

KARAKTERISTIK MEDAN MAGNET PADA KUMPARAN BERINTI BESI SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PROTOTIPE KERETA MAGLEV

Jamaludin¹, Email: jamaludin@ppi.ac.id

Andri Pradipta², Email: andri@ppi.ac.id

¹Program Studi Teknik Elektro Perkeretaapian, ²Program Studi Manajemen Teknik Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

ABSTRAK

Prinsip kerja kereta maglev adalah adanya interaksi antar kutub – kutub magnet yang terdapat pada kereta dengan kutub – kutub magnet yang berada di sepanjang jalur kereta. Kutub – kutub magnet tersebut terbuat dari kumparan dengan kawat superkonduktor yang dialiri arus listrik. Secara teori besar medan magnet tergantung pada besar arus yang mengalir, inti kumparan dan jumlah belitan. Pada penelitian ini telah dibuat sebuah kumparan dengan inti besi berukuran panjang 5 cm dan diameter 8mm dengan jumlah belitan sebanyak 400 putaran. Pengujian karakteristik dilakukan dengan mengalirkan arus listrik searah pada kumparan dengan memvariasikan besaran arusnya. Pengukuran medan magnet dilakukan pada jarak tertentu antara 0 s.d 5 cm dengan rentang 0,5 cm dari ujung kumparan. Dihasilkan medan magnet paling besar berada pada jarak terdekat dengan kumparan dan paling kecil berada pada jarak terjauh dari kumparan yang tidak terkena pengaruh medan magnet. Jarak terjauh yang masih terpengaruh oleh medan magnet adalah antara 25 s.d 40 cm.

Kata Kunci: Kumparan, karakteristik, medan magnet, arus, jarak.

ABSTRACT

The working principle of the Maglev train is the interaction between the magnetic poles contained in the train with the magnetic poles that are along the train track. The magnetic poles are made of coils with superconducting wires that are electrified. In theory the magnitude of the magnetic field depends on the amount of current flowing, the core of the coil and the number of turns. In this research, a coil with an iron core of 5 cm in length and 8mm in diameter has 400 turns. Characteristic testing is done by directing the electric current in the coil by varying the amount of current. Measurement of the magnetic field is carried out at a certain distance between 0 to 5 cm with a range of 0.5 cm from the end of the coil. The largest magnetic field is produced at the closest distance to the coil and the smallest is at the farthest distance from the coil that is not affected by the magnetic field. The farthest distance that is still affected by the magnetic field is between 25 to 40 cm.

Keywords: coil, characteristics, magnetic field, current, distance.

1 PENDAHULUAN

Teknologi kereta tercepat saat ini menggunakan teknologi Maglev (Magnetic Levitation) [2]–[7]. Relevansi penelitian ini dengan kebutuhan industri kereta api adalah untuk menunjang produsen kereta api nasional agar mampu membangun dan menguasai teknologi kereta cepat dengan teknologi Maglev. Selain itu juga sesuai dengan kegiatan pembelajaran mahasiswa dibidang teknologi kereta cepat. Dengan demikian akan dapat memperkuat keilmuan mahasiswa/taruna, dosen, peneliti, praktisi dan sistem inovasi nasional.

Untuk mewujudkan hal ini, perlu dilakukan upaya terobosan untuk memulai penelitian dan membuat prototype kereta maglev sebagai dasar pengetahuan dan pengembangan teknologi perkeretaapian di

masa yang akan datang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk menunjang kegiatan pembelajaran di kampus Politeknik Perkeretaapian Indonesia dan tahapan awal untuk menjadi produsen kereta cepat.

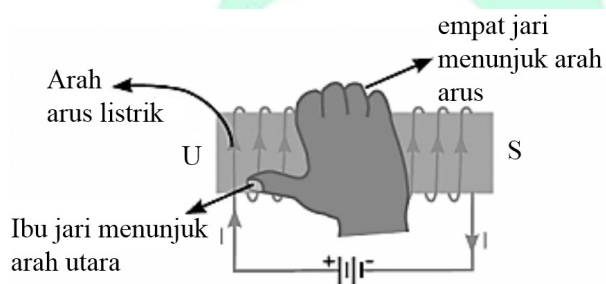
Penelitian dibidang kereta maglev sudah banyak dilakukan [3], [6], [8]–[11]. Pada literatur buku [5] telah dibahas secara lengkap dan detail tentang bahan, rancangan, konfigurasi, pengujian dan hasil pembuatan kereta maglev yang diterbitkan pada tahun 2007. Produk hasil pembuatan kereta maglev telah berhasil dibuat dan diuji. Hasilnya sudah dapat dirasakan oleh masyarakat Jerman, China dan Jepang pada tahun. Selain itu juga telah dibahas dan diteliti hasil penelitian kereta maglev yang dituangkan ke dalam jurnal internasional [3], [6], [8]–[11]. Mulai

tahun 1965 penelitian tentang magnetic levitation pertama kali dipublikasi [4]. Pada periode tahun 1960-an inilah penelitian kereta maglev mengalami perkembangan. Tahun 1970-1980 teknologi kereta maglev sudah matang dan mulai diproduksi. Setelah kereta maglev diproduksi, pada tahun 1990-an kereta maglev berada pada tahap pengujian. Pada tahun 2003, kereta maglev mulai beroperasi di Shanghai China.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik medan magnet yang dihasilkan kumparan yang dialiri arus listrik searah. Oleh karena itu dibuat sebuah kumparan dengan inti besi pejal dengan lilitan kawat tembaga yang diuji dengan mengalirkan arus listrik searah. Setelah mengetahui karakteristik kumparan berarus listrik, diharapkan dapat digunakan sebagai referensi penyusunan model/prototipe kereta maglev.

2 KONSEP DAN PRINSIP KERJA

Pada dasarnya magnet dapat dibuat dari bahan konduktor yang dialiri arus listrik. Ketika sebuah kumparan atau kawat yang dibelitkan pada suatu inti (bahan konduktor) berarus listrik maka timbul garis – garis gaya magnet di sekitar kumparan. Garis – garis gaya magnet yang ditimbulkan disebut gaya lorentz. Konsep dari kondisi tersebut digambarkan menggunakan kaidah tangan kanan yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. hubungan antara arah arus dan belitan dengan kutub magnet.

Gaya Lorents yang ditimbulkan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = B \cdot I \cdot L \quad (1)$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (2)$$

Keterangan :

F = Gaya lorentz (N)

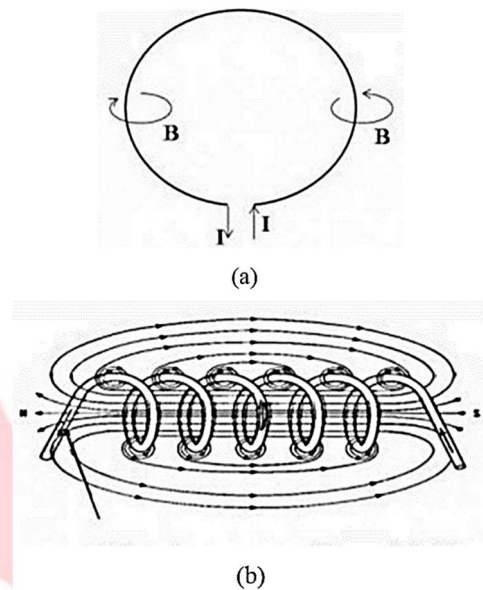
B = Kuat medan (T)

I = Kuat arus (A)

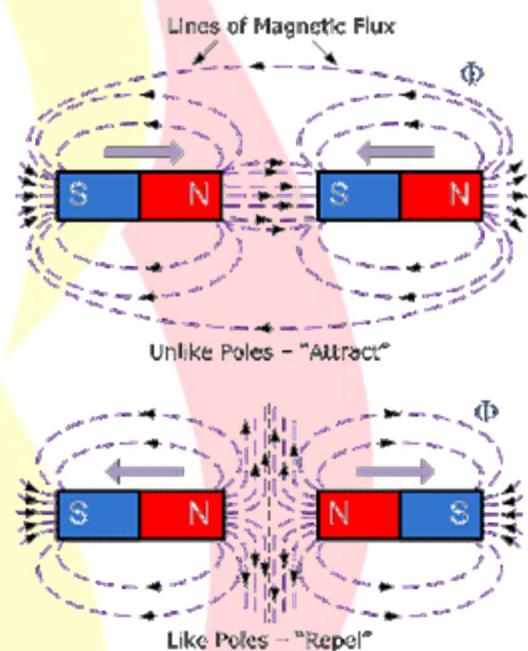
L = Panjang kawat (m)

a = Jarak titik ke kawat (m)

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (Wb/A.m)



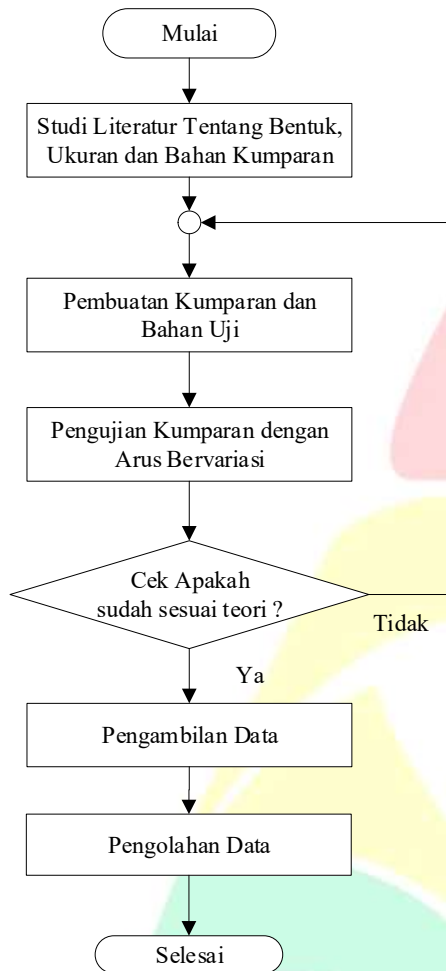
Gambar 2. Konsep gaya Lorentz; (a) hubungan arah arus dengan arah medan magnet, (b) garis – garis medan magnet disekitar kumparan.



Gambar 3. Interaksi antar kutub – kutub magnet
Interaksi antara kutub – kutub magnet akan menyebabkan gaya tarik menarik untuk kutub yang berlawanan (U – S) dan gaya tolak menolak untuk kutub yang sama (U – U / S – S). Konsep inilah yang menjadi dasar penelitian terkait prinsip kerja kereta maglev. Konsep gaya tarik dan dorong tersebut ditunjukkan pada gambar 2.

3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian untuk mengetahui karakteristik medan magnet kumparan berarus listrik dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 4. Metode penelitian

Pada Penelitian ini langkah pertama yang harus dilakukan yaitu studi literatur terkait bahan, bentuk dan ukuran kumparan. Langkah kedua yaitu pembuatan kumparan dan bahan uji. Langkah ketiga yaitu pengujian kumparan dengan arus bervariasi. Langkah keempat yaitu dilihat apakah hasilnya sudah sesuai dengan teori, jika belum maka kembali ke langkah kedua, namun jika sudah bisa dilanjutkan ke langkah berikutnya. Langkah kelima yaitu pengambilan data. Kemudian langkah yang terakhir langkah keenam yaitu pengolahan data dan membuat kesimpulan dari hasil penelitian.

Spesifikasi kumparan dan parameter pengujian yang dibuat adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi kumparan dan parameter pengujian

Spesifikasi	Keterangan
Bahan inti	Besi pejal, diameter 8 mm; panjang 5 cm
Bahan kumparan	Kawat tembaga berlaminasi, diameter 0,8 mm,

Jumlah belitan	400 putaran
Kapasitas kumparan	4,1 Ampere
Parameter Tegangan	12 Volt
Variasi arus	0,35 A; 0,73 A; 1,01 A; 1,57 A; 1,84 A; 2,32 A; 2,78 A

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

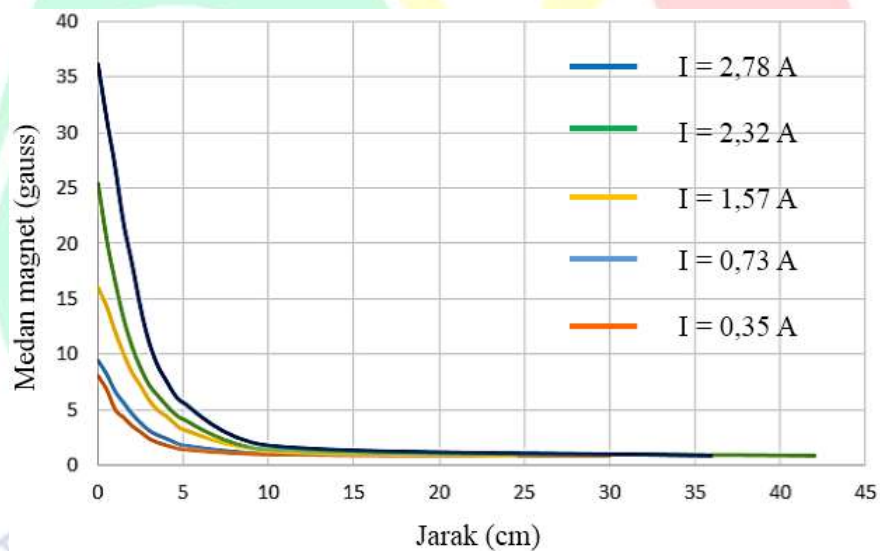
Setelah dilakukan pembuatan kumparan sesuai dengan spesifikasi pada tabel 1, kumparan tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan DC (baterai) dengan tegangan 12 volt dan dihubungkan secara seri dengan amperemeter, saklar dan resistor pembatas arus. Setelah semua peralatan pengujian terhubung dan siap untuk digunakan, saklar ditekan ke posisi ON dan arus mengalir ke kumparan yang ditunjukkan dengan penunjukan amperemeter. Ketika suatu benda berbahan dasar konduktor didekatkan dengan kumparan tersebut, maka benda tersebut tertarik oleh gaya tarik medan magnet yang ditimbulkan oleh kumparan. Hal ini menunjukkan bahwa kumparan telah menghasilkan medan magnetis. Setelah itu kumparan diuji dengan gaussmeter besar medan magnetnya pada jarak tertentu dengan merubah besaran arus listrik yang mengalir.

Tabel 2. Pengukuran medan magnet pada arus dan jarak tertentu

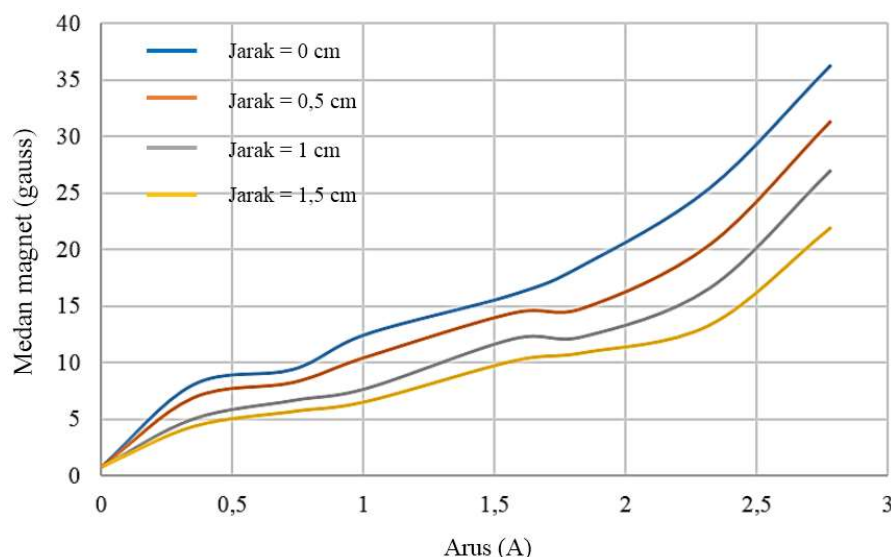
jarak	0 cm	0,5 cm	1 cm	1,5 cm
Arus (A)	medan magnet (gauss)	medan magnet (gauss)	medan magnet (gauss)	medan magnet (gauss)
0	0,805	0,739	0,803	0,745
0,35	8,06	6,852	5,025	4,322
0,73	9,402	8,207	6,658	5,642
1,01	12,516	10,46	7,72	6,53
1,57	16,013	14,35	12,09	10,105
1,84	18,64	14,8	12,309	10,85
2,32	25,4	20,38	16,56	13,28
2,78	36,2	31,26	26,908	21,861

Tabel 3. Data pengukuran medan magnet kumparan dengan variasi arus dan jarak pengukuran

Arus Listrik Searah (Ampere)													
0,35		0,73		1,01		1,57		1,84		2,32		2,78	
jarak (cm)	medan magnet (gauss)	jarak (cm)	medan magnet (gauss)	jarak (cm)	medan magnet (gauss)	jarak (cm)	medan magnet (gauss)	jarak (cm)	medan magnet (gauss)	jarak (cm)	medan magnet (gauss)	jarak (cm)	medan magnet (gauss)
0	8,06	0	9,402	0	12,516	0	16,013	0	18,64	0	25,4	0	36,2
0,5	6,852	0,5	8,207	0,5	10,46	0,5	14,35	0,5	14,8	0,5	20,38	0,5	31,26
1	5,025	1	6,658	1	7,72	1	12,09	1	12,309	1	16,56	1	26,908
1,5	4,322	1,5	5,642	1,5	6,53	1,5	10,105	1,5	10,85	1,5	13,28	1,5	21,861
2	3,562	2	4,635	2	5,36	2	8,413	2	8,853	2	10,73	2	18,242
2,5	3,026	2,5	3,83	2,5	4,587	2,5	7,246	2,5	7,379	2,5	8,82	2,5	14,26
3	2,43	3	3,14	3	3,79	3	5,927	3	6,227	3	7,307	3	11,126
3,5	2,09	3,5	2,73	3,5	3,36	3,5	5,001	3,5	5,367	3,5	6,334	3,5	9,026
4	1,844	4	2,417	4	2,981	4	4,465	4	4,66	4	5,436	4	7,658
4,5	1,623	4,5	2,077	4,5	2,69	4,5	3,783	4,5	4,013	4,5	4,65	4,5	6,36
5	1,477	5	1,825	5	2,309	5	3,257	5	3,53	5	4,179	5	5,66
10	1,024	10	1,1	10	1,19	10	1,378	10	1,476	10	1,489	10	1,806
30	0,891	28,5	0,89	37	0,888	24,5	0,904	37,5	0,908	42	0,92	36	0,88



Gambar 5. Grafik perubahan medan magnet yang dihasilkan kumparan terhadap jarak pengukuran



Gambar 6. Grafik perubahan medan magnet yang dihasilkan kumparan terhadap arus yang mengalir

Data hasil pengujian medan magnet yang dihasilkan kumparan ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3. Pengukuran dilakukan pada jarak yang bervariasi antara 0 cm s.d 10 cm hingga jarak tertentu yang tidak terpengaruh oleh medan magnet kumparan. Pengukuran juga dilakukan pada kondisi besar arus yang bervariasi. Grafik hasil pengukuran medan magnet digambarkan pada gambar 5 dan gambar 6. Pada gambar 5, hasil pengukuran medan magnet menunjukkan semakin dekat dengan kumparan besar medan magnetnya semakin kuat, sedangkan semakin jauh jaraknya semakin lemah medan magnetnya. Medan magnet paling besar ditunjukkan pada jarak terdekat dari kumparan, sedangkan medan magnet paling kecil ditunjukkan pada jarak maksimal tertentu yang masih terkena pengaruh oleh medan magnet kumparan. Pada gambar 6, grafik hasil pengukuran medan magnet dilakukan dengan variasi besar arus listrik mulai dari 0 A s.d 2,7 A. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar arus listrik yang mengalir maka medan magnet yang dihasilkan juga semakin kuat. Hal ini sesuai dengan teori gaya lorents, Dimana gaya magnetis dipengaruhi oleh arus listrik yang mengalir.

5 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pembuatan dan pengujian kumparan berarus ini dapat diambil kesimpulan bahwa besar medan magnet yang dihasilkan kumparan tergantung pada besar arus yang mengalir dan jumlah belitan kumparan. Semakin besar arus dan jumlah belitan, maka medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan akan semakin besar.

REFERENSI

- [1] "Peraturan menteri perhubungan republik Indonesia Nomor PM.43 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional." Akademi Perkeretaapian Indonesia.
- [2] Hyung-Woo Lee, Ki-Chan Kim, dan Ju Lee, "Review of maglev train technologies," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 42, no. 7, hlm. 1917–1925, Jul 2006.
- [3] J. SHI dan Y. J. WANG, "DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS OF SINGLE-SPAN GUIDEWAY CAUSED BY HIGH SPEED MAGLEV TRAIN," *Lat. Am. J. Solids Struct.*, vol. 8, hlm. 213, Sep 2011.
- [4] E. R. Laithwaite, "Electromagnetic levitation," *Proc. Inst. Electr. Eng.*, vol. 112, no. 12, hlm. 2361, 1965.
- [5] "MAGLEV design principles.pdf."
- [6] G. G. Sotelo, R. A. H. de Oliveira, F. S. Costa, D. H. N. Dias, R. de Andrade, dan R. M. Stephan, "A Full Scale Superconducting Magnetic Levitation (MagLev) Vehicle Operational Line," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 25, no. 3, hlm. 1–5, Jun 2015.
- [7] A. Jacob, J. Angelo, N. Monteiro, dan M. Nuno, "A new concept of superelevation in magnetic levitation – prodynamic," *Transp. Syst. Technol.*, vol. 4, no. 4, hlm. 77–111, Des 2018.
- [8] K. Davey, "Analysis of an electrodynamic Maglev system," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 35, no. 5, hlm. 4259–4267, Sep 1999.
- [9] K. R. Davey, "Electrodynamic Maglev coil design and analysis," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 33, no. 5, hlm. 4227–4229, Sep 1997.
- [10] D. H. Kang dan H. Weh, "Design of an Integrated Propulsion, Guidance, and Levitation System by Magnetically Excited Transverse Flux

Linear Motor (TFM-LM),” *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 19, no. 3, hlm. 477–484, Sep 2004.

[11] Y. Yang *dkk.*, “Analysis and solution of eddy current induced in rail for medium and low speed maglev transportation system,” *Transp. Syst. Technol.*, vol. 4, no. 4, hlm. 129–137, Des 2018.

