

Algoritma Pengendali Palang Pintu Kereta berdasarkan Kendaraan Melintas

Achileus Arles Arkontardo¹, Bernadeta Wuri Harini^{2*}
^{1, 2}Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma
^{1, 2}Paingan, Maguwoharjo, Sleman, Yogyakarta, 55282, Indonesia
E-mail: 181113047@student.usd.ac.id¹, wuribernard@usd.ac.id²

*penulis korespondensi

Published: 30 Maret 2024

Abstrak - Palang pintu kereta api otomatis dirancang untuk dapat mendeteksi adanya kendaraan yang melintas di bawah palang. Untuk mendeteksi adanya pengendaraan yang melintas di bawah palang pada perlintasan kereta api, maka palang pintu dilengkapi dengan tiga sensor ultrasonik. Sistem palang pintu kereta api ini dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega. Sistem pengendali palang pintu perlintasan kereta api ini bekerja pada sistem rel tunggal 2 arah (bolak-balik). Tingkat keberhasilan pada pengujian 9 skenario sebesar 100%. Palang pintu kereta api tidak menyentuh atau memukul kendaraan yang melintas. Waktu rata-rata palang menutup adalah 14,83 detik dan waktu terlama 16 detik.

Kata kunci: kereta, perlintasan, keamanan, ultrasonik

Abstract - Automatic train door barriers are designed to detect vehicles passing under the barrier. To detect drivers passing under the barriers at railway crossings, the gate barriers are equipped with three ultrasonic sensors. This train doorstop system is controlled using an Arduino Mega microcontroller. This railroad crossing gate control system works on a single 2-way (back and forth) rail system. The success rate in testing 9 scenarios is 100%. Train doorstops do not touch or hit passing vehicles. The average time for the bar to close was 14.83 seconds and the longest time was 16 seconds.

Keywords: train, crossing, security, ultrasonic

1. PENDAHULUAN

Kemajuan pariwisata tidak terlepas dari ketersediaan transportasi yang nyaman dan aman, baik untuk wisatawan, maupun untuk pengendara yang lain. Keselamatan berkendara merupakan hal yang wajib diutamakan jika berada di jalan umum. Prosedur keselamatan harus dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan. Hal pertama yang harus dipahami mengenai suatu kecelakaan adalah mengetahui berbagai faktor penyebab terjadinya suatu kecelakaan. Beberapa faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah faktor manusia, kendaraan, jalan (infrastruktur) dan lingkungan [1].

Saat ini, moda transportasi yang banyak dipilih oleh para wisatawan adalah kereta api. Palang pintu pada perlintasan kereta api merupakan salah satu alat keselamatan berkendara, yang dirancang untuk meminimalisir kecelakaan yang kemungkinan disebabkan oleh faktor kelalaian manusia. Palang pintu pada perlintasan kereta api bertujuan untuk membatasi atau menghentikan laju kendaraan saat kereta api hendak melintas. PT Kereta Api Indonesia (Persero) menyatakan selama periode Januari-Agustus 2022 telah terjadi 188 kasus kecelakaan pada perlintasan kereta api. Joni Martinus selaku VP *Public Relations* KAI menyebutkan bahwa dari 188 kecelakaan tersebut, 29 kasus di antaranya terjadi di perlintasan yang dijaga [2]. Dari data penelitian yang dilakukan oleh Tjahjono, T., dkk [3], disebutkan bahwa rasio kecelakaan pada perlintasan kereta api di Indonesia antara tahun 2013-2016 sebesar 40,47 kecelakaan/1.000 dan 14,96 kematian/1.000 kejadian.

Mengacu pada peraturan yang sudah dibuat, pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian, pada pasal 124 menyatakan bahwa pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api pada perpotongan jalur kereta api dan jalan, [4]. Peraturan ini dibuat untuk mengatur pengguna jalan yang akan melintas, agar dapat mendahulukan atau memprioritaskan kereta. Sedangkan penempatan alat pendeteksi kereta api diatur pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 94 Tahun 2018 tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan yang terletak pada Pasal 25 ayat 2. Pada ayat 2 dijelaskan bahwa untuk penempatan dan pemasangan alat pendeteksi kereta api harus memenuhi persyaratan dengan jarak sesuai dengan kebutuhan. Portal pengaman pengguna jalan, Isyarat Lampu Peringatan/Larangan, dan Isyarat Suara pada perlintasan kereta api harus sudah aktif minimal 60 (enam

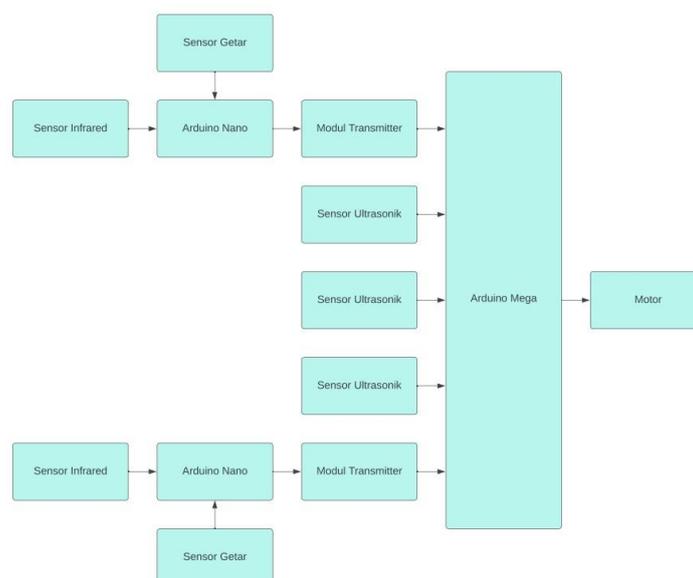
puluh) detik sebelum kereta api melintas[5]. Penempatan alat pendeteksi sendiri dapat menyesuaikan dengan kebutuhan atau kondisi yang ada, tetapi tetap memperhatikan batas minimum isyarat lampu peringatan dan suara peringatan yang aktif 60 detik sebelum kereta melintasi perlintasan kereta api.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, umumnya membuat pengaturan buka tutup palang pintu otomatis, tanpa mempertimbangkan kendaraan yang melintas di bawah palang[6]-[12]. Penelitian yang dilakukan oleh Ibnu, A.H.F[6], untuk mengetahui adanya kereta yang melintas digunakan sensor berat HX 7010. Penelitian yang dilakukan oleh Sembiring, J.R., dkk [7], sensor ultrasonik digunakan untuk mengetahui kereta yang lewat. Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Pratama, S., dkk [8], kereta yang melintas dideteksi dengan menggunakan sensor ultrasonik. Watoni, M.H. dkk [9] juga menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi adanya kereta yang akan melewati palang. Penelitian yang dilakukan oleh Barokah, O.Y., dan Roidbafi, M. A. [10] juga menggunakan sensor ultrasonik dan sensor getar untuk membuka dan menutup palang. Penelitian yang dilakukan oleh Wati, E.K., dkk [11] menggunakan sensor *accelerometer* untuk mendeteksi adanya kereta api yang akan melintas. Penelitian yang dilakukan oleh Budiyanto, S. dkk [13] dan Selvan, dkk [14] juga hampir sama dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Umumnya, penelitian-penelitian di atas menggunakan mikrokontroler sebagai prosesor pengendali. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Tasnim, dkk [12] menggunakan PLC sebagai prosesor system kendali. Dari semua penelitian di atas tidak ada mekanisme untuk mengatur penutupan palang berkaitan dengan kendaraan yang melintas di bawah palang. Penelitian yang dilakukan oleh Anand, JV [15] menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi adanya kendaraan yang melintas. Apabila ada kendaraan yang melintas, maka sistem akan mengirim pemberitahuan agar kereja api memperlambat kecepatan, bukan untuk mengatur penutupan palang pintu. Penelitian dilakukan dalam bentuk simulasi.

Pada penelitian ini akan dibuat algoritma pengendali palang pintu otomatis pada sistem keamanan palang pintu kereta api di mana penutupan palang pintu dilakukan dengan mempertimbangkan kendaraan yang melintas di bawah palang. Untuk mendeteksi adanya kereta digunakan sensor infrared, dan sensor getar digunakan untuk mendeteksi kereta yang telah melintas.

2. METODE

Sistem pengendali palang pintu kereta api otomatis yang memperhatikan keberadaan kendaraan yang berada di bawah palang ditunjukkan dalam diagram blok pada Gambar 1. Sistem keamanan pada palang pintu perlintasan kereta api ini bekerja pada sistem rel tunggal 2 arah (bolak-balik). Komponen yang dipakai pada penelitian ini adalah prototipe palang pintu kereta api, prototipe rel kereta api, prototipe kereta api, sensor ultrasonik, *limit switch*, LED, sensor infrared, sensor getar, Arduino Nano, Arduino Mega, HC-12 yang berjumlah 4 buah dengan komposisi 2 buah HC-12 sebagai *transmitter* dan 2 buah HC-12 sebagai *receiver*



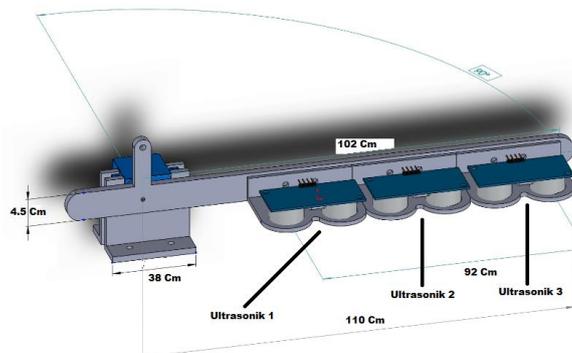
Gambar 1. Blok diagram sistem pengendali palang pintu

Cara kerja sistem pengaturan keselamatan pada perlintasan kereta api berbasis nirkabel ada beberapa langkah. Langkah yang pertama adalah pendeteksian yang dilakukan oleh sensor infrared yang sudah diposisikan atau diletakkan jauh sebelum perlintasan kereta api. Sensor infrared akan mendeteksi kereta telah melintas di depan sensor infrared dan memasukkan data ke Arduino Nano. Setelah data masuk ke Arduino Nano, data dikirimkan ke Arduino Mega menggunakan transmitter yang ada di Arduino Nano dan diterima oleh receiver

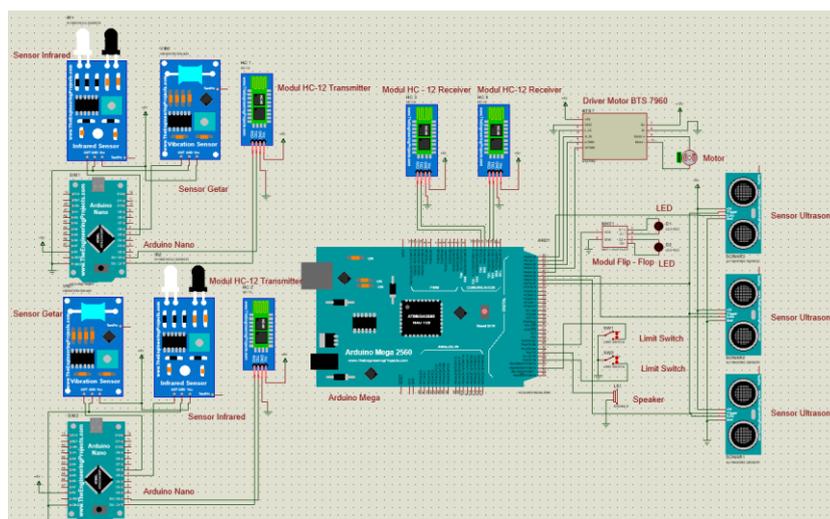
yang ada pada Arduino Mega. Langkah yang kedua adalah Arduino Mega memberikan perintah ke motor *power window* untuk menutup perlintasan kereta api. Motor akan terus aktif jika sensor ultrasonik 1, 2, maupun 3 tidak ada yang mendeteksi adanya halangan yang ada di bawah palang pintu kereta api. Jika salah satu sensor mendeteksi adanya halangan yang ada di bawah palang pintu kereta api, maka sensor ultrasonik akan memberikan sinyal ke Arduino Mega untuk menurunkan PWM pada motor *power window*. Palang pintu kereta api akan berhenti menutup sementara sampai halangan yang ada di bawahnya melintas. Jika sudah benar-benar aman di bawah palang pintu kereta api sudah tidak ada halangan atau kendaraan yang melintas, maka motor akan aktif sampai palang pintu kereta api menutup secara penuh atau sampai *limit switch* tersentuh. Langkah yang ketiga adalah menunggu sinyal dari sensor getar setelah kereta api melewati perlintasan kereta api dan menggerakkan atau menggetarkan sensor getar yang posisinya berada di setelah perlintasan kereta api. Jika sensor getar mendeteksi adanya kereta api, maka sensor getar akan memberikan sinyal atau informasi ke Arduino Nano yang kemudian dikirimkan ke Arduino Mega menggunakan transmitter. Langkah yang keempat adalah Arduino Mega akan mengolah data yang masuk dari sensor getar lalu memberikan perintah ke motor untuk membuka palang. Palang akan membuka secara penuh atau sampai *limit switch* tersentuh.

2.1 Perancangan Mekanik dan Sistem Elektronis

Pada Gambar 2 ditunjukkan rancangan palang pintu kereta api yang merupakan gambaran pada sistem pengendali palang pintu kereta api. Rangka palang dirancang untuk menempatkan sensor ultrasonik dan *limit switch* di dalamnya. Perancangan sistem elektronis secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Rancangan mekanik palang pintu kereta api

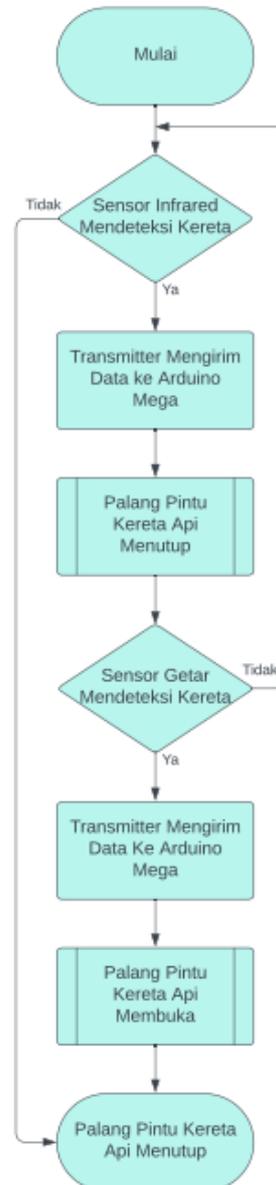


Gambar 3. Rancangan sistem elektronis

2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada Gambar 4 ditampilkan alur kerja sistem secara menyeluruh. Sistem dimulai dari sensor deteksi yang mendeteksi adanya kereta yang datang atau lewat. Jika sensor deteksi tidak mendeteksi adanya kereta yang datang atau lewat, maka sistem akan langsung selesai atau sistem tidak akan bekerja. Jika sensor deteksi berhasil mendeteksi adanya kereta yang datang atau lewat, maka sistem akan melanjutkan ke proses selanjutnya yaitu

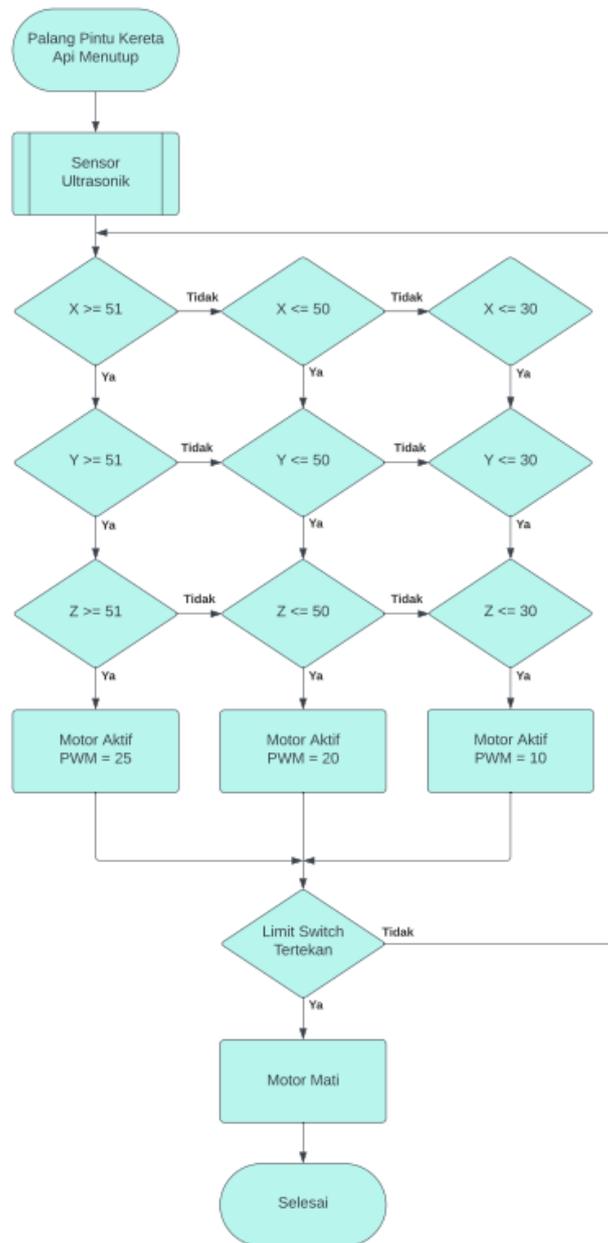
pengiriman data ke Arduino Mega. Arduino Mega akan memproses data dan memberi perintah untuk menjalankan motor pada palang pintu untuk menutup. Setelah menutup, sistem menunggu data dari sensor getar yang akan mengirimkan sinyal jika kereta sudah berhasil melewati palang pintu kereta api. Jika sensor getar berhasil mendeteksi kereta api sudah melewati palang pintu kereta api, maka sensor getar akan mengirimkan sinyal ke Arduino Mega yang selanjutnya akan diproses dan akan memberi perintah ke motor untuk membuka palang.



Gambar 4. Diagram alir sistem pengendalian palang pintu kereta

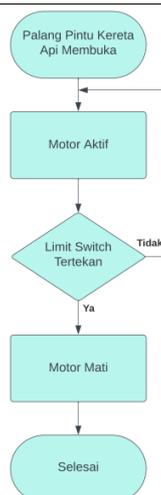
Subrutin sistem pada saat palang pintu kereta api menutup dapat dilihat pada Gambar 5. Proses subrutin sistem dimulai pada saat palang pintu menutup. Palang menutup dengan cara memutar motor ke arah kanan dengan besar PWM yang berbeda-beda sesuai dengan jarak halangan atau kendaraan dengan sensor ultrasonik. Ada 3 kondisi besaran PWM yang berbeda dirancang agar palang dapat bekerja mengikuti atau menyesuaikan kondisi yang berbeda-beda sesuai dengan keadaan yang ada di bawah palang, apakah sensor-sensor ultrasonik yang terpasang mendeteksi adanya halangan atau tidak. Jika pembacaan sensor ultrasonik di atas atau sama dengan 51, maka motor diberi PWM sebesar 25. Jika pembacaan sensor ultrasonik di bawah atau sama dengan 50, maka motor diberi PWM sebesar 20. Jika pembacaan sensor ultrasonik di bawah atau sama dengan 30, maka motor diberi PWM sebesar 10. Pemberian PWM sebesar 10 dapat mengakibatkan motor berhenti berputar tetapi masih dalam kondisi aktif. Motor dengan PWM sebesar 10 tidak kuat menggerakkan palang, jadi palang tidak akan bergeser atau berhenti sementara. Proses pengecekan ini akan terus berulang. Jika *limit switch* tidak tertekan oleh palang, maka motor akan terus aktif mengikuti pembacaan sensor ultrasonik 1, 2, dan 3. Proses

pengecekan sensor ultrasonik dan pengaktifan motor akan berhenti jika *limit switch* tertekan dan motor akan mati.



Gambar 5. Subrutin palang pintu kereta api menutup.

Pada proses palang membuka, palang aktif dengan PWM sebesar 45 dan berputar ke arah kiri. Terdapat subrutin yang mengaktifkan dan mematikan motor dengan mengecek kondisi *limit switch* tertekan atau tidak. Subrutin dapat dilihat pada Gambar 6.

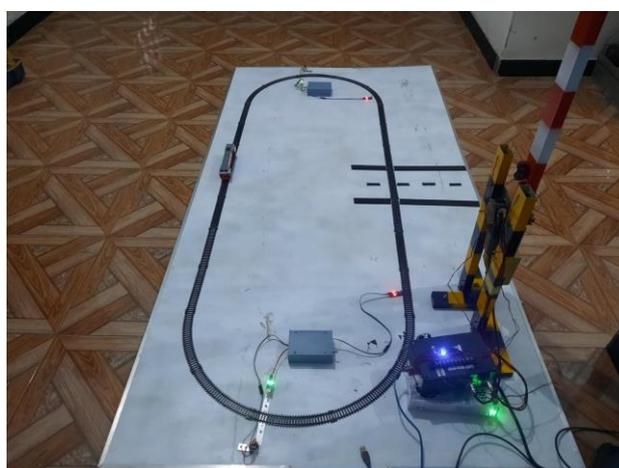


Gambar 6. Subrutin palang pintu kereta api membuka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi system ditunjukkan pada gambar 7. Sistem diuji dengan menggunakan 9 skenario, sebagai berikut:

- Skenario 1 adalah saat ada miniatur motor yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 1.
- Skenario 2 adalah saat ada miniatur mobil yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 2.
- Skenario 3 adalah saat ada miniatur truk yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 3.
- Skenario 4 adalah saat ada miniatur motor, truk, dan mobil yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 1, 2, dan 3.
- Skenario 5 adalah saat miniatur truk sudah melintas, miniatur motor dan mobil yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 1 dan sensor ultrasonik 3.
- Skenario 6 adalah saat miniatur truk, motor dan mobil yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 1, 2, dan 3.
- Skenario 7 adalah saat miniatur truk sudah melintas, miniatur motor dan mobil yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 2 dan sensor ultrasonik 3.
- Skenario 8 adalah saat miniatur truk dan mobil sudah melintas, miniatur motor yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 2.
- Skenario 9 adalah saat miniatur truk di bagian tengah sudah melintas, miniatur mobil dan motor yang berada di bawah palang pintu kereta api persis atau di bawah sensor ultrasonik 1 dan sensor ultrasonik 3.



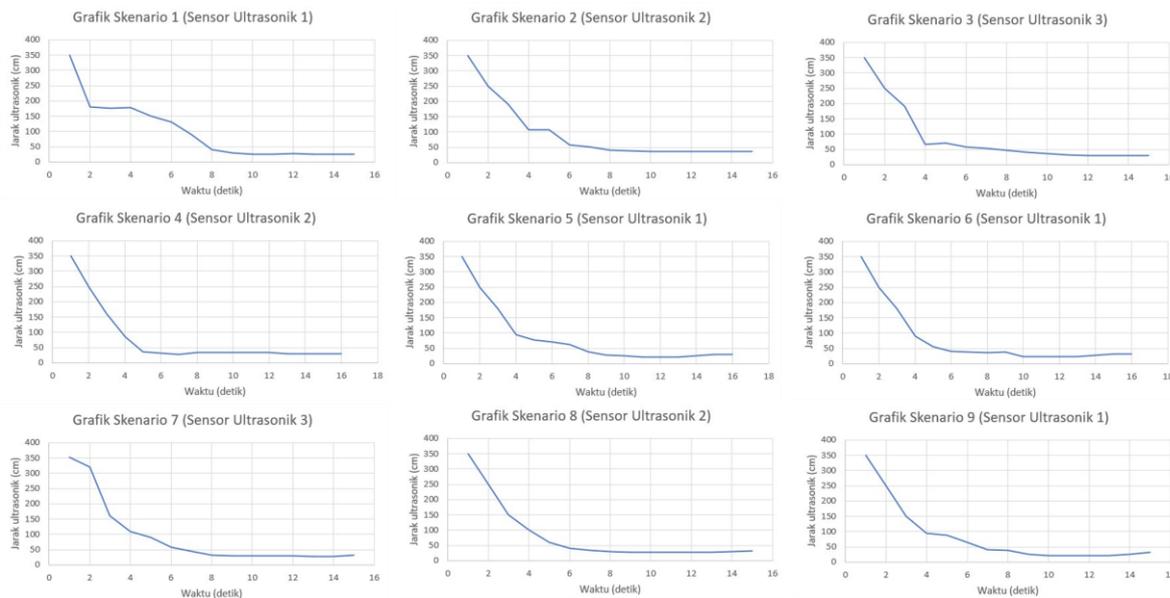
Gambar 7. Hasil implementasi perancangan

Data keberhasilan palang menutup untuk mengetahui error yang terjadi pada 9 skenario yang sudah dibuat. Dikatakan berhasil jika palang tidak menyentuh atau memukul kendaraan yang melintas. Pengujian kinerja palang pintu otomatis dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing skenario untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem. Data keberhasilan dapat dilihat pada Tabel 1. Tampak bahwa rata-rata keberhasilan mencapai 100%. Hal ini berarti pengendali palang pintu otomatis berdasarkan kendaraan yang melintas di bawah palang berhasil diimplementasikan.

Tabel 1. Data Keberhasilan 9 Skenario.

Skenario	Banyak Percobaan	Banyak Keberhasilan	Tingkat Keberhasilan
1	3	3	100 %
2	3	3	100 %
3	3	3	100 %
4	3	3	100 %
5	3	3	100 %
6	3	3	100 %
7	3	3	100 %
8	3	3	100 %
9	3	3	100 %
Rata-Rata Keberhasilan			100%

Pada gambar 8 ditunjukkan kinerja palang pintu kereta pada masing-masing skenario. Tampak bahwa masing-masing ultrasonik yang berkaitan dengan masing-masing skenario mampu mengukur jarak palang dengan kendaraan yang ada di bawahnya. Ketika jarak palang masih jauh maka motor diatur lebih cepat daripada Ketika sudah mendekati kendaraan, sehingga kendaraan tidak terkena palang. Durasi yang dibutuhkan palang untuk menutup pada 9 skenario yang sudah dibuat dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing skenario, diperoleh waktu rata-rata yang dibutuhkan palang untuk menutup perlintasan kereta api adalah 14,83 detik, dan waktu terlama adalah 16 detik.



Gambar 8. Grafik kinerja pada 9 skenario

Tabel 2 Durasi Percobaan 9 Skenario.

Skenario	Banyak Percobaan	Waktu Menutup (detik)			Rata-Rata (detik)
		Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	
1	3	14	15	15	14,6
2	3	14	15	15	14,6
3	3	14	15	15	14,6
4	3	16	15	16	15,6
5	3	16	16	15	15,6

4. KESIMPULAN

Algoritma pengendalian palang pintu kereta api otomatis berdasarkan kendaraan yang melintas telah berhasil diimplementasikan. Tingkat keberhasilan pada pengujian 9 skenario sebesar 100% dan sistem dapat bekerja tanpa *error*. Palang pintu kereta api tidak menyentuh atau memukul kendaraan yang melintas. Waktu rata-rata palang menutup adalah 14,83 detik dan waktu terlama 16 detik. Untuk penelitian selanjutnya, hasil penelitian dalam bentuk prototipe ini perlu diuji pada sistem palang pintu otomatis yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

- [1] Wulandari, S. Jayanti, and B. Widjasena, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Perilaku Berkendara Aman (Safety Riding) Pada Kurir Pos Sepeda Motor Di PT.Pos Indonesia Cabang Erlangga Semarang 2017," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 5, pp. 2013–2015, 2017.
- [2] I. I. R. Putri, "188 Kasus Laka Pelintasan Sebidang KA Terjadi Sepanjang Januari-Agustus," <https://news.detik.com/berita/d-6276763/188-kasus-laka-pelintasan-sebidang-ka-terjadi-sepanjang-januari-agustus>, 2022.
- [3] T. Tjahjono, A. Kusuma, Y. Y. Pratiwi, and R. Y. Purnomo, "Identification Determinant Variables of the Injury Severity Crashes at Road-Railway Level Crossing in Indonesia," *Transp. Res. Procedia*, vol. 37, no. September 2018, pp. 211–218, 2019, doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.185.
- [4] "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 23 TAHUN 2007 TENTANG PERKERETAAPIAN." 2007.
- [5] "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor Pm94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api dengan Jalan." 2018.
- [6] A. Hermawan, F. Ibni, and T. Komputer, "Perancangan Sistem Pintu Perlintasan Otomatis Kereta Api," *Portaldata.org*, vol. 2, no. 3, pp. 2022–2023, 2022.
- [7] J. R. Sembiring, A. M. Purba, and M. Akhdan, "Rancang Bangun Miniatur Palang Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno," *J. Ilm. Tenaga List.*, vol. 1, no. 2, pp. 75–87, 2022.
- [8] 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, p. 173, 2019, doi: 10.30645/j-sakti.v3i2.137.
- [9] M. M. Watoni, R. Yasin, and H. T. Alamsyah, "Sistem Pengendali Palang Pintu Kereta Api Berbasis Arduino," vol. 2, pp. 463–468, 2023.
- [10] O. Y. Barokah and M. A. Roidbafi, "Automatic Train Junction Gate Control System Based on Arduino-Uno Microcontroller," vol. 1, no. 1, pp. 18–22, 2023, doi: 10.25299/IJSR.2023.11xxxxxx.
- [11] E. K. Wati, N. Azman, F. Hidayanti, and M. F. Ananda, "Automatic Railway Gate System for Commuter Line Train Based on Sensor Accelerometer and Microcontroller," vol. 15, no. 1, pp. 28–39, 2022.
- [12] R. Tasnim, A. S. Shaikat, K. Sarkar, M. I. Mahmud, M. Ali, and M. T. Islam, "Development of an automated railway level crossing gate control system using PLC," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 2019, no. MAR, pp. 3484–3493, 2019.
- [13] S. Budiyanto *et al.*, "The automatic and manual railroad door systems based on IoT," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 1847–1855, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v21.i3.pp1847-1855.
- [14] T. A. Selvan, A. Viswanathan, S. Madhankumar, and R. Dhanush Kumar, "Design and Development of an Automatic Unmanned Railway Level Crossing Gate," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1059, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1059/1/012005.
- [15] A. JV, "Automatic Traffic Control Technologies for Remote Monitoring Of Unmanned Railway Gates," *J. Electron. Informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 30–37, 2020, doi: 10.36548/jei.2020.1.004.