



Rancang bangun *early warning system* pada perlintasan sebidang berbasis mikrokontroler dengan lora dan SMS *gateway*

Rahmat Putra Ramadhan^{1✉}, Mariana Diah Puspitasari², Agustinus P.E.W³

Program Studi Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun^(1,2,3)

DOI: 10.31004/jutin.v7i4.33368

✉Corresponding author:

[rahmat.tep2120361@taruna.ppi.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Lora ;

Mikrokontroler ;

Sensor Ultrasonik;

SMS Gateway ;

Perlintasan sebidang antara jalan dan jalur kereta api di Indonesia masih menghadapi tantangan keselamatan besar. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 94 Tahun 2018, diperlukan sistem peringatan dini otomatis tanpa penjaga. Beberapa lokasi, seperti di wilayah Satuan Pelayanan Madiun dan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Surabaya, telah dilengkapi dengan sistem buatan PT Wantech, namun banyak yang tidak berfungsi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem peringatan dini berbasis mikrokontroler dengan teknologi LoRa dan SMS Gateway sebagai pengganti sementara. Menggunakan metode waterfall dan mean absolute error, penelitian ini membandingkan sensor ultrasonik HC-SR04 dan HY-SRF05. Hasil menunjukkan HY-SRF05 lebih unggul dalam mendeteksi kereta api, dengan rata-rata waktu pengiriman data sebesar 2,5 detik untuk jarak hingga 1,5 km menggunakan LoRa, dan SMS Gateway berhasil mengirimkan notifikasi peringatan pada jarak yang sama. Sistem ini diharapkan meningkatkan keselamatan pengguna jalan dan perjalanan kereta api.

Abstract

Keywords:

Lora ;

Microcontroller;

Ultrasonic Sensor;

SMS Gateway

Level crossings between roads and railway tracks in Indonesia still face significant safety challenges. According to the Indonesian Minister of Transportation Regulation Number 94 of 2018, an automatic early warning system without guards is required. Some locations, such as those under the supervision of the Madiun Service Unit and the Class 1 Surabaya Railway Technical Center, have been equipped with systems made by PT Wantech, but many are non-functional. This study aims to create a microcontroller-based early warning system using LoRa and SMS Gateway technology as a temporary replacement. Using the waterfall method and mean absolute error, this study compares the HC-SR04 and HY-SRF05 ultrasonic sensors. The results show that HY-SRF05 is superior in detecting trains, with an average data transmission time of 2.5 seconds for distances up to 1.5 km using LoRa, and the SMS Gateway successfully sent warning notifications at the same distance. This system is expected to improve the safety of road users and train journeys.

1. PENDAHULUAN

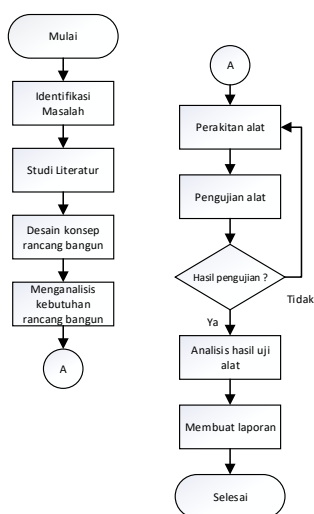
Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 94 Tahun 2018 tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang antara Jalur Kereta Api dengan Jalan (Indonesia), Perlintasan sebidang adalah perpotongan antara jalan dengan jalur kereta api. Peralatan keselamatan perlintasan sebidang merupakan alat yang digunakan untuk mengamankan pengguna jalan dan perjalanan kereta api di perlintasan sebidang dengan menggunakan alat pendeteksi kereta api yang tidak terhubung dengan persinyalan kereta api, beroperasi secara otomatis, tanpa penjaga perlintasan sebidang kereta api, dilengkapi dengan portal pengaman pengguna jalan, isyarat lampu peringatan, isyarat suara, tulisan berjalan, pengendali utama sistem peralatan, dan catu daya (Kemenhub, 2018).

Sejalan dengan perkembangan kereta api yang begitu diminati oleh masyarakat sehingga banyaknya lalu-lalang kereta api yang beroperasi melewati perpotongan jalan moda transportasi lain, dibutuhkan pengawasan untuk menjamin keselamatan perjalanan kereta api dan keselamatan pengguna jalan. Sehingga diperlukan badan hukum atau lembaga yang sudah mendapat verifikasi resmi oleh Kementerian Perhubungan. Balai Teknik Perkeretaapian merupakan unit pelaksana teknis di lingkungan Kementerian Perhubungan yang berada dibawah dan bertanggung jawab kepada Direktur Jenderal Perkeretaapian (Kemenhub, 2022). Pelaksanaan pengendalian dan pengawasan perlintasan sebidang sementara, perpotongan atau persinggungan antara jalur kereta api dengan bangunan lain menjadi salah satu fungsi penyelenggaraan Balai Teknik Perkeretaapian.

Early Warning System pada perlintasan sebidang merupakan peralatan yang dapat memberikan peringatan atau informasi dini kepada pengguna jalan ketika kereta api akan melintas di lokasi perlintasan sebidang. Berdasarkan data monitoring perlintasan sebidang Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Surabaya Tahun 2024 di wilayah pengawasan Satuan Pelayanan Madiun dari Madiun sampai Jombang dibawah ini terdapat 24 JPL resmi milik pemerintah daerah, dengan kondisi 10 *Early Warning System* tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Salah satunya seperti pada jalur perlintasan langsung 13 Kabupaten Magetan, Provinsi Jawa Timur. Kondisi *Early Warning System* tidak berfungsi sementara penjagaan dilakukan oleh sukarelawan (Fariyah Ibnu Fiqri, 2022). *Early Warning System* yang sudah ada merupakan buatan PT Wantech dimana ketika terjadi kerusakan maka perbaikan akan dilakukan oleh perusahaan tersebut sendiri, sehingga mengenai waktu perbaikan tidak diketahui. Perancangan *Early Warning System* berbasis *mikrokontroler* dapat menjadi pilihan untuk menggantikan sementara peralatan *Early Warning System* yang sudah ada namun tidak berfungsi. Tujuannya yaitu agar para pengguna jalan yang akan melewati perlintasan sebidang tetap merasa aman. Kecepatan pengiriman data juga diperlukan perhatian, oleh karena itu penambahan komponen *Long Range* menjadi terobosan baru karena dinilai mampu mengirimkan data cepat. Pada sisi lain, guna mendukung kinerja penjaga pintu perlintasan oleh sukarelawan rancangan alat juga ditambahkan modul *SMS wireless* yang mampu memberikan peringatan notifikasi kepada *smartphone* ataupun *handphone* milik petugas.

2. METODE PENELITIAN

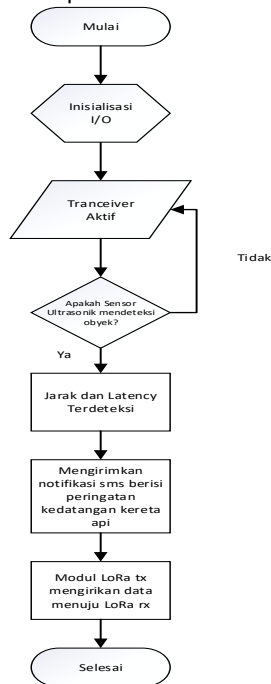


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Perancangan Desain

Rancangan dibuat untuk memberikan gambaran secara umum tentang penggunaan alat yang akan digunakan, berikut merupakan tampilan flowchart masing-masing alat:

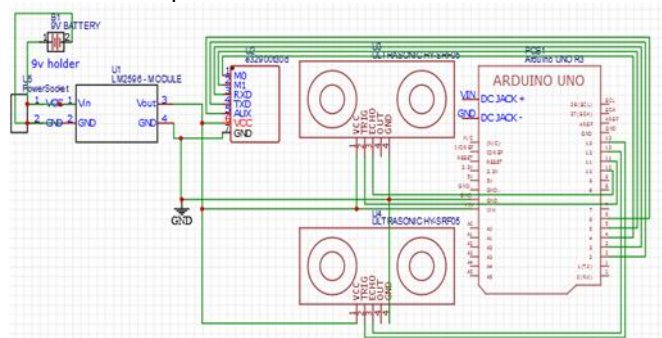
Flowchart Proses Kerja Sistem Pendeteksi Kereta Api



Gambar 2 Sistem Kerja Pendeteksi Kereta Api

Berdasarkan gambar 3.2 desain *flowchart* proses kerja sistem pendeteksi kereta api dimulai saat sistem diaktifkan lalu sensor ultrasonik bekerja untuk mendeteksi objek. Ketika objek terdeteksi maka *mikrokontroler arduino uno* mencatat data jarak dan *latency* (kecepatan pantulan sensor ultrasonik). Serta mengirimkan notifikasi peringatan sms menuju nomor yang sudah ditentukan milik petugas penjaga perlintasan sebidang. Hasil catatan tersebut akan diproses menuju *receiver* yang berada di JPL melalui modul *LoRa*. proses kerja *Early Warning System* perlintasan sebidang dimulai saat sistem diaktifkan lalu modul *LoRa* sebagai *receiver* memperoleh data dari *LoRa transmitter* kemudian *mikrokontroler* memproses hasil data tersebut untuk menyalakan *output* berupa *alarm* dan lampu *rotary*. Setelah itu *output* akan nonaktif dengan sendirinya.

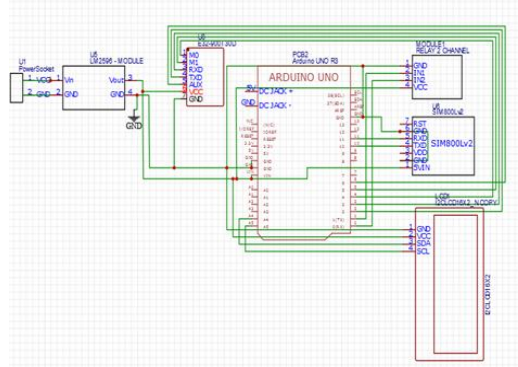
1. Skema Wiring PCB Pendeteksi Kereta Api



Gambar 3 Wiring PCB Pendeteksi Kereta Api

Berdasarkan gambar 3 perancangan desain wiring PCB untuk alat pendeteksi kereta api dibuat dengan *software EasyEDA*. Komponen yang dipakai antara lain *arduino uno r3*, sensor ultrasonik tipe HC-SR04 dan tipe HY-SRF05, modul *LoRa SX1276*, *Stepdown LM2596 DC to DC, on off button*, dan *holder baterai 9v*. Wiring diatas juga sudah disesuaikan dengan pin yang akan dipasang saat membuat alat.

2. Skema Wiring PCB Early Warning System



Gambar 4 Wiring PCB Early Warning System

Berdasarkan gambar 4 perancangan desain wiring PCB untuk alat *Early Warning System* dibuat dengan *software EasyEDA*. Komponen yang dipakai antara lain *arduino uno r3*, *power socket*, *modul LoRa sx 1276*, *stepdown lm2596*, *modul relay 2 channel*, dan *modul sms gsm*. Wiring diatas juga sudah disesuaikan dengan pin yang akan dipasang saat membuat alat.

2.2 Metode Pengujian

Metode pengujian bertujuan mengumpulkan berbagai data yang diperoleh dari proses pengujian alat yang telah dibuat oleh penulis. Pada metode pengujian penulis membuat beberapa skenario pengujian alat. Berikut ini merupakan skenario yang dilakukan penulis dalam proses pengujian alat yang dibuat:

A. Pengujian Jarak Sensor Ultrasonik

Pengujian jarak sensor ultrasonik dilakukan untuk memastikan kehandalan antara sensor ultrasonik HC-SR04 dan HY-SRF05. Pengujian tersebut dilaksanakan karena ada anggapan bahwa sensor ultrasonik kurang akurat. Pengujian dilakukan dengan mengukur akurasi sensor ultrasonik dalam mengukur jarak antara sensor dan kereta api dan memastikan sensor dapat mendeteksi kereta api pada jarak aman sesuai dengan batas ruang bebas kereta api pada PM 60 Tahun 2022 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api yaitu minimal melebihi jarak 1,95 meter.

B. Pengujian Waktu Respon Sensor Ultrasonik

Pengujian waktu respon sensor ultrasonik dilakukan untuk mengukur waktu respon sensor ultrasonik saat mendeteksi perubahan jarak dengan kereta api antara sensor ultrasonik tipe HC-SR04 dan HY-SRF05 serta untuk memastikan sensor mampu memberikan respon cepat saat kereta api sudah terdeteksi.

C. Pengujian Kehandalan Sensor Ultrasonik

Pengujian kehandalan sensor ultrasonik antara tipe HC-SR04 dan HY-SRF05 dilakukan dengan harapan sensor mampu berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi cuaca dan lingkungan, sehingga mampu mengukur tingkat kehandalan masing-masing sensor ketika mendeteksi objek kereta api.

D. Pengujian Komparatif Antara EWS Penulis dengan PT Wantech Berdasarkan Data Spesifikasi Komponen

Pengujian komparatif antara *Early Warning System* milik penulis dengan PT Wantech berdasarkan data spesifikasi komponen yang tersedia, dilakukan untuk mengetahui perbedaan pada komponen yang digunakan untuk membuat *Early Warning System* pada perlintasan sebidang. Perbandingan dilihat dari spesifikasi bagian tertentu seperti *output*, *catu daya*, *controller*, serta pendeteksi kereta api yang sudah terpasang pada *Early Warning System*.

E. Pengujian Kecepatan Pengiriman Modul Komunikasi LoRa

Pengujian kecepatan pengiriman dengan menggunakan *LoRa* sebagai media komunikasi yaitu untuk memastikan bahwa *LoRa* mampu dipakai sebagai komunikasi *Early Warning System* pada perlintasan sebidang sehingga ketika *LoRa Tx* mendapatkan objek deteksi kereta api maka *LoRa Rx* mampu memperoleh data sebelum kereta api datang melewati perlintasan sebidang. Pengujian dilakukan dengan beberapa halangan seperti pepohonan, kendaraan, dan bangunan untuk memastikan kehandalan modul *LoRa* saat dipakai sebagai media komunikasi.

F. Pengujian Keberhasilan Penggunaan Modul SMS

Pengujian keberhasilan penggunaan modul sms dilakukan untuk memastikan penggunaan modul sms dapat berfungsi dengan baik. Jarak pengujian dilakukan pada jarak 500 hingga 1,5 Km disesuaikan dengan lokasi pengujian yang panjangnya hingga 1,6 Km. Jika modul SMS berhasil mengirimkan notifikasi pada jarak tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan modul SMS efektif untuk memberikan peringatan notifikasi berupa SMS kepada nomor yang sudah disesuaikan dengan nomor milik petugas penjaga pintu perlintasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik Untuk Pendeteksi Kereta Api

Pengujian dilakukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan, objek deteksi, jarak pengukuran sebenarnya (cm), waktu pengujian, jarak ketika pengujian (cm). Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dengan keadaan error saat pengujian sudah langsung terhitung dengan menggunakan Microsoft Excel. Setelah semua sudah terdata pada masing-masing kondisi pengujian dalam satu tabel, maka langkah selanjutnya menghitung nilai rata-rata kesalahan (error) yang didapatkan masing-masing sensor terhadap masing-masing objek penelitian. Berikut merupakan rumus menemukan nilai rata-rata kesalahan (error) menurut (Diseminasi & Genap, 2021): Hasil Pengukuran Rata-Rata menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(X_0) = \frac{\sum xi}{N} \times 100\%$$

$$(X_0) = \text{Jumlah semua nilai} / \text{banyaknya data} \times 100\%$$

Berikut ini merupakan hasil pengujian sensor ultrasonik tipe HC-SR04 dan HY-SRF05 pada objek kereta api, manusia, tanpa halangan, dan pengkalibrasian:

Tabel 1. Uji Kalibrasi Ultrasonik

No.	Kondisi Lingkungan	Objek Deteksi	Jarak Sebenarnya (cm)	Waktu Pengujian	Jarak Pengujian (cm)		Error (%)	
					HC-SR04	HY-SRF05	HC-SR04	HY-SRF05
1.	Ruang Tertutup	Dinding Rumah	1000	1 Detik	1012	1014	-1%	-1%
2.			1000	2 Detik	1012	1014	-1%	-1%
3.			1000	3 Detik	1012	1014	-1%	-1%
4.			2000	1 Detik	2002	2000	0%	0%
5.			2000	2 Detik	2002	2000	0%	0%
6.			2000	3 Detik	2002	2000	0%	0%
7.			3000	1 Detik	3042	3045	-1%	-2%
8.			3000	2 Detik	3042	3045	-1%	-2%
9.			3000	3 Detik	3042	3045	-1%	-2%
10.			3500	1 Detik	3488	3502	0%	0%

Rata-rata persentase kesalahan sensor menggunakan rumus hasil pengukuran rata-rata sebagai berikut:

- Sensor Ultrasonik HC-SR04 : -0,6%
- Sensor Ultrasonik HY-SRF05 : -0,9%

Hasil pengujian menyimpulkan kedua sensor ultrasonik dapat digunakan dengan baik pada pengujian kalibrasi karena persentase kesalahan dibawah 0%.

A. Pengujian Pada Objek Kereta Api

Tabel 2. Objek Kereta Api

No.	Kondisi Lingkungan	Kondisi Cuaca	Objek Deteksi	Jarak Sebenarnya (cm)	Waktu Pengujian	Waktu Pantulan (ms)	Jarak Pengujian (cm)		Error (%)	
							HC-SR04	HY-SRF05	HC-SR04	HY-SRF05
1.	Ruang Terbuka	Cerah	Kereta Api (Pasundan)	3500	Detik 1	823	1534	3546	56%	-1%
					Detik 2	823	1534	3546	56%	-1%
					Detik 3	827	1864	3466	47%	1%
					Detik 4	875	1767	3546	50%	-1%
					Detik 5	845	1021	3120	71%	11%
2.	Ruang Terbuka	Cerah	Kereta Api (Argo Wilis)	3500	Detik 1	766	1636	3380	53%	3%
					Detik 2	775	625	2666	82%	24%
					Detik 3	927	876	2786	75%	20%
					Detik 4	765	1012	1988	71%	43%
					Detik 5	927	876	2786	75%	20%

Rata-rata persentase kesalahan sensor menggunakan rumus hasil pengukuran rata-rata sebagai berikut:

- Sensor Ultrasonik HC-SR04:

- 1. KA Pasundan : 56%
- 2. KA Argo Wilis : 71.2%

- Sensor Ultrasonik HY-SRF05:

- 1. KA Pasundan : 1.8%
- 2. KA Argo Wilis : 22%

- Waktu Pantulan Sensor:

- 1. KA Pasundan : 838.6 ms
- 2. KA Argo Wilis : 832 ms

Hasil pengujian menyimpulkan kedua sensor ultrasonik pada objek kereta api mendapati waktu pantulan sensor menuju objek lalu kembali lagi menuju sensor yaitu ± 800 ms dengan persentase kesalahan beragam dimana menyimpulkan bahwa sensor ultrasonik tipe HY-SRF05 lebih unggul daripada tipe HC-SR04.

B. Pengujian Pada Objek Manusia

Tabel 3. Objek Manusia

No.	Kondisi Lingkungan	Kondisi Cuaca	Objek Deteksi	Jarak Sebenarnya (cm)	Waktu Pengujian	Waktu Pantulan (ms)	Jarak Pengujian (cm)		Error (%)	
							HC-SR04	HY-SRF05	HC-SR04	HY-SRF05
1.	Ruang Terbuka	Cerah	Manusia	1000	1 Detik	234	997	1004	0%	0%
		Cerah			2 Detik	253	1001	1004	0%	0%
		Cerah			3 Detik	236	1001	1004	0%	0%
2.	Ruang Terbuka	Cerah	Manusia	2000	1 Detik	556	2002	2004	0%	0%
		Cerah			2 Detik	598	2002	2004	0%	0%
		Cerah			3 Detik	621	2004	2004	0%	0%
3.	Ruang Terbuka	Cerah	Manusia	3000	1 Detik	987	2540	3006	15%	0%
		Cerah			2 Detik	985	2601	3007	13%	0%
		Cerah			3 Detik	976	2634	3006	12%	0%

Rata-rata persentase kesalahan sensor menggunakan rumus hasil pengukuran rata-rata sebagai berikut:

- Sensor Ultrasonik HC-SR04:

- 1. Objek Manusia jarak 1 m : 0%
- 2. Objek Manusia jarak 2 m : 0%
- 3. Objek Manusia jarak 3 m : 17.3%

- Sensor Ultrasonik HY-SRF05:

- 1. Objek Manusia jarak 1 m : 0%
- 2. Objek Manusia jarak 2 m : 0%
- 3. Objek Manusia jarak 3 m : 0%

- Waktu pantulan sensor:

- 1. Jarak 1 m : 241 ms
- 2. Jarak 2 m : 591.6 ms
- 3. Jarak 3 m : 982.6 ms

Hasil pengujian menyimpulkan kedua sensor ultrasonik pada objek manusia mendapati waktu pantulan sensor menuju objek lalu kembali lagi menuju sensor yaitu pada jarak 1 m waktu pantulan 241 ms, jarak 2 m waktu pantulan 591.6 ms, dan jarak 3 m waktu pantulan 982.6 ms dengan hasil persentase kesalahan antara sensor ultrasonik tersebut, tipe HY-SRF05 lebih unggul daripada tipe HC-SR04.

C. Pengujian Tanpa Halangan

TABEL 4. Tanpa Halangan

No.	Kondisi Lingkungan	Kondisi Cuaca	Objek Deteksi	Jarak Sebenarnya (cm)	Waktu Pantulan (ms)	Waktu Pengujian	Jarak Pengujian (cm)		Error (%)	
							HC-SR04	HY-SRF05	HC-SR04	HY-SRF05
1.	Ruang Terbuka	Terik	Tanpa Halangan	1000	103	Detik 1	No Pulse From Sensor		0%	0%
					103	Detik 2			0%	0%
					104	Detik 3			0%	0%
2.	Ruang Terbuka	Terik	Tanpa Halangan	2000	215	Detik 1			0%	0%
					216	Detik 2			0%	0%
					215	Detik 3			0%	0%
3.	Ruang Terbuka	Terik	Tanpa Halangan	3000	526	Detik 1			0%	0%
					526	Detik 2			0%	0%
					531	Detik 3			0%	0%

Rata-rata persentase kesalahan sensor menggunakan rumus hasil pengukuran rata-rata sebagai berikut:

- Sensor Ultrasonik HC-SR04:

- 1. Objek tanpa halangan jarak 1 m : 0%
- 2. Objek tanpa halangan jarak 2 m : 0%
- 3. Objek tanpa halangan jarak 3 m : 0%

- Sensor Ultrasonik HY-SRF05:

- 1. Objek tanpa halangan jarak 1 m : 0%
- 2. Objek tanpa halangan jarak 2 m : 0%
- 3. Objek tanpa halangan jarak 3 m : 0%

- Waktu pantulan sensor:

- 1. Jarak 1 m : 103.3 ms
- 2. Jarak 2 m : 215.3 ms
- 3. Jarak 3 m : 527.6 ms

Hasil pengujian menyimpulkan kedua sensor ultrasonik HC-SR04 dan HY-SRF05 mengalami *error* 0% dikarenakan tidak terdapat objek yang dideteksi.

3.2 Hasil Pengujian Pengiriman Data menggunakan Modul Lora SX1276

Tabel 5. Pengujian Komunikasi Lora

Jarak Pengujian (m)	Waktu Pengujian	Kondisi Cuaca Saat Pengujian	Faktor Halangan (Fisik)	Latency (ms)
500	Pagi Hari	Cerah	Pepohonan	882
			Kendaraan	1112
			Bangunan	987
	Siang Hari	Terik	Pepohonan	834
			Kendaraan	1087
			Bangunan	933
	Sore Hari	Cerah	Pepohonan	858
			Kendaraan	1102
			Bangunan	967
	Malam Hari	Hujan	Pepohonan	966
			Kendaraan	997
			Bangunan	961
1000	Pagi Hari	Cerah	Pepohonan	1866
			Kendaraan	1976
			Bangunan	1858
	Siang Hari	Terik	Pepohonan	1887
			Kendaraan	1997
			Bangunan	1901
	Sore Hari	Cerah	Pepohonan	2011
			Kendaraan	1997
			Bangunan	1889
	Malam Hari	Hujan	Pepohonan	2002
			Kendaraan	2312
			Bangunan	1933
1500	Pagi Hari	Cerah	Pepohonan	2899
			Kendaraan	2877
			Bangunan	2666
	Siang Hari	Terik	Pepohonan	2766
			Kendaraan	2987
			Bangunan	2761
	Sore Hari	Cerah	Pepohonan	2743
			Kendaraan	2876
			Bangunan	2723
	Malam Hari	Hujan	Pepohonan	2516
			Kendaraan	2876
			Bangunan	2712

Berdasarkan tabel 5 hasil dari rata-rata pengujian *LoRa* terhadap waktu pengiriman sebagai berikut:

1. Dalam jarak 500 meter hasil pengujian waktu pengiriman seperti berikut:

- a. Terhalang pepohonan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 885 ms
- b. Terhalang kendaraan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 1074 ms
- c. Terhalang bangunan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 962 ms

Hasil pengujian dalam rentang jarak 500 meter diperoleh total rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 974 ms dengan halangan yang berbeda-beda seperti pepohonan, kendaraan, hingga bangunan di sekitar area pengujian.

2. Dalam jarak 1000 meter hasil pengujian waktu pengiriman seperti berikut:

- a. Terhalang pepohonan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 1941 ms
- b. Terhalang kendaraan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 2071 ms
- c. Terhalang bangunan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 1895 ms

Hasil Pengujian dalam rentang jarak 1000 meter diperoleh total rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 1969 ms dengan halangan yang berbeda-beda seperti pepohonan, kendaraan, hingga bangunan di sekitar area pengujian.

3. Dalam jarak 1500 meter hasil pengujian waktu pengiriman seperti berikut:

- a. Terhalang pepohonan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 2731 ms
- b. Terhalang kendaraan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 2904 ms
- c. Terhalang bangunan waktu yang dibutuhkan rata-rata adalah 2716 ms

Hasil pengujian dalam rentang jarak 1500 meter diperoleh total rata-rata waktu yang dibutuhkan adalah 2784 ms dengan halangan yang berbeda-beda seperti pepohonan, kendaraan, hingga bangunan di sekitar area pengujian.

3.3 Hasil Pengujian Penggunaan Modul SMS GSM SIM8001

Tabel 6. Hasil Pengujian Modul SMS

Jarak Pengujian (m)	Percobaan Pengujian	Status Pengujian
500	1	Berhasil
	2	Berhasil
	3	Berhasil
1000	1	Berhasil
	2	Berhasil
	3	Berhasil
1500	1	Berhasil
	2	Berhasil
	3	Berhasil

Berdasarkan tabel 6 modul *SMS GSM* mampu mengirimkan notifikasi berupa SMS peringatan kepada nomor yang ditentukan hingga sejauh 1500 meter. Pengujian dilakukan sejumlah tiga kali setiap jarak pengujian, setiap 500 meter modul *SMS* akan diuji mampukah dengan jarak 500 meter dari *Early Warning System* pesan notifikasi berhasil sampai kepada nomor penerima. Selanjutnya diujikan pada jarak 1000 meter dengan melakukan pengujian sama hingga tiga kali dan menghasilkan bahwa notifikasi pesan tetap dapat diterima nomor penerima dengan baik. Terakhir yaitu dilakukan dalam rentang jarak cukup jauh yaitu 1500 meter dengan jumlah pengujian sama seperti sebelumnya yaitu diuji hingga tiga kali percobaan dan menghasilkan kesimpulan modul *SMS* tetap mampu digunakan dalam rentang jarak tersebut dengan baik.

4. KESIMPULAN

Perbandingan *Early Warning System* milik penulis dengan buatan PT Wantech terdapat pada penggunaan komponen yang digunakan. Perbedaan tersebut berupa komponen pendeteksi kereta api, catu daya, sistem kontrol, dan keluaran. Namun, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda tetapi tetap mampu berfungsi sebagai perangkat peringatan dini pada perlintasan sebidang. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, hasil respon alat terhadap jarak dan waktu menyimpulkan sensor ultrasonik tipe HC-SR04 menghasilkan tingkat kesalahan tinggi selama pengujian berlangsung akan tetapi sensor ultrasonik tipe HY-SRF05 mendapati hasil lebih akurat dimana rata-rata kesalahan berada dibawah 30%. Transmisi LoRa juga mendapati hasil pengujian mampu digunakan sebagai media pengiriman early warning system karena saat berada di rentang jarak 500 m rata-rata waktu yang dibutuhkan yaitu ± 1 detik, jarak 1000 m rata-rata waktu yang dibutuhkan ± 2 detik, sedangkan jarak 1500 m rata-rata waktu yang dibutuhkan ± 3 detik. Penggunaan modul SMS untuk memberi peringatan berupa notifikasi pesan juga berhasil diujikan hingga jarak 1500 m.

5. REFERENCES

- Diseminasi, P., & Genap, F. (2021a). *Analisis Akurasi dan Presisi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Robot KRPAI*.
- Diseminasi, P., & Genap, F. (2021b). *Analisis Akurasi dan Presisi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Robot KRPAI*.
- Fariyah Ibnu Fiqri. (2022, May 8). *Sekeluarga di Magetan Jadi Penjaga Perlintasan KA Selama 15 Tahun*.
<https://beritajatim.com/sekeluarga-di-magetan-jadi-penjaga-perlintasan-ka-selama-15-tahun>
- Kemenhub. (2018). *Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan*.
- Kemenhub. (2022). *Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 36 Tahun 2022 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Teknik Perkeretaapian*.
- Mirza, M., Haqiqi, E., Rukmana, A., & Ikhsan, A. F. (n.d.). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Perlintasan Kereta Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Arduino. In *Jurnal FUSE-TE |Vol. 1 | No. 1 | Halaman*.
- Novaznursyah Costrada, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Pada Perlintasan Kereta Api Berbasis Sensor Serat Optik dan Transceiver nRF24L01+. *Jurnal Fisika Unand*, 8(3).
- Suryantoro, H., & Budiyanto, A. (2019). *Indonesian Journal Of Laboratory Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview & Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali* (Vol. 1, Issue 3). Online.
- Wantech. (2024). *Wantech Indonesia Produsen Peralatan Keselamatan Perlintasan Sebidang*.
https://storage.googleapis.com/e-katalogprod/produk_lampiran_new/2023/05/29/4775333850039539.