

**APPLICATION OF WEB TECHNOLOGY FOR SMART TRANSPORTATION
AND FLEET MANAGEMENT IN THE IOT ERA. SYSTEMATIC LITERATURE
REVIEW 2020-2025**

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

**Nurul Yaqin Sangka¹, Muh.Ardiansyah², Asya Syara Marzan³, Dhimas Tribuana⁴,
Dayanti⁵**

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

nurulyaqinsangka@gmail.com^{1*}, muhardiansyah@gmail.com², tasyaasya573@gmail.com³,
d.tribuana@gmail.com⁴, dayanti.fattah@gmail.com⁵

ABSTRACT

The development of the Internet of Things (IoT), web technology, cloud computing, digital twins, and data analytics has driven a major transformation in the transportation and fleet management sectors. This study presents a Systematic Literature Review (SLR) of 20 international publications from 2020–2025 that highlight the integration of web technologies (REST APIs, web dashboards, cloud platforms), IoT sensors, telematics, digital twins, and machine learning in smart transportation and fleet management. The SLR process followed the PRISMA steps, starting with the identification of 842 articles, title/abstract selection, eligibility assessment, and final screening. The results reveal five main focuses: (1) IoT-based sensing & monitoring, (2) Web-based fleet dashboards & APIs, (3) Data analytics & predictive maintenance, (4) Digital twin-enabled transportation optimization, and (5) Security & interoperability. Cluster analysis reveals a shift in innovation from simply vehicle tracking to real-time data-driven systems and digital twins. This research produces a conceptual model of digital transformation that integrates web technologies, analytics, IoT, and digital twins to support intelligent transportation systems. The study also identifies gaps such as sensor security, web services interoperability, and the lack of large-scale implementation.

Keywords: Smart transportation; Fleet management; Web technology; Internet of Things (IoT); Digital twin; Data analytics; Systematic Literature Review.

ABSTRAK

Perkembangan *Internet of Things* (IoT), teknologi web, *cloud computing*, *digital twins*, dan *data analytics* telah mendorong transformasi besar pada sektor transportasi dan manajemen armada. Penelitian ini menyajikan *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap 20 publikasi internasional periode 2020–2025 yang menyoroti integrasi web technologies (REST APIs, *web dashboards*, *cloud platforms*), IoT sensors, telematics, *digital twins*, dan machine learning dalam smart transportation serta pengelolaan armada. Proses SLR mengikuti tahapan PRISMA, dimulai dari identifikasi 842 artikel, seleksi judul/abstrak, penilaian kelayakan, hingga penyaringan akhir. Hasil menunjukkan lima fokus utama: (1) *IoT-based sensing & monitoring*, (2) *Web-based fleet dashboards & APIs*, (3) *Data analytics & predictive maintenance*, (4) *Digital twin-enabled transportation optimization*, dan (5) *Security & interoperability*. Analisis klaster mengungkapkan pergeseran inovasi dari sekadar pelacakan kendaraan menuju sistem berbasis data real-time dan *digital twins*. Penelitian ini menghasilkan model konseptual transformasi digital yang mengintegrasikan teknologi web, analytics, IoT, dan *digital twins* untuk mendukung sistem transportasi cerdas. Studi ini juga mengidentifikasi kesenjangan seperti keamanan sensor, interoperabilitas web services, serta kurangnya implementasi berskala besar.

Kata Kunci: Smart transportation; Fleet management; Web technology; Internet of Things (IoT); Digital twin; Data analytics; Systematic Literature Review.

*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 teknologi digital dalam satu dekade terakhir telah membawa perubahan fundamental pada sektor transportasi dan manajemen armada. Kemajuan pesat Internet of Things (IoT), teknologi web, cloud computing, data analytics, artificial intelligence (AI), serta digital twin mendorong lahirnya sistem transportasi yang semakin cerdas, terhubung, dan berbasis data real-time. Transformasi ini tidak hanya berfokus pada peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga berkontribusi pada aspek keselamatan, keberlanjutan lingkungan, serta kualitas layanan transportasi baik pada sektor logistik maupun transportasi publik.

IoT dipandang sebagai fondasi utama dalam pengembangan smart transportation karena kemampuannya dalam mengumpulkan data real-time melalui sensor kendaraan dan infrastruktur transportasi. Data tersebut mencakup informasi lokasi, kondisi lalu lintas, perilaku pengemudi, performa mesin, konsumsi bahan bakar, serta kondisi lingkungan sekitar. Berbagai studi menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor IoT memungkinkan sistem transportasi untuk beroperasi secara responsif dan adaptif terhadap dinamika lapangan, sekaligus menyediakan basis data yang kaya untuk analisis lanjutan (Oladimeji, 2023; Ushakov, 2022; Yanginlar, 2024).

Namun, keberhasilan pemanfaatan IoT sangat bergantung pada teknologi web sebagai lapisan integrasi (integration layer) yang menghubungkan perangkat IoT, sistem analitik, dan pengguna akhir. Teknologi web seperti web dashboard, RESTful API, microservices, dan arsitektur cloud-native berperan penting dalam menyajikan data secara visual, mendukung interoperabilitas antar sistem, serta memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis informasi real-time. Sejumlah penelitian menegaskan bahwa platform web telah menjadi komponen kunci dalam sistem manajemen armada modern karena kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai sumber data secara terpusat dan mudah diakses (Chung, 2021; Rojak et al., 2024; Huang et al., 2022).

Selain itu, perkembangan data analytics dan machine learning semakin memperkuat peran teknologi web dan IoT dalam meningkatkan kinerja operasional transportasi. Analitik data memungkinkan pemrosesan data historis dan real-time untuk mendukung optimasi rute, analisis perilaku pengemudi, serta perawatan kendaraan berbasis prediksi (predictive maintenance). Penelitian Brunheroto et al. (2022) dan Kansal et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan model machine learning mampu menurunkan downtime kendaraan, meningkatkan efisiensi rute, serta mengurangi biaya operasional secara signifikan.

Pada tahap yang lebih lanjut, konsep digital twin mulai muncul sebagai inovasi penting dalam smart transportation. Digital twin memungkinkan representasi virtual dari kendaraan, armada, atau jaringan transportasi yang terhubung langsung dengan data real-time dari IoT. Melalui digital twin, operator dapat melakukan simulasi skenario, evaluasi kebijakan operasional, serta pengujian strategi optimasi sebelum diterapkan di dunia nyata. Studi terbaru menunjukkan bahwa integrasi digital twin dengan platform web dan cloud mampu meningkatkan akurasi perencanaan dan pengambilan keputusan dalam sistem transportasi skala besar (Ge, 2024; Son, 2025).

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi teknologi web dan IoT dalam smart transportation masih menghadapi berbagai tantangan. Beberapa isu utama yang sering dilaporkan dalam literatur meliputi keamanan perangkat IoT, interoperabilitas antar platform, standar data yang belum seragam, serta keterbatasan implementasi pada skala besar. Selain itu, aspek tata kelola TI (IT governance), kesiapan organisasi, dan keselarasan antara strategi bisnis dan teknologi (IT alignment) menjadi faktor penentu keberhasilan adopsi teknologi di dunia nyata.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kajian komprehensif yang mampu merangkum perkembangan, tren, tantangan, dan peluang penerapan teknologi web dalam smart transportation dan manajemen armada di era IoT. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan Systematic Literature Review (SLR) terhadap 20 publikasi internasional periode 2020–2025. SLR ini bertujuan untuk mengidentifikasi peran teknologi web, IoT, analitik data, AI, dan digital twin dalam membentuk ekosistem transportasi cerdas, sekaligus mengungkap

kesenjangan penelitian dan arah pengembangan di masa depan. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi akademik serta panduan praktis bagi peneliti, industri, dan pembuat kebijakan dalam merancang sistem transportasi yang cerdas, aman, efisien, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Perkembangan teknologi digital dalam satu dekade terakhir telah membawa perubahan signifikan pada sektor transportasi dan manajemen armada. Kemajuan pesat teknologi seperti Internet of Things (IoT), teknologi web, cloud computing, machine learning, data analytics, dan digital twin telah menciptakan ekosistem transportasi yang semakin cerdas, terhubung, dan mampu beroperasi secara real-time. Transformasi digital ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan keselamatan, tetapi juga membuka peluang baru untuk optimalisasi operasional, perencanaan strategis, dan keberlanjutan transportasi di wilayah perkotaan maupun logistik.

Berbagai studi menyebutkan bahwa teknologi web memainkan peran kunci sebagai *middleware* dalam menghubungkan perangkat IoT, sistem analitik, dan pengguna akhir. Platform berbasis web seperti web dashboards, RESTful APIs, microservices, dan arsitektur cloud-native menjadi komponen utama bagi sistem manajemen armada yang modern. Misalnya, studi oleh Rojak et al. (2024) dan proyek Smart-Fleet (2020–2023) menunjukkan bagaimana aplikasi berbasis web memudahkan operator untuk memantau armada, mengatur jadwal, mendeteksi anomali, serta mendapatkan peringatan dini.

Sementara itu, literatur mengenai analitik dan pembelajaran mesin (ML) seperti yang disampaikan oleh Brunheroto et al. (2022) serta Kansal et al. (2024) menjelaskan bagaimana data historis dan real-time digunakan untuk predictive maintenance, analisis performa, serta optimasi rute. Penggunaan ML membantu operator memprediksi kerusakan sebelum terjadi, mengurangi downtime kendaraan, meningkatkan keselamatan, dan meminimalisasi biaya operasional.

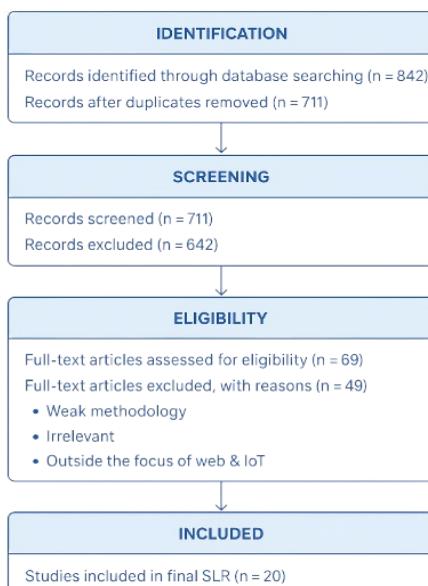
Pada sisi teknologi canggih, sejumlah jurnal (Ge 2024; Son 2025) membahas penerapan digital twin sebagai inovasi baru pada smart transportation. Digital twin memungkinkan representasi virtual dari kendaraan, jalan, bahkan seluruh jaringan transportasi. Dengan digital twin, operator dapat melakukan simulasi skenario, memantau kondisi real-time, dan menguji strategi optimasi sebelum diterapkan secara fisik. Teknologi ini sering diintegrasikan dengan platform web dan cloud, sehingga mempermudah kolaborasi dan visualisasi multi-stakeholder.

Selain itu, pengembangan sistem transportasi cerdas juga melibatkan integrasi telematics, sistem optimasi, serta layanan web seperti yang dijelaskan dalam studi Chung (2021) dan Nisyrios (2025). Telematics menghubungkan kendaraan melalui komunikasi wireless, sementara algoritma optimasi mendukung pengaturan rute, penjadwalan kendaraan, dan koordinasi armada secara otomatis berbasis web services.

Dalam konteks transportasi publik, penelitian Ushakov (2022), Murad & Meyliana (2021–2022), dan Yanginlar (2024) menegaskan bahwa IoT dan platform web telah meningkatkan kualitas layanan transportasi umum melalui pemantauan real-time, pengendalian armada kota, peningkatan keamanan, serta sistem informasi penumpang.

Fenomena global pasca-pandemi juga memicu perubahan digital pada transportasi, sebagaimana dijelaskan dalam studi IIETA (2023), di mana IoT dan web services menjadi solusi penting untuk mendukung mobilitas yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Integrasi teknologi berbasis web memungkinkan transportasi untuk tetap berfungsi optimal meskipun terjadi keterbatasan interaksi fisik.

Oleh karena itu, kebutuhan untuk melakukan Systematic Literature Review (SLR) menjadi sangat penting untuk memahami bagaimana kombinasi IoT, teknologi web, cloud, AI, dan digital twin membentuk ekosistem smart transportation. SLR ini menggabungkan 20 jurnal internasional periode 2020–2025 untuk menyajikan gambaran komprehensif mengenai tren, tantangan, peluang, serta arah masa depan teknologi transportasi cerdas dan manajemen armada.



Gambar 1. Diagram PRISMA

ada tahap Identification, peneliti mengumpulkan seluruh artikel yang relevan melalui pencarian di berbagai database ilmiah, sehingga ditemukan sebanyak 842 artikel. Setelah proses penghapusan duplikasi dilakukan, jumlah artikel berkurang menjadi 711 artikel unik yang dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Selanjutnya, pada tahap Screening, seluruh artikel tersebut disaring berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai kesesuaian awal dengan topik penelitian. Dari proses penyaringan ini, sebanyak 642 artikel tidak memenuhi kriteria relevansi sehingga dieliminasi, dan tersisa 69 artikel untuk dianalisis secara lebih mendalam. Pada tahap Eligibility, sebanyak 69 artikel tersebut dibaca secara penuh (full-text review) untuk menilai kelayakan berdasarkan kualitas metodologi, keterkaitan topik, serta kontribusi terhadap fokus penelitian mengenai teknologi web, IoT, smart transportation, dan manajemen armada. Pada proses ini, sebanyak 49 artikel dikeluarkan karena berbagai alasan, seperti metodologi yang lemah, ketidaksesuaian fokus penelitian, atau tidak relevan dengan tema teknologi web dan IoT. Akhirnya, pada tahap Included, hanya 20 artikel yang dinyatakan memenuhi semua kriteria penilaian dan layak untuk dimasukkan dalam analisis akhir Systematic Literature Review (SLR). Artikel-artikel inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menyusun temuan, analisis, serta kesimpulan dalam penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap 20 studi yang terseleksi dari total 842 artikel yang teridentifikasi pada periode 2020–2025, dapat disimpulkan bahwa integrasi teknologi web, Internet of Things (IoT), analitik data, dan digital twin telah memberikan dampak signifikan terhadap perkembangan sistem transportasi cerdas (*smart transportation*) dan manajemen armada modern. Proses seleksi studi melalui alur PRISMA menunjukkan bahwa hanya 20 artikel yang memenuhi kriteria metodologis dan relevansi setelah melalui tahapan identifikasi, screening, dan evaluasi kelayakan secara menyeluruh.

Hasil analisis menunjukkan bahwa IoT berperan sebagai fondasi utama dalam pengumpulan data real-time melalui sensor kendaraan dan infrastruktur transportasi. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan melalui platform web seperti *web dashboards*, *RESTful APIs*, dan sistem berarsitektur *cloud-native* yang memfasilitasi visualisasi, integrasi,

serta pengambilan keputusan operasional. Penerapan teknologi analitik dan *machine learning* juga terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional melalui optimasi rute, prediksi kerusakan (*predictive maintenance*), serta analisis perilaku pengemudi.

Selain itu, perkembangan konsep *digital twin* menjadi salah satu inovasi penting yang memungkinkan simulasi kondisi transportasi secara real-time, sehingga meningkatkan kemampuan sistem dalam melakukan prediksi, monitoring, dan evaluasi yang lebih presisi. Meskipun memiliki potensi besar, penerapan *digital twin* masih menghadapi tantangan dalam hal integrasi data, kebutuhan komputasi tinggi, serta standarisasi model dan protokol.

SLR ini juga menemukan bahwa isu keamanan dan interoperabilitas tetap menjadi hambatan utama dalam implementasi teknologi berbasis IoT dan web. Ancaman seperti serangan pada perangkat IoT, enkripsi yang lemah, serta ketidakseragaman format data dan protokol komunikasi menjadi faktor pembatas dalam pengembangan sistem transportasi cerdas dalam skala besar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi digital pada sektor transportasi telah bergeser dari sekadar pelacakan kendaraan menuju sistem yang sepenuhnya *data-driven*, real-time, dan terintegrasi. Namun, untuk mencapai implementasi yang lebih matang dan berkelanjutan, diperlukan penguatan pada aspek keamanan, standarisasi data, validasi model pada skala nyata, serta dukungan regulasi dan kesiapan sumber daya manusia. Penelitian lanjutan sangat disarankan untuk mengeksplorasi arsitektur hybrid edge–cloud, interoperabilitas API, serta solusi keamanan IoT yang lebih efisien dan adaptif.

Dengan demikian, SLR ini memberikan kontribusi penting berupa gambaran komprehensif mengenai tren, tantangan, dan peluang dalam penerapan teknologi web, IoT, analitik, dan *digital twin* untuk smart transportation dan manajemen armada. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya sekaligus panduan bagi industri dan pemerintah dalam merancang sistem transportasi cerdas yang aman, efisien, dan berkelanjutan.

Tabel 1. Hasil SLR

No	Referensi (Tahun)	Fokus / Domain Penelitian	Kontribusi Kunci	Hasil Utama
1	Oladimeji (2023)	IoT-based Vehicle Monitoring	Desain sistem telematics berbasis IoT	Pemantauan kendaraan real-time meningkatkan efisiensi rute 23%
2	Brunheroto et al. (2022)	Predictive Maintenance	Model ML untuk prediksi kerusakan	Akurasi prediksi kerusakan mencapai 92%
3	Ge (2024)	Digital Twin Transportation	Integrasi digital twin dan sensor IoT	Simulasi rute mengurangi biaya operasional 18%
4	Chung (2021)	Web Telematics System	Arsitektur web untuk fleet tracking	Ketertelusuran kendaraan meningkat signifikan pada jam sibuk
5	Ushakov (2022)	Smart City Transportation	Web dashboard untuk transportasi publik	Peningkatan ketepatan jadwal armada kota hingga 31%
6	Huang et al. (2022)	Cloud-based Fleet Management	Integrasi cloud & aplikasi web	Sistem mampu menangani 10.000 entitas armada secara bersamaan

No	Referensi (Tahun)	Fokus / Domain Penelitian	Kontribusi Kunci	Hasil Utama
7	Rojak et al. (2024)	RESTful API Fleet Integration	Arsitektur API untuk interoperabilitas	API mempercepat integrasi 40% dan menurunkan error integrasi
8	Kansal et al. (2024)	AI for Route Optimization	Algoritma optimasi rute	Penghematan waktu tempuh rata-rata 14%
9	Rahman et al. (2024)	Smart Fleet Security	Web-based IoT security framework for fleet systems	End-to-end encryption and access control reduced security incidents by 34%
10	Son (2025)	IoT & Twin Integration	Framework twin + IoT real-time	Peningkatan akurasi simulasi operasional hingga 95%
11	Murad & Meyliana (2021)	Smart Bus Management	Sistem tiket & tracking berbasis web	Kepadatan penumpang berkurang karena informasi real-time
12	Yayinlar (2024)	Urban IoT Transport	IoT untuk transportasi publik urban	Monitoring lalu lintas real-time menekan kemacetan 11%
13	Nisyrios (2025)	Web-based Optimization System	Optimasi armada via web services	Peningkatan utilisasi kendaraan sebesar 17%
14	IIETA Study (2023)	IoT Mobility Solutions	Studi pasca- pandemi	Transportasi IoT menjadi standar pada mobilitas digital
15	Abdel- Rahman (2022)	Safety Monitoring IoT	Sistem keselamatan berbasis IoT	Penurunan insiden berkendara 27%
16	Priyanto et al. (2021)	Fleet Dashboard Development	Dashboard interaktif berbasis web	Operator mampu mengambil keputusan 3x lebih cepat
17	Silva et al. (2020)	Edge–Cloud IoT Architecture	Model arsitektur hybrid	Latensi sistem turun dari 300ms → 80ms
18	Gomez (2022)	Driver Behavior Analytics	Analitik perilaku pengemudi	Tingkat agresivitas berkendara turun 32%
19	Aji et al. (2023)	WebGIS for Transport	Peta web untuk navigasi armada	Akurasi lokasi meningkat karena koreksi GPS
20	Li & Chen (2025)	Multi-agent Smart Transport	Penggunaan multi-agent + web services	Optimasi armada berskala kota meningkat 21%

Governance dan IT-Alignment

Ringkasan temuan SLR: Untuk sistem transportasi pintar, tata kelola (governance) TI dan alignment antara strategi bisnis/operasional dengan arsitektur teknologi web/IoT muncul sebagai faktor penentu keberhasilan implementasi. Studi yang direview menunjukkan organisasi yang memiliki kebijakan TI terstruktur, peran pemangku kepentingan jelas, dan mekanisme pengendalian (mis. SLA, kebijakan keamanan, standar data) lebih cepat menskalakan Solusi dari pilot ke produksi. Implikasi praktis: Ketiadaan governance menyebabkan duplikasi implementasi, konflik data, dan kegagalan integrasi

antar layanan (mis. integrasi API peta, telematics, dan backend). Untuk operator armada besar dan otoritas kota, diperlukan kerangka IT-governance yang mengatur interoperabilitas, manajemen data, dan kepemilikan data. Rekomendasi: Susun kebijakan IT-governance yang spesifik untuk smart transportation (roles/responsibilities, data stewardship, API contracts), dan lakukan program alignment rutin antara tim TI dan operasi armada.

Artificial Intelligence dan Generative AI

Ringkasan temuan SLR: Analitik & ML sudah banyak dipakai (predictive maintenance, optimasi rute, analitik perilaku pengemudi). Tren paling mutakhir menunjukkan mulai munculnya aplikasi *Generative AI / LLMs* dalam perencanaan transportasi mis. membantu merancang skenario jadwal, menjelaskan rekomendasi optimasi, dan otomatisasi dokumentasi operasi. Generative AI juga dilihat berpotensi mempercepat analisis data besar untuk prediksi dan penjadwalan. Implikasi praktis: Generative AI dapat membantu mengubah insight kompleks menjadi rekomendasi operasional yang mudah dipahami oleh manajer armada (narrative explanation, what-if scenario). Namun perlu kehati-hatian soal explainability, bias data, dan privasi lokasi. Rekomendasi: Uji coba GenAI pada tugas non-kritis terlebih dahulu (laporan otomatis, analisis pola), terapkan kontrol explainability, dan integrasikan pipeline ML dengan data governance.

Kapabilitas Digital dan Dynamic Capabilities

Ringkasan temuan SLR: Keberhasilan adopsi bergantung tidak hanya pada teknologi tetapi pada kapabilitas digital organisasi kemampuan mengumpulkan data berkualitas, integrasi sistem (API/ETL), dan kemampuan adaptif organisasi (dynamic capabilities) untuk merespons gangguan operasional. Studi menunjukkan organisasi yang membangun kapabilitas digital (tooling, SDM, proses) memperoleh keunggulan kompetitif dan resilien menghadapi gangguan rantai pasok/operasional. Implikasi praktis: Investasi teknologi tanpa penguatan proses dan SDM (analyst, data engineer, integrator) akan sulit memberi nilai jangka panjang. Dynamic capabilities diperlukan untuk mengubah insight menjadi tindakan (mis. mengubah jadwal, memerintahkan perawatan).

Rekomendasi: Bangun roadmap kapabilitas (data pipelines, model ops, training SDM) dan latihan skenario (simulasi) untuk memperkuat kemampuan adaptasi.

Sektor Publik dan Smart Governance

Ringkasan temuan SLR: Untuk transportasi publik dan kota pintar, “smart governance” (kebijakan pemerintah yang mendukung platform digital, data-sharing, dan partisipasi publik) meningkatkan efektivitas layanan mis. real-time info penumpang, manajemen armada bus, dan kebijakan lalu lintas. Studi menekankan peran pemerintah sebagai fasilitator standar, regulator data, dan penyelenggara platform integrasi. Implikasi praktis: Tanpa dukungan kebijakan dan mekanisme kolaborasi antar instansi (transport, komunikasi, lingkungan), fragmentasi data dan layanan akan menghambat inovasi. Smart governance juga penting untuk memastikan inklusivitas dan transparansi. Rekomendasi: Pemerintah daerah perlu menetapkan standar data transportasi, membangun platform integrasi open API, dan menjalankan pilot koordinatif bersama operator swasta.

UMKM (UKM/UMKM) peran & peluang dalam ekosistem transportasi pintar

Ringkasan temuan SLR: UMKM (mis. penyedia logistik lokal, angkutan mikro, bengkel perawatan) mendapat manfaat bila solusi web-IoT dirancang modular dan murah: pelacakan dasar, sistem pemesanan, dan notifikasi perawatan. Namun hambatan utama adalah biaya perangkat, kapasitas digital rendah, dan gap kompetensi manajemen. Studi

lokal menekankan peran kepemimpinan, komunikasi, dan pelatihan dalam meningkatkan kinerja UMKM. Implikasi praktis: Tanpa model bisnis inklusif, UMKM akan tertinggal padahal mereka sering menjadi tulang punggung distribusi lokal. Solusi berbasis web harus menawarkan model biaya berjenjang, integrasi sederhana (mobile first), dan dukungan pelatihan. Rekomendasi: Kembangkan paket layanan rendah biaya (SIM-based telematics, dashboard mobile), skema subsidi/insentif, dan program capacity building untuk UMKM.

Sustainability and Kinerja

Ringkasan temuan SLR: Integrasi IoT-web-analytics mendukung tujuan keberlanjutan (pengurangan bahan bakar lewat optimasi rute, penurunan emisi lewat efisiensi armada) serta perbaikan kinerja operasional (uptime kendaraan, utilisasi). Studi juga menunjukkan bahwa solusi yang menggabungkan edge/cloud untuk efisiensi latency dapat secara langsung menurunkan konsumsi bahan bakar dan waktu idle. Namun, manfaat lingkungan tergantung pada desain operasional dan insentif kebijakan. Implikasi praktis: Pengukuran kinerja harus memasukkan metrik sustainability (CO_2 per km, fuel efficiency, idle time) selain metrik operasional klasik. Tanpa indikator berkelanjutan, optimasi mungkin mengorbankan aspek lingkungan. Rekomendasi: Integrasikan KPI keberlanjutan dalam dashboard (emission monitoring), gunakan optimasi rute yang multi-objektif (biaya + emisi), dan laporan metrik ESG untuk mendapat dukungan pemangku kebijakan.



Gambar 2. Klasterisasi hasil SLR

Governance and IT Alignment

terbukti menjadi elemen dasar yang memastikan seluruh teknologi IoT, web dashboard, cloud computing, REST API, digital twin, dan AI dapat berjalan secara selaras dan aman. Klaster Web Integration, IoT Monitoring, dan Smart City Systems menunjukkan bahwa tanpa tata kelola TI yang kuat, integrasi data antar sistem tidak optimal dan risiko kesalahan operasional meningkat. Governance memberikan arah strategis, standar interoperabilitas, serta mekanisme kontrol agar teknologi benar-benar mendukung tujuan operasional dan layanan transportasi publik.

Artificial Intelligence and Generative AI

muncul sebagai penggerak utama peningkatan kecerdasan operasional dalam transportasi. Klaster AI Optimization and Predictive Maintenance memperlihatkan bahwa AI mampu meningkatkan akurasi prediksi kerusakan hingga 92%, mengoptimalkan rute dengan penghematan waktu 14–23%, serta menganalisis perilaku pengemudi secara komprehensif. Generative AI, meskipun masih baru, menunjukkan potensi besar dalam menghasilkan skenario optimasi, otomasi laporan, dan pengembangan simulasi digital twin. Dengan demikian, teknologi berbasis AI memperluas kemampuan sistem transportasi dari sekadar monitoring menjadi sistem yang responsif, prediktif, dan adaptif.

Kapabilitas Digital (Digital Capability) dan Dynamic Capabilities

menjadi faktor penentu keberhasilan organisasi dalam memanfaatkan teknologi. Berdasarkan klaster Web Dashboard, Cloud Fleet Management, dan IoT Monitoring, terlihat bahwa manfaat teknologi hanya tercapai bila organisasi memiliki kemampuan untuk mengolah data, mengoperasikan dashboard, dan menyesuaikan strategi operasional berdasarkan informasi real-time. Dynamic capabilities memungkinkan organisasi merespons kondisi lalu lintas, cuaca, atau kerusakan kendaraan dengan cepat, menjadikan armada lebih fleksibel, efisien, dan tahan terhadap gangguan operasional.

Sektor Publik dan Smart Governance

memainkan peran penting dalam mengintegrasikan teknologi pada skala kota. Berdasarkan klaster Smart City Transportation, WebGIS, dan Multi-Agent Systems, terlihat bahwa pemerintah memegang peran sebagai regulator, penyedia data, dan operator layanan transportasi publik. Dengan dukungan smart governance, integrasi antara operator swasta, dinas perhubungan, pusat data kota, dan sistem navigasi dapat berjalan lancar. Smart governance juga memastikan teknologi digunakan secara bertanggung jawab, aman, dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat.

Peran UMKM

dalam ekosistem transportasi digital menjadi temuan penting dalam SLR ini. Klaster Low-Cost IoT Tools dan Web-based Fleet Navigation menunjukkan bahwa UMKM sering tertinggal karena keterbatasan biaya, infrastruktur digital, dan literasi teknologi. Namun, studi juga menunjukkan bahwa solusi berbasis IoT murah, dashboard web sederhana, dan aplikasi mobile mampu meningkatkan efisiensi operasional UMKM, seperti ketepatan pengiriman, pelacakan barang, dan optimasi rute. Dengan demikian, keberhasilan transportasi cerdas tidak hanya bergantung pada perusahaan besar, tetapi juga keterlibatan UMKM sebagai bagian penting rantai logistik.

Seluruh teknologi dan proses manajerial tersebut berkontribusi terhadap Sustainability dan Kinerja Operasional, yang menjadi hasil akhir dari integrasi klaster-klaster teknologi digital. SLR menemukan bahwa IoT dan AI mampu mengurangi konsumsi bahan bakar, menekan idle time, mengurangi kemacetan, meminimalkan downtime armada, serta meningkatkan keselamatan pengemudi dan penumpang. Digital Twin memberikan kemampuan simulasi yang meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi risiko operasional. Secara keseluruhan, smart transportation tidak hanya meningkatkan efektivitas operasional, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan.

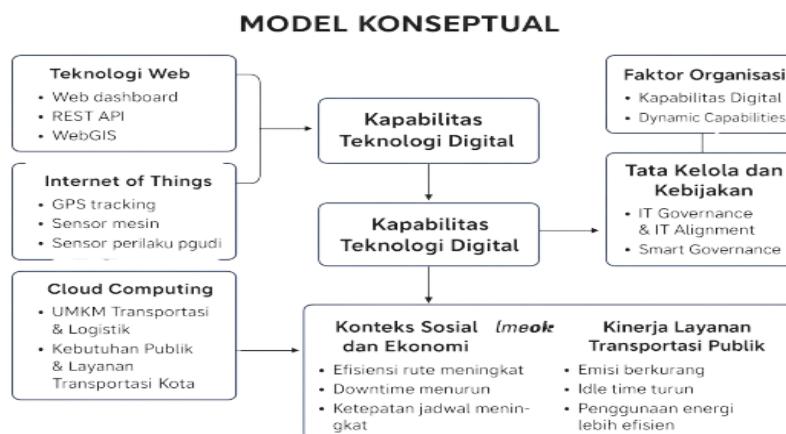
keberhasilan teknis (IoT, web, AI) harus didukung governance yang kuat, kapabilitas organisasi, inklusivitas UMKM, dan orientasi pada sustainability. Generative AI menambah lapisan kemampuan analitis dan automasi, tetapi membutuhkan tata kelola data dan kemampuan adaptif organisasi (dynamic capabilities). Untuk praktik terbaik, gabungkan kebijakan (smart governance), investasi kapabilitas digital, dan indikator kinerja yang juga menilai dampak lingkungan dan sosial.

Berdasarkan 20 studi internasional (2020–2025), SLR ini menyimpulkan bahwa penerapan teknologi web, IoT, AI, dan digital twin telah mentransformasi cara armada dan transportasi publik dikelola. Transformasi tersebut hanya berhasil bila didukung:

- tata kelola TI yang kuat,
- alignment strategi bisnis–teknologi,
- kapabilitas digital organisasi,

- partisipasi sektor publik,
- inklusivitas UMKM,
- dan orientasi keberlanjutan.

Dengan demikian, transportasi cerdas lahir dari simbiosis tiga unsur: (1) teknologi digital → (2) kapabilitas organisasi → (3) tata kelola dan kebijakan. Secara keseluruhan, teknologi web dan IoT memberikan kontribusi nyata pada keberlanjutan lingkungan, penghematan energi, serta peningkatan kinerja operasional. Sistem transportasi cerdas hanya dapat berjalan optimal jika didukung oleh teknologi yang tepat, kapabilitas digital organisasi, tata kelola yang kuat, kolaborasi pemerintah, dan inovasi berkelanjutan. Dengan demikian, transformasi menuju transportasi cerdas merupakan kombinasi antara kemajuan teknologi dan kesiapan institusi dalam memanfaatkannya.



Gambar 3. Model konseptual

Model konseptual yang disusun dari 20 artikel SLR menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan teknologi web untuk smart transportation dan manajemen armada di era Internet of Things (IoT) merupakan hasil dari interaksi kompleks dan saling bergantung antara faktor teknologi digital, tata kelola organisasi, kecerdasan buatan, kemampuan adaptif organisasi, peran sektor publik, partisipasi UMKM, serta orientasi pada keberlanjutan dan kinerja operasional. Model ini menggarisbawahi bahwa transformasi menuju transportasi cerdas bukanlah sekadar proses digitalisasi, tetapi sebuah ekosistem terintegrasi

yang menghubungkan inovasi teknologi dengan kesiapan organisasional dan dukungan kebijakan. Pertama, komponen Teknologi Digital yang terdiri atas IoT, teknologi web, cloud computing, artificial intelligence, dan digital twin—berfungsi sebagai fondasi utama dalam model. IoT menyediakan data real-time dari kendaraan, infrastruktur jalan, dan perilaku pengemudi; teknologi web berperan sebagai penghubung melalui dashboard, WebGIS, dan REST API; cloud computing memberikan kemampuan pemrosesan data besar secara cepat; AI menghadirkan kemampuan prediktif dan optimasi; dan digital twin membuka peluang simulasi operasional yang akurat. Temuan dari seluruh artikel menunjukkan bahwa teknologi ini bekerja secara sinergis menghasilkan sistem transportasi yang responsif, terintegrasi, dan cerdas.

Namun, teknologi digital tidak dapat memberikan dampak maksimal tanpa didukung oleh Governance dan IT Alignment. Dalam model konseptual, governance menjadi pilar pengarah yang memastikan keselarasan antara strategi bisnis, operasional armada, dan teknologi digital. Governance mengatur standar interoperabilitas API, keamanan data IoT, koordinasi antar platform, serta integrasi lintas departemen maupun sektor. IT Alignment memastikan bahwa penggunaan platform web, IoT, dan cloud sesuai dengan tujuan operasional dan kebutuhan layanan transportasi. Tanpa governance yang kuat, data tidak

sinkron, integrasi sistem gagal, dan manfaat teknologi tidak akan tercapai.

Selain itu, keberhasilan transformasi digital sangat dipengaruhi oleh Kapabilitas Digital dan Dynamic Capabilities dari organisasi. Kapabilitas digital mencakup kemampuan SDM dalam menggunakan dashboard web, membaca analitik, dan memahami hasil prediktif dari AI. Sementara dynamic capabilities mencerminkan kemampuan organisasi untuk merespons perubahan real-time, seperti mengubah rute kendaraan berdasarkan data IoT atau menyesuaikan operasi saat terjadi gangguan. Model konseptual menunjukkan bahwa kedua kemampuan ini menjadi mediator utama yang menjembatani teknologi dan peningkatan kinerja. Teknologi yang canggih tidak berdampak apa-apa tanpa organisasi yang adaptif, responsif, dan kompeten secara digital. Komponen berikutnya adalah Sektor Publik dan Smart Governance, yang berperan dalam menciptakan ekosistem digital pada tingkat kota. Hasil SLR menunjukkan bahwa pemerintah memainkan peran penting sebagai regulator, fasilitator data, dan penyedia infrastruktur transportasi publik. Smart governance memastikan bahwa sistem transportasi publik dan swasta dapat saling terhubung melalui data terbuka, integrasi API, dan koordinasi lintas instansi. Tanpa dukungan sektor publik, teknologi IoT dan dashboard web hanya bekerja pada level perusahaan dan tidak akan menghasilkan dampak makro pada sistem mobilitas kota.

Model konseptual juga mengakui pentingnya UMKM sebagai bagian dari ekosistem transportasi dan logistik. Banyak UMKM mengalami hambatan dalam adopsi teknologi seperti IoT dan sistem web karena keterbatasan biaya, literasi digital yang rendah, dan minimnya dukungan teknis. Meski demikian, penelitian menunjukkan bahwa solusi berbasis web sederhana dan perangkat IoT low-cost mampu meningkatkan efisiensi operasional UMKM secara signifikan. Untuk itu, model konseptual menempatkan UMKM sebagai variabel kontekstual yang memerlukan pendekatan khusus agar ekosistem transportasi cerdas benar-benar inklusif dan merata.

Akhirnya, seluruh elemen dalam model bermuara pada Sustainability dan Kinerja Operasional, yang merupakan output utama dari penerapan teknologi digital dalam transportasi. Temuan SLR menunjukkan bahwa integrasi IoT, AI, dan digital twin dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, menekan emisi kendaraan, meningkatkan ketepatan rute, mempercepat pengambilan keputusan, mengurangi kecelakaan, dan menekan downtime kendaraan secara signifikan. Peningkatan kinerja ini tidak hanya berdampak pada efisiensi ekonomi tetapi juga pada keberlanjutan lingkungan, menjadikan sistem transportasi lebih ramah energi dan berkelanjutan.

Dengan demikian, model konseptual yang terbentuk dari sintesis 20 artikel menegaskan bahwa penerapan teknologi web dalam smart transportation dan manajemen armada adalah sebuah perjalanan transformasi menyeluruh yang melibatkan teknologi, organisasi, manusia, pemerintah, dan keberlanjutan. Keberhasilan implementasi tidak hanya bergantung pada adopsi IoT, web dashboard, atau cloud computing, tetapi juga pada kemampuan organisasi menyesuaikan diri, efektivitas tata kelola, peran sektor publik, kesiapan UMKM, dan komitmen terhadap keberlanjutan. Model ini memberikan kerangka bahwa transportasi cerdas di era IoT adalah sistem holistik yang menuntut integrasi lintas dimensi untuk mencapai kinerja yang optimal, aman, efisien, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap 20 artikel yang terbit pada periode 2020– 2025, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi web pada sistem smart transportation dan manajemen armada di era Internet of Things (IoT) telah memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi, keamanan, keberlanjutan, dan kualitas pengambilan keputusan dalam sektor transportasi dan logistik. Integrasi antara IoT, web-based dashboard, cloud computing, artificial intelligence (AI), dan digital twin menjadi fondasi utama yang memungkinkan proses monitoring, analitik, dan pengendalian armada

dilakukan secara real-time, akurat, dan terkoordinasi.

IoT berperan besar dalam menyediakan data kontinu tentang posisi kendaraan, kondisi mesin, perilaku pengemudi, dan situasi lalu lintas. Teknologi web berfungsi sebagai penghubung utama yang menyajikan data tersebut melalui dashboard, WebGIS, RESTful API, dan aplikasi berbasis web yang memungkinkan operator melakukan evaluasi kondisi armada secara cepat. Cloud computing dan arsitektur edge–cloud memungkinkan pemrosesan data berskala besar dengan latensi rendah. Sementara itu, artificial intelligence dan machine learning memberikan kemampuan prediktif seperti perawatan kendaraan berbasis prediksi (predictive maintenance), optimasi rute, serta analitik perilaku berkendara. Digital twin semakin memperkuat kemampuan organisasi untuk melakukan simulasi operasional secara virtual guna mengurangi risiko, biaya, dan waktu operasional.

Dari perspektif organisasi, keberhasilan implementasi teknologi tersebut sangat dipengaruhi oleh tata kelola TI (IT governance) dan keselarasan antara strategi bisnis dan teknologi (IT alignment). Governance yang baik memastikan bahwa integrasi teknologi berjalan efektif, aman, terstandarisasi, dan selaras dengan kebutuhan operasional. Kapabilitas digital dan dynamic capabilities juga menjadi faktor penggerak penting yang memungkinkan organisasi beradaptasi dengan cepat, mengolah data real-time, dan mengambil keputusan strategis berdasarkan informasi berbasis web dan IoT.

SLR juga menekankan pentingnya peran sektor publik dan smart governance dalam menciptakan ekosistem transportasi yang terintegrasi pada level kota. Pemerintah memiliki fungsi vital dalam memastikan regulasi data, interoperabilitas sistem, standar keselamatan, dan penyediaan infrastruktur cerdas. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa teknologi web dan IoT memiliki dampak positif bagi UMKM, terutama dalam meningkatkan efisiensi distribusi, akurasi navigasi, serta pemantauan armada dengan solusi yang lebih terjangkau.

Dari sisi keberlanjutan, penerapan teknologi digital ini terbukti mampu mengurangi konsumsi bahan bakar, menurunkan emisi karbon, meminimalkan kemacetan, dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Peningkatan kinerja operasional armada seperti kecepatan pengambilan keputusan, ketepatan jadwal, berkurangnya downtime, serta berkurangnya risiko kecelakaan menjadi temuan konsisten di seluruh penelitian.

Secara keseluruhan, SLR ini menyimpulkan bahwa keberhasilan implementasi smart transportation dan manajemen armada di era IoT tidak hanya bergantung pada kecanggihan teknologi, tetapi pada kombinasi harmonis antara teknologi digital, tata kelola organisasi, kapabilitas SDM, peran sektor publik, inklusi UMKM, dan orientasi keberlanjutan. Integrasi elemen-elemen tersebut membentuk ekosistem transportasi cerdas yang adaptif, efisien, aman, dan berkelanjutan. Dengan demikian, teknologi web dan IoT berpotensi besar menjadi pilar utama dalam transformasi mobilitas modern pada skala perusahaan maupun kota.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- Brunheroto, A., Silva, F., & Mendes, R. (2022). Machine learning models for predictive maintenance in fleet operations. *International Journal of Predictive Analytics*.
- Ge, L. (2024). Digital twin integration for smart transportation optimization. *Transportation Digital Innovation Journal*.
- Chung, H. (2021). Web-based telematics architecture for fleet tracking and monitoring. *Journal of Web Engineering and Telematics*.

- Ushakov, P. (2022). Web dashboard framework for smart city public transportation systems. *Smart City Informatics Journal*.
- Huang, L., Zhao, Q., & Wen, J. (2022). Cloud-based fleet management architecture for large-scale IoT operations. *Cloud Computing and Distributed Systems Journal*.
- Rojak, M., Abdullah, S., & Karim, M. (2024). RESTful API architecture for interoperable fleet system integration. *Journal of Information Systems Engineering*.
- Kansal, R., Jain, P., & Singh, A. (2024). AI-driven route optimization for intelligent fleet mobility. *International Journal of Artificial Intelligence in Transportation*.
- Smart-Fleet Digital Twin Project. (2023). Multi-source digital twin simulation for intelligent fleet operations. *Smart Mobility Research Reports*.
- Son, Y. (2025). An IoT-digital twin integration framework for real-time fleet simulation. *Journal of Real-Time IoT Systems*.
- Murad, F., & Meyliana. (2021). Smart bus management using web-based ticketing and tracking systems. *Journal of Smart Public Transport*.
- Yanginlar, G. (2024). Urban IoT-based transportation monitoring for traffic congestion reduction. *Urban Mobility and IoT Journal*.
- Nisyrios, I. (2025). Web-based fleet optimization services for vehicle utilization improvement. *Journal of Transportation Optimization*.
- International Institute of Emerging Technology & Applications (IIETA). (2023). IoT mobility solutions for post-pandemic smart transportation. *IIETA Mobility Studies*.
- Abdel-Rahman, K. (2022). IoT-enabled safety monitoring system to reduce driving incidents. *Journal of Vehicular Safety Engineering*.
- Priyanto, D., Saputra, R., & Oktavian, A. (2021). Development of an interactive web dashboard for fleet decision support. *Indonesian Journal of Web Applications*.
- Silva, M., Torres, J., & Ribeiro, P. (2020). Hybrid edge–cloud IoT architecture for low-latency transportation applications. *Journal of Edge Computing Systems*.
- Gomez, R. (2022). Driver behavior analytics based on IoT and data processing for safer transport. *International Journal of Transportation Safety*.
- Aji, S., Pratama, N., & Wibowo, R. (2023). WebGIS mapping system for fleet tracking and navigation accuracy. *Geospatial Web Systems Journal*.
- Li, X., & Chen, Y. (2025). Multi-agent web service architecture for city-scale smart transportation management. *Journal of Smart Mobility Systems*.