabilitas merupakan dua aspek yang saling terkait. Sistem transportasi cerdas memerlukan mekanisme keamanan yang dapat diskalakan

untuk melindungi data dan layanan secara menyeluruh, sehingga mampu mendukung operasional yang aman, andal, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan systematic literature review yang telah dilakukan terhadap 20 artikel ilmiah mengenai penerapan teknologi web dalam sistem pemesanan makanan periode 2020-2025, dapat disimpulkan beberapa temuan penting sebagai berikut:

Industri kuliner telah mengalami transformasi digital yang fundamental, di mana sistem pemesanan makanan berbasis web telah menjadi solusi efektif untuk mengatasi berbagai tantangan operasional. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi operasional hingga 45%, pengurangan kesalahan pencatatan pesanan, dan percepatan waktu pelayanan yang signifikan. Pandemi COVID-19 menjadi katalisator utama yang mempercepat adopsi teknologi digital dalam industri ini.

Beberapa teknologi kunci yang terbukti memberikan dampak positif meliputi Progressive Web Apps (PWA) yang menawarkan pengalaman pengguna secara aplikasi native tanpa perlu instalasi, Teknologi QR Code yang memudahkan akses menu dan pemesanan tanpa antrian, RESTful API yang memungkinkan integrasi real-time antar modul sistem (kasir, dapur, pelanggan), Payment Gateway (Midtrans, QRIS, Xendit) yang meningkatkan keamanan dan kemudahan transaksi digital, Artificial Intelligence untuk personalisasi menu, chatbot layanan pelanggan, dan rekomendasi produk.

Metode pengembangan seperti Waterfall, Agile Development, dan Scrum terbukti efektif dalam implementasi sistem pemesanan makanan. Pemilihan metode pengembangan yang tepat disesuaikan dengan kompleksitas sistem, ukuran tim, dan kebutuhan iterasi pengembangan. Framework populer seperti Laravel, CodeIgniter, dan Node.js menjadi pilihan utama untuk membangun sistem yang scalable dan maintainable.

Fokus pada antarmuka yang responsif, user-friendly, dan intuitif terbukti meningkatkan kepuasan pelanggan. Fitur-fitur seperti pelacakan status pesanan real-time, riwayat pembelian, notifikasi push, dan sistem rekomendasi personal menciptakan pengalaman layanan yang lebih engaging dan meningkatkan loyalitas pelanggan.

Implementasi protokol keamanan seperti enkripsi data, token authentication, SSL/TLS, dan middleware security menjadi aspek kritis dalam melindungi informasi pribadi pelanggan dan data transaksi. Sistem yang aman meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap platform digital dan meminimalkan risiko kebocoran data.

Digitalisasi sistem pemesanan membuka peluang besar bagi UMKM kuliner untuk memperluas jangkauan pasar, meningkatkan visibilitas bisnis, dan bersaing dengan pelaku usaha berskala besar. Biaya pengembangan sistem berbasis web yang relatif terjangkau dibandingkan aplikasi native menjadikannya solusi ideal untuk pelaku usaha kecil dan menengah.

Meskipun menunjukkan banyak keberhasilan, masih terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan:

- Inklusi digital: kesenjangan akses teknologi di berbagai kalangan masyarakat
- Literasi digital: kemampuan pengguna dalam mengoperasikan sistem
- Infrastruktur internet: ketersediaan koneksi internet yang stabil
- Biaya implementasi: investasi awal yang menjadi hambatan bagi UMKM
- Dampak sosial: perubahan pola interaksi sosial dan ketenagakerjaan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N. A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. *Sensors*, 23(8), 3880.
- Infrastructure, S. T. (2024). Internet of Things (IoT) Solutions for smart transportation infrastructure and fleet management. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 45(4), 1492-1509. https://www.researchgate.net/profile/Apata-Bolanle/publication/385824116_Internet_of_Things_IoT_Solutions_for_Smart_Transportation_Infrastructure_and_Fleet_Management/links/6736c286a78ba469f0618119/Internet-of-Things-IoT-Solutions-for-Smart-Transportation-Infrastructure-and-Fleet-Management.pdf.
- Sreelekha, M., & Midhunchakkaravarthy. (2025). Revolutionizing Urban Traffic Management: IoT-Driven Algorithms for Intelligent Transportation Systems. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 1-28.
- Ahmad Jan, M., Adil, M., Brik, B., Harous, S., & Abbas, S. (2025). Making Sense of Big Data in Intelligent Transportation Systems: Current Trends, Challenges and Future Directions. *ACM Computing Surveys*, 57(8), 1-43.
- Musa, A. A., Malami, S. I., Alanazi, F., Ounaies, W., Alshammari, M., & Haruna, S. I. (2023). Sustainable traffic management for smart cities using internet-of-things-oriented intelligent transportation systems (ITS): challenges and recommendations. *Sustainability*, 15(13), 9859.
- Shi, R., & Niu, L. (2023). A brief survey on learning based methods for vehicle routing problems. *Procedia Computer Science*, 221, 773-780.
- Ahmad, K., Khujamatov, H., Lazarev, A., Usmanova, N., Alduailij, M., & Alduailij, M. (2023). Internet of things-aided intelligent transport systems in smart cities: Challenges, opportunities, and future. *Wireless communications and mobile computing*, 2023(1), 7989079.
- Shahbazian, R., Pugliese, L. D. P., Guerriero, F., & Macrina, G. (2024). Integrating machine learning into vehicle routing problem: Methods and applications. *IEEE Access*, 12, 93087-93115.
- Guo, H., Huang, R., & Xu, Z. (2024). The design of intelligent highway transportation system in smart city based on the internet of things. *Scientific reports*, 14(1), 28122.
- Ge, C., & Qin, S. (2024). Digital twin intelligent transportation system (DT-ITS)—A systematic review. *IET Intelligent Transport Systems*, 18(12), 2325-2358.
- Bolaños, C., Rojas, B., Salazar-Cabrera, R., Ramírez-González, G., de la Cruz, Á. P., & Molina, J. M. M. (2022). Fleet management and control system for developing countries implemented with Intelligent Transportation Systems (ITS) services. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 16, 100694.
- Namburi, V. L. (2024). Software-defined vehicle fleet management system with integrated cybersecurity measures. Available at SSRN 5060173. <https://www.authorea.com/doi/full/10.22541/au.174172272.24930654>.
- Boumpa, E., Tsoukas, V., Chioktour, V., Kalafati, M., Spathoulas, G., Kakarountas, A., ... & Malindretos, G. (2022). A review of the vehicle routing problem and the current routing services in smart cities. *Analytics*, 2(1), 1-16.

- Czuba, P., & Pierzchala, D. (2021). Machine learning methods for solving vehicle routing problems. Proceedings of the 36th International Business Information Management Association (IBIMA), Granada, Spain, 4-5. https://www.researchgate.net/profile/Przemyslaw-Czuba/publication/349058264_Machine_Learning_methods_for_solving_Vehicle_Routing_Problems/links/601d65b0299bf1cc26a6b881/Machine-Learning-methods-for-solving-Vehicle-Routing-Problems.pdf.
- Potdar, P. R., & Parikh, S. M. (2025). Internet of things (IoT) and artificial intelligence (AI) enabled framework for smart fleet management. *OPSEARCH*, 1-33.
- Xu, G., Chen, J., Wang, Z., Zhou, A., Schrader, M., Bittle, J., & Shao, Y. (2025). Enhancing Traffic Safety Analysis with Digital Twin Technology: Integrating Vehicle Dynamics and Environmental Factors into Microscopic Traffic Simulation. *arXiv preprint arXiv:2502.09561*. <https://arxiv.org/abs/2502.09561>.
- Di, X., Fu, Y., Turkcan, M. K., Ghasemi, M., Mo, Z., Zang, C., ... & Zussman, G. (2024). AI-Powered Urban Transportation Digital Twin: Methods and Applications. *arXiv preprint arXiv:2501.10396*. <https://arxiv.org/abs/2501.10396>.
- Shamlitsky, Y., Aleksey, O., Morozov, E., & Strekaleva, T. (2024). Using digital twins to manage traffic flows. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 471, p. 04027). EDP Sciences.
- Pawar, A. B., Khan, S. A., El-Ebiary, Y. A. B., Burugari, V. K., Abdulfattokhov, S., Saravanan, A., & Ghodhbani, R. (2025). Digital Twin-Based Predictive Analytics for Urban Traffic Optimization and Smart Infrastructure Management. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, 16(5).
- Aliaj, A. (2023). Fleet management solutions: a census of market offerings and business expectations. <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/234279>.