

REVOLUSI PERKEMBANGAN MAGNET PADA SARANA TRANSPORTASI KERETA API DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *MAGLEV* (*Magnetic Levitation*)

Desita Rini Kristanti

*Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah
Fakultas Agama Islam Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Mojopahit.666 B Sidoarjo Telp.031-8945444, Fax.031-8949333
e-mail:desitarini2@gmail.com*

ABSTRAK

Hampir seluruh Negara di dunia memiliki permasalahan yang berhubungan dengan sarana transportasi, khususnya transportasi darat. Dimana seiring dengan semakin meningkatnya jumlah populasi manusia, maka keperluan akan tersedianya sarana transportasi juga semakin bertambah. Disatu sisi yang lain, adanya perkembangan jumlah pengguna dan alat transportasi pribadi (motor dan mobil) tidak diiringi dengan tersedianya sarana dan prasarana jalan raya, belum lagi masalah yang ditimbulkan dibidang pencemaran lingkungan gas buang kendaraan bermotor dalam bentuk gas CO₂ (*Carbon dioksida*).

Salah satu alternative pemecahan masalah dibidang sarana transportasi adalah dengan menyediakan sarana transportasi massal yang aman, nyaman dan murah bagi seluruh lapisan masyarakat. Bentuk transportasi massal yang paling aman, nyaman dan murah adalah kereta api. Kereta api merupakan suatu alat transportasi massal yang secara umum terdiri dari lokomotif dan serangkaian gerbong-gerbong yang dapat mengangkut banyak penumpang dan barang. Adapun jenis dan macam kereta api yang sudah kita ketahui adalah: kereta api konvensional, kereta api *monorail*, kereta api bawah tanah (*subway*), dll. Saat ini teknologi perkembangan di bidang perkereta apian yang terbaru adalah dengan mengembangkan teknologi system bantalan rel dengan teknologi gaya melayang magnet atau yang lebih dikenal dengan *magnet levitation*.

Di dalam kehidupan sehari-hari kata “magnet” sudah sering kita dengar, namun sering juga berpikir bahwa jika mendengar kata magnet selalu berkonotasi menarik benda. Untuk bisa mengambil suatu barang dari logam (contoh obeng besi) hanya dengan sebuah magnet, misalkan pada peralatan perbengkelan biasanya dilengkapi dengan sifat magnet sehingga memudahkan untuk mengambil benda yang jatuh di tempat yang sulit dijangkau oleh tangan secara langsung. Kata magnet berasal dari bahasa Yunani *magnitis lithos* yang memiliki arti batu magnesian. Diharapkan dengan adanya sarana angkutan transportasi darat dalam bentuk kereta api yang super canggih dengan menggunakan teknologi *Maglev*, akan dapat memberikan sarana transportasi massal bagi setiap orang yang aman, nyaman, murah, tepat waktu dan dapat menekan pencemaran polusi udara.

Kata kunci: Permasalahan Transportasi darat, Kereta api, Teknologi, Magnet, Magnet Levitation

A. PENDAHULUAN

Dunia pendidikan saat ini dituntut untuk dikembangkannya pendekatan pembelajaran sesuai dengan dinamika pendidikan Negara kita,¹ yang berakar pada UUD 45 dan UU no. 20 Tahun 2003 yang berakar pada nilai-nilai agama, kebudayaan nasional Indonesia dan tanggap terhadap tuntutan zaman dan sesuai dengan perkembangan IPTEK.²

Pendidikan selalu menjadi sorotan banyak orang, tidak hanyadari pemegang kebijakan tetapi juga pengguna (siswa). Saat ini danmasa depan pendidikan akan menjadi tantangan yang akan terus berubah disesuaikan dengan standar Pengembangan IPTEKS.³ Sebagaimana nurdyansyah juga mempertegas bahwa: “Educational process is the process of developing student’s potential until they become the heirs and the developer of nation’s culture”.⁴ Oleh karena itu Duschl mengatakan bahwa Pendidikan adalah bagian dari rekayasa sosial. Melalui komunitas, pendidikan dapat dibentuk dan diarahkan ke tujuan tertentu.⁵

Permasalahan bangsa yang semakin hari semakin pelik dengan adanya berbagai krisis multi dimensi ditambah dengan pengaruh dari arus informasi memunculkan beragam bentuk perilaku di masyarakat khususnya bagi para peserta didik.⁶ Perkembangan teknologi merupakan sesuatu yang tidak bisa kita hindari dalam kehidupan ini.⁷ Sehingga keluarga harus berperan aktif dalam mendidik anaknya sejak dini serta menguatkan pondasi karakter yang baik.⁸

¹Muhammad, M., & Nurdyansyah, N. (2015). *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*. Sidoarjo: Nizamia learning center., 41

²Nurdyansyah, N. (2016). *Developing ICT-Based Learning Model to Improve Learning Outcomes IPA of SD Fish Market in Sidoarjo*. Jurnal TEKPEN, 1(2). Terbitan 2, 929-930.

³Pandi, R., & Nurdyansyah, N. (2017). *An Evaluation of Graduate Competency in Elementary School*. Atlantis Press. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, volume 125, 95.

⁴Nurdyansyah, N. (2017). *Integration of Islamic Values in Elementary School*. Atlantis Press. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, volume 125

⁵Nurdyansyah, N., Siti, M., & Bachtiar, S. B. (2017). *Problem Solving Model with Integration Pattern: Student’s Problem Solving Capability*. Atlantis Press. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 173, 258.

⁶Nurdyansyah, N. (2015). *Model Social Reconstruction Sebagai Pendidikan Anti-Korupsi Pada Pelajaran Tematik di Madrasah Ibtida’iyah Muhammadiyah 1 Pare*. Halaqa, 14(1), 2.

⁷Nurdyansyah, N. (2017). *Sumber Daya dalam Teknologi Pendidikan*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 4.

⁸Nurdyansyah, N. (2018). *Peningkatan Moral Berbasis Islamic Math Character*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. 2.

Pada kenyataannya masih banyak permasalahan yang harus dihadapi dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan di Indonesia. Permasalahan ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor eksternal yang berasal dari luar peserta didik, maupun faktor internal yang berasal dari dalam diri peserta didik itu sendiri.⁹

Nurdyansyah meperjelas “*The education world must innovate in a whole. It means that all the devices in education system have its role and be the factors which take the important effect in successful of education system*”.¹⁰

Proses pembelajaran hendaknya berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat dan minat peserta didik.¹¹ Proses pembelajaran harus melibatkan banyak pihak, yang diimbangi oleh perkembangan teknologi untuk mempermudah dalam tercapainya suasana tertentu dalam proses pembelajaran sehingga peserta didik nyaman dalam belajar.¹² Hakikat belajar yaitu suatu proses pengarahan untuk pencapaian tujuan dengan melakukan perbuatan melalui pengalaman yang diciptakan.¹³

Bahan ajar berguna membantu pendidik dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran. Bagi pendidik bahan ajar digunakan untuk mengarahkan semua aktivitasnya dan yang seharusnya diajarkan kepada siswa dalam proses pembelajaran.¹⁴

Pengalaman belajar tersebut perlu adanya standarisasi penilaian hasil belajar. Penilaian hasil belajar memerlukan sebuah pengolahan dan analisis yang akurat.¹⁵ Sehingga pembelajaran dapat berjalan efektif dan efisien.

⁹ Nurdyansyah, N., & Fitriyani, T. (2018). *Pengaruh Strategi Pembelajaran Aktif Terhadap Hasil Belajar Pada Madrasah Ibtidaiyah*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.3.

¹⁰ Nurdyansyah, N., Rais, P., & Aini, Q. (2017). *The Role of Education Technology in Mathematic of Third Grade Students in MI Ma'arif Pademonegoro Sukodono*. *Madrosatuna: Journal of Islamic Elementary School*, 1(1), November 2017, 37-46 ISSN 2579. 38.

¹¹ Nurdyansyah, N. (2018). *Model Pembelajaran Berbasis Masalah Pada Pelajaran IPA Materi Komponen Ekosistem*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. 2.

¹² Nurdyansyah, N., & Andiek, W. (2015). *Inovasi Teknologi Pembelajaran*. Sidoarjo: Nizamia learning center, 2.

¹³ Nurdyansyah, N., & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran Sesuai Kurikulum 2013*. Sidoarjo: Nizamia learning center, 1.

¹⁴ Nurdyansyah, N. (2018). *Pengembangan Bahan Ajar Modul Ilmu Pengetahuan Alam bagi Siswa Kelas Iv Sekolah Dasar*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

¹⁵ Nurdyansyah, N., Andiek Widodo, *Manajemen Sekolah Berbasis ICT*. (Sidoarjo: Nizamia Learning Center, 2015), 103.

1. Latar Belakang

Dengan semakin meluas dan padatnya kegiatan yang dilakukan manusia dari waktu ke waktu dalam berbagai hal akan mendorong kita sebagai makhluk yang memiliki kecerdasan untuk membuat terobosan baru untuk memudahkan kegiatan sehari-hari. Hingga saat ini perkembangan teknologi berkembang pesat seiring dengan banyaknya penemuan-penemuan dalam berbagai bidang ilmu. Ilmu fisika merupakan salah satu bidang keilmuan yang sangat banyak mempengaruhi perkembangan teknologi saat ini, sebagai contoh penemuan magnet. Magnet berasal dari bahasa Yunani *magnitis lithos* yang memiliki arti batu magnesian. Magnesia merupakan sebuah wilayah di Yunani kuno dimana banyak ditemukan batu magnet sejak zaman dahulu. Magnet atau magnet adalah suatu benda atau objek yang memiliki gaya dalam medan dalam jarak tertentu untuk menarik benda yang terbuat dari logam (*fero*), medan ini disebut dengan medan magnet. Penemuan tersebut kemudian dikembangkan oleh manusia, dengan membuat medan magnet menggunakan arus listrik sehingga menghasilkan medan magnet yang disebut elektromagnet. Dengan adanya elektromagnet ini memungkinkan manusia untuk memanfaatkannya dalam berbagai bidang. Bidang transportasi merupakan salah satu penerapan teknologi elektromagnet. Magnet yang dipadukan dengan berbagai teknologi lain seperti superkonduktor maupun elektromagnet mampu membuat suatu benda melayang, fenomena ini disebut *Magnetic Levitation* atau maglev.

2. Salah satu terobosan dari penerapan teknologi maglev saat ini adalah digunakan sebagai inovasi sarana transportasi darat, dalam hal ini adalah kereta api (*train*). Sebutan untuk kereta api yang telah menggunakan teknologi ini adalah kereta terbang atau *Maglev train (Magnetically Levitated Train)*.

3. Penegasan Istilah

a. Pengertian Magnet

Magnet atau magnet adalah suatu objek yang mempunyai suatu medan magnet. Magnet juga dapat diartikan sebagai suatu benda yang memiliki gejala dan sifat yang dapat mempengaruhi bahan-bahan tertentu yang berada

di sekitarnya. Setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu: utara (N) dan selatan (S). Kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan magnet yang paling besar berada pada kutub-kutubnya.

b. Jenis-jenis Magnet

Berdasarkan asalnya magnet dibagi menjadi dua kelompok¹⁶, yaitu:

1. Magnet alam, yakni magnet yang ditemukan di alam. Bumi adalah magnet alam yang terbesar oleh karena itu bumi memiliki kutub utara dan kutub selatan sebagai ujung magnetnya. Magnet alam dapat ditemukan pada bebatuan yang mengandung unsur magnet. Batuan yang dapat menarik benda dari besi itu disebut dengan magnet alam.
2. Magnet buatan, yakni magnet yang sengaja di buat oleh manusia.

Selanjutnya, berdasarkan sifat kemagnetannya, *magnet buatan* dikelompokkan menjadi dua, yakni magnet tetap (permanen) dan magnet sementara. Magnet tetap adalah magnet yang sifat kemagnetannya tetap dan terjadi dalam waktu relatif lama. Sebaliknya, magnet sementara adalah magnet yang sifatnya tidak tetap atau sementara.

Magnet permanen (tetap) umumnya terbuat dari baja, sedangkan magnet tidak tetap terbuat dari besi lunak. Disesuaikan dengan kegunaannya, dewasa ini magnet dibuat dari beberapa jenis logam.

c. Tipe Magnet

Berdasarkan *bahan yang digunakannya* itu, magnet dapat dibedakan menjadi empat tipe:

1. Tipe Magnet Permanen Campuran

Berdasarkan bahan campurannya, magnet permanen campuran dibagi menjadi

- a. Magnet alcomax, dibuat dari campuran besi dan aluminium
- b. Magnet alnico, dibuat dari campuran besi dan nikel
- c. Magnet triconal, dibuat dari campuran besi dan kobal

2. Tipe Magnet Keramik

¹⁶ C. L. Consolidation, "Pengertian Medan Magnet dan Karakteristik Medan Magnet,"

Tipe magnet ini disebut juga *magnadur*, terbuat dari serbuk ferit dan bersifat keras serta memiliki gaya tarik kuat.

3. Tipe magnet Besi Lunak

Tipe magnet besi lunak juga disebut dengan *stalloy*, terbuat dari 96% besi dan 4% silikon. Sifat kemagnetannya tidak keras atau sementara.

4. Tipe Magnet Pelindung

Tipe magnet ini disebut juga mumetal, terbuat dari 74% nikel, 20% besi, 5% tembaga dan 1% mangan. Magnet ini tidak keras atau sementara.

Berdasarkan *penggolongan magnet buatan di atas serta kemampuan bahan menyimpan sifat magnetnya*, maka kita dapat menggolongkan bahan-bahan magnetik dalam magnet keras dan magnet lunak. Sebagai contoh bahan-bahan magnet keras ialah baja dan alcomax. Bahan ini sangat sulit dijadikan magnet. Namun demikian, setelah bahan tersebut dijadikan magnet maka bahan-bahan magnet keras ini akan menyimpan sifat magnetiknya relatif sangat lama. Karena pertimbangan atau alasan itulah bahan-bahan magnet keras ini lebih banyak dijadikan untuk membuat magnet tetap (permanen). Contoh pemakaiannya adalah untuk membuat pita kaset atau kompas.

d. Bagian-bagian Magnet

1. Kutub Magnet

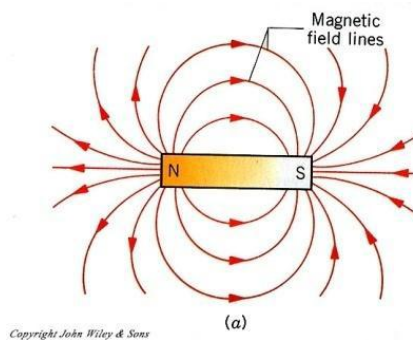
Bagian magnet yang mempunyai gaya tarik terbesar disebut kutub magnet. Magnet selalu mempunyai dua kutub. Hal ini dapat diketahui bila sebuah magnet batang dicelupkan ke dalam serbuk besi. Di bagian tengah (daerah netral) tidak ada serbuk besi yang melekat, sedangkan bagian ke ujung makin banyak serbuk besi yang melekat pada magnet.

Bagian yang banyak dilekati serbuk besi merupakan kutub magnet. Hal ini menandakan, gaya magnet yang paling besar berada di ujung-ujung magnet. Kutub utara dan kutub selatan magnet setiap magnet, apapun bentuknya selalu mempunyai kutub utara dan selatan. Dengan mengamati magnet jarum yang berputar pada porosnya, misalnya kompas. Dalam

keadaan diam, salah satu ujung magnet akan menunjukkan ke arah utara, sedangkan ujung yang lainnya menunjuk ke arah selatan. Ujung kompas yang menunjuk ke arah utara disebut kutub utara dan ujung magnet yang mengarah selatan disebut kutub selatan.

2. Sumbu Magnet

Sumbu magnet yaitu garis yang menghubungkan antara kedua kutub magnet.



Gambar 1. Sumbu Magnet

3. Magnet elementer

Setiap benda magnetik pada dasarnya terdiri dari magnet-magnet kecil yang disebut magnet elementer. Magnet elementer adalah magnet yang paling kecil yang berupa atom. Suatu benda akan bersifat magnet jika magnet-magnet elementernya mempunyai arah yang cenderung sama/beraturan dan benda yang tidak mempunyai sifat magnet jika magnet-magnet elementernya mempunyai arah acak (sembarang).

Pada sebuah magnet, magnet-magnet elementernya tersusun rapi dan menunjuk arah yang sama, sehingga menimbulkan kutub-kutub magnet. Antar magnet elementer tersebut terdapat gaya tolak-menolak dan gaya tarik-menarik. Akan tetapi, di bagian ujung magnet hanya terdapat gaya tolak-menolak. Itulah sebabnya pada ujung-ujung magnet terdapat gaya magnet paling kuat sedangkan bagian tengahnya lemah.

Pada benda bukan magnet, magnet-magnet elementernya tersusun dengan arah yang berlainan atau arah yang acak sehingga tidak menimbulkan kutub magnet. Karena arahnya acak, gaya tarik-menarik dan

tolak-menolak antar magnet elementer saling meniadakan. Itulah sebabnya pada besi bukan magnet tidak terdapat gaya magnet (sifat magnet).



Gambar 2.

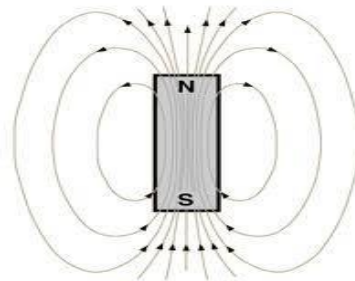
- i. susunan magnet elementer besi/baja sesudah menjadi magnet.
- ii. susunan magnet elementer besi/baja sebelum menjadi magnet.

e. Medan Magnet

a. **Pengertian Medan Magnet**

Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet yang gaya tarik/tolakannya masih dirasakan oleh magnet lain. Medan magnet pada umumnya mengitari bagian-bagian kutub magnet.

Medan magnet terdiri dari garis-garis fluks imajiner yang berasal dari partikel bermuatan listrik yang bergerak atau berputar. Contohnya partikel proton yang berputar dan pergerakan elektron yang mengalir pada kawat dalam bentuk sirkuit elektronik.



Gambar 3. Fluks Medan Magnet

Secara garis besar ada dua jenis magnet berdasarkan bagaimana medan magnetnya tercipta, yaitu:

➤ Magnet permanen

Magnet permanen tidak tergantung akan adanya pengaruh dari luar dalam menghasilkan medan magnetnya. Magnet ini dapat dihasilkan oleh alam atau dapat dibuat dari bahan feromagnetik (bahan yang memiliki respon yang kuat terhadap medan magnet).

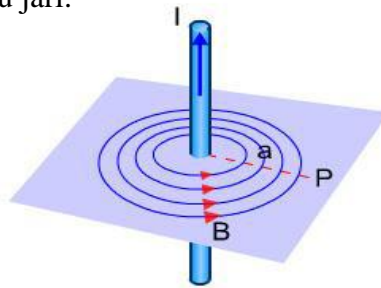
➤ Elektromagnet

Elektromagnet adalah magnet yang medan magnetnya tercipta karena adanya arus listrik yang mengalir. Semakin besar arus yang diberikan, maka semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan.

b. Bentuk Medan Magnet

1. Medan Magnet Pada Kawat Lurus

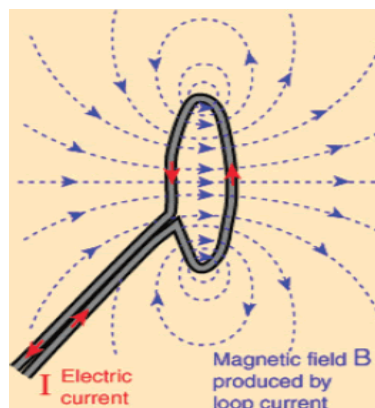
Bentuk garis medan magnet pada kawat panjang yang dialiri arus listrik berbentuk lingkaran konsentris mengelilingi kawat tersebut. Arah dari medan magnetnya tegak lurus terhadap kawat dan searah dengan jari-jari pada tangan kanan yang ditekuk, dan arah arusnya sesuai dengan arah ibu jari.



Gambar 4. Garis Medan Magnet Pada Kawat Lurus

2. Medan Magnet Pada Kawat Berbentuk *Loop*

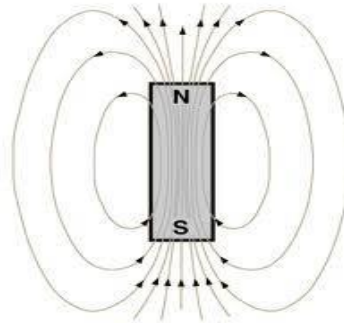
Arus listrik yang mengalir pada kawat berbentuk loop menghasilkan medan magnet lebih terpusat pada bagian tengah dibandingkan pada bagian luar *loop*.



Gambar 5. Medan magnet pada kawat *loop*

3. Medan Magnet Pada Magnet Batang

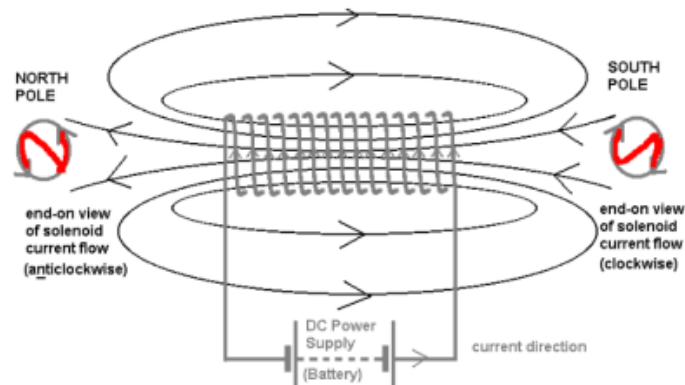
Medan magnet pada sebuah batang magnet berbentuk garis tertutup. Melalui hasil konvensi, arah medan magnet keluar dari kutub utara (N) menuju kutub selatan (S).



Gambar 6. Medan magnet pada magnet batang

4. Medan magnet pada *solenoid*

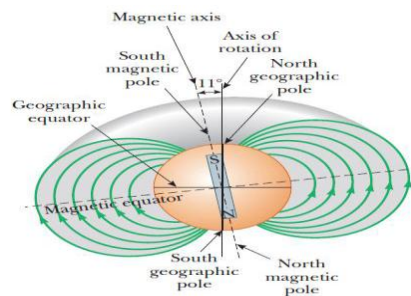
Solenoid adalah kawat berarus listrik berbentuk loop yang biasanya dililitkan pada inti dari besi sehingga menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang seragam dihasilkan pada pusat solenoid, sedangkan medan magnet yang terbentuk diluar solenoid lebih lemah.



5. Medan magnet pada bumi

Meskipun pola medan magnet bumi mirip dengan medan magnet batang yang jauh terkubur di dalam bumi. Bumi memiliki banyak kandungan bijih besi jauh di bawah permukaan bumi, tetapi karena suhu yang sangat tinggi di dalam inti bumi mencegah magnetisasi

permanen. Para ilmuwan mempertimbangkan bahwa sumber medan magnet bumi berasal dari arus konveksi dalam inti bumi, hal itu disebabkan oleh peredaran ion atau elektron pada besi cair di inti bumi. Arah medan magnetnya serupa dengan arah medan magnet pada kawat berbentuk loop.



Gambar 8. Medan magnet pada bumi

BENDA YANG DITARIK MAGNET

Magnet dapat menarik benda lain, beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Namun tidak semua logam mempunyai daya tarik yang sama terhadap magnet. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. Sedangkan oksigen cair adalah contoh materi yang mempunyai daya tarik yang rendah oleh magnet.

Sedangkan oksigen cair adalah contoh materi yang mempunyai daya tarik yang rendah oleh magnet. Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik Satuan Internasional (SI) adalah Tesla dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah weber ($1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$) yang mempengaruhi luasan satu meter persegi.

Salah satu sifat magnet adalah memiliki gaya tarik. Artinya apabila magnet di letakkan berdekatan dengan jenis-jenis logam tertentu akan menarik dan mempertahankan logam tersebut untuk tetap menempel padanya. Benda-benda logam apa saja yang ditarik oleh magnet disebut *bahan magnetik*, sedangkan benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet disebut *bahan non magnetik*.

Benda-benda yang dapat ditarik dan tidak dapat ditarik oleh magnet di klasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu :

- a. Benda yang mengandung Bahan *Ferrromagnetik*, bahan *Ferrromagnetik* adalah bahan yang dapat ditarik kuat oleh magnet. Contohnya adalah besi, baja, kobalt, dan nikel.
 - b. Benda yang mengandung Bahan *Paramagnetik*, bahan *Paramagnetik* adalah bahan yang dapat ditarik lemah oleh magnet. Contohnya adalah alumunium dan platina.
 - c. Benda yang mengandung Bahan *Diamagnetik*, bahan *Diamagnetik* adalah bahan yang ditolak lemah oleh magnet. Contohnya adalah seng, bismuth, dan natrium klorida.
4. Rumusan Masalah
 - a. Apakah yang dimaksud dengan *Maglev train*?
 - b. Bagaimanakan prinsip kerja dari *Maglev train*?
 5. Tujuan
 - a. Untuk mengetahui apakah yang dimaksud dengan *Maglev train*.
 - b. Untuk mengetahui bagaimanakah prinsip kerja dari *Maglev train*.
 6. Pembahasan
 - a. *Magnetically Levitated Train (Maglev train)*

Magnetic levitation merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membuat sebuah objek melayang di udara tanpa bantuan selain medan magnet. Medan ini digunakan untuk menolak atau meniadakan gaya tarik gravitasi. Jepang merupakan negara pertama yang mengembangkan jaringan kereta *Maglev* yang pertama kali diluncurkan pada tahun 1964. Mengingat Jepang merupakan salah satu Negara industri di Asia, dengan mobilitas yang sangat tinggi, maka diperlukan alat transportasi darat yang mendukung seluruh aktifitas penduduk Jepang. Hanya Jepang dan Jerman saja yang siap memasuki dunia *Maglev*, bila dilihat dari teknologi *Maglev* yang telah terbukti mencapai kecepatan yang mencengangkan hasil dari kedua Negara tersebut.

5.1. Shinkansen (*Bullet Train*) Jepang

Shinkansen atau yang dikenal juga dengan nama *Bullet Train*, merupakan jaringan rel kereta api dengan kecepatan tinggi yang dioperasikan oleh empat perusahaan pengembangan jaringan kereta api di Jepang. Kereta supercepat ini memiliki kecepatan 210 km/jam (130 mil/jam) pada tahun 1964 (pada jalur Tokaido Shinkansen), kini jaringan kereta dengan panjang 2459 km (1528 mil) telah dikembangkan untuk menghubungkan kota-kota besar pada pulau utama di Jepang

yaitu pulau Honshu dan Kyushu dengan kecepatan yang mencapai 300 km/jam (186 mil/jam). Pada uji coba yang dilaksanakan pada tahun 1996, kecepatan yang berhasil dicapai kereta ini adalah 443 km/jam (275 mil/jam) untuk rel konvensional, dan menorehkan prestasi karena dinobatkan sebagai kereta tercepat di dunia dengan kecepatan 581 km/jam (361 mil/jam) pada tahun 2003.

Pada akhir perang dunia II teknologi *Maglev train* ini terlupakan selama beberapa tahun, sementara itu arus penumpang dan barang meningkat secara konstan pada jalur utama Tokaido yang masih menggunakan kereta api konvensional, dimana pada saat itu Jepang sedang mengalami perbaikan pada bidang ekonomi dan industri pasca perang dunia II. Pada pertengahan tahun 1950an jalur Tokaido mulai beroperasi, pada tahun 1957 Odakyu Electric Railway memperkenalkan kereta “Romancecar” seri 3000, yang memecahkan rekor dunia dengan kecepatan 145 km/jam (90 mil/jam). Hal ini memberi para *designer* keyakinan bahwa mereka dapat dengan aman membangun jaringan kereta dengan kecepatan tinggi pada waktu yang relative singkat. Sehingga hadirlah Shinkansen (*Bullet Train*) untuk pertama kalinya.

Walaupun pada era 1950an keberadaan kereta api sebagai alat transportasi tidak lagi diminati di seluruh penjuru dunia (terutama Eropa dan Amerika) karena digantikan oleh kemunculan pesawat terbang. Namun pemerintah Jepang tetap kukuh untuk mengembangkan teknologi *Maglev* ini. Pengembangan terhadap jaringan kereta magnet (jalur Tokaido) ini terus dilakukan dari tahun ke tahun. Seperti jalur barat, yaitu Hiroshima dan Fukuoka (Sanyo Shinkansen), jalur Tohoku Shinkansen, dan Jalur Joetsu Shinkansen serta Chuo Shinkansen yang merupakan jalur yang menghubungkan kota Tokyo dan Osaka. Dengan keberadaan jaringan kereta ini memberikan keuntungan yang besar terhadap negara dengan mobilitas tinggi ini. Selain diterapkan di Jepang, Shinkansen (teknologi *Maglev* Jepang) juga diadaptasi oleh beberapa negara seperti berikut antara lain, Taiwan, China, Brasil, UK (United Kingdom), Vietnam, Amerika (US), dan Kanada.

5.2. ICE (Intercity Express) Jerman

Pada awal tahun 1990an Jerman meresmikan kereta ekspresnya, dengan jalur Hannover, Wurzburg, Mannheim, dan Stuttgart. Kereta ini bergerak di atas monorel dengan kekuatan gaya tolak magnet (*Maglev*), kecepatan yang dibangun oleh Siemens dapat mencapai kecepatan 280 km/jam. Sepertihalnya dengan jaringan Shinkansen, ICE juga terus mengalami perkembangan, dimana ICE ini dikembangkan berdasarkan lintasan (rel) kereta api

konvensional, sehingga pada awal tahun 2000an Jerman resmi membuka jalur transrapidnya yang memiliki kecepatan menyaingi kecepatan 550 km/jam jaringan kereta Shinkansen milik Jepang. Teknologi *Maglev* Jerman terus dikembangkan dan diadopsi oleh beberapa negara yang tertarik untuk memasang jaringan kereta berkecepatan tinggi ini seperti China, Iran, Amerika (US), Spanyol dan Korea Selatan.

5.3. Shanghai-Hangzhou *Maglev* China

Pada bulan maret 2000 China menyetujui pembangunan *Maglev* dengan menggunakan teknologi Jerman. Berdasarkan persetujuan ini, China akan membangun jaringan kereta komersial terpanjang di dunia. Pembangunan teknologi *Maglev* ini direncanakan mencapai kecepatan 430 km/jam (270 mil/jam) dan akan menjadi jaringan kereta *Maglev* terpanjang di dunia. China menggunakan German Transrapid sistem dengan rute bandara internasional Pudong, Shanghai-Longyang, melalui 2 jalur metro (*subway*/jalur bawah tanah) yang ditempuh dalam waktu delapan menit. Dengan adopsi teknologi Jerman, China mengembangkan jalur baru dengan rute Shanghai-Hangzhou yang beroperasi tahun 2010.

5.4. Prinsip Kerja Magnetically Levitated Train (*Maglev train*)

Pada umumnya prinsip kerja dari *Maglev train* adalah dengan memanfaatkan daya tolak-menolak dan gaya tarik-menarik antara medan magnet yang berada pada rel (*railway*) dengan kereta itu sendiri. Jadi dapat disimpulkan bahwa untuk membuat kereta ini terangkat dari lintasannya dibutuhkan medan magnet yang sangat kuat. Tentu saja untuk mendapat medan magnet yang kuat dibutuhkan magnet batang dengan jumlah yang sangat banyak, namun permasalahan tersebut dapat dipecahkan dengan penerapan hukum Lenz. Dalam hukum Lenz disebutkan bahwa,

“Arus imbas akan muncul dalam arah yang sedemikian rupa sehingga arah tersebut menentang perubahan yang menghasilkannya”

Berdasarkan pernyataan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa hukum Lenz ini hanya berlaku pada rangkaian penghantar ruangan tertutup. Sehingga bila terdapat perubahan fluks magnet dalam ruang yang dikelilingi sistem kawat yang membentuk kumparan tertutup (rangkaian sistem tertutup), maka akan mengakibatkan terciptanya medan magnet yang melawan perubahan fluks magnet dalam sistem itu. Daya angkat magnet dapat dilihat berdasarkan material magnet dan sistem yang dapat

menarik atau menekan bagian masing-masing (antara kereta dengan dinding lintasan) secara bersama-sama dengan gaya yang bergantung pada medan magnet dan area dari magnet itu sendiri, sehingga tekanan oleh magnet (*magnetic pressure*) dapat diketahui. Tekanan magnetic dari magnet dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$P_{\text{mag}} = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

Dimana P_{mag} merupakan tekanan magnetic persatuan luas (Pascal/Pa), B adalah medan magnet (Tesla), dan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$ adalah permeabilitas vakum.

Biasanya *design* dari *Maglev train* ini dibuat *streamline* (lansing) atau *aerodinamis* yang bertujuan untuk mengurangi gesekan terhadap udara, sehingga kereta ini dapat bergerak dengan cepat mengingat tidak terdapat gesekan antara kereta dengan rel (lintasannya).

5.5. Teknologi *Maglev Train*

Saat ini terdapat tiga jenis teknologi *Maglev*, yaitu *Electromagnetic Suspension* (EMS), *Electrodynamic Suspension* (EDS), dan *Inductrack* .

- Electromagnetic Suspension (EMS)

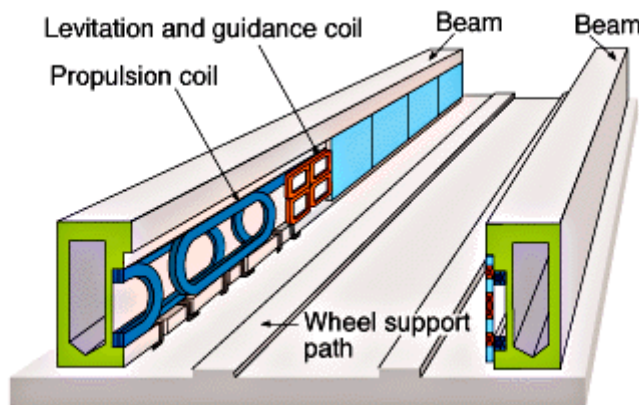


Gambar 9. ICE Jerman dengan system EMS

Pada sistem kereta *Maglev*, terdapat tiga komponen utama, yaitu sumber daya listrik yang besar, kumparan logam yang melingkupi sebuah jalur pemandu (*guideway*) serta magnet pemandu besar yang dipasang di bagian bawah kereta api. Pada teknologi EMS, kereta terangkat diatas lintasan baja karena adanya medan magnet yang dihasilkan oleh electromagnet (rel mendorong kereta ke atas). Medan magnet dibentuk oleh kumparan yang dialiri listrik di sepanjang

dinding jalur pemandu pada kereta dan pada rel yang dikombinasikan untuk menggerakkan kereta api. Kumparan bermagnet sepanjang rel, yang disebut jalur pemandu, akan menolak magnet yang terletak di bawah gerbong kereta. Hal ini akan membuat kereta mengambang (levitate) antara 0,39-3,93 inch (1-10 sentimeter) di atas jalur pemandu.

Pada saat kereta terangkat, daya listrik diberikan ke kumparan di dalam dinding jalur pemandu untuk membentuk medan magnet yang menarik dan mendorong kereta sepanjang jalur pemandu. Arus listrik yang diberikan ke kumparan pada dinding jalur pemandu secara berganti-ganti mengubah polaritas kumparan magnet. Perubahan polaritas ini menyebabkan medan magnetik di depan kereta menarik kereta ke depan, sementara medan magnet di belakang kereta menambahkan gaya dorong ke depan.



Gambar 10. Lintasan (railway) *Maglev train* system EMS

- Electrodynamic Suspension (EDS)



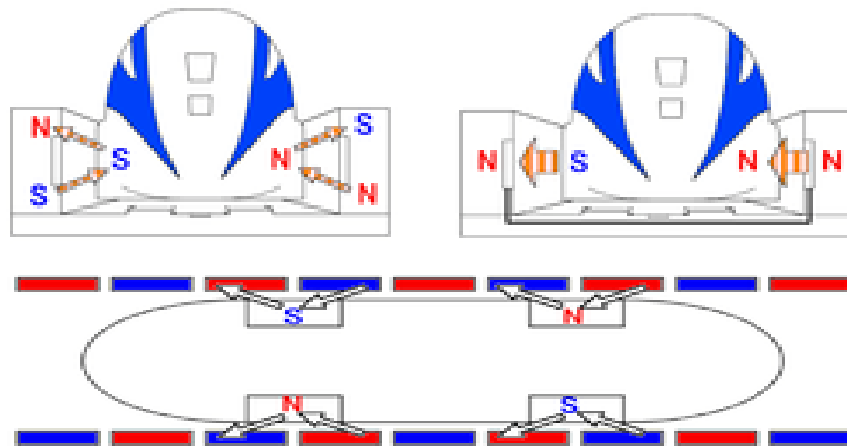
Gambar 11. JR
MLX01 Shinkansen,

Pada system EDS, baik pada lintasan (rel) dan kereta terdapat medan magnet, kereta terangkat oleh gaya tolak antara kedua gaya magnet tersebut¹⁷. Medan magnet pada kereta dihasilkan oleh elektromagnet atau oleh magnet permanen. Gaya tolak pada lintasan dihasilkan oleh induksi medan magnet pada kumparan yang terdapat pada dinding lintasan. Keuntungan utama dari sistem gaya tolak *Maglev* adalah tingkat kestabilannya, yang membatasi jarak antara lintasan dan kereta magnet yang menghasilkan gaya yang kuat sehingga dapat mengembalikan kereta ke posisi semula.

EDS juga mempunyai kekurangan, pada kecepatan rendah arus listrik yang dihasilkan oleh kumparan pada *guideway* dan resultan fluks magnetic tidak cukup besar untuk menopang berat kereta. Sebab itu, kereta harus mempunyai roda karet untuk menopang kereta sampai mencapai kecepatan dimana kereta dapat melayang di atas lintasan. Karena kereta dapat berhenti dimana saja bila terjadi kesalahan teknis, maka seluruh lintasan harus dapat menopang pengoperasian kereta baik pada kecepatan tinggi maupun rendah. Fungsi lain dari roda adalah menopang kereta supaya tetap bisa meluncur bila listrik mendadak mati atau alirannya mengalami gangguan. Selain itu kelemahan lain dari sistem ini adalah sistem gaya tolak ini secara alami akan menghasilkan medan di bagian depan dan belakang kereta yang akan memberikan perlawanan pada lintasan sehingga akan terbentuk hambatan. Namun secara umum hal tersebut hanya terjadi pada kecepatan rendah, pada kecepatan tinggi hal tersebut tidak berdampak pada laju dari kereta itu sendiri.

Pada sistem yang menggunakan elektromagnet superkonduksi, ekstradingin ini listrik akan tetap mengalir meskipun sumber daya utamanya sudah dimatikan. Pada sistem EMS, yang menggunakan elektromagnet standar, kumparan hanya dapat menyalurkan listrik bila terdapat pasokan dari *power supply*. Dengan mendinginkan kumparan pada suhu beku, sistem milik Jepang ini lebih unggul karena hemat energi. Sehingga pada ICE/Trasrapid Jerman dilengkapi dengan sumber daya (baterai) cadangan bila pasokan daya terputus.

¹⁷ Bonsor, Kevin. 2010. *Electrodynamic Suspension (EDS)*.



Gambar 12. Lintasan (railway) *Maglev train* sistem EDS

- Inductrack

Inductrack merupakan jenis baru dari EDS yang menggunakan magnet permanen pada suhu kamar untuk menghasilkan medan magnet dari pada menggunakan electromagnet atau elektromagnet superkonduksi yang dingin. Inductrack menggunakan sumber daya untuk mepercepat laju kereta hanya sampai pada saat kereta mulai terangkat. Bila pasokan daya terputus atau mengalami gangguan maka kereta akan melambat secara perlahan dan berhenti dengan roda karet sebagai penopangnya. Lintasan untuk sistem ini berupa sirkuit elektrik pendek yang terdiri atas kabel yang terisolasi, sirkuit ini seperti anak tangga. Ketika kereta bergerak, medan magnet akan menolak magnet pada kereta sehingga kereta dapat terangkat dari lintasan.

Terdapat dua jenis design Inductrack yaitu Inductrack I dan Inductrack II. Dimana Inductrack I dibuat untuk kecepatan tinggi sedangkan Inductrack II dibuat untuk kecepatan rendah. Inductrack dapat melayang lebih tinggi (~2,54 cm) dan memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik. Karena jarak yang cukup jauh dari lintasan hal ini berarti kereta dengan sistem ini tidak membutuhkan sistem yang rumit untuk menjaga kereta agar tetap stabil. Sebelumnya magnet permanen tidak digunakan karena para ilmuwan menduga bahwa magnet ini tidak akan dapat menghasilkan daya angkat yang cukup.

7. Penutup

a. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu.

1. *Magnetically Levitated Train* merupakan kereta dengan kecepatan tinggi yang dengan menggunakan tenaga listrik untuk menginduksi magnet sehingga menghasilkan gaya yang cukup untuk mengangkat kereta dari lintasannya.
2. *Maglev train* dapat terangkat dan bergerak dengan memanfaatkan prinsip dari Hukum Lenz, dimana bila terjadi perubahan fluks magnet dalam ruang yang dikelilingi sistem kawat yang membentuk kumparan tertutup (rangkai sistem tertutup), maka akan mengakibatkan terciptanya medan magnet yang melawan perubahan fluks magnet dalam sistem itu. Gaya tolak ini terjadi antara kereta dengan guideway sehingga kereta dapat terangkat beberapa cm dari lintasan.

b. Saran

1. Adapun saran yang dapat penulis sampaikan berkaitan dengan topic yang dibahas pada makalah ini adalah sebagai berikut.
2. Kepada pemerintah Indonesia yang berencana mengembangkan jaringan *Maglev train* dengan rute Jakarta-Surabaya, hendaknya mengkaji lebih jauh terutama masalah pembangunan infrastruktur yang biasanya mengalami kendala pada pengadaan lahan (pembebasan lahan) dan pembiayaan yang biasanya mengalami kemacetan di tengah jalan akibat oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab. Mengingat biaya yang dibutuhkan sangat mahal dan melibatkan nyawa banyak orang sehingga diharapkan pemerintah memiliki rencana yang matang demi lancarnya pembangunan.

REFERENCES

- Bonsor, Kevin. 2010. *Electrodynamic Suspension (EDS)*
- C. L. Consolidation, *Pengertian Medan Magnet dan Karakteristik Medan Magnet*
- Muhammad, M., & Nurdyansyah, N. (2015). *Pendekatan Pembelajaran Saintifik*. Sidoarjo: Nizamia learning center.
- Nurdyansyah, N., & Andiek, W. (2015). *Inovasi Teknologi Pembelajaran*. Sidoarjo: Nizamia learning center.
- Nurdyansyah, N., & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran Sesuai Kurikulum 2013*. Sidoarjo: Nizamia learning center.
- Nurdyansyah, N., Rais, P., & Aini, Q. (2017). *The Role of Education Technology in Mathematic of Third Grade Students in MI Ma'arif Pademonegoro Sukodono*. *Madrosatuna: Journal of Islamic Elementary School*, 1(1), 37-46.
- Nurdyansyah, N. (2016). *Developing ICT-Based Learning Model to Improve Learning Outcomes IPA of SD Fish Market in Sidoarjo*. *Jurnal TEKPEN*, 1(2).
- Nurdyansyah, N., & Andiek, W. (2017). *Manajemen Sekolah Berbasis ICT*. Sidoarjo: Nizamia learning center.
- Nurdyansyah, N. (2018). *Model Pembelajaran Berbasis Masalah Pada Pelajaran IPA Materi Komponen Ekosistem*. *Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*.
- Nurdyansyah, N. (2018). *Peningkatan Moral Berbasis Islamic Math Character*. *Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*.
- Nurdyansyah, N. (2018). *Pengembangan Bahan Ajar Modul Ilmu Pengetahuan Alambagi Siswa Kelas Iv Sekolah Dasar*. *Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*.
- Nurdyansyah, N., & Fitriyani, T. (2018). *Pengaruh Strategi Pembelajaran Aktif Terhadap Hasil Belajar Pada Madrasah Ibtidaiyah*. *Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*.
- Nurdyansyah, N. (2017). *Sumber Daya dalam Teknologi Pendidikan*. *Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*.
- Nurdyansyah, N. (2015). *Model Social Reconstruction Sebagai Pendidikan Anti-Korupsi Pada Pelajaran Tematik di Madrasah Ibtida'iyah Muhammadiyah 1 Pare*. *Halaqa*, 14(1).

- Nurdyansyah, N. (2017). *Integration of Islamic Values in Elementary School*. Atlantis Press. Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR), volume 125
- Nurdyansyah, N., Siti, M., & Bachtiar, S. B. (2017). *Problem Solving Model with Integration Pattern: Student's Problem Solving Capability*. Atlantis Press. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 173
- Pandi, R., & Nurdyansyah, N. (2017). *An Evaluation of Graduate Competency in Elementary School*. Atlantis Press. Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR), volume 125