

Sistem Persinyalan Kereta Api Cerdas Dengan Sensor Huskylens Dan Kendali Otomatis Berbasis Internet of Things

I Gede Widhiantara Nugraha, R. Deiny Mardian W., Richard Antonius Rambung

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas teknologi industri
Universitas Trisakti
Jakarta, Indonesia

igedewidhi99@gmail.com, deiny_wp@trisakti.ac.id, richardrambung@trisakti.ac.id

Abstract—One of the safety factors in the world of railways is a reliable and excellent signaling system. Railway signaling consists of two components, namely electronic and mechanical parts, in the electronic part there are light signals with red, yellow and green indicators like traffic lights on the highway, for the mechanical part there is a wesel motor component that functions as a regulator of the direction of turn or rate of the train to be addressed, and for the signaling system used is the interlock system. Interlock is a relay-based device that functions to secure train travel and minimize train accidents. In 2009 there was an accident between Senja Utama Semarang train and Argo Bromo Anggrek train due to power outage and driver's negligence in reading signal lights. This research aims to design IoT-based automatic signaling on trains and automate train control to reduce the number of accidents. The train that will be used is a miniature train with HO scale 1:87 with a layout of 2 station lines and 1 non-station line, a servo motor is used as a turn signal, an IR sensor (FC-51) as a train detector and as a previous signal light colour changer, and a HUSKYLENS camera sensor as a signal light colour detector on an automatic train. In the interlock system using the Finite State Machine (FSM) method applied on the Arduino Mega, this system is monitored via a website. The train control system is applied on ESP32 and controlled through Blynk. The design of the signaling system and automatic train control has been able to achieve a 100% success rate with the implementation of an interlocking system with an average delivery time from ESP32 to the server is 2.779 seconds. Light signals, switches, and position sensors can be monitored directly through the website. Both automatic and manual train control can be controlled directly through the Blynk application.

Keywords: BLYNK, Finite State Machine, Interlock, HUSKYLENS, IR(FC-51)

Abstrak—Salah satu faktor keselamatan dalam dunia perkeretaapian merupakan sistem persinyalan yang andal dan prima. Persinyalan kereta api terdiri dari dua komponen yaitu bagian elektronik dan mekanik, pada bagian elektronik terdapat sinyal lampu dengan indikator warna merah, kuning dan hijau layaknya lampu lalu lintas pada jalan raya, untuk bagian mekanik terdapat komponen motor wesel yang berfungsi sebagai pengatur arah belok atau laju dari kereta yang akan dituju, dan untuk sistem persinyalan yang dipakai adalah sistem interlock. Interlock merupakan perangkat yang berbasis relay berfungsi untuk mengamankan perjalanan kereta dan mengurangi terjadinya kecelakaan kereta api. Pada tahun 2009 terjadi kecelakaan kereta api Senja Utama Semarang dengan kereta api Argo Bromo Anggrek akibat pemadaman listrik dan kelalaian masinis dalam membaca isyarat lampu sinyal. Penelitian ini bertujuan merancang persinyalan otomatis berbasis IoT pada kereta api serta mengotomasi kendali kereta untuk mengurangi angka kecelakaan. Kereta yang akan digunakan adalah miniatur kereta api berskala HO 1:87 dengan layout 2 jalur stasiun dan 1 jalur non stasiun, digunakan motor servo sebagai wesel pembelok, sensor IR(FC-51) sebagai pendeteksi kereta api serta sebagai perubah warna lampu sinyal sebelumnya, dan sensor kamera HUSKYLENS sebagai pendeteksi warna lampu sinyal pada kereta otomatis. Pada sistem interlock menggunakan metode Finite State Machine (FSM) yang diterapkan pada Arduino Mega, sistem ini dipantau melalui situs web. Untuk sistem kendali kereta diterapkan pada ESP32 dan dikendalikan melalui Blynk. Perancangan sistem persinyalan dan kendali kereta otomatis telah mampu mencapai tingkat keberhasilan 100% dengan implementasi sistem interlocking dengan rata-rata waktu pengiriman dari ESP32 menuju server adalah 2,779 detik. Sinyal lampu, wesel, dan sensor posisi dapat dipantau secara langsung melalui situs web. Pengendalian kereta baik otomatis maupun manual dapat dikendalikan secara langsung melalui aplikasi Blynk.

Kata Kunci: BLYNK, Finite State Machine, Interlock, HUSKYLENS, IR(FC-51)



1. Pendahuluan

Kecelakaan kereta api terjadi disebabkan oleh banyak hal, salah satunya disebabkan oleh human eror atau kesalahan yang diakibatkan oleh manusia[1]. Pada rentang tahun 2005 hingga 2022 berdasarkan portal kemenhub telah terjadi kecelakaan sebanyak 39 kali tabrakan kereta api dengan kereta api[2], kesalahan ini terjadi akibat masinis tidak memperhatikan sinyal apa yang akan dilalui oleh kereta maupun kesalahan Pengatur Perjalanan Kereta Api (PPKA) yang bertugas di stasiun yang mengatur arah wesel ke arah yang salah[3]. Salah satu kejadian kecelakaan kereta api terjadi pada tahun 2009 di Stasiun Petarukan, Pemalang, Jawa Tengah yang menyebabkan KA Senja Utama Semarang ditabrak dari belakang oleh KA Argo Bromo Anggrek di jalur belok[4]. Kecelakaan terjadi sebab masinis KA Argo Bromo Anggrek melanggar sinyal masuk Stasiun Petarukan pihak Pemalang akibat pemadaman aliran listrik dan menabrak rangkaian belakang KA Senja Utama hingga keluar jalur, sehingga menyebabkan sedikitnya 33 orang tewas dan sedikitnya 16 orang luka-luka[5].

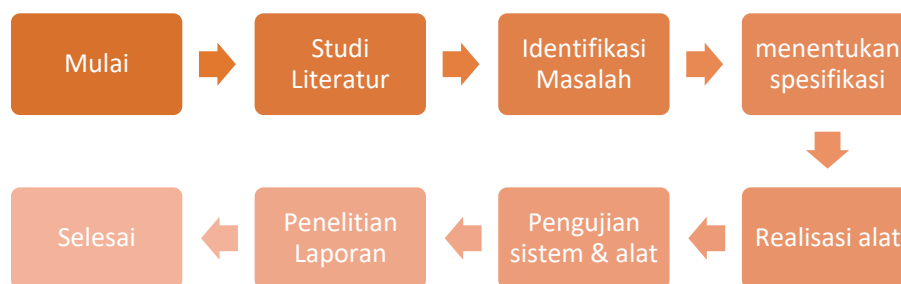
Salah satu sistem utama yang dapat mengamankan perjalanan kereta api adalah sistem interlocking[6]. Sistem Interlocking dapat diartikan sebagai sistem komputer khusus yang tujuan perancangannya mengatur keamanan perjalanan kereta api dan juga mengatur alur keluar masuknya kereta api di stasiun[7]. Sistem Interlocking pada dasarnya adalah sistem yang berbasis relay yang

mengatur seperti: komponen meja pelayanan, sinyal cahaya, motor wesel, pendeteksi kereta, hubungan blok antar stasiun[8]. Berikut merupakan beberapa sistem interlocking yang dipakai di Indonesia antara lain: DRS 60, MIS-801 (Modular Interlocking System), ANSALDO, GL-1 (Genralogic-1), VPI (Vital Processor Interlocking), SSI (Solid State Interlocking).[9]

Perancangan ini berfokus pada perancangan sistem interlocking pada persinyalan kereta api yang bertujuan untuk mengamankan perjalanan kereta api[10] dan perancangan otomasi kereta api dalam pembacaan persinyalan dengan warna merah, kuning, hijau[11] menggunakan sensor kamera yang dapat mengidentifikasi warna yang telah diset pada sensor kamera[12]. Apabila sensor kamera menangkap sinyal berwarna hijau maka kereta tetap berjalan, lalu jika sensor kamera menangkap sinyal berwarna kuning maka kereta akan melakukan pengereman hingga mendapat kecepatan yang diizinkan, dan jika sensor kamera menangkap sinyal berwarna merah kereta akan melakukan pengereman agar kereta dapat berhenti, yang kemudian informasi-informasi yang didapat pada sistem dikirim melalui NodeMCU[13] dan tertampil pada aplikasi maupun web[14]. Yang nantinya dapat diakses untuk khalayak umum sebagai sarana pembelajaran maupun sebagai alat bantu pelacak posisi kereta.[15]

2. Metodologi

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Spesifikasi Sistem

Bagian	Spesifikasi
Power Supply	DC 5volt 1A[16] , DC 9volt dan 0,5A[17]

Input	Sensor IR(FC-51)[18], Sensor kamera Huskylens[19]
Data input	Posisi kereta, warna lampu sinyal
Output	Modul lampu[20], wesel[21], Motor Driver[22]
mikroprosesor	ESP32[23], Arduino Mega 2560[24]
Pengolah data	Arduino IDE[25]



Fungsi alat	Sistem Persinyalan, Kendali kereta
Metode	IoT[26]

B. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah:

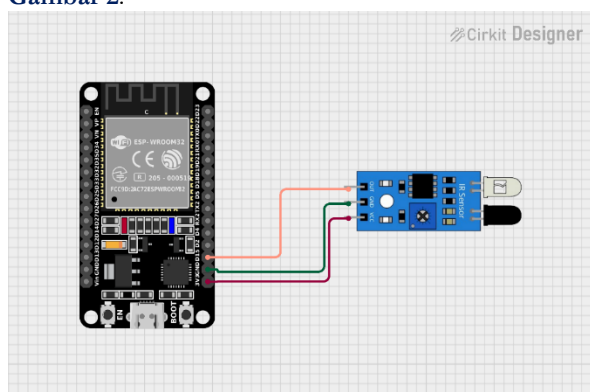
1. Memantau posisi kereta menggunakan pelacakan otomatis melalui sensor infrared pada lintasan serta memantau posisi kedudukan wesel yang terintegrasi dengan sistem persinyalan otomatis.
2. Memantau data pembacaan warna lampu yang diterima oleh sensor kamera, lalu mengukur kecepatan kereta selama pembacaan warna lampu dari sensor kamera, dan menguji coba prosedur manual override atau kendali manual terhadap kereta.
3. Memantau waktu pengiriman data ke server secara real-time, serta membuktikan bahwa data posisi kereta, arah wesel, dan status lampu dapat ditampilkan secara langsung melalui web yang datanya didapat melalui server.

3. Hasil dan pembahasan

Pengujian diawali dengan menguji sensor infrared dan sensor kamera Huskylens dengan tujuan mengetahui apakah sensor dapat berjalan sesuai kebutuhan atau tidak.

A. Pengujian Sensor Infrared

Rangkaian skematik untuk pengujian dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Skematik Pengujian Sensor Infrared

Pengujian dilakukan dengan menyambungkan pin output sensor ke pin D15 pada ESP32.

Tabel 2. Pengujian Sensor Infrared	
Pengujian Sensor Infrared	
Kondisi	Tegangan (V)
tidak ada objek	3,833
ada objek	0,62

```
15:04:58.439 -> ● Tidak ada objek.
15:04:58.955 -> ● Tidak ada objek.
15:04:59.462 -> ● Tidak ada objek.
15:04:59.965 -> ● Tidak ada objek.
15:05:00.459 -> ● Tidak ada objek.
```

Gambar 3. Hasil Pendeteksian Saat Tidak Ada Objek

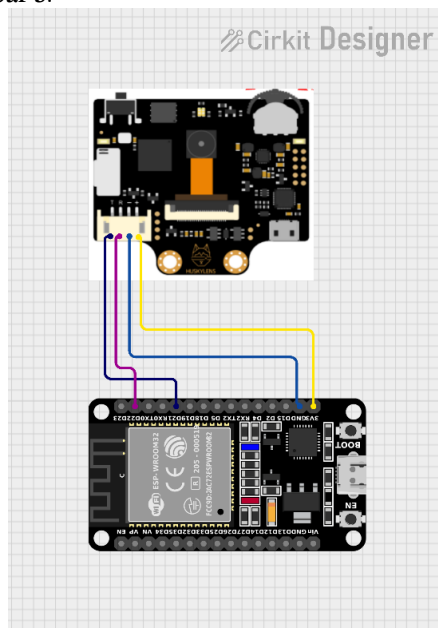
```
15:04:55.937 -> ● Objek Terdeteksi!
15:04:56.422 -> ● Objek Terdeteksi!
15:04:56.940 -> ● Objek Terdeteksi!
15:04:57.423 -> ● Objek Terdeteksi!
15:04:57.955 -> ● Objek Terdeteksi!
```

Gambar 4. Hasil Pendeteksian Saat Ada Objek

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa saat tidak ada objek yang terdeteksi yang ditunjukkan oleh Gambar 3 tegangannya 3,833V yang merupakan VCC dari ESP32. Ketika terdapat objek yang menghalangi sensor yang ditunjukkan pada Gambar 4 tegangan turun menjadi 0,620V.

B. Pengujian Sensor Kamera Huskylens

Rangkaian skematik untuk pengujian dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Skematik Pengujian Sensor Kamera

Pengujian dilakukan dengan menyambungkan pin SDA kamera ke pin D21 pada ESP32, dan pin SCL kamera ke pin D22 pada ESP32.

1. Pengujian Warna Hijau





Gambar 6. Pengujian Warna Hijau

```
14:57:05.439 -> Warna Hijau terdeteksi
14:57:05.912 -> Warna Hijau terdeteksi
14:57:06.418 -> Warna Hijau terdeteksi
14:57:06.920 -> Warna Hijau terdeteksi
14:57:07.427 -> Warna Hijau terdeteksi
```

Gambar 7. Hasil Pendeteksian Warna Hijau

Pada **Gambar 6**, warna hijau dapat tertangkap oleh sensor kamera dengan kode Color:ID3 yang sebelumnya sudah diset ke dalam program mandiri kamera Huskylens, yang kemudian diprogram ulang ke dalam Arduino IDE agar dapat menjadi status yang tertampil pada serial monitor seperti pada **Gambar 7**.

2. Pengujian Warna Kuning



Gambar 8. Pengujian Warna Kuning

```
14:57:18.528 -> Warna Kuning terdeteksi
14:57:19.015 -> Warna Kuning terdeteksi
14:57:19.520 -> Warna Kuning terdeteksi
14:57:20.043 -> Warna Kuning terdeteksi
14:57:20.548 -> Warna Kuning terdeteksi
14:57:21.062 -> Warna Kuning terdeteksi
```

Gambar 9. Hasil Pendeteksian Warna Kuning

Pada **Gambar 8**, warna Kuning dapat tertangkap oleh sensor kamera dengan kode Color:ID2 yang sebelumnya sudah diset ke dalam program mandiri kamera Huskylens, yang kemudian diprogram ulang ke dalam Arduino IDE agar dapat menjadi status yang tertampil pada serial monitor seperti pada **Gambar 9**.

3. Pengujian Warna Merah



Gambar 10. Pengujian Warna Merah

```
14:58:23.466 -> Warna Merah terdeteksi
14:58:23.972 -> Warna Merah terdeteksi
14:58:24.477 -> Warna Merah terdeteksi
14:58:24.965 -> Warna Merah terdeteksi
14:58:25.500 -> Warna Merah terdeteksi
```

Gambar 11. Hasil Pendeteksian Warna Merah

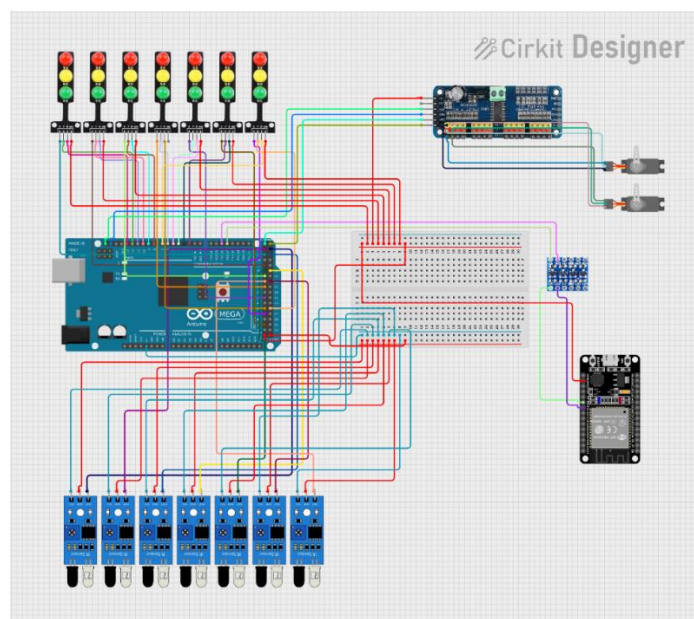
Pada **Gambar 10**, warna merah dapat tertangkap oleh sensor kamera dengan kode Color:ID3 yang sebelumnya sudah diset ke dalam program mandiri kamera Huskylens, yang kemudian diprogram ulang ke dalam Arduino IDE agar dapat menjadi status yang tertampil pada serial monitor seperti pada **Gambar 11**.

C. Pengujian Sistem Persinyalan

Pengujian sistem persinyalan Interlocking dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dalam mengatur pergerakan kereta secara aman dan efisien. Dalam pengujian ini, digunakan sebuah kereta miniatur yang telah dilengkapi dengan kamera untuk memantau secara visual jalur yang dilalui serta kondisi lampu sinyal secara real-time. Kereta ini diletakkan pada titik lampu sinyal di Track Control 3 (TC3) pada **Gambar 12**, dengan lingkaran merah, yang berperan sebagai titik awal pengujian.



Gambar 12. Layout Sistem Persinyalan



Gambar 13. Rangkaian Skematik Pengujian Sistem Persinyalan

Setelah kereta berada di posisi awal tersebut, sistem Interlocking yang telah diprogram akan secara otomatis mengevaluasi kondisi lalu lintas dan ketersediaan jalur di dalam area stasiun. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, sistem akan mengambil keputusan untuk menentukan rute perjalanan kereta sesuai dengan **Gambar 12**, yaitu apakah akan diarahkan menuju Track Control Station 1 (TCS1) dengan tanda biru atau Track Control Station 2 (TCS2) dengan tanda hijau. Keputusan pemilihan jalur ini sangat bergantung pada keadaan stasiun, seperti apakah salah satu jalur sedang digunakan oleh kereta lain, adanya gangguan teknis, atau faktor prioritas operasional lainnya. Sistem Interlocking dirancang untuk mencegah terjadinya konflik antar kereta pada jalur yang sama, sehingga pemilihan rute dilakukan secara cermat dan otomatis demi menjaga keselamatan serta kelancaran operasional kereta.

Rangkaian skematik untuk pengujian sistem persinyalan dapat dilihat pada **Gambar 13**, dimana

dibutuhkan tujuh buah lampu dan dua buah motor servo sebagai peralatan untuk sistem interlockig, kemudian dibutuhkan tujuh buah sensor infrared sebagai alat perubah warna lampu jika kereta sudah melewati sensor, dan dibutuhkan sebuah ESP32 yang telah terhubung dengan alat step down agar dapat bekerja dengan data yang dikirim dari Arduino Mega yang berfungsi sebagai komponen pengirimkan data ke server.

Pengujian dilakukan dengan menjalankan rute TC3 ke TCS1, rute TC3 ke TCS2, rute TCS1 ke TC3, dan rute TCS2 ke TC3 yang bertujuan untuk menguji sensor, lampu dan motor servo (wesel) dalam perancangan ini.

1. Pengujian rute TC3 ke TCS1

Pengujian diawali dengan menguji rute dari TC3 menuju TCS1 (belok) dengan menaruh kereta dummy pada TCS2 (lurus). Pengujian dilakukan dengan membaca setiap sensor serta weasel yang akan dilewati dari TC3 hingga TCS1. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rute TC3 ke TCS1

Percobaan	TC3 ke TCS1				posisi weasel masuk
	S3	S4	S5	SS	
1	terbaca	terbaca	terbaca	terbaca	belok
2	terbaca	terbaca	terbaca	terbaca	belok
3	terbaca	terbaca	terbaca	terbaca	belok
4	terbaca	terbaca	terbaca	terbaca	belok
5	terbaca	terbaca	terbaca	terbaca	belok
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
30	terbaca	terbaca	terbaca	terbaca	belok

Berdasarkan hasil pengujian dari **Tabel 3**, sebanyak 30 kali percobaan, sensor S3, S4, S5, dan SS berhasil terbaca dengan baik disetiap percobaan, yang ditandai dengan status pembacaan “terbaca”. Selain itu, pada posisi wesel masuk selalu berada dalam posisi “belok”, hal ini menunjukkan konsistensi sistem terhadap pengaturan arah wesel selama proses pengujian. Berdasarkan hasil yang didapat, sistem interlocking berjalan dengan sangat baik.

2. Pengujian rute TC3 ke TCS2

Pengujian dilanjutkan dengan menguji rute dari TC3 menuju TCS2 (lurus) dengan menaruh kereta dummy pada TCS1 (belok). Pengujian dilakukan dengan membaca setiap sensor serta wesel yang akan dilewati dari TC3 hingga TCS2.

Mengacu pada hasil pengujian dari **Tabel 3**, sebanyak 30 kali percobaan, sensor S3, S4, S5, dan SU berhasil terbaca dengan baik disetiap percobaan, yang ditandai dengan status pembacaan “terbaca”. Selain itu, pada posisi wesel masuk selalu berada dalam posisi “lurus”, hal ini menunjukkan konsistensi sistem terhadap pengaturan arah wesel selama proses pengujian. Berdasarkan hasil yang didapat, sistem interlocking berjalan dengan sangat baik.

3. Pengujian rute TCS1 ke TC3

Setelah tahap pengujian awal selesai dilakukan pada titik TC3, pengujian sistem persinyalan Interlocking dilanjutkan dengan skenario berbeda, yaitu dengan menempatkan kereta miniatur yang telah dilengkapi dengan kamera pada posisi Track Control Station 1 (TCS1). Dalam skenario ini, tujuan utama adalah untuk menguji kemampuan sistem dalam membentuk dan mengamankan rute perjalanan dari TCS1 menuju Track Control 3 (TC3) secara otomatis dan sesuai dengan protokol keselamatan.

Mengacu pada hasil pengujian dari **Tabel 3**, sebanyak 30 kali percobaan, sensor SS, S1, S2, dan S3 berhasil terbaca dengan baik disetiap percobaan, yang ditandai dengan status pembacaan “terbaca”. Selain itu, pada posisi wesel keluar selalu berada dalam posisi “belok”, hal

ini menunjukkan konsistensi sistem terhadap pengaturan arah wesel selama proses pengujian. Berdasarkan hasil yang didapat, sistem interlocking berjalan dengan sangat baik.

4. Pengujian rute TCS2 ke TC3

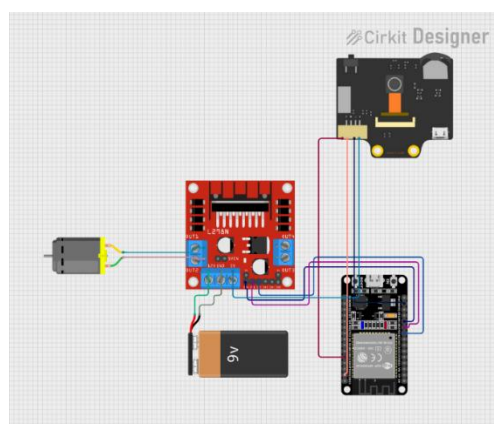
Tahapan terakhir, pengujian dilakukan dengan menaruh kereta berkamera pada Track Control Station 2 (TCS2), sistem akan membentuk rute menuju Track Control 3 (TC3) dengan mempertimbangkan apakah rute yang akan dilalui aman atau tidak.

Mengacu pada hasil pengujian dari **Tabel 3**, sebanyak 30 kali percobaan, sensor SU, S1, S2, dan S3 berhasil terbaca dengan baik disetiap percobaan, yang ditandai dengan status pembacaan “terbaca”. Selain itu, pada posisi wesel keluar selalu berada dalam posisi “lurus”, hal ini menunjukkan konsistensi sistem terhadap pengaturan arah wesel selama proses pengujian. Berdasarkan hasil yang didapat, sistem interlocking berjalan dengan sangat baik.

D. Pengujian Kendali Kereta

Pengujian dilakukan dengan meletakkan kereta miniatur di lintasan yang dilengkapi dengan modul kamera yang sudah berisikan sensor warna. Ketika kereta mendekati lampu sinyal, sistem akan memproses data sensor untuk mengenali warna sinyal yang aktif. Hasil deteksi tersebut dikirimkan ke sistem pengendali, seperti menghentikan kereta saat lampu merah terdeteksi, memperlambat saat lampu kuning, dan melaju saat lampu hijau. Selama proses pengujian, reaksi dari sistem dapat diamati melalui web, dimana indikator akan menunjukkan apakah lampu sinyal berhasil dideteksi atau tidak. Jika terdeteksi, sistem akan menjalankan perintah kendali sesuai dengan logika yang telah diprogram. Jika tidak terdeteksi, maka akan muncul notifikasi bahwa sistem gagal membaca sinyal, dan kereta akan berhenti sebagai langkah pengamanan.

Pengujian ini akan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu: mode otomatis dan mode manual. Rangkaian skematik pengujian kendali kereta dapat dilihat pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Rangkaian Skematik Kendali Kereta

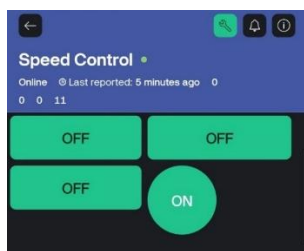


Tabel 4 Hasil Pengujian Kendali Otomatis pada Lampu CP1

Percobaan	Kondisi kereta	Hijau	Kuning	Merah
1	kamera	terbaca	terbaca	terbaca
	kecepatan	150	125	0
2	kamera	terbaca	terbaca	terbaca
	kecepatan	150	125	0
3	kamera	terbaca	terbaca	terbaca
	kecepatan	150	125	0
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
30	kamera	terbaca	terbaca	terbaca
	kecepatan	150	125	0

1. Mode otomatis

Pada mode otomatis, pengujian diawali dengan menekan tombol berbentuk lingkaran pada aplikasi Blynk dan melakukan pengujian sensor kamera pada setiap Check Point (CP) yang merupakan lampu yang terdapat pada lintasan dengan tiga warna yaitu: hijau, kuning, dan merah.



Gambar 15. Pengujian Tombol Mode Otomatis

Pada **Gambar 15**, tombol lingkaran menunjukkan kondisi on yang mengartikan bahwa tombol kendali otomatis sedang di pilih.



Gambar 16. Pengujian Kendali Otomatis pada Lampu CP1

Pada **Gambar 16**, pengujian dilakukan pada salah satu lampu, yaitu lampu CP1 dengan ujicoba kendali dari tiga warna lampu.

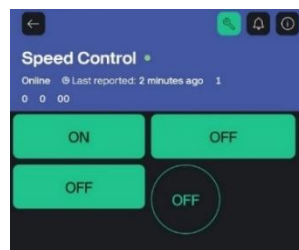
Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 4.**, warna hijau, kuning, dan merah dapat terdeteksi oleh sensor kamera yang berstatus terbaca dengan baik. Sementara

pada kondisi kecepatan menyesuaikan pembacaan dari sensor kamera, dimana jika warna hijau, maka kecepatan yang akan diset dengan nilai pwm 150. Jika warna kuning terdeteksi, maka kecepatan diset dengan nilai pwm 125. Dan jika warna merah terdeteksi, maka kecepatan akan diset dengan nilai pwm 0 atau berhenti.

2. Mode Manual

Pada mode manual, pengujian dilakukan dengan menekan tiga tombol berbentuk persegi panjang yang terdapat pada aplikasi Blynk yaitu: kecepatan penuh, kecepatan sedang/medium, dan berhenti total.

Pengujian tombol kecepatan penuh dilakukan untuk melihat apakah sistem kendali kereta dapat menjalankan kereta dengan kecepatan penuh sesuai perintah yang didapat dari input data yang diterima dari aplikasi Blynk atau tidak.



Gambar 17. Pengujian Mode Manual Kecepatan penuh

Pada **Gambar 17** tombol persegi panjang kanan atas menunjukkan kondisi on yang mengartikan bahwa tombol kendali manual kecepatan penuh sedang di pilih.

Tabel 5 Hasil Pengujian Mode Manual Kecepatan Penuh

TOMBOL KECEPATAN TINGGI	
Percobaan	Kecepatan(PWM)
1	150
2	150

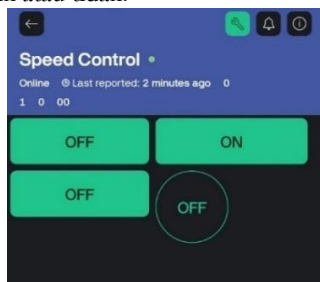
3	150
.	.
.	.
30	150

KECEPATAN	MODE
Kecepatan: 150	Manual

Gambar 18. Tampilan Mode Manual dan Kecepatan Penuh pada Situs Web

Berdasarkan data yang diperoleh dari **Tabel 5**. dalam 30 kali percobaan dan **Gambar 18**. menunjukkan bahwa sistem kendali kereta dapat menjalankan kereta dengan kecepatan penuh sesuai dengan perintah input nilai pwm 150 yang didapatkan dari aplikasi Blynk. Jika dalam mode kecepatan penuh dengan menerapkan nilai pwm 255, miniatur kereta akan terguling.

Pengujian tombol kecepatan sedang/medium dilakukan untuk melihat apakah sistem kendali kereta dapat menjalankan kereta dengan kecepatan penuh sesuai perintah yang didapat dari input data yang diterima dari aplikasi Blynk atau tidak.



Gambar 19. Pengujian Mode Manual Kecepatan Sedang

Pada **Gambar 19** tombol persegi panjang kanan atas menunjukkan kondisi on yang mengartikan bahwa tombol kendali manual kecepatan medium sedang di pilih.

Tabel 6 Hasil Pengujian Mode Manual Kecepatan Sedang

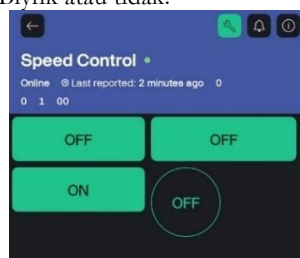
TOMBOL KECEPATAN SEDANG	
Percobaan	Kecepatan(PWM)
1	125
2	125
3	125
.	.
.	.
30	125

KECEPATAN	MODE
Kecepatan: 125	Manual

Gambar 20. Tampilan Mode Manual dan Kecepatan Sedang/Medium pada Situs Web

Berdasarkan data yang diperoleh dari **Tabel 6**. dalam 30 kali percobaan dan **Gambar 20**. menunjukkan bahwa sistem kendali kereta dapat menjalankan kereta dengan kecepatan penuh sesuai dengan perintah input pwm 125 yang didapatkan dari aplikasi Blynk. Jika dalam mode kecepatan medium dengan menerapkan nilai pwm dibawah 125, maka miniatur kereta akan tidak bergerak akibat kurangnya daya cengkram roda ke rel.

Pengujian terakhir dilakukan pada tombol kecepatan berhenti dilakukan untuk melihat apakah sistem kendali kereta dapat menjalankan kereta dengan kecepatan penuh sesuai perintah yang didapat dari input data yang diterima dari aplikasi Blynk atau tidak.



Gambar 21. Pengujian Mode Manual Berhenti

Pada **Gambar 21**. tombol persegi panjang kiri bawah menunjukkan kondisi on yang mengartikan bahwa tombol kendali manual kecepatan berhenti sedang di pilih.

Tabel 7 Hasil Pengujian Mode Manual Berhenti

TOMBOL KECEPATAN BERHENTI

Percobaan	Kecepatan(PWM)
1	0
2	0
3	0
.	.
.	.
30	0

KECEPATAN	MODE
Berhenti	Manual

Gambar 22. Tampilan Mode Manual dan Kecepatan berhenti pada Situs Web

Berdasarkan data yang diperoleh dari **Tabel 7**. dalam 30 kali percobaan dan **Gambar 22**. menunjukkan bahwa sistem kendali kereta dapat menjalankan kereta dengan

kecepatan penuh sesuai dengan perintah input pwm 0 yang didapatkan dari aplikasi Blynk.

Tabel 8 Pengujian Pengiriman Data ke Server

PENGIRIMAN DATA KE SERVER					
Percobaan	Keterangan respons	Waktu(det)	Percobaan	Keterangan respons	Waktu(det)
1	terkirim	3,434	16	terkirim	2.850
2	terkirim	3,381	17	terkirim	3.037
3	terkirim	2,703	18	terkirim	2,434
4	terkirim	2,274	19	terkirim	2,512
5	terkirim	3,272	20	terkirim	2,334
6	terkirim	3,866	21	terkirim	3,097
7	terkirim	3,279	22	terkirim	3,434
8	terkirim	2,764	23	terkirim	3,278
9	terkirim	2,575	24	terkirim	2,871
10	terkirim	2,143	25	terkirim	2,589
11	terkirim	2,855	26	terkirim	2,223
12	terkirim	2,787	27	terkirim	2,019
13	terkirim	2,958	28	terkirim	2,175
14	terkirim	2,874	29	terkirim	2,301
15	terkirim	1,996	30	terkirim	2,676

E. Pengujian Sistem Nirkabel

Pengujian sistem nirkabel bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan data ke server secara real-time serta membuktikan bahwa data posisi kereta, arah wesel, dan status lampu dapat ditampilkan secara langsung melalui web yang datanya didapat melalui server.

1. Pengujian Data ke Server

Pengujian pengiriman data ke server dilakukan dengan melihat berapa lama waktu yang dibutuhkan ESP32 saat mengirimkan data yang didapat dari sistem menuju server Supabase melalui serial monitor Arduino IDE.

```
17:52:57.183 -> Sending to: https://traindashboard-test.onrender.com/train_insert.php?
17:53:02.539 -> Server Response:
17:53:02.621 -> Data sent successfully to Supabase!
17:53:02.666 -> Sending to: https://traindashboard-test.onrender.com/train_insert.php?
17:53:08.598 -> Server Response:
17:53:08.598 -> Data sent successfully to Supabase!
```

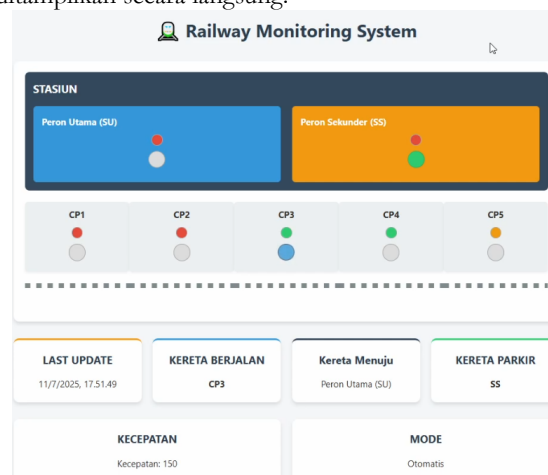
Gambar 23. Pengujian Pengiriman Data ke Server Supabase melalui Serial Monitor Arduino IDE

Pada **Gambar 23.** pengujian dilakukan dengan melihat waktu yang dibutuhkan dalam mengirim data melalui serial monitor pada Arduino IDE.

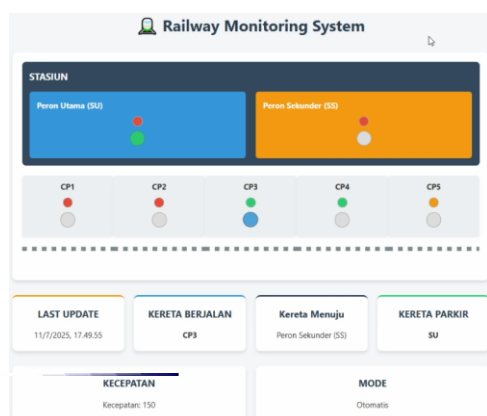
Berdasarkan hasil dari **Tabel 8.** menunjukkan bahwa setiap data yang diterima oleh ESP32 berhasil terkirim menuju ke server dengan tingkat keberhasilan 100%. Waktu yang diperlukan setiap proses pengiriman data cukup bervariasi. Waktu tercepat didapat pada 1,996 detik dan waktu terlama pada 3,866 detik, dengan rata-rata waktu pengiriman sekitar 2,779 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan WiFi mempengaruhi waktu pengiriman komunikasi data dari ESP32 menuju server secara real-time.

2. Pengujian Tampilan Web

Selanjutnya pengujian terhadap kemampuan tampilan situs web dalam menampilkan data posisi kereta, arah wesel yang ditunjukkan dengan kereta menuju peron utama atau peron sekunder, dan status lampu dapat ditampilkan secara langsung.



Gambar 24. Pengujian Tampilan Situs Web Rute TC3 ke TCS2



Gambar 25. Pengujian Tampilan Situs Web Rute TC3 ke TCS1

Pada **Gambar 24.** dan **Gambar 25.** dapat dilihat bahwa posisi kereta akan ditampilkan sesuai posisi pembacaan sensor, kecepatan kereta yang bergerak serta pilihan mode kendali kereta.

Tabel 9 Hasil Pengujian Tampilan Situs Web
TAMPILAN SITUS WEB

percobaan	keterangan
1	tertampil
2	tertampil
3	tertampil
4	tertampil
.	.
.	.
30	tertampil

Berdasarkan hasil **Tabel 9.** menunjukkan bahwa dalam 30 kali pengujian berhasil menampilkan data dengan baik, dengan tingkat keberhasilan 100%. Dalam hal ini, sistem antarmuka pengguna dengan server berjalan dengan optimal tanpa mengalami gangguan dalam menampilkan informasi yang dibutuhkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis dari alat yang telah dibuat ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Mampu merancang sistem persinyalan dengan mengimplementasikan sistem interlocking yang dapat memilih rute TC3 menuju TCS1, rute TC3 menuju TCS2, rute TCS1 menuju TC3, dan rute TCS2 menuju TC3 secara otomatis dengan tingkat keberhasilan 100%.
2. Mampu merealisasikan sistem kendali kereta yang mampu mengendalikan laju kereta dengan menganalisis warna lampu sinyal yang akan dilewati secara otomatis menggunakan sensor kamera, serta mampu menjalankan mode manual dengan input dari

aplikasi Blynk dengan tingkat keberhasilan secara keseluruhan 100%.

3. Mampu memvalidasi pemantauan dari sistem persinyalan otomatis dan sistem kendali kereta melalui situs web yang telah dibuat, serta pengendalian sistem kendali kereta yang dapat diakses melalui aplikasi Blynk berhasil dijalankan dengan tingkat keberhasilan 100%, dengan rata-rata waktu pengiriman data dari ESP32 menuju server Supabase sekitar 2,779 detik.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Zetli, "Analisis Human Error dengan Pendekatan Metode SHERPA dan HEART pada Produksi Batu Bata UKM Yasin," Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, vol. 7, no. 2, pp. 147–156, Dec. 2021, doi: 10.30656/intech.v7i2.3934.
- [2] Pusat Data dan Teknologi Informasi, "Jumlah Kecelakaan, Penyebab Kecelakaan dan Korban Angkutan Kereta Api," Direktorat Jenderal Perkeretaapian. Accessed: Sep. 24, 2024. [Online]. Available: <https://portaldata.kemenuhub.go.id/content/datas/et/10194>
- [3] "SKRIPSI + 1611111006 + ALESANDRO RISKIANTO (1)".
- [4] "Kecelakaan KA Diduga Karena Masinis atau Sinyal," Liputan6. Accessed: Oct. 13, 2023. [Online]. Available: <https://www.liputan6.com/news/read/299302/kecelakaan-ka-diduga-karena-masinis-atau-sinyal>
- [5] Biro Komunikasi dan Informasi Publik, "TOTAL KORBAN TEWAS KECELAKAAN KA PEMALANG DIPASTIKAN 34 ORANG," Direktorat Jenderal Perkeretaapian. Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: <https://dephub.go.id/post/read/total-korban-tewas-kecelakaan-ka-pemalang-dipastikan-34-orang-2710>
- [6] "178120007 - Bagus Putra Suhartama - LKP".
- [7] F. B. Faisal, E. Rakhman, and P. Handayani, "Sistem Interlocking Persinyalan Berbasis PLC Dengan Metode HSB (Hot Standby) Vital Safety Critical System."
- [8] P. Septyan, P. Handayani, and E. Rakhman, "Sistem Interlocking Persinyalan Berbasis PLC dengan Metode HSB (hot standby) Local Control Panel (LCP)."
- [9] Balai Uji, "3 Sistem Persinyalan Kereta Api Di Indonesia Yang Menggunakan Interlocking Relay," Ditjen Perkeretaapian. Accessed: Oct. 18, 2023. [Online]. Available: <https://djka.dephub.go.id/3-sistem-persinyalan-kereta-api-di-indonesia-yang-menggunakan-interlocking-relay>



- [10] R. Pradana, A. Surya Wibowo, and A. Sugiana, "PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM PERSINYALAN KERETA API SECARA NIRKABEL," vol. 8, no. 5, pp. 4397–4408, 2021.
- [11] "14.+JTT_2_MF_Final+Revision_+30+Mei+2023_OK".
- [12] A. Siswoyo and R. W. Indrawan, "Development Of an Autonomous Robot To Guide Visitors In Health Facilities Using A HeskyLens Camera," *Jurnal J-Innovation* Vol.12, vol. 10, pp. 12–19, Jun. 2023.
- [13] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," 2022.
- [14] codecademy, "Deploying with Render." Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.codecademy.com/learn/deploying-with-render>
- [15] N. Rokhim Satria N, B. Henryranu, I. Aknuranda, and M. Sc, "Aplikasi Gps Tracking System Untuk Sistem Informasi Pemantauan Posisi Kereta Api."
- [16] Tokopedia, "ANKER PowerBank PowerCore 10000 MaH 1C+1A +1Micro Kids Safety - Biru." Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/carbonofficial/anker-powerbank-powercore-10000-mah-1c-1a-1micro-kids-safety-biru?extParam=ivf%3Dfalse%26keyword%3Dpowerbank+1a%26search_id%3D202508060511143AD7C2EBB96FCB03F2Z0%26src%3Dsearch%26whid%3D15163421
- [17] Tokopedia, "Baterai Abc Alkaline 9v / Baterai Kotak Abc Alkaline 9v / Abc Alkaline Battery 9v." Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/aditama-electric/baterai-abc-alkaline-9v-baterai-kotak-abc-alkaline-9v-alkaline-9v?extParam=ivf%3Dfalse%26keyword%3Dbaterai+9v%26search_id%3D20250806051313496E05E1AEA0A90A3PWA%26src%3Dsearch&t_id=1754457196355&t_st=1&t_pp=search_result&t_ef=search_pure_goods_card&t_ef=goods_search&t_sm=&t_spt=search_result
- [18] Ahmad Wahyudi, "Cara Kerja Modul Infrared FC-51 Sensor Infra Merah." Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.tptumetro.com/2021/01/cara-kerja-modul-infrared-fc-51-sensor.html>
- [19] AliExpress, "Gravity: HuskyLens AI visual sensor image module for facial color recognition." Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://id.aliexpress.com/item/1005005669895733.html>
- [20] Tokopedia, "Module LED Simulasi Traffic Lights Lampu Lalu Lintas." Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: https://www.tokopedia.com/arttechno/module-led-simulasi-traffic-lights-lampu-lalu-lintas?extParam=ivf%3Dfalse%26keyword%3Dmodul+lampu+lalu+lintas%26search_id%3D20250806051919577BCC914F9E551152C7%26src%3Dsearch&t_id=1754457196355&t_st=2&t_pp=search_result&t_ef=search_pure_goods_card&t_ef=goods_search&t_sm=&t_spt=search_result
- [21] Ardutech, "Kontrol Servo Motor dengan Arduino." Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.ardutech.com/kontrol-servo-motor-dengan-arduino/>
- [22] "Handson Technology User Guide L298N Dual H-Bridge Motor Driver." [Online]. Available: www.handsontec.com
- [23] Ravi Teja, "Getting Started with ESP32 | Introduction to ESP32." Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32/>
- [24] Tatulo, "Mega2560 + WiFi R3 ATmega2560+ESP8266 32Mb memory USB-TTL CH340G. Compatible for Arduino Mega NodeMCU For WeMos ESP8266," wareHouse. Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: <https://warehouse.tatulo.de/article/101>
- [25] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, "Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital," 2023.
- [26] Yan Paul Pala'ngan, "Project IoT: Kontrol Lampu dengan Blynk." Accessed: Jul. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.yanpaul.web.id/project-iot-kontrol-lampu-dengan-blynk/>

