

Terbit *online* pada laman:

SEMINAR NASIONAL INOVASI, RISET, DAN TEKNOLOGI (SINERGI)



Original/Literature Review

DESAIN ALGORITMA ROBOT *MOBILE* DENGAN DETEKSI *OBSTACLE* DAN *CLIFF* BERBASIS SERVO DAN DOUBLE ULTRASONIK

Churnia Sari^{1*}, Rizki Dwi Irianti², Rizki Pratama Putra¹, Rafiuddin Syam¹, Rauhil Fahmi¹, Ridam Dwi Laksono³, Krisna³

¹ Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur, Indonesia

² Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

³ Universitas PGRI Madiun, Madiun, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi : 18 September 2025

Revisi Akhir : 17 Oktober 2025

Diterbitkan Online : 27 Oktober 2025

KATA KUNCI

Mobile robot, motor servo, sensor ultrasonik, *obstacle*, *cliff*

*KORESPONDENSI

E-mail: churnia.sari@unj.ac.id

A B S T R A K

Perkembangan teknologi robotika semakin pesat dan banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk sistem navigasi otonom untuk menghindari rintangan dan mendeteksi potensi bahaya di lingkungan sekitar. Salah satu permasalahan utama pada robot *mobile* adalah kemampuan mengenali halangan (*obstacle*) dan mendeteksi jurang (*cliff*) agar tidak terjadi tabrakan maupun terjatuh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan algoritma navigasi robot *mobile* dengan sistem deteksi *obstacle* dan *cliff* berbasis servo serta double sensor ultrasonik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sensor ultrasonik pertama dipasang pada servo untuk melakukan pemindaian (*sweeping*) ke arah kiri–tengah–kanan guna mendeteksi rintangan, sedangkan sensor ultrasonik kedua ditempatkan menghadap ke bawah sebagai deteksi *cliff*. Perancangan perangkat lunak (*software*) dilakukan dengan pemrograman Arduino IDE menggunakan logika differential drive yang menggerakkan keempat motor DC secara paralel melalui driver L298N. Algoritma navigasi diimplementasikan dalam bentuk flowchart yang meliputi proses inisialisasi, deteksi *cliff*, *sweeping* sensor depan, pengambilan keputusan arah gerak, serta manuver penghindaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu bergerak secara otonom dengan baik, menghindari rintangan di depan dengan memilih arah yang lebih aman, serta berhenti dan bermanuver mundur ketika mendeteksi *cliff*. Dengan demikian, rancangan ini dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk sistem robot *mobile* cerdas yang lebih adaptif dalam lingkungan nyata.

No ISSN 3124-7539 © 2025 The Authors. Dipublikasi

oleh Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)

Peer review under the responsibility of the scientific committee of the SINERGI

DOI: 10.21009/sinergi.v1i1.61372

1. PENDAHULUAN

Perkembangan robot *mobile* otonom semakin pesat dan diaplikasikan pada berbagai bidang, mulai dari industri, militer, rumah tangga, hingga bidang kesehatan. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan robot *mobile* adalah kemampuannya melakukan navigasi secara mandiri serta menghindari rintangan yang tidak terduga di lingkungan nyata [1] – [3]. Penelitian terbaru menekankan pentingnya penggunaan sensor ultrasonik karena memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi jarak, terutama pada jarak pendek. Sensor ultrasonik juga didukung dengan biaya yang rendah, sehingga sesuai untuk aplikasi robot otonom skala kecil [4] serta mudah untuk diimplementasikan, dengan uji eksperimen dan formula matematis yang mudah dipahami [11].

Untuk meningkatkan kemampuan deteksi, penggunaan aktuator servo sebagai penggerak sensor memungkinkan robot melakukan pemindaian (*sweeping*) ke berbagai arah, sehingga cakupan deteksi lebih luas dibandingkan hanya dengan sensor statis [2], [5]. Selain itu, integrasi lebih dari satu sensor ultrasonik dapat memberikan data tambahan yang memperkuat sistem penghindaran rintangan maupun deteksi jurang (*cliff detection*), yang sangat penting agar robot tidak hanya terhindar dari tabrakan tetapi juga mampu menghindari area berbahaya seperti tepian lantai [6].

Metode yang umum digunakan dalam sistem kontrol robot *mobile* adalah algoritma berbasis *differential drive*, di mana kecepatan motor dikendalikan secara berbeda untuk menghasilkan gerakan maju, belok, atau mundur [7]. Beberapa penelitian menggabungkan metode ini dengan logika fuzzy maupun pembelajaran mesin untuk meningkatkan kemampuan pengambilan keputusan dalam kondisi kompleks [8]. Namun, untuk robot sederhana dengan biaya rendah, algoritma berbasis aturan (*rule-based*) dengan sensor ultrasonik masih menjadi pilihan yang efisien dan efektif [1], [9].

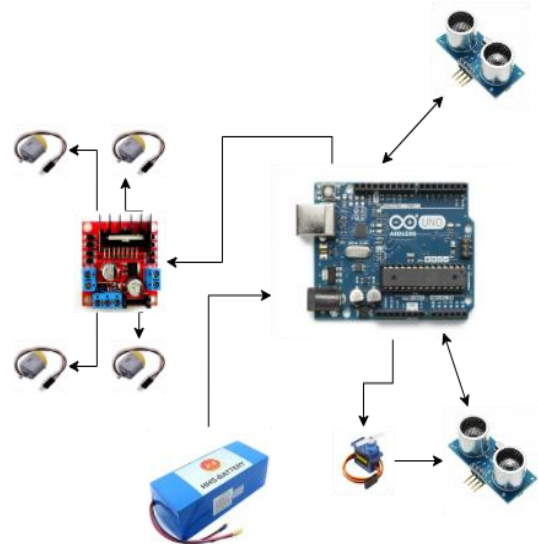
Dalam penelitian ini, dirancang sebuah robot *mobile* berbasis Arduino dengan empat motor DC yang dikendalikan melalui driver motor L298N [12], dilengkapi dua sensor ultrasonik. Sensor pertama dipasang pada servo untuk melakukan *sweeping* pada arah kiri–tengah–kanan pada bagian bodi atas robot, sementara sensor kedua diposisikan menghadap ke bawah untuk mendeteksi jurang dan dipasang pada bagian bawah robot. Sistem ini diharapkan mampu memberikan solusi sederhana namun efektif terhadap masalah navigasi dasar, khususnya dalam menghindari rintangan dan mendeteksi *cliff* di lingkungan nyata [3], [10] berdasarkan *double* sensor ultrasonik dengan motor servo.

2. METODE

2.1 Perancangan Hardware

Perancangan **hardware** robot *mobile* ini memerlukan beberapa komponen seperti: Arduino Uno, 4 motor Dc, 1 Driver Motro LN 298N, 2 sensor Ultrasonik HC-SR04, dan 1 motor servo. Penggunaan mikrokontroler Arduino Uno disini adalah sebagai pusat kendali yang terhubung dengan dua sensor ultrasonik HC-

SR04, yaitu satu di bagian depan untuk mendeteksi rintangan yang dilengkapi dengan motor servo agar sensor ultrasonik mampu membaca sudut yang lebih lebar dan satu di bagian bawah untuk mendeteksi jurang (*cliff*). Motor DC penggerak roda dikontrol melalui driver motor L298N dengan 4 motor DC. Sistem ini mendapat suplai daya dari baterai Li-ion 12V dengan regulator untuk menjaga kestabilan tegangan, dan seluruh komponen dihubungkan pada ground bersama agar sinyal lebih stabil.



Gambar 1. Perancangan Hardware
(Dokumen Pribadi)

2.2 Perancangan Software

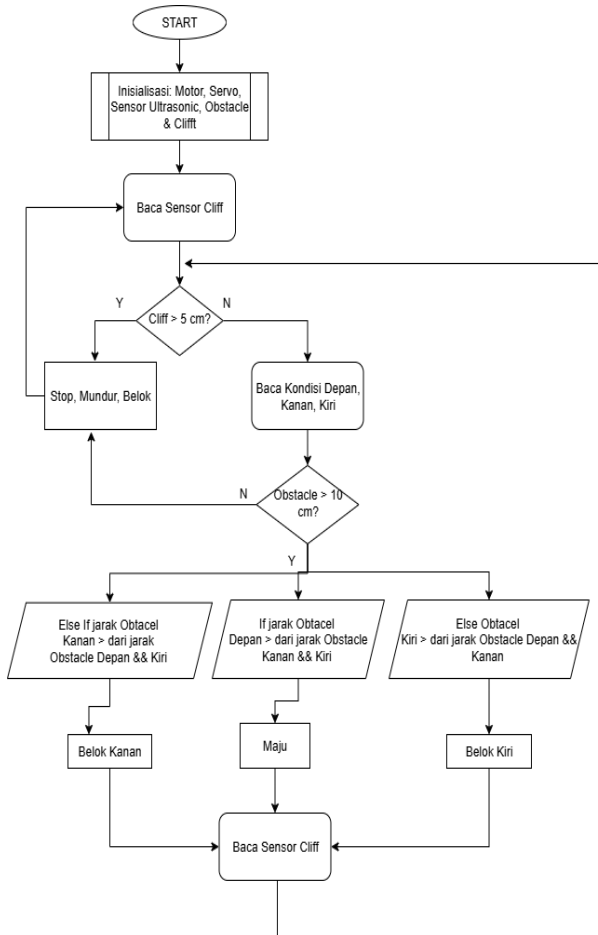
Sementara itu, perancangan algoritma **software** dirancang menggunakan Bahasa C berbasis Arduino IDE. Flowchart algoritma yang dibuat seperti pada Gambar 2, dimana prioritas deteksi *cliff* lebih tinggi dibandingkan deteksi *obstacle*. Perangkat lunak diawali dengan inisialisasi pin, sensor, dan motor, kemudian melakukan pembacaan data ultrasonik secara berkala. Tidak ada trayek yang diselipkan dalam program, sehingga algoritma yang diberikan dalam robot tidak ditanamkan program untuk kondisi berhenti. Algoritma tersebut diproses dalam *state machine* sederhana sebagai berikut: jika sensor bawah mendeteksi *cliff*, robot segera berhenti, mundur, lalu berputar; jika sensor depan mendeteksi *obstacle*, robot berhenti, melakukan belokan atau *sweep* dengan servo untuk mencari jalur bebas; sedangkan jika tidak ada hambatan, robot bergerak maju dengan kecepatan konstan sampai robot mendeteksi adanya *cliff*, maka robot akan kembali ke langkah awal.

Dalam format yang lebih sederhana dapat dituliskan kondisi-kondisi seperti di bawah ini:

1. **Mulai** → Inisialisasi pin, servo, sensor, motor
2. **Baca sensor cliff (bawah)**
 - Jika **jarak > threshold** → dianggap jurang → stop → mundur → belok → kembali loop
 - Jika aman → lanjut ke langkah 3
3. **Sweep servo sensor depan** (kiri, tengah, kanan)

4. **Cek jarak depan (center)**
 - Jika $\geq \text{SAFE_DISTANCE}$ → maju
 - Jika $< \text{SAFE_DISTANCE}$ → pilih arah dengan jarak terbesar (kiri/kanan) lalu belok
5. **Kembali ke langkah 2**

Logika kontrol ini diimplementasikan dengan pengaturan PWM untuk motor dan adanya perintah sudut untuk menggerakkan servo.



Gambar 2. Perancangan Software (Dokumen Pribadi)

2.3 Desain Skenario Uji (Eksperimen)

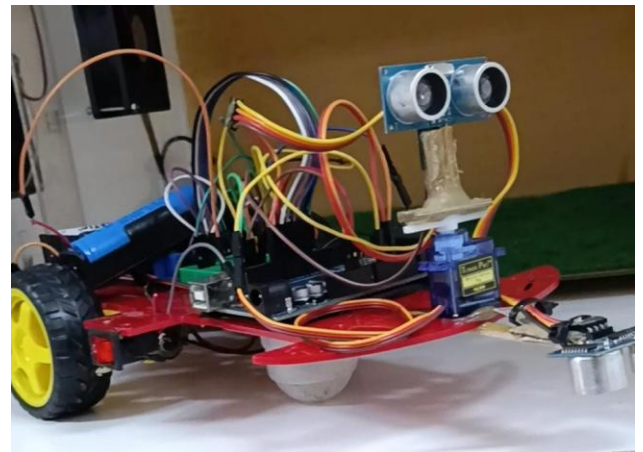
Pengujian dalam penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, dalam 5 jenis pengujian secara ideal, namun dalam penelitian ini hanya akan dilakukan 2 pengujian. Dua pengujian ini sangat dibutuhkan untuk pembuktian keberhasilan algoritma yang diterapkan untuk dua sensor ultrasonic dan diterapkan untuk aplikasi algoritma *differential drive* untuk 4 motor DC, dimana ke empat motor tersebut dipasang secara parallel 2-2 bagian kanan dan kiri. Berikut adalah perencanaan 5 jenis pengujian ideal untuk penerapan algoritma *differential drive* pada 4 motor DC, dengan dua sensor ultrasonic untuk mendeteksi *obstacle* dan *cliff*, yaitu seperti di bawah ini:

1. **Uji Cliff:** robot bergerak menuju tepian dari beberapa jarak awal (mis. 5, 10, 20, 30 cm). Catat apakah sensor bawah mendeteksi *cliff* dan robot melakukan manuver escape (stop → reverse → turn).

2. **Uji Single Obstacle:** letakkan *obstacle* sejajar pada jarak 5, 10, 15, 25, 40 cm; uji 10 ulangan tiap posisi; catat outcome (avoid/success, hit/fail).
3. **Uji Sweep & Pemilihan Arah:** konfigurasi *obstacle* sehingga sisi kiri atau kanan lebih lapang; tandai apakah robot memilih sisi dengan jarak lebih besar.
4. **Uji Labirin Sederhana / Multi-Obstacle:** lintasan zigzag dengan beberapa pintu sempit (30–40 cm); ukur completion rate dan waktu tempuh.
5. **Uji Variasi Permukaan:** ulangi uji *obstacle* pada permukaan berbeda (keramik, kayu, karpet) untuk mengevaluasi pengaruh permukaan terhadap pembacaan ultrasonik.

3. HASIL

Hasil dari pengujian aplikasi sensor ultrasonik pada *mobile robot* ini akan disajikan dalam bentuk Tabel 1 dan 2, dimana Tabel 1 adalah Uji Cliff dan Tabel 2 adalah Uji *Obstacle*. Dalam penelitian ini juga dibuat “Row Model” dari *mobile robot* pada Gambar 3, dimana dalam gambar tersebut ada dua sensor, dengan 1 sensor dipasang di atas bodi robot yang dikendalikan oleh servoyang dipasang di bawah sensor tersebut.



Gambar 3. Desain “Row Model” Robot (Dokumen Pribadi)

Sensor ultrasonic yang lain, ada di bawah bodi robot. Dalam perancangan *row model* robot *mobile* ini sensor dipasang pada bawah robot dengan bantuan perpanjangan lengan agar robot lebih cepat mengenali *cliff* yang ada didepannya. *Cliff* akan terdeteksi ketika jarak ketinggian yang dibaca oleh sensor dari permukaan bagian sensor ke bagian bawah *cliff* adalah lebih dari sama dengan 5 cm (data ini bisa di *adjust*). Sensor juga mampu mendeteksi *obstacle* dimana *obstacle* terdeteksi, ketika sensor ultrasonic atas membaca ada halangan di bagian depan samping kanan dan kiri pada jarak kurang dari sama dengan 10 cm. Ketika robot mendeteksi *cliff*, maka robot akan berhenti, mundur dan belok, begitu juga ketika robot mendeteksi *obstacle*. Robot akan terus berjalan menghindari halangan dan jurang, karena tidak ada algoritma berhenti yang disisipkan dalam program software aplikasi *mobile robot* ini.

Tabel 1. Uji Cliff

| Ketinggian (cm) | Pembacaan Sensor | Respon Robot |
|-----------------|------------------|--------------|
| 20 | Terbaca | Berhenti |
| 15 | Terbaca | Berhenti |
| 10 | Terbaca | Berhenti |
| 5 | Terbaca | Berhenti |
| 2 | Terbaca | Maju |

Tabel 2. Uji Obstacle

| Jarak (cm) | Pembacaan Sensor | Respon Robot |
|------------|------------------|--------------|
| 50 | Terbaca | Maju |
| 40 | Terbaca | Maju |
| 30 | Terbaca | Maju |
| 20 | Terbaca | Maju |
| 10 | Terbaca | Berhenti |

4. PEMBAHASAN

Pada sistem robot *mobile* yang dirancang, proses utama yang menjadi dasar pengendalian adalah pembacaan sensor ultrasonik. Sensor ini bekerja dengan prinsip memancarkan gelombang ultrasonik kemudian menangkap pantulannya (echo) dari suatu permukaan atau objek. Waktu tempuh gelombang digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek di depannya. Perhitungan jarak tersebut mengikuti persamaan:

$$d = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$

dengan d adalah jarak (cm), v adalah kecepatan rambat suara di udara (343 m/s pada suhu ruang), dan t adalah waktu tempuh gelombang bolak-balik (s).

Pada penerapannya, sensor ultrasonik difungsikan dalam dua mode, yaitu deteksi cliff dan deteksi *obstacle*. Cliff akan terdeteksi ketika jarak yang dibaca sensor lebih dari 5 cm dari permukaan bawah robot ke lantai. Kondisi ini menunjukkan adanya jurang atau tepi yang berbahaya sehingga robot harus segera menghentikan pergerakan, kemudian bergerak mundur, dan berbelok ke arah yang lebih aman. Sementara itu, *obstacle* akan terdeteksi apabila sensor membaca adanya objek pada jarak kurang dari 10 cm di depan, samping kanan, maupun samping kiri robot. Jika hal ini terjadi, robot akan berhenti, mundur, kemudian melakukan manuver belok sesuai posisi penghalang sehingga dapat menghindarinya. Batasan yang ditentukan dalam program bisa di adjust sesuai kebutuhan dari bagaimana medan yang akan dilalui oleh robot nantinya. Dari Tabel 1 dan 2 dapat diketahui bahwa sensor mampu bekerja dengan baik sesuai dengan algoritma yang sudah diterapkan. Dari kedua sensor tersebut mikro akan mengaplikasikan algoritma differential drive untuk mengatur logika gerak 4 motr, yang di atur oleh driver LN298.

Pergerakan robot menggunakan metode **differential drive** yang mengandalkan dua pasang roda kiri dan kanan, dimana kedua pasang rod aitu akan diatur secara paralel. Arah gerakan robot ditentukan oleh perbedaan kecepatan roda kiri (VLV_LVL) dan roda kanan (VRV_RVR). Jika kedua roda berputar dengan kecepatan sama, robot bergerak lurus ke depan atau ke belakang. Apabila roda kiri bergerak lebih cepat daripada roda kanan, maka robot akan berbelok ke kanan, dan sebaliknya. Kombinasi

gerakan berhenti, mundur, dan belok ini digunakan sebagai strategi robot dalam merespons data sensor. Dengan integrasi algoritma pada mikrokontroler Arduino, sensor ultrasonik dan motor driver dapat bekerja secara sinkron sehingga robot mampu bergerak secara otonom untuk menghindari cliff maupun *obstacle*.

Integrasi metode differential drive dengan sistem sensor ultrasonik dilakukan melalui algoritma yang diprogram pada **mikrokontroler Arduino**. Data hasil pembacaan sensor berupa jarak diolah secara real-time untuk memutuskan aksi gerak yang harus dilakukan. Misalnya, ketika sensor mendeteksi cliff dengan jarak lebih dari 5 cm, program langsung mengirimkan perintah berhenti, mundur, kemudian belok untuk mencari jalur aman. Begitu pula ketika *obstacle* terdeteksi pada jarak kurang dari 10 cm di depan, samping kanan, atau samping kiri, robot akan menjalankan pola gerakan serupa untuk menghindari tabrakan.

Proses komunikasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator berlangsung secara simultan. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai input, mikrokontroler sebagai pengolah data dan pengambil keputusan, sedangkan motor DC yang dikendalikan driver berperan sebagai aktuator. Kombinasi ketiganya membentuk suatu sistem tertutup (closed-loop system), di mana informasi lingkungan terus-menerus diperbarui oleh sensor dan menjadi dasar bagi mikrokontroler untuk menentukan keluaran gerak. Dengan desain ini, robot dapat bergerak **secara otonom**, mengurangi intervensi pengguna, serta meningkatkan keamanan dalam menghadapi kondisi lingkungan yang dinamis.

Dalam penelitian ini belum dilakukan secara detail pengujian terhadap algoritma *differential drive* yang ditanamkan, karena penelitian hanya fokus ke 2 sensor ultrasonik yang dipasang untuk mengenali obstacle dan cliff, dan berdsarkan hasil pengujian robot mampu mengenali dan mampu mengendalikan gerak robot untuk menghindarinya, di bawah ini adalah syntax yang digunakan dalam pengaturan kedua sensor ultrasonic dan motor servo

Dalam Robot ini, logika pengendalian robot berbasis sensor jarak untuk menghindari rintangan dan mendeteksi jurang (cliff). Pertama, robot membaca jarak dengan sensor. Jika sensor mendeteksi kondisi jurang, yaitu nilai jarak lebih besar dari ambang batas CLIFF_THRESHOLD atau terbaca nol, maka fungsi handleCliff() dipanggil untuk mencegah robot terjatuh, dan pergerakan langsung dihentikan. Jika tidak ada jurang, robot kemudian memeriksa keberadaan hambatan di depan dengan membandingkan jarak tengah (distCenter) terhadap SAFE_DISTANCE. Bila jarak depan cukup aman atau terdeteksi nol, robot akan bergerak maju dengan kecepatan default selama 200 ms. Namun, jika ada hambatan, robot akan memilih arah belok berdasarkan perbandingan jarak kiri dan kanan (distLeft dan distRight). Jika jarak sebelah kiri lebih besar, robot belok ke kiri, sebaliknya belok ke kanan. Setelah belok, motor dihentikan sejenak. Terakhir, servo yang digunakan untuk menyapu area sensor dikembalikan ke posisi tengah (POS_CENTER) dengan jeda 100 ms sebelum perulangan berikutnya. Dengan logika ini, robot mampu bergerak maju secara aman sambil menghindari rintangan dan jatuh dari tepi.

Dari program tersebut akan ada aksi implementasi algoritma differential drive untuk menggerakkan roda robot kanan kiri. Penelitian ini masih terbatas, pada implementasi dua sensor,

untuk performa robot belum diuji secara keseluruhan, dan ketika diuji robot tidak bertahan terlalu lama karena kendala pada baterai yang sangat cepat habis, baterai yang habis akan membuat performa robot menurun dan deteksi ultrasonic juga tidak begitu baik. Sehingga penting bagi para peneliti untuk mempertimbangkan lebih terkait baterai yang akan digunakan. Jika kita lihat pada Gambar 4. Maka dapat diketahui bahwa baterai untuk Arduino dengan baterai untuk driver dipisahkan, karena jika dijadikan 1 robot tidak mampu memberikan respon yang baik, dan tidak menampilkan performa yang optimal, terutama dalam mendeteksi halangan depan, dan pengambilan keputusan untuk berhenti.



Gambar 4. Detail Pemasangan Baterai Robot
(Dokumen Pribadi)

5. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian desain algoritma dengan dua sensor ultrasonic untuk menghindari *obstacle* dan cliff adalah sebagai berikut

1. Sensor ultrasonic pada robot *mobile* mampu mendeteksi *cliff* ketika jarak terbaca lebih dari 5 cm dari permukaan bawah robot, serta mendeteksi *obstacle* pada jarak kurang dari 10 cm di depan maupun samping. Hal ini membuktikan bahwa sensor bekerja secara efektif dalam memberikan informasi lingkungan yang dibutuhkan untuk navigasi dasar berbasis jarak.
2. Pemasangan dua sensor ultrasonic pada bagian depan dan samping robot meningkatkan keefektifan sistem deteksi. Dengan konfigurasi ini, robot tidak hanya dapat mengenali hambatan di jalur lurus, tetapi juga mampu mengantisipasi potensi penghalang dari sisi kanan maupun kiri, sehingga pergerakan menjadi lebih aman dan adaptif.
3. Algoritma yang digunakan berbasis logika jarak sensor yang dipadukan dengan metode **differential drive**, di mana keputusan gerak robot meliputi berhenti, mundur, dan berbelok sesuai kondisi yang terdeteksi. Integrasi sensor, mikrokontroler, dan motor driver dalam sistem tertutup (*closed-loop system*) memungkinkan robot bergerak secara otonom dengan respon yang cepat terhadap lingkungan dinamis.
4. Batasan Masalah dalam penelitian ini:
 - a. Pengujian hanya dilakukan dengan cara mendeteksi apakah ultrasonic mampu mengenali *obstacle* dan cliff
 - b. Tidak dilakukan ujian ketahanan baterai, karena baterai akan habis dalam waktu kurang dari 10 menit, dan belum dilakukan pengujian untuk penggunaan baterai lainnya

- c. Tidak dilakukan pengujian keefektifan algoritma *differential drive* dan akan dilakukan selanjutnya, untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Hayat, A. Hassan, M. Hajar, and E. A. Ali, "Design and Implementation of Fuzzy Logic for *Obstacle* Avoidance in Differential Drive *Mobile* Robot," *J. Robot. Control (JRC)*, vol. 5, no. 1, pp. 132–141, Jan. 2024.
- [2] L. Wang, X. Zhu, Z. Li, and S. Li, "Ultrasonic *Obstacle* Avoidance and Full-Speed-Range Hybrid Control for Intelligent Garages," *Sensors*, vol. 24, no. 17, Art. no. 5694, 2024.
- [3] S. Widodo, S. P. Sutisna, and R. Waluyo, "Rancang Bangun Sistem Gerak dan Penghindar Halangan Robot Pembersih Lantai," *ALMIKANIK*, vol. 3, no. 3, pp. 94–102, 2022.
- [4] Q. Liu, N. Li, D. Li, J. Yan, and J. Li, "Research on *Obstacle* Avoidance Algorithm for Wheeled Robot Based on Raspberry Pi," *Proc. SPIE 13163, METMS 2024*, vol. 13163, 2024.
- [5] Q. C. Barua, M. A. I. Nelay, S. U. Rahat, M. Das, M. S. I. Joy, N. Nahar, and A. Pathak, "An Ultrasonic Line Follower Robot to Detect *Obstacles* and Edges for Industrial and Rescue Operations," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 176, no. 31, pp. 31–37, Jun. 2020.
- [6] C. Sari, A. Zaki, and I. R. Juliana, "Prototype Sampah Otomatis untuk menunjang Pola Hidup Sehat di era New Normal," *ELECTRA: Electrical Engineering Articles*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [7] H. M. Alwan, V. A. Nikolavich, A. Shbani, and O. V. Vladimirovna, "Motion Control and *Obstacle* Avoidance of *Mobile* Robot with Mecanum Wheels," *Int. J. Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 82–96, Jan. 2025.
- [8] H. Alifian Aqsha, H. Afrisal, and Y. Alvin, "Perancangan Sistem *Obstacle* Avoidance Berbasis Deep Learning dan Sistem Navigasi Autonomous *Mobile* Robot (AMR)," *Transient: J. Ilm. Teknik Elektro*, vol. 13, no. 4, pp. 158–167, Dec. 2024.
- [9] S. Yang, J.-H. Kim, D.-K. Noh, W. Yang, and M. G. Lee, "Cliff-sensor-based Low-level *Obstacle* Detection for a Wheeled Robot in an Indoor Environment," *Proc. IEEE ICCE*, pp. 1–6, Jan. 2020.
- [10] S. Perkasa and F. Y. Setiono, "Advanced Line Follower Robot dengan Sensor Ultrasonic untuk Dynamic *Obstacle* Avoidance dan Smartphone-Based Control," *Elektrika*, vol. 17, no. 1, pp. 12–20, Apr. 2025.
- [11] Ardiansyah, T., & Sari, C. (2021). Rancang Bangun Kendali Robot Beroda menggunakan Sistem Android. *ELECTRA Electr. Eng. Artic*, 1(2), 20–26. Detaip
- [12] D. Z. Yanmida, A. S. Imam, and S. A. Alim, "*Obstacle* Detection and Anti-Collision Robot Using Ultrasonic Sensor," *Elektrika-J. Electrical Eng.*, vol. 22, no. 1, pp. 11–14, Apr. 2023.