

# RANCANG BANGUN SIMULATOR KONTROL GERAK LEVITASI PADA KERETA MAGLEV

<sup>1</sup> Reza Kemal Firdaus, <sup>2</sup> M Aziz Muslim

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

<sup>1</sup> [rezakemalf@gmail.com](mailto:rezakemalf@gmail.com), <sup>2</sup> [muh\\_aziz@ub.ac.id](mailto:muh_aziz@ub.ac.id)

*Abstract-* There are many types of transportation mode in this modern era, one of them is magnetic levitation train. Magnetic levitation Train is a train which is used electromagnetic force as actuators. In railway system, magnetic levitation is called motion levitation by which motion is the stage of position stabilization on the surface of the train. For control purposes, the electric current must change according to the weight change of the train. This paper discusses prototype design of magnetic levitation train to understand the characteristic and stability of maglev train during levitation process by using copper solenoid as driving force that produce a magnetic field connected to a DC source and an ultrasonic sensor to measure the distance between the surface and carriages and magnetic field sensors as parapet.

*Abstrak—* Terdapat banyak mode transportasi di era modern ini, salah satunya adalah kereta magnetic levitation. Kereta magnetic levitation sendiri adalah kereta yang memanfaatkan gaya elektromagnetik sebagai penggerak. Dalam sistem kereta magnetic levitation ada yang dinamakan gerak levitation dimana gerak tersebut adalah tahap untuk menstabilkan posisi kereta diatas permukaan jalur. Untuk keperluan pengendalian, arus listrik harus berubah mengikuti perubahan berat kereta. Penelitian ini membahas tentang perancangan prototipe kereta magnetic levitation untuk mengetahui karakteristik kestabilan kereta pada proses levitation dengan menggunakan tembaga solenoida sebagai penggerak yang menghasilkan medan magnet yang dihubungkan oleh sumber DC dan sensor ultrasonik sebagai pembaca nilai jarak untuk mengukur jarak antara permukaan dan kereta dan sensor magnet sebagai pembatas.

*Kata Kunci—* magnetic levitation; kereta; elektromagnetik;

## I. Pendahuluan

Seiring dengan semakin meningkatnya dari populasi masyarakat, kebutuhan layanan transportasi juga semakin meningkat. Kereta api adalah moda transportasi umum darat yang paling banyak digunakan oleh masyarakat saat ini. Dalam rangka untuk perbaikan layanan masyarakat, sistem kereta api generasi baru terus dikembangkan. Sehingga terjadi peningkatan disisi kecepatan, reliabilitas, dan keselamatan. Selain itu, teknologi baru yang dipilih haruslah nyaman, ramah lingkungan, pemeliharaan rendah, kompak, ringan, dan

cocok untuk transportasi umum. Kereta Magnetic Levitation (maglev) adalah salah satu solusi yang terbaik dari pilihan teknologi tersebut [1]. Pergerakan kereta api konvensional menggunakan gesekan antara roda dan rel untuk bergerak, sementara kereta maglev menggantikan roda dengan elektromagnetik dan levitasi di jalur rel, dan memproduksi kekuatan propulsi secara elektromagnetik tanpa ada kontak [2].

Dalam penelitian ini akan digunakan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak jalur kereta dengan kereta agar tetap konstan. Penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah rancang bangun yang layak untuk melihat prinsip kerja gerak levitasi pada kereta maglev.

## II. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini didasarkan dalam masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan realisasi simulator gerak levitasi. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

### A. Spesifikasi Alat

Rancang bangun gerak levitasi pada kereta maglev ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mampu mensimulasikan gerak levitasi pada kereta maglev, dengan mengacu pada
- Mampu menjaga jarak antara gerbong dan jalur sekitar 10 mm
- Dapat beradaptasi dengan gangguan yang diberikan
- Dapat mengambil data hasil yang dihasilkan

## B. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat terbagi atas perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Dalam perancangan ini akan digunakan 3 komponen utama yaitu: Sensor, Mikrokontroler dan Plant Kereta.

1. Sensor: Digunakan untuk mendapatkan nilai posisi ketinggian levitasi yang di atur sedemikian rupa, bagian ini sebagai masukan system.

2. Mikrokontroler: Sebagai pusat pemrosesan data, proses yang akan dikerjakan pada bagian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan kontrol PID pada arus agar jarak antara guideway dan gerbong kereta api tetap stabil.
- Mengatur nilai keluaran arus agar jarak antara guideway dan gerbong kereta sesuai dengan nilai keluaran yang diinginkan.
- Membaca nilai sensor sebagai referensi nilai ketinggian gerbong.

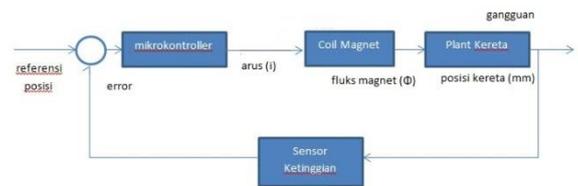
3. Plant Kereta : sebagai objek yang terkontrol.

3. Pembacaan Posisi

Ketika badan kereta mendekati sensor maka sensor secara otomatis akan menangkap jarak yang dihitung oleh sensor sebesar waktu pantulan gelombang yang di hasilkan antara gelombang yang dikeluarkan oleh sensor dan gelombang pantulan yang ditangkap oleh sensor lagi, ketika sensor mulai menjauh maka magnet akan diperbesar dengan menginput nilai digital sesuai dengan keadaan. Ketika magnet terlalu dekat maka akan ada sensor tambahan sebagai pembatas posisi kereta agar tidak terjadi overlap dan mencegah terjadinya kereta terlalu dekat dan terlalu jauh dari jarak guideway

4. Skema Pengontrolan Alat

Konsep pengontrolan alat ini (ditunjukkan pada Gambar 1) berdasarkan jarak guideway dengan kereta yang diinginkan, dengan nilai yang sudah ditentukan, konsep skema kontrol ini berfungsi untuk menpatkan hasil keluaran yang diinginkan yaitu proses simulasi gerak levitasi kereta maglev.



Gambar 1. Diagram blok sistem

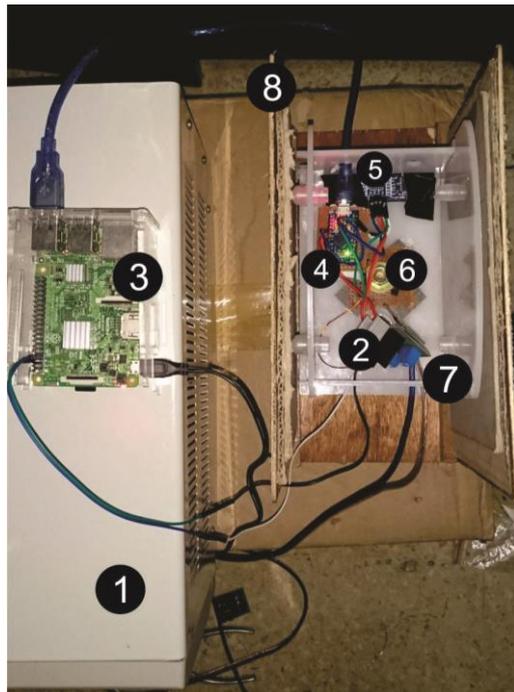
## 5. Konsep Rancang Bangun

Pada rancang bangun ini penggunaan prinsipnya yaitu secara EMS (*Electromagnetic Suspension*) yang bekerja seperti bantalan magnet. Prinsip ini juga bisa disebut dengan *servo-stabilization*, dimana sensor bekerja untuk mengukur jarak antara elektromagnetik dengan jalur kereta, dan penggunaan sensor sebagai pengukur jarak kereta dengan guideway.

## III. Hasil dan Pembahasan

Hasil pada konsep perancangan prototype adalah sebagai berikut akan dijelaskan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut :

1. *DC Power Supply* sebagai sumber dari *prototype*.
2. *Driver Kontrol* sebagai perantara pengatur tegangan dan arus dari *Power Supply*.
3. *Raspberry Pi 3* sebagai mikrokontroler induk untuk mengatur semua proses kinerja *prototype*.
4. *Arduino Leonardo* sebagai mikrokontroler sekunder untuk menerima nilai masukan sensor.
5. *HC-SR 04* sebagai pengukur ketinggian kereta
6. Kumputan yang berfungsi sebagai penggerak.
7. Badan kereta *Maglev*
8. *Guideway*



Gambar 2. Prototype Tampak Dari Atas

Tabel 1 adalah hubungan antara tegangan keluaran driver dengan sinyal PWM. Sedangkan hubungan antara arus yang dihasilkan sumber melalui rangkaian driver terhadap perubahan PWM dari mikrokontroler diberikan pada Tabel 2. Pada Tabel 3 ditunjukkan hubungan antara sinyal PWM dengan jarak kereta terhadap guideway.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sinyal PWM terhadap Tegangan Keluaran

No	PWM (%)	Tegangan Rata – Rata (V)
1	10	25,3
2	20	16,6
3	30	13,2
4	40	11,1
5	50	09,7
6	60	08,8
7	70	08,1
8	80	07,5
9	90	07,1
10	100	06,6

Tabel 2. Hasil Pengukuran Arus dengan Pengaruh Terhadap Sinyal PWM yang Diberikan.

No	PWM	Arus Rata – Rata (I)
1	10	0,85
2	20	1,41

3	30	1,76
4	40	2,18
5	50	2,62
6	60	3,11
7	70	3,61
8	80	4,14
9	90	4,68
10	100	5,16

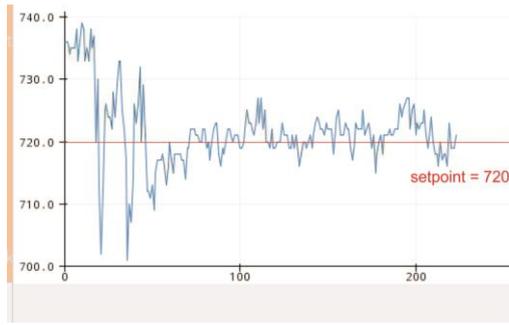
Tabel 3. Hasil Pengukuran jarak terhadap arus yang diberikan.

No	Jarak Rata - Rata (cm)	PWM
1	7.44	10
2	7.56	20
3	7.77	30
4	7.89	40
5	7.98	50
6	8.06	60
7	8.06	70
8	8.06	80
9	8.10	90
10	8.21	100

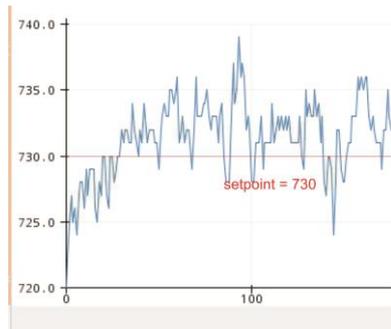
Selanjutnya dilakukan pengujian respon system pada beberapa kondisi setpoint yang berbeda. Gambar 3-5 adalah hasil keluaran dari proses pengendalian arus dan tegangan pada setpoint yang berbeda (pada ketinggian 7.1 cm, 7.2 cm dan 7.3 cm), dengan kereta dengan tanpa beban. Pengujian ini dilakukan hingga kereta mencapai setpoint yang diminta. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kontroler PID dengan nilai parameter  $K_p = 1.9358$ ,  $K_i = 1.8023$ ,  $K_d = -0.17854$ . Dari pengujian diketahui sistem dapat menuju setpoint dengan ber osilasi, dan didapatkan data terbaik saat setpoint 7.2 cm.



Gambar 3. Respon Sistem dengan Setpoint 7.1 cm



Gambar 4. Respon Sistem dengan Setpoint 7.2 cm



Gambar 5. Respon Sistem dengan Setpoint 7.3 cm

## Daftar Pustaka

- [1] H. Yaghoubi, "The Most Important Maglev Applications," *J. Eng.*, vol. 2013, pp. 1–19, 2013.
- [2] R. Čermák, L. Bartoň, P. Spal, J. Barták, and J. Vavřík, "OVERVIEW OF MAGNETIC LEVITATION PRINCIPLES AND THEIR APPLICATION IN MAGLEV TRAINS1."
- [3] B. V Jayawant, "Electromagnetic suspension and levitation," *Reports Prog. Phys.*, vol. 44, no. 4, p. 411, 1981.
- [4] S. Guangwei, I. R. Meisinger, and S. Gang, "Modeling and simulation of Shanghai maglev train transrapid with random track irregularities," *Sonderdruck Schriftenr. der Georg. Nürnberg.*, vol. 39, 2007.
- [5] H. Liu, X. Zhang, and W. Chang, "PID Control to Maglev Train System," 2009, pp. 341–343.

## iv. Kesimpulan

1. Nilai Tegangan dan Arus pada saat Sinyal PWM maksimal adalah 06,6 V dan 5.16 A. Pada saat Sinyal PWM Minimim adalah 25.3 V dan 0.85 A.
2. Respon terbaik dicapai oleh kereta pada setpoint 7.2 cm diatas lintasan dengan nilai parameter kontroler PID  $K_p = 1.9358$ ,  $K_i = 1.8023$ ,  $K_d = -0.17854$
3. Sistem miniatur ini dapat bekerja dengan setpoint tertentu yaitu dengan batas dan jarak tertentu