

# Sistem Navigasi pada *Smart Agricultural Rover* dengan Kendali *Fuzzy Logic*

1<sup>st</sup> Renra Alfino R.A.E.  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

renraal@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Angga Rusdinar  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Fiky Yosef Suratman  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

fysuratman@telkomuniversity.ac.id

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang berkontribusi besar dalam pertumbuhan ekonomi nasional di Indonesia. Namun belum sepenuhnya dimaksimalkan dikarenakan penggunaan teknologi yang masih rendah serta berkurangnya jumlah petani. Untuk itu dibutuhkan sebuah penerapan ide – ide teknologi baru untuk memaksimalkan hasil pertanian Indonesia. Bersama dengan rekan kelompok dibuatkan mobile robot yang disebut *Smart Agricultural Rover* dengan kemampuan untuk melakukan penyemaian benih dan penyiangan gulma. Untuk melakukan operasi penyemaian benih otomatis dibutuhkan sebuah sistem agar rover dapat bergerak menuju titik lokasi yang telah ditentukan dan berhenti setiap jarak tertentu secara otomatis. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem navigasi berdasarkan titik koordinat dengan menggunakan GPS dan kompas. Sistem kendali fuzzy logic akan diterapkan untuk mengendalikan pergerakan rover dengan masukan error jarak dan error sudut. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan adalah sistem navigasi yang dirancang dapat menggerakkan rover menuju titik koordinat yang telah ditentukan. Selain itu rover berhenti secara otomatis tiap jarak tertentu dengan error jarak rata – rata 1,856 cm. Pengujian navigasi pada waypoint pertama menghasilkan error rata – rata 0,842 m, waypoint kedua dengan error rata – rata 0,861 m, waypoint ketiga dengan rata – rata 0,986 m, dan waypoint keempat dengan rata – rata error 0,814 m.

**Kata kunci**— Kata kunci sedapat mungkin menjelaskan isi tulisan, dan ditulis dengan huruf kecil, kecuali akronim. Kata kunci tidak lebih dari 6 kata

## I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menghasilkan pangan dengan mengandalkan alam sekitar seperti hewan dan tumbuhan. Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang berkontribusi besar dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Namun pertanian di Indonesia masih belum maksimal dan mengalami kendala dalam hal produktivitas dikarenakan penggunaan teknologi yang masih rendah [1]. Selain itu sektor pertanian mengalami penurunan jumlah pekerja dari tahun ke tahunnya terutama di golongan muda [2]. Pengurangan SDM tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti pendapatan yang

rendah, dianggap tidak bergengsi, kurang menjanjikan, dan lainya.

Maka dari itu dibutuhkan untuk menerapkan teknologi baru dibidang pertanian, dalam penelitian ini menerapkan konsep tersebut pada mobile robot yang dirancang, yaitu *Smart Agricultural Rover*. *Smart Agricultural Rover* dibuat bersama rekan tim dengan tujuan untuk membantu pekerjaan manusia di bidang pertanian. Rover yang dirancang dapat melakukan operasi penyemaian benih dan penyiangan gulma secara otomatis. Untuk mendukung operasi penyemaian benih dibutuhkan sebuah sistem agar rover dapat bergerak secara otomatis menuju lokasi yang ditentukan sehingga dapat melakukan operasi penyemaian selama perjalanannya. Dalam penelitian ini difokuskan pada bagian sistem navigasi yang mana rover bergerak menuju titik lokasi yang telah ditentukan dan melakukan pemberhentian secara autonomous.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Mobile Robot

Terdapat berbagai jenis robot yang digunakan untuk mengurangi beban kerja dan meningkatkan kinerja pada suatu pekerjaan, salah satunya adalah *mobile robot*. *Mobile robot* merupakan robot yang mampu untuk melakukan navigasi dan melakukan aksi disuatu lingkungan melalui sensor dan actuator [5]. *Mobile robot* dapat beroperasi secara otonom atau manual. *Mobile robot* yang beroperasi secara otonom dapat mengambil keputusan secara mandiri dengan mengandalkan sistem persepsi yang telah dirancang pada robot. Sistem persepsi tersebut merupakan salah satu bagian yang penting dalam robot untuk mengetahui lingkungan sekitarnya dengan penggunaan sensor [6]. *mobile robot* memiliki beberapa kategori berdasarkan sistem penggerakannya [6], yaitu:

1. Stationary
2. Land – based
3. Airbased
4. Water – based

Pada tugas akhir ini akan menerapkan *mobile robot* dengan kategori land – based menggunakan roda atau disebut juga *wheeled mobile robot*. Sistem gerak pada *mobile robot* ini

menggunakan konfigurasi *differential drive*. Konfigurasi ini tidak mengandalkan gerak kemudi, tetapi mengandalkan gerak roda yang terpisah dari 2 sisi, sehingga dapat melakukan perubahan arah dengan memvariasikan kecepatan ke 2 sisi roda.

B. Navigasi

Navigasi pada robot merupakan istilah yang digunakan dalam memastikan posisi, melakukan perencanaan jalur, dan bergerak menuju tujuan. Navigasi merupakan tugas yang penting pada *mobile robot*, terutama dalam menerapkan sistem yang otonom. Sistem navigasi akan dirancang untuk *mobile robot* yang dibuat. *Mobile robot* yang dirancang ini akan menggunakan metode *waypoint* melakukan navigasi. *Waypoint* merupakan metode yang digunakan dalam mengatur pergerakan robot berdasarkan tujuan yang telah diatur [7].

C. Kontrol Fuzzy Logic

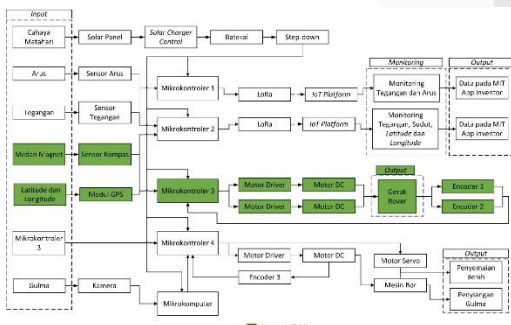
Kontrol *Fuzzy Logic* merupakan sistem kontrol yang menerapkan *rule - based* atau *knowledge - based* menggunakan aturan - aturan dari *IF - THEN* berdasarkan pengetahuan manusia [4]. Metode *fuzzy - logic* memproses input yang didapatkan dengan pendekatan derajat kebenaran dari 0 (*false*) sampai 1 (*true*). *Fuzzy logic* mampu untuk memproses sebuah masukan yang samar menjadi sebuah keluaran yang dapat dimengerti dengan mudah oleh manusia. Dengan kemampuan tersebut *fuzzy logic* dapat diterapkan pada suatu sistem seperti *path - tracking*, sistem navigasi, *obstacle avoidance*, dan beberapa sistem lainnya yang dibutuhkan dalam pengoperasiannya [4].



GAMBAR 1 (DIAGRAM FUZZY LOGIC)

III. METODE

A. Diagram Blok Individu



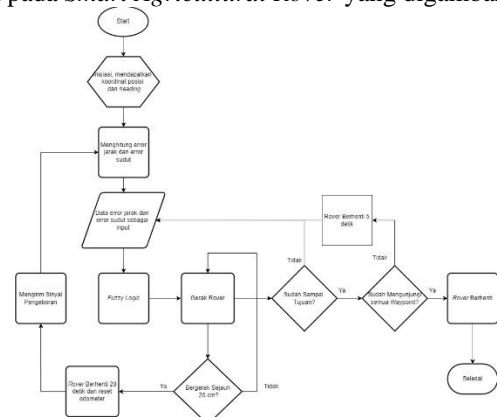
GAMBAR 2 (DIAGRAM BLOK INDIVIDU)

Gambar diatas merupakan diagram blok bagian sistem pada Tugas Akhir ini. Ketika nyala terdapat 2 input yang akan diterima, yaitu medan magnet yang diterima oleh sensor

Kompas dan longitude dan latitude diterima oleh modul GPS. Data dari kedua input tersebut akan diteruskan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut dengan *fuzzy logic*. Setelah diproses akan menghasilkan keluaran berupa PWM untuk motor kanan dan motor kiri yang selanjutnya diteruskan menuju *motor driver* sebagai penghubung antara motor penggerak dan mikrokontroler. *Motor driver* akan menggerakkan motor DC penggerak dengan memberikan PWM dari mikrokontroler dengan tegangan yang sesuai dengan spesifikasi motor penggerak. Dari pergerakan tersebut akan dihasilkan jarak tempuh menggunakan encoder pada kedua motor tersebut. Jarak tempuh yang dihasilkan akan dijadikan *feedback* pada sistem untuk melakukan pemberhentian tiap jarak tertentu.

B. Diagram Alir Sistem

Pada sistem navigasi menggunakan GPS dan Kompas memiliki perangkat lunak yang dirancang untuk melakukan proses data dan pengendalian perangkat pada *rover*. Dalam merancang perangkat lunak digunakan aplikasi Arduino *Integrated Development Environment (IDE)* untuk melakukan pemrograman pada Arduino Mega dan sistem kendali logika fuzzy untuk mengendalikan gerak *rover*. MATLAB juga digunakan dalam mendesain sistem kendali logika fuzzy. Berikut merupakan diagram alir algoritma sistem pada *Smart Agricultural Rover* yang digambarkan:



GAMBAR 3 (DIAGRAM ALIR SISTEM)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

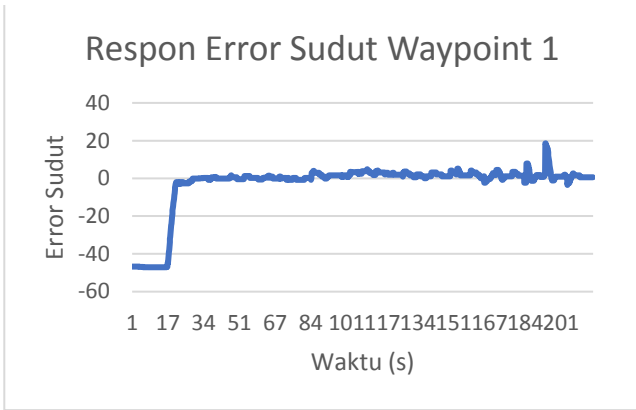
A. Pengujian Trayektori



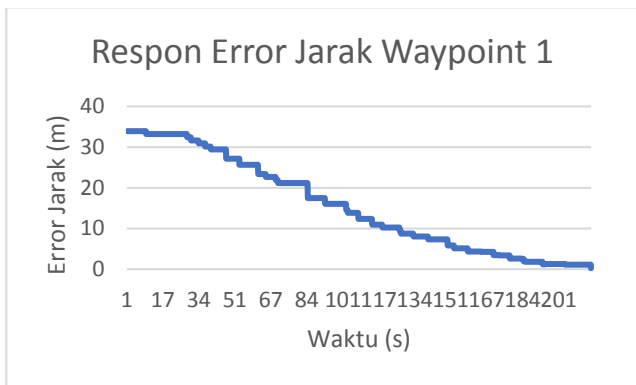
GAMBAR 4 (VISUALISASI HASIL PENGUJIAN TRAYEKTORI)

Lintasan yang dihasilkan terbentuk dari kumpulan titik koordinat yang dihasilkan oleh GPS. Garis merah merupakan jalur ideal menuju tujuan dan garis kuning merupakan jalur

yang diambil oleh *rover*. Dapat terlihat menuju *waypoint 1* *rover* bergerak dengan error yang cukup besar dikarenakan error dalam pembacaan posisi dari GPS. Menuju *waypoint 2* lintasan yang dilalui *rover* mulai membaik dan mendekati lintasan ideal hingga menuju *waypoint 3* dan dengan sedikit error yang dialami pada saat menuju *waypoint 4*. Error terbesar terjadi ketika menuju *waypoint ke 5* yang mana terjadi error pembacaan GPS. Pada pengujian trayektori tersebut juga dilihat bagaimana respon sistem yang telah dirancang dengan sebagai berikut.

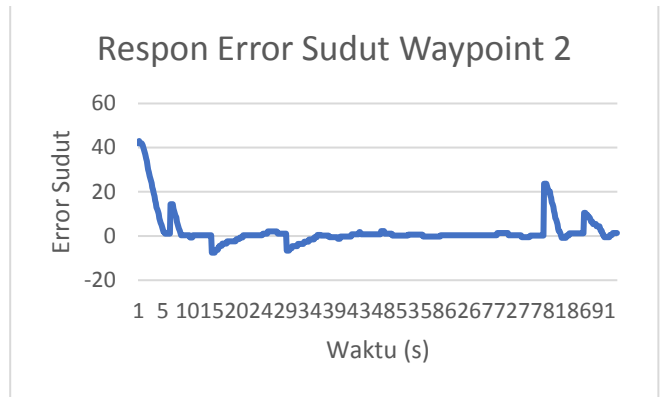


GAMBAR 5  
(RESPON ERROR SUDUT WAYPOINT 1)

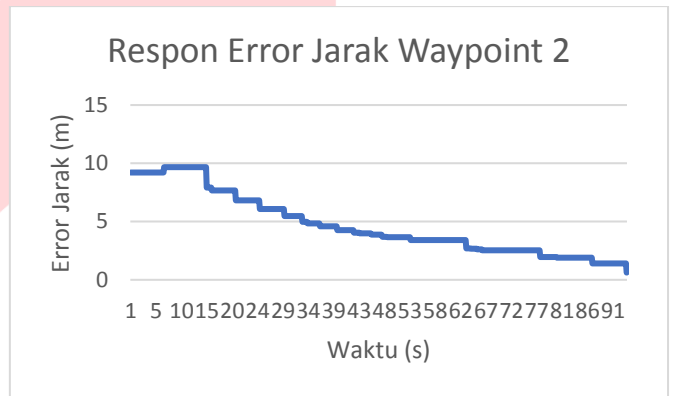


GAMBAR 6  
(RESPON ERROR JARAK WAYPOINT 1)

Dari grafik tersebut pada respon error sudut semakin lama menuju titik kestabilan pada 0 derajat selama bernavigasi. Pada respon error jarak terlihat seiring dengan berjalanya waktu error jarak semakin kecil menuju 0. Namun pada saat menuju akhir sempat terjadi error pada pembacaan posisi koordinat oleh GPS dan mengubah hasil perhitungan sudut sehingga menyebabkan terjadinya sedikit gangguan pada respon error sudut. Pada navigasi menuju *waypoint 1* menghasilkan error jarak sebesar 0,33 meter.

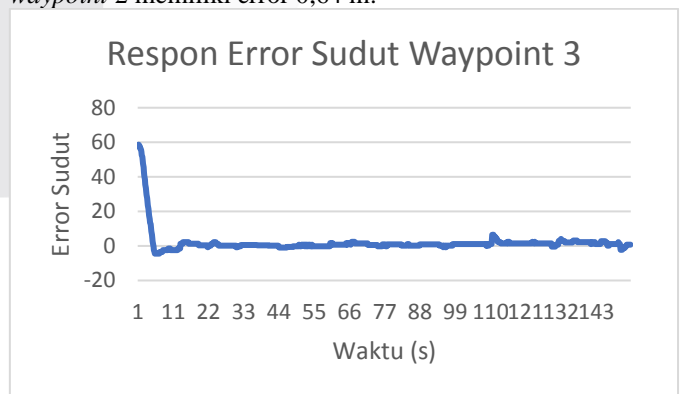


GAMBAR 7  
(RESPON ERROR SUDUT WAYPOINT 2)

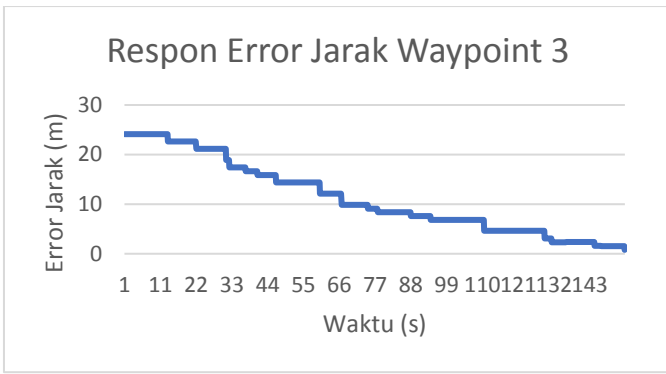


GAMBAR 8  
(RESPON ERROR JARAK WAYPOINT 2)

Pada gambar tersebut merupakan hasil respon sistem pada saat menuju *waypoint 2*. Pembacaan posisi GPS mengalami error pada saat awal mulai bernavigasi, yang mana menyebabkan respon error sudut dan jarak mengalami fluktuasi. Gangguan terbesar terjadi pada antara detik ke 80 dengan penyimpangan sudut sebesar 23,68°, namun dengan fluktuasi tersebut, *fuzzy logic* yang dirancang dapat menjaga kestabilan orientasi saat bernavigasi. Pada navigasi menuju *waypoint 2* memiliki error 0,64 m.



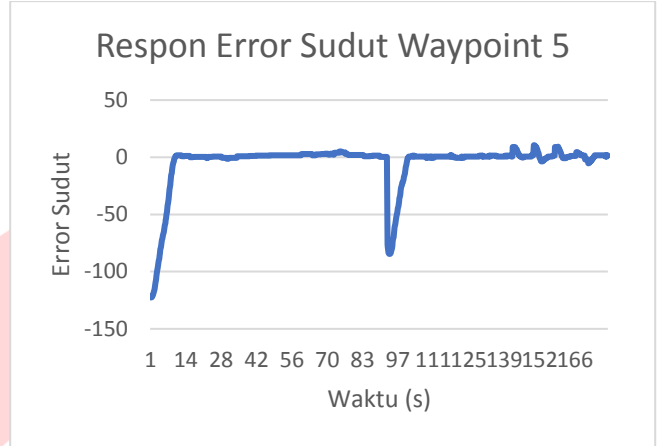
GAMBAR 9  
(RESPON ERROR SUDUT WAYPOINT 3)



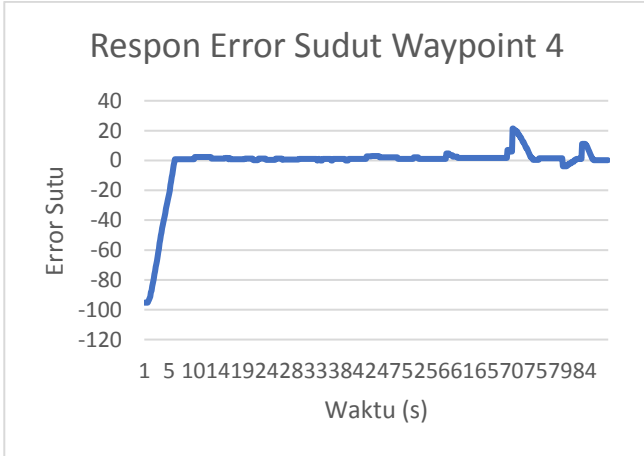
GAMBAR 10  
(RESPON ERROR JARAK WAYPOINT 3)

Pada kedua gambar tersebut merupakan respon sistem pada saat menuju *waypoint* 3. Pembacaan GPS memiliki ketepatan yang lebih konsisten dari sebelumnya, yang mana dapat dilihat dari grafik sudut yang memiliki fluktuasi yang lebih rendah. Gangguan terbesar terjadi pada detik 111 dengan penyimpangan sudut sebesar 5,2 derajat dari tujuan. Ketepatan navigasi pada *waypoint* 3 memiliki error sebesar 0,91 m.

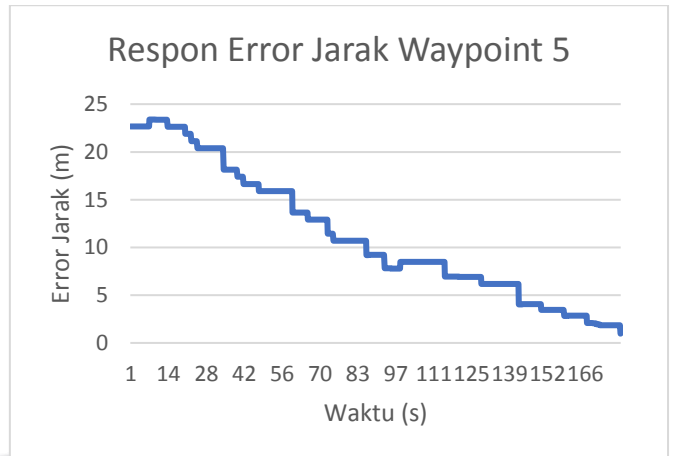
jarak pada detik ke 11 dan penyimpangan sudut terbesar terjadi pada detik 70 dengan sebesar 20,43°. Selain itu pada respon error jarak mengalami ketidakhadanya perubahan error jarak yang cukup lama terlihat pada grafik diatas. Dibandingkan dengan respon sebelumnya, pada error jarak *waypoint* 4 memiliki hasil yang kurang konsisten Ketepatan navigasi pada *waypoint* 4 memiliki error jarak yang lebih besar dibandingkan dengan yang sebelumnya, yaitu sebesar 1,33 meter.



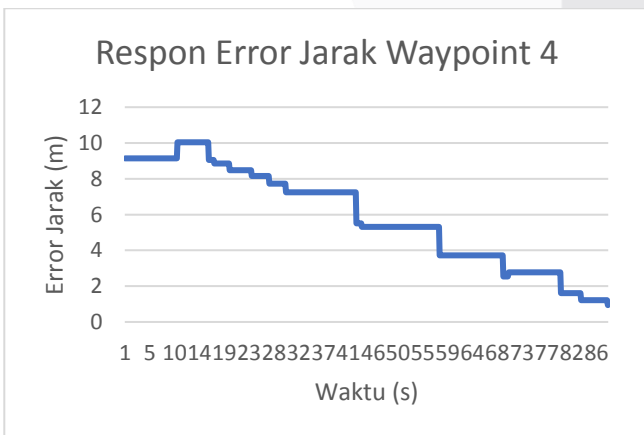
GAMBAR 13  
(RESPON ERROR SUDUT WAYPOINT 5)



GAMBAR 11  
(RESPON ERROR SUDUT WAYPOINT 4)



GAMBAR 14  
(RESPON ERROR JARAK WAYPOINT 5)

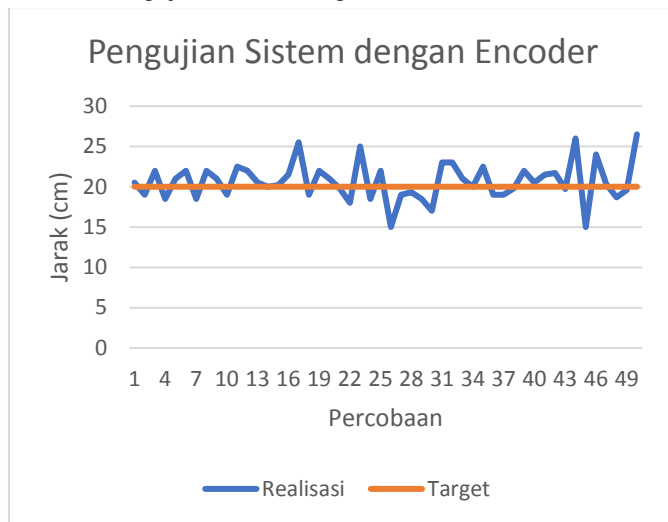


GAMBAR 12  
(RESPON ERROR JARAK WAYPOINT 4)

Pada pengujian *waypoint* 4 memiliki respon error sudut yang cukup stabil namun pada error jarak memiliki kesalahan pembacaan posisi yang mengakibatkan bertambahnya error

Pada respon sistem *waypoint* 5 memiliki hasil yang cukup stabil namun mengalami gangguan pada tengah perjalanannya. Dapat dilihat pada gambar 4.24 respon error sudut mengalami gangguan yang menyebabkan perubahan pada pembacaan sudut yang drastts. Selain itu terdapat fluktuasi pada respon error jarak *waypoint* 5. Error jarak yang fluktuatif disebabkan karena adanya kesalahan pembacaan GPS pada saat navigasi berlangsung. Pada *waypoint* 5 memiliki ketepatan navigasi sebesar 0,97 m.

## B. Pengujian Sistem dengan Encoder



GAMBAR 15  
(GRAFIK HASIL PENGUJIAN)

Berdasarkan grafik diatas dari 50 kali percobaan didapatkan error terbesar terjadi pada percobaan ke 50 sebesar 6,5 cm dengan rata – rata error sebesar 1,856 cm. Dengan menggunakan persamaan (3.1) maka didapatkan tingkat akurasi sebesar 90,72%. Error tersebut disebabkan oleh tidak adanya sistem pengereman pada saat berhenti, jalanan yang kurang datar, dan kurang akuratnya pengukuran ban yang dilakukan. Tidak adanya sistem pengereman dapat menyebabkan pembacaan jarak yang berlebih. Kurang datarnya jalanan menyebabkan pembacaan encoder yang tidak seimbang.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada Sistem Navigasi pada *Smart Agricultural Rover* dengan GPS dan Kompas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa jalur navigasi yang dihasilkan oleh *rover* dapat dikatakan tidak mendekati ideal. Hal ini disebabkan karena GPS yang digunakan memiliki keterbatasan dalam hal akurasi. Pada pengujian Sistem encoder dapat melakukan pemberhentian dan jalan selama bernavigasi setiap 20 cm dengan rata – rata error sebesar 1,856 cm.

## REFERENCES

- [1] N. Ipak Ayu H, "Teknologi Rendah Jadi Masalah Produktivitas Pertanian," *Bisnis.com*, 30 November 2020. [Online]. Available: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20201130/99/1324365/teknologi-rendah-jadi-masalah-produktivitas-pertanian>.
- [2] D. Jarot Bayu, "Indonesia dalam Ancaman Krisis Regenerasi Petani," *Katadata.co.id*, 1 April 2021. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/ariayudhistira/analisisdata/6064027728ff4/indonesia-dalam-ancaman-krisis-regenerasi-petani>.
- [3] M. Köseoğlu, O. M. Çelik and Ö. Pektaş, "Design of an Autonomous Mobile Robot Based on ROS," in *2017 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, Malatya, 2017.
- [4] F. Rubio, F. Valero and C. Llopis-Albert, "A review of Mobile Robotics: Concepts, methods, Theoretical Framework, and Applications," *International Journal of Advanced Robotic System*, vol. 16, no. 2, pp. 1 - 22, 2019.
- [5] A. S. Taufik, "Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot," 2013.
- [6] T. Sai Hong, D. Nakhaenia and B. Karasfi, "Application of Fuzzy Logic in Mobile Robot Navigation," in *Fuzzy Logic - Controls, Concepts, Theories, and Application*, IntechOpen, 2012, pp. 21-35.
- [7] S. Sudhir, "Fuzzy Set Theory," 2016.
- [8] R. Shah, S. Ozcelik and R. Chaloo, "Design of a Highly Maneuverable Mobile Robot," *Procedia Computer Science*, vol. 12, pp. 170-175, 2012.
- [9] N. Nugroho and S. Agustina, "ANALISA MOTOR DC (DIRECT CURRENT) SEBAGAI PENGGERAK MOBIL LISTRIK," *Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [10] F. Nadya, "APLIKASI METODE FUZZY MAMDANI DALAM PENENTUAN STATUS GIZI DAN KEBUTUHAN KALORI," 2016.
- [11] N. Magnusson and T. Odenman, "Improving absolute position estimates of an automotive vehicle using GPS in sensor fusion," 2012.
- [12] J. James, "How to Read GPS Coordinates," *Ubergizmo*, 17 February 2016. [Online]. Available: <https://www.ubergizmo.com/how-to/read-gps-coordinates/>. [Accessed 29 October 2021].
- [13] Anto, "Analisis dan Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jumlah Pemesanan Barang Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Metode Sugeno,," 2016.
- [14] "Rotary Encoders," *Omron*, [Online]. Available: <https://www.ia.omron.com/support/guide/34/introduction.html>.