

Efficiency Through Automation: A Single System for Multiple Railway Guard Posts

[Efisiensi Melalui Otomatisasi: Satu Sistem untuk Beberapa Pos Penjagaan Kereta Api]

Mochammad Hisam Zulwidad¹⁾, Indah Sulistiyowati ^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: indah_sulistiyowati@umsida.ac.id

Abstract. One of the important factors in train travel is the guarding of railroad crossings. Unfortunately, the number of unguarded railway crossings is still quite large. This condition makes it prone to accidents, especially at crossings that are heavily traveled by vehicles. Most of the railway crossing guards in Indonesia use a manual system, where in this system one guard post can only guard one railway crossing, due to limited human resources from PT KAI, many railway crossing doors are not guarded. To reduce accidents and cover the lack of human resources from PT.KAI, an Efficiency tool through Automation was made: One System for Multiple Railway Crossing Guard Posts. This tool is equipped with several main components, namely PLC, HMI, Infrared Sensor, and servo motor. The crossing gate is fully controlled by PLC and HMI as a monitoring system for all components in real time. By detecting the arrival of the train, the infrared sensor can work by utilizing the movement of the train passing the sensor, not only detecting the arrival of the train, the infrared sensor also works to give orders so that the Servo Motor as a crossing door can be immediately closed and opened on the miniature, the railroad crossing itself is also equipped with an infrared sensor that functions to detect the presence of vehicles in the middle of the railroad crossing controlled by PLC and HMI as a monitoring system. This tool has been tested and the device functions properly and can help reduce the accident rate at railroad crossings

Keywords – Railway Safety; Automation; Guard Post

Abstrak. Salah satu faktor penting dalam perjalanan kereta api adalah penjagaan perlintasan kereta api. Sayangnya, jumlah perlintasan kereta api yang tidak dijaga masih cukup banyak. Kondisi ini menyebabkan rawan terjadinya kecelakaan, terutama di perlintasan yang ramai dilalui kendaraan. Sebagian besar penjaga perlintasan kereta api di Indonesia menggunakan sistem manual, dimana pada sistem ini satu pos jaga hanya bisa menjaga satu perlintasan kereta api, karena keterbatasan sumber daya manusia dari PT KAI, banyak pintu perlintasan kereta api yang tidak dijaga. Untuk mengurangi kecelakaan dan menutupi kekurangan sumber daya manusia dari PT KAI, maka dibuatlah sebuah alat Efisiensi melalui Otomasi: Satu Sistem untuk Beberapa Pos Penjagaan Perlintasan Kereta Api. Alat ini dilengkapi dengan beberapa komponen utama, yaitu PLC, HMI, Sensor Inframerah, dan motor servo. Palang pintu perlintasan sepenuhnya dikendalikan oleh PLC dan HMI sebagai sistem monitoring semua komponen secara real time. Dengan mendeteksi kedatangan kereta api, sensor inframerah dapat bekerja dengan memanfaatkan pergerakan kereta api yang melewati sensor tersebut, tidak hanya mendeteksi kedatangan kereta api, sensor inframerah juga bekerja untuk memberikan perintah agar Motor Servo sebagai pintu perlintasan dapat segera ditutup dan dibuka pada miniatur, perlintasan kereta api itu sendiri juga dilengkapi dengan sensor inframerah yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan yang berada ditengah-tengah perlintasan kereta api yang dikontrol oleh PLC dan HMI sebagai sistem monitoring. Alat ini telah diuji coba dan alat berfungsi dengan baik dan dapat membantu mengurangi tingkat kecelakaan di perlintasan kereta api

Kata Kunci - Keselamatan Kereta Api; Otomasi; Pos Jaga

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pasti akan mengiringi kemajuan ilmu pengetahuan sehingga tidak mungkin untuk mencegahnya dalam kehidupan ini [1]. Pintu perlintasan kereta api adalah penemuan teknologi yang sangat bermanfaat bagi manusia [2]. Pintu perlintasan kereta api digunakan untuk mengamankan perjalanan kereta api agar tidak menghalangi manusia atau lalu lintas kendaraan bermotor lainnya [3]. Peraturan Pemerintah No. 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api, Pasal 110, Ayat 4, menyatakan hal ini. "Lalu lintas kereta api diprioritaskan karena pengguna jalan harus memberikan kereta api harus didahulukan karena apabila terjadi tabrakan, dampak dan kerugian yang ditimbulkan akan lebih besar [4]. Oleh karena itu, tujuan utama pintu perlintasan adalah untuk mengamankan lalu lintas kereta api, menurut Joni Martinus, wakil vice president hubungan masyarakat KAI (KAI, 12.10.2020). Pintu perlintasan kereta api memiliki sisi positif dan negatif. konsekuensi yang tidak menguntungkan dalam kehidupan sehari-hari [5].

Tujuan dari palang pintu kereta api adalah untuk membantu aktivitas manusia, namun, beberapa kekurangan dalam desain telah menyebabkan beberapa kecelakaan yang merupakan hasil dari kelalaian bersama [6]. Karena hal tersebut mempengaruhi standar hidup masyarakat masyarakat, Gubernur Khofifah menggarisbawahi pentingnya meningkatkan keamanan di sekitar rel kereta api [7]. Masyarakat yang ingin menyeberangi rel kereta api, misalnya, dapat mempertaruhkan nyawa mereka jika tidak ada Sistem Peringatan Dini (EWS). Sistem Peringatan Dini (EWS), seperti sirene [8]. Selain itu, terdapat 1.290 perlintasan kereta api di Jawa Timur saja, termasuk 1.140 perlintasan sebidang dan 150 perlintasan tidak sebidang, menurut Khofifah. Pemerintah daerah menjaga 72 perlintasan, KAI menjaga 280 perlintasan, sukarelawan berpatroli di 127 perlintasan, dan 470 perlintasan tidak dijaga [9].

Sistem kontrol otomatis yang disebut perlintasan kereta api otomatis digunakan untuk meningkatkan tingkat keselamatan bagi pengguna jalan dan kereta api itu sendiri [10]. Ketika kereta api melintas, sistem akan membuka dan menutup palang dengan sendirinya [11]. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk membuat dan membangun sistem kontrol otomatis yang lebih efektif dan efisien. otomatis yang lebih efektif dan efisien karena penggunaan teknologi otomasi di perlintasan pintu kereta api telah meningkat akhir-akhir ini [12][13].

Untuk meningkatkan, memperbaiki, dan mengatasi isu-isu yang telah dipelajari, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan literasi pada berbagai penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya, penggunaan palang pintu kereta api otomatis menggunakan arduino mikrokontroler Arduino dan sensor HC-SR04 [14][15]. Penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis karena mampu mengatur 5 palang pintu kereta api otomatis secara bersamaan dengan 1 alat, artinya dengan alat ini 1 pos jaga dapat mengendalikan 5 palang pintu kereta api secara bersamaan.

Peneliti sebelumnya menjelaskan penggunaan Palang Pintu Otomatis Kereta Api berbasis Telegram BOT Perancangan Sistem Palang Pintu Otomatis Kereta Api [16]. Penelitian ini dinilai kurang efektif dalam hal pemantauan karena untuk melakukan kontrol telegram pengguna harus membuat bot yang cukup rumit jika dibandingkan dengan menggunakan HMI untuk memonitoring palang pintu kereta api. Selain itu, aplikasi telegram masih kurang efektif karena penjaga palang pintu kereta api masih membutuhkan waktu untuk mengoperasikan telepon genggam, sehingga banyak waktu yang terbuang.

Teknologi penyeberangan kereta api otomatis kini telah menggantikan teknologi penyeberangan manual [17]. Kereta api palang pintu kereta api dibuat lebih aman dan efektif dengan menggabungkan teknologi ke dalam bagian-bagiannya seiring dengan perkembangannya [18][19]. Untuk mengatasi masalah ini, kami menciptakan PAK SUMA: Inovasi Palang Pintu Kereta Api, Satu Alat untuk Lima Pos Penjagaan. Di sini, kami akan membuat palang pintu kereta api otomatis berbasis PLC yang dimonitor oleh HMI (Human Machine Interface). palang pintu. Untuk menutupi ketiadaan sumber daya manusia, kami dapat menjalankan lima pos jaga dengan alat yang kami buat. Palang pintu ini dapat diatur waktunya sehingga akan otomatis menutup jika ada kereta yang lewat dan membuka jika ada kereta yang tidak lewat. kereta api tidak lewat. Alat ini juga dapat memperingatkan petugas jaga dan pengguna kereta api ketika masih ada orang yang berdiri di tengah di tengah rel kereta api setelah palang pintu ditutup. Dengan adanya alat ini, diharapkan kecelakaan di perlintasan kereta api dapat dikurangi. Diharapkan palang pintu kereta api otomatis berbasis PLC dengan monitoring HMI ini menjadi sebuah kemajuan teknologi dalam dunia perkeretaapian sekaligus sebagai solusi untuk mengurangi frekuensi kecelakaan yang disebabkan oleh kereta api.

II. Metode

Teknik penelitian Research and Development (R&D) digunakan dalam penelitian ini untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian sebelumnya dengan meninjau penelitian sebelumnya untuk membuat perubahan dan pembaharuan yang akan menghasilkan hasil baru yang baru yang akan berguna dan efektif untuk populasi yang lebih besar [20]. Membuat diagram blok, membuat diagram alir, dan membuat diagram pengkabelan adalah tiga metode yang dibahas dalam bab ini [21]. meskipun setiap fase memiliki tujuan yang berbeda tujuan yang berbeda, ketiga proses tersebut pada akhirnya saling berhubungan dengan pembangunan prototipe yang efisien yang akan menguntungkan komunitas yang lebih besar secara keseluruhan sebagai tujuan akhir mereka [22].

A. Diagram Blok Sistem

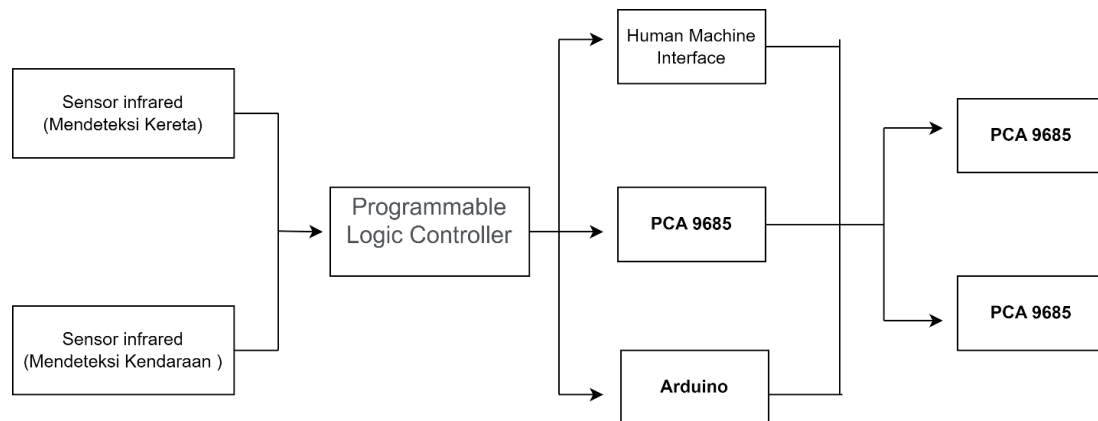
Diagram blok penelitian dibuat untuk memudahkan dalam perancangan dan pembuatan alat, diagram blok pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Bagian input terdiri dari dua bagian yang masing-masing merupakan sensor inframerah. Salah satu sensor inframerah mendeteksi apakah ada kereta api yang mendekat, dan sensor yang lain menentukan apakah masih ada kendaraan yang menyeberang ketika palang pintu kereta api ditutup.

Hal ini menentukan apakah ada kereta api. Komponen pengolah data mikrokontroler PLC Outsel V3 yang digunakan memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan seri PLC Outsel sebelumnya, salah satunya adalah jumlah pin yang lebih banyak. Dalam hal pengolahan data dari input bagian dan pesan perintah dari HMI terkait, PLC melakukan tugas ini lebih baik daripada yang lain mikrokontroler lainnya. Sebagai langkah terakhir dalam rangkaian ini, mikrokontroler akan mengirim data yang diproses ke output panggung. Karena PLC outsel V3 memiliki sistem

yang dapat dihubungkan ke HMI sehingga dapat mengirimkan data secara real-time kepada pengguna melalui HMI, PLC outsells V3 digunakan sebagai media komunikasi data antara alat dan pengguna. Sebelum masuk ke motor servo, data keluaran PLC untuk perintah menutup perlintasan kereta api perlintasan harus terlebih dahulu dimasukkan ke dalam Arduino dan modul set pca9685.

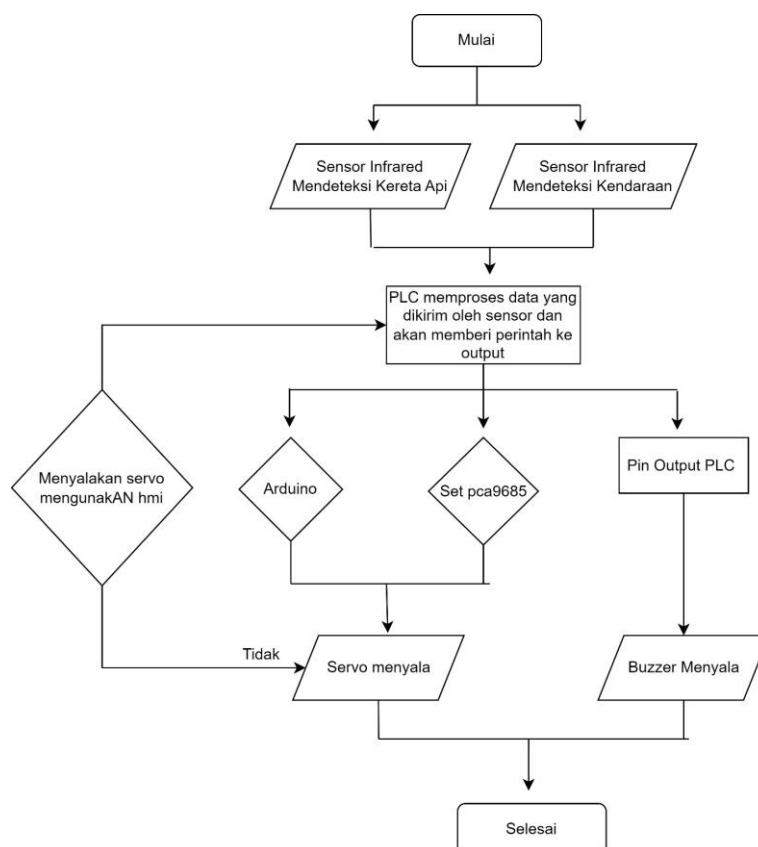
Bagian output berupa motor servo dan buzzer, dengan motor servo berfungsi untuk menggerakkan pintu perlintasan kereta api dan buzzer untuk memperingatkan pengemudi dan petugas akan adanya kendaraan di perlintasan kereta api. penyeberangan. HMI digunakan untuk memonitoring seluruh rangkaian alat.



Gambar 1. Blok Diagram

B. Diagram Flowchart

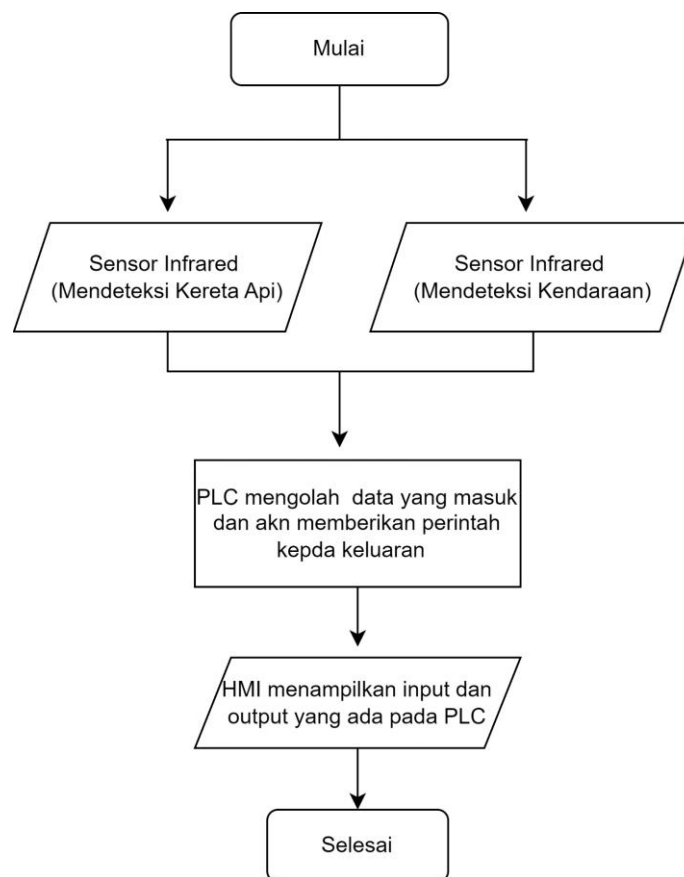
Flowchart adalah diagram alir penelitian dari awal proses hingga akhir yang dibuat untuk memudahkan proses penelitian. Pada penelitian ini terdapat 2 diagram alir yang terdiri dari diagram alir keseluruhan alat dan diagram alir Flowchart sistem monitoring HMI. Gambar 2 merupakan flowchart pertama yang menunjukkan keseluruhan alur rangkaian dari kondisi awal dimana seluruh komponen sistem dinyalakan, hingga kedua sensor inframerah pada bagian input, dimana sensor inframerah 1 berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kereta api yang mendekat dan sensor inframerah 2 berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan yang masih berada di perlintasan kereta api.



Gambar 2. Flowchart Alat

Setelah mikrokontroler memproses data sensor, mikrokontroler akan mengirimkannya ke output ketika sensor inframerah 1 mendeteksi adanya kereta yang lewat. Saat kereta mendekati perlintasan kereta api, motor servo berputar, menutup penyeberangan kereta api. Kemudian berputar untuk membuka kembali perlintasan kereta api. Mekanisme manual juga disertakan dengan ini alat, memungkinkan palang pintu kereta ditutup secara manual melalui HMI jika sensor tiba-tiba menjadi rusak. Sensor inframerah dipasang di pintu perlintasan kereta api. Sensor ini mendeteksi apakah kendaraan masih berada di perlintasan kereta api. Jika iya, buzzer akan aktif untuk memperingatkan pengemudi agar segera keluar dari mobil untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang fatal.

Diagram alir kedua, Gambar 3, menunjukkan rangkaian pemantauan alat penyeberangan pintu kereta api otomatis untuk lima pos penjagaan. Mikrokontroler akan mulai mengirimkan data ke HMI secara real-time ketika palang pintu operasional, sehingga petugas palang pintu kereta api dapat terus memantau palang pintu mana yang operasional dan mana yang tidak. Indikator lapisan HMI akan menyala ketika palang pintu 1 diaktifkan jika palang pintu 1 tidak diaktifkan, program akan berakhir dan indikator akan padam.

**Gambar 3.** Flowchart Pemantauan alat

C. Wiring Diagram

Gambar 4 menunjukkan desain pengkabelan untuk rangkaian pengkabelan yang digunakan dalam penelitian ini. Seperti yang dapat dilihat, PLC Mega V3 digunakan untuk menghubungkan semua komponen yang digunakan sebagai input dan output. Alat-alat tersebut harus terhubung dengan benar dengan semua komponen agar dapat digunakan dan berfungsi dengan baik. Pada Gambar 4 terdapat

- Sensor inframerah 1 sebagai komponen pendeteksi kereta api.
- Sensor inframerah 2 digunakan sebagai pendeteksi jika ada kendaraan yang masih berada di perlintasan kereta api saat palang pintu kereta api sudah tertutup.
- Mikrokontroler PLC Mega V3 digunakan sebagai otak dari rangkaian, tugasnya mengolah data yang diterima oleh sensor dan kemudian meneruskannya ke komponen output.

- Arduino digunakan sebagai modul untuk motor servo, perintah plc akan diproses oleh arduino sehingga dapat dibaca oleh motor servo.
- Set Driver PCA9685 digunakan sebagai modul untuk motor servo, perintah plc akan diproses oleh Set PCA9685 sehingga dapat dibaca oleh motor servo.
- Motor servo digunakan sebagai output yang akan berputar untuk menggerakkan palang pintu kereta api.
- Buzzer digunakan sebagai output yang akan mengeluarkan bunyi jika ada kendaraan yang masih berada di rel kereta api. melintas ketika palang pintu perlintasan sudah tertutup.
- HMI digunakan sebagai komponen yang dapat melihat keseluruhan sistem bekerja dengan baik sesuai dengan yang diinginkan.

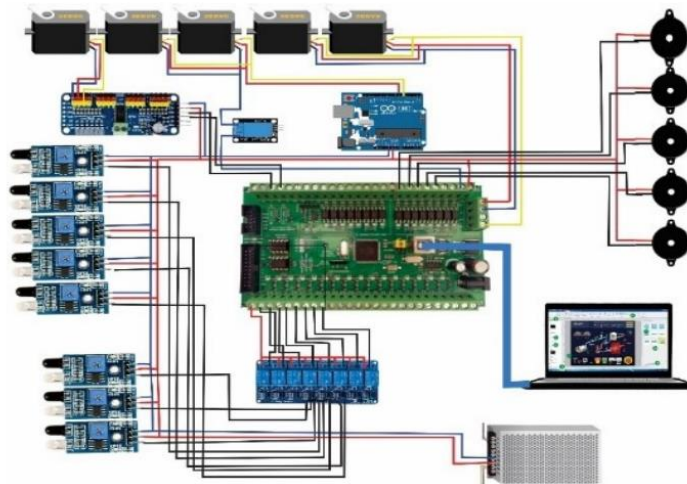
Alamat pin setiap komponen yang terhubung dapat dilihat pada Tabel 1. Pin motor servo terhubung secara langsung langsung terhubung ke modul yang digunakan, yaitu Arduino atau set-pca9685. Modul-modul ini akan beroperasi jika merekamendapatkan perintah dari output plc, yaitu R1 sampai R5. Pin R6 sampai R10 akaterhubung ke buzzer. Sementara kami segera menghubungkan suplai VCC buzzer ke pin 5v dari PLC, motor servo membutuhkan VCC dan arde dari pin Arduino dan setpca9685. Kami menggunakan pin USB PLC, yang sudah ada di sana, untuk menghubungkan HMI secara langsung.

Semua sensor yang digunakan sebagai jalur kabel memiliki tiga pin, yang pertama digunakan sebagai input untuk membaca nilai analog yang dihasilkan sensor. Berikutnya adalah VCC, yang berfungsi sebagai sumber daya untuk sensor, dan GND, yang berfungsi sebagai ground. Kami menggunakan rangkaian paralel untuk memberi daya pada semua VCC dan Jalur kabel GND dengan menurunkan sumber daya 12v ke 5v. Sumber daya yang dibutuhkan berasal dari 12v catu daya.

Tabel 1. Alamat pin komponen

TIDA K.	Komponen	Komponen Alamat Pin	Alamat PinMega V3	TIDA K.	Komponen	Komponen Alamat Pin	Alamat PinMega V3
1.	Motor servo (Perlintasan Kereta Api 1)	VCC GND Pin PWM	R1	12.	Sensor inframerah (sistem peringatan Crossbar 4)	VCC GND Pinout	S7
2.	Motor servo (Perlintasan kereta api 2)	VCC GND Pin PWM	R2	13.	Sensor inframerah (Sistem peringatan mistar gawang 5)	VCC GND Pinout	S8
3.	Motor servo (Perlintasan Kereta Api 3)	VCC GND Pin PWM	R3	14.	Arduino	Sematkan 4 Sematkan 5 VCC GND	R11
4.	Motor servo (Perlintasan Kereta Api 4)	VCC GND Pin PWM	R4	15.	Modul PCA9685	VCC GND Sematkan PWM	SDA SCL VCC GND
5.	Motor servo (Perlintasan kereta api 5)	VCC GND Pin PWM	R5	16.	Buzzer (sistem peringatan Crossbar 1)	VCC GND	R6 VCC
6.	Sensor inframerah (Crossbars 1 dan 2)	VCC GND Pinout	S1	17.	Buzzer (sistem peringatan Crossbar 2)	VCC GND	R7 VCC
7.	Sensor inframerah (Crossbars 3 dan 4)	VCC GND Pinout	S2	18.	Buzzer (sistem peringatan Crossbar 3)	VCC GND	R8 VCC
8.	Sensor inframerah (Crossbars 5)	VCC GND Pinout	S3	19.	Buzzer (sistem peringatan Crossbar 4)	VCC GND	R9 VCC
9.	Sensor inframerah (Peringatan palang sistem 1)	VCC GND Pinout	S4	20.	Buzzer (sistem peringatan Crossbar 5)	VCC GND	R10 VCC

10.	Sensor inframerah (Sistem peringatan mistar gawang 2)	VCC GND Pinout	S5	21	HMI	USB	USB
11.	Sensor inframerah (Peringatan palang n 3)	VCC GND Pinout	S6				



Gambar 4. Wiring Diagram

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 menunjukkan hasil prototipe pintu kereta api otomatis dengan satu perangkat untuk lima pos penjagaan. Adapun Nomor-nomor berikut ini akan digunakan untuk menjelaskan masing-masing komponen: 1. PLC Mega V3, 2. Step down, 3. Arduino, 4. Relay, 5. Catu daya, 6. Set PCA9685, 7. MCB, 8. Buzzer, 9. Motor servo, 10. Sensor inframerah.

Cara mengoperasikan prototipe adalah sebagai berikut:

1. Pengguna menyalakan MCB yang telah terhubung dengan sumber catu daya.
2. Setelah menyalakan MCB, sistem akan berada pada posisi standby.
3. Setelah sistem dalam posisi standby, kita bisa langsung menjalankan kereta untuk melakukan simulasi palang pintu.

Jika sensor pendeteksi kereta tidak berfungsi, kita bisa langsung menyalakan palang pintu kereta api manual dengan langsung menekan tombol pada layar HMI.



Gambar 5. Realisasi Alat

A. Menguji Koneksi antara HMI dan PLC Mega V3

Untuk memastikan mikrokontroler PLC Mega V3 dapat terhubung ke HMI yang dituju, dilakukan pengujian. Ketika mikrokontroler PLC Mega V3 terhubung ke HMI, pengujian dilakukan berulang kali untuk mengetahui bagaimana berapa lama waktu tunggu. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Menguji koneksi HMI dengan PLC Mega V3

Pengujian-	Mikrokontroler PLC Mega V3		Ketepatan
	Kondisi	Waktu menunggu	
Tes 1	Terhubung	4.15 Detik	Bagus
Tes 2	Terhubung	4.09 Detik	Bagus
Tes 3	Terhubung	2.84 Detik	Bagus
Tes 4	Terhubung	3,09 Detik	Bagus
Tes 5	Terhubung	3.48 Detik	Bagus

Hasil pengujian mikrokontroler PLC Mega V3 ditunjukkan pada Tabel 2. Hasilnya menunjukkan bahwa mikrokontroler diuji sebanyak lima kali dan dapat terhubung dengan benar. Namun, waktu tunggu yang dihasilkan pada setiap pengujian bervariasi, namun perbedaannya masih dapat dikatakan wajar karena tidak terlalu besar.

B. Menguji Sensor Inframerah untuk Deteksi Kereta Api

Tiga pengujian dilakukan terhadap sensor infra merah, yang pertama adalah memastikan seluruh bagian berfungsi dan dalam kondisi baik. Tabel 3 berisi hasil tes. Gerbang kereta api akan tertutup ketika sensor mendeteksi adanya kereta api, seperti pada gambar Tabel 3, dan terbuka ketika sensor tidak mendeteksi kereta.

Tabel 3. Pengujian sensor infra merah pendeteksi kereta api

Tes ke-	Kondisi	Sensor mendeteksi kereta		Hasil membaca
		YA	TIDAK	
Tes pertama	Terhubung	AKU	0	Palang tertutup Buka mistar gawang
		0	AKU	
Tes – 2	Terhubung	AKU	0	Palang tertutup Buka mistar gawang
		0	AKU	
Tes – 3	Terhubung	AKU	0	Palang tertutup Buka mistar gawang
		0	AKU	

C. Pengujian Sensor Inframerah Deteksi Kendaraan

Pengujian sensor infra merah untuk pendeteksian kendaraan Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem peringatan dini berfungsi dengan baik. Hasil pengujian komponen dapat dilihat pada Tabel 4. Pengujian yang dilakukan di atas menunjukkan bahwa buzzer akan aktif ketika pintu gerbang kereta api ditutup dan sensor mendeteksi masih ada kendaraan di perlintasan kereta api. Kurang dari dua detik berlalu sebelum bel berbunyi. Bel tidak akan berbunyi jika perlintasan kereta api terkunci dan tidak ada mobil di sana.

Tabel 4. Tes sensor infra merah deteksi kendaraan

Tes ke-	Kondisi Komponen	Kondisi perlintasan kereta api	Kondisi perlintasan kereta api	Waktu respons buzzer	Hasil membaca
Tes pertama	Terhubung	Tidak ada kendaraan	Tertutup	0	Beuzzer tidak menyala
Tes – 2	Terhubung	Ada kendaraan	Tertutup	1,40 Detik	Buzzer menyala
Tes – 3	Terhubung	Ada kendaraan	Membuka	0	Buzzer tidak menyala
Tes – 4	Terhubung	Ada kendaraan	Tertutup	1.26 Detik	Beuzzer menyala

D. Menguji Lamanya Kereta Api Melewati Palang

Pengujian waktu yang diperlukan kereta api untuk melewati perlintasan kereta api dapat diketahui dengan menggunakan rumus $T = S / V$ dimana T = waktu, S = jarak, dan V = kecepatan. Dengan menerapkan rumus tersebut, kita dapat menentukan waktu yang dibutuhkan kereta api untuk melewati perlintasan kereta api. Hasil tesnya bisa dilihat di Tabel 5.

Dalam tabel hasil tes, Tabel 5 waktu yang dibutuhkan kereta api untuk melewati perlintasan pintu kereta api berbeda-beda karena pintu kereta api perlintasan 1 dan 2 akan menutup secara bersamaan. Pasalnya, jarak antar perlintasan dekat hingga tidak mencapai 30 meter, sedangkan pintu perlintasan kereta api ke-5 jaraknya cukup jauh sehingga tidak menutup secara bersamaan. Jadi waktu yang dibutuhkan kereta api untuk melewati perlintasan kereta api disana berbeda-beda. Untuk setiap mistar gawang kita melakukan uji coba sebanyak 3 kali dengan kecepatan yang sama dan nilai yang dihasilkan tidak sama. Terdapat perbedaan pada setiap uji coba namun dengan selisih yang tidak terlalu banyak maka dapat disimpulkan dapat bekerja dengan baik.

Tabel 5. Pengujian lamanya kereta api melewati perlintasan kereta api

Tes ke-	Kondisi	Persimpangan pintu kereta api	Waktu yang diperlukan kereta api untuk melewati suatu rel kereta api persimpangan	Kondisi rel kereta api persimpangan	Akurasi persentase
Tes pertama	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 1 & 2	5.25 Detik	Tertutup	93%
Tes – 2	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 1 & 2	6.41 Detik	Tertutup	85%
Tes – 3	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 1 & 2	6.08 Detik	Tertutup	97%
Tes – 4	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 3 & 4	6.55 Detik	Tertutup	97%
Tes – 5	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 3 & 4	6.68 Detik	Tertutup	95%
Tes – 6	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 3 & 4	6.62 Detik	Tertutup	91%
Tes – 7	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 5	3,74 Detik	Tertutup	90%
Tes – 8	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 5	3,54 Detik	Tertutup	86%
Tes – 9	Terhubung	Pintu kereta api melintasi 5	3.61 Detik	Tertutup	96%

E. Pengujian Perlintasan Pintu Kereta Api

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah 5 palang pintu yang akan kita kendalikan berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Hasil tesnya bisa dilihat di Tabel 6. Hasil pengujian di atas menunjukkan seluruh perlintasan kereta api berfungsi dengan baik.

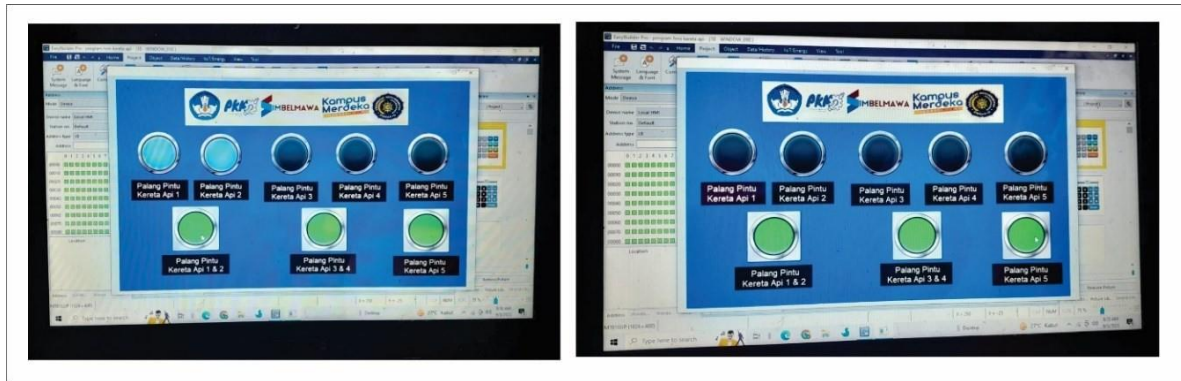
Tabel 6. Pengujian perlintasan pintu kereta api

Tes ke-	Kondisi	Perlintasan kereta api yang berfungsi	Kondisi palang pintu kereta	Ketepatan
Tes pertama	Terhubung	Perlintasan kereta api 1	Tertutup	Bagus
Tes – 2	Terhubung	Perlintasan kereta api 2	Tertutup	Bagus
Tes – 3	Terhubung	Perlintasan kereta api 3	Tertutup	Bagus
Tes – 4	Terhubung	Perlintasan kereta api 4	Tertutup	Bagus
Tes – 5	Terhubung	Perlintasan kereta api 5	Tertutup	Bagus

F. Pengujian Sistem Manual Menggunakan HMI

HMI ini harus dihubungkan ke PLC terlebih dahulu dengan cara menyamakan data input dan output PLC dengan data yang akan diterima HMI. Hal ini diperlukan untuk pengujian sistem manual pintu kereta api otomatis yang melintasi satu alat untuk lima pos jaga. Kami menggunakan kabel USB untuk mentransfer data antara HMI dan PLC. HMI kemudian dapat digunakan setelah PLC dan HMI terhubung. Pengguna hanya perlu menekan tombol

lapisan pada HMI untuk mulai menjalankannya; mikrokontroler akan bereaksi dan menjalankan perintah. Bar mana yang terbuka dan mana yang tertutup akan diungkapkan oleh HMI secara real-time. Gambar 6 menampilkan hasil tes. Petugas perlintasan kereta api dapat segera mengambil tindakan dalam hal ini dengan menekan palang yang ingin ditutup secara manual pada layar HMI ketika sensor infra merah mendeteksi kereta tidak berfungsi.



Gambar 6. Menu HMI

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa meskipun terdapat jeda waktu antar pengujian, namun dengan jeda waktu yang cukup kecil, tetap dapat dikatakan seluruh komponen yang digunakan dapat bekerja secara maksimal. Sensor infra merah telah diuji kemampuannya dalam mendeteksi kereta api, dan hasilnya cukup menjanjikan: dalam setiap percobaan, 97% sensor berfungsi sebagaimana mestinya, dan sensor infra merah menyumbang sebagian besar sensor yang digunakan untuk melakukan hal tersebut. Akibat penurunan kecepatan kereta api secara tiba-tiba, palang terbuka kembali setelah melewati perlintasan kereta api dengan rata-rata akurasi sebesar 92,2%, namun dengan tingkat rata-rata yang masih dalam batas yang dapat diterima. Saat perlintasan kereta api ditutup, sensor infra merah diuji apakah dapat mendeteksi kendaraan di sana. Ketika itu terjadi, proses pengiriman data yang telah dibaca sensor untuk menyalakan buzzer hanya membutuhkan waktu rata-rata 1,33 detik. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan sistem tersebut mungkin mampu menurunkan angka kecelakaan fatal. Pada perlintasan kereta api, kami juga menguji sensor infra merah untuk pengenalan kendaraan dengan palang pintu terbuka dan tertutup namun tanpa ada kendaraan, dan diperoleh hasil buzzer tidak aktif. HMI digunakan untuk menguji sistem manual perlintasan pintu kereta otomatis dan berhasil. Dengan HMI, kita bisa menutup pintu perlintasan kereta hanya dengan menekan tombol di layar HMI. HMI ini juga memiliki sistem monitoring yang dapat melacak status jeruji pintu sepanjang waktu. Prototipe dapat diperkuat jika memiliki kekurangan, seperti ketidakmampuannya membedakan antara kereta api dan benda bergerak lainnya, atau ketidakmampuannya menyelesaikan masalah jika ada benda yang menghalangi palang pintu saat menutup atau membuka. Penelitian tambahan disarankan untuk memaksimalkan hasil penelitian ini. Kelayakan teknis dan finansial dari sistem yang menggunakan rel dan kereta api sebenarnya perlu dieksplorasi lebih mendalam pada tahap berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungannya. Karya dan penelitian ini didukung dan didanai oleh DIKTIRISTEK, KEMENDIKBUDRISTEK melalui program kreativitas mahasiswa (PKM 2023).

REFERENSI

- [1] DV Efanov, GV Osadchii, dan VV Khoroshev, "Tahap Baru dalam Pengembangan Teknologi Kontrol Lalu Lintas Keselamatan: Penyeberangan Kereta Api Digital," pada Konferensi Otomasi Internasional Rusia (RusAutoCon) 2019, hal. 1–6, 2019, <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867700>.
- [2] Y. Guo, L. Wan, Y. Zhou, Z. Zhang, dan M. Yuan, "Penelitian tentang Analisis Proses Degradasi Sistem Pintu Transit Rel," pada tahun 2020 Keandalan Global dan Prognostik dan Manajemen Kesehatan (PHM-Shanghai), hal. 1–5, 2020, <https://doi.org/10.1109/PHM-Shanghai49105.2020.9280920>.
- [3] M. Rath, "Sistem manajemen lalu lintas cerdas untuk pengendalian lalu lintas menggunakan perangkat mekanis dan elektronik otomatis. Dalam Seri Konferensi IOP: Ilmu dan Teknik Material, vol. 377, tidak. 1, hal. 012201, 2018, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/377/1/012201>.
- [4] M. Hamadache, S. Dutta, R. Ambur, O. Olaby, E. Stewart, dan R. Dixon, "Metode Deteksi Kesalahan Berbasis Residu: Aplikasi pada Sistem Railway Switch & Crossing (S&C)," pada Konferensi Internasional ke-19 tahun 2019 tentang Kontrol, Otomasi dan Sistem (ICCAS), hal. 1228–1233, 2019, <https://doi.org/10.23919/ICCAS47443.2019.8971747>.
- [5] EY Narusova dan VG Struchalin, "Mengembangkan Arsitektur Sarana Elektronik untuk Memastikan Penyeberangan Rel Kereta Api yang Aman," pada Konferensi Internasional tentang Manajemen Mutu, Transportasi dan Keamanan Informasi, Teknologi Informasi (IT&QM&IS) tahun 2021, hal. 85–89, 2021, <https://doi.org/10.1109/ITQMIS53292.2021.9642860>.
- [6] MIM Amjath dan T. Kartheeswaran, "An Automated Railway Level Crossing System," pada Konferensi Internasional tentang Pemrosesan Gambar dan Robotika (ICIP) tahun 2020, hal. 1–7, 2020, <https://doi.org/10.1109/ICIP48927.2020.9367346>.
- [7] K. Shimura, Y. Tomioka, dan Q. Zhao, "An Efficient Scene Recognition System of Railway Crossing," pada Konferensi Internasional ke-11 tentang Kesadaran Sains dan Teknologi (iCAST) tahun 2020, hal. 1–6, 2020, <https://doi.org/10.1109/iCAST51195.2020.9319497>.
- [8] P. Sikora, M. Kiach, dan MK Dutta, "Klasifikasi pembatas perlintasan sebidang kereta api dan sistem persinyalan ringan menggunakan YOLOv3," pada Konferensi Internasional Telekomunikasi dan Pemrosesan Sinyal (TSP) ke-43 tahun 2020, 2020, <https://doi.org/10.1109/TSP49548.2020.9163535>.
- [9] NC Brintha, CVP Tarun, L. Abhishikth, BPK Rao, dan MT Reddy, "Smart Railway Crossing Surveillance System," pada Konferensi Internasional tentang Komputasi, Komunikasi, Keamanan dan Sistem Cerdas (IC3SIS) tahun 2022, hal. 1–5, 2022, <https://doi.org/10.1109/IC3SIS54991.2022.9885699>.
- [10] BPP Varna, D. Bhaskar, AH M, dan VK Agrawal, "Solusi Penyeberangan Kereta Api Tak Berawak Menggunakan Pendekatan Berbasis Satelit dan GPS," pada Konferensi Internasional ke-4 untuk Konvergensi Teknologi (I2CT) tahun 2018, hal. 1–4, 2018, <https://doi.org/10.1109/I2CT42659.2018.9058149>.
- [11] AA Amusan dan YK Adebakin, "Sistem Perlintasan Kereta Api Otomatis dengan Deteksi Retakan," pada tahun 2022 Teknologi Informasi Pendidikan dan Pembangunan (ITED) ke-5, hal. 1–7, 2022, <https://doi.org/10.1109/ITED56637.2022.10051357>.
- [12] Z. Wang dan L. Liu, "Research on Linkage Control Strategy of Train Door and Platform Door Based on Automatic Driving Technology," pada IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC) tahun 2019, hal. 1989–1992, 2019, <https://doi.org/10.1109/ITNEC.2019.8729537>.
- [13] EN Ardina, ED Wardihani, dan SB Kuntardjo, "Karakteristik Lintasan dan Model Perambatan Lalu Lintas Kereta Api Untuk Sistem Pintu Lalu Lintas Otomatis," pada Konferensi Internasional ke-6 tentang Teknologi Informasi, Komputer dan Teknik Elektro (ICITACEE) tahun 2019, hal. 1–6, 2019, <https://doi.org/10.1109/ICITACEE.2019.8904223>.
- [14] K. Shimura, Y. Tomioka, dan Q. Zhao, "Metode Estimasi Jarak pada Persimpangan Kereta Api Menggunakan Rambu Peringatan," pada Simposium Internasional ke-14 IEEE tentang Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc) tahun 2021, hal. 178–181, 2021, <https://doi.org/10.1109/MCSoc51149.2021.00034>.
- [15] A. Rehman, S. Latif, dan NA Zafar, "Sistem Kontrol Gerbang Kereta Api Berbasis Automata di Perlintasan Sebidang," pada Konferensi Internasional tentang Teknologi Komunikasi (ComTech) 2019, hal. 30–35, 2019, <https://doi.org/10.1109/COMTECH.2019.8737833>.
- [16] KR Ahmed, MA Hossain, A. Akter, dan L. Akthar, "A Secure Automated Level Crossing and Train Detection System for Bangladesh Railway," pada Konferensi Internasional tentang Kemajuan Teknik Listrik dan Elektronik (ICAE) tahun 2022, hal. 2022, <https://doi.org/10.1109/ICAE54957.2022.9836361>.
- [17] C. Du, S. Dutta, P. Kurup, T. Yu, dan X. Wang, "Tinjauan pemantauan infrastruktur kereta api menggunakan sensor serat optik," Sensor dan Aktuator A: Fisik, 303, 111728, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111728>.
- [18] S. Surya, P. Kausik, G. Diyaneshwaran, dan R. Raffik, "Otomasi Gerbang Kereta Api Menggunakan Teknik Komputasi Onboard," pada Konferensi Internasional ke-2 tentang Kemajuan Listrik, Elektronika, Komunikasi, Komputasi dan Otomasi (ICAECA) tahun 2023, hal. 1–4, 2023, <https://doi.org/10.1109/ICAECA56562.2023.10200564>.
- [19] AS Pashina, DA Trofimov, RR Savchuk, dan M. V Tokareva, "Organisasi Catu Daya Efisien untuk Sistem Persinyalan Penyeberangan Kereta Api," pada Konferensi IEEE Peneliti Muda Rusia di bidang Teknik Listrik dan Elektronik (EIconRus) tahun 2020, hal. 1654, 2020, <https://doi.org/10.1109/EIconRus49466.2020.9039194>.
- [20] EJ Lourenço, M. Oliva, MA Estrela dan AJ Baptista, "Model Penilaian Desain Multidimensi untuk efisiensi lingkungan dan efisiensi dalam proses perakitan penerbangan," Konferensi Internasional IEEE tentang Rekayasa, Teknologi dan Inovasi (ICE/ITMC) 2019, hal. 9, 2019, <https://doi.org/10.1109/ICE.2019.8792641>.
- [21] S. Singh, M. Zuber, MN Hamidon, N. Mazlan, AA Basri, dan KA Ahmad, "Klasifikasi desain mekanisme aktuasi dengan diagram blok struktural untuk drone sayap mengepak: Tinjauan komprehensif," Progress in Aerospace

- Sciences, vol. 132, hal. 100833, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2022.100833>.
- [22] MI DeLosRios-White, P. Roebeling, S. Valente, dan I. Vaattinen, "Memetakan siklus hidup proses penciptaan bersama solusi berbasis alam untuk adaptasi perubahan iklim perkotaan," Resources, vol. 9, tidak. 4, hal. 39, 2020, <https://doi.org/10.3390/resources9040039>.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.