

Robot Wall Follower Berbasis Mikrokontroler

Gunawan^{1*}, Muhammad Basri², Alauddin³

^{1*23}*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*

**Email : nawanbit@gmail.com*

Abstract: The field of robotics is developing very rapidly. One type of robot that is being developed is the wall follower robot, which functions to explore the walls of the labyrinth and requires a design for its movement stability. The study's goals are to look at how the wall follower robot algorithm is designed and what happens when the Pulse Width Modulation value changes. The algorithm is meant to keep the robot away from the wall so that it stays in the middle of the track and moves forward while staying parallel to the wall. The study employed an experimental research method, which involved system design and tool manufacturing using key components such as the Arduino Uno, L298N, Stepdown LM2596, HC-SR04 ultrasonic sensor, TCRT 5000, LCD I2C, and Motor. The research was carried out for three months in the Umpar electrical engineering laboratory. The control system on the wall follower robot is designed to be able to follow the wall well. The results of the ultrasonic sensor test have high accuracy at close range with a low error rate of 0.1%. At longer distances, the error increases to 0.7%. PWM values <90 make it difficult for the robot to move; PWM values > 140 make the robot difficult to control.

Keywords: *wall follower*; robot navigation; Arduino Uno; ultrasonic sensor

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang terus berkembang saat ini telah membawa inovasi signifikan di bidang *robotika*. Perkembangan ini melahirkan berbagai jenis robot dengan kemampuan yang beragam. Salah satu di antaranya adalah robot wall follower, yaitu robot yang menggunakan metode navigasi untuk mengikuti permukaan dinding. Algoritma ini dirancang untuk menjaga jarak robot dari dinding agar tetap berada di tengah lintasan serta memastikan posisinya sejajar dengan dinding saat bergerak maju. Perkembangan *mikrokontroler* sebagai komponen utama dalam sistem robotik telah membuka peluang besar untuk menciptakan robot *wall follower* yang lebih cerdas dan efisien. *Mikrokontroler* memungkinkan integrasi yang lebih mudah dengan sensor dan aktuator, sekaligus memberikan fleksibilitas dalam pengembangan algoritma guna meningkatkan akurasi robot dalam mengikuti dinding (Wahyudi et al., 2017).

Meski telah dirancang dengan baik, robot wall follower masih menghadapi beberapa tantangan. Kendala utama terjadi saat robot mengikuti dinding, di mana sensor ultrasonik yang digunakan tidak selalu akurat dalam mengukur jarak. Akibatnya, robot bisa bergerak terlalu dekat atau terlalu jauh dari dinding, yang menyebabkan pergerakannya menjadi kurang stabil. Selain itu, faktor lingkungan seperti permukaan dinding yang tidak rata atau rintangan yang muncul secara tiba-tiba juga dapat memengaruhi kinerja sensor dan menyebabkan kesalahan dalam navigasi. Sistem kendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) adalah metode pengendalian yang mengatur variabel proses berdasarkan umpan balik, sebagaimana dijelaskan dalam

penelitian oleh (Ari et al., 2014) yang menyoroti pentingnya penyesuaian parameter kontroler PID.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Hendriawan, 2010) berfokus pada pencarian jalur terpendek dalam navigasi dengan dua mode utama, yaitu pencarian untuk menentukan rute terbaik dan kembali untuk menemukan jalur tercepat menuju titik awal. Sementara itu (Ari et al., 2014) mengembangkan robot wall follower berbasis mikrokontroler dengan kontroler PID, yang dirancang agar stabil, responsif, dan mampu menghindari rintangan. Parameter PID disesuaikan melalui metode trial and error untuk mencapai pergerakan yang optimal, sehingga robot dapat bernavigasi dengan lebih efisien.

Salah satu jenis robot yang dirancang penulis adalah robot wall follower berbasis mikrokontroler. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui rancangan sistem mekanik dan pengaruh perubahan nilai pwm terhadap kestabilan pergerakan robot wall follower dalam mengikuti dinding.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan pengembangan dengan metode R&D (Research and Development) yang bersifat prosedural dan deskriptif. Penelitian ini menguraikan tahapan yang harus diikuti untuk menghasilkan suatu produk serta menguji efektivitasnya.

2.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan akan dilakukan di kampus II Universitas Muhammadiyah Parepare, tepatnya lantai 1 gedung F, area laboratorium Teknik Elektro.

2.3 Alat Dan Bahan

Arduino Uno adalah mikrokontroler berbasis ATmega328 dengan 14 pin digital, enam input analog, dan dukungan PWM. Perangkat ini memiliki resonator 16 MHz, koneksi USB, catu daya, header ICSP, dan tombol reset. Pengoperasiannya dapat dilakukan melalui USB, adaptor AC-DC, atau baterai (Ari et al., 2014).

Sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur jarak robot ke dinding dengan transmitter yang mengirim gelombang 40 KHz dan receiver yang mendeteksi pantulannya. Waktu pantulan digunakan untuk menghitung jarak, dengan jangkauan 2 cm hingga 4 m (Krisnayoga et al., 2019).

Motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yang digunakan untuk menggerakkan berbagai perangkat seperti pompa, kipas, dan kompresor. Saat rotor berputar dalam medan magnet, timbul tegangan (*EMF*) yang berubah arah setiap setengah putaran, menghasilkan tegangan bolak-balik (Ari et al., 2014).

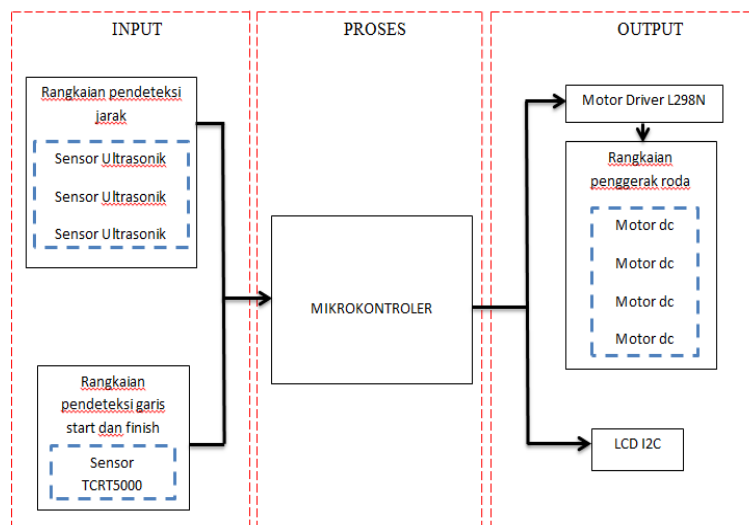
Driver motor adalah perangkat yang mengendalikan arah dan kecepatan motor DC, yang memiliki dua rangkaian H-Bridge sehingga dapat mengontrol dua motor DC sekaligus. Dalam robotika, motor DC umumnya digunakan sebagai penggerak utama pada robot beroda (Mega Nurmalasari, Dedi Triyanto, 2015).

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah layar elektronik berbasis teknologi *CMOS* yang menampilkan karakter, angka, dan grafik dengan memantulkan atau meneruskan cahaya dari lingkungan atau lampu latar. Strukturnya terdiri dari lapisan organik antara kaca bening dan elektroda transparan berbentuk tujuh segmen, dengan elektroda kaca di bagian belakang (Natsir et al., 2019).

Line sensor terdiri dari dua komponen utama, yaitu pemancar dan penerima cahaya. Sensor ini menggunakan LED (*Light Emitting Diode*) sebagai pemancar dan photodiode sebagai penerima. LED memancarkan cahaya ke garis hitam atau putih, di mana garis hitam menyerap lebih banyak cahaya, sementara garis putih lebih banyak memantulkannya (Mega Nurmalasari, Dedi Triyanto, 2015).

2.4 Rancangan Penelitian

Berikut blog diagram perancangan sistem secara keseluruhan.



Gambar 1. Blok Diagram

Gambar di atas menampilkan blok diagram perancangan robot wall follower berbasis mikrokontroler, yang terdiri dari beberapa komponen utama: (a). rangkaian pendeteksi jarak untuk mengukur jarak antara robot dan dinding, (b). rangkaian pendeteksi garis start dan finish untuk mengidentifikasi titik awal dan akhir perjalanan robot, (c). rangkaian penggerak roda yang mengendalikan pergerakan robot berdasarkan data dari sensor jarak, (d). Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang memproses data dari rangkaian pendeteksi jarak dan memberikan perintah untuk menggerakkan motor DC, (e). LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk menampilkan hasil pembacaan sensor jarak serta waktu tempuh robot, (f). push button 1 yang digunakan untuk membuat robot

mengikuti dinding di sisi kiri,(g). push button 2 yang digunakan untuk membuat robot mengikuti dinding di sisi kanan.

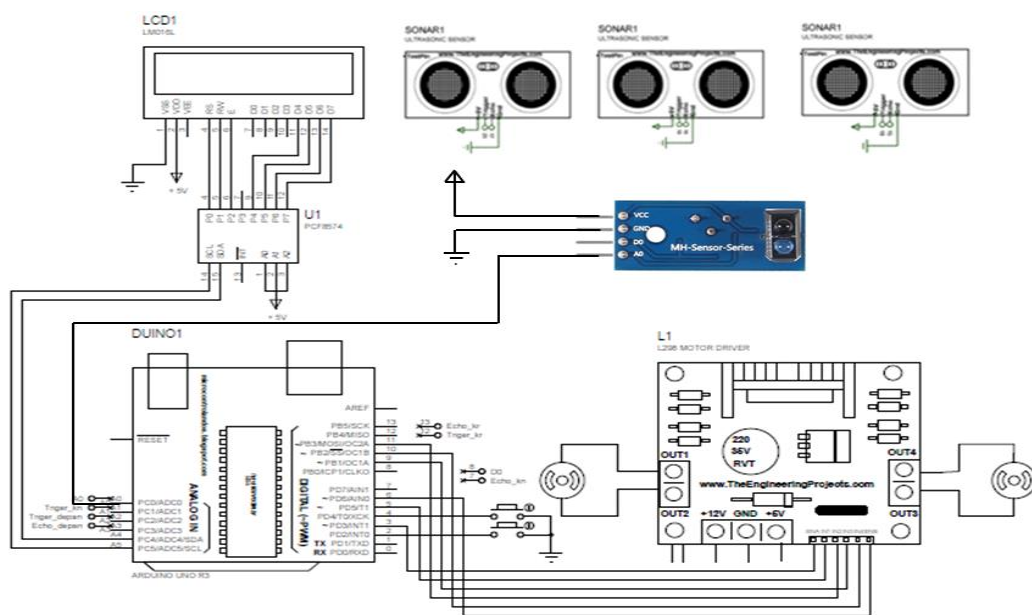
2.5 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama. Pertama, studi literatur untuk memahami konsep dasar dan rumus pergerakan robot. Kedua, pengujian akurasi sensor dan respons motor driver. Ketiga, uji navigasi robot saat mengikuti dinding di sisi kiri dan kanan. Melalui observasi langsung, pencatatan sensor, pengukuran waktu, dan analisis statistik, penelitian ini mengevaluasi respons robot terhadap lingkungannya serta kinerja sistem kendali dalam berbagai kondisi. Hasil pengambilan data digunakan untuk menilai akurasi, konsistensi, dan efektivitas sistem, serta mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki di masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Perangkat Keras

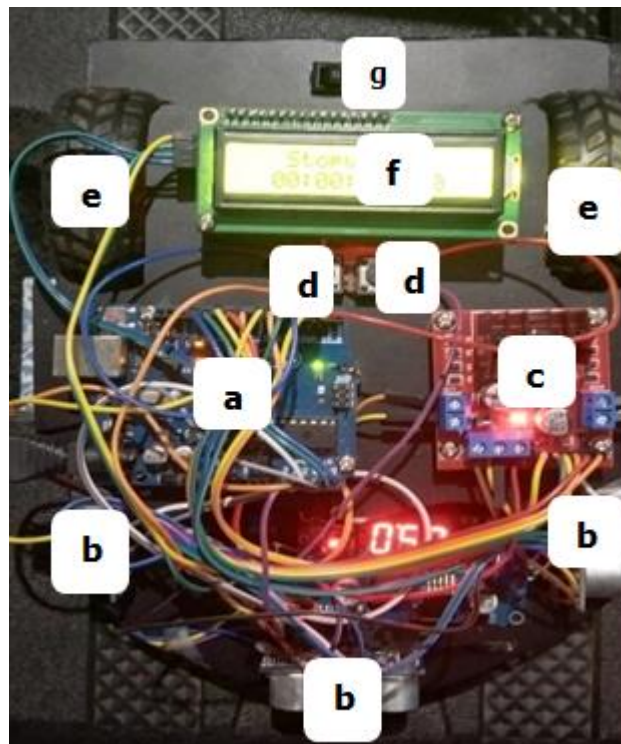
Pada perancangan perangkat keras, komponen yang digunakan dapat dilihat pada rangkaian dibawah ini.



Gambar 2. Rangkaian Perangkat Keras

Komponen yang digunakan pada perancangan perangkat keras penelitian ini yaitu:

1. Arduino berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur seluruh sistem berdasarkan masukan dari sensor ultrasonik dan tombol tekan (push button), kemudian memberikan keluaran ke motor DC dan layar LCD.
2. LCD 16x2 digunakan sebagai layar tampilan untuk menampilkan informasi dari sensor ultrasonik dan waktu tempuh.
3. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mengukur jarak antara robot dan dinding.
4. Motor driver L298N digunakan untuk mengatur arah putaran motor DC, di mana ENA mengendalikan motor DC kiri dan ENB mengendalikan motor DC kanan.
5. Sensor TCRT5000 digunakan untuk mendeteksi titik awal dan akhir.



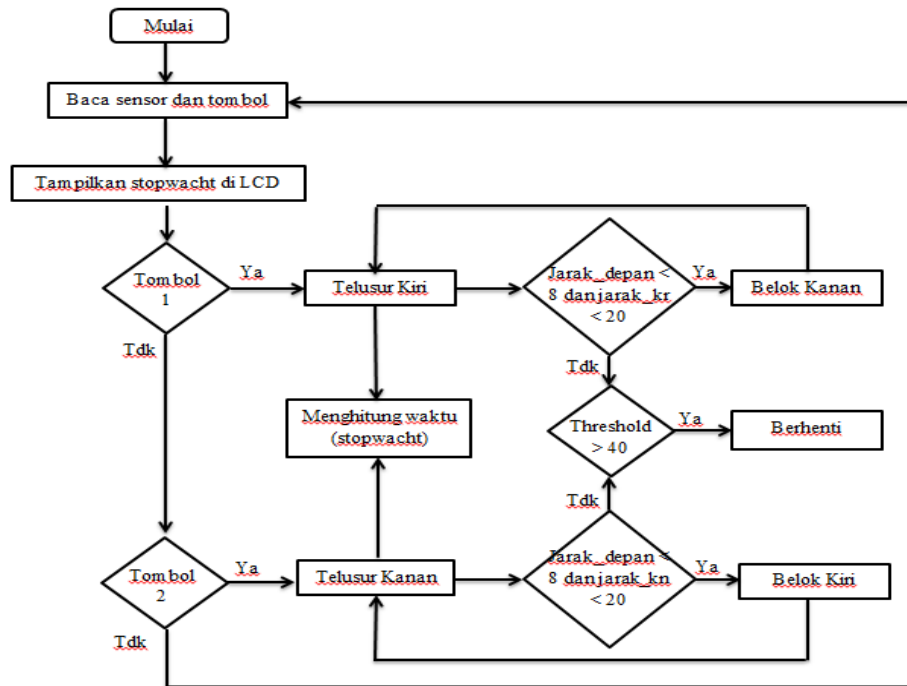
Gambar 3. Rancangan sistem

Keterangan gambar:

- a. Arduuino
- b. Sensor ultrasonik
- c. Motor driver L298N
- d. Push button
- e. Motor dc
- f. Lcd I2C 16x2
- g. Saklar on/of

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Berikut flowchart sistem yang disusun berdasarkan tahapan atau prinsip kerja sistem pengisian baterai.



Gambar 4. Diagram alir robot wall follower

Prinsip kerja flowchart di atas adalah saat robot mulai berjalan, LCD akan menampilkan "Gunawan/219180012" selama 1 detik, lalu menampilkan pembacaan sensor jarak. Jika tombol 1 ditekan, robot mengikuti dinding kiri, dan stopwatch mulai menghitung hingga sensor TCRT 5000 mendeteksi garis hitam dengan intensitas di atas ambang batas (>40), lalu robot berhenti dan menampilkan waktu tempuh. Jika tombol 2 ditekan, robot mengikuti dinding kanan dengan proses yang sama hingga berhenti dan menampilkan waktu tempuhnya.

3.3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sensor ultrasonik dalam mengukur jarak pada berbagai kondisi. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap jarak yang telah ditetapkan, dengan rentang antara 0 cm hingga 1 meter. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai akurasi dan konsistensi sensor dalam berbagai situasi pengukuran.

Tabel 1. Pengujian sensor ultrasonik

Peingujian kei -	Jarak actual (cm)	Peimbacaan seinsor			Eiror(%)		
		Kiirii (cm)	Deipan (cm)	Kanan (cm)	Kiirii	Deipan	Kanan
1	0	1	2	2	0	0	0
2	20	19	19	20	0,05	0,05	0
3	30	28	28	29	0,06	0,06	0,03
4	40	37	38	38	0,07	0,05	0,05
5	50	47	48	47	0,06	0,04	0,06
6	60	56	57	57	0,06	0,05	0,05
7	70	66	66	67	0,05	0,05	0,04
8	80	77	76	74	0,03	0,05	0,07
9	90	85	85	86	0,05	0,05	0,04
10	100	94	93	95	0,06	0,07	0,05

Hasil pengujian menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi jarak dengan kesalahan yang kecil. Pengujian membuktikan bahwa sensor ini memberikan pembacaan yang konsisten dan akurat, terutama dalam rentang 10-30 cm. Meskipun kesalahan meningkat pada jarak lebih jauh (40-100 cm), sensor tetap dapat diandalkan untuk navigasi berbasis jarak. Konsistensi pembacaan di ketiga sisi (kiri, depan, kanan) menunjukkan bahwa sensor ini bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi, menjadikannya pilihan tepat untuk sistem kendali robot wall follower.

3.4. Pengujian Putaran Motor DC Pada Driver L298N

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan arah dan kecepatan putaran motor DC yang dikendalikan oleh driver L298N. Dengan memberikan sinyal kontrol pada input driver, dapat diamati apakah motor berputar sesuai dengan perintah yang diberikan.

Tabel 2. putaran motor dc pada driver l298N.

Motor driver L298N				Aksi robot
ENA		ENB		
IN1	IN2	IN3	IN4	
HIGH	LOW	HIGH	LOW	Maju
HIGH	LOW	LOW	HIGH	Belokkiri
LOW	HIGH	HIGH	LOW	Belokkanan
LOW	LOW	LOW	LOW	Berhenti

Tabel di atas menunjukkan bagaimana perubahan sinyal kontrol pada driver motor L298N mempengaruhi arah dan pergerakan robot. Dengan mengatur kombinasi pin ENA, ENB, serta input (IN1, IN2, IN3, IN4), kita dapat mengontrol pergerakan robot, seperti maju, berbelok, atau berhenti. Robot akan bergerak maju jika kedua motor diaktifkan, berbelok ke kiri jika hanya motor kanan yang diaktifkan, dan berbelok ke kanan jika hanya motor kiri yang diaktifkan. Sementara itu, robot akan berhenti jika kedua motor dinonaktifkan.

3.5. Pengujian Sistem Mengikuti Dinding Sebelah Kiri

Pengujian dilakukan dengan menjalankan robot di dalam lintasan dengan berbagai bentuk dinding. Sensor jarak digunakan untuk mendeteksi jarak antara robot dan dinding di sisi kiri, sehingga robot dapat menyesuaikan arah gerakannya. Jika jarak terlalu dekat, robot akan sedikit menjauhi dinding, sedangkan jika terlalu jauh, robot akan bergerak mendekat.



Gambar 5. Tampilan LCD setelah mengikuti dinding sebelah kiri

Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan parameter penting saat robot mengikuti dinding sebelah kiri.

Tabel 3. Pengujian Sistem Mengikuti Dinding Sebelah Kiri

Peingujian ke-	Jumlah tabrakan	Waktu yang ditempuh (detik)	Hasil pengujian mengikuti dinding
1	3	33,78	Kesulitan di area yg sempit
2	2	33,78	Kesulitan di area yg sempit
3	0	32,24	Tidak ada tabrakan,waktu tercepat
4	2	38,40	Kesulitan di area yg sempit dan sedikit lambat
5	1	33,58	Tabrakan di tikungan terakhir
6	1	34,23	Performa baik dengan sedikit tabrakan

Peingujian ke-	Jumlah tabrakan	Waktu yang ditempuh (detik)	Hasiil pengujian mengikuti dinding
7	1	38,01	Berhenti di tengah lintasan dan lambat
8	2	34,27	Kesulitan di area yg sempit
9	1	36,92	Tabrakan di tikungan terakhir
10	0	32,57	Tidak ada tabrakan,waktu tercepat

Pengujian menunjukkan bahwa robot lebih efisien tanpa gangguan, seperti terlihat pada pengujian ke-3 dan ke-10 yang mencatat waktu tercepat (32,24 detik dan 32,57 detik) tanpa tabrakan. Sebaliknya, waktu lebih lama dan tabrakan lebih sering terjadi di area sempit, menunjukkan kesulitan navigasi. Pengujian ke-4 dan ke-7 mencatat waktu terlama (38,40 detik dan 38,01 detik) akibat hambatan di area sempit dan perlambatan di tengah lintasan. Mayoritas tabrakan terjadi di area sempit dan tikungan terakhir, menandakan tantangan navigasi. Secara keseluruhan, robot bekerja lebih baik di lintasan luas dengan sedikit hambatan, sedangkan area sempit dan tikungan menghambat performanya.

3.6. Pengujian Sistem Mengikuti Dinding Sebelah Kanan

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan robot di dalam lintasan yang memiliki berbagai bentuk dinding. Robot menggunakan sensor jarak untuk mengukur jarak antara dirinya dan dinding di sisi kanan, memungkinkan penyesuaian arah gerakannya. Jika jarak terlalu dekat, robot akan bergerak menjauhi dinding sedikit, sedangkan jika terlalu jauh, robot akan mendekatinya.



Gambar 6. Tampilan LCD setelah mengikuti dinding sebelah kiri

Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan parameter penting saat robot mengikuti dinding sebelah kanan.

Tabel 4. Pengujian Sistem Mengikuti Dinding Sebelah Kiri

Peingujian Kei -	Jumlah tabrakan	Waktu yang diiteimpuh (deitiik)	Hasiil peingujian meingiikutii diinding
1	1	34,69	Kesulitan di area yg sempit
2	2	35,26	Kesulitan di area yg sempit
3	0	38,48	Berhenti di tengah lintasan dan lanjut
4	2	35,57	Sedikit lambat di tengah lintasan
5	1	38,34	Kesulitan di area yg sempit dan lambat
6	1	38,81	Sedikit lambat di tikungan terakhir
7	2	44,32	Sedikit lambat di awal dan tabrakan di area yg sempit
8	3	40,68	Sedikit lambat di awal
9	1	47,28	Sedikit lambat di awal dan berhenti di tengah lintasan baru lanjut
10	1	39,10	Berhenti di tikungan kedua dan sedikit lambat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot kesulitan di area sempit dan tikungan, menyebabkan tabrakan dan memperlambat waktu tempuh. Meski dalam beberapa pengujian tidak terjadi tabrakan, robot tetap mengalami jeda dalam navigasi. Pengujian pertama dan kedua mencatat waktu tercepat, tetapi tetap mengalami tabrakan di area sempit. Sementara itu, pada pengujian ketujuh, kedelapan, dan kesembilan, waktu tempuh meningkat drastis, menunjukkan bahwa hambatan di awal lintasan berdampak besar pada performa robot.

3.7. Pengujian pengaruh perubahan nilai PWM terhadap kestabilan pergerakan robot wal follower dalam mengikuti dinding

Pengujian ini dilakukan dengan mengubah nilai PWM pada motor untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap kestabilan pergerakan robot dalam mengikuti dinding. Dengan variasi nilai PWM, diharapkan dapat diamati bagaimana respons robot terhadap

perubahan kecepatan dan apakah terdapat nilai optimal yang memungkinkan robot bergerak lebih stabil serta mempertahankan jarak yang konsisten terhadap dinding.

Tabel 5. pengujian pengaruh perubahan nilai PWM terhadap kestabilan pergerakan robot wal follower dalam mengikuti dinding

No	PWM Kiri	PWM Kanan	Status pergerakan robot	Kestabilan robot
1	50	50	Robot berhenti	Tidak stabil
2	70	70	Bergerak lambat,terkadang berhenti	Tidak stabil
3	90	90	Bergerak sedikit mengikuti dinding	Cukup stabil
4	100	100	Mulai mengikuti dinding	Stabil
5	140	140	Robot menabrak dinding	Kurang stabil
6	160	160	Mulai eror dan keluar jalur	Kurang stabil
7	180	180	Bergerak cepat	Tidak stabil
8	195	195	Bergerak cepat,sulit dikontrol	Tidak stabil
9	200	200	Bergerak Zig-zag,sering keluar jalur	Tidak stabil
10	255	255	Tidak dapat dikontrol	Sangat tidak stabil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel di atas, nilai PWM berpengaruh besar terhadap kestabilan robot Wall Follower. Rentang nilai PWM yang optimal berada antara 100 hingga 120, di mana robot dapat bergerak dengan stabil tanpa kehilangan kendali. Jika nilai PWM terlalu rendah (<90), robot kesulitan bergerak atau bahkan berhenti. Sebaliknya, jika nilai PWM terlalu tinggi (>140), robot menjadi sulit dikendalikan, sering menabrak dinding, dan akhirnya keluar dari jalur

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki akurasi tinggi pada jarak dekat dengan tingkat kesalahan rendah, yaitu 0,1%. Namun, pada jarak yang lebih jauh, error meningkat hingga 0,7%. Secara umum, sistem kendali robot mampu mengikuti dinding dengan baik. Meski begitu, penggunaan nilai PWM yang terlalu rendah (<90) menghambat pergerakan robot, sementara nilai PWM yang terlalu tinggi (>140) menyebabkan robot sulit dikendalikan. Akibatnya, jumlah tabrakan meningkat dan waktu tempuh bertambah hingga 47,28 detik.

REFERENSI

- Ari, A., Laksono, H. D., & Erlina, T. (2014). *Perancangan Robot Wall Follower Dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Berbasis Mikrokontroler*.
- Darmawansyah, B., Zarkasih, A., & Prasetyo, A. P. P. (2019). Rancang Bangun Robot Wall Follower Menggunakan Sensor Kamera. *Universitas Sriwijaya*, 11(1), 7–11.
- Doni, R., Fahlevi, M. R., & Syahrin, E. (2020). Perancangan Robot Maze Solving Berbasis Arduino. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer ...)*, 4(September), 507–515.
- Hasyim, Y., & Nusantara. (2016). IMPLEMENTASI SISTEM NAVIGASI ROBOT WALL FOLLOWING DENGAN METODE FUZZY LOGIC UNTUK ROBOT PEMADAM API ABIMANYU PADA KRPAI TAHUN 2016 Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Syarat Guna. *Jipi*, 02(01), 1–10.
- Krisnayoga, A. S., Divayana, Y., & Rahardjo, P. (2019). Algoritma Backtracking Pada Perjalanan Pulang Robot Pemadam Api. *Jurnal Spektrum*, 6(4), 87–95.
- Maryani, T. (2013). *Analisis Perbandingan Algoritma Pledge Dengan Wall Follower*.
- Metode, P., Maze, S., Robot, P., Follower, W., Menyelesaikan, U., Dalam, J., & Sebuah, M. (2015). Penerapan Metode Simple Maze Pada Robot Wall Follower Untuk Menyelesaikan Jalur Dalam Menelusuri Sebuah Labirin. *Edu Elekrika Journal*, 4(2), 35–43.
- M, S., Kamal, K., Rizal, M., & Syani, A. (2022). Rancang Bangun Robot Cerdas Pemadam Api Menggunakan Teknik Navigasi Wall Follower Berbasis Arduino. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 17(02), 88–93. <https://doi.org/10.47398/iltek.v17i02.16>
- Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal Prosisko (Pengembangan Riset Dan Observasi Rekayasa Sistem Komputer)*, 6(1), 69–72.
- Nurmalasari, M. ., Triyanto, D. ., Brianorman, Y. (2015). Implementasi Algoritma Maze Solving Pada Robot Line Follower. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*. Volume 03, No 2 hal 123-133
- Paryanta, P., Rachmatullah, R., & Kristiani, Y. K. (2018). Prototipe Robot Pemadam Api Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16 dengan Sistem Navigasi Wall Following. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 24(1), 69. <https://doi.org/10.36309/goi.v24i1.95>
- Sampurno, B., Abdurrahman, A., & Had, H. S. (2016). *Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung*. 242. <https://doi.org/10.5614/sniko.2015.34>
- Wafeeq, M. A., & Hendrawati, T. D. (2023). Rancang Bangun Wall-Follower Robot Pendeteksi dan Pemadam Api Berbasis Internet of Things dengan Metode Fuzzy. ... Teknologi Dan Riset <http://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/629%0Ahttp://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/download/629/268>

Wahyudi, Y. ., Hadi, M. ., Handayanu, A. ., & Sendari, S. (2017). Implementasi Sistem Kendali PD (Propotinal Derivative) pada Navigasi Wall Follower Robot berkaki Enam (Hexapod). *5th Indonesian Syposium on Robotic System and Control*, 34–38.

Wardhana, D. W., Wahyudi, A., & Nurhadi, H. (2016). Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendali Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-Gun Kaliber 20mm. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 512–516. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18110>.