

# RANCANG BANGUN OBSTACLE AVOIDING ROBOT MENGUNAKAN METODE FUZZY

Nuril Esti Khomariah<sup>1</sup>, Mahesa Muhammad Akbar<sup>2</sup>

<sup>123</sup> Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl Semolowaru no. 45 Surabaya 60118

<sup>1</sup>nuril@untag-sby.ac.id, <sup>2</sup>mahesaakbar6@gmail.com,

## **Abstract**

*The field of robotics has experienced rapid technological advancements, as evidenced by the numerous researches and developments in various industries. Robots have become increasingly integrated into everyday life and industrial applications. One such example is the obstacle avoidance robot, which utilizes artificial intelligence with fuzzy logic programming. In this obstacle avoidance robot, fuzzy logic is employed to control the robot's speed based on the distance to the obstacle and the angle information gathered from the sensor. The fuzzy logic system generates rules that consider both the distance to the obstacle and the servo's angle when scanning the surrounding area. These rules are crucial in determining the appropriate speed and direction for the robot to avoid obstacles effectively. The obstacle avoidance robot discussed here utilizes the Arduino Uno R3 microcontroller as its central processing unit to control the robot's actions. Additionally, the program is written in the C programming language, which allows for efficient and precise execution of the robot's tasks. Through the implementation of fuzzy logic, this study aims to design a robust obstacle avoidance system that can be applied to wheeled robots. By considering distance and angle information, the fuzzy logic system enables the robot to navigate its environment while avoiding obstacles successfully. The outcome of this research provides a foundation for the development and application of fuzzy logic-based obstacle avoidance systems in the field of robotics.*

**Keywords:** Fuzzy, Robot Car, technology, obstacle avoidance robot

## **Abstrak**

*Perkembangan teknologi dalam bidang robotika telah mengalami kemajuan yang pesat, seperti yang dapat dilihat dari banyaknya penelitian dan pengembangan robot di berbagai bidang. Robot juga telah diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Salah satu contohnya adalah robot penghindar rintangan yang menggunakan kecerdasan buatan dengan logika fuzzy. Pada robot penghindar rintangan ini, logika fuzzy digunakan untuk mengontrol kecepatan robot berdasarkan jarak ke rintangan dan sudut yang terdeteksi oleh sensor. Sistem logika fuzzy menghasilkan aturan-aturan berdasarkan jarak ke rintangan dan sudut servo saat memindai area sekitar robot. Aturan-aturan ini menjadi dasar dalam menentukan kecepatan dan arah yang tepat agar robot dapat menghindari rintangan dengan efektif. Robot penghindar rintangan ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai otak untuk mengendalikan pergerakan robot. Program yang digunakan ditulis dalam bahasa pemrograman C, yang memungkinkan eksekusi program yang efisien dan akurat. Melalui penerapan logika fuzzy ini, penelitian ini bertujuan*

*untuk merancang sistem penghindaran rintangan yang handal yang dapat diterapkan pada robot penghindar rintangan beroda. Dengan mempertimbangkan informasi jarak dan sudut, sistem logika fuzzy memungkinkan robot untuk bergerak dan menghindari rintangan dengan sukses. Hasil dari penelitian ini memberikan dasar untuk pengembangan dan penerapan sistem penghindaran rintangan berbasis logika fuzzy dalam bidang robotika..*

**Kata kunci:** Fuzzy, Robot Car, teknologi, robot penghindar halangan

## 1. PENDAHULUAN

Robot mobile memiliki berbagai aplikasi yang luas dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satu sistem penting dalam robot mobile adalah navigasi, yang melibatkan berbagai aktivitas seperti pergerakan dan penghindaran halangan (obstacle avoidance). Navigasi robot mencakup berbagai elemen yang saling terkait, termasuk aktuasi (penggerak), persepsi (pemahaman lingkungan), dan eksplorasi. Penentuan navigasi yang baik sangat penting agar robot dapat melakukan eksplorasi tanpa bertabrakan dengan penghalang atau robot lainnya. Terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam pengembangan robot dengan pendekatan penghindaran hambatan. Pertama, diperlukan metode penghindaran halangan yang tepat untuk menghindari tabrakan. Metode ini harus mampu mengenali dan menghindari hambatan dengan akurat dan efisien. Kedua, perlu dikembangkan kendali yang lebih baik agar robot dapat menghindari hambatan dengan gerakan yang lebih halus dan lancar. [1]. Kecerdasan buatan merupakan sekelompok teknologi yang memberi komputer kemampuan untuk melakukan berbagai tugas kompleks, seperti melihat, mendengar, memahami, dan menerjemahkan bahasa lisan dan tulisan, menganalisis data, memberikan saran, dan banyak lagi. Inovasi komputer modern dibangun di atas AI, yang membantu mengotomatiskan proses dan memberikan wawasan ke dalam kumpulan data besar untuk menghasilkan nilai bagi konsumen dan perusahaan. Robot yang dapat menavigasi gudang sendiri, sistem keamanan siber yang terus menilai dan meningkatkan diri, dan asisten virtual yang dapat memahami apa yang dikatakan pengguna dan mengambil tindakan yang tepat hanyalah sebagian kecil dari banyak kasus penggunaan AI yang muncul. Konsep kecerdasan adalah sesuatu yang artifisial atau bukan yang benar-benar baru bagi manusia. Konsep ini telah menginspirasi banyak film fiksi ilmiah, bahkan kehadiran film "Metropolis" karya Fritz Lang pada masa Weimar tahun 1927 dianggap sebagai film pertama genre kecerdasan buatan.[2].

Selain itu perkembangan kecerdasan buatan juga mengakibatkan terciptanya beberapa bidang salah satunya bidang robotika, teknologi robot sendiri juga mengalami kemajuan yang cukup pesat dimana teknologi ini dapat membantu menyelesaikan tugas tugas yang bersifat monoton selain itu juga dapat membantu manusia dalam mengerjakan pekerjaan yang memiliki resiko yang sangat tinggi. Robot penghindar adalah jenis robot yang dirancang dengan kemampuan untuk menghindari halangan, seperti dinding. Robot penghindar ini umumnya dilengkapi dengan minimal tiga sensor yang digunakan untuk mendeteksi halangan, yaitu sensor depan, kanan, dan kiri. Dalam konteks ini, sensor yang digunakan biasanya adalah sensor ultrasonik. Penggunaan beberapa sensor pada robot penghindar penting untuk mendapatkan hasil deteksi halangan yang lebih baik. Hal ini

dikarenakan sensor ultrasonik memiliki keterbatasan sudut pemancaran (biasanya sekitar 15 derajat). Sudut pantulan yang terlalu besar dapat mengakibatkan hasil pembacaan sensor yang kurang akurat. Dengan menggunakan beberapa sensor yang ditempatkan pada berbagai sisi robot, robot penghindar dapat memperluas cakupan deteksi dan mendapatkan informasi yang lebih komprehensif tentang lingkungan sekitarnya. Sensor depan digunakan untuk mendeteksi halangan di depan robot, sementara sensor kanan dan kiri digunakan untuk mendeteksi halangan di sisi kanan dan kiri robot. Dengan demikian, robot dapat merespons secara cepat dan menghindari halangan dengan mengubah arah atau menghentikan pergerakannya. Penerapan sensor ultrasonik pada robot penghindar memungkinkan pengukuran jarak dengan menggunakan gelombang ultrasonik yang dipantulkan oleh objek di sekitar robot. Informasi jarak ini kemudian digunakan oleh robot untuk mengambil keputusan tentang langkah-langkah yang harus diambil untuk menghindari halangan. Dengan adanya robot penghindar yang dilengkapi dengan sensor-sensor ini, diharapkan robot dapat beroperasi dengan lebih aman dan efisien dalam menghindari halangan dan mengoptimalkan navigasinya di sekitar lingkungan yang kompleks[3]. Salah satu robot yang menarik penelitian untuk dikembangkan lebih lanjut yaitu mobile robot, Robot mobile memiliki banyak aplikasi dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satu sistem yang penting dalam robot mobile adalah navigasi, yang melibatkan aktivitas pergerakan seperti menghindari halangan (obstacle avoidance). Navigasi robot melibatkan berbagai aktivitas yang saling terkait, termasuk aktuasi (penggerak), persepsi (pemahaman lingkungan), dan eksplorasi.

Penentuan navigasi yang baik memungkinkan robot untuk melakukan eksplorasi tanpa bertabrakan dengan penghalang atau robot lain. Ada beberapa tantangan yang dihadapi dalam pengembangan robot dengan pendekatan penghindaran hambatan. Pertama, diperlukan metode penghindaran halangan yang tepat untuk menghindari tabrakan. Metode ini harus mampu mengenali dan menghindari hambatan dengan akurasi yang tinggi. Kedua, perlu menghasilkan kendali yang lebih baik agar robot dapat menghindari halangan dengan gerakan yang lebih halus dan lancar.

Pengembangan sistem navigasi yang efektif dan penghindaran hambatan yang akurat menjadi fokus penting dalam pengembangan robot mobile. Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, diharapkan robot mobile dapat melakukan navigasi yang aman dan efisien di berbagai lingkungan dan tugas[1].

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan perancangan rangkaian obstacle avoiding robot yang pertama yaitu menguji semua sensor dan komponen yang akan digunakan mulai dari sensor ultrasonik hingga DC motor jika pengujian berjalan lancar selanjutnya yaitu mulai merakit semua komponen agar berbentuk seperti mobil robot, perakitan ini membutuhkan alat bantu seperti lem, obeng kecil dan sebuah laptop untuk melakukan pemrograman pada Arduino menggunakan metode logika fuzzy dimana dalam proses perancangannya termasuk perancangan hardware dan software. Pemrograman C yang berjalan pada Arduino IDE digunakan sebagai bahasa pemrograman dalam memprogram robot tersebut.

### **2.1. Alat dan Bahan Penelitian**

Dalam perancangan obstacle avoiding robot dengan menggunakan sensor ultrasonik maka diperlukan sebuah perangkat lunak dan perangkat keras. Dibawah ini merupakan beberapa alat dan bahan yang diperlukan dalam perancangan robot lengan.

**Tabel 1. Alat dan Bahan**

Alat	Jumlah
Arduino Uno R3	1
Sensor Ultrasonik HC-SR04	2
Shield L298P	1
Motor Servo SG90	1
Motor DC gearbox	2
Kabel Jumper	Secukupnya
Laptop	1
Arduino IDE	1
Baterai	1
Baterai Holder	1
Step Down LM2596	1

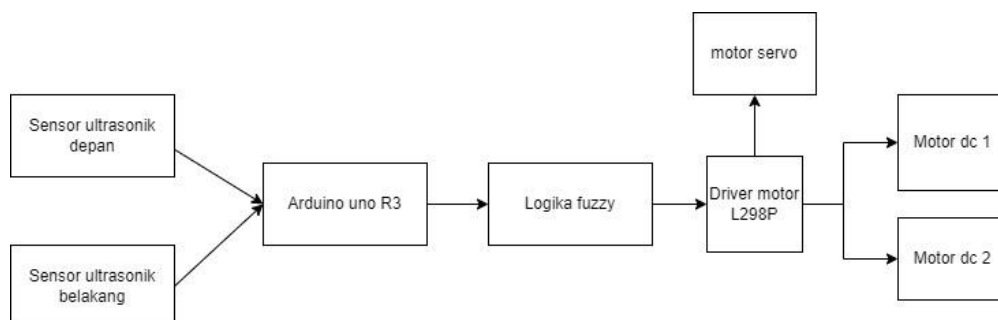
## 2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan perancangan rangkaian obstacle avoiding robot yang pertama yaitu menguji semua sensor dan komponen yang akan digunakan mulai dari sensor ultrasonik hingga DC motor jika pengujian berjalan lancar selanjutnya yaitu mulai merakit semua komponen agar berbentuk seperti mobil robot, perakitan ini membutuhkan alat bantu seperti lem, obeng kecil dan sebuah laptop untuk melakukan pemrograman pada Arduino menggunakan metode logika fuzzy dimana dalam proses perancangannya termasuk perancangan hardware dan software. Untuk bahasa pemrograman yang akan digunakan adalah bahasa pemrograman C yang akan dijalankan menggunakan Arduino IDE.

Berikut ini merupakan rancangan yang akan digunakan dalam pembuatan robot, antara lain:

- a. Block diagram

Berikut ini merupakan rancangan dari block diagram yang akan diterapkan pada proses pembuatan robot.



**Gambar 1. Block Diagram**

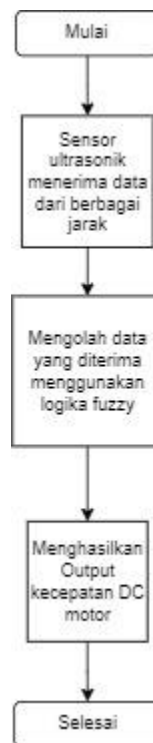
Dalam block diagram terdapat beberapa hardware yang akan digunakan dalam perancangan dari robot halang rintang dengan fungsi yang berbeda,

- a. Arduino Uno R3 berfungsi mengendalikan semua sistem ,

- b. Dalam perancangan ini sensor jarak digunakan sebagai mendeteksi jarak yang nantinya menghasilkan data lalu dikirim dan diolah pada mikrokontroller..
- c. Servo berperan sebagai penggerak dari sensor ultrasonik robot yang nantinya akan menggerakkan sensor ultrasonik dalam mendeteksi jarak dari sebuah objek di area sekitar robot yang dikendalikan oleh mikrokontroller.
- d. Motor DC merupakan hasil dari output data yang telah diolah oleh mikrokontroller yang menghasilkan kecepatan dari roda tersebut.

#### b. Flow Chart

Flowchart menunjukkan gambaran alur program dari satu proses awal hingga proses akhir sehingga, alur program menjadi mudah dimengerti. Berikut adalah rancangan dari flowchart yang akan digunakan pada pembuatan program robot ini.

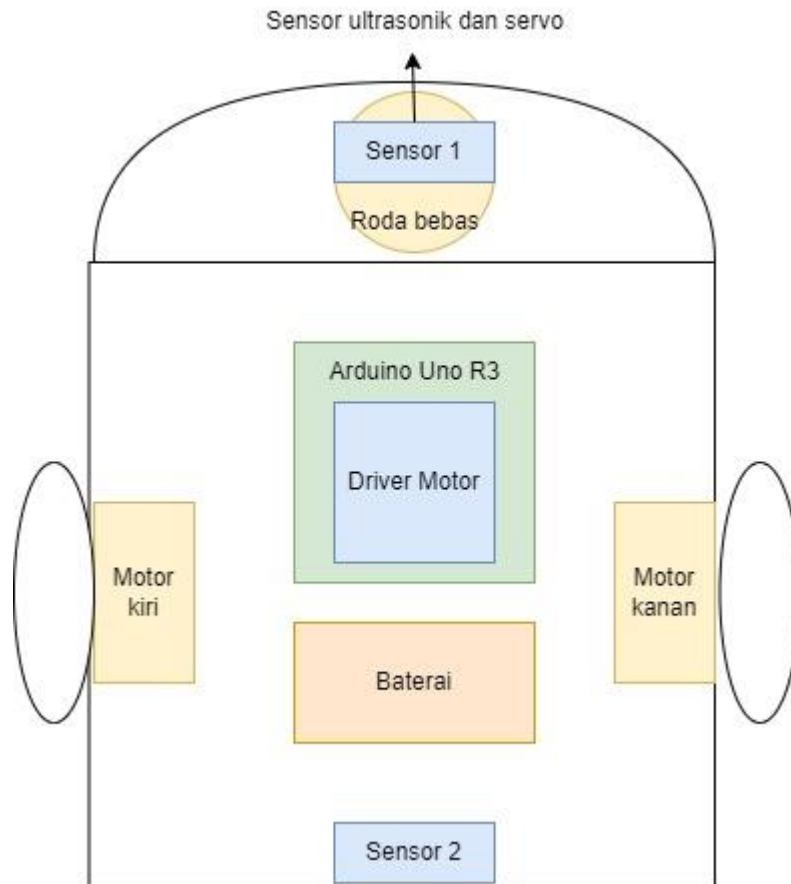


**Gambar 2. Flowchart**

Penggunaan flowchart berperan sebagai alur pada sebuah program. Program ini menerima data dari sensor ultrasonik yang dibantu oleh servo dalam mendeteksi area sekitar dengan cara servo bergerak dari kanan lalu ke kiri setelah menerima data dari mikrokontroller output yang dihasilkan adalah keputusan arah yang berdasarkan jarak objek terjauh dan menghasilkan kecepatan DC Motor yang disesuaikan dengan jarak objek. Program ini dibuat dengan menggunakan bahasa C dengan software Arduino IDE

### 2.3. Perancangan Desain Alat

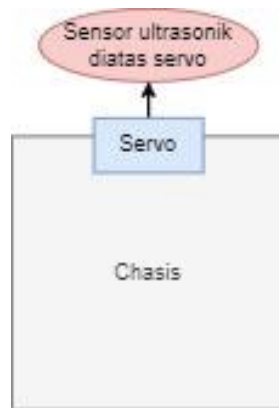
Pada pembuatan robot diperlukan perancangan desain alat untuk memudahkan dalam proses pembuatan robot. Berikut ini merupakan beberapa rancangan desain dari robot.



**Gambar 3. Desain Alat**

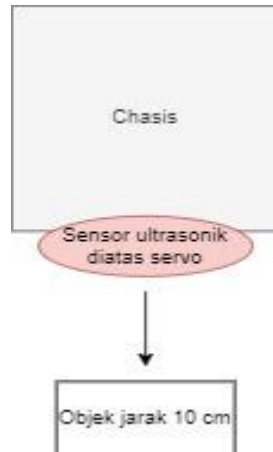
Pada gambar diatas terdapat beberapa komponen yang mendukung dalam pembuatan robot yakni 2 buah sensor ultrasonik, servo dan drivershield motor tepat diatas microcontroller , pada bagian bawah terdapat 2 DC Motor dan roda bebas yang digunakan untuk menggerakkan robot serta terdapat batrai lengkap dengan baterai holder sebagai daya utama listrik robot.

Selanjutnya penerapan sensor depan ultrasonik dijelaskan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4. Desain Alat Sensor Depan**

Gambar diatas merupakan sensor depan ultrasonik serta sebuah servo yang digunakan untuk mendeteksi objek yang ada didepan dari 3 arah sekaligus, gambar berwarna merah merupakan sensor ultrasonik. Sensor ini dapat mendeteksi objek pada arah depan, kiri dan kanan yang memiliki jarak maksimal 20cm terhadap objek. Penerapan sensor belakang akan dijelaskan pada gambar dibawah ini.

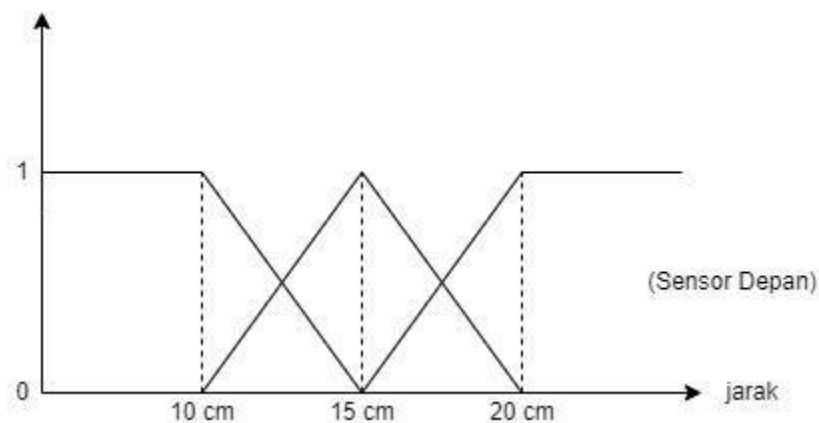


**Gambar 5. Desain Alat Sensor Belakang**

Penerapan pada sensor belakang ultrasonik bisa dilihat seperti gambar diatas, yakni dipasang pada atas chasis robot. Sensor belakang ini tidak menggunakan servo karena hanya bertugas untuk menghindari objek ketika robot sedang mundur untuk mengambil jarak agar sensor depan dapat mendeteksi lebih luas.

## 2.4. Fuzzyfikasi

Untuk menghitung nilai derajat keanggotaan, himpunan fuzzy diambil dari sensor ultrasonik dengan dibantu servo digunakan sebagai input. Sensor warna yang ada di bagian ini memiliki dua variable warna, masing-masing dengan tiga fungsi himpunan: mentah, sedang, dan matang. Kurva fungsi keanggotaan berikut adalah.



**Gambar 6. Input Keanggotaan Sensor.**

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{\text{dekat}} = \begin{cases} 1 & x \leq 10 \\ \frac{15-x}{15-10} & 10 < x \leq 15 \\ 0 & x \geq 15 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sedang}} = \begin{cases} 0 & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{15-10} & 10 < x < 15 \\ 1 & 15 \leq x \leq 17 \\ \frac{17-x}{17-15} & 17 < x \leq 20 \\ 0 & x \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{jauh}} = \begin{cases} 0 & x \leq 17 \\ \frac{x-15}{17-15} & 17 < x \leq 20 \\ 1 & x \geq 20 \end{cases}$$

Selanjutnya sebagai rancangan inputan Fuzzy dapat dilihat pada table 1[4].

Himpunan	Variabel Input	Variabel Anggota	Domain
Input	ultrasonik	Dekat Sedang	0-10 10-15



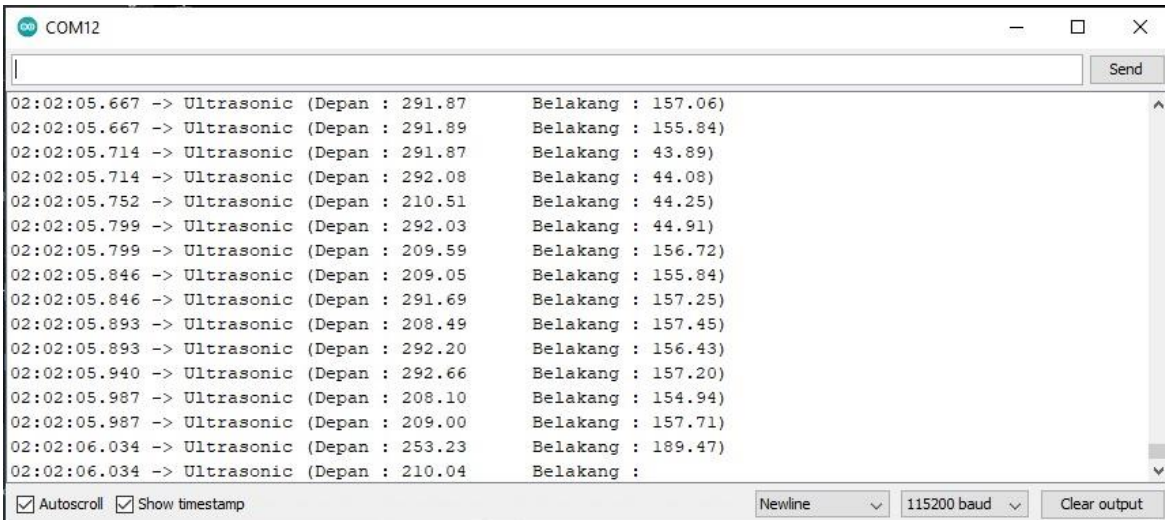
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil tahapan yang telah dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahapan Pengumpulan data dari sensor ultrasonik
2. Tahapan dari pengujian fuzzy logic.

#### 3.1. Pengujian Sensor Ultrasonik

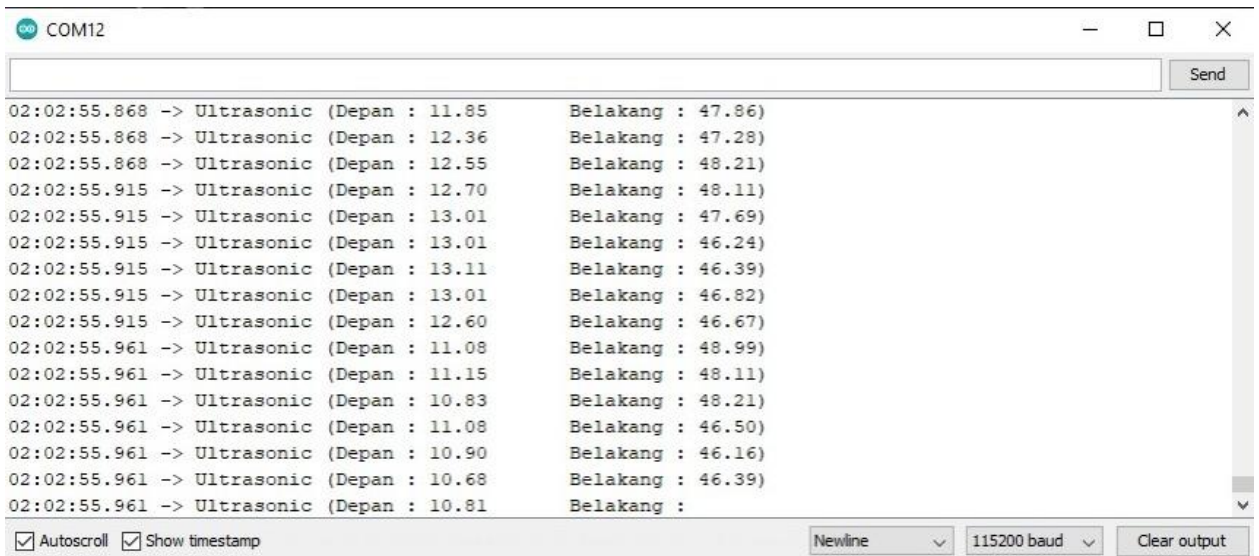
Untuk memastikan kinerja yang tepat dari sensor, penting untuk melakukan pengujian yang dapat mengukur keakuratan sensor yang akan digunakan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor bekerja dengan benar dan memberikan hasil yang akurat. Berikut ini adalah beberapa contoh pengujian sensor ultrasonik dengan berbagai kondisi yang berbeda.



```
COM12
02:02:05.667 -> Ultrasonic (Depan : 291.87      Belakang : 157.06)
02:02:05.667 -> Ultrasonic (Depan : 291.89      Belakang : 155.84)
02:02:05.714 -> Ultrasonic (Depan : 291.87      Belakang : 43.89)
02:02:05.714 -> Ultrasonic (Depan : 292.08      Belakang : 44.08)
02:02:05.752 -> Ultrasonic (Depan : 210.51      Belakang : 44.25)
02:02:05.799 -> Ultrasonic (Depan : 292.03      Belakang : 44.91)
02:02:05.799 -> Ultrasonic (Depan : 209.59      Belakang : 156.72)
02:02:05.846 -> Ultrasonic (Depan : 209.05      Belakang : 155.84)
02:02:05.846 -> Ultrasonic (Depan : 291.69      Belakang : 157.25)
02:02:05.893 -> Ultrasonic (Depan : 208.49      Belakang : 157.45)
02:02:05.893 -> Ultrasonic (Depan : 292.20      Belakang : 156.43)
02:02:05.940 -> Ultrasonic (Depan : 292.66      Belakang : 157.20)
02:02:05.987 -> Ultrasonic (Depan : 208.10      Belakang : 154.94)
02:02:05.987 -> Ultrasonic (Depan : 209.00      Belakang : 157.71)
02:02:06.034 -> Ultrasonic (Depan : 253.23      Belakang : 189.47)
02:02:06.034 -> Ultrasonic (Depan : 210.04      Belakang :
```

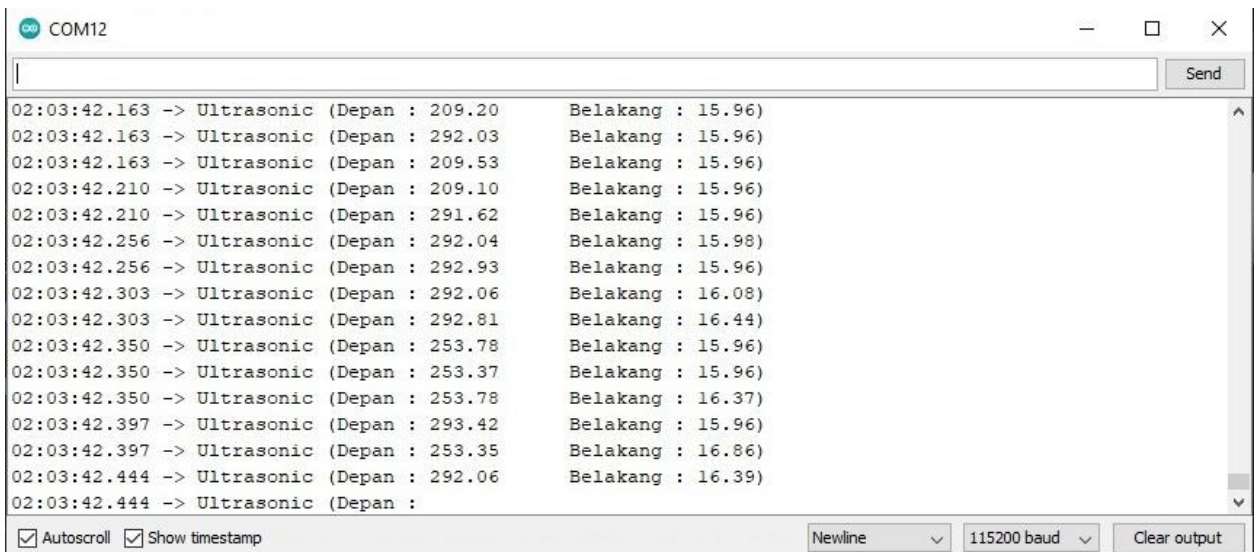
Gambar 7. Pengujian Sensor Ultrasonik 1.

Pengujian di atas menunjukkan bahwa semua sensor ultrasonic bekerja dengan baik; kedua sensor depan dan belakang masih dapat dibaca dengan baik, seperti yang ditunjukkan oleh program di atas.



**Gambar 8. Pengujian Sensor Ultrasonik 2.**

Ketika diuji untuk melewati objek didepannya, sensor ultrasonik di depan berhasil, seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas.



**Gambar 9. Pengujian Sensor Ultrasonik 3.**

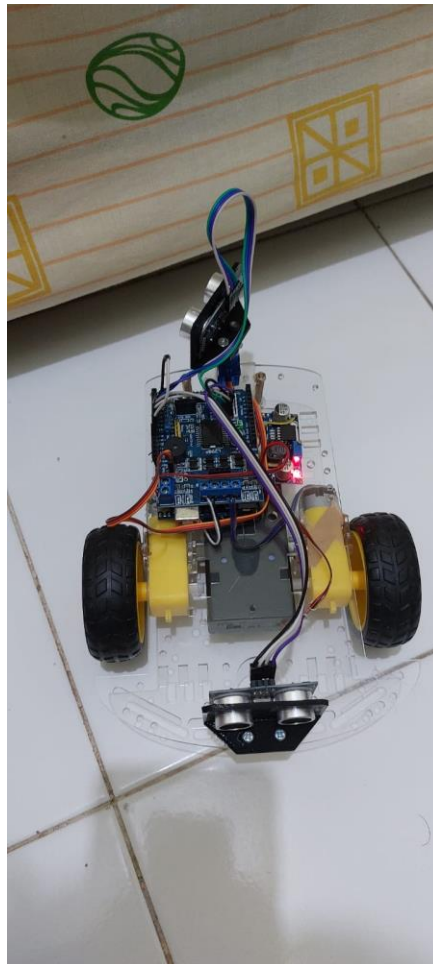
Gambar diatas menunjukkan sensor ultrasonik belakang juga berjalan dengan baik terbukti dengan sensor tersebut mampu merespon objek yang ada tepat didepannya dengan akurat.

### 3.2. Pengujian Robot

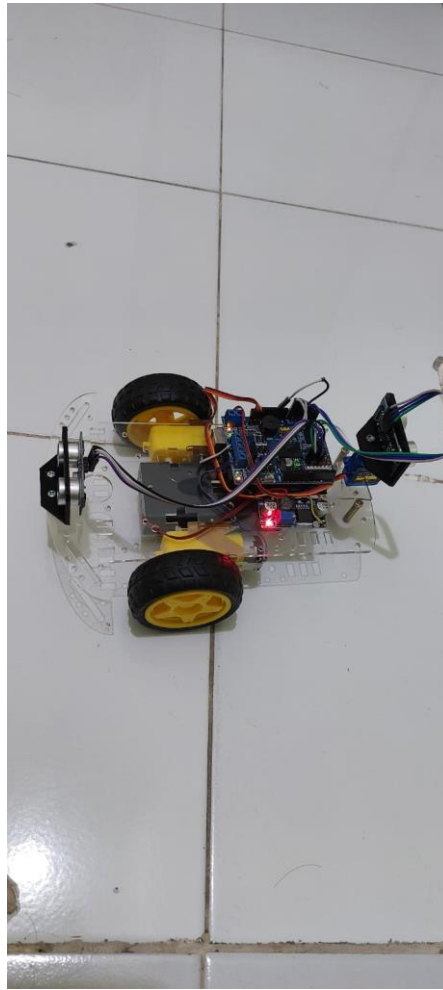
Pengujian robot penghindar rintangan melibatkan sejumlah langkah dan deteksi sensor ultrasonik untuk mengevaluasi kemampuan dan kinerja robot. Pengujian ini berguna untuk memastikan bahwa robot mampu melakukan tugasnya dengan baik yaitu menghindari objek di sekitarnya dan meminimalkan kesalahan dalam kinerjanya. Dalam

pengujian ini, terdapat tiga lokasi tujuan yang memiliki kriteria jarak yang berbeda, yaitu dekat, sedang, dan jauh. Melalui pengujian ini, akan dievaluasi kemampuan robot dalam menghindari objek dengan sukses dan secara efektif berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik. Hasil dari pengujian ini akan memberikan pemahaman tentang kemampuan robot dan memungkinkan untuk melakukan perbaikan atau penyesuaian jika diperlukan. Pengujian robot penghindar rintangan ini merupakan langkah penting dalam memastikan kinerja dan kehandalan robot dalam situasi nyata

**Gambar 10. Testing Robot Jarak Dekat.**

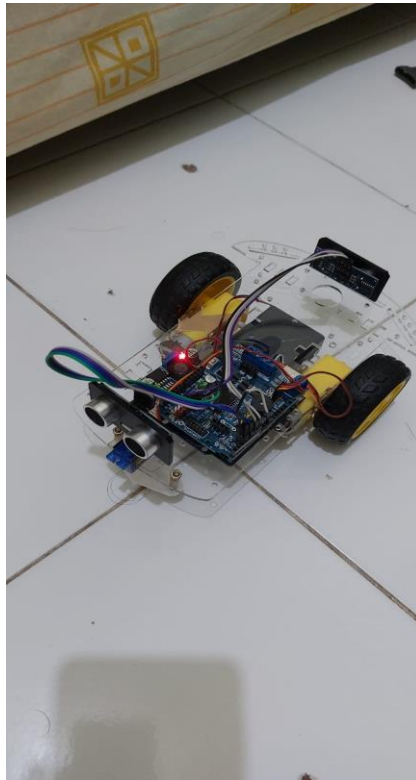


Gambar 10 merupakan proses dari pengujian robot dengan jarak yang dekat, sensor ultrasonik akan mendeteksi objek, jika objek terdeteksi oleh sensor ultrasonik maka robot akan menurunkan kecepatan. Selanjutnya sensor ultrasonik akan mendeteksi jarak kiri, kanan dan depan . Logika fuzzy akan bekerja setelah sensor ultrasonic mendapatkan data, data akan diproses dengan menggunakan logika fuzzy untuk menentukan lokasi tujuan.



**Gambar 11. Testing Robot Jarak Sedang.**

Gambar 11 merupakan testing dari jarak sedang. Sensor ultrasonic akan melakukan deteksi terhadap objek. Jika objek berhasil terdeteksi oleh sensor ultrasonic, robot akan aktif dan melakukan tugas yang ditugaskan. Selanjutnya, sensor ultrasonic akan berfungsi untuk jarak area sekitar. Setelah mendapatkan data yang diperlukan, data tersebut akan diproses menggunakan logika fuzzy untuk menentukan tujuan yang tepat. Dalam pengujian ini, tujuan yang ditetapkan adalah robot bergerak arah kanan.



**Gambar 12. Testing Robot Jarak Jauh.**

Gambar 12 dilakukan pengujian terhadap robot dengan jarak terhadap objek yang jauh. Proses pengujian dimulai dengan robot perlahan mendeteksi dari jarak 20 cm yang kemudian perlahan mengurangi kecepatannya untuk mendeteksi keberadaan objek. Jika objek berhasil terdeteksi dengan jarak sampai dekat, robot akan berhenti. Robot akan mundur lalu sensor ultrasonic kemudian digunakan untuk mendeteksi area disekitarnya. Setelah sensor berhasil mengumpulkan data yang diperlukan, data tersebut akan diproses menggunakan metode logika fuzzy untuk menentukan tujuan yang sesuai. Dalam pengujian ini, selama jarak masih jauh robot hanya akan terus berjalan lurus dan perlahan mengurangi kecepatan jika objek semakin dekat.

## **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **4.1. Kesimpulan**

Berdasarkan implementasi sistem dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat dihasilkan:

1. Sistem logika fuzzy dapat berhasil diimplementasikan dalam pengambilan keputusan pada robot. Penggunaan aturan-aturan fuzzy dan pembacaan sensor memungkinkan sistem untuk merespons secara adaptif terhadap kondisi objek yang terdeteksi.
2. Pengujian manual memberikan wawasan tentang kinerja sistem dan memberikan kesempatan untuk mengidentifikasi kekurangan atau kesalahan dalam implementasi. Hal ini memungkinkan untuk melakukan perbaikan dan meningkatkan performa keseluruhan sistem.

### **4.2. Saran**

Beberapa saran yang sangat direkomendasikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian lebih lanjut dengan skenario dan kondisi yang lebih beragam. Dalam pengujian ini, dapat mempertimbangkan situasi yang melibatkan berbagai macam objek dan kondisi lingkungan yang berbeda. Hal ini akan membantu memvalidasi kinerja sistem dalam berbagai situasi yang mungkin terjadi.
2. Melakukan optimasi pada aturan fuzzy. Aturan fuzzy yang telah digunakan dalam pengujian dapat dianalisis lebih lanjut untuk melihat apakah ada ruang untuk penyempurnaan atau penyederhanaan. Hal ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan kejelasan aturan fuzzy yang digunakan.
3. Melakukan eksperimen dengan berbagai jenis sensor. Dalam pengujian ini, dapat mengeksplorasi penggunaan sensor-sensor yang berbeda untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Pemilihan sensor yang tepat dapat mempengaruhi kualitas pembacaan sensor dan keputusan yang diambil oleh sistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. J. Miraswan, "Analisis Kinerja Perilaku Mobile Robot Penghindar Halangan dengan Fungsi Keanggotaan Non Linear pada Kendali Logika Fuzzy Sugeno," no. x, pp. 25–29, 2022.
- [2] E. N. Sihombing and M. Y. Adi Syaputra, "Implementasi Penggunaan Kecerdasan Buatan dalam Pembentukan Peraturan Daerah," *J. Ilm. Kebijak. Huk.*, vol. 14, no. 3, 2020, doi: 10.30641/kebijakan.2020.v14.419-434.
- [3] W. A. Nurtiyanto, "ROBOT PENGHINDAR HALANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535," *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 1, no. 2, 2018, doi: 10.32493/epic.v1i2.1329.
- [4] A. Anantama, A. Wantoro, I. Ahmad, A. S. Puspaningrum, L. P. Deviana, and M. B. Maharani, "Implementasi Metode Fuzzy Pada Sistem Sirkulasi Udara Berbasis Internet of Things," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 56–66, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2346.
- [5] Amrizal, V., & Aini, Q. (2013). Naskah Kecerdasan Buatan. In *Kecerdasan Buatan*
- [6] Indrawan, S. K., Hadary, F., & Hartoyo, A. (2018). Rancang Bangun Robot Terbang Penghindar Halangan Dalam Ruangan Bersekat. *Elkha*, 10(2), 82. <https://doi.org/10.26418/elkha.v10i2.27870>
- [7] Singh, R., & Bera, T. K. (2019). Obstacle Avoidance of Mobile Robot using Fuzzy Logic and Hybrid Obstacle Avoidance Algorithm. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 517(1). <https://doi.org/10.1088/1757899X/517/1/012009>
- [8] Khairudin, M., Refalda, R., Yatmono, S., Pramono, H. S., Triatmaja, A. K., & Shah, A. (2020). The mobile robot control in obstacle avoidance using fuzzy logic controller. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(3). <https://doi.org/10.17509/ijost.v5i3.24889>
- [9] Abidin, Z., Joni, K., & Ibadillah, A. F. (2017). Rancang Bangun Robot Penghindar Halangan Berbasis Kamera Menggunakan Deteksi Kontur. *JURNAL INFOTEL*, 9(3). <https://doi.org/10.20895/infotel.v9i3.279>
- [10] Tseng, S. P., Chen, C. W., Kuan, T. W., Hsu, Y. T., & Wang, J. F. (2020). Fuzzy Obstacle Avoidance for the Mobile System of Service Robots. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8887547>