

---

## IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY DALAM PENGHINDARAN HAMBATAN ROBOT E-PUCK PADA LINGKUNGAN STATIS

Fauzan Ra'is Saputra<sup>1)</sup>, Rizanurfadli Hadiazzaka<sup>2)</sup>, Sahat Ramses Simsay Silalahi<sup>3)</sup>,  
Ardy Seto Priambodo<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Prodi Teknik Elektronika, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Yogyakarta

Correspondence author: F.R.Saputra, fauzanrais.2022@student.uny.ac.id, Yogyakarta, Indonesia

### Abstract

This research compares the performance of two control methods, PID and Fuzzy Logic Controller, in controlling the E-puck robot for navigation and obstacle avoidance. This research aims to determine a more efficient and adaptive method for dealing with dynamic environmental complexity. The research was conducted in a laboratory using an E-puck robot and a Webots simulator. The methods used include observation, interviews, and literature study. The E-puck robot was tested in two simulation arenas with different levels of obstacle complexity. The PID method uses proportional (P), integral (I), and derivative (D) components, while the Fuzzy Logic Controller uses if-then rules based on fuzzy logic. Test results show that the PID method is faster in arenas with fewer obstacles, with an average time of 1 minute 4.5 seconds, compared to Fuzzy Logic, which requires 1 minute 5.4 seconds. However, in arenas with more obstacles, the Fuzzy Logic method is more efficient, with an average time of 1 minute 12.9 seconds, while the PID method requires 1 minute 16.8 seconds. This research concludes that although each control method has advantages and limitations, their combination can offer a more adaptive and efficient solution in dynamic environments. The results of this research significantly contribute to the development of robotics technology and practical applications in various industrial sectors.

**Keywords:** robotics, navigation, obstacle avoidance, pid, fuzzy logic

### Abstrak

Penelitian ini membahas perbandingan kinerja dua metode kendali, PID dan *Fuzzy Logic Controller*, dalam mengendalikan robot E-Puck untuk navigasi dan penghindaran rintangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode yang lebih efisien dan adaptif dalam menghadapi kompleksitas lingkungan yang dinamis. Penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan robot E-puck dan simulator Webots. Metode yang digunakan mencakup observasi, wawancara, dan studi kepustakaan. Robot E-puck diuji di dua arena simulasi dengan tingkat kompleksitas rintangan yang berbeda. Metode PID menggunakan komponen proporsional (P), integral (I), dan derivatif (D), sedangkan *Fuzzy Logic Controller* menggunakan aturan *if-then* berbasis *logika fuzzy*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode PID lebih cepat di arena dengan rintangan lebih sedikit, dengan rata-rata waktu 1 menit 4,5 detik, dibandingkan *Fuzzy Logic* yang membutuhkan 1 menit 5,4 detik. Namun, di arena dengan rintangan lebih banyak, metode *Fuzzy Logic* lebih efisien dengan rata-rata waktu 1 menit 12,9 detik, sedangkan metode

PID membutuhkan 1 menit 16,8 detik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun masing-masing metode kendali memiliki keunggulan dan keterbatasannya, kombinasi keduanya dapat menawarkan solusi yang lebih adaptif dan efisien dalam lingkungan yang dinamis. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi robotika dan aplikasi praktis di berbagai sektor industri.

**Kata Kunci:** penghindaran rintangan, navigasi, pid, fuzzy logic, robot e-puck

## A. PENDAHULUAN

Sistem pengendalian *autonomous robot* menjadi topik yang semakin penting seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan industri yang semakin kompleks. *Autonomous robot* adalah perangkat cerdas yang mampu melakukan tugas-tugas secara mandiri tanpa intervensi manusia secara langsung. Di tingkat global, *autonomous robot* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari manufaktur hingga eksplorasi ruang angkasa (Perez-Grau et al., 2021). Di sektor manufaktur, misalnya, penggunaan robot telah terbukti meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi, mengurangi kesalahan manusia, serta meningkatkan keselamatan kerja (Palčić & Prester, 2024). Robot-robot ini tidak hanya mampu melakukan tugas-tugas rutin dan berulang dengan konsistensi tinggi, tetapi juga dapat diadaptasi untuk berbagai tugas yang lebih kompleks (Wang et al., 2023).

Namun, salah satu tantangan utama dalam penerapan *autonomous robot* adalah kemampuan mereka untuk beroperasi secara mandiri dalam lingkungan yang dinamis dan tidak terstruktur (Balatti et al., 2020). Penghindaran rintangan adalah salah satu aspek kritis yang harus diatasi oleh *autonomous robot* untuk memastikan operasi yang aman dan efektif. Dalam lingkungan yang berubah-ubah, robot harus mampu mendeteksi dan merespons berbagai rintangan dengan cepat dan tepat. Hal ini membutuhkan sistem kendali yang canggih dan adaptif, yang dapat menyesuaikan diri

dengan kondisi lingkungan yang tidak terduga dan tidak terprediksi (Wijayathunga et al., 2023).

Di tingkat nasional, penerapan *autonomous robot* juga semakin mendapat perhatian, terutama dalam sektor industri dan layanan publik. Sebagai contoh, di Indonesia, penggunaan robot untuk otomasi industri telah diadopsi oleh beberapa perusahaan besar untuk meningkatkan efisiensi produksi (Yusufadz & Rosyidin, 2022). Industri otomotif dan elektronik, misalnya, telah menggunakan robot untuk berbagai proses produksi, seperti perakitan, pengepakan, dan pengujian produk. Selain itu, sektor layanan publik seperti kesehatan dan transportasi juga mulai mengeksplorasi penggunaan robot untuk meningkatkan kualitas layanan dan efisiensi operasional. Namun, pengembangan teknologi robotika di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, termasuk keterbatasan dalam penelitian dan pengembangan teknologi kendali yang adaptif dan robust. Tantangan ini mencakup kurangnya sumber daya manusia yang terampil, keterbatasan infrastruktur penelitian, serta minimnya investasi dalam teknologi tinggi.

Pada tingkat lokal, penelitian dan pengembangan robotika juga mulai menunjukkan kemajuan yang signifikan. Beberapa perguruan tinggi dan lembaga penelitian di Indonesia telah melakukan berbagai studi untuk meningkatkan kemampuan *autonomous robot* dalam navigasi dan penghindaran rintangan (Sholehudin, 2022). Universitas-universitas ternama seperti Institut Teknologi Bandung

(ITB) dan Universitas Indonesia (UI) telah membentuk pusat penelitian yang fokus pada pengembangan teknologi robotika dan otomatisasi. Proyek-proyek penelitian ini mencakup pengembangan algoritma navigasi, sistem sensor, serta teknologi kendali yang lebih adaptif dan fleksibel. Namun, masih terdapat kebutuhan untuk penelitian lebih lanjut dalam mengembangkan metode kendali yang lebih adaptif dan fleksibel, terutama dalam situasi yang kompleks dan tidak terprediksi. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah juga diperlukan untuk mempercepat kemajuan teknologi ini.

Dalam simulasi penghindaran rintangan menggunakan aplikasi Webots, jenis robot yang sering digunakan adalah E-Puck. E-Puck adalah robot teknik edukasi yang dirancang untuk memahami beberapa sistem dasar dalam robotika. Robot ini sering digunakan dalam penelitian dan pendidikan untuk mempelajari navigasi dan penghindaran rintangan. Dalam menjalankan sistem simulasi robot E-puck sebagai sarana pemahaman, diperlukan program bahasa kontrol dalam mikrokontroler sistem dari E-Puck, yaitu bahasa pemrograman C, sebagai contoh dalam memahami karakteristik penghindaran rintangan. Dalam penerapan kehidupan nyata, robot penghindar rintangan memiliki sistem yang dapat menerima respon dari sensor dan memberikan output berupa pergerakan yang ideal untuk menghindari rintangan di sekitarnya (Alia, 2022).

Metode *Fuzzy Logic Controller* menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel dan mampu menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengendalian sistem. *Fuzzy Logic Controller* menggunakan logika fuzzy untuk meniru cara manusia mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tidak pasti atau ambigu. Sistem fuzzy mengandalkan aturan-aturan if-then dan variabel linguistik untuk memetakan input ke output (Shaheen et al., 2020). Sebagai contoh, dalam sistem pengendalian robot, variabel input seperti jarak dari rintangan

dapat diklasifikasikan ke dalam kategori fuzzy seperti "dekat", "sedang", dan "jauh". Berdasarkan kategori ini, aturan-aturan fuzzy diterapkan untuk menentukan output yang sesuai. Berikut adalah contoh sederhana dari aturan fuzzy untuk menghindari rintangan:

1. If jarak-dekat then kecepatan-lambat.
2. If jarak-sedang then kecepatan-sedang.
3. If jarak-jauh then kecepatan-cepat.

Sistem fuzzy dapat menyesuaikan parameter kendali secara dinamis berdasarkan kondisi saat ini, memungkinkan robot untuk beroperasi lebih efektif dalam situasi yang tidak terduga. Penggunaan logika fuzzy memungkinkan robot untuk membuat keputusan yang lebih manusiawi dan adaptif dibandingkan dengan pendekatan klasik seperti PID.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dua metode kendali, yaitu PID dan Fuzzy Logic Controller, dalam mengendalikan pergerakan robot E-puck untuk menghindari rintangan. Robot E-puck dipilih karena merupakan platform yang umum digunakan dalam penelitian robotika, terutama dalam studi mengenai navigasi dan penghindaran rintangan. Penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam bidang pengendalian autonomous robot, khususnya dalam aplikasi metode kendali yang adaptif dan fleksibel. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam pengendalian robot menggunakan kombinasi metode PID dan Fuzzy Logic Controller, serta memberikan solusi praktis bagi industri yang membutuhkan teknologi autonomous robot yang lebih efisien dan efektif. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis tetapi juga memiliki potensi aplikasi praktis yang luas dalam berbagai sektor industri.

Pendekatan fuzzy logic telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi pengendalian, termasuk pengendalian sinyal lalu lintas (Aziz, 2020) dan pengendalian mesin uap (Boobalan et al., 2020). Pendekatan ini

memungkinkan sistem untuk meniru cara manusia mengambil keputusan berdasarkan informasi yang ambigu atau tidak pasti. Dengan menggunakan aturan-aturan *if-then* berbasis logika fuzzy, sistem dapat menyesuaikan parameter kendali secara dinamis berdasarkan kondisi yang ada.

Dalam konteks penghindaran rintangan oleh robot, hal ini berarti bahwa robot dapat dengan lebih fleksibel menyesuaikan kecepatannya dan arah gerakannya berdasarkan jarak dari rintangan yang terdeteksi. Oleh karena itu, logika fuzzy memberikan keunggulan dalam situasi yang memerlukan adaptasi cepat terhadap perubahan lingkungan.

Selain itu, metode optimasi seperti algoritma genetik telah digunakan untuk meningkatkan performa fuzzy logic controller. Penelitian yang dilakukan oleh (Cai et al., 2020) menunjukkan bahwa optimisasi menggunakan algoritma genetik dapat menghasilkan parameter kendali fuzzy yang optimal, yang meningkatkan performa sistem kendali dibandingkan dengan metode konvensional. (Pan et al., 2022) juga menekankan pentingnya mekanisme pembelajaran dalam fuzzy logic controller untuk mengadaptasi aturan dan fungsi keanggotaan fuzzy berdasarkan pengalaman operasi. Dalam aplikasi praktis seperti pengendalian motor, penerapan logika fuzzy memungkinkan pengendalian yang lebih halus dan responsif, seperti yang dijelaskan oleh (Shirien et al., 2022). Penerapan ini menunjukkan bahwa fuzzy logic dapat diterapkan pada berbagai skala, dari aplikasi industri besar hingga sistem kontrol sederhana dalam peralatan rumah tangga. Dengan demikian, integrasi fuzzy logic dalam pengendalian robot E-puck tidak hanya memperkaya kemampuan navigasi dan penghindaran rintangan, tetapi juga meningkatkan fleksibilitas dan adaptabilitas sistem secara keseluruhan.

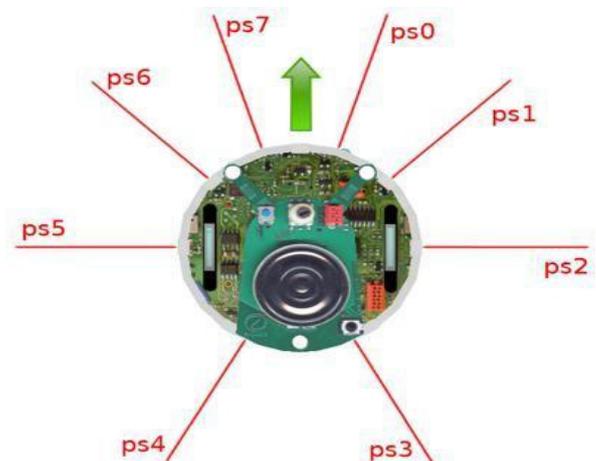
Penelitian ini, dengan menggabungkan metode PID dan fuzzy logic, diharapkan dapat menawarkan solusi yang lebih adaptif

dan efisien dalam pengendalian robotik, memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi autonomous robot.

## B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan robot E-puck dan simulator Webots. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Teknik Elektronika Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, dari bulan Mei hingga Juni 2024.

Populasi dalam penelitian ini adalah semua robot E-puck yang ada di laboratorium. Sampel yang digunakan adalah satu unit robot E-puck yang dipilih secara purposive sampling, yaitu berdasarkan kriteria kesesuaian spesifikasi alat dengan kebutuhan penelitian. Teknik sampling ini dipilih karena ketersediaan alat yang terbatas dan untuk memastikan robot yang digunakan dalam kondisi optimal.



Gambar 1. Gambar robot E-puck

### Spesifikasi Alat dan Bahan:

- Robot E-puck: Dilengkapi dengan sensor jarak inframerah untuk deteksi rintangan, aktuator roda, dan prosesor untuk pemrosesan data.
- Simulator Webots: Software simulasi robotika yang digunakan untuk membuat dan menguji skenario lingkungan serta algoritma kendali.

- c. Komputer: Digunakan untuk menjalankan simulator Webots dan memprogram robot E-puck.
- d. Arena Pengujian: Dua arena berbentuk persegi dengan ukuran 1.5 meter x 1.5 meter, dibuat secara virtual dalam simulator Webots, dengan jumlah rintangan yang berbeda.

### Desain PID

Penelitian sebelumnya telah banyak membahas berbagai metode kendali untuk *autonomous robot*. Metode Proportional-Integral-Derivative (PID) adalah salah satu yang paling banyak digunakan karena kesederhanaannya dan kemampuannya dalam mengendalikan sistem linier (Gashi et al., 2024). PID controller bekerja dengan prinsip mengurangi kesalahan antara nilai yang diinginkan dan nilai aktual melalui penyesuaian tiga parameter: proportional, integral, dan derivative. Kendali proporsional memberikan respons langsung terhadap kesalahan saat ini.  $K_p$  yang tinggi dapat menyebabkan overshoot besar dan ketidakstabilan. Kendali Integral menghilangkan kesalahan keadaan tetapi dapat memperkenalkan lag dan potensi ketidakstabilan jika  $K_i$  terlalu tinggi. Kendali Derivatif meningkatkan waktu respons dan stabilitas tetapi dapat memperkuat noise jika  $K_d$  terlalu tinggi.

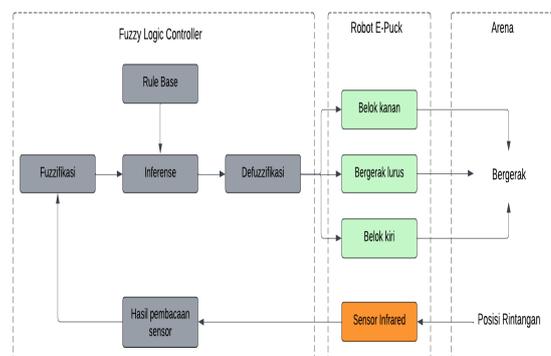
Metode PID yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengendalian yang memanfaatkan tiga komponen utama untuk menghitung respons kontrol, yaitu komponen proporsional (P), integral (I), dan derivatif (D). Komponen proporsional (P) berkaitan dengan besarnya error saat ini, yang merupakan selisih antara nilai sensor aktual dan nilai target. Komponen integral (I) berhubungan dengan penjumlahan dari semua error sebelumnya, yang membantu untuk mengurangi error residual yang mungkin ada setelah penerapan kontrol proporsional. Komponen derivatif (D) memperhitungkan laju perubahan error, yang

membantu untuk memprediksi tren error dan mengambil tindakan korektif lebih cepat.

Dalam penelitian ini, konstanta PID yang digunakan adalah sebagai berikut:  $K_p$  (konstanta proporsional) bernilai 0.6,  $K_i$  (konstanta integral) bernilai 0.01, dan  $K_d$  (konstanta derivatif) bernilai 0.1. Nilai-nilai ini dipilih berdasarkan pengaturan yang memberikan kinerja optimal dalam mengendalikan robot E-puck untuk menghindari rintangan. Konstanta  $K_p$  sebesar 0.6 berarti kontrol proporsional memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam respons kontrol, membantu robot untuk segera bereaksi terhadap error saat ini. Konstanta  $K_i$  sebesar 0.01 memberikan pengaruh yang kecil namun akumulatif terhadap keseluruhan error, membantu mengurangi error residual secara bertahap. Sementara itu, konstanta  $K_d$  sebesar 0.1 memberikan pengaruh yang moderat dalam merespons perubahan cepat pada error, membantu mengurangi overshoot dan oscillation. Kombinasi ketiga konstanta ini dioptimalkan untuk memastikan bahwa robot dapat menavigasi lingkungan dengan efisien sambil menghindari rintangan dengan respons yang cepat dan stabil.

### Desain Fuzzy Logic

Dalam penelitian ini, sensor IR bekerja secara independen dan menggunakan 4 sensor dalam penelitian ini. Kemudian aturan Logika Fuzzy untuk sensor IR adalah 81 aturan.



Gambar 2. Diagram Sistem Fuzzy Logic

No	Input		Output
1	ps7 close	ps0 close	turn left
2	ps7 close	ps0 medium	turn left
3	ps7 close	ps0 far	turn left
4	ps7 medium	ps0 close	turn right
5	ps7 medium	ps0 medium	turn right
6	ps7 medium	ps0 far	turn left
7	ps7 far	ps0 close	turn left
8	ps7 far	ps0 medium	turn right
9	ps7 far	ps0 far	straight
10	ps7 close	ps6 close	turn left
11	ps7 close	ps6 medium	turn left
12	ps7 close	ps6 far	turn left
13	ps7 medium	ps6 close	turn right
14	ps7 medium	ps6 medium	turn right
15	ps7 medium	ps6 far	turn right
16	ps7 far	ps6 close	turn left
17	ps7 far	ps6 medium	turn right
18	ps7 far	ps6 far	straight
19	ps7 close	ps1 close	turn left
20	ps7 close	ps1 medium	turn left
21	ps7 close	ps1 far	turn left

Gambar 3. Rule Fuzzy Logic

Inti dari 21 aturan ini adalah Jika sensor kiri dan kanan dekat, maka akan belok kiri. Jika sensor kiri jauh dan sensor kanan dekat maka akan belok kiri. Kemudian jika sensor kiri dekat dan sensor kanan jauh maka akan belok kanan. Dan jika sensor kiri dan kanan jauh maka akan bergerak lurus.

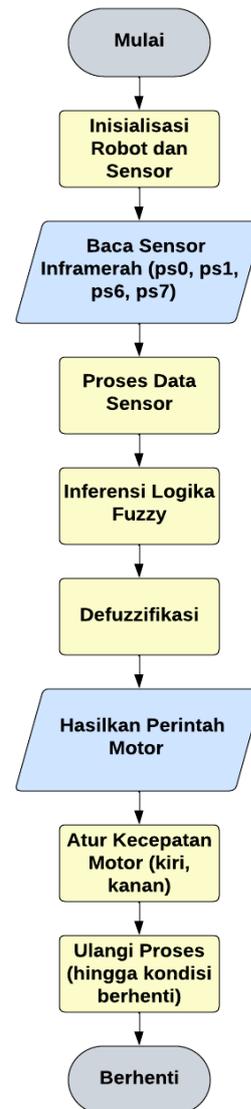
Metode defuzzifikasi dalam penelitian ini adalah metode Centroid atau dikenal juga sebagai metode *Center of Gravity* (CoG) atau *Centroid of Area* (CoA), adalah metode yang paling umum digunakan. Metode ini menentukan titik tengah dari area di bawah kurva fungsi keanggotaan yang dihasilkan setelah inferensi fuzzy. Titik tengah ini kemudian digunakan sebagai nilai output definitif.

Rumus untuk menghitung centroid (C) adalah:

$$C = \frac{\int x \cdot \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx}$$

Di mana  $x$  adalah variabel keluaran, dan  $\mu(x)$  adalah fungsi keanggotaan keluaran fuzzy. Nilai centroid yang dihitung dari langkah

sebelumnya digunakan sebagai output crisp dari sistem fuzzy.



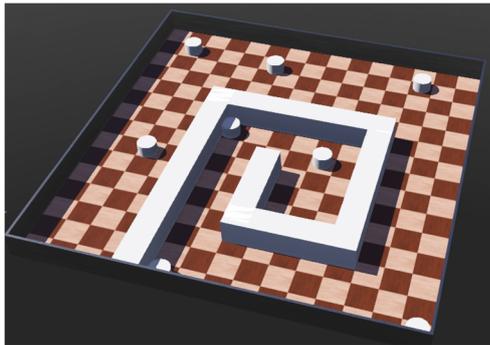
Gambar 4. Flowchart Proses Pembacaan Sensor

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

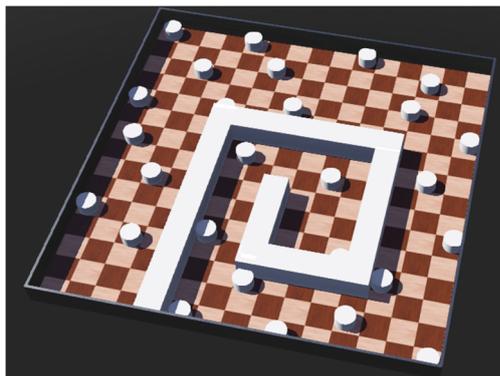
#### Kinerja E-puck di lingkungan dengan kompleksitas rintangan yang berbeda

Lingkungan dengan kompleksitas rintangan yang berbeda diciptakan. Simulasi ini melibatkan robot yang bernavigasi di lingkungan yang sama tetapi masing-masing dari 2 lingkungan yang dibuat memiliki jumlah rintangan yang berbeda. Gambar 5

dan 6 menunjukkan 2 lingkungan yang disebut lingkungan arena 1 dan arena 2. Lingkungan ini memiliki perbedaan. Dalam arena 1 jumlah rintangan pada lingkungan lebih sedikit dari arena 2. Arena 1 memiliki obstacle 8 sedangkan arena 2 memiliki obstacle 26.

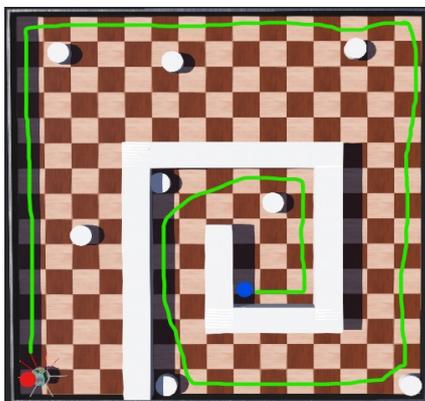


Gambar 5. Lingkungan arena 1

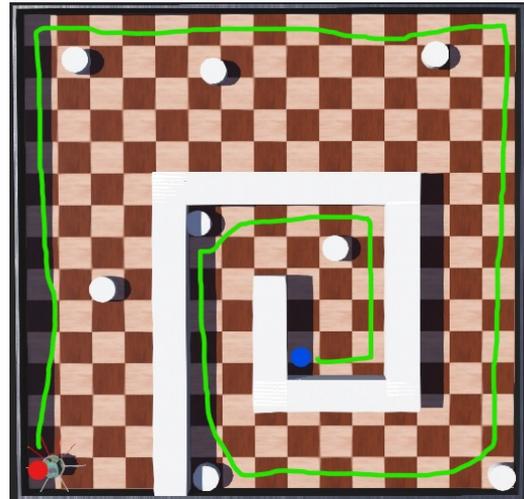


Gambar 6. Lingkungan arena 2

### Jalur yang Dilewati Robot E-puck pada Arena



Gambar 7. Jalur Robot E-puck pada Arena 1 dengan Metode PID



Gambar 8. Jalur Robot E-puck pada Arena 1 dengan Metode Fuzzy

Penjelasan:

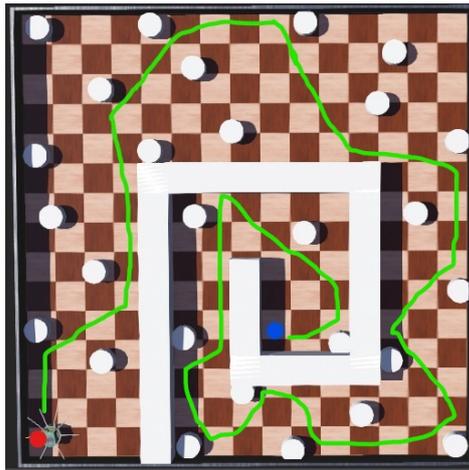
Lingkaran Merah : Titik Mulai/Start  
 Lingkaran Biru : Titik Akhir/Finish  
 Garis Hijau : Jalur yang dilewati Robot E-puck

Tabel 1. Hasil Robot E-Puck Arena 1

Arena 1	Jumlah Pengujian	Waktu
Metode PID	5	1 menit 4.5 detik
Metode Fuzzy	5	1 menit 5.4 detik

Pada tabel 1, pengujian menunjukkan bahwa robot E-puck berhasil menghindari rintangan yang ada di arena 1 menggunakan kedua metode kontrol, yaitu PID dan Fuzzy Logic. Jumlah pengujian yang dilakukan adalah lima kali untuk setiap metode. Dari hasil yang didapat, terlihat bahwa metode PID memiliki waktu rata-rata 1 menit dan 4,5 detik untuk menyelesaikan tugas menghindari rintangan. Sementara itu, metode Fuzzy Logic memerlukan waktu rata-rata 1 menit dan 5,4 detik. Meskipun perbedaannya tidak signifikan, metode PID sedikit lebih cepat dibandingkan dengan metode Fuzzy Logic di arena 1. Hal ini mungkin disebabkan oleh sifat kontrol PID yang lebih langsung dan reaktif terhadap perubahan nilai sensor, sehingga

memungkinkan robot untuk beradaptasi dengan cepat terhadap lingkungan yang dinamis. Di sisi lain, Fuzzy Logic, dengan aturan-aturan logikanya, mungkin memerlukan sedikit lebih banyak waktu untuk memproses informasi dan menentukan tindakan yang tepat, meskipun memberikan kontrol yang lebih halus dan fleksibel.



Gambar 9. Jalur Robot E-puck pada Arena 2 dengan Metode PID



Gambar 10. Jalur Robot E-puck pada Arena 2 dengan Metode Fuzzy

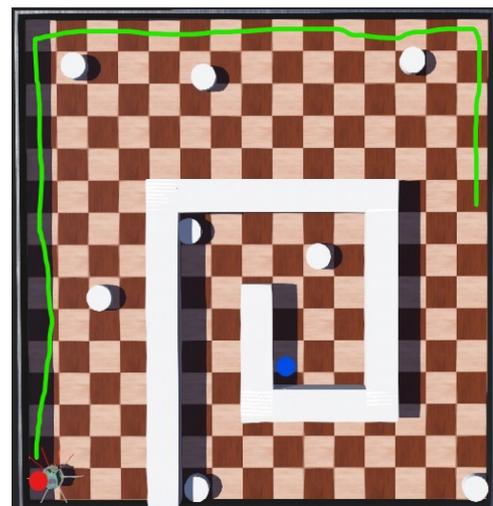
Tabel 2. Hasil Robot E-Puck Arena 2

Arena 2	Jumlah Pengujian	Waktu
Metode PID	5	1 menit 16.8detik
Metode Fuzzy	5	1 menit 12.9 detik

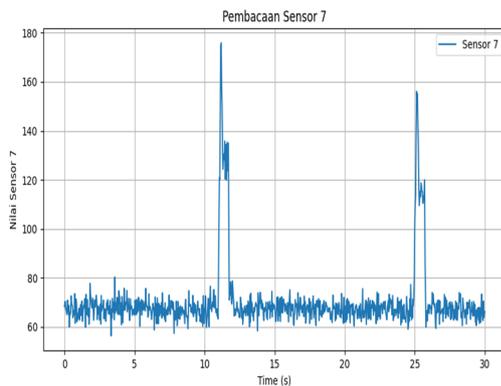
Pada tabel 2, hasil pengujian di arena 2 menunjukkan bahwa kedua metode berhasil menghindari rintangan yang ada di arena tersebut. Jumlah pengujian yang dilakukan lima kali untuk setiap metode. Namun, berbeda dengan hasil di arena 1, metode Fuzzy Logic lebih unggul di sini dengan waktu rata-rata 1 menit dan 12,9 detik, sedangkan metode PID memerlukan waktu rata-rata 1 menit dan 16,8 detik untuk menyelesaikan tugas yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa di arena 2, metode Fuzzy Logic lebih efisien dibandingkan dengan metode PID. Arena 2 mungkin memiliki kondisi yang lebih kompleks atau variabel yang lebih banyak, sehingga aturan-aturan logika fuzzy memberikan keunggulan dalam pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan adaptif terhadap berbagai situasi rintangan. Metode PID yang lebih reaktif dan kurang fleksibel mungkin mengalami kesulitan dalam mengatasi kompleksitas tambahan, yang mengakibatkan waktu yang lebih lama untuk menyelesaikan tugas.

#### Pembacaan Nilai Sensor pada Obstacle

Pembacaan sensor inframerah dalam simulasi selama 30 detik dengan metode fuzzy logic controller di arena 1 dan arena 2.



Gambar 11. Jalur Pembacaan Sensor Inframerah pada Arena 1

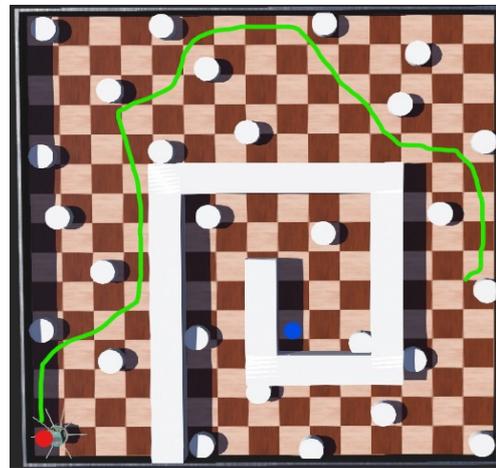


Gambar 12. Pembacaan Sensor Arena 1

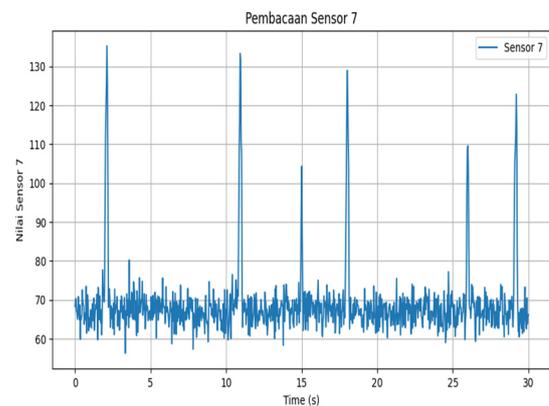
Grafik plot pembacaan sensor 7 menunjukkan variasi nilai pembacaan sensor inframerah dalam simulasi selama 30 detik di arena 1 yang memiliki 8 halangan. Secara umum, nilai pembacaan sensor inframerah berkisar antara 60 hingga 80, menunjukkan bahwa robot berada dalam jarak aman dari halangan di sebagian besar waktu simulasi. Namun, terdapat dua puncak signifikan pada grafik, satu sekitar detik ke-11 dan satu lagi sekitar detik ke-25. Puncak pertama mencapai nilai sekitar 170, sementara puncak kedua mencapai nilai sekitar 160. Peningkatan drastis ini menunjukkan bahwa robot mendekati halangan dengan sangat dekat pada waktu-waktu tersebut. Nilai pembacaan sensor yang lebih tinggi ini mengindikasikan bahwa sensor 7 mendeteksi keberadaan halangan atau objek di dekatnya. Pada saat-saat lainnya, ketika nilai pembacaan lebih rendah dan stabil, sensor 7 tidak mendeteksi adanya halangan di depannya atau halangan berada pada jarak yang aman dari sensor.

Grafik plot pembacaan sensor 7 dalam simulasi di arena 2 menunjukkan variasi yang lebih signifikan dibandingkan dengan arena 1. Nilai pembacaan sensor berkisar antara 60 hingga lebih dari 130, dengan beberapa puncak yang mencolok. Puncak-puncak ini terjadi pada sekitar detik ke-2, 11, 15, 17, 26, dan 29, menunjukkan bahwa robot mendekati halangan pada waktu-waktu tersebut. Nilai pembacaan yang mencapai sekitar 130 menunjukkan bahwa robot sangat

dekat dengan halangan, yang dapat diinterpretasikan sebagai peringatan bahwa sensor mendeteksi objek pada jarak yang sangat dekat.



Gambar 13. Jalur Pembacaan Sensor Inframerah pada Arena 2



Gambar 14. Pembacaan Sensor Arena 2

Selama periode lainnya, ketika nilai pembacaan sensor berada di sekitar 60 hingga 80, sensor 7 tidak mendeteksi adanya halangan yang signifikan di dekatnya atau robot berada pada jarak aman dari halangan. Grafik ini mencerminkan kondisi lingkungan yang lebih kompleks di arena 2, dengan jumlah halangan yang lebih banyak.

#### D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode

kendali PID dan *Fuzzy Logic Controller* pada robot E-Puck untuk menghindari rintangan memberikan hasil yang signifikan dalam meningkatkan kinerja navigasi dan penghindaran rintangan. Robot E-Puck, dengan kemampuannya untuk menavigasi dan menghindari rintangan secara mandiri, telah terbukti menjadi platform yang efektif untuk studi dan pengembangan teknologi robotika.

Meskipun masing-masing metode kendali memiliki keunggulan dan keterbatasannya, kombinasi dari keduanya dapat menawarkan solusi yang lebih adaptif dan efisien dalam lingkungan yang dinamis dan tidak terstruktur. PID *controller*, dengan kesederhanaannya, cocok untuk situasi di mana kontrol linier diperlukan, sementara *Fuzzy Logic Controller* memberikan fleksibilitas lebih dalam menghadapi ketidakpastian dan kompleksitas lingkungan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang pengendalian *autonomous robot*, khususnya dalam aplikasi navigasi dan penghindaran rintangan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan praktis bagi industri yang memerlukan teknologi *autonomous robot* yang lebih efisien dan efektif.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis tetapi juga memiliki potensi aplikasi praktis yang luas dalam berbagai sektor industri. Implementasi dari metode kendali yang telah dianalisis dan dikembangkan ini diharapkan dapat membantu meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri manufaktur hingga layanan publik.

## E. DAFTAR PUSTAKA

- Alia, L. S. (2022). Simulation Understanding Line Follower Robot C Program with Webots. *IJEERE : Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, 2(1), 7–18. <https://doi.org/10.57152/ijeere.v2i1.106>
- Aziz, A. F. A. (2020). Design of Traffic Signal Control Systems Based on Fuzzy Control. *Acta Electronica Malaysia*, 4(1), 24–27. <https://doi.org/10.26480/aem.01.2020.24.27>
- Balatti, P., Kanoulas, D., Tsagarakis, N., & Ajoudani, A. (2020). A Method for Autonomous Robotic Manipulation Through Exploratory Interactions with Uncertain Environments. *Autonomous Robots*, 44, 1395–1410. <https://doi.org/10.1007/s10514-020-09933-w>
- Boobalan, S., Gobinath, S., Dharmalingam, A., Jayaprakash, A., Poovarasan, M., & Poovendan, K. (2020). An Integrated IoT LabVIEW Based Fuzzy-PLC Controller for Automation of Boiler. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 937, 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/937/1/012049>
- Cai, X., Cen, Y., Baranski, M., & Müller, D. (2020). Using genetic algorithm for optimizing fuzzy logic controller for mode-based control algorithms of building automation systems. *28th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, 452–457. <https://doi.org/10.1109/MED48518.2020.9183363>
- Gashi, F., Abuibaid, K., Ruskowski, M., & Wagner, A. (2024). Model Predictive Control Based Reference Generation for Optimal Proportional Integral Derivative Control. *32nd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, 518–524. <https://doi.org/10.1109/MED61351.2024.10566273>
- Palčić, I., & Prester, J. (2024). Effect of Usage of Industrial Robots on Quality,

- Labor Productivity, Exports and Environment. *Sustainability*, 16(18), 8098.  
<https://doi.org/10.3390/su16188098>
- Pan, Y., Li, Q., Liang, H., & Lam, H.-K. (2022). A Novel Mixed Control Approach for Fuzzy Systems via Membership Functions Online Learning Policy. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 30(9), 3812–3822.  
<https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2021.3130201>
- Perez-Grau, F. J., Dios, J. R. M., Paneque, J. L., Acevedo, J. J., Torres-González, A., Viguria, A., Astorga, J. R., & Ollero, A. (2021). Introducing autonomous aerial robots in industrial manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 60, 312–324.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.06.008>
- Shaheen, O., El-Nagar, A. M., El-Bardini, M., & El-Rabaie, N. M. (2020). Stable adaptive probabilistic Takagi–Sugeno–Kang fuzzy controller for dynamic systems with uncertainties. *ISA Transactions*, 98, 271–283.  
<https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.08.035>
- Shirien, Sandhya, & Nisha G. (2022). Fuzzy Logic Controller Based BLDC Motor Control for Propulsion Application. *IEEE International Power and Renewable Energy Conference (IPRECON)*, 1–6.  
<https://doi.org/10.1109/IPRECON55716.2022.10059505>
- Sholehudin. (2022). Inovasi Terbaru Dalam Robotika: Tantangan dan Peluang di Era Digital. *Jurnal Repoteknologi*, 2(4).  
<http://repoteknologi.id/index.php/repoteknologi/article/view/126>
- Wang, Y., Zhang, P., You, Y., & He, Y. (2023). A Robot Autonomous Control System for Multi-task Complex Manipulations. *42nd Chinese Control Conference (CCC)*.  
<https://doi.org/10.23919/CCC58697.2023.10240047>
- Wijayathunga, L., Rassau, A., & Chai, D. (2023). Challenges and Solutions for Autonomous Ground Robot Scene Understanding and Navigation in Unstructured Outdoor Environments: A Review. *Applied Sciences*, 13, 9877.  
<https://doi.org/10.3390/app13179877>
- Yusufadz, A. C., & Rosyidin, A. (2022). Analisis Penerapan Artificial Intelligence dan Robotik Pada Industri Manufaktur Indonesia Dalam Menghadapi Era Industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, 9(1), 227–232.  
<https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/330>