

SKRIPSI

**ROBOT LINE FOLLOWER MAZE ZOLVING
BERBASIS SHORT PATH ALGORITHM**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Putu Juna Aryawan

NIM. 1915344010

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR SKRIPSI

ROBOT LINE FOLLOWER MAZE ZOLVING
BERBASIS SHORT PATH ALGORITHM

Oleh :

I Putu Juna Aryawan

NIM. 1915344010

Skripsi ini telah Melalui Bimbingan dan Disetujui untuk
Diseminarkan pada Seminar Skripsi
di
Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, *26 Juni* 2024

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:



I Gusti Putu Mastawan Eka Putra, ST,
MT.
NIP.197801112002121003

Dosen Pembimbing 2:



Ir. Kadek Amerta Yasa, ST, MT.
NIP. 196809121995121001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ROBOT LINE FOLLOWER MAZE ZOLVING BERBASIS SHORT PATH ALGORITHM

Oleh :

I Putu Juna Aryawan

NIM. 1915344010

Skripsi ini sudah Melalui Ujian Skripsi pada tanggal 1 Juli 2024
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi

di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 5 September 2024

Disetujui Oleh :
Tim Penguji :


1. Ida Bagus Irawan Purnama, ST., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197602142002121001


2. Dewa Ayu Indah Cahya Dewi, S.TI., MT.
NIP. 199110162020112005

Dosen Pembimbing :


1. I Gusti Putu Mastawan Eka Putra, ST, M.
NIP. 197801112002121003


2. Ir. Kadek Amerta Yasa, ST, MT.
NIP. 196809121995121001

Diketahui Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Otomasi


Ir. Kadek Amerta Yasa, ST., MT.
NIP. 196809121995121001



HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

ROBOT LINE FOLLOWER MAZE ZOLVING BERBASIS SHORT PATH ALGORITHM

adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya oranglain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsiyang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran. 5. SEPTEMBER 2024

Yang menyatakan



I Putu Juna Aryawan

NIM. 1915344010

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi beberapa permasalahan dalam membuat robot line follower maze solving. Dalam penelitian ini, dirancang dan diimplementasikan sebuah algoritma short path finding dalam proses pembuatannya. Robot ini mampu mencari jalur tercepat mencapai finish dengan menggunakan scan kiri dan kanan. Hasil penelitian ini menghasilkan seberapa cepat waktu robot dalam mencapai finish dan scanning maze dimana ini sangat bergantung pada panjang lintasan robot dengan waktu scanning pada lintasan 1 prioritas kiri yaitu 26,30 detik dengan waktu pada lintasan tercepat yaitu 11,36 detik, kemudian pada lintasan 1 prioritas kanan diperoleh 12,62 detik dengan waktu lintasan tercepatnya yaitu 10,67 detik, kemudian waktu pada lintasan 2 prioritas kiri yaitu 31,44 detik, lalu waktu pada lintasan tercepatnya yaitu 9,40 detik, kemudian waktu scanning pada lintasan 2 prioritas kanan yaitu 8,38 detik, kemudian waktu pada lintasan tercepatnya yaitu 8,39 detik, kecepatan robot dalam berjalan dimana hasil penelitian ini setelah dihitung dengan stopwatch dan rumus kecepatan robot memiliki kecepatan sebesar 0,25m/detik, kemudian akurasi robot saat di lintasan setelah dilakukan 10 kali percobaan pada lintasan 1 dan 2 robot tidak ada miss lintasan karena hasil kalkulasi jalur maze solving telah disimpan di eeprom memory. Serta efektifitas robot dalam lintasan 100% efisien karena robot dilakukan scanning kiri maupun kanan disalahnya lintasan hasil kalkulasi mazenya tetap sama. Dengan demikian, implementasi short path finding algorithm ini mampu diterapkan pada robot line follower dengan hasil sesuai harapan.

Kata Kunci: Robot Line Follower, Maze Solving, Short Path Finding.

ABSTRACT

This research aims to overcome several problems in making a maze solving line follower robot. In this research, a short path finding algorithm is designed and implemented in the manufacturing process. This robot is able to find the fastest path to the finish by using left and right scans. The results of this study produce how fast the robot's time is in reaching finish and scanning the maze where this is highly dependent on the length of the robot's trajectory with a scan time on the left priority trajectory 1 which is 26.30 seconds with the fastest trajectory time of 11.36 seconds, then on the right priority trajectory 1 obtained 12.62 seconds with the fastest trajectory time of 10.67 seconds, then the time on the left priority trajectory 2 is 31.44 seconds, then the time on the fastest trajectory is 9.40 seconds, then the scan time on the right priority trajectory 2 is 8.38 seconds, then the time on the fastest trajectory is 8.39 seconds, the speed of the robot in walking where the results of this study after being calculated with a stopwatch and the robot speed formula has a speed of 0.25m / sec, then the accuracy of the robot when on the track after 10 trials on trajectories 1 and 2 the robot does not miss the trajectory because the calculation results of the maze solving path have been stored in eeprom memory. And the effectiveness of the robot in the trajectory is 100% efficient because the robot is scanning left or right on one of the trajectories the maze calculation results remain the same. Thus, the implementation of this short path finding algorithm can be applied to line follower robots with the expected results.

Keywords: *Line Follower Robot, Maze Solving, Short Path Finding.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, serta karunia-Nya yang melimpah yang telah memandu penulis dalam penyusunan dan penyelesaian Skripsi dengan judul "Robot Line Follower Maze Solving Berbasis Short Path Algorithm". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi akhir Program Pendidikan Diploma IV Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan dorongan dalam proses penyusunan skripsi ini. Khususnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali dan selaku pembimbing 2 atas bimbingan, arahan, serta masukan yang berharga dalam mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dewa Ayu Indah Cahya Dewi, S. TI., M. T. selaku dosen Politeknik Negeri Bali dan selaku penguji 2 atas kesediaannya untuk menjadi penguji skripsi ini.
4. Bapak Ir. I Gusti Putu Mastawan Eka Putra, ST, MT., selaku pembimbing 1 yang memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Ida Bagus Irawan Purnama, ST., M.Sc., Ph.D selaku penguji 1 atas kesediaannya untuk menjadi penguji ini.

Tak lupa pula kepada seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali, yang telah memberikan ilmu, motivasi, dan dukungan dalam perjalanan akademik kami. Penulis juga ingin menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada keluarga, teman-teman, dan semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan moral, serta semangat dalam menyelesaikan studi ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang Robot Line Follower Maze Solving Berbasis Short Path Algorithm. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun dari pembaca sangat kami harapkan guna perbaikan di masa mendatang. Semoga penelitian ini bermanfaat dan dapat menjadi pijakan untuk penelitian lebih lanjut di masa depan.

Denpasar, 11 Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

.....	ii
.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Manfaat Akademik	6
1.5.2 Manfaat Aplikatif	6
BAB V	7
KESIMPULAN DAN SARAN	7
5.1. Kesimpulan	7
5.2. Saran	7
DAFTAR PUSTAKA	9

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot Line Follower Maze Solving berbasis Short Path Algorithm sebuah inovasi yang dirancang khusus untuk menavigasi labirin dengan efisien. Robot ini menggunakan kombinasi sensor dan algoritma pintar untuk mengikuti jalur yang tepat, menghindari rintangan, dan menemukan jalur terpendek ke tujuan. Algoritma perjalanan jalur pendek menjadi fondasi utama dalam strategi navigasi robot ini, memungkinkan robot untuk membuat keputusan secara cerdas dan adaptif saat bergerak di dalam labirin [1].

Labirin atau rute yang kompleks menjadi pemandangan yang menarik bagi para peneliti karena memerlukan kemampuan navigasi robot yang sangat canggih. Hal ini mencakup kemampuan untuk menemukan jalur terpendek atau tercepat menuju tujuan, menghindari rintangan yang mungkin terjadi, dan adaptasi terhadap perubahan-perubahan yang mungkin terjadi di lingkungan sekitarnya [2].

Dalam pengembangan teknologi *robotic* pada penelitian ini, satu aspek kunci yang menarik perhatian adalah seberapa efisien robot dalam menavigasi dan menyelesaikan labirin. Efisiensi ini tercermin dalam pertanyaan tentang waktu yang diperlukan oleh robot untuk mencapai titik akhir atau finish. Dalam konteks ini, waktu yang diperlukan oleh robot untuk menyelesaikan labirin menjadi parameter penting yang mencerminkan kinerja dan efektivitas robot dalam menavigasi lingkungan yang kompleks [4].

Pertimbangan waktu ini mencakup sejumlah faktor, termasuk kompleksitas dari labirin yang harus dilalui oleh robot, kecepatan gerak robot itu sendiri, serta efektivitas algoritma navigasi yang digunakan. Labirin mungkin memiliki berbagai tingkat kesulitan, termasuk belokan tajam, cabang-cabang yang membingungkan, atau rintangan yang harus dihindari. Semakin kompleks labirin, semakin banyak waktu yang diperlukan oleh robot untuk menemukan jalur tercepat menuju *finish* [5].

Dalam perjalanan menuju solusi yang efisien dan efektif, robot dalam teknologi robotika memerlukan strategi dan pendekatan yang matang untuk menavigasi dan menyelesaikan rintangan yang dihadapinya dalam labirin. Untuk mencapai tujuan akhirnya, robot tidak hanya dilengkapi dengan sensor-sensor canggih untuk mendeteksi rintangan seperti dinding atau halangan lainnya, tetapi juga memanfaatkan pengolahan data yang kompleks. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini diproses dan dianalisis secara cerdas, memungkinkan robot untuk memahami lingkungan sekitarnya dan merencanakan langkah-langkah navigasi yang tepat. Dengan bantuan algoritma navigasi yang cerdas, robot dapat merencanakan jalur terbaik untuk melewati rintangan, mengoptimalkan waktu dan energi yang diperlukan untuk mencapai tujuan [6].

Selain itu, robot juga mampu memetakan lingkungan sekitarnya dan membangun representasi visual atau spasial dari labirin, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur labirin dan lokasi rintangan. Kemampuan robot untuk merespons secara adaptif terhadap perubahan dalam lingkungan sekitarnya juga menjadi kunci dalam mengatasi rintangan. Ketika situasi berubah atau rintangan muncul, robot dapat mengubah jalur atau strategi navigasinya secara dinamis untuk menyesuaikan diri dengan kondisi baru. Melalui kombinasi pendekatan ini, robot dapat mengatasi rintangan dengan lebih efektif dalam menavigasi labirin, membawa teknologi robotika menuju tingkat kinerja yang lebih tinggi dan aplikasi yang lebih luas dalam berbagai bidang industri dan lingkungan [4].

Dalam pengembangan teknologi robotika, mengidentifikasi dan memahami algoritma yang diterapkan oleh robot untuk menyelesaikan permasalahan maze solving menjadi langkah krusial. Algoritma ini berperan penting dalam memungkinkan robot untuk menavigasi labirin dengan efisien dan akurat. Langkah-langkah konkret yang diambil oleh robot dalam proses pengambilan keputusan dan navigasi sangat menentukan keberhasilan robot dalam menyelesaikan tugas tersebut [7].

Algoritma perutean seperti algoritma prioritas kiri dan kanan telah terbukti efektif dalam menangani masalah-masalah kompleks ini. Mereka telah membantu dalam menentukan jalur terpendek atau optimal dalam labirin atau jaringan jalan

yang kompleks [7]. Oleh karena itu, integrasi algoritma ini dengan sistem navigasi robot line follower menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Dengan menggabungkan algoritma perutean yang efektif dengan kemampuan robot line follower, diharapkan kinerja robot dalam menavigasi labirin atau rute yang kompleks dapat meningkat secara signifikan.

Masalah kompleksitas navigasi, termasuk mengikuti jalur yang tepat, menghindari rintangan, dan menemukan jalur terpendek, memerlukan pendekatan yang cermat dan adaptif. Dengan memanfaatkan algoritma perjalanan jalur pendek, robot ini dapat mengatasi tantangan tersebut dengan akurat dan efektif, menghadirkan solusi yang relevan dalam bidang robotika modern. Dengan demikian, *Robot Line Follower Maze Solving* menunjukkan potensi besar dalam menghadapi tantangan navigasi yang kompleks dalam lingkungan yang dinamis dan beragam [8].

Penelitian tentang integrasi algoritma perutean dalam sistem navigasi robot *line follower* memiliki relevansi signifikan dengan perkembangan otonomi robot [9]. *Robot line follower* telah menjadi fokus penelitian yang populer dalam dunia robotika, terutama dalam aplikasi industri dan pendidikan. Kemampuannya untuk mengikuti jalur lintasan telah mendorong minat peneliti untuk mengembangkan aplikasi yang lebih kompleks, termasuk penyelesaian labirin secara otomatis [10]. Otonomi robot menjadi tujuan utama dalam pengembangan teknologi robotika, membuka kemungkinan baru dalam berbagai aplikasi, dari pemeliharaan infrastruktur hingga eksplorasi luar angkasa [1]. Dengan kemampuan untuk menavigasi labirin dengan efisien, robot dapat diterapkan dalam skenario dunia nyata di mana pengetahuan tentang lingkungan dan kemampuan membuat keputusan cepat sangat penting [11].

Dengan kemajuan dalam penelitian ini, berbagai aplikasi praktis dapat diraih. Misalnya, dalam bidang transportasi otonom, pengiriman barang otomatis, eksplorasi ruang, dan berbagai aplikasi lainnya. Dengan robot yang mampu mengatasi tantangan navigasi kompleks, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kinerja dalam berbagai konteks aplikasi, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perkembangan teknologi robotika di masa depan.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah waktu tempuh robot dalam menyelesaikan labirin saat scanning dan waktu pada lintasan tercepat?
2. Berapakah kecepatan rata-rata navigasi robot dalam mencapai tujuan, dihitung dalam satuan jarak per waktu tertentu?
3. Bagaimanakah mengukur akurasi navigasi robot dengan menguji ketetapan jalur lintasan pada memory?
4. Bagaimanakah efisiensi jalur yang ditempuh oleh robot dengan jalur terpendek yang mungkin tersedia?

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa batasan masalah penelitian ini:

1. Lingkup Robot

Penelitian ini akan membatasi penggunaan robot jenis *line follower* sebagai subjek utama. Robot ini akan diprogram untuk mengikuti garis lintasan yang telah ditentukan di atas permukaan yang rata.

2. Labirin

Penelitian ini akan memfokuskan pada navigasi robot dalam melewati labirin dua dimensi dengan rintangan statis. Labirin akan memiliki berbagai tingkat kompleksitas, tetapi tidak akan melibatkan perubahan dinamis atau rintangan yang bergerak.

3. Algoritma Perutean

Penelitian akan membatasi penggunaan algoritma perutean tertentu.

4. Sistem Navigasi

Robot akan dilengkapi dengan sensor-sensor yang diperlukan untuk mendeteksi garis lintasan, rintangan, dan keadaan sekitar yang diperlukan untuk menavigasi labirin. Namun, penelitian tidak akan mencakup pengembangan sensor baru atau teknologi pemrosesan data sensor.

5. Pengujian dan Evaluasi

Penelitian ini akan fokus pada pengujian dan evaluasi kinerja robot dalam menyelesaikan labirin. Parameter evaluasi akan mencakup kecepatan,

akurasi, dan efisiensi navigasi robot dalam menemukan jalur terpendek atau optimal.

6. Bahasa Pemrograman

Pengembangan perangkat lunak untuk kontrol robot akan menggunakan bahasa pemrograman C++.

7. Waktu dan Sumber Daya

Penelitian akan mempertimbangkan keterbatasan waktu dan sumber daya yang tersedia, termasuk perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan dan pengujian robot.

8. Analisis Kinerja

Penelitian ini akan melibatkan analisis kinerja robot line follower dalam menyelesaikan labirin menggunakan algoritma perutean tertentu. Analisis tersebut akan mencakup evaluasi keberhasilan robot, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan labirin, dan efisiensi jalur yang diambil oleh robot.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur waktu tempuh yang diperlukan oleh robot dalam menyelesaikan labirin dari titik awal ke titik *finish*, sehingga memahami efisiensi waktu dalam navigasi robot melalui lingkungan labirin yang kompleks.
2. Menganalisis kecepatan rata-rata navigasi robot dalam mencapai tujuan, dengan menghitung jarak yang ditempuh oleh robot dalam satu unit waktu tertentu, sehingga mengevaluasi kinerja navigasi robot secara keseluruhan.
3. Mengembangkan metode untuk mengukur akurasi navigasi robot dengan mencoba robot di jalur yang sama beberapa kali apakah robot miss terhadap jalur lintasan sehingga ini untuk menguji memory robot.
4. Membandingkan efisiensi jalur yang ditempuh oleh robot dengan jalur terpendek yang mungkin tersedia, sehingga dapat mengevaluasi keefektifan algoritma jalur pendek dalam memandu robot menuju tujuan dengan menggunakan waktu dan energi yang minimal.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Akademik

Penelitian ini akan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang robotika dan pemrosesan algoritma. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan oleh institusi pendidikan dan peneliti lain untuk memperluas pemahaman tentang navigasi robot dalam menghadapi labirin dan penerapan algoritma perutean dalam konteks praktis. Temuan dari penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan dan inspirasi bagi penelitian-penelitian berikutnya dalam bidang yang sama atau terkait.

1.5.2 Manfaat Aplikatif

Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan solusi praktis dalam pemecahan masalah navigasi yang kompleks dalam berbagai konteks, seperti pengembangan teknologi transportasi otonom, sistem pengiriman barang otomatis, dan navigasi dalam lingkungan yang kompleks. Dengan memahami cara kerja robot dalam menavigasi labirin dan menerapkan algoritma perutean yang efisien, hasil penelitian ini dapat membantu meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kinerja dalam berbagai aplikasi robotika di dunia nyata.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, akan membahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil dan pembahasan penelitian ini.

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah disajikan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu tempuh robot pada scanning dan lintasan tercepat berbeda beda setiap lintasan hal ini juga sangat dipengaruhi tegangan baterai robot.
2. Kinerja navigasi robot dievaluasi berdasarkan kecepatan rata-rata dalam mencapai tujuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata navigasi robot dalam menavigasi labirin 2,7 meter adalah 0,25 meter per detik pada pwm 100.
3. Akurasi robot ini 100% efisien karena dicoba pada lintasan 1 dan 2 sebanyak beberapa kali tetap dijalur yg sesuai dgn diharapkan.
4. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas algoritma jalur pendek dalam navigasi robot dengan membandingkan hasil dari scanning prioritas kiri dan kanan hasilnya jalur tercepatnya pun sama jadi robot ini 100 efisien.

5.2. Saran

Berdasarkan simpulan yang telah disusun, maka dapat dirumuskan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi dan memahami faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi waktu navigasi robot dalam labirin kompleks, seperti penyesuaian kecepatan navigasi atau peningkatan algoritma jalur pendek.
2. Pentingnya peningkatan akurasi navigasi robot dengan memperhatikan faktor-faktor seperti sensitivitas sensor, kalibrasi robot, dan pemilihan algoritma navigasi yang lebih tepat.
3. Diperlukan penelitian yang lebih mendalam untuk memperbaiki kecepatan rata-rata navigasi robot dalam mencapai tujuan, mungkin dengan

pengoptimalan mekanisme penggerak robot atau pengembangan algoritma navigasi yang lebih efisien.

4. Saran untuk mengembangkan metode evaluasi yang lebih komprehensif untuk mengukur akurasi navigasi robot, termasuk penggunaan teknologi pemetaan dan pemrosesan citra yang lebih canggih.
5. Lintasan jalur tidak boleh kotor untuk menghindari miss robot dari lintasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. S. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, *Introduction to Algorithms, 3rd Edition (The MIT Press)*. 2019.
- [2] S. Russell and P. Norvig, "Artificial Intelligence: A Modern Approach. Online edition, 2021, 4th US edition." <https://aima.cs.berkeley.edu/> (accessed Feb. 19, 2024).
- [3] F. Yanto and I. Welly, "Analisa dan Perbaikan Algoritma Line Maze Solving Untuk Jalur Loop , Lancip , dan Lengkung pada Robot Line Follower (LFR)," *J. CoreIT*, vol. 1, no. 2, pp. 57–62, 2015.
- [4] H. M. Zhang and M. L. Li, "Rapid path planning algorithm for mobile robot in dynamic environment," *Adv. Mech. Eng.*, vol. 9, no. 12, pp. 1–12, 2017, doi: 10.1177/1687814017747400.
- [5] K. Karur, N. Sharma, C. Dharmatti, and J. E. Siegel, "A Survey of Path Planning Algorithms for Mobile Robots," *Vehicles*, vol. 3, no. 3, pp. 448–468, 2021, doi: 10.3390/vehicles3030027.
- [6] H. Qin, S. Shao, T. Wang, X. Yu, Y. Jiang, and Z. Cao, "Review of Autonomous Path Planning Algorithms for Mobile Robots," *Drones*, vol. 7, no. 3, 2023, doi: 10.3390/drones7030211.
- [7] S. Islam, M. A. R. Bhuiyan, and M. N. Islam, "Chitin and Chitosan: Structure, Properties and Applications in Biomedical Engineering," *J. Polym. Environ.*, vol. 25, no. 3, pp. 854–866, 2017, doi: 10.1007/s10924-016-0865-5.
- [8] W. K. Pratt, "Digital Image Processing: PIKS Scientific Inside," *John Wiley & Sons, Inc.* 2017.
- [9] I. M. Mohammed, M. Z. N. Al-Dabagh, S. J. Rashid, and N. A. M. Isa, "Path discovering in maze area using mobile robot," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 20, no. 2, pp. 416–425, 2022, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v20i2.19408.
- [10] A. Ma'arif, S. Iskandar, and Iswanto, "New design of line maze solving robot with speed controller and short path finder algorithm," *Int. Rev. Autom. Control*, vol. 12, no. 3, pp. 154–162, 2019, doi: 10.15866/ireaco.v12i3.16501.
- [11] P. McKinnon, "Robotics: Everything You Need to Know about Robotics from Beginner to Expert," 2016. <https://books.google.mv/books?id=pAhUjwEACAAJ>
- [12] Y. H. Fajar, D. Syauqy, and R. Maulana, "Implementasi Maze Mapping pada Robot Line Follower untuk menentukan Shortest Path," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 8, pp. 7743–7751, 2019.
- [13] R. Purnomo, "Penyelesaian Maze Problem Dengan Berbagai Algoritma Pathfinding," Institut Teknologi Bandung, 2022.

- [14] T. Bouda, "Maze Solver — Days of Algo," 2023. <https://tschinz.github.io/days-of-algo/content/notebooks/010-maze-solver.html> (accessed Mar. 04, 2024).
- [15] R. R. Murphy and S. Tadokoro, "User interfaces for human-robot interaction in field robotics," *Springer Tracts in Advanced Robotics*, vol. 128. pp. 507–528, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-05321-5_11.
- [16] A. Mir, A. Mir, and I. T. Aurangabad, "Analysis Of Human Factors In Emerging Infectious Disease Using Artificial Intelligence And Data Science," no. January, 2024.
- [17] Goh, W. L., & Tan, K. K. (2014). "Design and Implementation of a Low-Cost Arduino-Based Educational Line Follower Robot." *International Journal of Engineering Education*, 30(5), 1245-1253.
- [18] Lim, S. H., Ibrahim, Z., & Mokhtar, A. S. (2017). "Design and Development of an Autonomous Line Following Robot." *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(1), 1-9.
- [19] Perdana, F., Rahmat, R. F., & Wibowo, A. (2020). "Design and Implementation of Line Follower Robot Based on Arduino and IR Sensor for Educational Purposes." *Journal of Physics: Conference Series*, 1565, 012066.
- [20] D'Andrea, R. (2015). "Line Follower Robot Using PID Control." In *2015 International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)* (pp. 95-99). IEEE.