



Inovasi Transportasi Modern: Pemanfaatan Medan Elektromagnetik pada Kereta Maglev dan Kendaraan Listrik

Fiana Fiana^{1*}, Rafika Desfiana², Muhammad Rifki Arrosyid³, Muhammad Rosyid Ridho⁴, Diyajeng Luluk Karlina⁵

¹⁻⁵ Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Jalan Raya Palka No.Km 3, Sindangsari, kec Pabuaran, Kota Serang, Banten

*Korespondensi penulis: ffiana708@gmail.com

Abstract: The introduction of electromagnetic devices into modern transportation has revolutionized mobility and enabled more rapid, efficient, and reliable solutions. This study examines the use of electromagnetic devices in Maglev and listrik (EV) keretas. Utilizing magnetic levitasi, EV uses electromagnetic principles to propel its hemat energy, whereas Maglev achieves high-speed transportation with low force. This study identifies key technologies, their benefits, and challenges in implementing the system in question. It also examines the system's global impact on energy consumption and environmental degradation. All of this indicates that more extensive innovation and investment in electromagnetic transportation can speed up transitions to ramah lingkungan mobility.

Keywords: electromagnetic fields, maglev, electric vehicles, green transportation, innovation.

Abstrak: Pengenalan perangkat elektromagnetik ke dalam transportasi modern telah merevolusi mobilitas dan memungkinkan solusi yang lebih cepat, efisien, dan andal. Penelitian ini mengkaji penggunaan perangkat elektromagnetik dalam keretanya Maglev dan listrik (EV). Memanfaatkan levitasi magnetik, EV menggunakan prinsip-prinsip elektromagnetik untuk mendorong energi hematnya, sedangkan Maglev mencapai transportasi berkecepatan tinggi dengan tenaga yang rendah. Studi ini mengidentifikasi teknologi utama, manfaatnya, dan tantangan dalam mengimplementasikan sistem yang dimaksud. Studi ini juga mengkaji dampak global sistem ini terhadap konsumsi energi dan degradasi lingkungan. Semua ini menunjukkan bahwa inovasi dan investasi yang lebih luas dalam transportasi elektromagnetik dapat mempercepat transisi menuju mobilitas yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Medan elektromagnet, Maglev, kendaraan listrik, transportasi hijau, inovasi

1. LATAR BELAKANG

Transportasi merupakan elemen kunci dalam kehidupan modern yang terus berkembang untuk menjawab kebutuhan akan kecepatan, efisiensi, dan keberlanjutan. Medan elektromagnet sebagai teknologi utama telah menghadirkan solusi inovatif pada sistem transportasi, khususnya kereta Maglev dan kendaraan listrik. Kereta Maglev, dengan teknologi levitasi magnetik, menghilangkan gesekan roda dan rel, memungkinkan kecepatan tinggi dan pengoperasian yang senyap. Kendaraan listrik, di sisi lain, menggunakan motor berbasis elektromagnetik yang mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Perkembangan teknologi transportasi telah mengalami transformasi yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir, terutama dengan munculnya inovasi-inovasi yang berfokus pada keberlanjutan dan efisiensi. Di tengah tantangan global seperti perubahan iklim dan urbanisasi yang pesat, kebutuhan akan sistem transportasi yang ramah lingkungan semakin

mendesak. **Kereta Maglev** (Magnetic Levitation) dan **kendaraan listrik (EV)** merupakan dua inovasi utama yang menawarkan solusi untuk masalah ini (Hardjasaputra. 2002).

Kereta Maglev menggunakan teknologi medan magnet untuk mengangkat dan menggerakkan kereta tanpa kontak fisik dengan rel, sehingga mengurangi gesekan dan memungkinkan perjalanan dengan kecepatan sangat tinggi. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu perjalanan, tetapi juga mengurangi emisi gas rumah kaca karena sebagian besar sistem Maglev dapat dioperasikan dengan energi listrik yang bersih. Beberapa negara, seperti Jepang dan China, telah berhasil menerapkan sistem Maglev yang sudah terbukti efektif dalam mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan mobilitas masyarakat.

Kendaraan listrik juga menjadi pilar penting dalam upaya menuju transportasi berkelanjutan. Dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak, EV menghasilkan nol emisi saat beroperasi, menjadikannya alternatif yang lebih bersih dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil. Selain itu, kemajuan dalam teknologi baterai telah meningkatkan jangkauan dan efisiensi kendaraan listrik, menjadikannya pilihan yang semakin menarik bagi konsumen. Pemerintah di berbagai negara juga mulai memberikan insentif untuk mendorong adopsi EV sebagai bagian dari strategi untuk mengurangi polusi udara dan ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Mengintegrasikan teknologi Maglev dengan kendaraan listrik dapat menciptakan sistem transportasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Misalnya, stasiun kereta Maglev dapat dilengkapi dengan fasilitas pengisian daya untuk kendaraan listrik, memungkinkan transisi mulus bagi penumpang antara moda transportasi. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan kenyamanan pengguna tetapi juga memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dalam sistem transportasi.

Meskipun terdapat banyak potensi dalam pemanfaatan teknologi ini, tantangan seperti biaya investasi awal yang tinggi, pengembangan infrastruktur yang memadai, serta kebutuhan untuk kolaborasi antara sektor publik dan swasta masih harus diatasi. Namun, dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan dan inovasi dalam transportasi, peluang untuk menerapkan sistem ini semakin terbuka lebar.

Inovasi transportasi modern melalui pemanfaatan medan elektromagnetik pada kereta Maglev dan kendaraan listrik menawarkan harapan baru untuk menciptakan sistem transportasi yang cepat, efisien, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi sinergi antara kedua teknologi tersebut serta dampaknya terhadap mobilitas berkelanjutan di masa depan. (Arief. 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan teknologi elektromagnetik pada transportasi modern, menyoroti manfaat, tantangan, dan potensinya untuk masa depan transportasi yang ramah lingkungan.

2. KAJIAN TEORITIS

Medan elektromagnetik merupakan fenomena yang terjadi akibat interaksi antara medan listrik dan medan magnet. Ketika arus listrik mengalir melalui sebuah konduktor, medan magnet terbentuk di sekitarnya. Sebaliknya, perubahan medan magnet dapat menginduksi arus listrik yang menciptakan medan listrik. Fenomena ini menjelaskan hubungan erat antara arus listrik, medan listrik, dan medan magnet (Safitri. 2022).

Prinsip-prinsip dasar medan elektromagnetik dijelaskan melalui sejumlah hukum fisika. Beberapa hukum yang paling penting di antaranya adalah Hukum Coulomb, Hukum Ampere, dan Hukum Faraday. Hukum Faraday, misalnya, menjelaskan bahwa perubahan medan magnet akan menghasilkan arus listrik dalam sebuah konduktor. Prinsip ini menjadi dasar teknologi seperti generator listrik dan transformator (Septiani. 2019)

Hukum Lorentz adalah hukum yang menjelaskan bahwa sebuah partikel bermuatan listrik akan mengalami gaya ketika berada dalam medan listrik atau medan magnet. Jika partikel tersebut diam, hanya medan listrik yang memengaruhinya, mendorongnya ke arah tertentu. Namun, jika partikel itu bergerak, medan magnet juga ikut memengaruhi, memberikan gaya yang arahnya tegak lurus terhadap arah gerakan partikel dan medan magnet. Prinsip ini membantu kita memahami bagaimana partikel bermuatan berperilaku dalam medan elektromagnetik, yang digunakan dalam teknologi seperti motor listrik dan perangkat akselerator partikel.

Hukum Faraday menyatakan bahwa perubahan medan magnet di sekitar konduktor dapat menghasilkan arus listrik. Fenomena ini disebut induksi elektromagnetik. Ketika medan magnet berubah, konduktor menghasilkan arus listrik yang menentang perubahan tersebut, sesuai dengan prinsip Hukum Lenz. Hukum ini adalah dasar dari banyak perangkat teknologi seperti generator listrik, yang mengubah energi gerak menjadi listrik, dan transformator, yang mengubah tegangan listrik untuk berbagai kebutuhan.

Teknologi Maglev

Teknologi Maglev, atau levitasi magnetik, merupakan inovasi dalam sistem transportasi kereta api yang memanfaatkan prinsip medan elektromagnetik untuk mengangkat dan menggerakkan kereta tanpa kontak fisik dengan rel. Teknologi ini

mengurangi gesekan, memungkinkan kereta bergerak dengan kecepatan sangat tinggi dan efisiensi energi yang lebih baik.

Kendaraan Listrik:

Motor induksi menggunakan prinsip induksi elektromagnetik, di mana arus listrik yang mengalir melalui kumparan stator menghasilkan medan magnet yang berputar. Medan magnet ini kemudian menginduksi arus dalam rotor, menciptakan gaya Lorentz yang menyebabkan rotor berputar dan menghasilkan tenaga mekanik untuk menggerakkan kendaraan. Keunggulan motor induksi terletak pada efisiensinya yang tinggi, minimnya perawatan, dan kemampuannya untuk beroperasi pada berbagai kecepatan tanpa kehilangan kinerja. Selain itu, kendaraan listrik juga dilengkapi dengan baterai, umumnya jenis lithium-ion, yang menyimpan energi listrik untuk digunakan oleh motor. Baterai ini memiliki kapasitas penyimpanan yang besar dan umur pakai yang panjang, sehingga meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan kombinasi motor induksi dan baterai yang efisien, kendaraan listrik dapat mencapai performa tinggi dengan emisi nol, menjadikannya pilihan ideal untuk masa depan transportasi yang berkelanjutan.

Dampak Lingkungan dan Ekonomi:

Penurunan emisi karbon memiliki dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan dan ekonomi. Secara lingkungan, hal ini memperbaiki kualitas udara, meningkatkan kesehatan masyarakat, mengurangi risiko bencana iklim, dan melindungi keanekaragaman hayati. Secara ekonomi, transisi ke energi terbarukan dan efisiensi energi menawarkan penghematan jangka panjang, menciptakan lapangan kerja di sektor energi bersih, dan mengurangi biaya kesehatan akibat polusi udara. Langkah ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonomi di masa depan.

3. METODE PENELITIAN

Tren Teknologi Maglev

- **Kecepatan rata-rata:** Kereta Maglev dapat mencapai kecepatan antara 500–600 km/jam, tergantung pada model dan teknologi yang digunakan.
- **Efisiensi energi:** Konsumsi energi kereta Maglev lebih rendah dibandingkan kereta konvensional, dengan penghematan energi sekitar 30–40%.
- **Negara pengguna:** Jepang (Shinkansen Maglev), China (Shanghai Maglev), Jerman (Transrapid).

- **Dampak lingkungan:** Nol emisi karbon selama operasional.

Tren Kendaraan Listrik (EV)

- **Adopsi global:** Penjualan EV global meningkat 55% pada tahun 2023 dibandingkan tahun sebelumnya.
- **Teknologi baterai:** Lithium-ion dengan kapasitas rata-rata 60–100 kWh, memberikan jarak tempuh 300–500 km per pengisian.
- **Pengisian daya:** Pengisian cepat (fast charging) memerlukan waktu 30–60 menit untuk mencapai 80% kapasitas.
- **Efisiensi biaya operasional:** Biaya bahan bakar listrik 60% lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil.

Tantangan Implementasi

- **Biaya investasi awal:** Pembangunan infrastruktur Maglev dapat mencapai USD 50–70 juta per kilometer.
- **Kebutuhan infrastruktur:** Ketersediaan stasiun pengisian daya untuk EV masih terbatas di beberapa wilayah.
- **Resistensi pasar:** Adopsi teknologi baru memerlukan waktu, terutama di negara berkembang.

Manfaat Ekonomi dan Lingkungan

- **Penciptaan lapangan kerja:** Sektor energi hijau, termasuk Maglev dan EV, menciptakan lebih dari 10 juta pekerjaan global pada tahun 2023.
- **Pengurangan polusi udara:** Penggunaan EV mengurangi emisi CO₂ hingga 50% dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil.
- **Efisiensi transportasi:** Maglev mengurangi waktu tempuh antar kota hingga 50% dibandingkan moda transportasi lain.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Maglev sebagai Transportasi Berkecepatan Tinggi

Studi menunjukkan kecepatan rata-rata Maglev dapat mencapai lebih dari 500 km/jam dengan efisiensi energi tinggi. Maglev, atau kereta levitasi magnetik, merupakan inovasi transportasi modern yang menawarkan kecepatan tinggi dan efisiensi energi yang jauh lebih baik dibandingkan kereta konvensional. Teknologi levitasi magnetik yang menghilangkan gesekan antara kereta dan rel memungkinkan Maglev mencapai kecepatan luar biasa, seperti Shinkansen Maglev di Jepang yang mencatat rekor hingga 603 km/jam dalam uji coba. Selain itu, kereta ini menunjukkan efisiensi energi yang signifikan,

menghemat hingga 30–40% dibandingkan transportasi berbahan bakar fosil, berkat pengurangan hambatan dan optimalisasi teknologi elektromagnetik. Tidak hanya hemat energi, Maglev juga ramah lingkungan karena operasionalnya bebas emisi karbon, menjadikannya solusi ideal untuk transportasi masa depan yang berkelanjutan. Investasi dalam pengembangan teknologi ini diharapkan dapat mempercepat peralihan menuju mobilitas yang lebih hijau dan efisien.

Kendaraan Listrik untuk Mobilitas Hijau:

Penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam adopsi kendaraan listrik (EV) secara global, didorong oleh kemajuan teknologi baterai, pengembangan infrastruktur pengisian, dan kesadaran lingkungan yang semakin meningkat. Masyarakat mulai beralih dari kendaraan berbahan bakar fosil ke EV yang lebih ramah lingkungan, dengan dukungan kebijakan pemerintah seperti insentif pajak dan regulasi pembatasan emisi, seperti yang terlihat di Indonesia melalui peluncuran kendaraan listrik di Ibu Kota Nusantara (IKN). Kemajuan dalam teknologi baterai, termasuk penurunan biaya dan peningkatan kapasitas penyimpanan energi, membuat EV lebih terjangkau dan efisien. Pengembangan infrastruktur pengisian daya di lokasi strategis mempermudah pemilik EV. Selain itu, diversifikasi produk dari produsen mobil memberikan lebih banyak pilihan kepada konsumen. Integrasi energi terbarukan, terutama energi surya, dengan kendaraan listrik semakin meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mengurangi jejak karbon. Dengan semua faktor ini, masa depan mobilitas hijau terlihat semakin cerah dan dapat memberikan kontribusi besar dalam pengurangan emisi karbon dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih.

Tantangan Implementasi

Implementasi teknologi baru dalam transportasi modern, seperti kereta Maglev dan kendaraan listrik (EV), menghadapi tantangan utama terkait biaya investasi awal, infrastruktur canggih, dan resistensi pasar. Biaya pengembangan, seperti pembangunan jalur Maglev yang mahal dan investasi dalam teknologi baterai serta infrastruktur pengisian daya untuk EV, dapat mencapai miliaran dolar. Tanpa dukungan finansial yang kuat, proyek ini berisiko terhambat. Selain itu, kedua teknologi memerlukan infrastruktur khusus, seperti jalur rel Maglev dan jaringan stasiun pengisian daya untuk EV, yang memerlukan waktu dan perencanaan yang panjang. Resistensi pasar juga menjadi kendala, dengan konsumen dan pemangku kepentingan yang ragu terhadap keandalan dan biaya operasional teknologi baru. Meskipun tantangan ini besar, investasi dalam teknologi transportasi modern dapat memberikan manfaat jangka panjang, seperti pengurangan emisi

karbon dan efisiensi transportasi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat sangat penting untuk mengatasi hambatan ini dan mendukung adopsi teknologi yang lebih berkelanjutan.

Potensi Masa Depan:



Gambar 1: Teknologi Maglev dan kendaraan listrik (EV)

Kombinasi teknologi Maglev dan kendaraan listrik (EV) memiliki potensi besar untuk menciptakan sistem transportasi berkelanjutan yang cepat dan ramah lingkungan. Kereta Maglev mampu mencapai kecepatan tinggi hingga 600 km/jam tanpa gesekan berkat penggunaan medan magnet, sementara kendaraan listrik menawarkan efisiensi energi yang sangat tinggi dengan motor yang mencapai efisiensi sekitar 90%. Kedua sistem ini mengurangi emisi karbon dan polusi suara, menjadikannya pilihan ideal untuk transportasi bersih. Pengembangan infrastruktur yang mendukung, seperti stasiun pengisian daya untuk EV dan jalur Maglev, serta integrasi dengan energi terbarukan, sangat penting untuk mengoptimalkan potensi kedua teknologi ini. Dengan dukungan kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta, masa depan transportasi dapat menuju sistem yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan perangkat elektromagnetik pada Maglev dan kereta listrik menunjukkan potensi yang signifikan untuk revolusi transportasi modern. Studi ini merekomendasikan peningkatan investasi, inovasi teknologi, dan pengembangan kebijakan untuk mendukung penggunaan transportasi elektronik. Studi lebih lanjut sedang dilakukan untuk menganalisis dampak jangka panjang dan mengembangkan strategi implementasi yang lebih efektif.

DAFTAR REFERENSI

- Adira Finance. (n.d.). *Mengenal Cara Kerja Motor Listrik Sesuai Jenisnya*. Diakses dari https://www.adira.co.id/detail_berita/metalink/mengenal-cara-kerja-motor-listrik-sesuai-jenisnya
- Anonim. (2009). *Tinjauan Pustaka: Medan Elektromagnet*. Digilib Unila.
- ANTARA News. (2023). Sistem transportasi maglev superkonduktor China tuntaskan uji suspensi.
- Arief, M. (2016). *Inovasi Transportasi Daring: Solusi Praktis bagi Mobilitas Masyarakat*.
- Assaffat, L. (2010). *Analisa Pejanan Medan Magnet Pada Lampu Hemat Energi*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2010 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Dotzauer, M., & Haiss, P. (2017). Challenges of Mobile Payment Adoption: A Review and Future Research Directions. *Journal of Business Research*.
- Faris Insani, S., Wijayanti, A. W., & Irawati, D. (2021). Analisis Faktor-Faktor Resistensi Terhadap Teknologi Smartwatch. *Jurnal Inovasi Bisnis dan Manajemen Indonesia*.
- Hardjasaputra, A. (2002). *Perkembangan Transportasi Darat di Sukabumi: Pengaruh terhadap Kehidupan Sosial Ekonomi*.
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global EV Outlook 2023*. Diakses dari <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). *Tekan Emisi Karbon, Indonesia Naikkan Target E-NDC Jadi 32%*. Diakses dari <https://migas.esdm.go.id/post/tekan-emisi-karbon-indonesia-naikkan-target-e-ndc-jadi-32-persen>.
- Kristanti, D. R. (2022). *Revolusi Perkembangan Magnet pada Sarana Transportasi Darat*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Laukkanen, T., & Kiviniemi, H. (2010). The role of information in mobile banking resistance. *Journal of Financial Services Marketing*.
- Liu, X., & Zhang, Y. (2021). *Economic Analysis of Maglev Transportation Systems*. *Transport Policy*, 98, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.11.009>
- Rahayu Safitri, D. (2024). *Energi Surya dan Kendaraan Listrik: Sinergi untuk Mobilitas Hijau*. SolarKita.
- Safitri. (2022). *Peningkatan Prestasi Belajar IPA dengan Penggunaan Alat Peraga Elektromagnet Pada Siswa Kelas V SD Negeri Bukit Tiga Aceh Timur*. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 143–149.
- Septiani, V. (2009). *Pengaruh Pemajanan Medan Elektromagnet terhadap Kesehatan Manusia*. Universitas Indonesia.

U.S. Department of Energy. (2022). *Electric Vehicle Charging Infrastructure Trends from the Alternative Fueling Station Locator*. Diakses dari <https://afdc.energy.gov/files/u/publication/ev-charging-infrastructure-trends.pdf>

Wikipedia. (n.d.). *Gaya Lorentz*. Diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Gaya_Lorentz

Zhang, Y., & Wang, J. (2022). *Maglev Technology and Its Application in Transportation*. *Journal of Transportation Engineering*, 148(5), 04022015. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.000079](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.000079)

Zona EBT. (2023). Peran Kendaraan Listrik di IKN: Mendorong Mobilitas Hijau.