

Prototipe Pemindah Wesel Kereta Berbasis RFID dan Mikrokontroler Arduino Uno

R. Akbar Nur Apriyanto^{1*}, R. Gaguk Pratama Yudha¹, Mohammad Erik Echsony¹, Adiratna Ciptaningrum¹

¹Perkeretaapian, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun
Jl. Ring Road Barat, Winongo, Kec. Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
E-mail: akbar@pnm.ac.id

Naskah Masuk: 16 Februari 2023; Diterima: 11 April 2023; Terbit: 28 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstrak - Rel atau jalur kereta api merupakan struktur koheren yang dibangun dari beton, baja, maupun bahan konstruksi lain di atas permukaan. Pada jalan rel satu bidang yang saling memotong, perpindahan jalur dilakukan dengan peralatan khusus yaitu wesel untuk menghindari tabrakan karena adanya kereta yang bersilang dan sebagai tempat bagi kereta yang berhenti. Sistem pemindah jalur kereta api di Indonesia masih menggunakan sistem mekanik yang manual, agar pemindah jalur pada kereta api agar lebih efisien, dikembangkan dengan sistem pemindah wesel yang otomatis. Berdasarkan permasalahan yang didapat, maka penelitian ini dilakukan perancangan prototipe wesel kereta otomatis menggunakan RFID. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk mengontrol sistem pada prototipe ini. Prototipe ini menggunakan motor servo sebagai pengendali gerak wesel dan sensor ultrasonik berfungsi mendeteksi benda atau kereta sehingga menentukan gerak wesel, untuk RFID digunakan sebagai parameter input dan di proses di mikrokontroler. Hasil pengujian prototipe pada penelitian ini menunjukkan apabila terdapat kereta yang dideteksi oleh sensor ultrasonik dari jarak kurang dari 10 cm maka wesel tidak dapat bergerak, sebaliknya apabila sensor ultrasonik tidak mendeteksi kereta didepannya maka wesel akan bergerak dan kereta dapat berpindah.

Kata kunci: Pemindah Wesel, Prototipe, Arduino Uno Microcontroller, RFID, Sensor Ultrasonik.

ABSTRACT

Abstract - Rails or railroad tracks are coherent structures that constructed of concrete, steel, or other construction materials on a surface. On one-plane railroads that intersect each other, track transfers are carried out with special equipment, namely a switch to avoid collisions due to crossing trains and as a place for trains to stop. The railroad track switching system in Indonesia still uses a manual mechanical system, so that the track shifting on the train is more efficient, it was developed with an automatic point shifting system. Based on the problems obtained, this research was carried out to design a prototype of an automatic train switch using RFID. The Arduino Uno microcontroller is used to control the system in this prototype. This prototype uses a servo motor to control the movement of the point and an ultrasonic sensor function to detect objects or trains so that it determines the movement of the point, for RFID it is used as an input parameter and is processed on the microcontroller. The results of the prototype testing in this study show that if there is a train detected by the ultrasonic sensor from a distance of less than 10 cm, the switch cannot move, conversely if the ultrasonic sensor does not detect the train in front of it, the switch will move and the train can move.

Keywords: Railroad Changer, Prototype, Arduino Uno Microcontroller, RFID, Ultrasonic Sensor.

Copyright © 2023 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Perkeretaapian merupakan kesatuan sistem terpadu yang meliputi sarana, prasarana (jalur, stasiun, fasilitas operasi), sumber daya manusia serta terdapat aturan, prosedur, norma, dan kriteria dalam penyelenggaraan transportasi kereta api. Rel kereta api adalah struktur terpadu yang terbuat dari baja, beton atau bahan bangunan lainnya di atas permukaan [1]. Pada jalan rel satu bidang yang saling memotong, perpindahan jalur dilakukan dengan peralatan khusus yaitu wesel. Pentingnya wesel ini yaitu untuk menghindari tabrakan karena adanya kereta yang bersilang. Selain itu untuk kondisi darurat wesel dapat digunakan sebagai tempat bagi kereta yang mogok [2].

Sistem pemindah jalur kereta api di Indonesia masih menggunakan sistem mekanik yang manual. Sistem mekanik tersebut membutuhkan tenaga manusia untuk mengoperasikan tuas pemindah jalur kereta api. Sistem manual yang masih konvensional dapat menyebabkan kecelakaan akibat adanya human error seperti peristiwa kecelakaan di Bintaro pada tahun 1987 yang merenggut 156 nyawa. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan persinyalan dan pemindah jalur pada kereta api agar lebih efisien, sehingga dibutuhkan sistem pemindah wesel yang otomatis [3].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Wesel

Wesel adalah sambungan rel kereta api untuk mengarahkan atau memindahkan kereta api dari satu jalur ke jalur lainnya. Sistem manual wesel menggunakan batang pembalik untuk menekan batang pemindah wesel sehingga lidah wesel akan menempel pada rel utama tanpa memperhatikan arah posisi wesel. Posisi wesel harus dikunci dan tidak boleh berubah saat kereta api melintas karena akan menyebabkan kereta api tergelincir dan keluar dari relnya (*derailment*) [4].

2.2. Mikrokontroler Arduino UNO

Arduino Uno merupakan papan elektronik berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno berisi 14 pin digital, 6 pin keluaran PWM, 6 pin masukan analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi tipe USB, konektor sumber tegangan input, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Arduino Uno hadir dengan semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler [5].



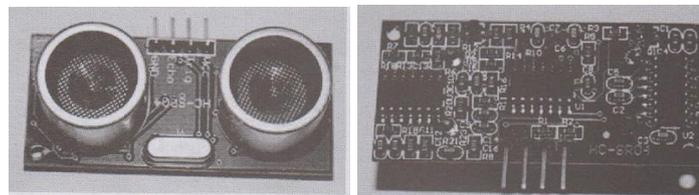
Gambar 1. Mikrokontroler arduino uno [5]

2.3. Motor Servo

Motor servo merupakan jenis motor yang memiliki sistem umpan balik tertutup [6]. Motor servo terdiri dari motor DC, potensiometer, rangkaian kontrol, dan rangkaian roda gigi (*gear*). Cara kerja motor servo didasarkan pada konsep penghasilan sinyal modulasi lebar pulsa atau PWM (*Pulse Wide Modulation*) yang digunakan untuk mengontrol gerakan motor servo.

2.4. Sensor HC-SR04

Alat elektronik yang mengubah dari energi listrik menjadi energi gerak atau mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik dikenal dengan sensor ultrasonik. Sensor HC-SR04 banyak digunakan untuk memantau jarak antara objek dengan sensor [7]. Sensor ini terdiri dari modul pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) ultrasonik yang bekerja secara berurutan. Sensor ini mampu mendeteksi jarak dalam rentang antara 2 cm hingga 400 cm dengan tingkat akurasi mencapai 0,3 cm dan sudut pengamatan maksimal sebesar 15°. Tegangan yang dibutuhkan adalah +5V. Sensor HC-SR04 memiliki 4 pin yaitu pin VCC, *Echo*, *Trig*, GND [8], [9].



a. Tampak Depan

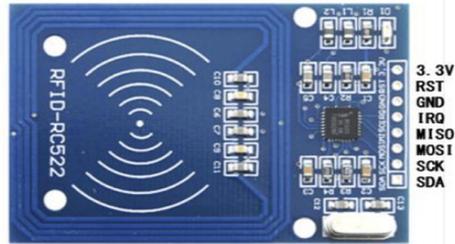
b. Tampak Belakang

Gambar 2. Sensor ultrasonik HC-SR04 [9]

2.5. RFID (*Radio Frequency Identification*)

RFID atau kepanjangan dari *Radio Frequency Identification* adalah salah satu teknologi identifikasi yang menggunakan gelombang radio untuk membaca data dari *microchip* yang ditempatkan atau disisipkan ke dalam objek yang akan diidentifikasi [10]. Komponen komunikasi dalam sistem RFID yaitu:

1. *RFID Tag*
RFID Tag adalah suatu elemen yang bisa dipasang pada suatu benda yang kemudian akan terdeteksi oleh *RFID Reader*.
2. *RFID Reader*
RFID Reader adalah komponen yang akan membaca *RFID Tag*. *RFID Reader* dan *RFID Tag* terdapat antenna yang memungkinkan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Model tipe *RFID* yang banyak digunakan adalah tipe *RFID Reader MFRC522*.



Gambar 3. RFID MFRC522 [10]

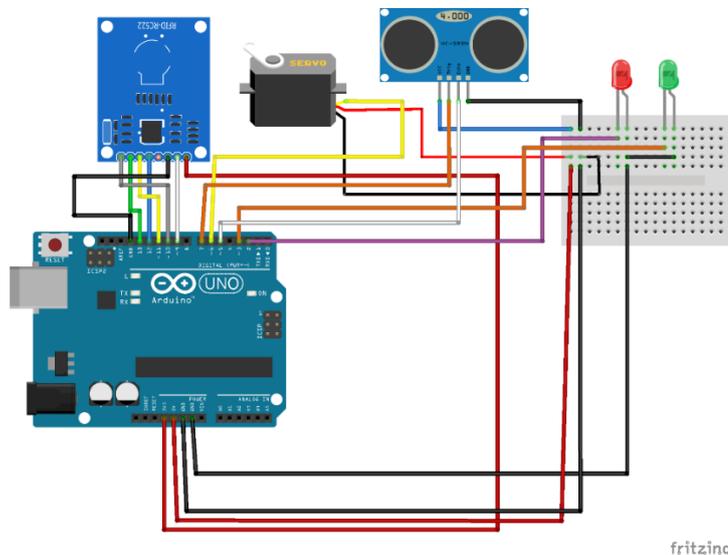
RFID Reader jenis MFRC522 beroperasi pada frekuensi 13,56 MHz dan dapat digunakan dalam berbagai sistem identifikasi dan kontrol. Data yang terbaca dari *RFID Tag* akan dikirimkan oleh *RFID Reader* ke sistem kontrol atau mikrokontroler seperti Arduino Uno dan kemudian diproses di mikrokontroler tersebut. Fungsi pin-pin yang ada pada *RFID Reader* tipe MFRC522, yaitu:

- Pin Power 3.3V: Pin tegangan input *power* +3.3V.
- RST: Pin untuk perintah *reset* pada *RFID Reader*.
- GND: Pin *ground*.
- IRQ (*Interrupt Request*): Pin *interupsi*.
- MISO (*Master Input Slave Output*): Pin digunakan untuk menyampaikan data dari *slave* ke *master*.
- MOSI (*Master Output Slave Input*): Pin digunakan untuk menyampaikan data dari *master* ke *slave*.
- SCK (*Serial Clock*): Pin pengatur *clock*.
- SDA: Pin jalur dengan data dua arah atau I2C.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Prototipe

Membuat prototipe maka dibutuhkan desain skematik untuk mempermudah dalam menghubungkan komponen yang akan digunakan, ilustrasi desain skematik komponen yang digunakan sebagai berikut:

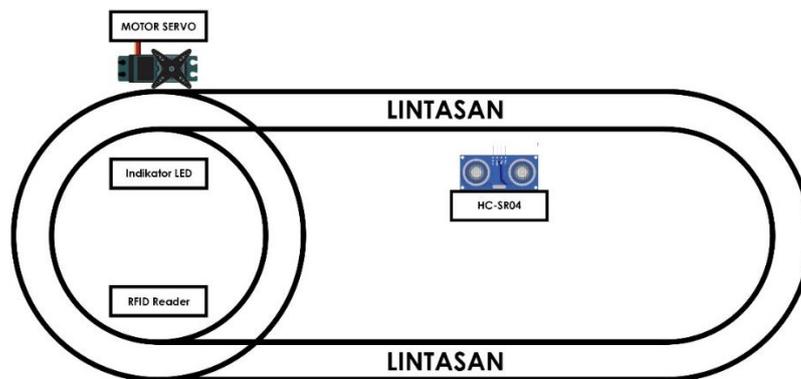


Gambar 4. Skematik komponen

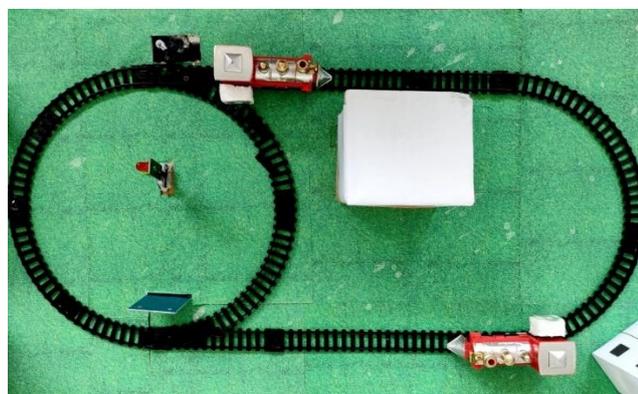
Pada gambar 4 menunjukkan skematik untuk menghubungkan antar komponen yang digunakan. Komponen yang digunakan yaitu:

- a. **Arduino UNO**
 Sebagai mikrokontroler, untuk mengolah data dengan mengatur input dan output komponen yang digunakan.
- b. **RFID Reader MFRC522**
 RFID Reader dengan Tipe MFRC522 digunakan sebagai alat pembaca dari RFID Tag yang dipasang di badan kereta, Pin yang ada pada RFID Reader di sambungan dengan Pin Arduino UNO, Pin yang digunakan yaitu pin 9, 10, 11, 12, 13, GND, Pin 3.3 Volt Arduino Uno.
- c. **Motor Servo**
 Motor Servo digunakan sebagai penggerak wesel, Pin yang dihubungkan yaitu pin VCC motor servo dihubungkan dengan paralel dari 5 Volt, Pin *signal output* dihubungkan dengan pin PWM yaitu pin 6 Arduino UNO, Pin GND dihubungkan dengan paralel *ground*.
- d. **HC-SR04**
 Sensor Ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi benda atau objek yang ada di depan, Pin yang dihubungkan yaitu pin VCC HC-SR04 dihubungkan dengan paralel dari 5 Volt, Pin Trig dihubungkan dengan pin 7 Arduino UNO, Pin Echo dihubungkan dengan pin 5 Arduino UNO, Pin GND dihubungkan dengan paralel *ground*.
- e. **LED**
 LED digunakan sebagai indikator untuk menunjukkan bahwa wesel bergerak atau tidak, Pin LED yang dihubungkan yaitu Pin 2 dan 3 pada Arduino UNO.
- f. **Breadboard**
 Breadboard digunakan sebagai tambahan pin input dan output untuk menghubungkan komponen.
- g. **Kabel Jumper**
 Kabel Jumper digunakan untuk menghubungkan komponen dengan Arduino UNO atau Breadboard.

Selain skematik komponen, penyusun tata letak komponen juga dibuat untuk mempermudah dalam pembuatan dan penyusunan komponen, ilustrasi tata letak komponen sebagai berikut:

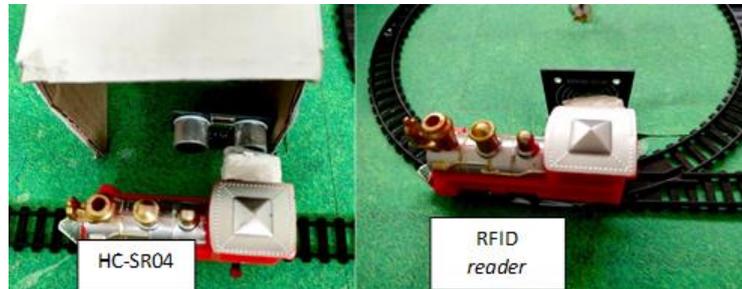


Gambar 5. Skematik komponen



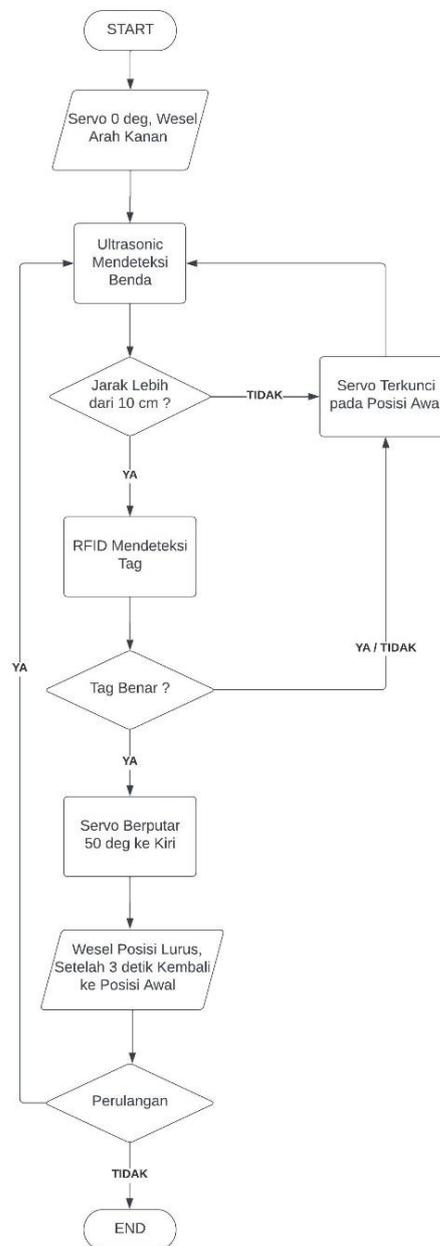
Gambar 6. Hasil diorama skematik

Pada Gambar 5 dan 6 mengilustrasikan tata letak komponen yang digunakan sesuai dengan fungsi komponen, dimana motor servo dipasang pada wesel kereta, HC-SR04 (Gambar 7) pada lintasan singgung, RFID Reader (Gambar 7) pada lintasan sebelum wesel.



Gambar 7. Pemasangan HC-SR04 dan RFID reader

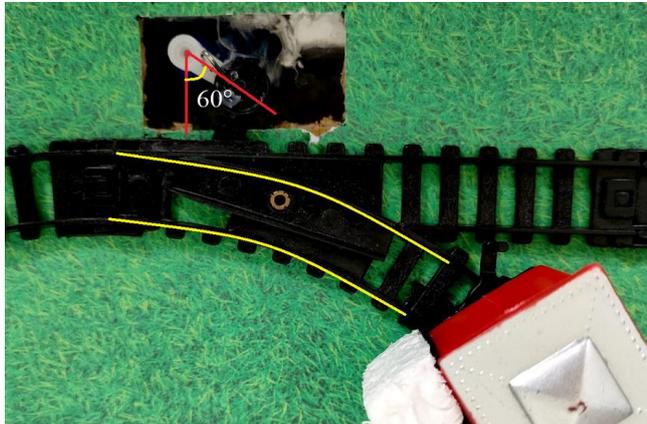
3.2. Flowchart Sistem Alat



Gambar 8. Flowchart sistem alat

Pada Gambar 8 merupakan *flowchart* cara kerja sistem alat, Berikut adalah penjelasan proses sistem wesel otomatis berbasis sensor RFID dan sensor ultrasonik:

- a. Pada kondisi awal servo berada pada posisi 0° dan mengunci wesel ke arah kanan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Sudut awal servo

- b. Sensor ultrasonik mendeteksi benda pada jalur setelah wesel.
- c. Jika benda terdeteksi pada jarak 0 – 10 cm, maka servo akan tetap berada pada posisi awal dan tidak bisa menggerakkan wesel. Jika sensor ultrasonik mendeteksi lebih dari 10 cm servo tidak akan terkunci dan dapat menggerakkan wesel jika mendapat input dari sensor RFID.
- d. Sensor RFID akan mendeteksi Tag yang berada pada setiap kereta yang melewati sensor sebelum melewati wesel.
- e. Jika Tag yang terdeteksi sesuai dengan yang diinputkan pada sistem, servo akan bergerak 50° ke kiri dan menggerakkan wesel ke arah lurus. Jika Tag tidak diinputkan servo tetap berada pada posisi awal.



Gambar 10. Perubahan sudut servo untuk memindahkan wesel

- f. 3 detik setelah servo menggerakkan wesel ke arah lurus, servo akan kembali ke 0° , wesel kembali ke posisi awal, dan sistem kembali pada kondisi awal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Prototipe

Menggunakan miniatur mainan kereta api dengan lintasan oval dengan arah searah jarum jam. Pada salah satu sisi lintasan terdapat wesel yang mengarahkan lintasan lurus dan berbelok ke kanan. Menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi benda (kereta) pada lintasan setelah wesel, dan sensor RFID untuk mendeteksi kereta yang akan melewati wesel. Aktuator yang digunakan untuk menggerakkan wesel adalah motor servo, dan dilengkapi dengan lampu lalu lintas sebagai penanda wesel bisa dilewati.

4.2 Sensor Ultrasonik dan RFID

Sensor ultrasonik dipasang pada sisi dalam lintasan setelah wesel. Sensor diatur dengan pengkodean pada arduino jika mendeteksi benda pada jarak 0 – 10 cm, servo tidak bisa bergerak, jika lebih dari 10 cm servo dapat bergerak. Sensor RFID dipasang pada sisi dalam lintasan sebelum wesel, tag stiker dipasang pada sisi kanan kereta dengan tambahan *styrofoam* agar tag dapat terbaca oleh sensor. Pada pengujian ini diinputkan dua tag pada kedua kereta. Berikut program motor servo dengan HC-SR04.

```
#include<SPI.h>
#include<MFRC522.h>
#include<Servo.h>

Servo myservo;

int pos=50;
const int pin_ss=10;
const int pin_rst=9;
const int pin_sp=8;
const int led_merah=2;
const int led_hijau=3;
const int echo1=5;
const int trig1=7;

float duration1; // time taken by the pulse to return back
float distance1; // oneway distance travelled by the pulse

MFRC522 rfid(pin_ss, pin_rst);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig1, OUTPUT);
  pinMode(echo1, INPUT);
  SPI.begin();
  rfid.PCD_Init();
  myservo.attach(6);
  myservo.write(50);
  pinMode(led_hijau,OUTPUT);
  pinMode(led_merah,OUTPUT);
  digitalWrite(led_merah,HIGH);
  Serial.println("Scan Card....");
  Serial.println();
}

void time_Measurement(){ //function to measure the time taken by the pulse to return back
  digitalWrite(trig1, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  digitalWrite(trig1, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig1, LOW);

  duration1 = pulseIn(echo1, HIGH);
}

void kalibrasi(){
  distance1 = ((float)duration1-18.439)/57.983;
}

void display_distance()
{
  Serial.print("Distance 1 in Cm: ");
```

```
Serial.print(distance1);  
Serial.println();  
delay(1000);  
}  
  
void rfidbaca() {  
  if(!rfid.PICC_IsNewCardPresent() || !rfid.PICC_ReadCardSerial()){  
    return;  
  }  
  
  String id;  
  for (int i=0 ; i<=3 ; i++){  
    id = id+String(rfid.uid.uidByte[i]);  
  }  
  
  Serial.println(id);  
  
  if((id=="1223124189" || id=="83132194160" || id=="83250178160" || id=="1813412470")&&  
distance1>10){  
    delay(500);  
    myservo.write(10);          // tell servo to go to position in variable 'pos'  
    distanced();  
    display_distance();  
    delay(3000);  
    digitalWrite(led_hijau, LOW);  
    digitalWrite(led_merah,HIGH);  
    myservo.write(50);  
    Serial.println("WESEL OK");  
  }  
  
  else{  
    delay(500);  
    digitalWrite(led_merah,HIGH);  
    delay(500);  
    Serial.println("Waiting...");  
  }  
}
```

4.3 Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan dua kereta yang masing – masing diberi Tag RFID seperti Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Model miniatur kereta yang di pasangi RFID Tags

Setelah program diupload pada *board* arduino, kedua sensor dapat bekerja dengan baik sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Sensor RFID dapat membaca Tag dengan cepat namun diperlukan ekstensi (*styrofoam*) untuk mendekatkan Tag ke sensor. Pada saat dijalankan sensor RFID dapat membaca Tag cukup responsif, kemudian servo bergerak cukup cepat setelah sensor RFID mendeteksi Tag yang

telah diinputkan pada sistem. Sehingga saat kereta terdeteksi melewati sensor, kereta dapat berjalan melewati wesel dengan aman.

Sensor ultrasonik dapat membaca jarak dengan akurat, namun jika terlalu dekat maka jarak tidak bisa terbaca. Pada saat pengujian salah satu kereta diposisikan berhenti di depan sensor ultrasonik, kemudian kereta yang lain berjalan melewati sensor RFID, hasilnya servo tidak bergerak dan wesel berada pada posisi arah kanan, sehingga kereta terus berputar dilintasan dekat dengan sensor RFID. Saat kereta dipindah menjauhi sensor ultrasonik, sensor RFID dan servo dapat bekerja seperti semula. Terdapat kendala dimana saat servo menggerakkan wesel ke arah lurus kemudian ultrasonik mendeteksi ada benda pada jarak 0 – 10 cm, wesel tidak bergerak kembali ke posisi awal, dan dapat membahayakan kereta yang akan melintasi jalur tersebut.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan dari hasil yang telah dilakukan bahwa perancangan sistem wesel kereta berbasis RFID dan Mikrokontroler Arduino Uno menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi kereta yang masih dalam jangkauan untuk menentukan motor servo akan menggerakkan wesel. Pada pengaturan sudut koding pada motor servo menyesuaikan jenis wesel lintasan kereta yaitu jangkauan 0° sampai 60° . Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi objek di lintasan yang dilewati, apa bila mendeteksi kereta di lintasan maka akan terbaca kurang dari 10 cm pada indikator monitor, sebaliknya apabila tidak ada kereta dilintasan maka akan terbaca lebih dari 10 cm sehingga wesel bergerak sesuai dengan gerak motor servo dan LED indikator berubah hijau selama 3 detik kemudian kembali ke dalam posisi awal.

REFERENSI

- [1] Firmansyah, M. Y. (2019). Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Stasiun Kebumen-Stasiun Wonosari Km 451+ 800-Km 452+ 800 (Doctoral dissertation, UAJY).
- [2] Verdiana, T. D., Firmansyah, A., Husodo, I. T., & Yudaningrum, F. (2020). Perencanaan Jalur Lintasan Kereta Api Dengan Wesel Tipe R54 Pada Stasiun Prupuk. *In Science and Engineering National Seminar (Vol. 5, No. 1, pp. 575-584)*.
- [3] Aisyah, S., Winantoko, S., & Wibisono, A. (2017). Prototipe Pemandu Wesel Kereta Menggunakan RFID Berbasis Arduino UNO. *AUTOCRACY: Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri*, 4(02), 115-121.
- [4] Christiyandi, A., & Ramdan, S. D. Persilangan Dan Wesel.
- [5] Basith, M. A. (2017). Penerapan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Pada Sistem Pengukur Volume Pada Mobil Tangki Air Bersih (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [6] U. Latifa dan J. S. Saputro, "Perancangan Robot Arm Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antarmuka Labview," *Barometer*, vol. 3, no. 2, hal. 138–141, 2018.
- [7] B. dan B. S. Arasada, "Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno Bakhtiyar Arasada," *J. Tek. Elektro*, vol. 06, no. 02, p. 2, 2017.
- [8] R. Sulistyowati, H. A. Sujono, and A. Khamdi, "Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik Dan Mikrokontroler Dengan Media Komunikasi Sms *Gate Way*," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.* III, no. April, pp. 49–58, 2015.
- [9] M. Rizki and R. Amri, "Perancangan Kontrol dan Monitoring Level Ketinggian Air di Waduk Bagian Hulu Untuk Meningkatkan Efektifitas Kinerja PLTA Koto Panjang," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [11] Purwanto, H., Riyadi, M., Astuti, D. W. W., & Kusuma, I. W. A. W. (2019). Komparasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Jsn-Sr04t Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 10(2), 717-724.
- [10] Sofyan, A. A., Puspitorini, P., & Baehaki, D. (2017). Sistem Keamanan Pengendali Pintu Otomatis Berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID) Dengan Arduino Uno R3. *Jurnal Sisfotek Global*, 7(1).