

IMPLEMENTASI FUZZY LOGIC PADA SISTEM PENGEREMAN MOBIL PENGANGKUT BARANG INDUSTRI BERBASIS SENSOR VERTICAL LINE

**Yoga Restu Wardhana^{1*}, Farid Baskoro², I Gusti Putu Asto Buditjahjanto³,
Endryansyah⁴**

^{1,2,3,4} Universitas Negeri Surabaya; Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya;
telp/Fax (031) 8280804

Abstract (English)

In the industrial sector, the need for efficient and safe internal transportation systems is crucial. This study discusses the implementation of fuzzy logic in the braking system of an industrial freight vehicle using a vertical line sensor (VL53L0X) to improve automatic braking response. The system is designed using an Arduino Uno as the main microcontroller, connected to a VL53L0X distance sensor, an MPU6050 gyroscope to detect the vehicle's orientation and movement, and a motor driver to control the braking actuator. Fuzzy logic is applied to process input data such as distance and acceleration, and then determine the appropriate braking level. The test results show that the system is capable of performing smooth and accurate braking based on changes in track conditions and vehicle speed. Therefore, this system can enhance safety and operational efficiency of vehicles in industrial environments.

Article History

*Submitted: 19 November 2025
Accepted: 22 November 2025
Published: 23 November 2025*

Key Words

arduino uno, fuzzy logic, mobil industri, penggereman otomatis, sensor VL53L0X

Abstrak (Indonesia)

Dalam dunia industri, kebutuhan akan sistem transportasi internal yang efisien dan aman menjadi sangat penting. Penelitian ini membahas implementasi metode fuzzy logic pada sistem penggereman mobil pengangkut barang industri berbasis sensor vertical line (menggunakan sensor VL53L0X) untuk meningkatkan respons penggereman secara otomatis. Sistem ini dirancang memanfaatkan Arduino uno sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan sensor jarak VL53L0X, sensor gyroscope MPU6050 untuk mendekripsi orientasi dan gerakan kendaraan, serta motor driver yang mengendalikan aktuator penggereman. Logika fuzzy digunakan untuk mengolah data input berupa jarak dan kecepatan, kemudian menentukan level penggereman otomatis yang sesuai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penggereman secara halus dan tepat berdasarkan perubahan kondisi jalur dan kecepatan kendaraan. Dengan demikian, sistem ini dapat meningkatkan keselamatan operasional kendaraan dalam lingkungan industri.

Sejarah Artikel

*Submitted: 19 November 2025
Accepted: 22 November 2025
Published: 23 November 2025*

Kata Kunci

arduino uno, fuzzy logic, mobil industri, penggereman otomatis, sensor VL53L0X

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, terutama di sektor industri dan manufaktur. Salah satu inovasi penting dalam bidang ini adalah otomatisasi proses produksi dan distribusi, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, dan meminimalisir kesalahan manusia. Salah satu bagian utama dalam proses industri adalah manajemen pergudangan. Karyawan gudang membutuhkan waktu cukup banyak dalam memindahkan barang ke gudang, karena karyawan gudang harus memindahkan barang tersebut ke setiap gudang masing-masing berdasarkan aturan jenis barang.[1] Salah satu mikrokontroler yang paling terkenal dan banyak digunakan yakni arduino. Arduino ialah sebuah platform elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan.[2]

Board pada Arduino memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset.[3] Arduino menerima informasi melalui berbagai sensor dan dapat

mengendalikan banyak aktuator.[4] Rancang bangun alat pengangkut barang berbasis Arduino dan sensor VL ini bertujuan menciptakan solusi yang efisien dan praktis dalam otomatisasi pengangkutan barang, mengurangi risiko kecelakaan, serta meningkatkan produktivitas di lingkungan kerja. Di sisi lain, motor servo memainkan peran penting dalam mengendalikan pergerakan bagian-bagian mekanis alat pengangkut, seperti lengan pengangkat atau roda penggerak. [5]

Tujuan penelitian adalah untuk menghasilkan prototipe kendaraan industri yang dilengkapi sistem pengereman otomatis berbasis fuzzy logic yang mampu merespons perubahan jarak dan kecepatan secara adaptif, serta menguji keefektifan sistem tersebut dalam lingkungan pengujian terkendali.

Manfaat dari penelitian ini antara lain memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem transportasi industri berbasis mikrokontroler dengan kemampuan kontrol adaptif. Secara praktis, sistem ini dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional kendaraan pengangkut barang di lingkungan pabrik dan gudang.

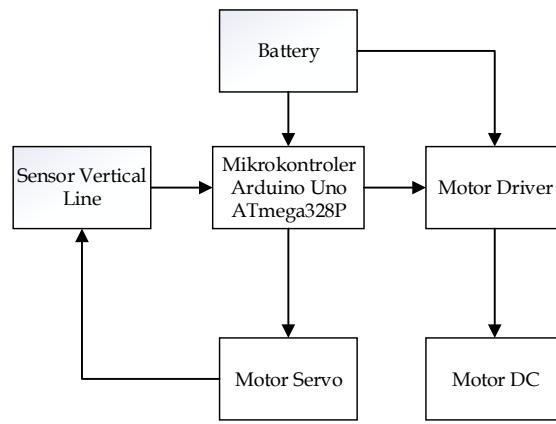
Penelitian ini dibatasi pada implementasi pengereman otomatis menggunakan sensor VL53L0X dan Arduino Uno, dengan fokus pada pengujian jarak dan kecepatan kendaraan. Sistem tidak mencakup fitur navigasi, penghindaran rintangan kompleks, atau integrasi komunikasi nirkabel.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas Teori yang meliputi prototype mobil pengangkut barang industry, teori dasar *fuzzy logic*, cara kerja sensor VL (*Vertical line*), serta Arduino sebagai mikrokontroler. Prototype ialah bentuk fisik pertama dari suatu objek yang direncanakan dibuat dalam suatu proses produksi, mewakili bentuk dan dimensi dari objek yang diwakilinya dan digunakan untuk objek lebih lanjut.[6] Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan pengembangan prototipe kendaraan pengangkut barang skala 1:10. Komponen utama yaitu Arduino Uno, sensor VL53L0X, motor DC, motor servo, dan motor driver. Sensor VL53L0X digunakan untuk mengukur jarak terhadap objek di depan kendaraan secara real-time. Data jarak ini dikombinasikan dengan data kecepatan untuk dianalisis menggunakan logika fuzzy, yang diprogram melalui MATLAB dan Arduino IDE. Penggunaan driver motor sangat penting untuk akurasi kendali, efisiensi energi, dan stabilitas sistem dalam prototype mobil pengangkut barang industri. Driver motor menerima sinyal gerbang dari mikrokontroler dan mengontrol arus motor, sehingga kecepatan motor bervariasi.[7] Motor servo adalah aktuator putar yang dikonsep dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat diatur untuk memutuskan posisi sudut dari poros output motor. [8] Motor DC adalah peralatan yang bekerja dengan cara analog, sedangkan Arduino adalah perangkat yang bekerja dengan cara digital. Sinyal yang dihasilkan oleh Arduino sebagai kode untuk motor DC berupa sinyal digital. Sinyal dari Arduino dapat digunakan untuk mengendalikan motor DC yang diaplikasikan pada peralatan elektronik lain. [9] Arduino Uno mikrokontroler ATmega328 yang memiliki 14 input/output. Arduino merupakan salah satu pengembang yang banyak digunakan. Keunggulan Arduino yakni hardware yang open source.[10] keunggulan Arduino adalah biaya rendah, ketersediaan perangkat lunak, dan kemungkinan antarmuka Arduino UNO adalah papan berbasis mikrokontroler yang memiliki mikrokontroler Atmega328 dari Atmega (sekarang *MicrochipTM*). Rentang tegangan input yang diperlukan untuk pengoperasian board Arduino UNO adalah 6–20 V, tetapi input yang disarankan adalah 7-12V.[11]

3. METODE PENELITIAN

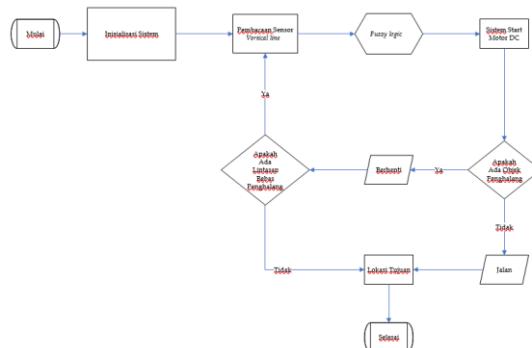
A. Perancangan Hardware



Gambar 1. Perancangan Hardware

Pada Gambar 1, menjelaskan perancangan hardware ini mengintregasikan sensor, actuator, dan control menggunakan Arduino yang didukung oleh algoritma *fuzzy logic*. Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan sistem penggereman yang responsif dan adaptif berdasarkan kecepatan mobil pengangkut barang industri, sehingga meningkatkan keselamatan operasional.

B. Perancangan Software



Gambar 2. Perancangan Software

Pada Gambar 5, menjelaskan perencanaan software pada **penelitian ini** mencakup pengembangan algoritma dan logika kontrol yang akan diimplementasikan dalam Arduino. Program ini diawali dengan inisialisasi sistem, kemudian dilanjutkan dengan pembacaan data dari sensor *vertical line* yang diolah menggunakan system *fuzzy logic* untuk memulai motor DC. Jika sensor tidak mendeteksi adanya objek penghalang, mobil akan terus bergerak hingga mencapai lokasi tujuan. Namun, jika terdeteksi objek penghalang, mobil akan berhenti.

C. Perancangan Prototype



Gambar 3. Prototype Mobil

Pada Gambar 6, menunjukkan desain prototype yang dipergunakan oleh peneliti dalam penelitian kali ini. Desain prototipe mobil pengangkut barang industri berfokus pada pembuatan kerangka yang kuat dan tahan lama untuk menopang beban berat. Dengan dilengkapi sensor *vertical line* (VL53L1X) memudahkan mendistribusikan barang industri yang memperkecil adanya kecelakaan kerja. Berikut ini untuk perbandingan skala dimensi prototipe dan *real life* :

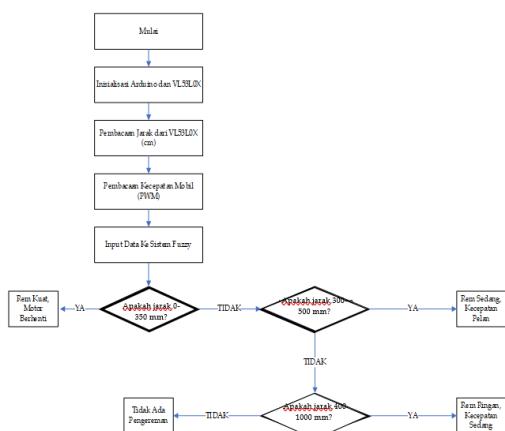
Dimensi	Prototipe (cm)	Real Life (cm)	Skala
Panjang	25	250	1:10
Lebar	16.5	165	1:10

Tabel 1. Skala Perbandingan Dimensi

Dalam tabel.2, sistem penggereman otomatis berbasis fuzzy logic diuji menggunakan sebuah prototype mobil pengangkut barang industri. Prototype ini dirancang dalam ukuran yang jauh lebih kecil dibandingkan kendaraan aslinya, namun tetap mempertahankan proporsi yang relevan agar hasil pengujian tetap representatif. Ukuran prototype yang digunakan adalah 25 cm untuk panjang dan 16,5 cm untuk lebar.

Sementara itu, ukuran kendaraan asli yang menjadi acuan adalah kendaraan pengangkut barang industri seperti forklift atau truk kecil, dengan dimensi rata-rata sekitar 250 cm panjang dan 165 cm lebar. Berdasarkan perbandingan ini, dapat ditentukan bahwa prototype dibuat dalam skala 1:10 terhadap kendaraan aslinya, baik dari segi panjang maupun lebar.

D. Implementasi Metode Fuzzy Logic



Gambar 4. Implementasi Fuzzy Logic

Pada Gambar.4. penerapan *Fuzzy logic* untuk sistem penggereman otomatis pada mobil pengangkut barang industri berbasis Arduino ini, penulis menggunakan **sensor VL53L0X**, yang merupakan sensor jarak berbasis **laser Time-of-Flight (ToF)**, untuk mendeteksi rintangan dan jarak dengan presisi tinggi. Hasil pembacaan sensor diproses menggunakan logika fuzzy untuk menentukan kapan dan seberapa kuat mobil harus melakukan penggereman. Flowchart dimulai dengan langkah mulai, yang menandakan sistem akan mulai beroperasi. Selanjutnya, langkah inisialisasi Arduino & VL53L0X diambil untuk menginisialisasi sensor dan komponen yang diperlukan.

Yang harus difokuskan pada fuzzifikasi yakni nilai input dan nilai output.[12] Fuzzifikasi adalah tahap awal dalam logika fuzzy yang mengubah nilai numerik menjadi himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan, diikuti dengan penerapan aturan "jika-maka" untuk menangani ketidakpastian, dan diakhiri dengan defuzifikasi menggunakan metode COG untuk menghasilkan nilai output berupa angka pada himpunan fuzzy.[13] Karena daya tahan dan

keandalannya, pengontrol fuzzy secara efektif mengatasi berbagai tantangan pengendalian.[14] Sistem logika fuzzy (FLS) memiliki keunikan karena mampu melakukan hal tersebut secara bersamaan menangani data numerik dan pengetahuan linguistik. Ini adalah pemetaan nonlinier dari vektor data masukan (fitur). keluaran skalar, yaitu memetakan angka menjadi angka. Himpunan kabur teori dan logika fuzzy menetapkan kekhususan nonlinier pemetaan.[15] Berikut rules atau aturan *fuzzy logic* pada penelitian ini :

		Distance		
		Dekat (0-350 mm)	Sedang (300-500 mm)	Jauh (400-1000 mm)
Speed	Pelan	Rem Kuat	Rem Ringan	Rem Ringan
	Normal	Rem Kuat	Rem Biasa	Rem Ringan
	Cepat	Rem Kuat	Rem Biasa	Rem Ringan

Gambar 5. Rulebase Fuzzy Logic

Dari tabel 3, dapat dijelaskan aturan *fuzzy logic* dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. If (jarak dekat) and (kecepatan pelan) then (pengereman kuat)
2. If (jarak sedang) and (kecepatan pelan) then (pengereman ringan)
3. If (jarak jauh) and (kecepatan pelan) then (pengereman ringan)
4. If (jarak dekat) and (kecepatan normal) then (pengereman kuat)
5. If (jarak sedang) and (kecepatan normal) then (pengereman biasa)
6. If (jarak jauh) and (kecepatan normal) then (pengereman ringan)
7. If (jarak dekat) and (kecepatan cepat) then (pengereman kuat)
8. If (jarak sedang) and (kecepatan cepat) then (pengereman biasa)
9. If (jarak jauh) and (kecepatan cepat) then (pengereman ringan)

Setelah aturan fuzzy diterapkan, kita akan melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan output yang dapat diterapkan dalam sistem pengereman. Salah satu metode defuzzifikasi yang umum digunakan adalah **metode centroid**, yang menghitung nilai rata-rata dari fungsi keanggotaan yang terlibat dalam aturan fuzzy. Maka dari itu diperoleh model matematis sebagai berikut :

- Kecepatan (V) dan jarak (D) akan menghasilkan derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy mereka.
- Berdasarkan derajat keanggotaan, kita terapkan aturan fuzzy untuk menentukan tingkat pengereman (Brakes).
- Melalui proses defuzzifikasi, kita akan mendapatkan nilai pengereman dalam bentuk angka yang dapat digunakan dalam sistem kendali kendaraan.

$$\text{Brakes} = \frac{\sum(\mu_i \cdot x_i)}{\sum \mu_i}$$

dimana:

- μ_i adalah derajat keanggotaan untuk aturan *i*
- x_i adalah nilai output untuk aturan *i*
- Jumlah dilakukan untuk semua aturan yang terlibat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem ini menggunakan input dari sensor *vertical line* untuk menentukan jarak prototype dengan objek penghalang dan input kecepatan, sehingga menghasilkan output pengereman atau pengurangan kecepatan prototype. Dari 9 rulesbase pengujian yang dilakukan, dimana output *fuzzy logic* secara konsisten menghasilkan pengereman yang tepat. Hasil implementasi membuktikan bahwa metode *fuzzy logic* dapat diterapkan secara efektif dalam sistem pengereman otomatis berbasis sensor,, dan dapat menjadi solusi yang layak untuk kendaraan industri. Output dari *fuzzy logic* ditunjukkan dengan pengereman atau pengurangan kecepatan prototype setelah menerima sinyal dari sensor *vertical line* bahwa didepan prototype ada objek

penghalang. Hasil penelitian menunjukkan kinerja *fuzzy logic* berhasil meningkatkan kinerja sistem. Setelah dilakukan pengujian pada prototype, diperoleh hasil sebagai berikut :

N O	JAR (M M)	KECEP (PWM)	OUT FUZ ZY	HASIL DEFUZZI FIKASI	SELI SIH
1	200 MM	100	-232	-230	+2
2	200 MM	180	-229	-230	-1
3	200 MM	215	-229	-230	-1
4	310 MM	100	-149	-213.64	-64.64
5	310 MM	180	-208	-213.64	-5.64
6	310 MM	215	-208	-213.64	-5.64
7	480 MM	100	-68	-135	-67
8	480 MM	180	-102	-135	-33
9	480 MM	215	-102	-135	-33

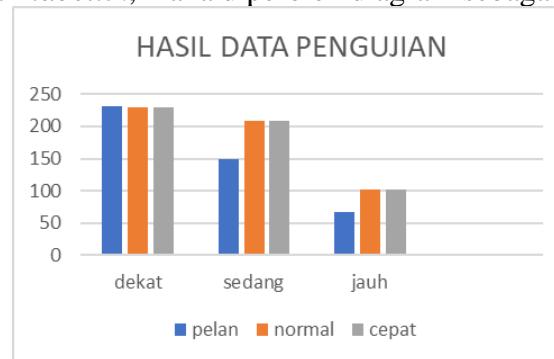
Tabel 2. Hasil Data Pengujian

Berdasarkan Tabel.2 dapat dijelaskan bahwa hubungan antara variabel kecepatan dan jarak terhadap objek penghalang dengan tingkat pengereman yang dihasilkan. Berdasarkan data yang diperoleh, semakin tinggi kecepatan kendaraan prototype dan semakin dekat jaraknya terhadap objek didepan, maka sistem akan memberikan sinyal pengereman maksimum untuk menghindari tabrakan. Sebaliknya, ketika kecepatan rendah dan jarak dengan objek masih jauh, pengereman yang diberikan cenderung kecil, karena risiko tabrakan rendah. Pola ini menunjukkan bahwa sistem kontrol telah merespons kombinasi variabel input, dan mendukung penerapan logika fuzzy atau sistem kontrol dalam pengereman otomatis kendaraan. Maka dari hasil diatas diperoleh nilai rata-rata error (MAE) sebagai berikut :

$$\text{MAE} =$$

$$\begin{aligned} & \frac{\frac{1}{0} \sum |Z_{\text{defuzz}} - Z_{\text{hasil}}|}{9} \\ &= \frac{2 + 1 + 1 + 64.64 + 5.64 + 5.64 + 67 + 33 + 33}{9} \\ &\approx 23.88 \end{aligned}$$

Berdasarkan data dari tabel.3., maka diperoleh diagram sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram Hasil Data

Pada Gambar.14. dapat dijelaskan bahwa pengaruh kombinasi antara kecepatan dan jarak prototype terhadap objek penghalang didepannya terhadap tingkat pengereman yang dihasilkan oleh sistem. Sumbu X menunjukkan jarak prototype terhadap objek penghalang, sedangkan sumbu Y menunjukkan tingkat pengereman yang dihasilkan. Untuk diagram yang berwarna biru melambangkan kecepatan prototype berjalan pelan, diagram berwarna orange melambangkan kecepatan prototype berjalan normal, dan diagram berwarna abu-abu melambangkan kecepatan prototype berjalan cepat. Dari diagram diatas terlihat bahwa tingkat pengereman tertinggi prototype terjadi pada saat jarak prototype yang sudah dekat dengan objek penghalang yang ditunjukkan oleh batang diagram yang paling tinggi, sedangkan tingkat pengereman terendah prototype terjadi pada saat jarak prototype yang sudah dekat dengan objek penghalang yang ditunjukkan oleh batang diagram yang paling rendah.

5. KESIMPULAN

- Sistem pengereman otomatis yang dirancang dengan memanfaatkan *fuzzy logic* berbasis Arduino dan sensor *vertical line* terbukti mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi jarak objek penghalang dan memberikan respon pengereman yang sesuai (pengereman kuat, pengereman biasa, pengereman ringan) secara bertahap dan adaptif, hal ini menunjukkan bahwa *fuzzy logic* dapat meningkatkan akurasi, kecepatan respon, serta keselamatan kendaraan pengangkut barang di lingkungan industri tanpa memerlukan system sensor yang kompleks ata mahal.
- Sistem pengereman otomatis berbasis *fuzzy logic* menunjukkan kinerja yang efektif dalam merespon jarak dan kecepatan kendaraan secara realtime, dengan kemampuan mengambil keputusan pengereman secara bertahap (pengereman ringan, pengereman biasa, dan pengereman kuat) berdasarkan input sensor, sehingga menghasilkan respon yang cepat, dan sesuai dengan kondisi kendaraan dengan objek penghalang untuk meningkatkan keselamatan selama pengoperasian.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan untuk Universitas Negeri Surabaya sehingga penulis telah menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada tim dari JITET yang telah melakukan proses paper ini untuk dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Intang, A. D. Saputri, D. Aryani, and K. Nisa, “Rancang Bangun Robot Pengangkut Barang Untuk Monitoring Stok Gudang Berbasis Arduino,” no. September, pp. 326–332, 2021.
- [2] D. Fierro, Iván; Pinto, Diego; Afanador, “Rancang Bangun Prototipe Alat Deteksi Jarak pada Mobil Pengangkut Barang Berbasis Arduino.,” no. August, pp. 1–43, 2014.
- [3] C. R. Pangestu, “Rancang Bangun Robot Pengangkut Sampah Pintar Menggunakan Mikrokontroler,” *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)*, vol. 3, no. 02, pp. 78–89, 2019, doi: 10.25077/jitce.3.02.78-89.2019.
- [4] F. Trinovat, “Rancang Bangun Sistem Pengereman Otomatis Dan Blind Spot Warning Pada Sepeda Motor,” *UIN Alauddin Makassar*, pp. 3–18, 2018.
- [5] H. S. Maha, Y. D. Thantowi, and C. A. S. Tamba, “Perancangan Robot Lengan Pemindah Barang Berdasarkan Ukuran Berbasis Arduino Dengan Sensor Ping Hc-Sr04 Dan Sensor Inframerah,” *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, vol. 06, pp. 70–78, 2021, doi: 10.54367/jtiust.v6i1.1289.
- [6] Q. adar BakhshBaloch, “PROTOTYPE ROBOT LINE FOLLOWER PENGANGKUT SAMPAH DENGAN MEMANFAATKAN SOLAR CELL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560,” vol. 11, no. 1, pp. 92–105, 2017.

- [7] S. P. Biswas, M. K. Hosain, and M. W. Rahman, “Real-time arduino based simulator enabled hardware-in-the-loop electric DC machine drive system,” *5th IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2017, R10-HTC 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 823–826, 2018, doi: 10.1109/R10-HTC.2017.8289082.
- [8] U. I. N. A. Makassar, “Rancang Bangun Lengan Robot Pada Kendaraan Pengangkut Sampah Berbasis Arduino,” 2016.
- [9] D. Informatika *et al.*, “Sistem Kendali Kecepatan Robot Mobil,” vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [10] A. Adella, M. Kamal, and A. Finawan, “Rancang Bangun Robot Mobile Line Follower Pemindah Minuman Kaleng Berbasis Arduino,” *Jurnal Tektro*, vol. 2, no. 2, pp. 7–11, 2018.
- [11] A. M. Sudiro, M. A. Putra, and E. Yadie, “Rancang Bangun Prototype Follower Cargo Cart with Obstacle Avoider Berbasis Arduino Uno,” *PoliGrid*, vol. 3, no. 2, p. 63, 2022, doi: 10.46964/poligrid.v3i2.1717.
- [12] F. T. Hartadi, B. A. Wicaksana, H. Saputro, and A. S. Priambodo, “SISTEM KENDALI FUZZY UNTUK ROBOT MOBILE: STUDI KASUS PELACAKAN OBJEK BERGERAK MENGGUNAKAN SIMULASI WEBOTS,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4608.
- [13] Moh. N. I. F. Santoso, “Aplikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Robot Wall Follower Untuk Menentukan Kecepatan Motor,” *SenarFe7: Seminar Nasional Fortei Regional 7*, vol. 4, no. 1, pp. 148–151, 2021.
- [14] H. Hizam, “Artificial Neural Networks , PID , and Fuzzy Logic Controllers,” 2022.
- [15] J. M. Mendel, “Fuzzy-Logic Systems for Engineering - a Tutorial (Vol 83, Pg 345, 1995),” *Proceedings of the Ieee*, vol. 83, no. 9, p. 1293, 1995.