



Rancang Bangun Robot *Line Follower* Otomatisasi dengan Sensor Cerdas

Abidul Muflih¹, Nurjaya², Ammase S^{3*}

^{1,2}Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kolaka utara, Indonesia

³PGSD, Fakultas Sains dan Keguruan, Universitas Muhammadiyah Kolaka utara, Indonesia

Email: abidulmufli83@gmail.com¹, nurjaya.9801@gmail.com², ammase.amma@gmail.com³

*Penulis Korespondensi

Abstrak

Perkembangan teknologi robotika telah membawa berbagai inovasi dalam bidang otomasi, salah satunya melalui pengembangan robot *line follower*. Robot jenis ini berfungsi untuk mengikuti jalur tertentu menggunakan sensor optik sebagai media pendeteksi garis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja robot *line follower* berbasis mikrokontroler Arduino dengan memanfaatkan sensor inframerah (IR), motor DC, driver motor L298N, serta komponen pendukung lainnya. Metodologi yang digunakan meliputi tahap perancangan perangkat keras, pembuatan papan PCB, perakitan komponen, hingga pemrograman menggunakan Arduino IDE dengan metode teaching (point-to-point). Hasil implementasi menunjukkan bahwa robot mampu mendeteksi dan mengikuti jalur dengan baik setelah dilakukan kalibrasi sensor dan penyesuaian kecepatan motor. Uji coba memperlihatkan bahwa sistem dapat berjalan secara stabil, responsif, dan efisien dalam berbagai kondisi jalur. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman konsep dasar robotika, keterampilan pemrograman mikrokontroler, serta integrasi sensor dan aktuator yang relevan untuk aplikasi pendidikan maupun otomasi industri sederhana.

Kata kunci: Robot Line Follower, Arduino, Sensor Inframerah, Mikrokontroler, Robotika

Abstract

The development of robotics technology has brought various innovations in automation, one of which is the line follower robot. This type of robot is designed to follow a predetermined path using optical sensors to detect the line. This study aims to design, implement, and evaluate the performance of a microcontroller-based line follower robot using Arduino, infrared (IR) sensors, DC motors, L298N motor drivers, and other supporting components. The methodology includes hardware design, PCB fabrication, component assembly, and programming through the Arduino IDE using the teaching (point-to-point) method. The implementation results show that the robot can detect and follow the line effectively after proper sensor calibration and motor speed adjustment. Experimental tests indicate that the system operates in a stable, responsive, and efficient manner under various path conditions. This study contributes to a better understanding of fundamental robotics concepts, microcontroller programming skills, and the integration of sensors and actuators, which are relevant for both educational purposes and simple industrial automation applications.

Keywords: Line Follower Robot, Arduino, Infrared Sensor, Microcontroller, Robotics

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 telah mendorong pemanfaatan sistem otomasi dan robotika di berbagai sektor, mulai dari industri, kesehatan, hingga pendidikan. Salah satu implementasi yang sederhana namun aplikatif adalah *robot line follower*, yaitu robot otonom yang dirancang untuk mengikuti jalur tertentu menggunakan sensor optik atau inframerah (IR). Prinsip kerjanya adalah

mendeteksi kontras warna antara garis dengan latar permukaan, kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk mengendalikan pergerakan motor secara *real-time*. Teknologi ini telah banyak digunakan dalam industri modern, seperti sistem transportasi material dan logistik internal, serta dalam pendidikan sebagai media pembelajaran robotika dasar karena mampu memperkenalkan konsep sensor, aktuator, hingga algoritma kendali secara praktis.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi sekaligus keterbatasan dari robot *line follower*. [1] mengimplementasikan *line follower* berbasis mikrokontroler ATmega32A dan membuktikan bahwa robot dapat mengikuti garis dengan baik pada kecepatan motor 90–150 rpm, tetapi kehilangan akurasi pada kecepatan di atas 150 rpm akibat keterbatasan sensitivitas sensor. Sementara itu, [2] menerapkan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) untuk meningkatkan kemampuan adaptasi robot terhadap perubahan jalur. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa robot mampu bergerak stabil mengikuti garis dengan rata-rata settling-time 1,633 detik, sehingga membuktikan bahwa pendekatan kecerdasan buatan dapat meningkatkan kinerja navigasi.

Meskipun demikian, masih terdapat sejumlah tantangan yang perlu diselesaikan. Keterbatasan sensor inframerah dalam kondisi pencahayaan bervariasi, konsumsi daya motor DC yang relatif boros, serta algoritma kendali sederhana yang kurang mampu mengatasi jalur bercabang maupun tikungan tajam menjadi kendala utama dalam pengembangan robot *line follower*. Hal ini menegaskan adanya kebutuhan penelitian lanjutan untuk menghadirkan sistem yang lebih stabil, adaptif, dan efisien.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan, implementasi, dan evaluasi robot *line follower* berbasis Arduino. Penelitian ini tidak hanya mendokumentasikan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga menguji kinerja robot pada berbagai kondisi jalur. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan robotika dasar, sekaligus menghadirkan rekomendasi pengembangan lebih lanjut, baik dalam hal sensor, algoritma kontrol, maupun desain mekanis, agar sistem *line follower* mampu berkembang menuju robot yang lebih kompleks, adaptif, dan cerdas.

2. KAJIAN TEORITIS

Robot *line follower* merupakan salah satu bentuk mobile robot yang bergerak secara otonom mengikuti jalur tertentu, biasanya berupa garis hitam di atas permukaan putih.

Prinsip kerjanya memanfaatkan sensor optik atau inframerah (IR) untuk mendeteksi kontras cahaya antara garis dan latar, kemudian sinyal tersebut diproses oleh mikrokontroler untuk mengatur kecepatan serta arah motor DC. Komponen utama robot *line follower* umumnya terdiri dari sensor IR, mikrokontroler (Arduino Uno atau ATmega328), motor driver (misalnya L298 atau L293), motor DC, serta sumber daya baterai. Selain menjadi media edukatif untuk mempelajari konsep dasar elektronika, pemrograman, dan robotika, robot *line follower* juga memiliki aplikasi praktis di industri. Teknologi ini banyak digunakan sebagai dasar pengembangan *Automated Guided Vehicle* (AGV) yang berfungsi untuk transportasi material dalam sistem logistik dan jalur produksi otomatis. Oleh sebab itu, robot *line follower* memiliki nilai strategis baik sebagai sarana pembelajaran maupun sebagai implementasi nyata di dunia industri.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan robot *line follower* dengan berbagai pendekatan. [3] Merancang robot *line follower* berbasis LabView dengan kendali Proportional Integral Derivative (PID), di mana metode PID terbukti mampu meningkatkan kestabilan pergerakan robot dengan tingkat keberhasilan 90%, meskipun sensor masih perlu dikalibrasi karena pengaruh variasi cahaya ruangan. [4] mengembangkan robot *line follower* berbasis Arduino yang dilengkapi sistem *Avoid Obstacle* dengan metode *Wall Following*, sehingga robot tidak hanya mampu mengikuti garis, tetapi juga dapat menghindari hambatan dengan mengikuti sisi objek hingga kembali ke jalurnya; penelitian ini menunjukkan peningkatan fleksibilitas dan reliabilitas robot *line follower* ketika digunakan pada lingkungan yang dinamis. Sementara itu, [5] mengembangkan robot *line follower* dengan lengan (ARM) berbasis Arduino Uno yang tidak hanya mampu mengikuti garis, tetapi juga dapat melakukan manipulasi objek menggunakan motor servo, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi sensor IR, sensor ultrasonik, dan aktuator tambahan dapat memperluas fungsi robot *line follower* dari sekadar navigasi menjadi robot pemindah barang otomatis. Selain itu, penelitian lain juga memanfaatkan pendekatan kecerdasan buatan, seperti logika *fuzzy* dan algoritma genetika, untuk meningkatkan akurasi, responsivitas, serta kemampuan adaptasi robot pada jalur bercabang maupun tikungan tajam, sehingga meskipun terlihat sederhana, robot *line follower* tetap menjadi sarana riset yang relevan untuk menguji efektivitas berbagai algoritma kontrol.

Berdasarkan teori dasar dan penelitian terdahulu, robot *line follower* memiliki posisi penting dalam dunia akademik maupun industri. Pada bidang pendidikan, robot ini memberikan pengalaman praktis bagi mahasiswa untuk menguasai konsep dasar elektronika, mikrokontroler, dan integrasi sensor. Sedangkan di bidang industri, robot *line follower* menjadi dasar dari sistem AGV yang terbukti mampu meningkatkan efisiensi logistik dan transportasi material. Namun demikian, tantangan masih ditemukan, seperti keterbatasan sensor inframerah terhadap intensitas cahaya, konsumsi energi motor DC yang relatif tinggi, serta ketidakstabilan algoritma sederhana pada jalur bercabang atau kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini dilandasi pada kebutuhan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi robot *line follower* berbasis Arduino agar menghasilkan sistem yang lebih stabil, efisien, dan adaptif terhadap variasi jalur.

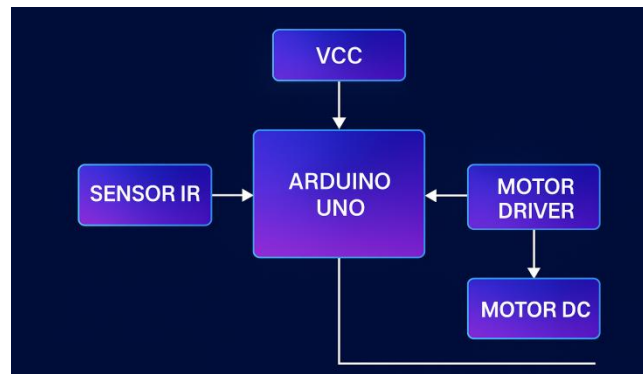
3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen (*experimental research*) dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian eksperimen dipilih karena fokus penelitian adalah merancang, mengimplementasikan, dan menguji prototipe robot *line follower* berbasis Arduino untuk mengetahui kinerjanya pada berbagai kondisi jalur. Pendekatan kuantitatif digunakan karena pengujian kinerja robot dilakukan melalui pengukuran variabel yang bersifat numerik, seperti waktu tempuh, tingkat akurasi, dan stabilitas pergerakan.

Metode ini menekankan pada *trial and error* serta evaluasi langsung di lapangan melalui simulasi lintasan. Proses penelitian melibatkan tahap perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), integrasi sistem, serta pengujian performa dengan variasi jalur uji. Analisis hasil dilakukan secara deskriptif dengan menghitung rata-rata, persentase keberhasilan, serta perbandingan performa antar kondisi uji.

a. Desain Penelitian

Penelitian dirancang dalam bentuk pembuatan prototipe robot *line follower*. Komponen yang digunakan terdiri dari Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor inframerah sebagai pendeteksi garis, motor DC sebagai aktuator, driver motor L298N sebagai pengendali motor, serta baterai sebagai sumber daya. Pemrograman robot dilakukan dengan Arduino IDE.



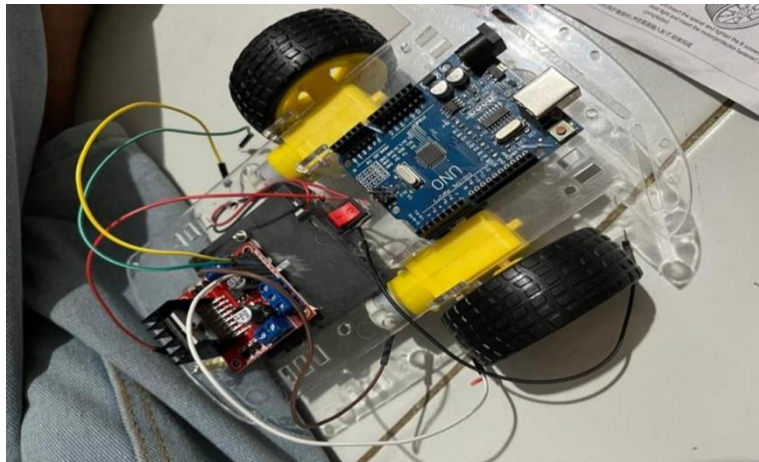
Gambar 1. Block Diagram Sistem Robot *Line Follower*

b. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini mencakup berbagai lintasan standar yang umum digunakan dalam pengujian robot *line follower*, sedangkan sampel yang dipilih meliputi lintasan lurus, bercabang, tikungan tajam, dan jalur dengan variasi pencahayaan. Keempat sampel tersebut dipilih secara purposive untuk mewakili kondisi operasional nyata yang beragam, mulai dari situasi ideal hingga kondisi menantang. Lintasan lurus digunakan untuk mengukur stabilitas gerak, percabangan untuk menilai kemampuan pengambilan keputusan, tikungan tajam untuk menguji respons manuver, serta variasi pencahayaan untuk menilai ketahanan sensor dan algoritme deteksi garis. Setiap pengujian dilakukan berulang agar hasil lebih reliabel, dengan parameter yang diamati meliputi akurasi mengikuti garis, waktu tempuh, jumlah kesalahan, serta efisiensi kontrol.

c. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui uji coba langsung pada prototipe robot *line follower* dengan memanfaatkan beberapa instrumen pendukung. Sensor inframerah (IR) digunakan sebagai alat utama untuk mendeteksi garis hitam pada lintasan dan memastikan robot tetap berada pada jalurnya, sedangkan *stopwatch* dipakai untuk mengukur waktu tempuh sebagai indikator kecepatan dan efisiensi pergerakan. Selain itu, multimeter digital digunakan untuk memantau kondisi kelistrikan dengan mengukur tegangan serta arus pada sistem agar kinerja komponen elektronik dapat dievaluasi secara akurat. Data tambahan diperoleh melalui catatan observasi manual yang mencatat stabilitas gerak, tingkat kelancaran navigasi, dan jumlah kesalahan yang terjadi, sehingga informasi yang terkumpul dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa robot pada berbagai kondisi lintasan.



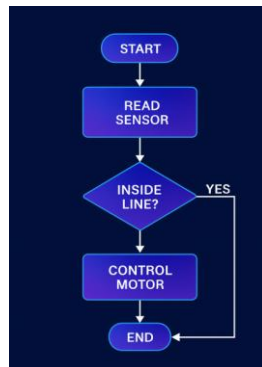
Gambar 2. Rancangan Fisik Robot *Line Follower*

d. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan statistik deskriptif untuk menggambarkan performa robot *line follower* secara objektif. Data yang diperoleh dari hasil uji coba diolah dengan menghitung rata-rata waktu tempuh, persentase keberhasilan dalam mengikuti lintasan, serta tingkat stabilitas pergerakan sebagai indikator konsistensi sistem kendali. Selanjutnya, hasil pengukuran dari setiap jenis lintasan baik lurus, bercabang, tikungan tajam, maupun dengan variasi pencahayaan dibandingkan untuk menilai efektivitas algoritma yang diterapkan dalam menghadapi kondisi yang berbeda. Analisis ini tidak hanya menunjukkan keunggulan maupun keterbatasan sistem pada situasi tertentu, tetapi juga memberikan gambaran menyeluruh mengenai kemampuan adaptasi robot terhadap variasi lingkungan pengujian.

e. Model Penelitian

Model penelitian ini dibangun dengan menempatkan kondisi lintasan sebagai variabel bebas yang terdiri atas jalur lurus, bercabang, tikungan tajam, dan variasi pencahayaan, sedangkan variabel terikatnya adalah kinerja robot *line follower* yang diukur melalui indikator akurasi navigasi, efisiensi waktu tempuh, serta kestabilan pergerakan. Hubungan antar variabel diasumsikan bersifat kausal, di mana perubahan bentuk lintasan akan memengaruhi performa robot pada aspek ketepatan mengikuti garis, kecepatan penyelesaian jalur, dan konsistensi dalam menjaga stabilitas gerakan. Dengan demikian, model penelitian ini memberikan kerangka analisis untuk menilai seberapa besar pengaruh variasi kondisi lintasan terhadap efektivitas sistem kendali robot yang diuji.



Gambar 3. Flowchart Model Penelitian Robot *Line Follower*

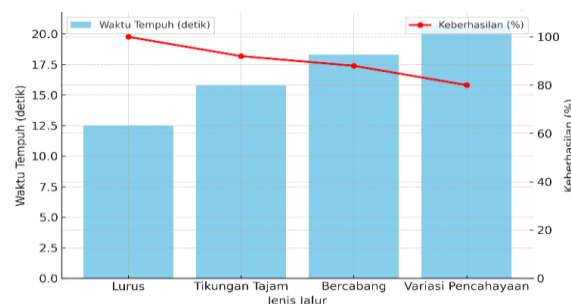
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Robot *Line Follower*

Pengujian robot *line follower* dilakukan pada lintasan yang telah dirancang dengan empat variasi, jalur lurus, jalur tikungan tajam, jalur bercabang, serta jalur dengan variasi pencahayaan. Setiap lintasan diuji sebanyak lima kali untuk memperoleh nilai rata-rata. Parameter yang diamati meliputi waktu tempuh dan tingkat keberhasilan robot dalam menyelesaikan lintasan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Robot *Line Follower*

Jenis Jalur	Rata-rata Waktu Tempuh (detik)	Keberhasilan (%)	Keterangan Utama
Lurus	12,5	100	Stabil, tidak terjadi kesalahan navigasi
Tikungan Tajam	15,8	92	Sedikit melambat di tikungan
Bercabang	18,3	88	Sesekali salah memilih jalur
Variasi Pencahayaan	20,7	80	Sensor IR terganggu cahaya berlebih



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Robot *Line Follower* pada Variasi Jalur

b. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa robot *line follower* yang dikembangkan mampu mencapai tingkat keberhasilan 100% pada lintasan lurus dengan waktu tempuh

rata-rata 12,5 detik. Akan tetapi, performa robot menurun pada lintasan bercabang dan kondisi pencahayaan tinggi, dengan tingkat keberhasilan masing-masing 88% dan 80%. Temuan ini menegaskan bahwa sensor inframerah masih memiliki keterbatasan dalam menghadapi variasi intensitas cahaya, sehingga diperlukan strategi pengembangan baik pada aspek algoritma pengendalian maupun desain sensorik agar kinerja robot lebih stabil.

Hasil ini sejalan dengan penelitian [6] yang memanfaatkan ESP32-CAM dan algoritma *fuzzy logic* untuk meningkatkan adaptivitas robot terhadap variasi jalur dan pencahayaan. Mereka membuktikan bahwa penggunaan sensor kamera dapat memberikan fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan sensor inframerah biasa. Senada dengan itu, [7] pada robot *line follower* berbasis Arduino dan sensor TCRT5000 juga menunjukkan bahwa sistem sederhana mampu bekerja efektif pada jalur standar, namun akurasi menurun pada jalur bercabang dan berbelok tajam.

Selain itu, [8] menekankan pentingnya pendekatan berbasis *Project Based Learning* (PBL) dalam pengembangan modul robot *line follower*. Melalui PBL, mahasiswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga memperoleh pengalaman langsung dalam merakit, memprogram, dan menguji robot, sehingga meningkatkan keterampilan praktis mereka. Sementara itu, [9] juga merancang prototipe robot *line follower* sederhana berbasis Arduino Uno dengan sensor TCRT5000. Penelitian mereka menyoroti efektivitas sistem sebagai media pembelajaran dasar robotika, meskipun kinerja masih dipengaruhi oleh kondisi lintasan dan intensitas cahaya.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki kesesuaian dengan temuan sebelumnya yang menegaskan bahwa robot *line follower* efektif sebagai media edukasi dan platform eksperimen algoritma kontrol. Perbedaannya adalah penelitian ini lebih menekankan pada evaluasi performa akurasi dan stabilitas navigasi dalam berbagai kondisi jalur, sementara penelitian lain lebih menitikberatkan pada desain prototipe, pengembangan modul pembelajaran, atau penerapan sensor yang lebih canggih. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun robot *line follower* sering dianggap sederhana, ia tetap relevan untuk pengembangan ilmu robotika dan otomasi, baik dalam aspek teoritis maupun praktis.

c. Implikasi Penelitian

Implikasi teoritis dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor inframerah pada robot *line follower* memiliki keterbatasan tertentu, khususnya ketika

dihadapkan pada variasi atau perubahan intensitas cahaya. Kondisi ini menegaskan bahwa meskipun sensor IR cukup efektif untuk mendeteksi garis pada lintasan standar, faktor lingkungan eksternal seperti pencahayaan dapat memengaruhi akurasi deteksi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan teori maupun penelitian lanjutan yang berfokus pada integrasi sensor tambahan atau algoritme yang lebih adaptif agar sistem mampu bekerja secara lebih andal dalam berbagai situasi.

Dari sisi praktis, penelitian ini membuktikan bahwa robot *line follower* berbasis Arduino dapat dijadikan media pembelajaran yang efektif untuk memperkenalkan konsep dasar robotika di perguruan tinggi. Selain itu, prototipe yang dihasilkan juga memberikan gambaran nyata mengenai potensi pengembangan sistem transportasi otomatis sederhana yang dapat diterapkan dalam skala kecil. Hal ini tidak hanya membuka peluang inovasi di bidang pendidikan dan riset, tetapi juga memberi kontribusi terhadap pemikiran awal dalam merancang solusi otomasi yang lebih kompleks dan aplikatif di masa mendatang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan robot *line follower* berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan dukungan sensor inframerah, driver motor L298N, dan motor DC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mengikuti lintasan dengan baik, baik pada jalur lurus maupun tikungan, setelah dilakukan kalibrasi sensor dan pengaturan kecepatan motor melalui PWM. Sistem ini terbukti dapat berjalan stabil, responsif, serta efisien dalam mendeteksi jalur, sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dalam memahami konsep dasar robotika, elektronika, serta pemrograman mikrokontroler.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, khususnya sensitivitas sensor terhadap perubahan pencahayaan, efisiensi daya baterai yang memengaruhi kinerja robot dalam jangka waktu lama. Pengembangan lebih lanjut disarankan menerapkan algoritma kontrol adaptif seperti logika *fuzzy* atau *neural network*, penggunaan sensor dengan tingkat akurasi lebih tinggi, serta *driver* motor yang lebih efisien. Dengan pengembangan tersebut, robot *line follower* diharapkan dapat memiliki kinerja yang lebih handal, adaptif, dan aplikatif baik dalam dunia pendidikan maupun implementasi sederhana di bidang industri otomasi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. Latif, H. A. Widodo, R. Rahim, and K. Kunal, "Implementation of Line Follower Robot Based Microcontroller ATmega32A," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 1, no. 3, pp. 70–74, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18196/jrc.1316>.
- [2] A. Rizal, "Implementasi Fuzzy Logic Controller pada Robot Line Follower," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*, Nov. 2017, pp. 59–64.
- [3] M. R. Taufik and M. Y. Permana, "Rancang Bangun Robot Line Follower berbasis LabVIEW Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID)," *Telekontran*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [4] M. A. Nugraha, D. Syauqy, R. Regasari, and M. Putri, "Perancangan dan Implementasi Robot Line Follower Menggunakan Avoid Obstacle dengan Metode Wall Following," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 1, 2017. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [5] H. A. Tambunan and M. R. Simanjuntak, "Robot Line Follower with Arm Menggunakan Arduino Uno R3," *Jurnal Bisantara Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 33–45, 2024. [Online]. Available: <https://bisantara.amikparbinanusantara.ac.id/index.php/bisantara/article/view/109>
- [6] A. D. Manggali, R. J. Dintarisanto, M. Athaozih, A. I. Nadziron, A. S. Priambodo, K. Progo, and D. I. Yogyakarta, "Perancangan & Implementasi Robot Line Follower Berbasis ESP32-CAM dengan Fuzzy Logic untuk Navigasi Cerdas," vol. 13, no. 3, n.d.
- [7] G. D. Perkasa and F. Y. Setiono, "Advanced Line Follower Robot dengan Sensor Ultrasonik untuk Dynamic Obstacle Avoidance dan Smartphone-Based Control," *Elektrika*, vol. 17, no. 1, pp. 12–20, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.26623/elektrika.v17i1.11813>.
- [8] M. Akil, M. Mustafa, and S. Suhaeb, "Pengembangan Modul Pembelajaran Robot Line Follower pada Mahasiswa Pendidikan Teknik Elektronika FT UNM," pp. 1262–1270, 2023.
- [9] R. Ridarmin, F. Fauzansyah, E. Elisawati, and E. Prasetyo, "Prototype Robot Line Follower Arduino Uno Menggunakan 4 Sensor TCRT5000," *Informatika*, vol. 11, no. 2, p. 17, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.36723/juri.v11i2.183>.