

# Sistem *Collision Avoidance* Robot Mobil Pada *Waypoint Control* Menggunakan Metode Logika *Fuzzy*

## *Collision Avoidance System For Mobile Robot On Waypoint Control Using Fuzzy Logic Method*

1<sup>st</sup> Hadi Al Bukhori  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
hadibukhori@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Agung Surya Wibowo  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
agungsw@telkomuniversity.co.id

3<sup>rd</sup> Irham Mulkan Rodiana  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
irhammulkan@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Teknologi mobil pintar diciptakan karena tingginya tingkat kecelakaan pada mobil karena faktor kecepatan yang terlampaui tinggi. Untuk memperkecil tingkat kecelakaan maka dirancanglah robot mobil yang memiliki fungsi sistem *collision avoidance*. Pada tugas akhir ini dirancang sistem *collision avoidance* dengan metode logika fuzzy menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksian ketika adanya penghalang di lintasan.

Hasil dari perancangan sistem *collision avoidance* berupa robot mobil dapat menghindari *obstacle* pada lintasan berdasarkan logika *fuzzy* yang telah ditentukan. Sistem ini dapat berjalan dengan baik dengan persentase tingkat keberhasilan robot mobil dalam menghindari penghalang yang terdapat di lintasan yaitu sebesar 84%

**Kata kunci :** Robot Mobil,  
Logika Fuzzy, Ultrasonik.

### Abstract

*Smart car technology was created because of the high rate of accidents in cars due to the speed factor being too high. To reduce the accident rate, a car robot was designed that has a collision avoidance system function. In this final project, a collision avoidance system is designed with fuzzy logic method using ultrasonic sensor HC-*

*SR04 as a detection when there is a barrier in the path.*

*The results of the design of a collision avoidance system in the form of a mobile robot can avoid obstacles on the trajectory based on predetermined fuzzy logic. This system can run well with the percentage of the success rate of the robot car in avoiding obstacles on the track, which is 84%.*

**Keywords:** Mobile Robot, Fuzzy Logic, Ultrasonic.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mobil merupakan alat transportasi yang paling sering digunakan. Sekarang ini, teknologi mobil pintar mulai diterapkan oleh para produsen mobil. Bukan tanpa alasan, teknologi ini diciptakan karena tingginya tingkat kecelakaan pada mobil karena faktor kecepatan yang terlampaui tinggi. Bahwa setiap tahun, di seluruh dunia, lebih dari 1,25 juta korban meninggal akibat kecelakaan lalu lintas dan 50 juta orang luka berat. Dari jumlah ini, 90% terjadi di negara berkembang dimana jumlah kendaraannya hanya 54% dari jumlah kendaraan yang terdaftar di dunia. Bila kita semua tidak melakukan apapun, 25 juta korban jiwa akan berjatuhan dalam kurun waktu 20 tahun ke depan (WHO,2015). Dengan sistem *collision avoidance*, diharapkan angka kecelakaan

*Collision avoidance* pada robot mobil bukan lagi hal yang baru juga,

sudah banyak dikembangkan oleh banyak orang, tetapi masih sedikit orang yang menerapkan kecerdasan buatan pada robot, disebabkan karena masih sedikit referensi yang membahas penerapan logika *fuzzy* pada robot penghindar *obstacle*. Robot penghindar *obstacle* ini menggunakan metode logika *fuzzy*, metode ini digunakan untuk mempresentasikan nilai-nilai crisp kemudian diubah ke dalam bahasa yang mudah dimengerti oleh manusia, fungsi logika fuzzy pada robot yang dibuat ini sebagai pengambil keputusan untuk menentukan kecepatan motor DC berdasarkan jarak *obstacle* pada robot mobil[1].

Penulis dalam menyusun tugas akhir ini mempunyai referensi pada penelitian sebelumnya adalah pada jurnal yang berjudul “Sensor Base Accident Prevention System” yang dilakukan oleh Aravinda, B dkk[2]. Pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan pencegahan

dini terhadap kecelakaan melalui notifikasi yang dihasilkan oleh perangkat sensor, akan tetapi sistem yang dijalankan masih menggunakan pengaturan kecepatan secara manual oleh pengemudi sehingga masih perlu untuk dikembangkan penelitian mengenai sisten *collision avoidance*.

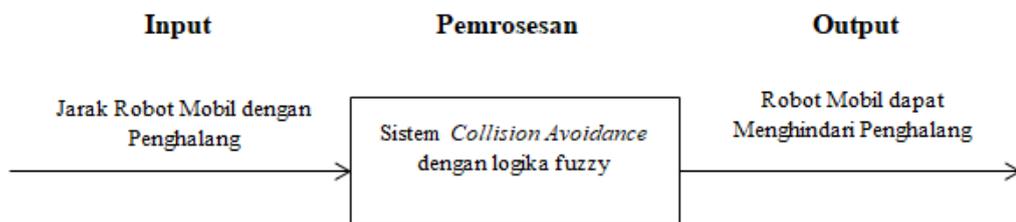
Hal diatas yang melatarbelakangi penulis untuk merancang tugas akhir yang berjudul sistem *collision avoidance* robot mobil pada *waypoint control* menggunakan metode logika *fuzzy*. Pada perancangan, dibutuhkan sebuah *prototype* pada robot mobil yang terpasang sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantulkan gelombang pada objek di depannya. Perhitungan logika *fuzzy* yang menjadi acuan untuk pengaturan kecepatan mobil dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang akan diatur algoritma untuk menjalankan sistem *collision avoidance*.

pembahasan sistem yang dirancang . Adapun desain tersebut terdapat beberapa tahapan yang terdiri dari *Input*, *Pemrosesan*, dan *Output*.

## II. KAJIAN TEORI

### 2.1 Desain Konsep Solusi

Desain konsep solusi ini merupakan



Gambar 2. 1 Desain Konsep Solusi

Adapun prinsip kerja dari sistem *collision avoidance* Terdapat *input* berupa jarak robot mobil dengan penghalang pada lintasan. Sensor ultrasonik akan memancarkan gelombang ultrasonik. Setelah sensor memancarkan gelombang ultrasonik, maka sensor akan mendeteksi adanya penghalang yang berada pada lintasan. Setelah itu maka data akan dikirimkan ke mikrokontroler. Mikrokontroler berperan untuk menerima data dan akan mengolah data tersebut dengan menggunakan logika *fuzzy*. Setelah data diolah oleh mikrokontroler, lalu mendeklarasikan nilai pwm untuk mengontrol kecepatan Motor DC. *Output* berupa robot mobil dapat menghindari penghalang.

### 2.2 Collision Avoidance

Sistem *collision avoidance* pada robot mobil ini bekerja dengan cara mengubah kecepatan berdasarkan jarak objek di depannya. Jarak yang didapat

merupakan hasil gelombang pantul dari objek yang ditangkap oleh *receiver* sensor ultrasonik, Setelah itu, dengan menggunakan nilai jarak terhadap objek dengan metode logika *fuzzy*, akan dapat ditentukan kecepatan robot mobil. Dengan menggunakan sistem ini, potensi terjadinya kecelakaan yang dilakukan antar mobil dapat dikenali sehingga dapat dihindari[3].

### 2.3 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* itu adalah salah satu untuk membentuk *soft computing*. Logika *fuzzy* pertama kali dikenalkan oleh prof. Louthi A. Zaedah pada tahun 1965. Yang menjadi dasar logika *fuzzy* adalah teori himpnan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, derajat keanggotaan memiliki peran sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan yang itu merupakan sangat penting[4]. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang

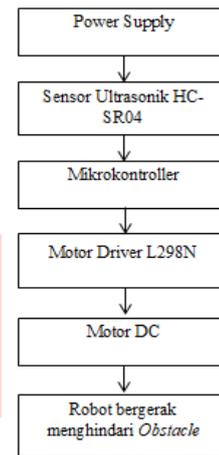
hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (lingsuistik), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekpresikan dengan pelan, sedang, dan cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan

sejauh mana suatu nilai itu salah. Logika adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang *output* [5]

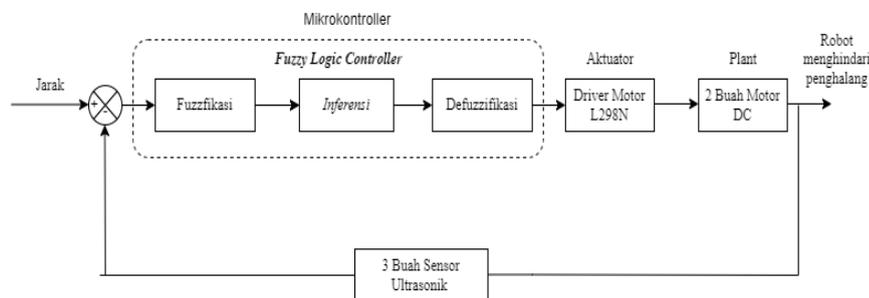
III. METODE

3.1 Desain Sistem

*Power supply* memiliki fungsi sebagai catu daya untuk menggerakkan keseluruhan sistem tersebut. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi sebagai mendeteksi adanya penghalang pada lintasan. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai mengolah data dan pengendalian pada semua komponen yang digunakan seperti Sensor ultrasonik, Motor *driver* L298N dan Motor DC dengan menggunakan logika *fuzzy*. Motor *driver* L298N berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor DC. Motor DC berfungsi sebagai mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran sehingga dapat menggerakkan robot mobil tersebut. Desain dari sistem terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. 1 Desain Sistem



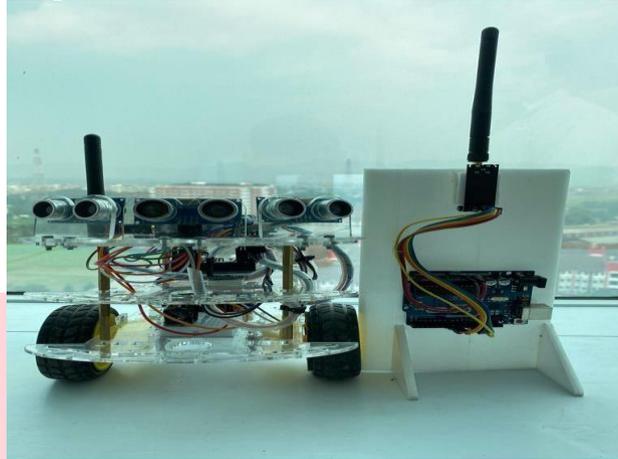
Gambar 3. 2 Diagram Blok Kendali

Pada gambar 3.2 diagram blok kendali terdapat *input* berupa dari pendeteksian sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap jarak robot dengan penghalang pada lintasan. Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol untuk mengolah gelombang ultrasonik dan mengontrol logika *fuzzy* yang terdapat dari beberapa tahapan diantaranya : Proses *Fuzzifikasi*, *Inference* - Pengambilan Keputusan (*Rule Based*) dan Proses *Defuzzifikasi*. Motor DC berfungsi sebagai plant untuk mengendalikan kecepatan motor dengan keluaran logika *fuzzy* berupa nilai PWM. *Output* berupa robot menghindari penghalang.

### 3.2 Desain Perangkat Keras

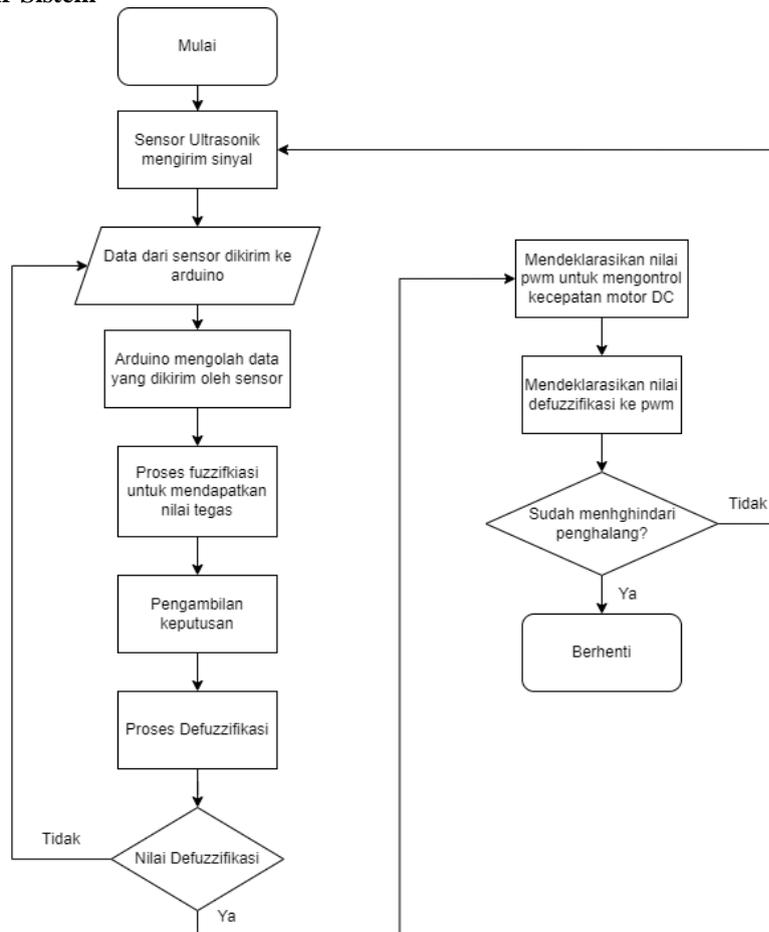
Robot mobil yang akan dirancang menggunakan akrilik berukuran 21 cm x 16 cm. Perancangan robot mobil ini menggunakan 3 buah sensor ultrasonik HC-SR04 dengan tujuan agar robot

mobil dapat memantau daerah yang sulit dideteksi oleh sensor. Sensor ultrasonik HC-SR04 akan diletakkan paling atas dan paling depan agar mudah dalam mendeteksi adanya *obstacle* yang terdapat pada lintasan.



Gambar 3.3 Tampak Depan Robot

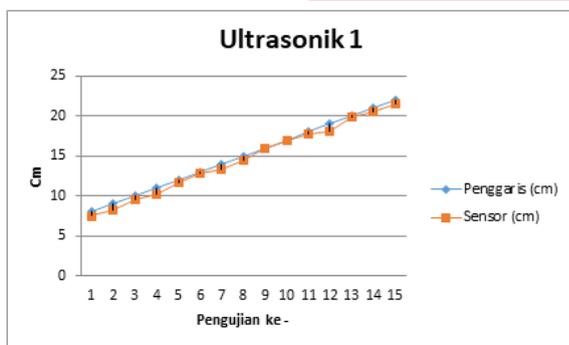
### 3.3 Diagram Alir Sistem



Gambar 3.4 Diagram Alir

Seperti pada Gambar 3.4 Sensor ultrasonik mengirim sinyal, data dari sensor dikirim ke arduino, arduino mengolah data yang dikirim oleh sensor, proses fuzzifikasi untuk mendapatkan nilai tegas, pengambilan keputusan/inferensi sesuai rule base yang telah dirancang, proses defuzzifikasi, mendapatkan nilai defuzzifikasi setelah itu mendeklarasikan nilai pwm untuk mengontrol kecepatan motor DC, mendeklarasikan nilai defuzzifikasi ke pwm, dan Robot dapat menghindari penghalang

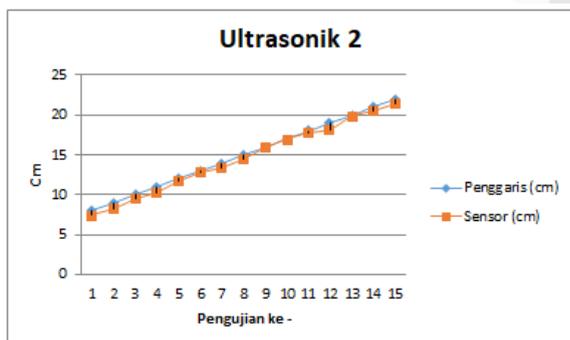
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN  
4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik 1



Gambar 4. 1 Grafik pengujian sensor 1 dengan penggaris

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil *Persentase Error* untuk sensor ultrasonik 1 sebesar 2,84 % dan untuk hasil persentase akurasi sensor ultrasonik 1 sebesar 97,16 %. Pada gambar 4.1 dapat dilihat perbandingan pengukuran dari sensor ultrasonik dengan alat ukur manual yaitu penggaris hasil pengukuran terdapat perbedaan namun memiliki tingkat *error* dan akurasi yang cukup baik.

4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik 2

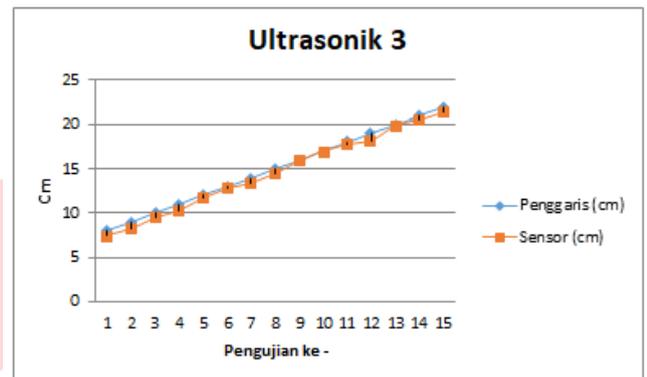


Gambar 4. 2 Grafik pengujian sensor 2 dengan penggaris

Pada gambar 4.2 menunjukkan hasil *Persentase Error* untuk sensor ultrasonik

2 sebesar 2,47 % dan untuk hasil persentase akurasi sensor ultrasonik 2 sebesar 97,53 %. Pada gambar 4.2 dapat dilihat perbandingan pengukuran dari sensor ultrasonik dengan alat ukur manual yaitu penggaris hasil pengukuran terdapat perbedaan namun memiliki tingkat *error* dan akurasi yang cukup baik.

4.3 Pengujian Sensor Ultrasonik 3



Gambar 4. 3 Grafik pengujian sensor 3 dengan penggaris

Pada gambar 4.3 menunjukkan hasil *Persentase Error* untuk sensor ultrasonik 3 sebesar 3,31 % dan untuk hasil persentase akurasi sensor ultrasonik 3 sebesar 96,68 %. Pada gambar 4.3 dapat dilihat perbandingan pengukuran dari sensor ultrasonik dengan alat ukur manual yaitu penggaris hasil pengukuran terdapat perbedaan namun memiliki tingkat *error* dan akurasi yang cukup baik.

4.4 Pengujian Motor Driver L298N

Tabel 4. 1 Pengujian Motor Driver L298N

No.	Motor DC	Duty Cycle	Vout
1	Kanan	31%	2,45
	Kiri	(PWM = 80)	2,47
2	Kanan	39%	2,83
	Kiri	(PWM = 100)	2,88
3	Kanan	47%	3,25
	Kiri	(PWM = 120)	3,28
4	Kanan	58%	3,80
	Kiri	(PWM = 150)	3,88
5	Kanan	78%	4,82
	Kiri	(PWM = 200)	4,87

Berdasarkan pada tabel 4.1 pengujian motor driver L298N bahwa PWM mempengaruhi nilai tegangan output pada motor driver L298N, dalam hal ini dapat disimpulkan semakin besar nilai PWM yang diberikan maka semakin

besar juga tegangan output pada motor driver L298N. Adapun tegangan output maksimum dari motor driver L298N yakni sebesar 12V.

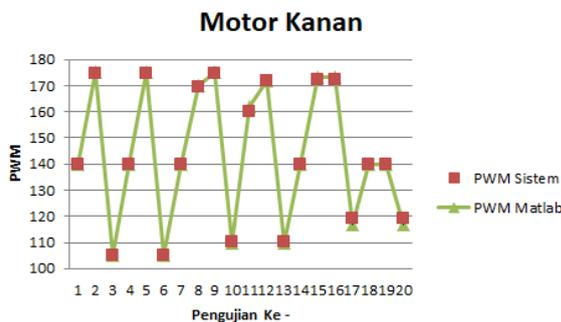
**4.5 Pengujian Rules Fuzzy**

Tabel 4. 2 Pengujian Rules Fuzzy

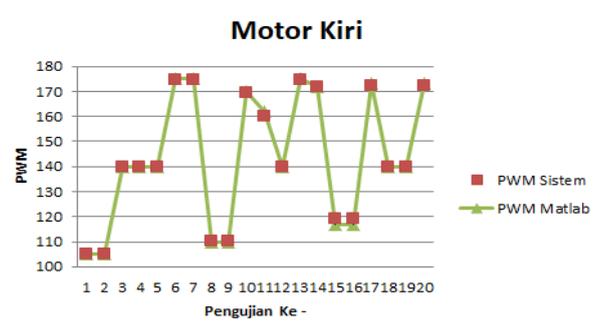
No.	Input Parameter			Output (Duty Cycle)	
	Te	Ska	Ski	Mka	Mki
1	10	10	30	54%	41%
2	10	10	60	68%	41%
3	10	30	10	41%	54%
4	10	30	30	54%	54%
5	10	30	60	68%	54%
6	10	60	10	41%	68%
7	10	60	30	54%	68%

Tabel 4.2 merupakan hasil pengujian *rules fuzzy* yang telah dilakukan, pada pengujian kali ini terdapat 7 *rules fuzzy* dengan input parameter dan output berupa nilai pwm dari motor kanan dan motor kiri. Pengujian *rules fuzzy* sudah sesuai dengan perancangan *rules fuzzy* yang telah dirancang.

**4.6 Pengujian Simulasi Logika Fuzzy**



**Gambar 4. 4** Grafik pengujian output pwm



**Gambar 4. 5** Grafik pengujian output pwm

Dari hasil pengujian simulasi logika *fuzzy* pada *output* sistem dengan menerapkan logika *Fuzzy* dan dibandingkan dengan *output software* MATLAB seperti gambar 4.4 ditunjukkan hasil *persentase error* untuk Mka sebesar 0,29% dan *persentase error* untuk Mki sebesar 0,36% sedangkan untuk hasil *persentase* akurasi Mki sebesar 99,71% dan *persentase* Akurasi Mki sebesar 99,64% Pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 dapat dilihat perbandingan nilai *output* dari sistem yang telah dibuat dengan menggunakan *software*

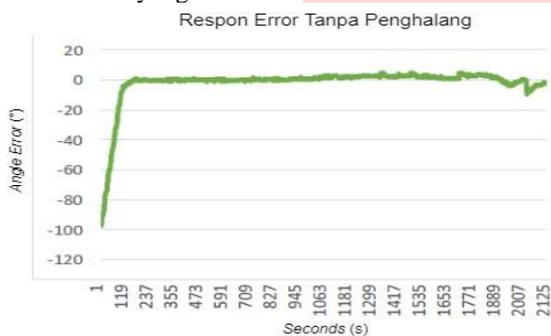
**4.7 Pengujian Logika Fuzzy pada Robot**

MATLAB terdapat perbedaan namun memiliki tingkat *error* dan akurasi yang cukup baik. Hasil pengukuran *output* dari sistem menggunakan logika *fuzzy* berbeda dengan *output software* MATLAB, ini disebabkan karena perbedaan batas penulisan *range*. Penulisan *range* pada *software* arduino IDE di tiap variabel *input* dan *output* dituliskan ( $\leq$ ) kurang dari dan ( $\geq$ ) lebih dari, sedangkan penulisan *range* pada *software* MATLAB tepat dan jelas tanpa adanya penambahan operasi ( $\leq$ ) kurang dari dan ( $\geq$ ) lebih dari.

**Tabel 4. 3** Pengujian Logika Fuzzy pada Robot

No.	Sensor (cm)			Output (Duty Cycle)		Kondisi Robot Gerak Belok Robot	Pengujian Berhasil / Tidak
	De	Ska	Ski	Mka	Mki		
1	15	25	60	67%	46%	Kiri	Berhasil
2	25	25	35	66%	46%	Kiri	Berhasil
3	15	15	35	66%	41%	Kiri	Berhasil
4	10	25	10	41%	54%	Kanan	Berhasil
5	15	15	20	54%	43%	Kiri	Berhasil
6	10	20	25	47%	45%	Kiri	Berhasil
7	25	60	30	54%	67%	Kanan	Berhasil
8	25	35	35	63%	66%	Kanan	Tidak
9	15	45	25	45%	67%	Kanan	Berhasil
10	10	50	25	51%	68%	Kanan	Tidak

Pengujian yang telah dilakukan sebanyak 25 kali dengan 21 kali berhasil dan 4 kali tidak berhasil menghindari penghalang. Pengujian yang tidak berhasil disebabkan dari



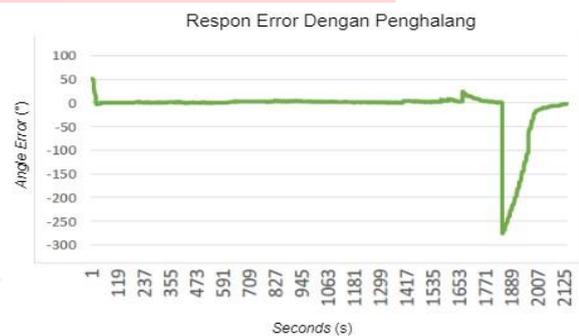
Gambar 4. 6 Grafik Respon Error Tanpa Penghalang

Setelah dilakukan pengujian pada sistem robot mobil untuk mendapatkan perbandingan respon *error* tanpa penghalang pada lintasan dengan diberikan penghalang pada lintasan maka akan didapatkan respon *error*. Pada gambar 4.6 didapatkan respon *error* robot mobil tanpa penghalang dimana respon yang dihasilkan sistem cukup stabil dan baik hanya saja terdapat *error* pada saat mulai berjalan dikarenakan beberapa faktor diantaranya pemilihan sensor sedangkan pada gambar 4.7 didapatkan respon error robot mobil dengan penghalang dimana respon yang dihasilkan sistem ketika terdapat penghalang pada lintasan terjadi lonjakan *error* dikarenakan robot mobil keluar dari lintasan untuk menghindari penghalang dan robot mobil setelah menghindari penghalang akan kembali ke lintasan untuk terus berjalan hingga sampai ke *home base* yang telah ditentukan.

pembacaan sensor yang tidak sesuai dengan jarak ukur sebenarnya. Ada beberapa faktor yaitu terdapat *noise* pada pembacaan sensor serta penempatan *obstacle* juga dapat mempengaruhi pembacaan sensor ultrasonik. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan tingkat keberhasilan robot mobil dengan logika fuzzy dalam menghindari penghalang yaitu sebesar 84%.

#### 4.8 Pengujian Sistem Robot Mobil

Pengujian sistem robot mobil dilakukan untuk mengetahui perbandingan respon *error* robot mobil ketika tanpa penghalang dan dengan diberikan penghalang. Pengujian ini dilakukan di lapangan tenis telkom university dengan diberikan 5 waypoint:



Gambar 4. 7 Grafik Respon Error Dengan Penghalang

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Desain robot mobil yang berhasil dirancang dengan akurasi pembacaan pada ketiga sensor ultrasonik yaitu dengan masing-masing 97,16%;97,53%; dan 96,68%.
2. Pada perancangan kali ini berhasil diimplementasikan metode logika fuzzy yang *outputnya* untuk mendeklarasikan nilai pwm ke motor dc kanan dan motor dc kiri yang dapat menggerakkan robot mobil tersebut dalam menghindari penghalang
3. Perancangan robot mobil dengan logika fuzzy berhasil diimplementasikan dan dapat berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan robot mobil tersebut dalam menghindari penghalang yaitu sebesar 84%.

### 5.2 Saran

4. Disarankan mengembangkan fitur menghindari penghalang diam menjadi menghindaripenghalang yang bergerak.
5. Disarankan menggunakan motor DC dengan spesifikasi torsi yang lebih besar yang dapatdigunakan di area rerumputan dan menanjak.
6. Mengembangkan robot mobil dengan skala yang lebih besar.

## REFERENSI

- [1] Zulkifli, B. W. Sanjaya, and H. Priyatman, "Implementasi Logika Fuzzy pada robot beroda penghingar halangan berbasis Arduino Uno R3," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [2] M. Nithya, N. Pooranam, R. Deepalakshmi, M. Aruna Rani, and S. Anandha Swarna, "Sensor Based Accident Prevention System," *J. Comput. Theor. Nanosci.*, vol. 17, no. 4, pp. 1720–1724, 2020, doi: 10.1166/jctn.2020.8431.
- [3] D. K. Wijaya, D. Perdana, and Y. G. Bisono, "Implementasi dan Analisis Purwarupa Sistem Collision Avoidance pada Mobil Pintar Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 15, no. 2, p. 65, 2017, doi: 10.17933/bpostel.2017.150201.
- [4] L. P. Ayuningtias, M. Irfan, and J. Jumadi, "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung)," *J. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, 2017, doi: 10.15408/jti.v10i1.5610.
- [5] S. Abidah, "Analisis komparasi metode tsukamoto dan sugeno dalam prediksi jumlah siswa baru," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 8, no. 2, pp. 57–63, 2013.