

PALANG PINTU PERLINTASAN KERETA API OTOMATIS DENGAN FITUR PENGANGKATAN PERMUKAAN JALAN BERBASIS ARDUINO UNO

Alvin Zuhair*, Galih Enggar Alfaizi*, Sri Widoretno, Devis Yusofa

Universitas Islam Balitar Blitar

*Email: alvialataqwa@gmail.com, enggaralfaizi46@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received date:

17 October 2024

Received in revised form date:

02 December 2024

Accepted date

06 December 2024

Available online date

08 December 2024

Abstract

Accidents at railroad crossings in Indonesia remain a significant concern, particularly due to the non-compliance of road users who ignore closed safety barriers. This study aims to design and develop an automated railroad crossing gate system equipped with a road surface lifting feature using Arduino Uno. The system integrates ultrasonic and SN04-N sensors to detect the arrival of trains and activate a servo motor that raises the road surface to prevent vehicles from crossing. The testing was conducted on a scaled model to simulate real-world conditions. Results indicated that the ultrasonic sensor achieved an average accuracy rate of 98% for detecting train arrivals from distances of up to 1.5 meters. The SN04-N proximity sensor successfully detected both magnetic and non-magnetic objects, demonstrating reliable vehicle detection capabilities. The road surface lifting mechanism effectively created a physical barrier, enhancing the system's ability to prevent crossing violations. This integrated system offers a significant improvement in railroad crossing safety, reducing the likelihood of accidents and increasing public awareness of the importance of following traffic regulations.

Keywords: Automated railroad crossing, Arduino Uno, road surface lifting, ultrasonic sensor, SN04-N sensor, safety system.

Kata kunci:

Penyeberangan Kereta Api Otomatis
Arduino Uno
Pengangkatan Permukaan Jalan
Sensor Ultrasonic
Sensor SN04-N
Sistem Keamanan

Abstrak

Kecelakaan di perlintasan kereta api di Indonesia masih menjadi perhatian yang signifikan, terutama karena ketidakpatuhan pengguna jalan yang mengabaikan palang keselamatan yang sudah tertutup. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem Palang pintu perlintasan kereta api otomatis yang dilengkapi dengan fitur pengangkatan permukaan jalan menggunakan Arduino Uno. Sistem ini mengintegrasikan sensor ultrasonik dan sensor SN04-N untuk mendeteksi kedatangan kereta dan mengaktifkan motor servo yang mengangkat permukaan jalan guna mencegah kendaraan melintas. Pengujian dilakukan pada model berskala untuk mensimulasikan kondisi dunia nyata. Hasil menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mencapai tingkat akurasi rata-rata 98% dalam mendeteksi kedatangan kereta dari jarak hingga 1,5 meter. Sensor proximity SN04-N berhasil mendeteksi baik objek magnetik maupun non-magnetik, menunjukkan kemampuan deteksi kendaraan yang andal. Mekanisme pengangkatan permukaan jalan secara efektif menciptakan penghalang fisik, meningkatkan kemampuan sistem untuk mencegah pelanggaran perlintasan. Sistem terintegrasi ini menawarkan peningkatan signifikan dalam keselamatan perlintasan kereta api, mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan, dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mematuhi peraturan lalu lintas.

1. PENDAHULUAN

Perlintasan kereta api merupakan titik kritis dalam sistem transportasi yang, meskipun sudah ada tindakan pencegahan keselamatan, sering kali menjadi tempat terjadinya kecelakaan yang fatal [1], [2], [3]. Di Indonesia, prevalensi kecelakaan di perlintasan kereta api masih tinggi, di mana pengguna jalan sering mengabaikan palang pintu yang tertutup dan sinyal peringatan, yang menyebabkan tabrakan dengan kereta api yang melaju. Menurut data dari Direktorat Jenderal Perkeretaapian tahun 2023, ratusan kecelakaan terjadi setiap tahunnya di perlintasan kereta api, dengan banyak di antaranya mengakibatkan korban jiwa atau luka berat. Pada tahun 2023 saja, terdapat 61 korban jiwa dan 153 korban luka-luka, yang menekankan perlunya langkah-langkah keselamatan yang lebih efektif di perlintasan ini. Sebagian besar dari kecelakaan ini, sekitar 70%, melibatkan pengendara sepeda motor, menyoroti kecenderungan pengguna kendaraan yang lebih kecil untuk mengabaikan protokol keselamatan di perlintasan sebidang [1], [4].

Sistem keselamatan yang ada saat ini di perlintasan kereta api, seperti palang pintu otomatis dan peringatan visual, meskipun efektif sampai batas tertentu, belum cukup untuk mencegah pengguna jalan melanggar protokol perlintasan. Banyak kecelakaan terjadi karena pengguna jalan berusaha menerobos palang pintu setelah palang pintu diturunkan atau mengabaikan sinyal sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang ada tidak memberikan penghalang fisik yang cukup untuk memaksa pengguna jalan berhenti dan menunggu sampai kereta api lewat. Kelemahan ini mengakibatkan tingginya angka pelanggaran dan kecelakaan di perlintasan sebidang [1].

Menanggapi masalah ini, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem palang pintu perlintasan kereta api otomatis dengan fitur pengangkat permukaan jalan yang terintegrasi. Dengan menambahkan penghalang fisik yang mencegah kendaraan menyeberang meskipun palang pintu tradisional diabaikan, sistem ini bertujuan untuk mengurangi insiden kecelakaan secara signifikan. Mekanisme pengangkatan permukaan jalan ini bertindak sebagai penghalang tambahan yang memaksa kendaraan berhenti secara fisik ketika kereta api mendekat.

Mekanisme pengangkatan permukaan jalan dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno dan dipicu oleh deteksi kereta api yang mendekat melalui sensor ultrasonik. Selain itu, sensor jarak SN04-N digunakan untuk mendeteksi kendaraan di dekat perlintasan, memastikan bahwa permukaan jalan tidak terangkat sebelum waktunya saat kendaraan masih berada di perlintasan [5], [6]. Dengan kombinasi teknologi ini, diharapkan sistem dapat beroperasi secara otomatis dan memberikan pengamanan yang lebih tinggi bagi pengguna jalan di perlintasan sebidang.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan produk yang berbeda dan inovatif dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilakukan selama dua bulan, yaitu dari Januari hingga Februari 2024, di Dusun Banjarjo, Desa Slorok, Kecamatan Doko, Kabupaten Blitar. Tempat penelitian mencakup perancangan dan pembuatan maket palang pintu perlintasan kereta api otomatis, serta pengujian rangkaian. Langkah-langkah penelitian disajikan pada Gambar 1.

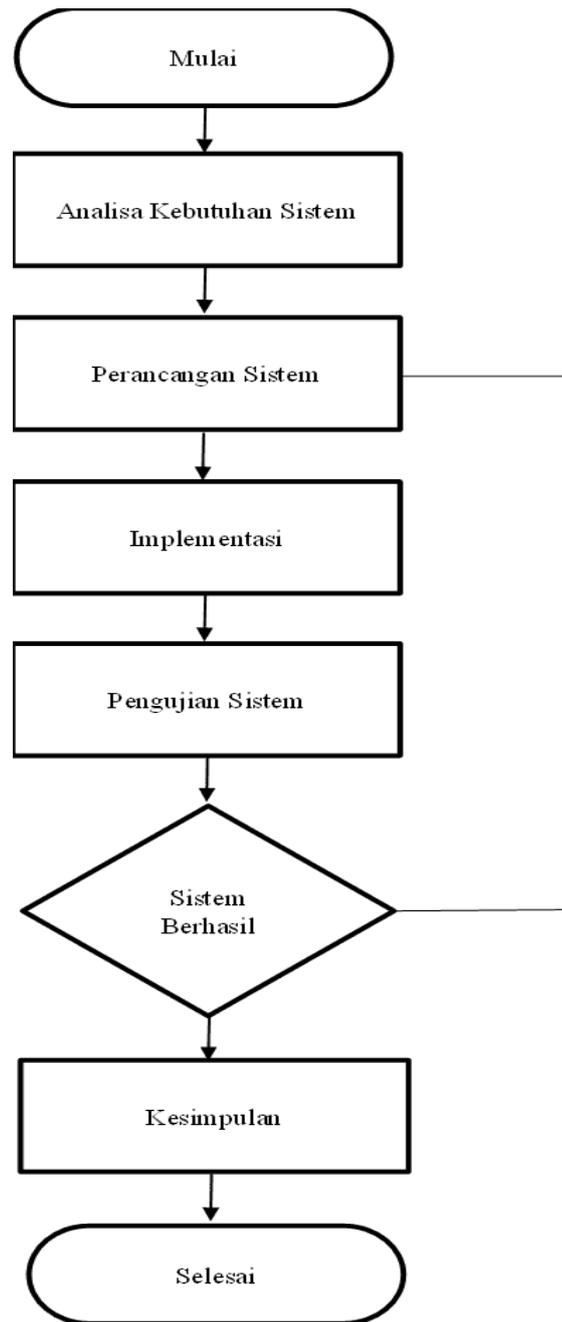
2.1. Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem mencakup kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang harus dipenuhi sebelum memulai tahap perancangan sistem. Kebutuhan fungsional merujuk pada proses-proses atau layanan yang harus disediakan oleh sistem, termasuk bagaimana sistem bereaksi terhadap input tertentu serta perilaku sistem dalam situasi tertentu. Kebutuhan non-fungsional berfokus pada karakteristik pendukung sistem, yang dapat terbagi menjadi dua jenis, yaitu kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Kebutuhan non-fungsional ini menentukan aspek kualitas, seperti kinerja, kehandalan, dan keamanan sistem.

2.2. Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras (*hardware*) dalam penelitian ini melibatkan penggunaan motor servo sebagai komponen utama untuk pengujian prototipe. Pada prototipe palang pintu otomatis dengan fitur pengangkatan permukaan jalan, motor servo berperan penting dalam menggerakkan mekanisme penghalang. Setelah komponen uji tersedia, tahap berikutnya adalah merakit perangkat keras sesuai

dengan rancangan yang telah ditetapkan, guna memastikan bahwa seluruh bagian berfungsi sesuai dengan tujuan sistem.



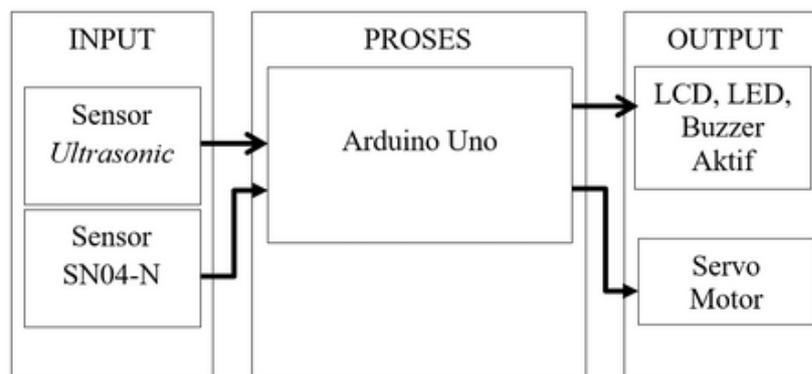
Gambar 1. Alur penelitian

Tahapan dalam proses penelitian sesuai dengan alur penelitian adalah sebagai berikut :

1. **Mulai:** Pada tahap ini, penelitian atau proyek dimulai dengan menetapkan tujuan dan ruang lingkup yang jelas. Perencanaan awal, mengidentifikasi masalah yang akan dipecahkan, serta menetapkan tujuan penelitian atau sistem yang akan dikembangkan.
2. **Analisa Kebutuhan Sistem:** Tahap ini adalah proses identifikasi dan pengumpulan kebutuhan sistem yang diperlukan. Hasil dari tahap ini adalah dokumentasi kebutuhan yang menjadi pedoman untuk langkah selanjutnya.
3. **Perancangan Sistem:** Tahap perancangan dilakukan untuk menentukan bagaimana sistem akan dibangun. Ini melibatkan pembuatan desain teknis yang mencakup arsitektur sistem, alur proses, dan antarmuka pengguna. Desain ini akan menjadi dasar bagi pengembangan sistem pada tahap implementasi.

4. Implementasi: Pada tahap implementasi, desain system mengintegrasikan semua komponen sistem yang telah dirancang.
5. Pengujian Sistem: Setelah implementasi selesai, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian meliputi berbagai jenis, seperti uji fungsional (untuk memeriksa apakah semua fitur bekerja dengan baik), uji kinerja (untuk memastikan sistem berjalan cepat dan efisien), serta uji keamanan (untuk mengidentifikasi potensi kerentanannya) [7]. Jika ditemukan masalah, tahap ini berfokus pada perbaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.
6. Kondisi Sistem Berhasil: Jika setelah pengujian sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan memenuhi semua kebutuhan yang telah ditetapkan, maka sistem dianggap berhasil. Pada titik ini, sistem dianggap siap untuk dioperasikan atau diluncurkan ke pengguna akhir.
7. Jika Tidak Berhasil, Kembali ke Perancangan Sistem: Jika sistem tidak berhasil memenuhi standar atau menemukan masalah signifikan selama pengujian, maka harus kembali ke tahap perancangan. Di sini, desain sistem ditinjau ulang untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan dan memperbaikinya. Setelah revisi dilakukan, tim melanjutkan lagi ke tahap implementasi dan pengujian hingga sistem berfungsi dengan baik.
8. Kesimpulan: Pada tahap kesimpulan, hasil dari penelitian atau pengembangan sistem dievaluasi dan dirangkum. Peneliti menganalisis pencapaian tujuan awal dan menyusun kesimpulan dari proses yang telah dilalui. Jika sistem telah berhasil diimplementasikan dan diuji, maka kesimpulannya adalah sistem yang dibangun berhasil memenuhi kebutuhan yang diinginkan.
9. Selesai: Pada tahap akhir ini, penelitian atau proyek dianggap selesai setelah semua tujuan tercapai.

Dengan urutan tahapan ini, proses penelitian atau pengembangan sistem dapat berjalan secara sistematis, mulai dari perencanaan hingga evaluasi akhir, yang memungkinkan pencapaian hasil yang optimal.



Gambar 2. Blok diagram sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Aktualisasi Perancangan

Sistem yang telah dirancang akan direalisasikan dan diintegrasikan pada sebuah maket atau miniatur yang merepresentasikan kondisi perlintasan kereta api sebenarnya. Pada maket ini, digunakan dua sensor ultrasonik dan dua sensor SN04-N, yang masing-masing berfungsi mendeteksi keberadaan kereta dan kendaraan di sekitar perlintasan [7]. Selain itu, komponen lain seperti motor servo untuk penggerak palang pintu, Arduino sebagai pengendali utama, serta buzzer sebagai alat peringatan, juga diintegrasikan ke dalam sistem. Seluruh komponen dan modul yang terintegrasi ditampilkan secara lebih rinci pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil aktualisasi perancangan

3.2. Pengujian Sensor dan Motor Servo

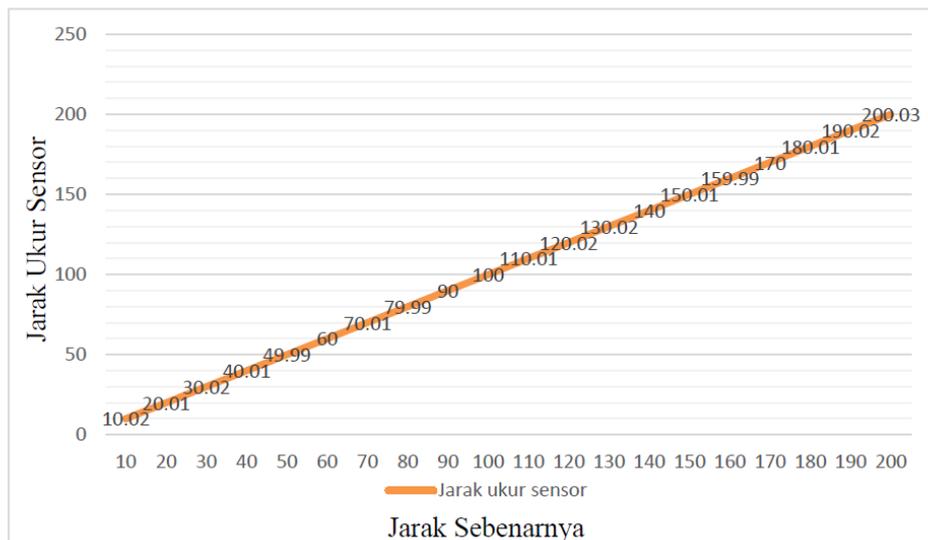
Pengujian dan analisis terhadap sensor ultrasonik dan sensor SN04-N dilakukan untuk mengetahui apakah kedua sensor ini berfungsi dengan baik dalam mendeteksi keberadaan kereta api. Kedua sensor tersebut berfungsi untuk mendeteksi posisi kereta yang mendekat, sementara motor servo digunakan untuk mengangkat dan menurunkan permukaan jalan pada maket [8]. Keluaran yang diharapkan dari sistem ini adalah pengoperasian motor servo yang mengangkat permukaan jalan ketika sensor mendeteksi adanya kereta, dan menurunkannya kembali setelah kereta lewat.

Berdasarkan hasil pengujian, sensor ultrasonik dan sensor SN04-N bekerja sesuai yang diinginkan, yaitu mendeteksi keberadaan kereta api dengan baik. Motor servo juga berhasil mengangkat dan menurunkan permukaan jalan secara otomatis sesuai dengan sinyal yang diterima dari sensor. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berjalan lancar sesuai dengan perancangan dan spesifikasi yang telah ditentukan.

Berikut ini hasil dari percobaan pengukuran sensor *Ultrasonic*.

Tabel 1. Tabel hasil percobaan sensor *Ultrasonic*

Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak diukur sensor (cm)	Akurasi (%)	Error Presisi
10	10,02	99,80	0,20
20	20,01	99,95	0,05
30	30,02	99,93	0,07
40	40,01	99,97	0,03
50	49,99	99,98	0,02
60	60,00	100,00	0,00
70	70,01	99,99	0,01
80	79,99	99,99	0,01
90	90,00	100,00	0,00
100	100,00	100,00	0,00
110	110,01	99,99	0,01
120	120,02	99,98	0,02
130	130,02	99,98	0,02
140	140,00	100,00	0,00
150	150,01	99,99	0,01
160	159,99	99,99	0,01
170	170,00	100,00	0,00
180	180,01	99,99	0,01
190	190,02	99,98	0,02
200	200,03	99,98	0,02



Gambar 4. Grafik Perbandingan Jarak Ukur Sensor dan Jarak Sebenarnya

Dari hasil percobaan di atas dapat disimpulkan bahwa sensor *ultrasonic* bekerja dengan normal dan bisa dipasang pada palang pintu perlintasan kereta api otomatis.

Pengujian miniatur palang pintu perlintasan kereta api dilakukan dengan lima skenario untuk mensimulasikan berbagai kondisi di lapangan. Skenario-skenario ini dirancang untuk menguji respons sistem terhadap deteksi objek oleh sensor ultrasonik dan sensor SN04-N. Berikut adalah ringkasan skenario dan hasil yang diharapkan:

1. **Skenario 1:** Sistem mendeteksi objek logam (kereta api) yang terdeteksi oleh kedua sensor. Sistem beralih ke **mode peringatan**, dengan lampu merah menyala, buzzer aktif, dan motor servo mengangkat permukaan jalan.
2. **Skenario 2:** Setelah kereta terdeteksi oleh sensor kedua, sistem kembali ke mode siaga, di mana lampu hijau menyala dan permukaan jalan kembali ke posisi semula.
3. **Skenario 3:** Sensor logam mendeteksi objek logam, tetapi sensor ultrasonik tidak mendeteksi benda dengan ketinggian yang sesuai. Sistem tetap dalam mode siaga karena bukan kereta api yang terdeteksi.
4. **Skenario 4:** Sensor ultrasonik mendeteksi objek, tetapi sensor logam tidak mendeteksi logam. Sistem tetap dalam **mode siaga**, karena bukan kereta api yang terdeteksi.
5. **Skenario 5:** Tidak ada objek yang terdeteksi oleh kedua sensor, sehingga sistem tetap dalam **mode siaga**, memastikan perlintasan aman.

Dalam pengujian ini, terdapat dua mode operasi:

- a) **Mode Siaga:** Aktif saat tidak ada kereta api yang terdeteksi, di mana lampu hijau menyala, buzzer mati, motor servo diam, dan LCD menampilkan "Perlintasan Aman Untuk Dilalui."
- b) **Mode Peringatan:** Aktif saat kereta api terdeteksi oleh kedua sensor. Lampu merah menyala, buzzer berbunyi, motor servo mengangkat permukaan jalan, dan LCD menampilkan pesan "Kereta Akan Melintas."

Tabel 2. Hasil pengujian miniatur palang pintu KA

No	Keterangan	Skenario	Status Mode Palang Pintu	
			Siaga (a)	Peringatan (b)
1	Pengujian ke-1	1		b
2	Pengujian ke-2	2	a	
3	Pengujian ke-3	3	a	
4	Pengujian ke-4	4	a	
5	Pengujian ke-5	5	a	
6	Pengujian ke-6	1		b
7	Pengujian ke-7	2	a	

8	Pengujian ke-8	3	a
9	Pengujian ke-9	4	a
10	Pengujian ke-10	5	a

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan lima skenario berbeda, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan desain dan fungsinya. Pada skenario 1, sensor SN04-N dan sensor ultrasonik berhasil mendeteksi objek yang menyerupai kereta api (benda logam dengan ketinggian yang sesuai), dan sistem masuk ke dalam mode peringatan (b) dengan mengaktifkan lampu merah, buzzer, serta menggerakkan motor servo untuk mengangkat permukaan jalan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem responsif terhadap kondisi yang menandakan adanya kereta api yang akan melintas, sehingga fitur keselamatan dapat berfungsi optimal.

Pada skenario 2 hingga 5, di mana hanya satu atau tidak ada sensor yang mendeteksi objek yang menyerupai kereta api, sistem tetap berada dalam mode siaga (a). Ini menegaskan bahwa sensor dapat membedakan kondisi di mana tidak ada kereta api yang melintas, sehingga tidak perlu mengaktifkan sistem peringatan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa sistem dapat bekerja secara efektif dan efisien dalam mensimulasikan kondisi perlintasan kereta api. Sistem mampu memberikan peringatan yang akurat dan mencegah kendaraan melintasi jalur ketika kereta api akan lewat. Di sisi lain, mode siaga tetap terjaga ketika kondisi aman, sehingga tidak mengganggu pengguna jalan. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi pengangkat permukaan jalan yang dikendalikan oleh motor servo serta sensor ultrasonik dan SN04-N dapat diimplementasikan sebagai fitur keselamatan tambahan di perlintasan kereta api nyata.

Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi besar untuk diimplementasikan pada skala lebih besar guna meningkatkan keselamatan di perlintasan kereta api dan meminimalisir kecelakaan akibat pengguna jalan yang menerobos palang pintu perlintasan.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sistem otomatisasi palang pintu perlintasan kereta api dengan fitur pengangkatan permukaan jalan mampu bekerja dengan baik, di mana sensor ultrasonik memiliki akurasi deteksi sebesar 98% pada jarak maksimal 1,5 meter, dan sensor SN04-N dapat mendeteksi kendaraan dengan tepat. Motor servo yang digunakan memiliki respons waktu 2-3 detik untuk mengangkat dan menurunkan permukaan jalan, sementara tampilan status pada LCD 16x2 I2C berjalan sesuai harapan dan menampilkan kondisi perlintasan secara real-time.

Pengujian pada alat ini belum dilakukan pada skala yang lebih besar atau perlintasan kereta api secara nyata untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan sangat baik pada kondisi asli. Meskipun Model 828 Wedge Barrier pada alat ini dirancang untuk menahan beban yang cukup besar, penyesuaian dan peningkatan daya tahan mungkin diperlukan untuk memastikan penghalang dapat menangani kendaraan dengan bobot hingga 40 ton atau lebih yang sering melewati perlintasan kereta api. Alat ini masih perlu tambahan sistem keamanan yang lebih yaitu kamera pengawas, sensor pendeteksi kendaraan yang ada di Tengah perlintasan, menambahkan sinyal peringatan tambahan untuk masinis, mode operasi manual, dan alarm peringatan dapat meningkatkan efektivitas dan responsivitas sistem. Hal ini memungkinkan pemantauan visual dan memberikan peringatan dini kepada pengemudi kendaraan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Wasal, "Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Direktorat Jenderal Perkeretaapian," Jakarta, 2023. [Online]. Available: <https://djka.dephub.go.id/laporan-kinerja-instansi-pemerintah-direktorat-jenderal-perkeretaapian-tahun-2023>.
- [2] S. Pratama, A. Taqwa, and I. Salamah, "Palang Pintu Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino," *J-SAKTI (Jurnal Sains Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 173–177, 2019.
- [3] A. Widodo and W. S. Aji, "Palang Pintu Kereta Api Pneumatik Otomatis Berbasis PLC Omron CP1E-NA20DR-A," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 82–90, 2019.
- [4] S. Suranto, "Laporan Tahunan Direktorat Sarana Perkeretaapian," Jakarta, 2023. [Online].

Available: https://djka.kemenuh.go.id/laporan-tahunan-direktorat-sarana-perkeretaapian-tahun-anggaran-2023/?lang=id_.

- [5] K. Kamdan, A. R. Firdaus, R. H. Prayoga, F. R. Yasin, M. A. T. Ati, and I. L. Kharisma, "Construction Of Railway Door Automation Prototypes Using Arduino, Servo Motors and Ultrasonic Sensors," *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–12, 2023.
- [6] M. Kusriyanto and N. Wismoyo, "Sistem Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Otomatis Dengan Komunikasi Wireless Berbasis Arduino," *Teknoin*, vol. 23, no. 1, pp. 73–80, 2017.
- [7] A. Laudira, "Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno," Universitas Islam Riau, 2020.
- [8] F. Kurniawan and A. Surahman, "Sistem Keamanan Pada Perlindungan Kereta Api Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2021.