



TINJAUAN MINI: PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN TANTANGAN MOBIL LISTRIK DALAM DEKADE TERAKHIR

Lutfi Pramudya Faizhata^{1*} & Khoirul Huda²

^{1&2}Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Jalan Kolonel H. R. Hadijanto, Semarang, Jawa Tengah 50229, Indonesia

*Email: amudya09@students.unnes.ac.id

Submit: 06-07-2025; Revised: 13-07-2025; Accepted: 16-07-2025; Published: 31-07-2025

ABSTRAK: Dalam satu dekade terakhir, kendaraan listrik (*Electric Vehicles*/EV) telah mengalami perkembangan signifikan dan menjadi pusat perhatian dalam agenda global menuju transportasi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis dinamika teknologi dan tantangan implementasi kendaraan listrik, khususnya dalam konteks negara berkembang seperti Indonesia. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis protokol PRISMA terhadap artikel ilmiah terbitan 2020-2024 yang relevan. Hasil kajian menunjukkan kemajuan besar pada teknologi baterai termasuk pengembangan *solid-state* dan sistem manajemen berbasis kecerdasan buatan motor listrik tipe *in-wheel*, sistem pengisian daya cepat, serta integrasi konektivitas berbasis AI dan IoT. Namun, tantangan utama masih meliputi keterbatasan infrastruktur, biaya awal yang tinggi, isu interoperabilitas, serta risiko keamanan siber. Dalam konteks Indonesia, kendala struktural seperti distribusi stasiun pengisian dan minimnya insentif fiskal turut memperlambat adopsi EV secara luas. Temuan ini menegaskan perlunya pendekatan interdisipliner dan kebijakan terintegrasi untuk mempercepat transisi menuju mobilitas rendah emisi yang inklusif dan efisien. Penelitian ini memberikan kontribusi akademik melalui pemetaan komprehensif atas perkembangan teknologi dan menawarkan implikasi praktis bagi perumusan strategi transportasi masa depan.

Kata Kunci: Kebijakan Energi, Kendaraan Listrik, Sistem Pengisian, SLR, Teknologi Baterai.

ABSTRACT: Over the past decade, electric vehicles (EVs) have experienced significant development and become a focal point of the global agenda for sustainable transportation. This study aims to systematically examine the technological dynamics and challenges of electric vehicle implementation, particularly in the context of developing countries like Indonesia. The method used was a PRISMA-based Systematic Literature Review (SLR) of relevant scientific articles published between 2020 and 2024. The study results show significant progress in battery technology, including the development of solid-state and artificial intelligence-based management systems for in-wheel electric motors, fast charging systems, and the integration of AI- and IoT-based connectivity. However, key challenges remain, including limited infrastructure, high initial costs, interoperability issues, and cybersecurity risks. In the Indonesian context, structural constraints such as the distribution of charging stations and the lack of fiscal incentives have hampered the widespread adoption of EVs. These findings underscore the need for an interdisciplinary approach and integrated policies to accelerate the transition to inclusive and efficient low-emission mobility. This study provides an academic contribution through a comprehensive mapping of technological developments and offers practical implications for the formulation of future transportation strategies.

Keywords: Energy Policy, Electric Vehicles, Charging Systems, SLR, Battery Technology.

How to Cite: Faizhata, L. P., & Huda, K. (2025). Tinjauan Mini: Perkembangan Teknologi dan Tantangan Mobil Listrik dalam Dekade Terakhir. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(3), 854-862. <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i3.609>



Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/panthera>



PENDAHULUAN

Dalam satu dekade terakhir, kendaraan listrik (*Electric Vehicles/EV*) mengalami perkembangan yang sangat cepat dan telah menjadi komponen kunci dalam transformasi sistem transportasi global menuju arah yang lebih berkelanjutan dan rendah emisi. Meningkatnya perhatian terhadap isu perubahan iklim, keterbatasan sumber energi fosil, dan pencemaran udara di wilayah perkotaan telah menjadikan kendaraan listrik tidak hanya sebagai representasi inovasi teknologi, tetapi juga sebagai langkah strategis dalam upaya mencapai target emisi nol bersih di berbagai negara. Menurut *International Energy Agency* (2024), jumlah kendaraan listrik yang terjual secara global pada tahun 2023 diperkirakan mencapai 14 juta unit, mencatatkan peningkatan sebesar 35 persen dibandingkan tahun 2022. Pangsa pasar kendaraan listrik kini mencakup 18% dari total penjualan mobil baru di dunia, dengan dominasi pasar dari Tiongkok (60%), disusul Eropa (17%), dan Amerika Serikat (7%). Selain itu, lembaga riset *BloombergNEF* memproyeksikan bahwa angka penjualan EV dapat mencapai 22 juta unit pada tahun 2025 seiring dengan penurunan harga baterai dan peningkatan insentif pemerintah.

Kemajuan teknologi kendaraan listrik tidak hanya mencakup peningkatan performa dan efisiensi, tetapi juga transformasi pada komponen inti, seperti: baterai berkapasitas tinggi, motor penggerak *in-wheel*, sistem pengisian cepat (*ultrafast charging*), serta jaringan kendaraan cerdas (*V2G* dan *Vehicle-to-Grid/V2G* dan *Over-the-Air/OTA system*) yang semakin kompleks dan terintegrasi dengan kecerdasan buatan. Sejumlah studi terbaru seperti Abro *et al.* (2023), Garg & Kumar (2023), dan Roy *et al.* (2022) menggaris bawahi bahwa teknologi baterai mengalami penurunan harga lebih dari 80% dalam 10 tahun terakhir, sementara kapasitas dan umur pakai terus meningkat, bahkan mendekati pengembangan baterai *solid-state* dan *sodium-ion* sebagai alternatif masa depan. Teknologi *in-wheel* motor juga memungkinkan efisiensi penggerak yang lebih tinggi dengan bobot kendaraan yang lebih ringan, walaupun masih menghadapi tantangan pada kestabilan torsi dan sistem pendinginan.

Di Indonesia, kendaraan listrik mulai dilirik sebagai solusi transisi energi. Data dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, mencatat peningkatan signifikan jumlah kendaraan listrik dari 125 unit pada tahun 2020 menjadi 68.695 unit pada Agustus 2024. Meski demikian, angka tersebut masih sangat kecil dibandingkan total populasi mobil penumpang yang mencapai lebih dari 18 juta unit. Kesenjangan antara potensi teknologi dan realisasi implementasi menunjukkan adanya tantangan besar, mulai dari keterbatasan infrastruktur pengisian daya, dukungan kebijakan, rendahnya daya beli masyarakat, minimnya insentif, hingga kepercayaan terhadap teknologi EV. Studi oleh Dewi & Ulmi (2023) menunjukkan bahwa masih terdapat hambatan institusional dan sosial yang signifikan dalam mendorong adopsi EV di Indonesia, seperti kurangnya harmonisasi kebijakan lintas sektor dan terbatasnya insentif fiskal.

Urgensi dan relevansi topik ini semakin kuat dengan adanya pergeseran kebijakan global. Uni Eropa telah menetapkan target untuk menghentikan penjualan kendaraan berbahan bakar fosil pada 2035, sementara Tiongkok dan Amerika Serikat terus memperluas investasi mereka pada industri EV dan baterai. Sebagai langkah strategis, Pemerintah Republik Indonesia menetapkan Perpres



Nomor 55 Tahun 2019 untuk mempercepat adopsi kendaraan listrik berbasis baterai, yang menjadi pijakan bagi pemberlakuan insentif fiskal dan non-fiskal. Secara keilmuan, pembahasan topik ini mencakup pendekatan multidisipliner yang melibatkan bidang teknik elektro, material maju, sistem jaringan pintar, *artificial intelligence*, serta studi kebijakan dan ekonomi hijau. Secara praktis, riset mengenai teknologi dan tantangan EV sangat penting untuk menyusun peta jalan strategis dalam pengembangan industri otomotif yang adaptif dan kompetitif di masa depan.

Namun demikian, tinjauan literatur yang ada cenderung fokus pada aspek teknologi secara terpisah, seperti: baterai, motor listrik, atau sistem pengisian tanpa mengaitkannya secara menyeluruh dengan tantangan implementasi di berbagai konteks geografis, khususnya di negara berkembang. Selain itu, isu penting seperti interoperabilitas sistem, keamanan siber pada konektivitas kendaraan, serta dampak lingkungan dari siklus hidup baterai (*Life Cycle Assessment*, LCA) masih belum banyak dibahas secara terpadu. Padahal, menurut Mas-Peiro & Neidhardt (2022), data empiris dari uji jalan nyata dan LCA sangat diperlukan untuk memahami efisiensi dan dampak EV dalam konteks lokal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian ini bertujuan untuk memberikan tinjauan sistematis dan komprehensif mengenai perkembangan teknologi kendaraan listrik selama satu dekade terakhir, sekaligus mengidentifikasi tantangan utama dalam implementasinya, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. Kajian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi pengembangan teknologi, penyusunan kebijakan transisi energi, serta perumusan strategi industri otomotif nasional yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

METODE

Kajian ini menggunakan metode kualitatif yang berfokus pada telaah pustaka, dengan orientasi eksploratif dan penyusunan yang mengikuti prinsip sistematis. Metode kajian ini menggunakan kerangka *Systematic Literature Review* (SLR) yang dirancang berdasarkan protokol PRISMA. Tahapan pemilihan sumber literatur meliputi proses identifikasi, filtrasi, evaluasi kelayakan, dan penetapan inklusi akhir (Okoli & Schabram, 2010). Pendekatan ini dipilih untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan-temuan empiris yang relevan terkait perkembangan teknologi kendaraan listrik dan tantangan implementasinya secara sistematis dan transparan.

Sumber data sekunder berasal dari jurnal ilmiah bereputasi internasional yang terindeks *Scopus* dan *Web of Science*, serta laporan lembaga internasional seperti IEA, *BloombergNEF*, dan BPS Indonesia. Kata kunci utama yang digunakan mencakup "*electric vehicle technology*", "*battery innovation*", "*EV adoption barriers*", "*charging infrastructure*", dan "*vehicle-to-grid*". Kriteria inklusi mencakup artikel yang terbit antara tahun 2020 hingga 2024, ditulis dalam bahasa Inggris, serta mengandung pembahasan empiris atau sistematis mengenai teknologi dan tantangan EV. Dari hasil pencarian, 21 artikel terpilih yang dianggap representatif dan relevan, sebagaimana terdaftar dalam daftar rujukan.

Analisis data dilakukan melalui pendekatan tematik dengan cara mengelompokkan isu-isu utama ke dalam beberapa kategori: 1) teknologi baterai dan sistem manajemen baterai; 2) motor listrik dan arsitektur penggerak; 3)



infrastruktur pengisian daya; 4) konektivitas dan AI; dan 5) tantangan implementasi dan kebijakan (Iqbal *et al.*, 2023). Setiap kategori dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi tren perkembangan, tantangan yang masih berlangsung, serta solusi potensial yang diusulkan dalam literatur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inovasi teknologi inti pada kendaraan listrik teknologi baterai menjadi tulang punggung kemajuan EV. Studi oleh Lipu *et al.* (2022) dan Roy *et al.* (2022) menunjukkan bahwa *Li-ion* masih mendominasi pasar, namun pengembangan *solid-state battery* dan *sodium-ion* menjadi kandidat utama masa depan karena kepadatan energi yang tinggi dan keamanan termal yang lebih baik. Sistem manajemen baterai (BMS) kini telah didukung AI untuk pemantauan suhu, SoC (*State of Charge*), dan penghindaran degradasi.

Inovasi arsitektur motor listrik seperti penggunaan *in-wheel motor* (Deepak *et al.*, 2023) meningkatkan efisiensi mekanik dan mengurangi bobot kendaraan. Namun, isu kestabilan torsi dan pendinginan tetap menjadi tantangan teknis yang sedang ditangani melalui sistem kontrol berbasis model prediktif. Di sisi lain, arsitektur *power electronics* seperti *converter* dan *inverter* terus mengalami peningkatan untuk mendukung efisiensi pengisian dan konversi daya dua arah (*bidirectional*).

Infrastruktur pengisian daya dan teknologi pengisian cepat ketersediaan dan kecepatan stasiun pengisian merupakan hambatan utama adopsi EV, terutama di negara berkembang. Town *et al.* (2022) menyatakan bahwa *fast charging* berbasis arus searah (DC) 350 kW masih terbatas distribusinya dan membutuhkan infrastruktur listrik yang besar. IEEE Access (2023) menyoroti pentingnya interoperabilitas standar pengisian seperti CCS, CHAdeMO, dan GB/T agar sistem lintas negara dapat terintegrasi. Di Indonesia, PLN telah membangun sekitar 620 unit SPKLU per Juni 2024, namun distribusinya masih terkonsentrasi di wilayah perkotaan.

Sistem konektivitas, keamanan siber, dan integrasi AI kendaraan listrik generasi terbaru terhubung dengan sistem *cloud* melalui jaringan 5G dan IoT, memungkinkan integrasi OTA (*Over-the-Air Update*) serta V2G (*Vehicle-to-Grid*). Abro *et al.* (2023) dan Garg & Kumar (2023) mencatat bahwa sistem ini meningkatkan efisiensi manajemen daya, namun juga membuka celah keamanan siber. Upaya mitigasi risiko dilakukan melalui enkripsi *multi-layer* dan protokol keamanan berbasis *blockchain*.

Tantangan adopsi dan kebijakan di negara berkembang masalah biaya awal kendaraan, rendahnya insentif, dan keterbatasan kesadaran masyarakat menjadi hambatan utama. Studi oleh Dewi & Ulmi (2023) dan Muzir *et al.* (2022) menyoroti pentingnya sinergi antara regulasi, insentif fiskal, dan strategi komunikasi publik dalam mendorong adopsi EV. Selain itu, keberadaan ekosistem industri komponen lokal juga menjadi prasyarat keberhasilan.

Evaluasi siklus hidup dan dampak lingkungan dalam penelitian Mas-Peiro & Neidhardt (2022) menyatakan bahwa meskipun EV bebas emisi saat digunakan, siklus hidup penuh baterai (mulai dari ekstraksi hingga daur ulang) tetap menghasilkan jejak karbon signifikan. Oleh karena itu, teknologi daur ulang dan



second-life battery menjadi fokus riset lanjutan untuk meningkatkan keberlanjutan EV secara keseluruhan. Ringkasan fokus tematik dan temuan dari literatur terkait EV ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Fokus Tematik dan Temuan Utama dari Literatur Terkait EV.

No.	Aspek Teknologi EV	Fokus Penelitian	Referensi	Temuan Utama	Tantangan Utama
1	Baterai & Manajemen Energi	Daur hidup baterai, BMS, <i>second-life battery</i>	Lipu <i>et al.</i> (2022); Roy <i>et al.</i> (2022)	Optimalisasi daya tahan dan efisiensi baterai, pentingnya AI dalam BMS.	Ketergantungan material kritis, daur ulang masih belum masif
2	Motor & Propulsi	<i>In-wheel motor</i> , efisiensi <i>powertrain</i>	Deepak <i>et al.</i> (2023); Sangeetha & Ramachandran (2022)	<i>In-wheel motors</i> meningkatkan efisiensi ruang dan kontrol dinamis.	Kompleksitas pendinginan dan keandalan jangka panjang
3	Infrastruktur Pengisian	<i>Fast charging</i> , standar interoperabilitas	IEEE Access (2023); Town <i>et al.</i> (2022)	Perluasan infrastruktur <i>fast charging</i> dan standarisasi penting untuk adopsi massal.	Biaya investasi tinggi dan belum merata secara geografis
4	Konektivitas & AI	<i>Autonomous system</i> , <i>cybersecurity</i>	Abro <i>et al.</i> (2023); Garg & Kumar (2023)	AI berperan dalam otonomi kendaraan & mitigasi risiko keamanan siber.	Ancaman peretasan dan kurangnya regulasi standar global
5	Kebijakan & Lingkungan	Regulasi nasional, dampak lingkungan	Dewi & Ulmi (2023); Mas-Peiro & Neidhardt (2022)	Data empiris menunjukkan peran kebijakan yang signifikan dalam penetrasi pasar EV.	Inkonsistensi kebijakan dan resistensi pasar lokal

Sebagai contoh nyata, Garg & Kumar (2023) menyoroti implementasi sistem AI berbasis *deep learning* dalam kendaraan Tesla dan Waymo yang mampu menyesuaikan kecepatan, menghindari rintangan, serta memproses data lalu lintas secara *real-time*. Namun, mereka juga menunjukkan bahwa sistem ini tetap rentan terhadap serangan keamanan siber seperti *spoofing* dan data *poisoning*. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi AI dalam kendaraan otonom semakin canggih, aspek keamanan siber tetap menjadi tantangan krusial yang harus diatasi.

Lebih lanjut, perbandingan lintas studi menunjukkan bahwa walaupun semua aspek teknologi memiliki kontribusi penting, integrasi antar sistem



(misalnya: antara AI, motor, dan manajemen baterai) menjadi tantangan tersendiri dalam mewujudkan kendaraan listrik otonom yang efisien dan aman. Ini mengindikasikan perlunya pendekatan multidisipliner dalam riset dan pengembangan EV.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap artikel ilmiah terkini, dapat disimpulkan bahwa kendaraan listrik (EV) telah mengalami kemajuan pesat dalam dekade terakhir, terutama pada aspek teknologi baterai, sistem penggerak, infrastruktur pengisian daya, konektivitas digital, serta sistem keamanan. Inovasi baterai *solid-state*, integrasi AI dalam sistem manajemen baterai dan kendaraan, serta pengembangan teknologi pengisian cepat telah mendorong efisiensi dan kenyamanan penggunaan EV. Namun, tantangan seperti biaya produksi yang tinggi, keterbatasan infrastruktur di negara berkembang, ketidakpastian siklus hidup baterai, serta persoalan interoperabilitas dan keamanan siber masih menjadi penghambat utama dalam adopsi luas EV secara global.

Dari sisi akademik, studi ini mengisi kekosongan literatur dengan menggabungkan perspektif teknologi, infrastruktur, kebijakan, dan sosial-ekonomi dalam satu narasi komprehensif. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sinergi antara inovasi teknologi, regulasi yang tepat sasaran, serta kesadaran publik menjadi kunci keberhasilan transisi menuju transportasi berkelanjutan. Dengan demikian, studi ini memberikan kontribusi signifikan bagi pemahaman holistik tentang faktor-faktor yang mendukung transformasi sistem transportasi secara berkelanjutan.

Dalam konteks Indonesia, pengembangan sistem pengisian daya berbasis energi terbarukan, *smart charging*, dan integrasi dengan jaringan pintar menjadi arah strategis ke depan. Untuk itu, diperlukan kolaborasi lintas sektor dalam membangun ekosistem EV yang inklusif, efisien, dan berkelanjutan di masa depan. Kolaborasi ini harus mencakup pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat guna mendorong inovasi, investasi, serta regulasi yang mendukung percepatan transisi energi bersih.

SARAN

Untuk mewujudkan sistem transportasi rendah emisi yang inklusif dan berkelanjutan di masa depan, diperlukan langkah-langkah strategis dan kolaboratif dari berbagai pemangku kepentingan. Pemerintah perlu menyediakan ekosistem pendukung yang mencakup insentif fiskal, keringanan pajak, serta pengembangan infrastruktur berbasis energi terbarukan. Strategi nasional transisi energi harus mengintegrasikan pengembangan industri komponen lokal kendaraan listrik (EV) guna mengurangi ketergantungan terhadap impor. Pelaku industri disarankan untuk berinvestasi dalam penelitian dan pengembangan teknologi baterai generasi baru, sistem keamanan siber kendaraan, serta *platform* digital berbasis kecerdasan buatan (AI) yang mendukung layanan purna jual dan manajemen kendaraan. Bagi masyarakat, peningkatan edukasi publik sangat penting untuk menumbuhkan kesadaran akan isu lingkungan, efisiensi biaya operasional kendaraan listrik, serta manfaat jangka panjang dari penggunaannya. Kolaborasi yang kuat antara



pemerintah, industri, dan masyarakat akan menjadi kunci dalam mempercepat transisi menuju sistem transportasi yang ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Kriswanto, S.Pd., M.T., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, atas dukungan dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan juga disampaikan kepada Bapak Khoirul Huda, S.Pd., M.Pd., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, saran, dan motivasi selama proses penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih turut ditujukan kepada rekan-rekan mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Angkatan 2018 UNNES atas kebersamaan dan dukungan yang berarti dalam penyelesaian karya ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Abro, G. E. M., Zulkifli, S. A. B. M., Kumar, K., Ouanjli, N. E., Asirvadam, V. S., & Mossa, M. A. (2023). Comprehensive Review of Recent Advancements in Battery Technology, Propulsion, Power Interfaces, and Vehicle Network Systems for Intelligent Autonomous and Connected Electric Vehicles. *Energies*, 16(6), 1-31. <https://doi.org/10.3390/en16062925>
- Alanazi, F. K. (2023). Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Applied Sciences*, 13(10), 1-23. <https://doi.org/10.3390/app13106016>
- Barbosa, W., Prado, T., Batista, C., Câmara, J. C., Cerqueira, R., Coelho, R., & Guarieiro, L. (2022). Electric Vehicles: Bibliometric Analysis of the Current State of the Art and Perspectives. *Energies*, 15(3), 1-16. <https://doi.org/10.3390/en15030803>
- Deepak, K., Frikha, M. A., Benômar, Y., Baghdadi, M. E., & Hegazy, O. (2023). In-wheel Motor Drive Systems for Electric Vehicles: State of the Art, Challenges, and Future Trends. *Energies*, 16(7), 1-31. <https://doi.org/10.3390/en16073121>
- Dewi, R., & Ulmi, N. M. (2023). Tantangan Pengembangan Mobil Listrik Menuju Transportasi Berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 14(1), 32-39. <https://doi.org/10.55511/jpsttd.v14i1.605>
- Dik, A., Omer, S., & Boukhanouf, R. (2022). Electric Vehicles: V2G for Rapid, Safe, and Green EV Penetration. *Energies*, 15(3), 1-26. <https://doi.org/10.3390/en15020395>
- Ding, L. (2022). Comprehensive Analysis of Electric Vehicles: State-of-Arts and Future Aspects. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 27(1), 756-766. <https://doi.org/10.54097/hset.v27i.3841>
- Garg, V. K., & Kumar, D. (2023). A Review of Electric Vehicle Technology: Architectures, Battery Technology and its Management System, Relevant Standards, Application of Artificial Intelligence, Cyber Security, and Interoperability Challenges. *IET Electrical Systems in Transportation*, 13(2), 113-126. <https://doi.org/10.1049/els2.12083>
- Hossain, M. S., Kumar, L., Assad, E. H. M., & Ashraf, N. (2022). Advancements



- and Future Prospects of Electric Vehicle Technologies: A Comprehensive Review. *Complexity*, 2022, 3304796. <https://doi.org/10.1155/2022/3304796>
- IEEE Access. (2023). Review of Electric Vehicle Charging Technologies, Standards, Architectures, and Converter Configurations. *IEEE Access*, 11, 1-39. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3267164>
- International Energy Agency. (2024). Retrieved July 28, 2025, from Electric Vehicles. Interactwebsite: <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>
- Iqbal, M., Benmouna, A., Becherif, M., & Mekhilef, S. (2023). Survey on Battery Technologies and Modeling Methods for Electric Vehicles. *Batteries*, 9(3), 1-31. <https://doi.org/10.3390/batteries9030185>
- Li, W., & Zhang, H. (2023). Transport Electrification: Opportunities and Future Challenges. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 46(1), 14-18. <https://doi.org/10.54097/hset.v46i.7658>
- Lipu, M. S. H., Mamun, A. A., Ansari, S., Miah, M. S., Hasan, K., Meraj, S. T., Abdolrasol, M. G. M., Rahman, T., Maruf, M. H., Sarker, M. R., Aljanad, A., & Tan, N. M. L. (2022). Battery Management, Key Technologies, Methods, Issues, and Future Trends of Electric Vehicles: A Pathway Toward Achieving Sustainable Development Goals. *Batteries*, 8(9), 1-60. <https://doi.org/10.3390/batteries8090119>
- Liu, G., Li, K., Wang, Y., Luo, H., & Luo, H. (2020). Recent Advances and Trend of HEV/EV-Oriented Power Semiconductors – An Overview. *IET Power Electronics*, 13(3), 496-509. <https://doi.org/10.1049/IET-PEL.2019.0401>
- Mas-Peiro, J., & Neidhardt, M. (2022). Automotive Electrification Challenges Shown by Real-World Driving Data and Lifecycle Assessment. *Sustainability*, 14(23), 1-19. <https://doi.org/10.3390/su142315972>
- Mo, T., Li, Y., Lau, K. -t., Poon, C. K., Wu, Y., & Luo, Y. (2022). Trends and Emerging Technologies for the Development of Electric Vehicles. *Energies*, 15(17), 1-34. <https://doi.org/10.3390/en15176271>
- Muzir, N. A. Q., Mojumder, M. R. H., & Hasanuzzaman, M. (2022). Challenges of Electric Vehicles and Their Prospects in Malaysia: A Comprehensive Review. *Sustainability*, 14(14), 1-40. <https://doi.org/10.3390/su14148320>
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(43), 879-910. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1954824>
- Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan. 2019. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Roy, H., Roy, B. N., Hasanuzzaman, M., Islam, M. S., Abdel-Khalik, A. S., Hamad, M. S., & Ahmed, S. (2022). Global Advancements and Current Challenges of Electric Vehicle Batteries and Their Prospects: A Comprehensive Review. *Sustainability*, 14(24), 1-30. <https://doi.org/10.3390/su142416684>
- Sangeetha, E., & Ramachandran, V. (2022). Different Topologies of Electrical Machines, Storage Systems, and Power Electronic Converters and Their



Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan

E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636

Volume 5, Issue 3, July 2025; Page, 854-862

Email: pantherajurnal@gmail.com

- Control for Battery Electric Vehicles-A Technical Review. *Energies*, 15(23), 1-28. <https://doi.org/10.3390/en15238959>
- Szumaska, E., & Jurecki, R. (2023). Technological Developments in Vehicles with Electric Drive. *Combustion Engines*, 192(3), 1-12. <https://doi.org/10.19206/ce-168219>
- Town, G., Taghizadeh, S., & Deilami, S. (2022). Review of Fast Charging for Electrified Transport: Demand, Technology, Systems, and Planning. *Energies*, 15(4), 1-30. <https://doi.org/10.3390/en15041276>
- Van Mierlo, J., Bercibar, M., Baghdadi, M. E., Cauwer, C. D., Messagie, M., Coosemans, T., Jacobs, V. A., & Hegazy, O. (2021). Beyond the State of the Art of Electric Vehicles: A Fact-based Paper of the Current and Prospective Electric Vehicle Technologies. *World Electric Vehicle Journal*, 12(1), 1-26. <https://doi.org/10.3390/wevj12010020>