

PROTOTYPE SISTEM PALANG PINTU KERETA API OTOMATIS

PROTOTYPE OF AUTOMATIC GATE RAILWAY SYSTEM

Deri Reyhan¹, Sony Sumaryo², Estananto³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹derireyhann@gmail.com ²sony.sumarvo@yahoo.co.id ³estananto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pintu perlintasan kereta api merupakan salah satu dari rangkaian teknologi yang terdapat dalam sistem perkeretaapian. Sistem palang pintu perlintasan kereta api yang ada sekarang masih memanfaatkan tenaga operator dan masih memanfaatkan tenaga manusia. Sehingga, kesalahan operator (*human error*) maupun gagalnya operasi palang pintu dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan.

Untuk mengurangi faktor kecelakaan tersebut maka, dalam tugas akhir ini penulis merancang prototype atau miniatur sistem palang pintu perlintasan kereta api yang dapat bekerja otomatis tanpa ada peranan operator. Palang pintu akan menutup dan membuka otomatis dengan menggabungkan beberapa *infrared sensor* yang berperan menghitung kendaraan dan pembacaan kecepatan kereta. Dari dua *input* itu akan dihasilkan *output* berupa keputusan pergerakan palang. Digunakan *fuzzy sugeno* sebagai pengatur keputusan pergerakan palang pintu yang nantinya menghasilkan keputusan pergerakan palang gerak cepat, sedang atau lama. Untuk komunikasi pengiriman data dilakukan secara *wireless* menggunakan Module Wireless HC 12.

Pada tugas akhir ini telah berhasil dilakukan pengujian terhadap penerapan teknologi mikrokontroler dan komunikasi frekuensi radio untuk mengendalikan dan mengkomunikasikan palang pintu dengan sensor pada sistem perlintasan kereta api secara otomatis dengan standar deviasi 40,9 ms untuk sistem menutup cepat, 375,1 ms untuk sistem menutup sedang dan 942,3 ms untuk sistem menutup lama.

Kata kunci: Palang pintu kereta api, Otomatis, HC 12, Infrared, Fuzzy Logic, Prototype

Abstract

Railroad crossing gate is one of a series of technologies found in the railroad system. Most of railroad crossing system still utilize operator power and human power. Thus, human error and operation failure in the system can result in an accident.

In this final project, the author designed a prototype or miniature railroad crossing system that can work automatically without any operator in order to reduce the accident factor. The gate will close and open automatically by combining several infrared sensors that act to calculate the vehicle and train speed reading. Of the two inputs, it produces an outcome in the form of a cross movement decision. Fuzzy Sugeno used the outcome as a regulator of doorstop movement decisions which will result in a fast, medium or long motion crossing movement decision. Communication data transmission is conducted wirelessly using the Wireless HC 12 Module.

In this final assignment, the application of micro-controller technology and radio frequency communication were successfully tested. The application of those were aim to control and connect doorstop with sensors in a railroad crossing system automatically with a standard deviation of 40.9 ms for fast closing system, 375.1 ms for medium closing system and 942.3 ms for slow closing system.

Keywords: Railway gate, Automatic, HC 12, Infrared, Fuzzy Logic, Prototype.

1. Pendahuluan

Kereta Api adalah salah satu sarana transportasi umum yang paling banyak digunakan di Indonesia, dikarenakan kereta api memiliki rutenya sendiri sehingga terhindar dari kemacetan. Alat transportasi ini dilengkapi dengan adanya pengaman pada perjalanannya, salah satunya berupa dipasangnya palang pintu perlintasan pada setiap rel yang berada satu bidang dengan jalan raya yang mana memiliki tingkat rawan kecelakaan lalu lintas tinggi.

Perlintasan sebidang ada yang menggunakan palang dan ada yang tanpa menggunakan palang pintu. Sementara, sistem palang pintu perlintasan kereta api yang ada sekarang masih memanfaatkan tenaga operator dan masih memanfaatkan tenaga manusia. Sehingga, kesalahan operator maupun gagalnya operasi palang pintu dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan.

Berdasarkan hal-hal tersebut dan melihat pada penelitian sebelumnya maka akan dilakukan penelitian dengan judul "Prototype Palang Pintu Kereta Api Otomatis". Prototype ini akan dapat mengatur buka tutup palang pintu secara otomatis berdasarkan masukan yang berupa kecepatan kereta dan jumlah kendaraan yang berada di sekitar palang saat itu. Dengan menggunakan logika fuzzy sugeno maka akan didapat keluaran berupa pergerakan palang yang akan menutup secara cepat, sedang dan lama berdasarkan kedua masukan diatas.

2. Dasar Teori

2.1. Palang Pintu Perlintasan Kereta Api

Palang pintu perlintasan kereta api merupakan alat bantu pengaman perjalanan kereta api. Alat ini terdiri dari palang pintu yang terbuat dari kayu, motor DC sebagai penggerak palang pintu, relay sebagai pengontrol motor DC, alarm sebagai penanda kedatangan kereta api dan control room sebagai pengontrol sistem yang terletak di gardu jaga dan dijaga oleh petugas.

Sistem palang pintu perlintasan kereta api ini sudah mengalami beberapa pergantian teknologi. Dilihat dari cara kerjanya, teknologi yang pernah dan masih digunakan antara lain:

a) Sistem palang pintu perlintasan kereta api manual

Palang pintu perlintasan jenis ini sangat bergantung pada petugas jaga, karena sistem operasinya masih manual menggunakan tombol atau tuas yang diputar untuk menaikkan dan menurunkan palang pintu perlintasan. Tetapi palang pintu ini juga merupakan jenis palang pintu yang paling banyak digunakan di wilayah Bandung karena memiliki ketahanan yang baik dan sudah teruji.

b) Sistem palang pintu perlintasan kereta api semi otomatis

Palang pintu perlintasan jenis ini menggunakan kopling untuk mendeteksi kedatangan kereta, hasil deteksi kemudian digunakan untuk menutup palang pintu perlintasan. Sementara untuk membuka palang pintu petugas jaga harus melakukannya secara manual. Palang pintu jenis ini sudah hampir tidak digunakan lagi di wilayah Bandung, hal ini dikarenakan keberadaan detektor kopling sering disalahgunakan oleh penduduk sekitar yang mengakibatkan kerusakan sistem.

c) Sistem palang pintu perlintasan kereta api otomatis

Palang pintu perlintasan jenis ini tetap menggunakan kopling untuk mendeteksi kedatangan kereta, yang kemudian hasilnya digunakan untuk menutup palang pintu perlintasan. Namun untuk membuka palang pintu perlintasan, detektor kopling ditempatkan pada tempat yang sesuai sehingga ketika kereta sudah melewati perlintasan, palang pintu perlintasan dapat membuka secara otomatis. Palang pintu jenis ini sudah tidak digunakan lagi di wilayah Bandung, hal ini dikarenakan keberadaan detektor kopling sering disalahgunakan oleh penduduk sekitar yang mengakibatkan kerusakan sistem.

2.2. Sistem Laju Kereta Api

Suatu benda yang bergerak mempunyai kecepatan (velocity) dan laju (speed). Dua kata tersebut mempunyai arti yang berbeda seperti halnya perpindahan dan jarak. Kecepatan merupakan besaran vector, sebab selain memiliki besaran juga memiliki arah. Besarnya bergantung pada arah gerak benda. Sedangkan laju merupakan besaran scalar, yang hanya memiliki besar saja dan tidak tergantung pada arah gerak benda [6].

Apabila kita ingin mencari kecepatan, dapat menggunakan rumus berikut:

$$V = \frac{s}{t}$$

Apabila ingin mencari jarak yang ditempuh, dapat menggunakan rumus berikut:

$$s = V \cdot t$$

Sedangkan untuk mencari waktu tempuh, dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{s}{V}$$

Dimana :

V = Kecepatan tetap (m/s)

s = Jarak atau perpindahan (m)

t = Waktu (sekon)

Penggunaan rumus di atas diterapkan dalam mencari nilai tempuh kereta api serta penerapan pada sensor baca kecepatan kereta api yang akan mempengaruhi terhadap sensor palang pintu perlintasan kereta api.

2.3. Komparasi Sensor

1. Sensor Infrared E18-D80NK

Sensor infrared termasuk dalam kategori sensor biner, yaitu sensor yang menghasilkan output 1 atau 0 saja. Infra Red Sensor (IR Sensor) dapat digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya untuk mendeteksi sebuah benda, mengukur panjang benda, dan lain-lain. Inframerah / infrared merupakan radiasi elektromagnetik yang panjang gelombangnya lebih panjang dari cahaya yang nampak yaitu diantara 700 nm dan 1 mm, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio [8].

2. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar penginderaannya. Perbedaan waktu antara gelombang suara dipancarkan dengan ditangkapnya kembali gelombang suara tersebut adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Gelombang ultrasonik bekerja pada frekuensi mulai dari 20kHz hingga 20 MHz [9].

2.4. Arduino Uno

Arduino UNO merupakan *board* mikrokontroler yang di dasarkan pada ATmega328. Arduino UNO ini sendiri memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 *input* analog, sebuah isolator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah

power jack, sebuah ICSP *header* dan sebuah tombol *reset*. Daya dari Arduino UNO dapat disuplai menggunakan koneksi USB atau dengan *power supply* eksternal. Suplai eksternal diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau dari *battery*. *Range* daya yang direkomendasikan untuk Arduino UNO yaitu 7 – 12 *volt*. Jika *displae regulator* menjadi kelebihan panas dan membahayakan *board* Arduino UNO.

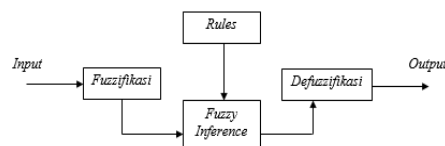
2.5. Module Wireless HC 12

Modul komunikasi serial HC-12 merupakan modul komunikasi serial jarak jauh antar beberapa mikrokontroler. Modul ini bekerja pada frekuensi 433.4 ~ 473.0 Mhz dan dapat diset multiple channel (400 Khz stepping) sehingga total 100 channel. Modul ini memiliki maximum transmit power 100mW (20dBm) dengan sensitifitas penerimaan -117dBm pada baudrate 5000bps dan jarak komunikasi 1000 meter (open area).

2.6. Metode Logika Fuzzy

Sebagai metode penentu keputusan, sistem menerapkan metode logika *fuzzy sugeno*. Logika *fuzzy* sendiri merupakan sebuah metode untuk memetakan ruang lingkup *input* dan *output* [10]. Logika fuzzy memberi ruang dan bahkan mengeksplorasi toleransi terhadap ketidakpresisian. Dengan logika fuzzy, sistem kepakaran manusia bisa diimplementasikan ke dalam bahasa mesin yang mudah dan efisien. Dari sekian banyak alternatif yang tersedia, sistem fuzzy seringkali menjadi pilihan yang terbaik.

Sistem kendali logika *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:



Gambar 2.1 Proses Fuzzy Logic Controller

2.4.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan langkah awal dalam proses kendali logika *fuzzy*. Pada proses ini, nilai yang terbaca dalam bentuk himpunan tegas (*crisp set*) yaitu nilai yang diukur oleh sensor (sudut) diubah ke dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Dalam fuzzifikasi terdapat perhitungan derajat keanggotaan (*memberhip function*) yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi segitiga, trapesium dan fungsi Gauss.

2.4.2 Fuzzy Inference

Fuzzy Inference adalah proses pemetaan dari input yang sudah dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke sebuah *output* dengan logika *fuzzy*. *Fuzzy inference* dibagi menjadi dua bagian, *data base* dan *rule base*. *Data base* berisi parameter *fuzzy* seperti himpunan *fuzzy* dengan derajat keanggotaannya ($\mu(x)$) pada tiap variabel. *Rule base* berisi aturan-aturan dengan *fuzzy logic*. Satu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai : *IF antecedent THEN consequent*.

2.4.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari fuzzifikasi, yaitu pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan- aturan *fuzzy*. Hasil dari defuzzifikasi ini merupakan *output* dari sistem kendali logika *fuzzy*.

3. Perancangan Sistem

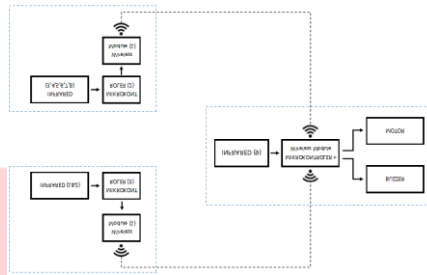
3.1. Desain Perancangan Sistem

Sistem prototype ini bekerja ketika sensor inframerah yang dipasang mendeteksi adanya kereta yang melintas, kecepatan kereta melintas, dan jumlah kendaraan yang berada pada jalan sekitar palang. Pada saat itu sensor inframerah akan aktif dan lampu led sebagai indikator akan menyala. Setelah itu sensor inframerah mengirimkan informasi sinyal ke perangkat transmitter module untuk mengirimkan informasi dari sensor inframerah menuju ke perangkat receiver module dan kemudian receiver modul juga akan menerima informasi dari wireless module yang terdapat di jalan agar palang pintu menutup dengan kecepatan yang telah ditentukan oleh keputusan logika fuzzy. Setelah itu, sensor yang berada pada palang akan mendeksi kepergian kereta, saat sensor mendeteksi kereta api sudah melewati perlintasan maka palang akan membuka.

Hasil dari perhitungan logika *fuzzy* didapatkan keluaran (*output*) dalam 3 (tiga) kondisi berbeda yaitu menutup cepat dengan waktu eksekusi keseluruhan sistem 18100 ms, menutup sedang dengan waktu eksekusi keseluruhan sistem 21900 ms, dan menutup lama dengan waktu eksekusi keseluruhan sistem 27800 ms serta LED dan *buzzer* yang akan menyala sebagai indikator sistem bekerja.

3.1.1. Diagram Blok Sistem

Berikut ini merupakan diagram blok prototype sistem palang pintu kereta api otomatis :

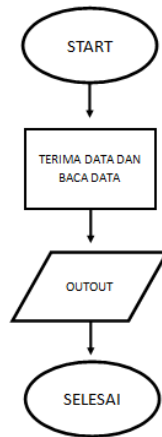


Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Pada sistem pendeteksi banjir ini terdapat 3 (tiga) sistem yang di tempatkan pada tempat yang berbeda. Setiap sistem akan membaca hasil dari sensor kemudian diolah oleh Arduino Uno. Data hasil dari *node 2* (dua) dan *node 3* (tiga) nantinya akan dikirim ke *node 1* (satu) yang berperan sebagai *server*.

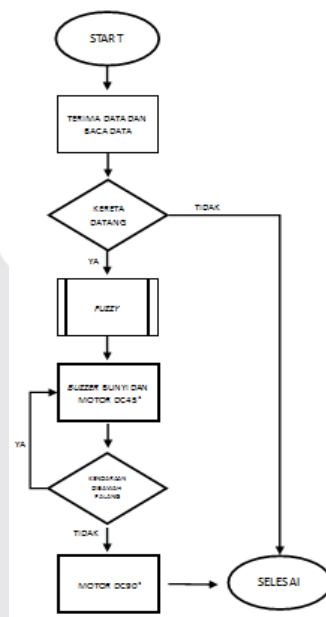
3.1.2. Diagram Alir Sistem

Berikut ini merupakan diagram alir sistem untuk *node 2* (dua) dan *node 3* (tiga) :



Gambar 3.2 Diagram Alir Node 2 (dua) dan Node 3 (tiga)

Kemudian dibawah ini merupakan diagram sistem alir untuk node 1 (satu) yang berperan sebagai server :

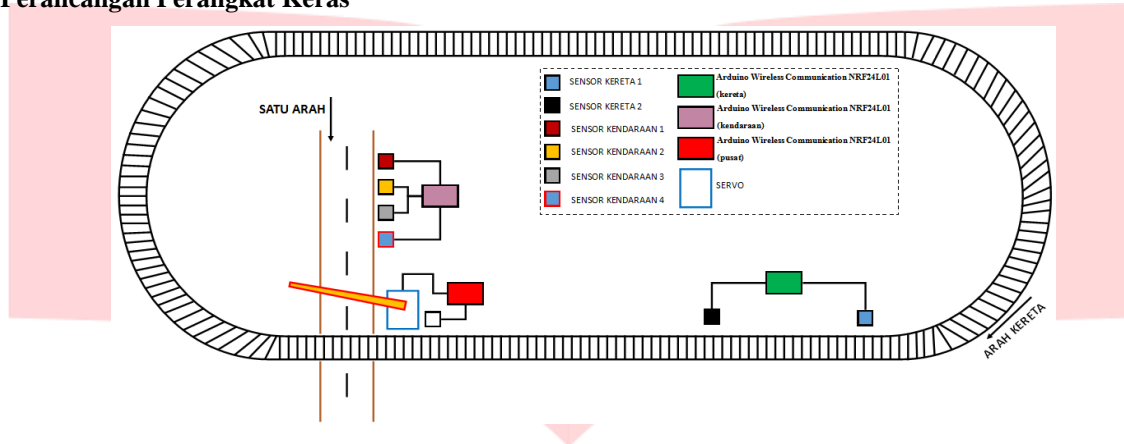


Gambar 3.3 Diagram Alir Node 1 (Satu)

3.2. Fungsi dan Fitur Sistem

Fungsi dari sistem yang akan dibuat yaitu meminimalisir kecelakaan yang terjadi pada perlintasan kereta api jalur sebidang. Sering terjadi kecelakaan akibat keterlambatan penutupan palang dan ketidak siapan pengendara ketika palang akan menutup. Dengan adanya sistem palang pintu kereta api otomatis ini dapat meminimalisir kemungkinan kecelakaan itu terjadi.

3.3. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3.4 Realisasi Perancangan Perangkat Keras

Pada prototype ini menggunakan miniatur rel kereta lengkap dengan keretanya. Semua sensor dan komponen lainnya ditempatkan pada miniatur tersebut, penempatan sensor dan komponen dapat dilihat pada gambar 3.4.

3.4 Pemodelan Logika Fuzzy

Berikut ini merupakan rancangan sistem logika fuzzy, yaitu:

3.4.1. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi ini mengubah nilai input menjadi nilai linguistik yang sudah ditentukan berdasarkan keanggotaannya. Untuk input kecepatan kereta memiliki 3 variabel linguistic, yaitu lambat, sedang dan cepat. Pada input jumlah kendaraan memiliki 3 variabel linguistic, yaitu sepi, sedang dan ramai. Sedangkan untuk output yang dihasilkan memiliki 3 variabel linguistic, yaitu lambat, sedang dan cepat

3.4.2. Inferensi

Pada proses ini terjadi tahap pengolahan nilai input yang telah melewati proses fuzzifikasi lebih dulu dengan hasil keluaran yang ditentukan berdasarkan pada fuzzy rules dibawah ini:

Tabel 3. 1 Fuzzy Rule Sistem

INPUT		Keputusan		
Kecepatan Kereta	Jumlah Kendaraan	Lama	Sedang	Cepat
Lambat	Sepi	✓		
Lambat	Sedang		✓	
Lambat	Ramai			✓
Sedang	Sepi	✓		
Sedang	Sedang		✓	
Sedang	Ramai			✓
Cepat	Sepi		✓	
Cepat	Sedang		✓	
Cepat	Ramai			✓

3.4.3. Defuzzifikasi

Pada proses ini dilakukan pemetaan bagi nilai-nilai keluaran logika fuzzy yang telah dihasilkan pada tahap inferensi ke nilai-nilai output crisp (kuantitatif) sesuai dengan sistem yang diharapkan.

4. Hasil Pengujian Sistem dan Analisis

4.1. Pengujian Sensor Infrared

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Infrared

Percobaan Ke	Jarak	Ada Kendaraan	Tidak Ada Kendaraan
1	1 cm	1	0
2	2 cm	1	0
3	3 cm	1	0
4	4 cm	1	0

5	5 cm	1	0
6	6 cm	1	0
7	7 cm	1	0
8	8 cm	1	0
9	9 cm	1	0
10	10 cm	1	0
11	11 cm	1	0
12	12 cm	1	0
13	13 cm	1	0
14	14 cm	1	0
15	15 cm	1	0
16	16 cm	1	0
17	17 cm	1	0
18	18 cm	1	0
19	19 cm	1	0
20	20 cm	1	0
21	21 cm	0	1
22	22 cm	0	1
23	23 cm	0	1
24	24 cm	0	1
25	25 cm	0	1
26	26 cm	0	1
27	27 cm	0	1
28	28 cm	0	1
29	29 cm	0	1
30	30 cm	0	1

Dari tabel 4.1 di atas setelah melakukan 30 kali percobaan terhadap sensor maka dapat diketahui benda dapat terdeteksi oleh sensor jika jarak antara sensor dan benda adalah ≤ 20 cm. Jika jarak benda > 20 cm dari sensor maka sensor tidak akan membaca adanya benda. Jarak maksimal pembacaan sensor 20 cm telah diatur manual sebelumnya dengan pertimbangan lebar jalan.

4.2. Pengujian Perhitungan Kecepatan Kereta

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kecepatan Kereta

Percobaan Ke	Kecepatan Pada Sistem Input Cepat (cm/s)	Kecepatan Pada Sistem Input Sedang (cm/s)	Kecepatan Pada Sistem Input Lambat (cm/s)
1	24,56	16,48	11,54
2	25,07	16,04	11,69
3	25,03	16,22	12,05
4	25,18	16,24	11,87
5	25,04	16,41	11,94
6	24,94	15,97	11,23
7	24,82	16,06	11,35
8	24,87	16,13	11,57
9	25,05	16,01	11,32
10	24,56	15,89	11,28
11	24,84	15,93	11,23
12	24,82	15,91	11,15

13	24,81	16,06	11,12
14	24,85	16,24	11,07
15	24,78	16,41	10,92
16	24,77	16,04	10,87
17	24,87	16,22	10,78
18	25,05	16,24	10,79
19	24,56	16,13	10,84
20	24,84	16,01	10,85
21	24,82	15,89	10,88
22	24,81	15,82	10,76
23	24,85	16,02	10,72
24	24,78	16,13	10,83
25	24,56	16,01	10,93
26	25,07	15,89	10,86
27	25,03	15,93	10,82
28	24,81	15,91	10,93
29	24,85	16,04	10,96
30	24,78	16,22	10,89
Nilai Maksimum	25,18	16,48	12,05
Nilai Minimum	24,56	15,82	10,72
Rata – Rata	24,85	16,08	11,13

Dari tabel 4.1 setelah dilakukan 30 kali percobaan untuk setiap masing-masing *Input* kecepatan kereta maka didapatkan hasil kecepatan rata-rata untuk setiap input yaitu :

- Kecepatan rata-rata *input* cepat = 24,85 cm/s
- Kecepatan rata-rata *input* sedang = 16,08 cm/s
- Kecepatan rata-rata *input* lambat = 11,13 cm/s

4.2 Pengujian Algoritma Logika *Fuzzy* Pada Sistem

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Algoritma Logika *Fuzzy* Pada Sistem

Percobaan Ke	Input		Hasil Keputusan Perhitungan Manual	Hasil Keputusan Perhitungan Sistem	Keterangan
	Jumlah Kendaraan	Kecepatan Kereta (cm/s)			
1	5	24	Cepat	Cepat	Sesuai
2	4	16	Sedang	Sedang	Sesuai
3	4	17	Sedang	Sedang	Sesuai
4	4	15	Sedang	Sedang	Sesuai
5	1	10	Lama	Lama	Sesuai
6	1	11	Lama	Lama	Sesuai
7	5	22	Cepat	Cepat	Sesuai
8	5	9	Cepat	Cepat	Sesuai
9	6	10	Cepat	Cepat	Sesuai
10	1	10	Lama	Lama	Sesuai
11	3	24	Sedang	Cepat	Sesuai
12	3	20	Sedang	Sedang	Sesuai
13	3	22	Sedang	Sedang	Sesuai
14	3	19	Sedang	Sedang	Sesuai
15	3	18	Sedang	Sedang	Sesuai
16	2	17	Sedang	Sedang	Sesuai
17	2	22	Sedang	Sedang	Sesuai

18	2	19	Sedang	Sedang	Sesuai
19	6	12	Cepat	Cepat	Sesuai
20	1	13	Lama	Lama	Sesuai
21	1	12	Lama	Lama	Sesuai
22	1	20	Sedang	Sedang	Sesuai
23	1	22	Sedang	Sedang	Sesuai
24	2	20	Cepat	Cepat	Sesuai
25	2	21	Sedang	Sedang	Sesuai
26	2	24	Sedang	Sedang	Sesuai
27	6	10	Cepat	Cepat	Sesuai
28	6	11	Cepat	Cepat	Sesuai
29	6	9	Cepat	Cepat	Sesuai
30	6	14	Cepat	Cepat	Sesuai

Dari percobaan yang dilakukan 30 kali dan dari gambar di atas didapatkan hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan rules yang diinginkan. Selain itu juga sesuai dengan hasil simulasi pada matlab.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, pengujian dan analisa maka dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem prototype palang pintu kereta api otomatis yang menggunakan sensor Infrared ini dapat mendeteksi jumlah kendaraan dan kecepatan kereta api dengan baik sampai pada jarak maksimum 20 cm dan jarak minimum 1 cm yang menyesuaikan dengan lebar jalan dan jarak sensor dengan rel kereta.
2. Metode Logika Fuzzy yang digunakan terbukti dapat menghasilkan output yang diinginkan berdasarkan hasil keputusan pada perhitungan manual dan perhitungan sistem yang sesuai dengan rules yang telah ditetapkan.
3. Penerapan teknologi mikrokontroler dan komunikasi frekuensi radio untuk mengendalikan dan mengkomunikasikan palang pintu dengan sensor pada sistem perlintasan kereta api secara otomatis mendapatkan standar deviasi 40,9 ms untuk sistem menutup cepat, 375,1 ms untuk sistem menutup sedang dan 942,3 ms sistem menutup lama.

5.2. Saran

Pengembangan selanjutnya yang dapat dilakukan untuk melanjutkan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pada sistem palang pintu kereta api otomatis ini perlu dilengkapi dengan sensor yang dapat membedakan kereta api dengan benda lainnya.
2. Agar dapat menambahkan sensor pada palang untuk mendeteksi adanya benda yang menghalangi saat palang menutup.
3. Perlu dikaji lebih dalam mengenai kelayakan sistem ini secara teknis dan ekonomis dengan menggunakan rel dan kereta api sesungguhnya.

Daftar Pustaka

- [1] Ari Sandita Putri.2016. Polisi Duga Petugas Terlambat Tutup Palang Pintu Perlintasan KA di <https://metro.sindonews.com> (di akses 21 Oktober 2018)
- [2] Firdaus,MA., Utomo,AB.2016.Miniatur Palang Pitu Kereta Api dengan Menampilkan Kecepatan Kereta Serta Waktu Tunggu. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- [3] Sitepu,R., dkk.2018.Prorotipe Pintu Lintasan Rel Kereta Api Otomatis. Surabaya : Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- [4] Nur'aningsih,D.,dkk.2009.Palang Pintu Kereta Otomatis Dengan Indikator Suara Sebagai Peringatan Dini Berbasis Mikrokontroler AT89S51. Depok : Universitas Gunadarma.
- [5] Pangestu,BP., dkk .2017.Implementasi Kendali Palang Pintu Kereta Api Menggunakan IR Sensor dan NRF24L01.Malang : Universitas Brawijaya.
- [6] Ina Locku.2012. Sistem Otomasi Elektronik di <https://inalocku.wordpress.com> (di akses 8 Maret 2019)
- [7] Ardianto,H. 2013. Pemograman Mikrokontroler AVR Atmega 16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR). Bandung : Universitas Kristen Maranatha.
- [8] Septianingsih Ika.2014.Sensor Ultrasonik Pada Sepatu Orang Buta di <http://saptiningsihika.blogspot.com> (diakses 8 Maret 2019)
- [9] Elektronika.2019. Kendali Logika Fuzzy di <https://elektronika-dasar.web.id> (diakses 18 April 2019)
- [10] Wikipedia.2019. Arduino di <https://id.wikipedia.org> (diakses 9 Februari 2019)
- [11] Belajar Pemograman.2013.Arduino Uno di <http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.com> (diakses 9 Februari 2019).