

## PERBANDINGAN SISTEM LEVITASI MAGNETIK EMS DAN EDS UNTUK MAGLEV INDONESIA

**Muhammad Akhdan Fadhil, Erzi Agson Gani, Ade Bagdja, Gita Amperiawan,  
Sovian Aritonang**

Faculty of Defense Technology, Indonesian Defense University, Indonesia

Email: muhammad\_fadhil@tp.idu.ac.id, erzi.agsongani@gmail.com

teknologidayagerak@gmail.com, gitaamperiawan66@gmail.com,

sovian.aritonang@idu.ac.id

### Abstrak

Kereta Maglev dipertimbangkan untuk transportasi perkotaan dan sistem transportasi antar kota. Di kereta Maglev kecepatan rendah-menengah, rutinitas operasi lebih pendek daripada kereta kecepatan tinggi. Oleh karena itu, teknologi EMS dan LIM lebih disukai dari sudut pandang biaya konstruksi. Namun, dalam operasi kecepatan tinggi, teknologi EDS dan LSM lebih disukai untuk pengendalian dan keandalan. Selain itu, seiring dengan perkembangan superkonduktor suhu tinggi dan magnet permanen jenis baru, energi magnet yang lebih kuat dan lebih hemat biaya akan digunakan untuk kereta Maglev. Penulis yakin teknologi ini dapat dimanfaatkan tidak hanya untuk aplikasi kereta api tetapi juga sistem peluncuran pesawat dan sistem peluncuran pesawat luar angkasa. Kebutuhan akan sistem transportasi yang baru dan lebih baik mendorong banyak negara untuk tertarik dan berusaha mengembangkan kereta api Maglev. Namun, meskipun kereta Maglev telah dipelajari dan dikembangkan selama kurang lebih setengah abad, hanya sedikit negara yang memiliki pengetahuan dan keahlian untuk melakukannya. Makalah ulasan ini mencoba menggambarkan sistem lengkap saat ini secara rinci dan merangkum teknologi inti dasar kereta Maglev dari sudut pandang teknik listrik. Penelitian ini berharap bermanfaat bagi orang-orang yang tertarik dengan hal ini untuk mengasimilasi teknologi kereta Maglev termasuk levitasi magnetik, propulsi, bimbingan, dan sistem catu daya.

**Keywords:** Maglev, EMS, EDS, Indonesian Maglev.

### Abstract

*Maglev trains are considered for urban transport and intercity transport systems. On low-medium speed Maglev trains, the operating routine is shorter than that of high-speed trains. Therefore, EMS and LIM technologies are preferred from the point of view of construction costs. However, in high-speed operation, EDS and NGO technologies are preferred for handling, and reliability. In addition, as the development of high-temperature superconductors and new types of permanent magnets develop, stronger and more cost-effective magnetic energy will be used for Maglev trains. The authors believe this technology can be utilized not only for railway applications but also aircraft launch systems and spacecraft launch systems. The need for a new and improved transportation*

<b>How to cite:</b>	Muhammad Akhdan Fadhil, Romie Oktovianus Bura, Gita Amperiawan, Sovian Aritonang (2024) Perbandingan Sistem Levitasi Magnetik Ems dan Eds Untuk Maglev Indonesia, (5) 1
---------------------	---

<b>E-ISSN:</b>	2722-5356
----------------	-----------

<b>Published by:</b>	Ridwan Institute
----------------------	------------------

*system prompted many countries to be interested and seek to develop Maglev railways. However, although Maglev trains have been studied and developed for approximately half a century, few countries have the knowledge and expertise to do so. This review paper attempts to describe the current complete system in detail and summarizes the basic core technologies of Maglev trains from an electrical engineering point of view. The research hopes to be useful for people interested in this to assimilate Maglev train technology including magnetic levitation, propulsion, guidance, and power supply systems.*

**Keywords:** *Maglev, EMS, EDS, Indonesian Maglev*

## **Pendahuluan**

Indonesia adalah Negara dengan Populasi Penduduk Terbanyak ke-4 di Dunia. Direktorat Jenderal Kependudukan dan Pencatatan Sipil (Dukcapil) Kementerian Dalam Negeri mencatat bahwa jumlah penduduk Indonesia sudah mencapai 273,87 juta jiwa pada 31 Desember 2021. Indonesia diperkirakan akan menghadapi era bonus demografi beberapa tahun ke depan, tepatnya pada tahun 2030 hingga 2040 mendatang. Bonus demografi yang dimaksud adalah masa di mana penduduk usia produktif (15-64 tahun) akan lebih besar dibanding usia nonproduktif (65 tahun ke atas) dengan proporsi lebih dari 60% dari total jumlah penduduk Indonesia (Kominfo).

Maka dengan jumlah populasi tersebut perlu alat transportasi yang cepat, nyaman dan aman (Naumović & Veselić, 2008). Seiring dengan peningkatan populasi dan ekspansi di zona hidup, mobil dan layanan udara tidak mampu lagi angkutan massal. Sejalan dengan itu, tuntutan akan sarana transportasi umum yang inovatif semakin meningkat. Agar dapat melayani masyarakat dengan baik, sistem transportasi generasi baru tersebut harus memenuhi persyaratan tertentu seperti kecepatan, keandalan, dan keselamatan.

Selain itu, harus nyaman, ramah lingkungan, perawatan rendah, kompak, ringan, tidak terjangkau, dan cocok untuk transportasi massal. Kereta levitasi magnetik (Maglev) adalah salah satu kandidat terbaik untuk memenuhi persyaratan tersebut (Yan, 2008). Sementara kereta konvensional bergerak maju dengan menggunakan gesekan antara roda dan rel, kereta Maglev menggantikan roda dengan elektromagnet dan melayang di jalur pemandu, menghasilkan gaya propulsi secara elektromekanis tanpa kontak apa pun (Lee, Kim, & Lee, 2006).

Namun, karena tidak ada kontak antara rel dan roda di kereta Maglev, motor traksi harus menyediakan tidak hanya propulsi tetapi juga gaya pengereman melalui interaksi elektromagnetik langsung dengan rel (Hull, 1989). Kedua, semakin berat, semakin banyak tenaga listrik yang diperlukan untuk mendukung gaya levitasi, dan tidak cocok untuk pengangkutan. Ketiga, karena struktur guideway, switching atau percabangan saat ini sulit.

Keempat, tidak dapat diabaikan bahwa medan magnet yang dihasilkan dari elektromagnet yang kuat untuk levitasi dan propulsi memiliki efek pada kompartemen penumpang. Indonesia berada di Ring of Fire dan Sering terjadi Gempa baik Skala Kecil

maupun Skala Besar, maka dari itu Membutuhkan Sistem Maglev yang Stabil, Aman dan Nyaman (Zhang, Fang, Song, Zhu, & Wang, 2004).

Rumusan masalah penelitian ini 1) Bagaimana Perbandingan Sistem EMS dan EDS pada negara di dunia? 2) Bagaimana Sistem Maglev yang sesuai dengan kondisi Indonesia dan dapat diterapkan di Indonesia? Tujuan penelitian ini 1) untuk mengetahui perbandingan Sistem EMS dan EDS pada Magnetic Levitation System. 2) Untuk mengetahui Magnetic Levitation System yang sesuai dengan kondisi Indonesia.

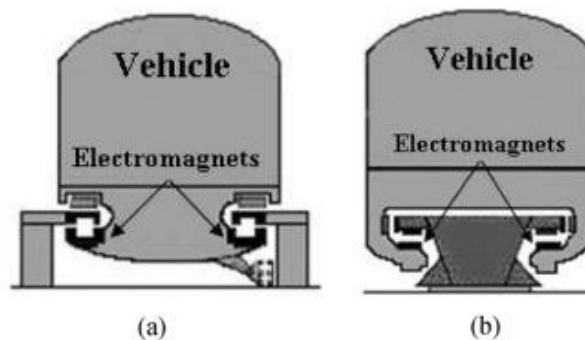
### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode literature review untuk mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengevaluasi tentang Comparison EMS and EDS Magnetic Levitation System for Indonesian Maglev (Khalid, Awaisu, Badariyya, Amina, & Shazali, 2021). Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal sebelumnya baik dari Sciencedirect, Researchgate, Elsevier, dll.

### Hasil dan Pembahasan

#### EMS and EDS System

#### Electromagnetic Suspension (EMS) System



**Figure 1** Electromagnetic suspension. (a) Levitation and guidance integrated. (b) Levitation and guidance separated

Suspensi Elektromagnetik (EMS): Pengangkatan dicapai berdasarkan gaya tarik magnet antara guideway dan elektromagnet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Metodologi ini secara inheren tidak stabil karena karakteristik sirkuit magnetik (Riches, 1988). Oleh karena itu, kontrol celah udara yang tepat sangat diperlukan untuk menjaga celah udara yang seragam. Karena EMS biasanya digunakan di celah udara kecil seperti 10 mm, saat kecepatan menjadi lebih tinggi, mempertahankan kontrol menjadi sulit.

Namun, EMS secara teknis lebih mudah daripada EDS (yang akan disebutkan di Bagian II) dan mampu melayang dengan sendirinya dalam kecepatan nol atau rendah (tidak mungkin dengan tipe EDS) (Yaghoubi & Ziari, 2010). Di EMS, ada dua jenis teknologi levitasi: 1) tipe terintegrasi levitasi dan panduan seperti UTM Korea dan HSST Jepang dan 2) tipe terpisah levitasi dan panduan seperti Transrapid Jerman. Yang terakhir

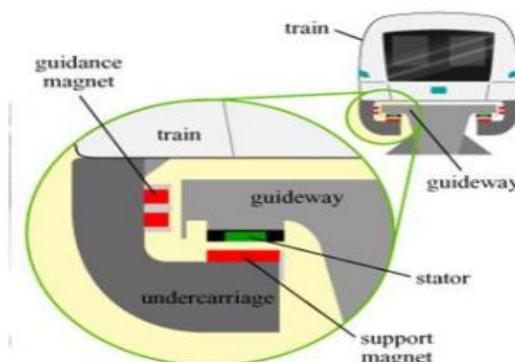
ini menguntungkan untuk operasi kecepatan tinggi karena levitasi dan bimbingan tidak mengganggu satu sama lain tetapi jumlah pengontrol meningkat.

Pertama menguntungkan untuk operasi berbiaya rendah dan kecepatan rendah karena jumlah elektromagnet dan pengontrol berkurang dan gaya pemandu dihasilkan secara otomatis oleh perbedaan keengganan. Rating suplai daya listrik tipe terintegrasi lebih kecil dari tipe terpisah, tetapi dengan meningkatnya kecepatan, gangguan antara levitasi dan bimbingan meningkat dan sulit untuk mengontrol levitasi dan bimbingan secara bersamaan pada tipe terintegrasi (Kusagawa, Baba, Shutoh, & Masada, 2004).

Secara umum, teknologi EMS menggunakan penggunaan elektromagnet tetapi saat ini, ada beberapa laporan tentang teknologi EMS yang menggunakan superkonduktivitas, yang biasanya digunakan untuk teknologi EDS [30][33]. Pengembangan superkonduktor suhu tinggi menciptakan medan magnet yang ekonomis dan kuat dibandingkan dengan elektromagnet konvensional meskipun memiliki beberapa masalah seperti dengan sistem pendingin.

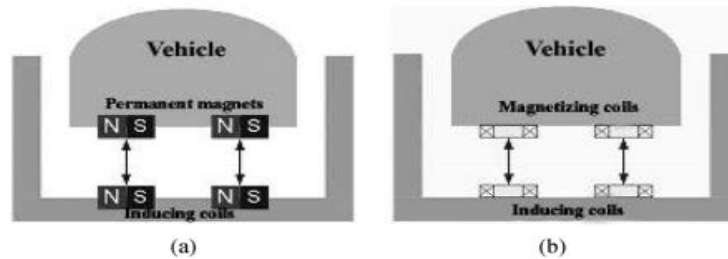
Dalam sistem ini Elektromagnet dipasang pada kereta api dan juga dipasang pada jalur guide way. Mereka memiliki stator feromagnetik di trek dan mereka membantu mereka untuk melayang kereta. Mereka memiliki magnet pemandu di sisi rel. Mereka diletakkan lengkap di sepanjang rel. Komputer digunakan untuk mengontrol ketinggian levitasi kereta, mereka membuat kita melayang sekitar (1 – 15 cm). Kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh kereta-kereta ini adalah sekitar 438km/jam. Mereka cepat dan memberikan persaingan yang baik bagi industri penerbangan. Mereka memiliki catu daya baterai on-board yang memberikan jumlah energi berlebih yang dibutuhkan untuk menjalankan kabin. Sesuai gambar 2.

H. Yaghoubi dan H. Ziari (Medan magnet di dalam dan di luar kendaraan lebih kecil dari suspensi elektronik dinamis; terbukti, secara komersial bahwa teknologi yang tersedia dapat mencapai kecepatan yang sangat tinggi; tidak ada roda, sistem penggerak sekunder diperlukan karena ketidakstabilan sistem dan diperlukan koreksi konstan oleh sistem luar, masalah getaran dapat terjadi.



**Figure 2** Electromagnetic Suspension

### Electrodynamic Suspension (EDS) System



**Figure 3** Electrodynamic suspension. (a) Using permanent magnets. (b) Using superconducting magnets

Suspensi Elektrodinamik (EDS): Sementara EMS menggunakan gaya tarik, EDS menggunakan gaya tolak untuk levitasi (Hogan & Fink, 1975);(Rote & Cai, 2002). Ketika magnet yang terpasang di papan bergerak maju pada kumparan penginduksi atau lembaran konduksi yang terletak di jalur pemandu, arus induksi mengalir melalui kumparan atau lembaran dan menghasilkan medan magnet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Gaya tolak antara medan magnet ini dan magnet melayang kendaraan. EDS sangat stabil secara magnetis sehingga tidak perlu mengontrol celah udara, yaitu sekitar 100 mm, sehingga sangat andal untuk variasi beban. Oleh karena itu, EDS sangat cocok untuk operasi dan pengiriman berkecepatan tinggi.

Namun, sistem ini membutuhkan kecepatan yang cukup untuk memperoleh arus induksi yang cukup untuk levitasi dan karenanya, roda seperti ban karet digunakan di bawah kecepatan tertentu (sekitar 100 km/jam). Berdasarkan magnetnya, EDS ini dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu tipe permanent magnet (PM) dan tipe superconducting magnet (SCM) (Galvão, Yoneyama, de Araújo, & Machado, 2003). Untuk tipe PM, strukturnya sangat sederhana karena tidak membutuhkan catu daya listrik. Jenis PM, bagaimanapun, digunakan untuk sistem kecil hanya karena tidak adanya PM bertenaga tinggi.

Saat ini, PM baru seperti Array Halbach, diperkenalkan dan dipertimbangkan untuk digunakan di kereta Maglev (Inductrack, USA). Untuk tipe SCM, strukturnya kompleks, selain itu, pendinginan dan penguapan helium cair, yang disebabkan oleh panas yang dihasilkan dari arus induksi, dapat menyebabkan masalah selama operasi (Tsuchishima & Herai, 1991);(Sasakawa & Tagawa, 2000). Oleh karena itu, lemari es helium sangat diperlukan untuk membuat SCM beroperasi. Namun demikian, tipe SCM memegang rekor dunia 581 km/jam pada tahun 2003 di Jepang.

H. Behbahani, H. Yaghoubi, dan M. A. Rezvani (2012), sesuai sistem ini Supercooled, magnet superkonduktor ditempatkan di bawah kereta. Dengan sistem ini kereta api dapat melayang sekitar 10 cm. Medan magnet yang membantu kereta untuk melayang adalah karena penggunaan magnet superkonduktor. Jika magnet permanen ini ditempatkan array mereka juga akan digunakan sebagai sistem Inductrack. Gaya di trek dibuat oleh medan magnet yang diinduksi di kabel atau strip konduktor di trek. Dalam suspensi elektrodinamik (EDS), baik jalur pemandu maupun kereta menggunakan medan

magnet, dan kereta diangkat oleh gaya tolak dan tarik menarik antara medan magnet ini. Sistem EDS juga memiliki kelemahan besar.

Pada kecepatan lambat, arus induksi dalam kumparan ini dan fluks magnet yang dihasilkan tidak cukup besar untuk menopang berat kereta. Untuk itu, kereta api harus memiliki roda atau bentuk lain dari roda pendarat untuk menopang kereta hingga mencapai kecepatan yang dapat menopang levitasi. Karena kereta api dapat berhenti di lokasi mana pun, karena masalah peralatan misalnya, seluruh lintasan harus dapat mendukung operasi kecepatan rendah dan kecepatan tinggi. Kelemahan lain adalah bahwa sistem EDS secara alami menciptakan medan di trek di depan dan di belakang magnet pengangkat, yang bekerja melawan magnet dan menciptakan bentuk hambatan.

H. Behbahani, H. Yaghoubi, dan M. A. Rezvani, menjelaskan nama maglev berasal dari MAGnetic LEVitation. Levitasi magnetik adalah teknologi yang sangat canggih. Kegunaannya beragam, antara lain energi bersih (turbin angin kecil dan besar: di rumah, kantor, industri, dll.), fasilitas gedung (kipas angin), sistem transportasi (kereta levitasi magnetis, Personal Rapid Transit (PRT), dll.), senjata (senjata, peroketan), teknik nuklir (sentrifugal reaktor nuklir), teknik sipil (lift), periklanan (melayangkan segala sesuatu yang dipertimbangkan di dalam atau di atas berbagai bingkai dapat dipilih), mainan (kereta api, astronot melayang di atas kapal ruang angkasa, dll) dan alat tulis (pena).

Poin umum dalam semua aplikasi ini adalah kurangnya kontak sehingga tidak ada keausan dan gesekan. Ini meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya perawatan, dan meningkatkan masa manfaat sistem. Teknologi levitasi magnetik dapat digunakan sebagai teknologi yang efisien di berbagai industri. Sudah banyak negara yang tertarik dengan sistem maglev. Banyak sistem telah diusulkan dalam berbagai bagian dari dunia. Makalah ini mencoba mempelajari penggunaan teknologi levitasi magnetik yang paling penting. Hasilnya jelas menunjukkan bahwa maglev dapat dengan mudah dipertimbangkan sebagai solusi untuk kebutuhan rekayasa dunia di masa depan.

Magnet onboard memiliki margin besar antara rel dan kereta yang memungkinkan kecepatan kereta tertinggi yang tercatat (581 km/jam (361 mph)) dan kapasitas beban berat; telah menunjukkan operasi yang sukses menggunakan superkonduktor suhu tinggi di magnet terpasangnya, didinginkan dengan nitrogen cair yang murah. Medan magnet yang kuat aktif naik kereta akan membuat kereta tidak dapat diakses oleh penumpang dengan alat pacu jantung atau media penyimpanan data magnetik seperti hard drive dan kartu kredit, yang mengharuskan penggunaan pelindung magnetik; pembatasan induktivitas guideway membatasi kecepatan maksimum kendaraan; kendaraan harus beroda untuk perjalanan dengan kecepatan rendah. Sesuai gambar 4.

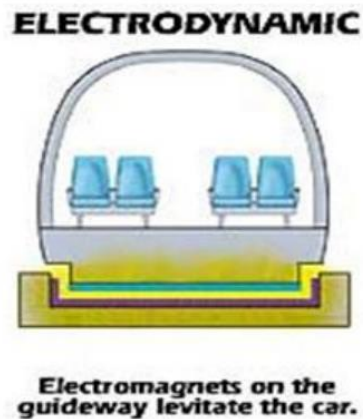


Figure 4 Electrodynamic Suspension

## Perbandingan Sistem EMS dan EDS dan Penerapan Sistem Maglev di Dunia

Tabel 1 Klasifikasi Kereta Maglev yang beroperasi

Type	Classification		
System	HSST (Japan)	Transrapid (Germany)	MLU, MLX (Japan)
Levitation	EMS	EMS	EDS
Propulsion	SP-LIM	LP-LSM	LP-LSM
Airgap	8~12[mm]	8~12[mm]	80~150[mm]
Maximum speed	100[km/h]	500[km/h]	581[km/h]
Service	Low-med. speed, Short distance Nagoya, Japan	High speed, Long distance Shanghai, China	High speed, Long distance -
Characteristic	Levitation/Guide integrated	Levitation/Guide separated	Cooling for SCM

Tabel 2 Klasifikasi Kereta Maglev (Siap digunakan)

Type	Classification		
System	UTM (Korea)	Swissmetro (Swiss)	Inductrack (USA)
Levitation	EMS	EMS	PM EDS
Propulsion	SP-LIM	LP or SP -LSM	LP-LSM
Airgap	8~12[mm]	18~22[mm]	80~150[mm]
Maximum speed	110[km/h]	500[km/h]	500[km/h]
Service	Low-med. speed, Short distance	High speed, Long distance	High speed, Long distance
Characteristic	Levitation/Guide integrated	Partial vacuum in tunnel	Halbach Magnet Array

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa Kereta Maglev dipertimbangkan untuk transportasi perkotaan dan antar kota. Teknologi

EMS dan LIM lebih ekonomis dalam kecepatan rendah-menengah, sedangkan EDS dan LSM lebih disukai dalam kecepatan tinggi. Pengembangan superkonduktor dan magnet baru meningkatkan efisiensi energi. Meskipun banyak negara tertarik, hanya sedikit yang memiliki pengetahuan dan keahlian untuk mengembangkan kereta Maglev.

Penelitian ini membahas teknologi inti, termasuk levitasi magnetik, propulsi, bimbingan, dan catu daya, serta menyoroiti beberapa tantangan seperti resonansi dinamis dan keselamatan penumpang. Meskipun konsumsi energinya rendah, kereta Maglev memiliki beberapa tantangan, seperti biaya awal yang tinggi, dan masih memerlukan pemahaman lebih baik tentang faktor-faktor yang mempengaruhi sistem.

### BIBLIOGRAFI

- Behbahani, H., Yaghoubi, H., & Rezvani, M. A. (2012). *Development of technical and economical models for widespread application of magnetic levitation system in public transport*.
- Galvão, Roberto Kawakami Harrop, Yoneyama, Takashi, de Araújo, Fábio Meneghetti Ugulino, & Machado, Rodolfo Galati. (2003). A simple technique for identifying a linearized model for a didactic magnetic levitation system. *IEEE Transactions on Education*, 46(1), 22–25.
- Hogan, J., & Fink, H. (1975). Comparison and optimization of lift and drag forces on vehicles levitated by eddy current repulsion for various null and normal flux magnets with one or two tracks. *IEEE Transactions on Magnetics*, 11(2), 604–607.
- Hull, John R. (1989). Attractive levitation for high-speed ground transport with large guideway clearance and alternating-gradient stabilization. *IEEE Transactions on Magnetics*, 25(5), 3272–3274.
- Khalid, Bello H., Awaisu, Salihi Adamu, Badariyya, Ahmad, Amina, Shehu Lawan, & Shazali, Uba. (2021). Determinants of Earnings Quality: A Literature Review. *FUDMA JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCES*, 2(2), 267–275.
- Kusagawa, Shinichi, Baba, Jumpei, Shutoh, Katsuhiko, & Masada, Eisuke. (2004). Multipurpose design optimization of EMS-type magnetically levitated vehicle based on genetic algorithm. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 14(2), 1922–1925.
- Lee, Hyung Woo, Kim, Ki Chan, & Lee, Ju. (2006). Review of maglev train technologies. *IEEE Transactions on Magnetics*, 42(7), 1917–1925.
- Naumović, Milica B., & Veselić, Boban R. (2008). Magnetic levitation system in control engineering education. *FACTA UNIVERSITATIS Series: Automatic Control and Robotics*, 7(1), 151–160.
- Riches, Eric. (1988). Will maglev lift off? *IEE Review*, 34(11), 427–430.
- Rote, Donald M., & Cai, Yigang. (2002). Review of dynamic stability of repulsive-force maglev suspension systems. *IEEE Transactions on Magnetics*, 38(2), 1383–1390.
- Sasakawa, Takashi, & Tagawa, Naoto. (2000). Reduction of magnetic field in vehicle of superconducting maglev train. *IEEE Transactions on Magnetics*, 36(5), 3676–3679.
- Tsuchishima, H., & Herai, T. (1991). Superconducting magnet and on-board refrigeration system on Japanese MAGLEV vehicle. *IEEE Transactions on Magnetics*, 27(2), 2272–2275.
- Yaghoubi, H., & Ziari, H. (2010). Assessment of structural analysis and design principles for maglev guideway: a case-study for implementing low-speed maglev systems in Iran. *The 1st International Conference on Railway Engineering, High-Speed Railway*,



Muhammad Akhdan Fadhil, Romie Oktovianus Bura, Gita Amperiawan, Sovian Aritonang

*Heavy Haul Railway and Urban Rail Transit*, 15–23.

Yan, Luguang. (2008). Development and application of the maglev transportation system. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 18(2), 92–99.

Zhang, Guoqiang, Fang, Youtong, Song, Fuchuan, Zhu, Guiping, & Wang, Zanji. (2004). Optimal design and FEM analysis of the superconducting magnets of EMS-MAGLEV models using Bi-2223 tapes. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 14(2), 1850–1853.

---

**Copyright holder:**

Muhammad Akhdan Fadhil, Romie Oktovianus Bura, Gita Amperiawan, Sovian Aritonang (2024)

**First publication right:**

Syntax Admiration

**This article is licensed under:**

