

## **NAVIGASI MOBILE ROBOT BERODA MENGGUNAKAN ALGORITMA MAZE WALL FOLLOWING**

RICHA WATIASIH<sup>[1]</sup>, FAIZAL NURROHMAN<sup>[2]</sup>

<sup>[1],[2]</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Bhayangkara Surabaya

Jln. Ahmad Yani No. 114 Surabaya

e-mail: <sup>[1]</sup>richa@ubhara.ac.id, <sup>[2]</sup>faizaln941@gmail.com

### **ABSTRACT**

*The problem that wheeled mobile robots often face is when they encounter static or dynamic obstacles because they affect the movement of the wheeled mobile robot, so an algorithm is needed that can guide the movement of the wheeled mobile robot so that it does not hit static obstacles in the form of walls or objects and dynamic obstacles in the form of humans. This research has produced a wheeled mobile robot that can avoid static obstacles in the form of walls and dynamic obstacles in the form of moving humans using 3 HC-SR04 ultrasonic sensors which function to detect static obstacles and 1 HC-SR501 PIR Motion sensor which functions to detect the barriers. dynamic. The maze wall following algorithm has been applied to guide the movement of the wheeled mobile robot to avoid obstacles so that its movement is more orderly. Based on the tests that have been carried out, it can be seen that the success rate without the maze wall following algorithm is 0% because the movement of the mobile robot on wheels is not directional. In comparison, the success rate when using the maze wall following algorithm is 81% because the mobile robot on wheels is more directional.*

**Keywords:** *wheeled mobile robot, ultrasonic, PIR motion, Maze Wall Following*

### **ABSTRAK**

*Permasalahan yang sering di hadapi mobile robot beroda adalah ketika menemui halangan statis maupun dinamis karena mempengaruhi pergerakan mobile robot beroda, sehingga dibutuhkan sebuah algoritma yang dapat memandu pergerakan mobile robot beroda agar tidak menabrak halangan statis yang berupa dinding atau benda dan halangan dinamis berupa manusia. Pada penelitian ini telah menghasilkan sebuah mobile robot beroda yang mampu menghindari halangan statis berupa dinding dan halangan dinamis berupa manusia yang bergerak dengan menggunakan 3 sensor ultrasonic HC-SR04 yang berfungsi untuk mendeteksi obstacle statis dan 1 sensor PIR Motion HC-SR501 yang berfungsi untuk mendeteksi obstacle dinamis. Algoritma maze wall following telah diterapkan untuk memandu pergerakan mobile robot beroda untuk menghindari halangan agar pergerakannya lebih teratur. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa tingkat keberhasilan ketika tanpa algoritma maze wall following adalah 0% karena pergerakan mobile robot beroda tidak terarah, sedangkan tingkat keberhasilan ketika menggunakan algoritma maze wall following adalah 81% karena mobile robot beroda lebih terarah.*

**Kata kunci:** *mobile robot beroda, ultrasonik, PIR motion, Maze Wall Following*

### **1. PENDAHULUAN**

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan ataupun kontrol manusia dengan menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (Yoga et al., 2022). Bahkan, robot juga diciptakan dengan tujuan untuk mempermudah kegiatan atau pekerjaan manusia dalam kehidupan sehari-hari (Nurraharjo et al., 2021) (Al-Janan & Muhammad, 2023).

Di dalam dunia robotika ada yang dinamakan robot *wall following*. Pada robot ini program sudah bisa dibuat sedemikian rupa sehingga robot dapat menemukan jalur terpendek. Beberapa

algoritma yang digunakan sebagai program dari robot *wall following* tersebut diantaranya ada algoritma *simple maze*, algoritma *flood fill*, dan algoritma *pledge* (Widya Gumelar et al., 2018) (Tjiharjadi, 2019). Robot *autonomous wall follower* jenis Robot Mobil Beroda (RMB) merupakan robot yang mampu berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain dengan menggunakan roda sebagai media untuk berjalan dan bermanuver dalam menentukan arah pergerakannya. Pada robot *wall following*, manuver atau navigasi robot diatur berdasarkan jarak sisi-sisi robot terhadap dinding atau halangan dan umumnya dilengkapi dengan kemampuan untuk menghindari halangan yang berada di depan robot (Fahmi & Suroso, 2022). Representasi akurat dari lingkungan meningkatkan kemampuan robot dalam navigasi dan berurusan dengan objek dinamis. Prasyarat dari tugas tersebut adalah pembuatan peta yang benar sambil mempertahankan perkiraan yang akurat dari pose robot yang bergerak (Doni et al., 2020).

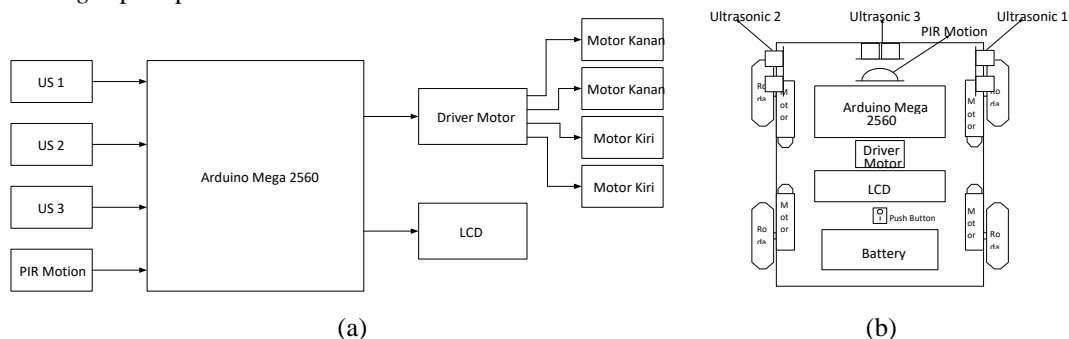
Sistem navigasi *wall following* adalah suatu aksi robot untuk mengikuti dinding dan berada tidak jauh dari dinding, *wall following* bekerja berdasarkan prinsip mengikuti suatu objek, dalam hal ini objek tersebut adalah dinding. Sistem navigasi *wall following* dapat di implementasikan pada beberapa kasus dalam kehidupan kita sehari-hari dengan menggunakan beberapa algoritma di dalamnya (Alamri et al., 2021).

Penelitian ini menerapkan algoritma *Maze Wall Following* yang dapat menelusuri lingkung dalam (indoor) yang nyata dengan acuan objek yang acak, kemudian robot bergerak menelusuri seluruh ruangan secara *autonomus*, dan juga diterapkan pada lingkungan luar (outdoor) menggunakan halangan statis berupa dinding atau obyek/benda dan halangan dinamis berupa manusia yang bergerak. Dengan penerapan algoritma *Maze Wall Following* ini robot tidak akan menabrak halangan.

## 2. METODE

### 2.1 PERANCANGAN HARDWARE

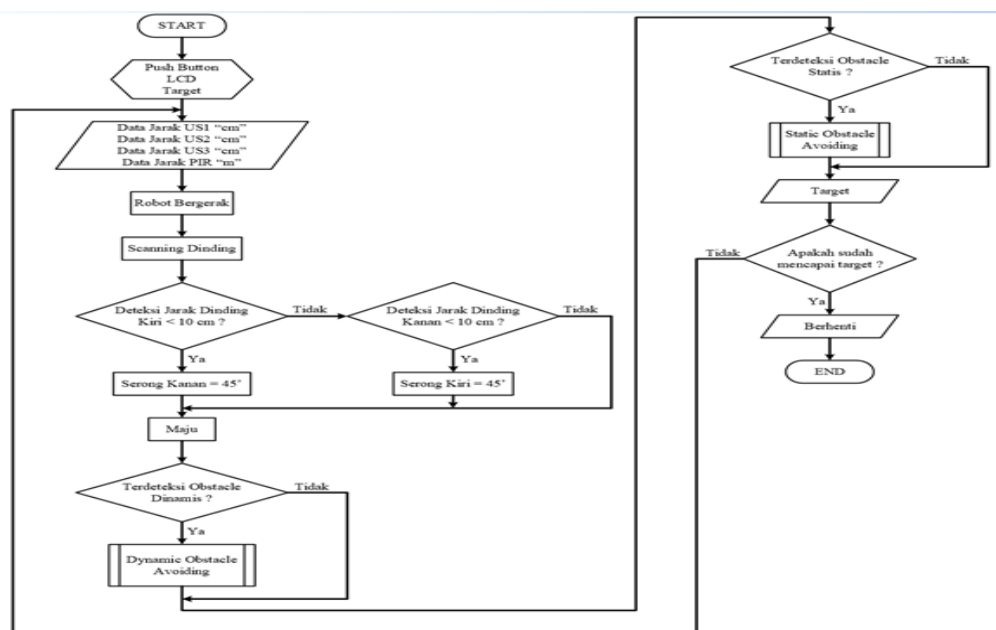
Untuk merancang sistem navigasi yang handal, *mobile robot wall following* membutuhkan rancangan hardware yang baik. Adapun diagram blok dari hardware sistem navigasi *mobile robot wall following* seperti pada Gambar 1.



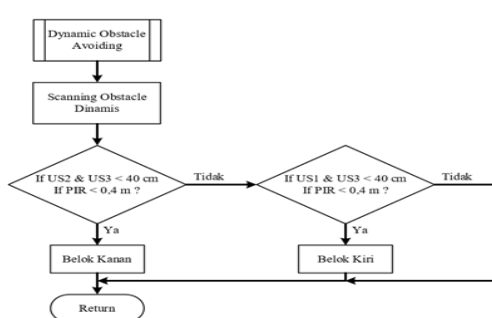
Gambar 1. Perancangan Hardware Mobile Robot; (a) Blok Diagram; (b) Rancangan Mekanik.

Berdasarkan gambar 1, dapat dijelaskan untuk fungsi masing-masing blok yaitu: 3 buah sensor Ultrasonic HC-SR04 yang terdapat transmitter dan receiver. Prinsip kerja sensor ultrasonic ini cukup simpel, yakni berdasarkan pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat digunakan untuk mendefinisikan eksistensi atau jarak suatu benda dengan frekuensi tertentu (Nirwan Sinuhaji et al., 2023). Blok PIR (*Passive Infrared Receiver*) merupakan sebuah sensor berbasis infrared untuk mendeteksi suatu objek. Seperti namanya, "Tidak terlibat" sensor ini hanya bereaksi terhadap energi dari sinar inframerah tidak aktif yang diklaim oleh setiap artikel yang dikenalnya. Objek yang dapat dibedakan dengan sensor ini biasanya adalah tubuh manusia yang memiliki tingkat suhu tubuh internal kira-kira 30-34 derajat Celcius, dengan sudut jangkauan 90° sampai 110° dan jarak jangkauan 3 meter sampai 7 meter. Sensor PIR ini bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari sinar inframerah. Sinar inframerah ini kemudian ditangkap oleh sensor piroelektrik yang merupakan pusat dari sensor PIR ini (Suparno & Jalil, 2021). Blok Arduino mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560 (Amelia et al., 2023). Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya

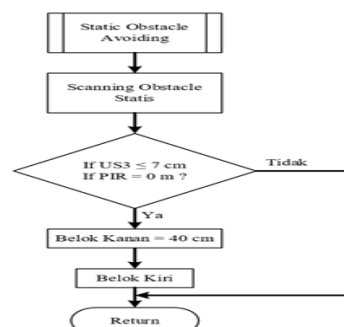
adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Blok Driver L298N merupakan sebuah driver motor berbasis IC L298 dual H-bridge. Driver motor ini berfungsi untuk mengatur arah ataupun kecepatan motor DC. Diperlukannya rangkaian motor driver ini karena pada umumnya motor DC akan bekerja dengan membutuhkan arus lebih dari 250 mA. Untuk beberapa IC seperti keluarga ATmega tidak bisa memberikan arus melebihi nilai tersebut. Blok Gearbox Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung. Motor DC ini memiliki tegangan kerja 3 sampai 12 volt DC, dengan torsi 3 kg. Blok LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan media yang digunakan untuk menampilkan hasil dari keluaran pada sebuah rangkaian elektronika. Dalam sistem navigasi robot, LCD digunakan sebagai tampilan data untuk pergerakan robot.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Gambar Flowchart Sistem Navigasi Mobile Robot; (a) Flowchart Program Utama; (b) Flowchart Subprogram Menghindari halangan dinamis; (c) Flowchart Subprogram Menghindari halangan statis.

## 2.2 PERANCANGAN SOFTWARE

Sistem navigasi *mobile robot wall following* bergerak berdasarkan dinding. Jika sensor Ultrasonic membaca dinding sebelah kiri, maka *mobile robot* akan bergerak mengikuti dinding sebelah kiri. Begitu juga sebaliknya, jika sensor Ultrasonic membaca dinding sebelah kanan, maka *mobile robot* akan bergerak mengikuti dinding sebelah kanan. Sistem navigasi *mobile robot wall following* menggunakan sensor PIR Motion yang berfungsi untuk mendeteksi adanya makhluk hidup disekitar *mobile robot*, yang nantinya *mobile robot* akan mengambil keputusan ketika mendeteksi makhluk hidup. Sistem navigasi *mobile robot wall following* juga membutuhkan rancangan *software* yang baik dan terstruktur berupa diagram alir, agar mempermudah dalam pembuatan program serta navigasi *mobile robot* seperti pada Gambar 2.

Pada subprogram pencarian *obstacle* dinamis, *mobile robot* diberi perintah untuk mendeteksi adanya *obstacle* dinamis. Maksud dari *obstacle* dinamis secara spesifik adalah makhluk hidup. Jika *mobile robot* mendeteksi adanya *obstacle* dinamis, maka *mobile robot* kemudian akan mengambil keputusan seperti *flowchart* pada Gambar 2 (b). Pada bagian subprogram pencarian *obstacle* statis ini adalah perintah untuk mencari target terakhir. *Mobile robot* akan diberi perintah untuk menemukan target terakhir, dan kemudian *mobile robot* akan mengambil keputusan seperti *flowchart* pada Gambar 2 (c).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 PENGUJIAN SENSOR

#### 3.1.1 SENSOR ULTRASONIK

Pada sistem pendeteksi *obstacle* statis ini, pengujian sensor Ultrasonic HC-SR04 terhadap dinding ini diperlukan untuk mengetahui data jarak yang dapat dijangkau dan jarak yang tidak dapat dijangkau oleh sensor Ultrasonic HC-SR04. Data hasil pengujian respon 3 buah sensor Ultrasonic HC-SR04 yang dipasang pada sisi tengah depan (US Tengah), sisi kiri (US Kiri) dan sisi kanan (US Kanan) pada *mobile robot* terhadap jarak dinding seperti ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan tabel 1 dapat dijelaskan bahwa untuk US kiri dan US tengah memiliki respon bagus (status terdeteksi bernilai 1/aktif) mendeteksi dinding mulai jarak 50cm sampai dengan 400cm, sedangkan untuk US kanan memiliki respon bagus (status terdeteksi bernilai 1/aktif) dapat mendeteksi dinding mulai jarak 50cm sampai dengan 350cm.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jarak Sensor Ultrasonic Terhadap Dinding

Jarak US Terhadap Dinding	Status Terdeteksi		
	US Kiri	US Tengah	US Kanan
50 cm	1	1	1
100 cm	1	1	1
150 cm	1	1	1
200 cm	1	1	1
250 cm	1	1	1
300 cm	1	1	1
350 cm	1	1	1
400 cm	1	1	0
450 cm	0	0	0
500 cm	0	0	0

#### 3.1.2 SENSOR PIR MOTION HC-SR501

Pengujian sistem pendeteksi *obstacle* dinamis ini dilakukan pada sensor PIR Motion HC-SR501 untuk mengetahui jarak dan sudut yang dapat dijangkau oleh sensor PIR Motion HC-SR501. Tabel 2 menunjukkan hasil Pengujian Sensor PIR Motion untuk Jarak Terhadap *Obstacle* Dinamis.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor PIR Motion untuk Jarak Terhadap Obstacle Dinamis

Jarak PIR Terhadap Obstacle Dinamis	Terdeteksi
1 m	0
1,5 m	1
2 m	1
3 m	1
4 m	1
5 m	1
6 m	1
6,1 m	1
6,5 m	0
7 m	0

### 3.2 PENGUJIAN SISTEM NAVIGASI

#### 3.2.1 PENGUJIAN TANPA MENGGUNAKAN ALGORITMA WALL FOLLOWING

Pada pengujian pertama, navigasi *mobile robot* dilakukan tanpa menggunakan algoritma *wall following*, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pada navigasi *mobile robot*. Pergerakan *mobile robot* beroda ketika tanpa menggunakan algoritma *wall following* selalu kacau dan selalu menabrak dinding. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa navigasi ketika tanpa menggunakan algoritma *wall following* selalu gagal atau tidak dapat mencapai target seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Navigasi Mobile Robot Tanpa Menggunakan Algoritma Wall Following

Percobaan	Target Waktu Tempuh	Batas Waktu Tempuh	Waktu Tempuh	Tingkat Keberhasilan
Percobaan 1	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 2	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 3	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 4	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 5	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 6	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 7	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 8	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 9	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%
Percobaan 10	1 Menit	3 Menit	Gagal	0%

#### 3.2.2 PENGUJIAN MENGGUNAKAN ALGORITMA WALL FOLLOWING

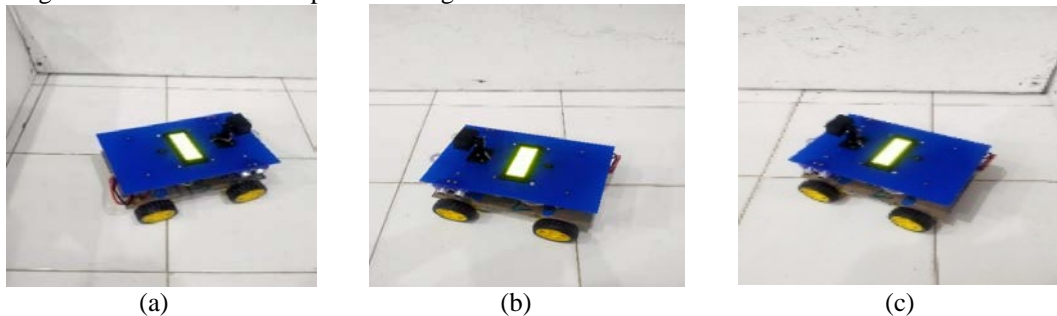
Pada pengujian navigasi *mobile robot* ini dilakukan ketika menggunakan algoritma *wall following*, tujuan dari pengujian ini juga untuk mengetahui tingkat keberhasilan pada navigasi *mobile robot*, serta untuk mengetahui perbedaan dari tingkat keberhasilan navigasi *mobile robot* ketika tanpa menggunakan algoritma *wall following*. Pengujian ini tentunya menunjukkan hasil yang berbeda dari pengujian navigasi *mobile robot* tanpa menggunakan algoritma *wall following*. Adapun hasil pengujian menunjukkan bahwa navigasi ketika menggunakan algoritma *wall following* lebih baik, meskipun tidak mencapai target waktu dan tingkat keberhasilannya tidak mencapai 100%, algoritma *wall following* ini dapat membantu navigasi pergerakan *mobile robot* beroda lebih teratur. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Navigasi Mobile Robot Menggunakan Algoritma Wall Following

Percobaan	Target Waktu Tempuh	Batas Waktu Tempuh	Waktu Tempuh	Tingkat Keberhasilan
Percobaan 1	1 Menit	3 Menit	1 Menit, 41 Detik	59%
Percobaan 2	1 Menit	3 Menit	2 Menit, 28 Detik	40%
Percobaan 3	1 Menit	3 Menit	1 Menit, 39 Detik	60%
Percobaan 4	1 Menit	3 Menit	1 Menit, 14 Detik	81%
Percobaan 5	1 Menit	3 Menit	1 Menit, 33 Detik	64%
Percobaan 6	1 Menit	3 Menit	2 Menit, 37 Detik	38%
Percobaan 7	1 Menit	3 Menit	1 Menit, 44 Detik	57%
Percobaan 8	1 Menit	3 Menit	2 Menit, 23 Detik	41%
Percobaan 9	1 Menit	3 Menit	2 Menit, 56 Detik	34%
Percobaan 10	1 Menit	3 Menit	1 Menit, 51 Detik	54%

### 3.2.3 PENGUJIAN DI DALAM RUANGAN (INDOOR)

Pengujian di dalam ruangan (indoor) bertujuan untuk mengetahui respon dari manuver mobile robot ketika sensor Ultrasonic HC-SR04 membaca jarak terhadap dinding. Gambar 3 merupakan pengujian saat robot melakukan navigasi di *indoor*, dimana gambar 3(a) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kiri, gambar 3(b) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding depan, gambar 3(c) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kanan.



Gambar 3. Pengujian saat robot melakukan navigasi di *indoor*; (a) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kiri; (b) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding depan; (c) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kanan.

Pengujian pertama seperti yang ditunjukkan gambar 3(a) dilakukan dengan menempatkan *mobile robot* pada sisi dinding kiri. Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan data baca dari sensor *Ultrasonic Kiri* dan *Ultrasonic Tengah* untuk melakukan navigasi terhadap sisi dinding kiri, sehingga didapatkan hasil data percobaan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian di Indoor Dari Navigasi Mobile Robot Terhadap Sisi Dinding Kiri

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kanan	93°
Percobaan 2	Belok Kanan	59°
Percobaan 3	Belok Kanan	75°
Percobaan 4	Belok Kanan	70°
Percobaan 5	Belok Kanan	71°
Percobaan 6	Belok Kanan	101°
Percobaan 7	Belok Kanan	81°
Percobaan 8	Belok Kanan	105°
Percobaan 9	Belok Kanan	69°
Percobaan 10	Belok Kanan	114°

Pengujian kedua seperti yang ditunjukkan gambar 3(b) dilakukan dengan menempatkan *mobile robot* pada bagian tengah arena dan disisi dinding depan, dimana hanya sensor Ultrasonic Tengah membaca ketika mendekati dinding sisi depan. sehingga didapatkan hasil data percobaan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Percobaan Indoor Dari Navigasi Mobile Robot Terhadap Sisi Dinding Depan

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kiri	76°
Percobaan 2	Belok Kiri	83°
Percobaan 3	Belok Kiri	75°
Percobaan 4	Belok Kanan	81°
Percobaan 5	Belok Kiri	81°
Percobaan 6	Belok Kiri	79°
Percobaan 7	Belok Kiri	91°
Percobaan 8	Belok Kanan	87°
Percobaan 9	Belok Kiri	87°
Percobaan 10	Belok Kiri	83°

Pengujian ketiga dilakukan dengan menempatkan *mobile robot* pada sisi dinding kanan seperti pada gambar 3(c), pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan data baca dari sensor Ultrasonic Kanan dan Ultrasonic Tengah, sehingga didapatkan hasil data percobaan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Percobaan Indoor Dari Navigasi Mobile Robot Terhadap Sisi Dinding Kanan

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kiri	87°
Percobaan 2	Belok Kiri	83°
Percobaan 3	Belok Kiri	92°
Percobaan 4	Belok Kiri	94°
Percobaan 5	Belok Kiri	91°
Percobaan 6	Belok Kiri	93°
Percobaan 7	Belok Kiri	78°
Percobaan 8	Belok Kiri	88°
Percobaan 9	Belok Kiri	95°
Percobaan 10	Belok Kiri	94°

Untuk pengujian navigasi terhadap *obstacle* dinamis sendiri dilakukan terhadap makhluk hidup, seperti manusia maupun binatang, yang bertujuan untuk mengetahui respon manuver dari navigasi *mobile robot* terhadap makhluk hidup yang bergerak seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian Indoor Navigasi Mobile Robot Terhadap Obstacle Dinamis.

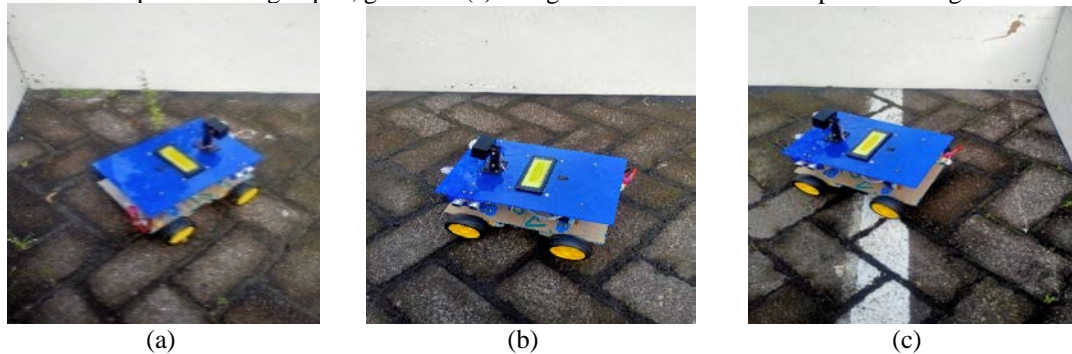
Pada gambar 4 menunjukkan pengujian navigasi di *indoor* dengan menggunakan sensor PIR Motion HC-SR501 untuk mendeteksi halangan dinamis berupa manusia, sehingga didapatkan hasil data percobaan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Indoor Dari Navigasi Mobile Robot Terhadap Obstacle Dinamis

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kanan	54°
Percobaan 2	Belok Kanan	69°
Percobaan 3	Belok Kiri	96°
Percobaan 4	Belok Kiri	93°
Percobaan 5	Belok Kanan	85°
Percobaan 6	Belok Kiri	91°
Percobaan 7	Belok Kiri	94°
Percobaan 8	Belok Kanan	76°
Percobaan 9	Belok Kiri	84°
Percobaan 10	Belok Kiri	87°

### 3.2.3 PENGUJIAN DI LUAR RUANGAN (*OUTDOOR*)

Pengujian di luar ruangan (*outdoor*) bertujuan sebagai perbandingan respon navigasi mobile robot di dalam ruangan (*indoor*). Pengujian di luar ruangan ini benar-benar dilakukan di ruangan terbuka, namun tetap menggunakan dinding sebagai acuan utama dalam navigasi seperti pada Gambar 5. Dimana gambar 5(a) navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kiri, gambar 5(b) navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding depan, gambar 5(c) navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kanan.



Gambar 5. Pengujian saat robot melakukan navigasi di *outdoor*; (a) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kiri; (b) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding depan; (c) Navigasi *mobile robot* terhadap sisi dinding kanan.



Seperti pengujian di dalam ruangan (*indoor*), gambar 5(a) Navigasi mobile robot terhadap sisi dinding kiri pengujian ini memanfaatkan data baca dari sensor Ultrasonic Kiri dan Ultrasonic Tengah, sehingga didapatkan hasil data percobaan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Percobaan Outdoor Dari Navigasi Mobile Robot Terhadap Sisi Dinding Kiri

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kanan	31°
Percobaan 2	Belok Kanan	28°
Percobaan 3	Belok Kanan	36°
Percobaan 4	Belok Kanan	47°
Percobaan 5	Belok Kanan	32°
Percobaan 6	Belok Kanan	30°
Percobaan 7	Belok Kanan	41°
Percobaan 8	Belok Kanan	25°
Percobaan 9	Belok Kanan	33°
Percobaan 10	Belok Kanan	40°

Pengujian selanjutnya seperti ditunjukkan gambar 5(b) dilakukan dengan menempatkan *mobile robot* pada bagian tengah arena dan disisi dinding depan, dimana hanya sensor Ultrasonic Tengah yang membaca ketika mendekati dinding sisi depan. *Mobile robot* dapat bermanuver ketika sensor Ultrasonic Tengah membaca sisi dinding depan, sehingga didapatkan hasil data percobaan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian di Outdoor Navigasi Mobile Robot terhadap sisi dinding depan

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kiri	24°
Percobaan 2	Belok Kiri	32°
Percobaan 3	Belok Kiri	21°
Percobaan 4	Belok Kiri	27°
Percobaan 5	Belok Kiri	35°
Percobaan 6	Belok Kiri	33°
Percobaan 7	Belok Kanan	29°
Percobaan 8	Belok Kiri	25°
Percobaan 9	Belok Kiri	21°
Percobaan 10	Belok Kiri	26°

Pengujian *outdoor* terakhir dilakukan dengan menempatkan *mobile robot* pada sisi dinding kanan seperti pada Gambar 5(c). Navigasi *mobile robot* ini dapat bermanuver ketika sensor Ultrasonic Tengah membaca sisi dinding depan, sehingga didapatkan hasil data percobaan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian Outdoor dari Navigasi Mobile Robot terhadap sisi dinding kanan

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kiri	29°
Percobaan 2	Belok Kiri	35°
Percobaan 3	Belok Kiri	36°

Percobaan 4	Belok Kiri	49°
Percobaan 5	Belok Kiri	43°
Percobaan 6	Belok Kiri	46°
Percobaan 7	Belok Kiri	34°
Percobaan 8	Belok Kiri	26°
Percobaan 9	Belok Kiri	37°
Percobaan 10	Belok Kiri	34°

Untuk pengujian navigasi terhadap *obstacle* dinamis pada *outdoor* sendiri juga dilakukan terhadap makhluk hidup, seperti manusia maupun binatang, yang bertujuan untuk mengetahui respon manuver dari navigasi *mobile robot* terhadap makhluk hidup yang bergerak pada *outdoor*, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Outdoor navigasi Mobile Robot terhadap obstacle dinamis.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sensor PIR Motion HC-SR501, yang khusus digunakan terhadap *obstacle* dinamis saja, sehingga didapatkan hasil data percobaan seperti pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Outdoor dari navigasi Mobile Robot terhadap obstacle dinamis

Percobaan	Manuver	Sudut
Percobaan 1	Belok Kiri	29°
Percobaan 2	Belok Kanan	23°
Percobaan 3	Belok Kiri	20°
Percobaan 4	Belok Kiri	17°
Percobaan 5	Belok Kiri	25°
Percobaan 6	Belok Kanan	21°
Percobaan 7	Belok Kiri	31°
Percobaan 8	Belok Kanan	27°
Percobaan 9	Belok Kiri	21°
Percobaan 10	Belok Kiri	24°

### 3.3 ANALISA DATA

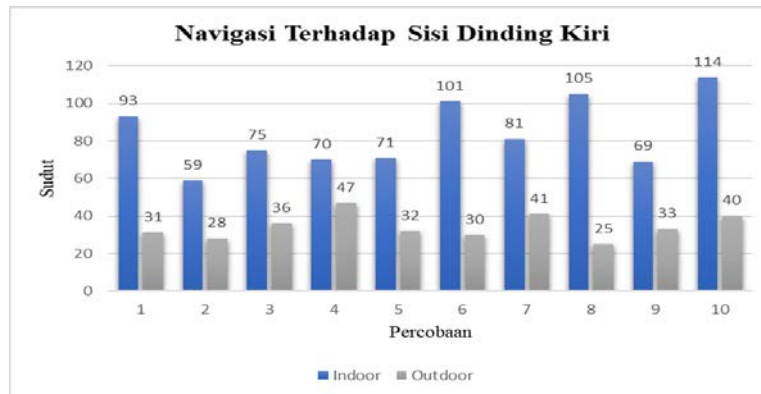
#### 3.3.1 NAVIGASI TANPA MENGGUNAKAN ALGORITMA WALL FOLLOWING DAN MENGGUNAKAN ALGORITMA WALL FOLLOWING

Dari hasil pengujian navigasi antara ketika tanpa menggunakan algoritma *wall following* dengan ketika menggunakan algoritma *wall following*, diketahui bahwa navigasi tanpa menggunakan algoritma *wall following* sangat tidak bisa dijadikan acuan dalam bernavigasi, karena pergerakan

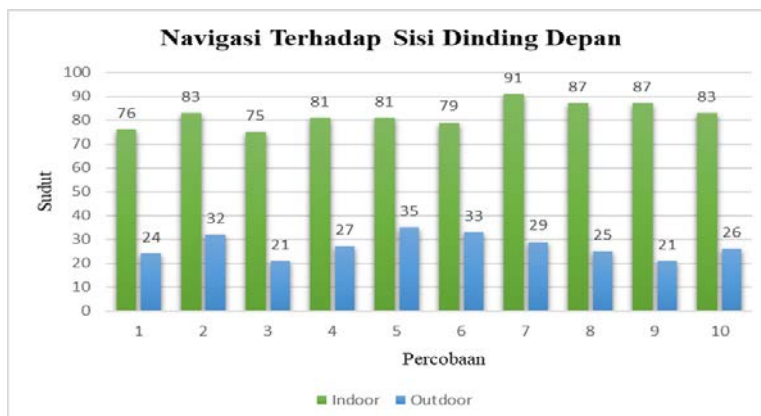
*mobile robot* beroda akan selalu kacau dan badan *mobile robot* beroda selalu menabrak dinding, ini dapat dilihat dari tabel pengujian yang telah dilakukan. Namun ketika navigasi menggunakan algoritma *wall following* pergerakan *mobile robot* beroda akan lebih teratur, meskipun tingkat keberhasilan dari navigasinya tidak selalu mencapai presentase 100%.

### 3.3.2 NAVIGASI TERHADAP OBSTACLE STATIS DAN DINAMIS PADA INDOOR DAN OUTDOOR

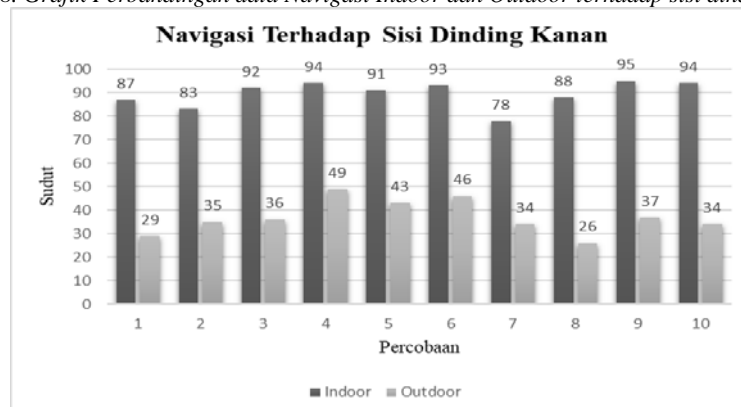
Berdasarkan hasil pengujian terhadap dinding, telah didapatkan grafik perbandingan navigasi *mobile robot* dalam ruangan (*indoor*) dan luar ruangan (*outdoor*) terhadap sisi dinding kiri, sisi dinding depan, dan sisi dinding kanan seperti pada gambar 7, 8, dan 9.



Gambar 7. Grafik Perbandingan data Navigasi Indoor dan Outdoor terhadap sisi dinding kiri.

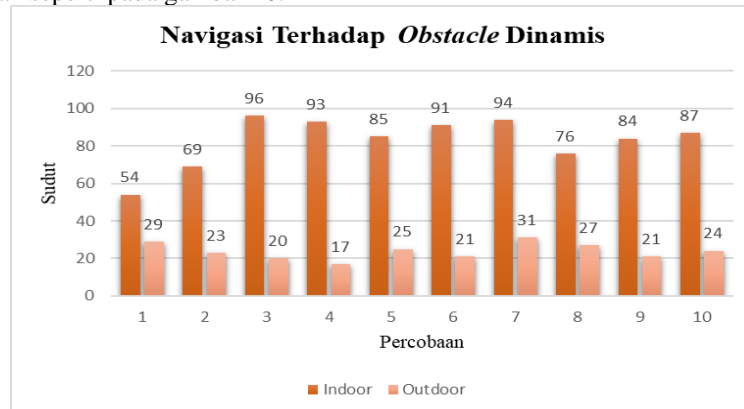


Gambar 8. Grafik Perbandingan data Navigasi Indoor dan Outdoor terhadap sisi dinding depan.



Gambar 9. Grafik Perbandingan data Navigasi Indoor dan Outdoor terhadap sisi dinding kanan.

Hasil pengujian terhadap *obstacle* dinamis, telah didapatkan grafik perbandingan navigasi dalam ruangan (*indoor*) dan luar ruangan (*outdoor*) terhadap sisi dinding kiri, sisi dinding depan, dan sisi dinding kanan seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perbandingan data Navigasi Indoor dan Outdoor terhadap *Obstacle* dinamis.

Dari beberapa hasil grafik perbandingan navigasi *mobile robot* yang sudah didapatkan, maka dapat dianalisa bahwa perbandingan dari navigasi *mobile robot* pada *indoor* dan *outdoor* sangat berbeda. Dapat dilihat dari grafik perbandingan, respon manuver sudut terjauh dari navigasi *mobile robot* pada *indoor* bisa mencapai hingga  $114^\circ$ , sedangkan respon manuver sudut terjauh dari navigasi *mobile robot* pada *outdoor* hanya mencapai  $49^\circ$ . Jika dilihat dari grafik dari navigasi *outdoor*, manuver sudut terjauh tidak sampai pada sudut  $50^\circ$ . Ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang menyebabkan navigasi pada *outdoor* menjadi kacau, contohnya seperti frekuensi audio liar, hamburan, redaman dan pantulan dari alat-alat yang berada pada *outdoor*, sehingga pembacaan nilai dari sensor-sensor menjadi acak atau tidak normal.

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Pengujian navigasi antara ketika tanpa menggunakan algoritma *wall following* dengan ketika menggunakan algoritma *wall following*, diketahui bahwa navigasi tanpa menggunakan algoritma *wall following* sangat tidak bisa dijadikan acuan dalam bernavigasi, karena pergerakan *mobile robot* beroda akan selalu kacau dan badan *mobile robot* beroda selalu menabrak dinding, ini dapat dilihat dari tabel pengujian yang telah dilakukan. Namun ketika navigasi menggunakan algoritma *wall following* pergerakan *mobile robot* beroda akan lebih teratur, dan dari data percobaan yang telah didapatkan, untuk tingkat keberhasilan terendah yaitu 34%, sedangkan tingkat keberhasilan tertinggi mencapai 81%.
2. Ketika pengujian navigasi *mobile robot* pada *indoor*, hasil dari beberapa percobaan manuver *mobile robot* selalu stabil dan normal. Namun ketika dilakukan pengujian navigasi *mobile robot* pada *outdoor*, manuver dari *mobile robot* selalu kacau, terlihat dari pengujian yang dilakukan pada *outdoor*, hasil dari percobaan manuver sudut *mobile robot* selalu sempit, ini dikarenakan adanya beberapa faktor pada *outdoor* yang menyebabkan atau mempengaruhi nilai pembacaan dari sensor-sensor yang terpasang pada badan *mobile robot*, contohnya seperti frekuensi audio liar, frekuensi radio tegangan tinggi, hamburan, redaman dan pantulan dari alat-alat kelistrikan lainnya yang berada pada *outdoor*, sehingga pembacaan dari sensor-sensor menjadi acak atau tidak normal.

#### SAMPAIAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Surabaya yang telah membantu terlaksananya penelitian ini dengan dana Mandiri yang didasarkan pada Surat Tugas Dekan Nomor: TUG/26/FTK/01/2023, dengan dibantu Mahasiswa Faizal Nurrohman NIM: 19.141.110.03.

## REFERENSI

- Al-Janani, D. H., & Muhammad, G. F. (2023). Perancangan Robot Beroda Dengan Sistem Kendali Berbasis Iot Dan Gui Menggunakan Smartphone Android. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(2), 701–711. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i2.1450>
- Alamri, S., Alshehri, S., Alshehri, W., Alamri, H., Alaklabi, A., & Alhmiedat, T. (2021). Autonomous Maze Solving Robotics: Algorithms and Systems. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 10(12), 668–675. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.10.12.668-675>
- Amelia, S., Mulyadi, Y. Bin, & Ishak, I. (2023). Robot Omni Wheel berbasis Atmega2560 sebagai Media Pembelajaran di Politeknik Bosowa. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, 5(1), 22–27.
- Doni, R., Fahlevi, M. R., & Syahrin, E. (2020). Perancangan Robot Maze Solving Berbasis Arduino. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 4(2), 507–515.
- Fahmi, I. R., & Suroso, D. J. (2022). A Simulation-Based Study of Maze-Solving-Robot Navigation for Educational Purposes. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(1), 48–54. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i1.12241>
- Nirwan Sinuhaji, Br Ginting, D. Y., & Benar. (2023). Implementasi Algoritma Line Mapping Dengan Sensor Ultrasonik Pada Robot Pengantar Makanan Berbasis Mikrokontroler. *Bulletin of Computer Science Research*, 3(5), 380–385. <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v3i5.281>
- Nurraharjo, E., Budiarmo, Z., & Listiyono, H. (2021). Rekayasa Robot Mobil Dengan Empat Motor Penggerak Menggunakan Metode Pengacakan Delay Time Value Berbasis Arduino. *Jurnal Dinamika Informatika*, 13(1), 36–43. <https://doi.org/10.35315/informatika.v13i1.8438>
- Suparno, W., & Jalil, A. (2021). Sensor Multi-Modal Untuk Deteksi Gerak Objek Pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis Komunikasi Node Robot Operating System Multi-Modal Sensor for Object Motion Detection on Home Security System Based on Robot Operating System Nodes Communication. *Jurnal Elektro Luceat*, 7(1), 1–9.
- Tjiharjadi, S. (2019). Design and implementation of flood fill and pledge algorithm for Maze Robot. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 8(4), 632–638. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.8.4.632-638>
- Widya Gumelar, A., Syauqy, D., & Akbar, S. R. (2018). Implementasi Metode Simple Maze Wall Follower Dengan Menggunakan Free RTOS Pada Robot Maze. 2(11), 5816–5824. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Yoga, S. M. S., Pangaribuan, P., & Fuadi, A. Z. (2022). Kendali Robot Beroda sebagai Self Driving Car Berbasis Image Processing dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 2(2), 77–92. <https://doi.org/10.54082/jiki.25>