

SISTEM DETEKSI KEBERADAAN KERETA API MENGGUNAKAN INDUKSI MAGNETIK TRAIN PRESENCE DETECTION SYSTEM USING MAGNETIC INDUCTION

Basofi Nur Fatkhan¹, Mohamad Ramdhani, S.T., M.T.² Dr. Eng. Ahmad Sugiana, S.Si., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹basofi@student.telkomuniversity.ac.id, ²mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id,

³sugiana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Saat ini, metode yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan kereta api adalah *axle counter* dan *track circuit*, tetapi kedua metode tersebut masih memiliki kekurangan. Kekurangan dari *axle counter* yaitu apabila *axle counter* membaca lebih dari 255 gardan kereta yang melintas maka akan terjadi *error*. Sedangkan kekurangan dari *track circuit* yaitu apabila sedang terjadi cuaca buruk maka sistem elektrik *track circuit* akan mengalami gangguan. Pada penelitian sebelumnya sudah dilakukan penelitian tentang medan magnet disekitar rel kereta. Namun masih terdapat kekurangan karena tidak membandingkannya dengan medan magnet kendaraan umum yang melintasi perlintasan kereta.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengembangkan alat deteksi kereta api yang memanfaatkan perubahan kuat medan magnet yang terjadi akibat gesekan antara roda kereta dan rel kereta dengan menggunakan sensor MAG3110, arduino uno, HPL dan *buzzer* pada alat deteksi kereta tersebut. Medan magnet kereta akan dibandingkan dengan medan magnet kendaraan umum untuk dijadikan tolak ukur apakah medan magnet yang terdeteksi benar-benar berasal dari kereta.

Hasil dari tugas akhir ini yaitu sensor MAG3110 yang digunakan memiliki nilai akurasi sebesar 97,92% dan nilai *error* sebesar 2,08 %. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, nilai *threshold* medan magnet kereta yang ditetapkan pada sistem ini yaitu $> 20 \mu\text{T}$, sedangkan untuk nilai *threshold* medan magnet kendaraan umum yaitu $< 20 \mu\text{T}$ dan $> 8 \mu\text{T}$. Sistem berhasil mendeteksi adanya kereta yang melintas dengan rentang nilai medan magnet sebesar 20,17 μT hingga 49,35 μT , Sedangkan pada pengujian kendaraan umum nilai medan magnet kendaraan umum tidak ada yang melebihi nilai *threshold* medan magnet kereta.

Kata Kunci : Kereta Api, Medan Magnet, *threshold*.

Abstract

Currently, the methods used to detect the presence of a train are *axle counter* and *track circuit*, but these two methods still have shortcomings. The disadvantage of an *axle counter* is that if the *axle counter* reads more than 255 axles of a passing train, an error will occur. While the disadvantage of the *track circuit* is that if there is bad weather, the *track circuit* electrical system will experience problems. In previous research, research on magnetic fields around train tracks has been carried out. However, there are still shortcomings because it does not compare with the magnetic field of public vehicles that crosses train crossings.

Therefore, this final project aims to develop a train detection tool that utilizes changes in magnetic field strength that occurs due to friction between the train wheels and the railroad using the MAG3110, Arduino Uno, HPL sensors and *buzzer* on the train detection tool. The magnetic field of the train will be compared with the magnetic field of public vehicles to measure whether the magnetic field detected is actually coming from the train.

The result of this final project is that the MAG3110 sensor used has an accuracy value of 97.92% and an error value of 2.08%. Based on the tests that have been carried out, the threshold value for the magnetic field of the train set in this system is $> 20 \mu\text{T}$, while the threshold values for the magnetic field of public vehicles are $< 20 \mu\text{T}$ and $> 8 \mu\text{T}$. The system succeeded in detecting a passing train with a magnetic field value range of 20.17 μT to 49.35 μT , whereas in public vehicle testing, the magnetic field value of public vehicles did not exceed the magnetic field threshold value of the train.

Keywords: Train, Magnetic Field, Threshold

1. Pendahuluan

Kereta api adalah salah satu sarana transportasi umum yang digunakan masyarakat untuk berpindah tempat. Kereta api memiliki jalur sendiri yang disebut perlintasan sebidang. Perlintasan sebidang adalah perpotongan sebidang antara jalur kereta api dengan jalan. Jalur kereta api yang bersinggungan dengan jalan yang sering dilewati warga untuk lalu lintas menjadi titik yang paling beresiko terhadap terjadinya kecelakaan. Penyebab terjadinya kecelakaan diperlintasan kereta api rata-rata didominasi oleh *human error*, yakni mencapai 24%. Kemudian disusul penyebab lainnya adalah faktor sarana 21% dan prasarana 10% [1]. Pada dasarnya kereta api mempunyai sistem sinyal sendiri, karena ada beberapa lintasan dan harus diarahkan sedemikian rupa untuk menghindari tabrakan satu sama lain. Kereta api tidak seperti transportasi umum lainnya yang bisa berhenti mendadak kapan saja, maka dari itu harus ada suatu sistem pendeteksi kereta sebagai pemberitahuan bahwa di suatu blok perlintasan kereta akan ada kereta yang melintas.

Saat ini, metode yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan kereta adalah metode *axle counter* dan *track circuit* [2]. *Axle Counter* adalah metode untuk mendeteksi bahwa suatu blok perlintasan kereta sudah *clear* dari

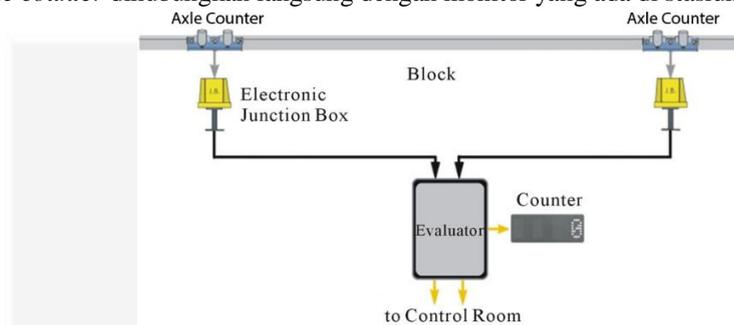
keberadaan kereta atau belum. Sedangkan *track circuit* adalah salah satu jenis peralatan pendeteksi sarana yang berfungsi untuk mendeteksi bakal pelanting berupa kereta api, langsiran, lori, dan material yang bergerak lainnya yang berada di daerah deteksi [3]. Kelebihan dari *axle counter* adalah tidak perlu melakukan isolasi *rail joint* atau isolasi persambungan rel dan sistem ini aman dapat bekerja meskipun saat ada gangguan di rel seperti basah, pelumas atau ada pasir di sekitar rel [2]. Kekurangan dari *axle counter* yaitu kegagalan pembacaan sensor sehingga perlu di cek secara berkala, pada awalnya terdapat keterbatasan pembacaan jumlah *axle* yaitu 255 per kereta dan jika lebih maka akan terjadi error [2]. *Track circuit* bekerja dengan memanfaatkan *short circuit* as roda kereta atau arus *feeder* yang diumpankan pada koil relay. Kekurangan dari *track circuit* yaitu rentan terhadap petir, jika cuaca sedang buruk terkadang sistem elektrik pada *track circuit* akan mengalami gangguan [3]. *Axle counter* dan *track circuit* dipasang menempel di rel kereta, sehingga rentan terjadi kerusakan apabila ada pemeliharaan rel ataupun apabila ada anjlokkan kereta.

Pada penelitian sebelumnya, sudah dilakukan penelitian tentang medan magnet kereta. Medan magnet kereta ini timbul akibat gesekan antara roda kereta dengan rel kereta. Namun pada penelitian sebelumnya ini masih memiliki kekurangan yaitu tidak membandingkan medan magnet kereta dengan medan magnet pada kendaraan umum yang melintasi perlintasan kereta untuk dijadikan tolak ukur apakah medan magnet yang terdeteksi benar-benar berasal dari kereta. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan dikembangkan sistem untuk membedakan medan magnet kereta dengan medan magnet kendaraan umum sehingga nantinya dapat diketahui bahwa medan magnet yang terdeteksi benar-benar berasal dari kereta yang melintas. Setelah sistem berhasil memastikan bahwa medan magnet yang terdeteksi berasal dari kereta, maka HPL (*High Power LED*) dan *buzzer* akan menyala secara bersamaan sebagai pertanda bahwa medan magnet yang terdeteksi berasal dari kereta dan sebagai pertanda bahwa ada kereta yang melintas.

2. Kajian Pustaka

2.1 Axle Counter dan Track Circuit

Saat ini, metode yang digunakan untuk mendeteksi arah datang dan keberadaan kereta adalah metode *axle counter* dan *track circuit*. *Axle Counter* adalah perangkat pada rel yang mendeteksi berlalunya kereta api antara dua titik di lintasan. Sebuah alat penghitung (atau titik deteksi) dipasang di setiap ujung bagian, karena setiap poros kereta melewati alat penghitung pada awal bagian. Titik deteksi terdiri dari dua sensor independen, maka dari itu perangkat dapat mendeteksi arah dan kecepatan kereta dengan urutan dan waktu di mana sensor dilewati. Saat kereta melewati alat penghitungan serupa di akhir bagian, maka penghitung membandingkan penghitungan pada akhir bagian dengan yang dicatat di awal. Jika kedua hal itu sama, maka bagian tersebut dianggap jelas untuk kereta kedua. *Axle counter* dihubungkan langsung dengan monitor yang ada di stasiun-stasiun terdekat [2].



Gambar II-1 Contoh Penempatan Axle Counter

. Kelebihan dari *axle counter* yaitu tidak perlu melakukan isolasi *rail joint* atau isolasi persambungan rel dan sistem ini aman dapat bekerja meskipun saat ada gangguan di rel seperti basah, pelumas atau ada pasir di sekitar rel. Kekurangan dari *axle counter* ini yaitu kegagalan pembacaan sensor sehingga perlu di cek secara berkala, pada awalnya terdapat keterbatasan pembacaan jumlah *axle* yaitu 255 per kereta dan jika lebih maka akan terjadi error [2]. *Track Circuit* merupakan salah satu jenis peralatan pendeteksi sarana yang berfungsi untuk mendeteksi bakal pelanting berupa kereta api, langsiran, lori, dan material yang bergerak lainnya yang berada di daerah deteksi [3]. Selain berfungsi sebagai pendeteksi sarana, *track circuit* juga dapat mendeteksi adanya rel yang patah. Jarak *track circuit* untuk mendeteksi bakal pelanting di tiap-tiap *section* yaitu sejauh 12 Km. *Track Circuit* terdiri dari dua jenis yaitu *track circuit* arus searah (DC) dan *track circuit* arus bolak-balik (AC) [3]. Komponen peralatan sarana pendeteksi jenis *track circuit* ini adalah rel konektor, kabel fleksibel, kotak terminal, rel isol, plat isol. *Location case* yaitu tempat relay, dan resistor variabel, tegangan dari *location case* adalah 11 V AC yang kemudian diserahkan dengan dioda *bridge* menjadi 5 V DC. *Track Circuit* bekerja dengan memanfaatkan *short circuit* as roda kereta atau *feeder* yang diumpankan pada koil relay. *Track Circuit* juga memiliki kekurangan yaitu rentan terhadap petir, jika cuaca sedang buruk terkadang sistem elektrik pada *track circuit* akan mengalami gangguan [3].

2.2 Induksi Magnet

Induksi magnetik adalah kuat medan magnet yang timbul akibat arus listrik yang mengalir dalam suatu penghantar. Oersted menunjukkan bahwa muatan bergerak dapat menimbulkan efek kemagnetan. Sedangkan, Faraday menunjukkan bahwa gerak magnet dapat menimbulkan arus listrik [6]. Selanjutnya, secara teoritis

laplace (1749-1827) menyatakan bahwa kuat medan magnetik atau induksi magnetik di sekitar arus listrik berbanding lurus dengan kuat arus listrik, panjang kawat penghantar dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak suatu titik dari kawat penghantar tersebut [5]. Besarnya medan magnet yang dihasilkan dari kawat lurus beraliran listrik dapat dihitung dengan persamaan Bio-Savart :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (2.1)$$

Dengan:

B = kuat medan magnet (T),

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (Wb.A⁻¹.m⁻¹),

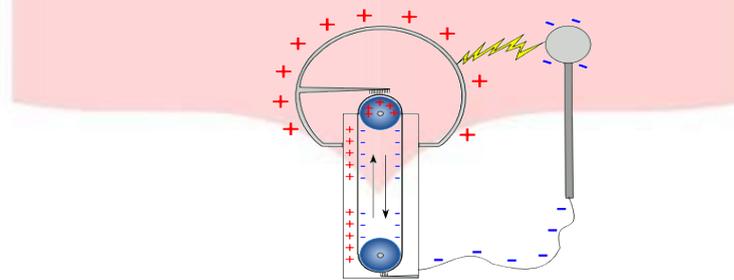
I = arus listrik (A),

a = jarak titik dengan kawat (m).

Gesekan antara rel dan roda kereta api yang terbuat dari besi diasumsikan dapat menghasilkan muatan listrik yang bergerak sehingga menimbulkan arus listrik (I), sehingga menimbulkan medan magnet (B) sesuai dengan jarak (a) disekitarnya [5].

2.3 Generator Van de Graaff

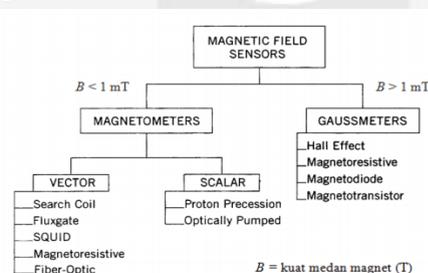
Generator Van De Graaff adalah suatu alat pembangkit listrik statis yang di ciptakan oleh Robert J. Van De Graaff pada tahun 1829. Generator Van de Graaff menjadi sumber tegangan tinggi untuk mempercepat partikel subatomik dengan kecepatan tinggi, membuatnya menjadi alat yang berguna untuk penelitian fisika fundamental. Sebuah generator Van De Graaff terdiri dari beberapa bagian penting yang membuat alat dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya. Komponen penting Generator Van De Graaff antara lain yaitu dua buah sisir logam yang berfungsi sebagai elektroda. Dua buah logam tersebut terdapat dibagian atas dan bawah roller sabuk karet.



Gambar II-2 Prinsip Kerja Generator Van de Graff

Prinsip kerja Generator Van de Graaff dapat dilihat pada Gambar II-4. Generator Van de Graaff memiliki prinsip kerja yang sama dengan listrik statis penemuan Thale of Miletus. Elektron bebas dihasilkan dari gesekan yang terjadi antara sisir logam dan sabuk karet. Sabuk konveyor karet yang bergerak keatas membawa elektron menuju kubah logam. Sedangkan sisi lain sabuk konveyor yang bergerak kebawah, membawa proton menuju ke tanah untuk di netralkan. Ketika elektron kian banyak terkumpul di kubah utama dan mempunyai beda potensial yang sangat tinggi, maka akan terjadi loncatan listrik dari kubah utama ke arah cincin baja atau kubah logam kecil sehingga tercipta percikan yang petir yang kasat mata. Generator Van De Graaff dengan beda potensial yang kecil jika di pegang kubah logamnya akan menyebabkan rambut seseorang berdiri tegak ke arah yang berlawanan. Hal ini di sebabkan karena adanya elektron yang berpindah ke ujung rambut dan saling bertolakan [8].

2.4 Sensor Magnetometer



Gambar II-3 Kategori Sensor Medan Magnet Berdasarkan Kekuatan Bidang Pengukuran

Kategori sensor medan magnet berdasarkan kekuatan bidang pengukurannya dapat dilihat pada Gambar II-3. Jenis pengukuran sensor dapat dibagi menjadi sensor yang digunakan untuk mengukur medan magnet rendah (< 1 mT) dan medan magnet tinggi (>1 mT). Instrumen yang mengukur medan magnet rendah disebut Magnetometer sedangkan instrumen yang mengukur medan magnet tinggi disebut Gauss Meter [7]. Sensor Magnetometer merupakan metode yang paling sensitif dari semua instrumentasi lapangan yang mengukur medan

magnet. Sensor ini beroperasi pada suhu mendekati nol mutlak dan memerlukan sistem kontrol termal khusus [7]. Sensor magnetometer ini digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah dari medan magnet disekitar sensor.



Gambar II-4 Sensor MAG3110

Pada penelitian ini sensor yang digunakan yaitu sensor magnetometer MAG3110. Sensor MAG3110 ini mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap pengukuran medan magnet rendah, dengan resolusi $0,1 \mu\text{T}$ dan *range* $1000 \mu\text{T}$ [10]. Sensor MAG3110 digunakan karena kecil, berdaya rendah, dan memiliki bidang 3 sumbu digital (X, Y, dan Z), sensor ini memanfaatkan teknologi *next generation magnetic tunnel junction* (MTJ) yang memungkinkan sensor memiliki sensitivitas tinggi dalam kondisi kekuatan medan magnet yang rendah [11]. Prinsip kerja sensor magnetometer yaitu medan magnet yang dideteksi sensor akan dikonversi menjadi sinyal listrik. Sinyal analog yang dihasilkan dilewatkan ke multiplexer untuk dipilih pada setiap arah sebelum dikonversi oleh ADC. Sinyal digital yang dihasilkan ADC masuk ke mikrokontroler untuk diolah dan ditampilkan hasil pengukurannya [12].

2.5 Arduino Uno



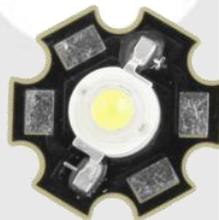
Gambar II-5 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. [13].

2.6 LED

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan *dioda* yang dapat memancarkan cahaya pada saat mendapat arus bias maju (*forward bias*). LED (*Light Emitting Diode*) dapat memancarkan cahaya karena menggunakan *dopping galium, arsenic* dan *phosporus*. Jenis *dopping* yang berbeda diatas dapat menghasilkan cahaya dengan warna yang berbeda.

Pada penelitian ini jenis LED yang digunakan yaitu HPL (*High Power LED*). *High Power LED* adalah lampu LED dengan teknologi terbaru yang merupakan pengembangan dari tipe SMD sebelumnya dan mampu menghasilkan *luminous efficacy* yang tinggi antara 30-90 lumen/W dengan konsumsi daya yang kecil. Lampu LED ini sudah dipergunakan secara luas untuk menggantikan lampu pijar di rumah, pabrik, jalan dan sebagainya [14].



Gambar II-6 LED-HPL

2.7 Buzzer

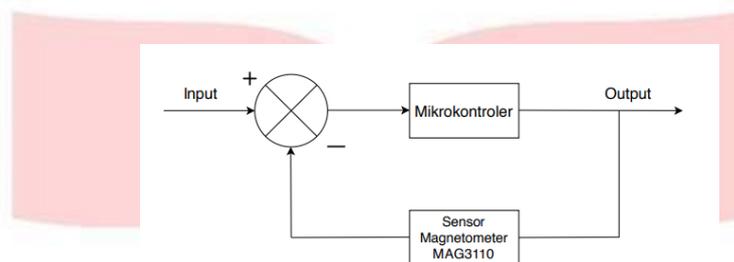


Gambar II-7 Buzzer

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara [13].

3. Perancangan Sistem

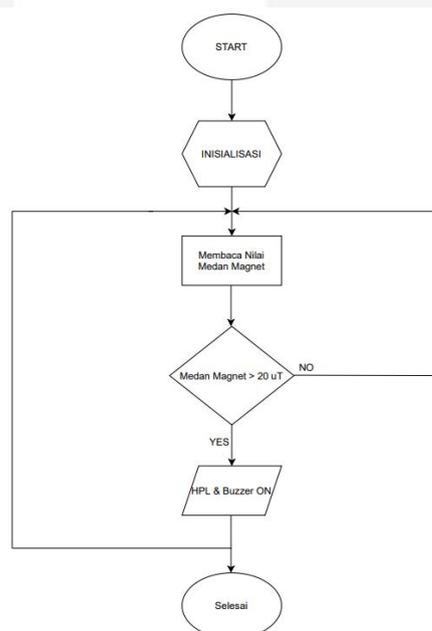
3.1 Diagram Blok



Gambar III-1 Gambaran Umum Sistem

Diagram blok sistem penelitian ini dapat dilihat pada Gambar III-1. Sistem menggunakan induksi magnetik untuk mendeteksi keberadaan kereta api, maka alat ini menggunakan sensor magnetometer MAG3110 untuk mendeteksi medan magnetnya. Kemudian setelah berhasil mendeteksi medan magnet maka mikrokontroler akan menampilkan data medan magnet tersebut dan divalidasi apakah medan magnet tersebut memenuhi nilai ambang batas yang sudah ditentukan dari pengolahan data pada saat pengambilan nilai ambang batas dilakukan. Jika nilai medan magnet tersebut memenuhi nilai ambang batas yang ditentukan, maka HPL dan *buzzer* akan menyala sebagai pertanda bahwa medan magnet tersebut berasal dari kereta. Hal tersebut berbanding terbalik jika nilai medan magnet tidak memenuhi nilai ambang batas, maka sensor akan terus mendeteksi medan magnet dan mengirimkannya secara terus-menerus ke mikrokontroler.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar III-2 Flowchart

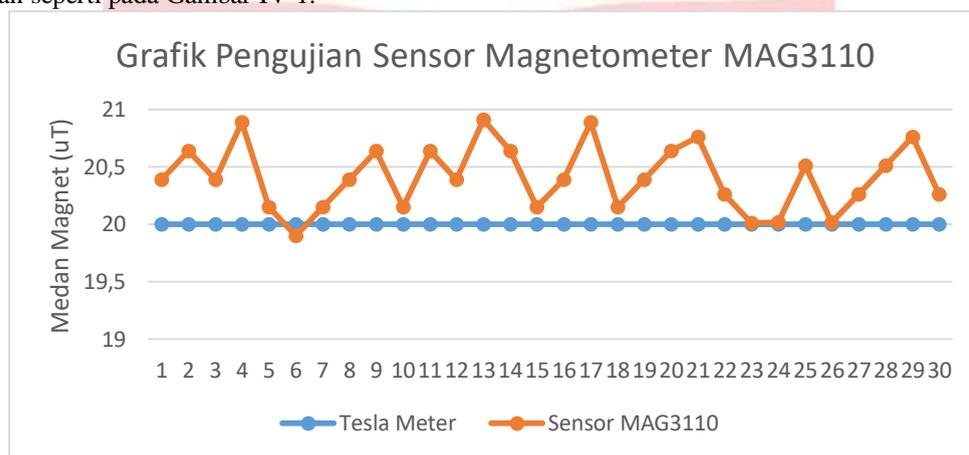
Perancangan perangkat lunak yang akan diimplementasikan sistem dapat dilihat pada Gambar III-3. Adapun tahapan kerja pada diagram alir tersebut adalah sebagai berikut :

- Input merupakan medan magnet yang terjadi disekitar alat yang dideteksi oleh sensor dan dikirim menuju mikrokontroler.
- Medan magnet diolah di mikrokontroler, lalu medan magnet tersebut melewati nilai ambang batas yang sudah ditentukan atau tidak.
- Setelah mendapatkan perbandingan medan magnet, apabila nilai medan magnet yang terbaca melewati ambang batas yang ditentukan, maka mikrokontroler akan mengirimkan perintah menuju HPL dan *buzzer* sebagai indikator bahwa ada kereta yang melintas.

4. Hasil Analisis

4.1 Pengujian Sensor Magnetometer MAG3110

Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui akurasi pembacaan sensor magnetometer MAG3110, dan juga untuk mengetahui dan menghitung persentase kesalahan dan persentase akurasi sensor magnetometer MAG3110 yang digunakan pada sistem. Proses pengujian keakurasian sensor MAG3110 dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang terbaca pada sensor dengan nilai yang terbaca pada tesla meter pada waktu yang bersamaan seperti pada Gambar IV-1.



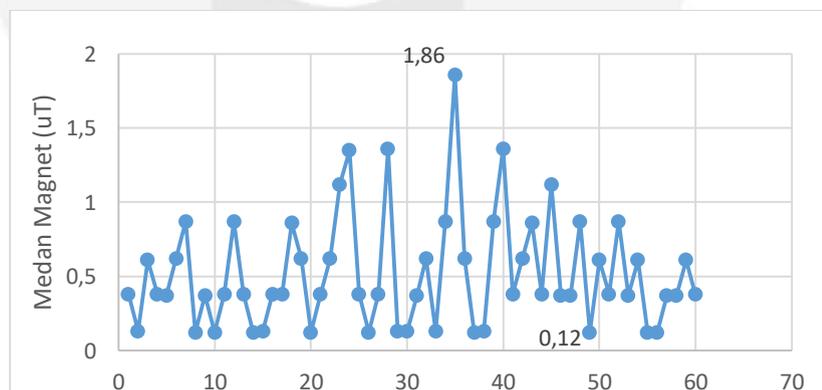
Gambar IV - 1 Grafik Pengujian Sensor Magnetometer MAG3110

4.2 Pengujian Implementasi Sistem

Pengujian implementasi ini bertujuan untuk mengetahui hasil penggunaan sistem saat diterapkan, agar nantinya sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan tujuan. Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada perlintasan kereta api Kota Bandung Jawa Barat.

4.2.1 Pengujian *Background* Lingkungan

Pengujian *background* lingkungan ini bertujuan untuk mengetahui nilai medan magnet yang ada disekitar alat ketika tidak ada kereta atau kendaraan umum yang melintas.

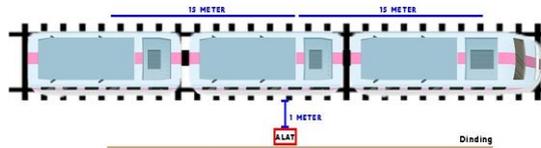


Gambar IV - 2 Grafik Nilai Medan Magnet Lingkungan

Dapat dilihat pada Gambar IV-2, rentang nilai medan magnet lingkungan yang ada disekitar alat ketika tidak ada kereta dan kendaraan umum yang melintas yaitu sebesar 0,12 μT sampai dengan 1,86 μT . Adapun rata-rata nilai medan magnetnya yaitu sebesar 0,52 μT .

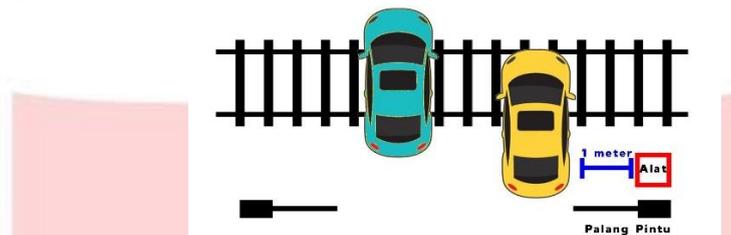
4.2.2 Pengambilan Nilai Ambang Batas (*Threshold*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengambil data nilai amplitude maksimum medan magnet kereta api dan nilai amplitude maksimum medan magnet kendaraan umum. Data nilai amplitude maksimum medan magnet tersebut nantinya bisa digunakan untuk menentukan nilai ambang batas (*threshold*) medan magnet kereta yang melintas. Mekanisme pengujiannya adalah sebagai berikut :



Gambar IV-3 Mekanisme Pengambilan Data Medan Magnet Kereta

Dapat dilihat pada Gambar IV-3 mekanisme pengambilan data medan magnet kereta, posisi peletakan alat untuk mengambil data medan magnet kereta yang nantinya akan dijadikan sebagai parameter nilai ambang batas kereta berjarak 1 meter dari perlintasan kereta. Peletakan pada jarak 1 meter ini merupakan jarak aman dari perlintasan kereta.



Gambar IV-4 Mekanisme Pengambilan Data Medan Magnet Kendaraan

Dapat dilihat pada Gambar IV-4 mekanisme pengambilan data medan magnet kendaraan, posisi peletakan untuk mengambil data medan magnet kendaraan yang nantinya akan dijadikan sebagai parameter nilai ambang batas kendaraan juga berjarak 1 meter dari jalan kendaraan.

Tabel IV - 1 Data Medan Magnet Kereta

NO	Objek	Nilai Medan Magnet (μT)
1	Kereta	20,29
2	Kereta	21,28
3	Kereta	23,26
4	Kereta	24,25
5	Kereta	25,29
6	Kereta	29,09
7	Kereta	30,48
8	Kereta	30,93
9	Kereta	31,18
10	Kereta	31,79
11	Kereta	32,19
12	Kereta	33,16
13	Kereta	33,53
14	Kereta	33,68
15	Kereta	34,4
16	Kereta	34,43
17	Kereta	34,9
18	Kereta	35,28
19	Kereta	36,18
20	Kereta	36,91
21	Kereta	36,92
22	Kereta	37,62
23	Kereta	39,89
24	Kereta	40,08
25	Kereta	40,35
26	Kereta	40,6
27	Kereta	44,56
28	Kereta	49,01
29	Kereta	50,3
30	Kereta	50,63
Total		1042,46
Rata-Rata		34,75

Berdasarkan pengujian pada Tabel IV-1, dapat dilihat bahwa dari 30 kali percobaan nilai amplitude maksimum medan magnet kereta terkecil yaitu 20,29 μT dan nilai amplitude maksimum medan magnet terbesarnya yaitu sebesar 50,63 μT . Adapun rata-rata nilai medan magnetnya yaitu sebesar 34,75 μT .

Tabel IV – 2 Data Medan Magnet Kendaraan Umum

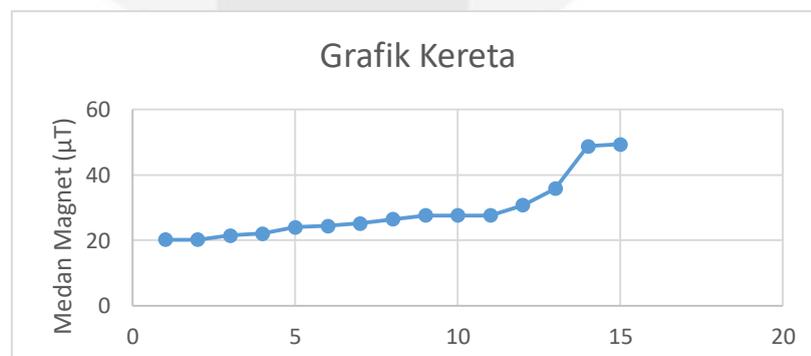
NO	Objek	Nilai Medan Magnet (μT)
1	Kendaraan	8,15
2	Kendaraan	8,16
3	Kendaraan	8,38
4	Kendaraan	8,57
5	Kendaraan	8,99
6	Kendaraan	9,07
7	Kendaraan	9,15
8	Kendaraan	9,39
9	Kendaraan	9,64
10	Kendaraan	9,88
11	Kendaraan	9,89
12	Kendaraan	10,87
13	Kendaraan	10,88
14	Kendaraan	11,21
15	Kendaraan	11,79
16	Kendaraan	11,79
17	Kendaraan	12,53
18	Kendaraan	12,6
19	Kendaraan	13,01
20	Kendaraan	13,26
21	Kendaraan	13,34
22	Kendaraan	13,35
23	Kendaraan	13,51
24	Kendaraan	13,52
25	Kendaraan	14,25
26	Kendaraan	14,5
27	Kendaraan	14,58
28	Kendaraan	14,8
29	Kendaraan	16,65
30	Kendaraan	16,97
Total		352,68
Rata-Rata		11,76

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel IV-2, dan dapat dilihat bahwa dari 30 kali percobaan nilai amplitude maksimum medan magnet kendaraan umum terbesar yaitu 16,97 μT dan nilai amplitude medan magnet terkecilnya yaitu sebesar 8,15 μT . Adapun rata-rata nilai medan magnet kendaraan umum yaitu sebesar 11,76 μT . Nilai medan magnet tersebut nantinya akan digunakan sebagai referensi untuk menentukan nilai *threshold* pada alat deteksi keberadaan kereta api.

Berdasarkan pengujian pada Tabel IV-1, dapat dilihat bahwa dari 30 kali percobaan nilai amplitude maksimum medan magnet kereta selalu melebihi 20 μT . Sedangkan pada Tabel IV-2, dapat dilihat bahwa dari 30 kali percobaan nilai amplitude maksimum medan magnet kendaraan umum tidak ada yang mencapai 20 μT . Perbedaan nilai amplitude maksimum antara medan magnet kereta dengan medan magnet kendaraan umum ini nantinya juga digunakan sebagai referensi untuk menentukan nilai ambang batas (*threshold*) pada alat deteksi keberadaan kereta api ini. Berdasarkan perbedaan nilai amplitude maksimum medan magnet kereta dan nilai amplitude maksimum kendaraan umum, serta rata-rata nilai amplitude maksimum medan magnet kereta dan rata-rata nilai amplitude medan magnet kendaraan umum yang diterangkan pada Tabel IV-1 dan Tabel IV-2, maka dapat disimpulkan bahwa untuk nilai ambang batas (*threshold*) medan magnet kereta yang ditetapkan pada alat deteksi keberadaan kereta api ini yaitu $> 20 \mu\text{T}$. Sedangkan, untuk nilai ambang batas (*threshold*) medan magnet kendaraan umum yaitu $< 20 \mu\text{T}$ dan $> 8 \mu\text{T}$.

4.2.3 Pengujian Deteksi Keberadaan Kereta Api

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui alat deteksi keberadaan kereta menggunakan induksi magnetik dengan menggunakan sensor magnetometer MAG3110 ini bekerja dengan baik setelah nilai ambang batas ditentukan.

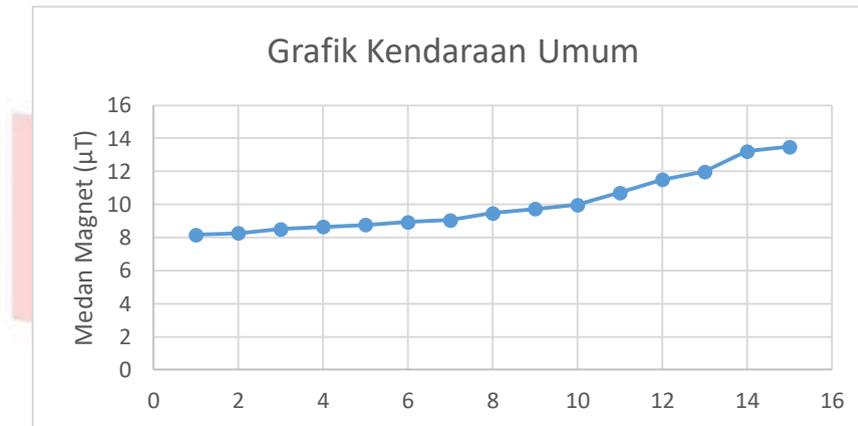


Gambar IV-5 Grafik Pengujian Deteksi Kereta

Berdasarkan pengujian pada Gambar IV-5, dapat dilihat bahwa dari 15 kali percobaan saat kereta melintas nilai medan magnet yang terdeteksi selalu melewati nilai ambang batas yang sudah ditentukan melalui pengolahan data yang sudah dianalisa, dan sistem dapat mendeteksi nilai medan magnet kereta dengan tepat dan benar dari 15 kali percobaan tersebut. Adapun rentang nilai medan magnet kereta yang terdeteksi yaitu sebesar 20,17 μT sampai dengan 49,35 μT dengan rata-rata nilai medan magnet sebesar 28,74 μT . Kondisi HPL dan *buzzer* juga selalu menyala dan bunyi yang merupakan indikator bahwa ada kereta yang sedang melintas. Hal tersebut membuktikan bahwa sistem deteksi keberadaan kereta api berhasil melakukan deteksi dengan benar dari 15 kali percobaan tersebut.

4.2.4 Pengujian pada Kendaraan Umum

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dengan menggunakan parameter ambang batas yang sudah ditentukan antara kendaraan umum dan kereta api. Tujuan dilakukan pengujian pada kendaraan umum ini yaitu untuk mengetahui apakah nilai medan magnet kendaraan umum yang melintasi perlintasan kereta menyamai atau melebihi nilai medan magnet kereta yang disebabkan oleh gesekan roda kereta dengan rel kereta.



Gambar IV -6 Grafik Pengujian Kendaraan Umum

Berdasarkan pengujian pada Gambar IV-6, dapat dilihat bahwa dari 15 kali percobaan nilai medan magnet kendaraan umum tidak ada yang melebihi nilai ambang batas kereta yang sudah ditentukan. Adapun rentang nilai medan magnet kendaraan umum yang terdeteksi yaitu sebesar 8,16 μT sampai dengan 13,49 μT dengan rata-rata nilai medan magnet sebesar 10,03 μT . Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi keberadaan kereta sudah bekerja dengan baik, karena pada saat pengujian kendaraan umum tidak dapat kesalahan dan *error* dalam mendeteksi medan magnet kendaraan yang melintas.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, penulis mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan sistem deteksi keberadaan kereta api menggunakan induksi magnetik yang memanfaatkan sensor magnetometer MAG3110 ini memiliki akurasi sebesar 97,92% dan nilai error 2,08%.
2. Setelah melakukan pengambilan dan menganalisis data medan magnet kereta dan data medan magnet kendaraan umum, nilai ambang batas (*threshold*) medan magnet kereta yaitu $> 20 \mu\text{T}$, sedangkan nilai ambang (*threshold*) batas medan magnet kendaraan umum yaitu $< 20 \mu\text{T}$ dan $> 8 \mu\text{T}$.
3. Setelah melakukan percobaan dan analisis, sistem deteksi keberadaan kereta api menggunakan induksi magnetik dapat mendeteksi adanya kereta yang melintas dengan rentang nilai medan magnet kereta yaitu sebesar 20,17 μT sampai dengan 49,35 μT .
4. Setelah melakukan analisis dan pengujian pada kendaraan umum, rentang nilai medan magnet kendaraan umum yaitu sebesar 8,16 μT sampai dengan 13,49 μT , dan tidak ada yang melewati nilai ambang(*threshold*) batas kereta.

5.2 Saran

1. Penggunaan metode yang terintegrasi dengan sistem persinyalan dan *interlocking* agar hasilnya lebih optimal.

REFERENCE

- [1] M. Fayyadh, U. Sunraya dan R. Nugraha, "Perancangan Sistem Otomasi Palang Pintu Kereta Api Berbasis Motion Detection," vol. 2, p. 292, 2015.

- [2] R. K. Saraswati, "Deteksi Kereta Api Pada Rel Menggunakan Sensor MPU6050," 2019.
- [3] F. H. P. Mariana Diah Puspita Sari, "Analisis Perbandingan Pendeteksi Sarana Pada Lintas Surabaya-Madiun," *Jurnal Perkeretaapian indonesia*, vol. 1, pp. 117-125, 2017.
- [4] D. A. N. Sriastuti, "KERETA API PILIHAN UTAMA SEBAGAI MODA ALTERNATIF ANGKUTAN UMUM MASSAL," vol. 4, p. 28, 2015.
- [5] A. S. Fauzi dan A. Mufarrih, "Medan Magnet di Sekitar Rel Kereta Api," vol. 2, p. 28, 2019.
- [6] S. Akil dan A. Subandi, "Rancang Bangun Model Kereta Cepat Dengan Metode Magnetik Levitation Menggunakan Mikrokontroler Sebagai Penggeser Elektromagnetik," p. 2.
- [7] M. Y. Gustara, "Deteksi Medan Magnet Kereta untuk Informasi Dini Sistem Pemberhentian Darurat Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dengan Sensor Solenoid.," 2016.
- [8] R. J. Van de Graaff, K. T. Compton dan L. C. Van Atta, "The Electrostatic Production of High Voltage for Nuclear Investigations," *Robert J. Van De Graaff, Rhys. Rev.*, vol. 43, p. 149-157, 1933.
- [9] "<https://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-efek-hall-hall-effect-sensor-prinsip-kerja-efek-hall/>," 2020. [Online]. [Diakses Rabu May 2020].
- [10] L. M. S. F. Zhenglong Sun, *Passive Magnetic-based Localization for Precise*, 2017.
- [11] C. K. H. M. M. S. R. M. R. D. a. H. A. Nurul A'in Nadzri, "Vehicle Detection System Using Tunnel," pp. 547-548, 2018.
- [12] Z. Kamus, "ANALISIS RANGKAIAN ELEKTRONIKA MAGNETOMETER BERBASIS," *EKSAKTA*, vol. 2, p. 86, 2010.
- [13] A. Dekkiyusa, F. Hanifullah, M. Sukmawati, S. W. Bagaskara dan S. Beta, "Pengatur Palang Pintu Kereta dan Jalan Layang Otomatis," 2018.
- [14] A. A. CHANDRA, *RANCANGAN BANGUN LAMPU BOHLAM MENGGUNAKAN HIGH POWER LED (HPL)*, MALANG, 2019, p. 79.
- [15] F. D. Agustia dan A. Harjoko, "Desain Palang Kereta Api Otomatis Dilengkapi Sistem Pewaktuan Dalam Pendektensiannya".
- [16] L. M. Ponsa, H. Khoswanto dan H. Saptono, "Studi Magnetic Levitation dengan Kontrol Arduino," vol. 10, p. 12, 2017.