



Pengembangan Sistem Embedded pada Robot Penghindar Objek Berbasis Sensor HC-SR04

¹Amin Widodo, ²Ade Sumaedi
^{1,2}Universitas Pamulang

Alamat Surat

Email: aminwidodo80024@gmail.com¹, adesumaedi10093@unpam.ac.id²

Article History:

Diajukan: 6 Oktober 2024; Direvisi: 30 Oktober 2024; Accepted: 20 November 2024

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji perancangan dan implementasi sistem embedded pada robot penghindar obyek menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04. Sensor ini berperan penting mendalam mendeteksi obyek di sekitar robot, sehingga dapat menghindari benturan yang berpotensi merusaknya. Fokus utama penelitian adalah pengembangan algoritma dan sistem kendali yang responsif dan akurat dalam menghindari rintangan. Penelitian mencakup tahapan dari perancangan hingga implementasi pada robot fisik, dengan pengujian teliti untuk mengukur performa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma dan sistem yang diterapkan efektif dalam mendeteksi dan menghindari rintangan, dengan respons yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan. Penelitian ini menegaskan peran signifikan sensor HC-SR04 dalam meningkatkan kemampuan navigasi robot, serta memberikan panduan teknis bagi pengembangan dan wawasan tentang aplikasi teknologi serupa dibidang robotika.

Kata kunci: Embedded System, Penghindaran obyek, HC-SR04

ABSTRACT

This research examines the design and implementation of an embedded system in an obstacle avoidance robot using the HC-SR04 ultrasonic sensor. This sensor plays an important role in detecting objects around the robot so that it can avoid collisions that could potentially damage it. The main focus of this research is the development of responsive and accurate control algorithms for obstacle avoidance. This research covers the entire process, from design to implementation on a physical robot, with thorough testing to evaluate performance. Test results show that the implemented algorithms and systems effectively detect and avoid obstacles, showing good response in various environmental conditions. This study highlights the important role of the HC-SR04 sensor in improving robot navigation capabilities, provides technical guidance for developers, and offers insight into the application of similar technology in robotics.

Keywords: Embedded System, Obstacle Avoidance, HC-SR04

1. PENDAHULUAN

Robotika adalah bidang teknologi yang semakin mendapatkan perhatian dan mengalami perkembangan pesat dalam beberapa dekade terakhir. Robot, sebagai entitas buatan, telah menjadi salah satu inovasi paling menakjubkan dalam dunia teknologi modern. Robot memiliki potensi untuk mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita, mengoptimalkan produksi industri, dan bahkan mendukung pelayanan kesehatan. (Maulidda et al., 2022)

Salah satu aspek kunci dalam perkembangan robotika adalah kemampuan mereka untuk bergerak dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar mereka. Dalam konteks ini, penghindaran rintangan menjadi elemen penting untuk memastikan bahwa robot mampu beroperasi secara aman dan efisien. Penghindaran rintangan merujuk pada kemampuan robot untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menghindari objek atau rintangan fisik di sekitarnya dengan tujuan menjaga integritas fisiknya dan mencapai tujuan tugasnya. Dalam pengembangan robotika, kemampuan penghindaran rintangan memiliki peran sentral dalam memungkinkan robot berinteraksi dengan lingkungan yang kompleks dan dinamis. Dengan kemampuan ini, robot dapat menghindari benturan yang dapat merusak komponen dan mengganggu fungsi keseluruhan. (Kunci, 2024)

Salah satu cara untuk melengkapi robot dengan kemampuan penghindaran rintangan adalah dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ini telah menjadi populer dalam lingkup robotika karena kemampuannya dalam mendeteksi objek di sekitar robot dengan akurat dan responsif. HC-SR04 merupakan sebuah sensor ultrasonik yang dapat membaca jarak kurang lebih 2 cm hingga 4 meter. Sensor ini sangat mudah digunakan pada mikrokontroler karena menggunakan empat buah pin yang terdapat pada sensor tersebut, yaitu dua buah pin supply daya untuk sensor ultrasonik dan dua buah pin trigger dan echo sebagai input dan output data dari sensor ke arduino. (Jusman et al., 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sebuah embedded sistem pada robot penghindar objek dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04. (Amin & Syahputra Novelan, 2020). teknologi embedded system telah mengalami perkembangan pesat, memungkinkan aplikasi yang lebih canggih dan kompleks dalam berbagai bidang, seperti otomotif, kesehatan, industri, dan telekomunikasi. (Kunci, 2024)

Dalam penelitian ini, akan dianalisis bagaimana algoritma penghindaran rintangan dapat dioptimalkan untuk meningkatkan responsifitas dan akurasi robot dalam menghindari rintangan. Pengujian akan dilakukan dalam lingkungan simulasi komputer dan di dunia nyata menggunakan robot fisik yang dilengkapi dengan sensor HC-SR04. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor, metode kontrol bahkan memberikan kecerdasan buatan pada robot tersebut. (Jusman et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi pada perkembangan teknologi robotika, terutama dalam hal penghindaran rintangan yang lebih efisien. Dengan mengkaji perancangan dan implementasi sistem ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang potensi sensor ultrasonik HC-SR04 dalam meningkatkan kemampuan robot dalam menghindari benturan dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Dalam bagian selanjutnya, penelitian ini akan menguraikan tinjauan pustaka tentang konsep penghindaran rintangan dalam robotika, penggunaan sensor ultrasonik dalam teknologi robotika, serta studi-studi terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Tinjauan pustaka ini akan memberikan dasar teoritis yang kuat untuk perancangan dan implementasi sistem dalam penelitian ini

2. METODE

Dalam menjalankan penelitian ini, digunakanlah beragam metodologi yang saling melengkapi. Pertama-tama, studi literatur menjadi landasan utama yang memungkinkan pemahaman mendalam tentang konteks dan teori yang relevan dengan topik yang diteliti. Selanjutnya, pendekatan eksperimen diterapkan untuk mengumpulkan data empiris melalui serangkaian pengamatan terkontrol, memungkinkan pengujian hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya. Langkah terakhir, analisis data menjadi tahapan krusial yang dilakukan dengan seksama, di mana data yang terkumpul dari eksperimen disusun, dianalisis, dan diinterpretasikan untuk mengambil kesimpulan yang akurat dan obyektif.

Kombinasi ketiga metode tersebut memberikan landasan kokoh bagi penelitian ini, memungkinkan pemahaman yang mendalam dan temuan yang bermakna terkait dengan topik yang sedang diinvestigasi.

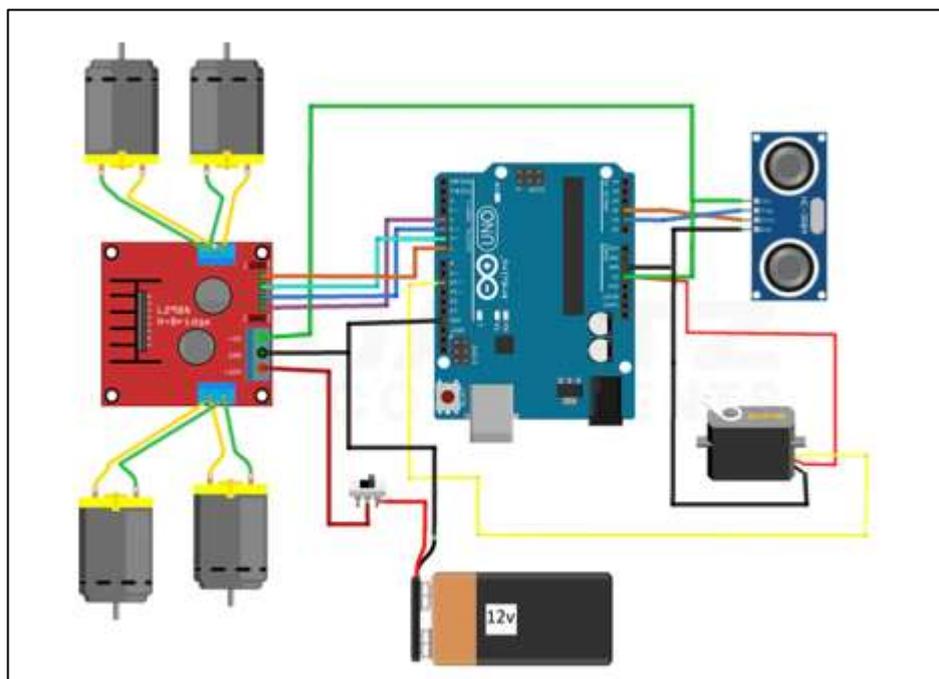


Gambar 1. Flowchart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tahap Perancangan

Perancangan prototipe robot penghindar objek menggunakan Fritzing Simulator dan Arduino IDE merupakan langkah dalam memastikan robot dapat berfungsi sesuai desain yang diinginkan. Langkah awal dalam perancangan ini diawali dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan data sekunder dan memahami teknologi yang relevan. Informasi tersebut digunakan untuk merancang konsep awal prototipe robot, termasuk memilih komponen seperti sensor, motor, dan mikrokontroler. (Iqbal, 2019). roda yang digerakkan oleh komponen motor DC yang ada pada mobile robot sebagai penggerak badan robot agar dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain(Maulidda et al., 2022). Setelah konsep awal terbentuk, Fritzing Simulator digunakan untuk membuat skema rangkaian elektronik. Fritzing adalah alat yang sangat berguna karena memungkinkan perancang untuk menata letak komponen secara visual dan memastikan bahwa semua sambungan listrik dibuat dengan benar sebelum komponen fisik dirakit. Skema ini mencakup penempatan sensor, motor dan mikrokontroler serta hubungan antar komponen. Setelah rangkaian diverifikasi di Fritzing, proses pemrograman dimulai menggunakan.(Kusumadewi, 2003)



Gambar 2. Rancangan Rangkaian

```

#include <NewPing.h>
NewPing sonar_1(10, 11); //TRIG-PIN10, ECHO-PIN11
NewPing sonar_2(12, 13); //TRIG-PIN12, ECHO-PIN13

int enA = 5;
int LA1 = 9;
int LA2 = 8;
int enB = 3;
int RA1 = 7;
int RA2 = 6;

long sensor_1;
long sensor_2;

void setup() {
  pinMode(enA, OUTPUT);
  pinMode(LA1, OUTPUT);
  pinMode(LA2, OUTPUT);
  pinMode(enB, OUTPUT);
  pinMode(RA1, OUTPUT);
  pinMode(RA2, OUTPUT);
  delay(1000);
}

void loop() {
  analogWrite(enA, 200); // setting speed 0-255
  digitalWrite(LA1, HIGH);
  digitalWrite(LA2, HIGH);
  }
    
```

Gambar 3. Coding Pada Fritzing

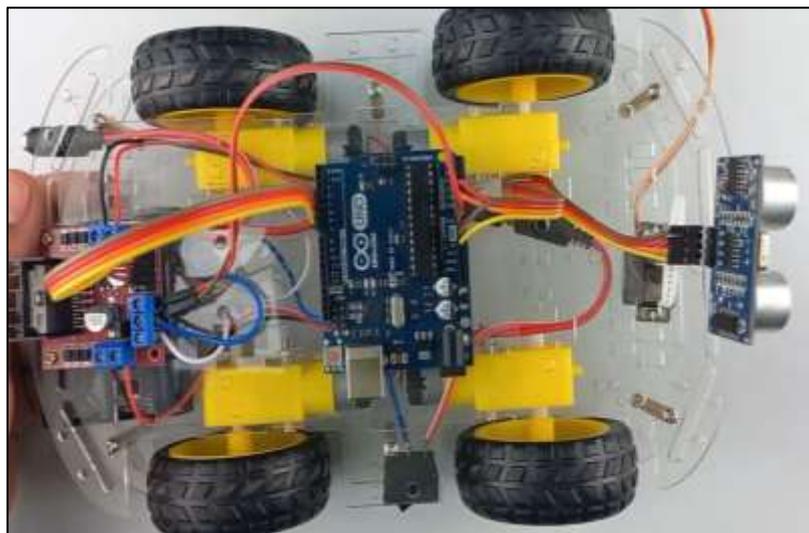
Algoritma ini memungkinkan robot mendeteksi dan menghindari rintangan disekitarnya. Dalam tahap perancangan sistem robot penghindar benturan, langkah awalnya adalah mengintegrasikan modul driver motor L298N yang bertanggung jawab untuk mengendalikan motor-motor penggerak robot. Modul driver motor L298N ini memiliki tiga terminal utama yang memainkan peran penting dalam mengarahkan daya dan kontrol ke motor. Pertama-tama, motor penggerak dihubungkan secara fisik ke terminal motor pada modul driver L298N. (Jusman et al., 2020) Terminal ini akan menghubungkan motor dengan rangkaian elektronik, memungkinkan pergerakan fisik robot sesuai dengan instruksi yang diberikan.

Di sisi lain, modul driver L298N memiliki tiga terminal lain yang berkaitan dengan pasokan daya dan kontrol. Terminal pertama adalah terminal berlabel "12Volt", yang dihubungkan

langsung ke sumber daya baterai dengan tegangan 12Volt. Ini memberikan pasokan daya yang diperlukan untuk menggerakkan motor-motor dengan cukup tenaga. Terminal kedua adalah "GND" (Ground), yang bertindak sebagai terminal negatif dan akan terhubung ke terminal negatif baterai. Selain itu, terminal GND ini juga dihubungkan ke pin GND pada papan Arduino. Ini adalah langkah penting dalam memastikan ada referensi tegangan yang sama antara semua komponen dalam sistem, memungkinkan komunikasi dan kerja yang tepat antara modul driver motor dan Arduino.

Terminal ketiga adalah "5v", yang dihubungkan ke pin "Vin" pada papan Arduino. Ini bertujuan untuk memberikan pasokan daya ke papan Arduino, memastikan bahwa Arduino memiliki sumber daya yang cukup untuk beroperasi dengan stabil dan mengendalikan modul driver motor serta komponen-komponen lainnya. Dengan merancang koneksi dan pengaturan ini dengan hati-hati, tahap perancangan akan memastikan bahwa modul driver motor L298N terintegrasi secara efisien dalam sistem robot penghindar benturan, memungkinkan robot untuk menghindari rintangan dengan sukses dan akurat.

3.2. Hasil Perakitan Komponen Fisik



Gambar 4. Hasil Perakitan Fisik

Keterangan:

- 1) **Pin Kontrol Motor:**
 - a. IN1 dan IN2 digunakan untuk mengendalikan arah motor 1.
 - b. IN3 dan IN4 digunakan untuk mengendalikan arah motor 2.
 - c. ENA adalah pin PWM yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor 1.
 - d. ENB adalah pin PWM yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor 2.
- 2) **Sumber Daya:**
 - a. VCC adalah sumber daya untuk motor driver.
 - b. GND adalah ground untuk motor driver dan sensor.
- 3) **Output Motor:**
 - a. OUT1 dan OUT2 adalah keluaran untuk motor 1 pada motor driver.
 - b. OUT3 dan OUT4 adalah keluaran untuk motor 2 pada motor driver.
- 4) **Sensor Ultrasonik:**
 - a. TRIG adalah pin untuk memicu sensor ultrasonik.
 - b. ECHO adalah pin untuk menerima sinyal dari sensor ultrasonik.

5) Diagram Koneksi

- a. Motor 1 (Kiri Depan) dan Motor 3 (Kiri Belakang) dihubungkan secara paralel ke OUT1 dan OUT2 pada motor driver L298N.
- b. Motor 2 (Kanan Depan) dan Motor 4 (Kanan Belakang) dihubungkan secara paralel ke OUT3 dan OUT4 pada motor driver L298N.
- c. Sensor Ultrasonik HC-SR04 dihubungkan ke pin 6 (TRIG) dan pin 7 (ECHO) pada Arduino.
- d. Motor driver L298N dihubungkan ke pin 2, 3, 4, 5, 9, dan 10 pada Arduino untuk kontrol arah dan kecepatan motor.

Pertama-tama, modul driver motor L298N akan dihubungkan dengan motor-motor penggerak robot. Kabel dari setiap motor akan dihubungkan ke terminal motor pada modul L298N sesuai dengan polaritas yang benar. Kemudian, koneksi baterai 12Volt akan terhubung ke terminal "12Volt" pada modul L298N untuk memberikan daya yang diperlukan untuk motor-motor tersebut. Selanjutnya, sensor ultrasonik akan dipasang pada struktur robot untuk mendeteksi jarak dari rintangan di sekitarnya. Sensor ini akan dihubungkan ke pin-pin yang telah ditentukan pada papan Arduino, memungkinkan sensor untuk mengirimkan data jarak ke mikrokontroler. Papan Arduino juga akan dihubungkan dengan modul driver motor dan sensor ultrasonik. Terminal GND dari modul L298N akan dihubungkan ke pin GND pada papan Arduino untuk menjaga konsistensi tegangan referensi. Terminal "5v" dari modul L298N akan terhubung ke pin "Vin" pada papan Arduino untuk memberi daya ke papan Arduino. Tahap perakitan akan menghasilkan robot penghindar objek yang terintegrasi secara fungsional. Ini akan memungkinkan robot untuk mendeteksi rintangan menggunakan sensor ultrasonik, memproses data melalui papan Arduino, dan mengambil tindakan yang sesuai melalui modul driver motor L298N untuk menghindari benturan dengan objek di sekitarnya. Pentingnya sistem kendali pada robot penghindar rintangan adalah robot harus dapat menghindari rintangan dengan benar (Amirul Ummah FAB, 2023).

3.3. Coding

Dalam tahap penerjemahan konsep ke dalam aksi, langkah selanjutnya adalah melakukan coding untuk mengaktifkan fungsionalitas robot penghindar benturan. Pertama, akan dibuat program menggunakan bahasa pemrograman Arduino di lingkungan Arduino IDE yang akan membaca data jarak dari sensor ultrasonik melalui pin yang telah dihubungkan pada papan Arduino.

```

1  #include <Servo.h>
2  #include <NewPing.h>
3
4  #define SERVO_PIN 1
5  #define ULTRASONIC_SENSOR_TRIG 12
6  #define ULTRASONIC_SENSOR_ECHO 11
7  #define MAX_REGULAR_MOTOR_SPEED 150
8  #define MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED 150
9  #define DISTANCE_TO_CHECK 30
10
11 //Right motor
12 int enableRightMotor=13;
13 int rightMotorPin1=9;
14 int rightMotorPin2=8;
15
16 //Left motor
17 int enableLeftMotor=5;
18 int leftMotorPin1=7;
19 int leftMotorPin2=6;
20
21 NewPing mySensor(ULTRASONIC_SENSOR_TRIG, ULTRASONIC_SENSOR_ECHO, 400);
22 Servo myServo;
23 void setup()
24 {
25   // put your setup code here, to run once:
26   pinMode(enableRightMotor,OUTPUT);
27   pinMode(rightMotorPin1,OUTPUT);
28   pinMode(rightMotorPin2,OUTPUT);

```

Gambar 5. Program Algoritma

Data ini kemudian akan diproses dengan algoritma yang telah dirancang, yang akan menginstruksikan modul driver motor L298N untuk mengatur arah dan kecepatan motor-motor penggerak dengan tujuan menghindari rintangan. Melalui penggunaan fungsi-fungsi kontrol motor dan kondisi logika, program akan memungkinkan robot untuk merespons secara dinamis terhadap perubahan dalam lingkungannya, memastikan pergerakan yang lancar dan menghindari benturan dengan efisien.

```

29
30   pinMode(enableLeftMotor,OUTPUT);
31   pinMode(leftMotorPin1,OUTPUT);
32   pinMode(leftMotorPin2,OUTPUT);
33
34   myServo.attach(SERVO_PIN);
35   myServo.write(90);
36   rotateMotor(0,0);
37 }
38
39 void loop()
40 {
41
42   int distance = mySensor.ping_cm();
43
44   //If distance is within 30 cm then adjust motor direction as below
45   if (distance > 0 && distance < DISTANCE_TO_CHECK)
46   {
47     //Stop motors
48     rotateMotor(0, 0);
49     delay(500);
50
51     //Reverse motors
52     rotateMotor(-MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED, -MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED);
53     delay(200);
54
55     //Stop motors
56     rotateMotor(0, 0);

```

Gambar 6. Program Algoritma

```

56   rotateMotor(0, 0);
57   delay(500);
58
59   //Rotate servo to left
60   myServo.write(180);
61   delay(500);
62
63   //Read left side distance using ultrasonic sensor
64   int distanceLeft = mySensor.ping_cm();
65
66   //Rotate servo to right
67   myServo.write(0);
68   delay(500);
69
70   //Read right side distance using ultrasonic sensor
71   int distanceRight = mySensor.ping_cm();
72
73   //Bring servo to center
74   myServo.write(90);
75   delay(500);
76
77   if (distanceLeft == 0 )
78   {
79     rotateMotor(MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED, -MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED);
80     delay(200);
81   }
82   else if (distanceRight == 0 )
83   {

```

Gambar 7. Program Algoritma

```

84     rotateMotor(-MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED, MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED);
85     delay(200);
86   }
87   else if (distanceLeft >= distanceRight)
88   {
89     rotateMotor(MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED, -MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED);
90     delay(200);
91   }
92   else
93   {
94     rotateMotor(-MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED, MAX_MOTOR_ADJUST_SPEED);
95     delay(200);
96   }
97   rotateMotor(0, 0);
98   delay(200);
99   }
100  else
101  {
102    rotateMotor(MAX_REGULAR_MOTOR_SPEED, MAX_REGULAR_MOTOR_SPEED);
103  }
104  }
105  }
106
107  void rotateMotor(int rightMotorSpeed, int leftMotorSpeed)
108  {
109    if (rightMotorSpeed < 0)
110    {

```

Gambar 8. Program Algoritma

```

111    digitalWrite(rightMotorPin1, LOW);
112    digitalWrite(rightMotorPin2, HIGH);
113  }
114  else if (rightMotorSpeed >= 0)
115  {
116    digitalWrite(rightMotorPin1, HIGH);
117    digitalWrite(rightMotorPin2, LOW);
118  }
119
120  if (leftMotorSpeed < 0)
121  {
122    digitalWrite(leftMotorPin1, LOW);
123    digitalWrite(leftMotorPin2, HIGH);
124  }
125  else if (leftMotorSpeed >= 0)
126  {
127    digitalWrite(leftMotorPin1, HIGH);
128    digitalWrite(leftMotorPin2, LOW);
129  }
130
131  analogWrite(enableRightMotor, abs(rightMotorSpeed));
132  analogWrite(enableLeftMotor, abs(leftMotorSpeed));
133  }

```

Gambar 9. Program Algoritma

Setelah penulisan kode selesai, kode tersebut akan diunggah ke papan Arduino melalui lingkungan Arduino IDE, sehingga robot akan menjadi entitas yang cerdas dan mandiri dalam mengelola pergerakan berdasarkan input dari sensor ultrasoniknya. Berikut ini adalah hasil dari proses pemrograman yang telah dilakukan dalam lingkungan Arduino IDE.

3.4. Pembahasan Respon Terhadap Objek Statis

Respon terhadap statistik objek menunjukkan bahwa robot berhasil mendeteksi objek pada jarak hingga 200 Cm dan berbalik untuk menghindari tabrakan pada 95% dari 20 percobaan. Sensor ultrasonik HC-SR04 bekerja dengan baik dalam mendeteksi objek statis dan memberikan sinyal yang tepat untuk mengubah arah pergerakan robot.

Tabel 1. Respon terhadap Objek Statistik

Per Cobaan	Jarak Objek (cm)	Deteksi Objek	Mengubah Arah	Catatan
1.	50	Ya	Ya	Berhasil
2.	100	Ya	Ya	Berhasil
3.	150	Ya	Ya	Berhasil
4.	200	Ya	Ya	Berhasil
5.	50	Ya	Ya	Berhasil
6.	100	Ya	Ya	Berhasil
7.	150	Ya	Ya	Berhasil
8.	200	Tidak	Tidak	Gagal mendeteksi
9.	200	Ya	Ya	Berhasil
10.	50	Ya	Ya	Berhasil
11.	100	Ya	Ya	Berhasil
12.	150	Ya	Ya	Berhasil
13.	200	Ya	Ya	Berhasil
14.	50	Ya	Ya	Berhasil
15.	100	Ya	Ya	Berhasil
16.	150	Ya	Ya	Berhasil
17.	200	Ya	Ya	Berhasil
18.	50	Ya	Ya	Berhasil
19.	100	Ya	Ya	Berhasil
20.	150	Ya	Ya	Berhasil

3.5. Robot berhasil mendeteksi objek yang bergerak

Robot berhasil mendeteksi objek yang bergerak lambat hingga sedang dan mengubah arah untuk menghindari tabrakan dalam 85% dari 20 percobaan. Namun untuk objek yang bergerak sangat cepat (60 cm/s), robot hanya berhasil menghindarinya dalam 50% dari 20 percobaan.

Tabel 2. Respon Terhadap Objek Bergerak

Per cobaan	Kecepatan Objek	Kecepatan (cm/s)	Deteksi Objek	Mengubah Arah	Catatan
1.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
2.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
3.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
4.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
5.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
6.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
7.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
8.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
9.	Cepat	60	Ya	Tidak	Gagal menghindar
10.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
11.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil
12.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
13.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
14.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
15.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
16.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
17.	Cepat	60	Ya	Tidak	Gagal menghindar
18.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
19.	Sedang	30	Ya	Ya	Berhasil
20.	Lambat	10	Ya	Ya	Berhasil

3.6. Keamanan dan Pencegahan Kerusakan

Robot tersebut diuji untuk menilai kemampuannya dalam menghindari kerusakan peralatan dan lingkungan sekitar dalam radius 1 meter. Pada uji coba dengan durasi 3 menit setiap uji coba, robot berhasil mendeteksi dan menghindari peralatan tanpa menimbulkan kerusakan pada 100% dari 20 uji coba. Pengujian dilakukan pada suatu area dengan berbagai jenis peralatan dan benda yang ditempatkan secara acak. Selama percobaan, robot mendemonstrasikan sistem penghindaran dengan kinerja yang konsisten. Data ini menunjukkan bahwa robot mampu beroperasi dengan aman di berbagai lingkungan.

Tabel 3. Uji Coba Menghindari Kerusakan Peralatan dan Lingkungan Sekitar

Per cobaan	Radius Pengujian (m)	Durasi Percobaan (menit)	Hasil Uji (Keberhasilan)	Catatan
1	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
2	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
3	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
4	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
5	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
6	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
7	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
8	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
9	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
10	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
11	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
12	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
13	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
14	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
15	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
16	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
17	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
18	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
19	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek
20	3	3	Berhasil (100%)	Robot menghindari semua objek

4. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil hasil penelitian pada robot penghindar objek maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Robot dapat merespons perubahan lingkungan dengan cepat dan akurat melalui sistem tertanam yang memproses data dan pengendalian secara real-time, sehingga meningkatkan efektivitas dan keandalannya. Berhasil mendeteksi objek statistik pada jarak hingga 200 cm dengan akurasi 95% dan menghindari objek bergerak lambat hingga sedang dalam 90% dari 20 percobaan. Namun untuk objek yang bergerak sangat cepat, keberhasilan penghindarannya hanya 50%.

Saran sebagai bahan pertimbangan untuk terus mengembangkan dan menguji sistem tertanam agar lebih canggih dan mampu menangani berbagai kondisi lingkungan dengan lebih baik, untuk lebih meningkatkan efektivitas dan kinerja robot. Perbaikan dan penyesuaian kombinasi sensor dan algoritma perencanaan jalur secara berkala untuk memastikan navigasi yang lebih akurat dan responsif terhadap perubahan lingkungan yang dinamis. Kalibrasi sensor ultrasonik diperlukan untuk meningkatkan akurasi deteksi objek dengan cepat. Pengujian di berbagai lingkungan perlu dilakukan untuk memastikan konsistensi kinerja dan mengidentifikasi potensi masalah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., & Syahputra Novelan, M. (2020). Sistem Kendali Obstacle Avoidance Robot sebagai Prototype Social Distancing Menggunakan Sensor Ultrasonic dan Arduino. *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(1), 148–153.
- Amirul Ummah FAB, M. (2023). Rancang Bangun Robot Penghindar Halangan Dengan Metode PID. *Jtmei*, 2(3), 212–222.
- Iqbal, M. (2019). Prototipe Robot Beroda Pengantar Barang di Industri Menggunakan Kontrol Personal Komputer. *Sistem Informasi Dan Teknologi*, 201–206.
- Jusman, M. R. R., Mashinton, A., Jilan Aqilah, F., Nur, M., & Bosowa, P. (2020). Rancang Bangun Robot Avoider Berbasis Arduino Uno Menggunakan Satu Sensor Ultrasonik. *Mechatronics Journal In Professional and Entrepreneur*, 2(2), 43–47.
- Kunci, K. (2024). *Pengembangan Sistem Operasi Real-time Untuk Aplikasi Embedded*. 2, 18–23.
- Kusumadewi. (2003). Rtifificial Ntelligence. *Artificial Intelligence (Teknik Dan Aplikasinya)*, 1–335.
- Maulidda, R., Muslimin, S., & Ami, H. (2022). Penerapan Pembelajaran Logika Fuzzy pada Robot Penghindar Rintangan. *Jurnal JUPITER*, 14(1), 106–115.