

# KONTROL KESTABILAN GERAK ROBOT LINE FOLLOWER DENGAN ACCELEROMETER DAN GYROSCOPE MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV) WITH DIRECTION CONTROL SYSTEM IN FRONT WHEEL USING FUZZY LOGIC SYSTEM

Afrursah Satrio Bia Pratama<sup>1</sup>, Angga Rusdinar, Ph.D.<sup>2</sup>, Erwin Susanto, Ph.D.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[afrursah@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:afrursah@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id](mailto:anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[erwinelektro@telkomuniversity.ac.id](mailto:erwinelektro@telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

AGV (Automated Guided Vehicle) merupakan kendaraan cerdas yang digunakan dalam sistem distribusi untuk mengirimkan produk dari satu tempat ke tempat yang diinginkan dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pengendalinya. AGV pada umumnya dirancang dengan menggunakan motor sebagai penggerak dan pembelok pada setiap rodanya. Hal ini menyebabkan terjadinya pemborosan penggunaan motor karena membutuhkan motor yang banyak. Selain itu, pengendalian motor terutama untuk kestabilan dalam pembelokan AGV agar dapat bergerak optimal menjadi lebih sulit.

Tugas akhir membahas tentang pengembangan sistem pengendalian AGV yang dikhususkan pada sistem pengendalian pembelokan AGV dengan menggunakan Fuzzy Logic. Sistem pengendalian pembelokan ini akan dikembangkan pada AGV yang akan dibentuk menyerupai mobil dimana ada dua roda yang akan menentukan arah AGV yang digerakan oleh sebuah motor stepper yang dikontrol menggunakan mikrokontroler. Sistem ini dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan, kestabilan, dan akurasi AGV saat berbelok serta memperhalus laju pergerakan AGV. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga akurasi dan kestabilan AGV saat berbelok dengan kecepatan yang konstan.

Dari hasil pengujian didapatkan pergerakan pembelokan AGV yang terjadi cukup baik. Dengan rata-rata error pada roda kanan sebesar  $0.84^\circ$  dan pada roda kiri sebesar  $0.91^\circ$  dengan kecepatan yang cukup konstan yang bergerak sesuai dengan PWM yang telah diatur.

**Kata kunci :** Automated Guided Vehicle, Sistem Pengendalian Pembelokan AGV

### Abstract

AGV (Automated Guided Vehicle) is an intelligent vehicle used to deliver the product from one place to other place by using a microcontroller as the controller. AGV is generally designed by using the motor as a driver and steering on each wheel. It is causing the wasteful use of a motor because it requires a lot. In addition, motor control, especially for stability in order to move deflection optimal AGV becomes more difficult

This final project will discuss about the development of the AGV control system which is devoted to the turning control of the AGV using Fuzzy Logic. This turning control system will be developed on the AGV to be shaped like a car in which there are two wheels that will determine the direction of the AGV is driven by a stepper motor controlled using a microcontroller to improve the ability, stability, and accuracy AGV when turning and smooths the flow of AGV.

From the test results obtained AGV deflection movement that occurs quite good. With an average error on the right wheel is  $0.84^\circ$  an the left wheel is  $0.91^\circ$  with a fairly constant speed which moves in accordance with the PWM that has been set.

**Keywords:** Automated Guided Vehicle, AGV Turning Control Systems

### 1. Pendahuluan

Pengaplikasian teknologi dalam dunia industri sudah sangat banyak pada zaman sekarang. Pengaplikasian teknologi dimaksudkan untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaan. Teknologi yang dibutuhkan tidak lagi sekedar alat yang masih dikendalikan penuh oleh manusia, tetapi alat yang sudah memiliki kecerdasan dan sistem tersendiri. Hal ini dimaksudkan untuk semakin bertambahnya efisiensi dalam pekerjaan.

Dalam dunia industri, terutama pada sebuah sistem distribusi dibutuhkan teknologi berupa sistem kendali otomatis yang dapat mengerjakan pekerjaan distribusi secara efisien. AGV (Automated Guided Vehicle) adalah salah satu jawaban dari kebutuhan tersebut. AGV merupakan sebuah kendaraan yang berfungsi mendistribusikan produk dari suatu tempat menuju tempat tujuan secara otomatis. Penggunaan AGV pada dunia industri dewasa ini sudah semakin banyak. Hal ini dikarenakan AGV menjawab kebutuhan dunia industri terhadap suatu sistem distribusi yang cepat, efisien, serta sedikit penggunaan tenaga manusia.

Dalam penggunaannya, AGV masih memiliki banyak kekurangan terutama dalam sistem pengendaliannya. Dalam tugas akhir ini akan membahas pengembangan dari AGV. Pengembangan yang dilakukan difokuskan pada sistem pembelokan AGV. AGV akan dikembangkan dengan menggunakan dua roda pembelok seperti yang diterapkan pada mobil. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan akurasi, kestabilan, serta pergerakan yang halus dari AGV. Dengan adanya pengembangan ini diharapkan AGV dapat bekerja lebih optimal dan lebih efisien.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Automated Guided Vehicle<sup>[1]</sup>

AGV merupakan suatu kendaraan yang dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan sistem navigasi dengan pengendalian pola gerakan menuju tempat yang dituju. Berbagai jenis AGV digunakan hampir di setiap industri manufaktur barang untuk memindahkan berbagai macam produk. Fungsi yang dijalankan oleh AGV serupa dengan truk lift-truck yang dikemudikan oleh manusia. Berikut ini beberapa fungsi yang bisa dilakukan oleh AGV dalam industri:

1. Mengirimkan bahan baku dari bagian penerimaan ke gudang
2. Mengirimkan bahan baku dari gudang ke bagian produksi
3. Memindahkan produk selama proses produksi
4. Memindahkan produk dari bagian wrapper ke bagian penyimpanan atau pengiriman
5. Memindahkan produk dari gudang barang jadi ke bagian pengiriman.

### 2.2. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut.<sup>[2]</sup> Ada beberapa alasan digunakannya logika fuzzy, antara lain:

- a. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Karena logika fuzzy menggunakan dasar teori himpunan.
- b. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan.
- c. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
- d. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- e. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- f. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Logika fuzzy sendiri terdiri dari berbagai macam metode, diantaranya: *fuzzy inference system*, *fuzzy clustering*, *fuzzy database*, dll. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, akan digunakan *fuzzy inference system* dengan metode Takagi-Sugeno.

### 2.3. Rotary Encoder

Rotary encoder merupakan perangkat mekatronika yang mengubah sudut posisi angular menjadi data analog atau data digital. Rotary encoder terdiri dari piringan yang memiliki lubang-lubang pada dekat sisi terluar dan rangkaian optocoupler. Cara kerja dari rotary encoder yaitu memutus dan menyambungkan optocoupler sesuai dengan lubang yang ada pada piringan melalui lubang-lubang yang terdapat pada piringan. Hal ini dapat menentukan berapa lubang yang sudah dilalui oleh optocoupler sehingga dapat mengetahui jarak, kecepatan, dan lain-lain.

### 2.4. Motor Stepper<sup>[3]</sup>

Motor Stepper mengubah pulsa-pulsa listrik menjadi gerakan diskrit rotor yang disebut step. Nilai rating dari suatu motor stepper diberikan dalam langkah perputaran (step per revolution). Motor stepper umumnya mempunyai kecepatan dan torsi rendah.

Motor stepper bekerja berdasarkan pulsa-pulsa listrik yang diberikan pada lilitan fasenya dalam urutan urutan yang tepat. Selain itu, pulsa-pulsa itu juga harus menyediakan arus yang cukup besar pada lilitan fase tersebut. Karena itu untuk pengoperasian motor Stepper pertama-tama harus menggunakan suatu sequencer logic

untuk menentukan urutan pencatutan lilitan fase motor dan kemudian menggunakan driver motor untuk memberikan arus yang dibutuhkan oleh lilitan fase.

## 2.5. Photodioda<sup>[3]</sup>

Sensor photodioda adalah salah satu jenis sensor peka cahaya (photodetector). Photodioda akan mengalirkan arus yang membentuk fungsi linear terhadap intensitas cahaya yang diterima. Arus ini umumnya teratur terhadap power density (dp). Perbandingan antara arus keluaran dengan power density disebut sebagai current responsivity. Arus yang dimaksud adalah arus bocor ketika photodioda tersebut disinari dan dalam keadaan dipanjar mundur.

Hubungan antara keluaran sensor photodioda dengan intensitas cahaya yang diterimanya ketika dipanjar mundur adalah membentuk suatu fungsi yang linier. Hubungan antara keluaran sensor photodioda dengan intensitas cahaya yang diterimanya ketika dipanjar mundur adalah membentuk suatu fungsi yang linier. Hubungan antara keluaran sensor photodioda dengan intensitas cahaya ditunjukkan pada gambar berikut.

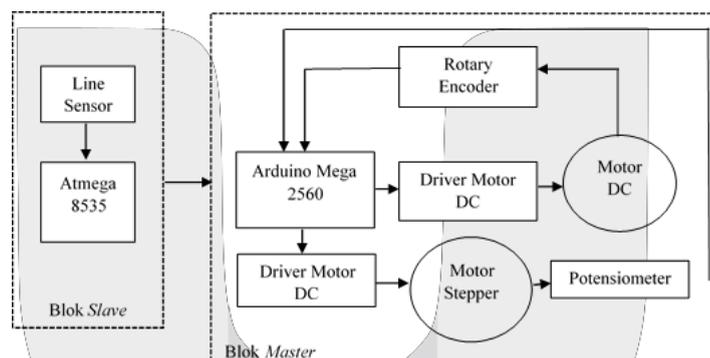
## 2.6. Motor DC

Motor DC merupakan suatu keluaran perangkat elektromagnetis dari sistem yang berfungsi untuk merubah energy listrik menjadi energy mekanik. Motor DC bekerja berdasarkan hukum gaya Lorentz. Hukum ini menyatakan bahwa apabila sebatang konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan di medan magnet, maka konduktor tersebut akan mengalami gaya. Arah dari gaya yang dialami oleh konduktor tersebut ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri Flemming. Gaya tersebut dialami oleh setiap batang konduktor pada rotor sehingga menghasilkan putaran dengan torsi yang cukup untuk memutarakan beban yang dikopel dengan motor.

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1. Diagram Blok Sistem

Secara umum sistem terdiri dari dua buah mikrokontroler yang masing-masing difungsikan sebagai *master* dan *slave*, dua buah masukan, dan dua buah keluaran. Sistem digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1 Gambaran Umum Sistem

Sistem yang terealisasi berupa mobil AGV (*Automated Guided Vehicle*) yang menggunakan prinsip kerja robot pengikut garis dengan 24 sensor photodioda. Prinsip kerjanya AGV ini memiliki roda pembelok pada roda depan dan roda penggerak pada roda belakang.

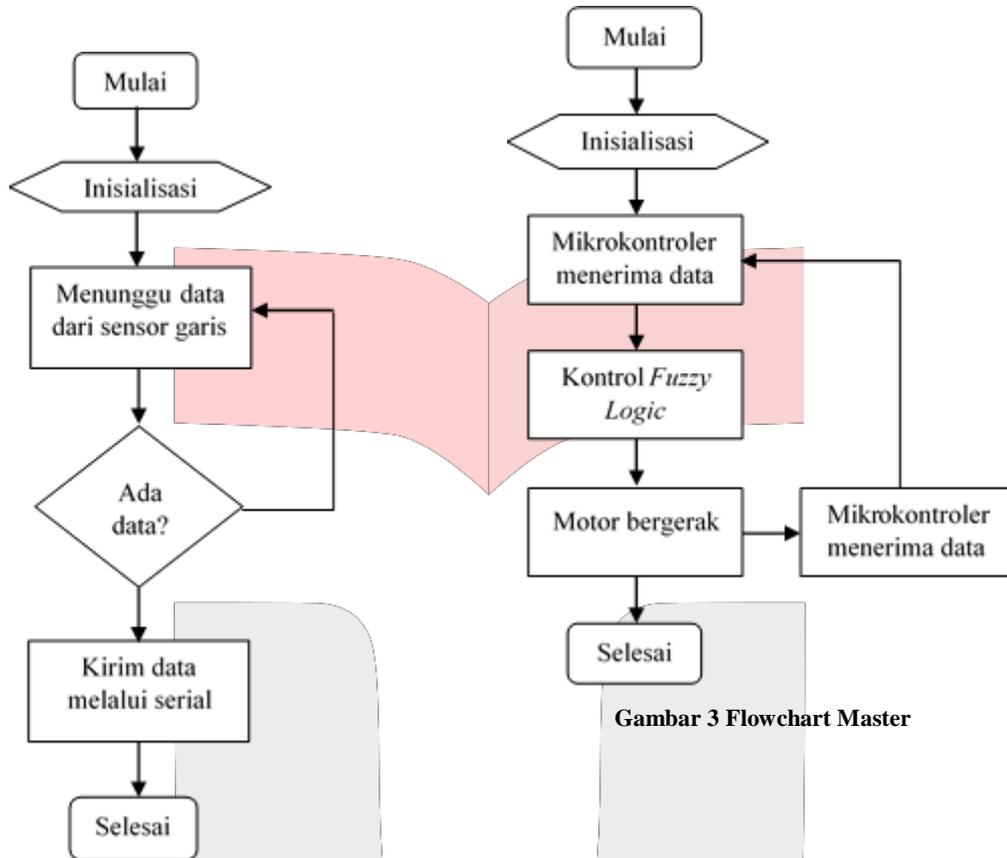
### 3.2. Perancangan Sensor Garis

Sensor garis merupakan sensor yang dapat membaca dan membedakan warna garis pada suatu bidang datar. Perancangan ini menggunakan prinsip pantulan cahaya LED yang dipantulkan dan diterima oleh photodioda. Sensor garis ini terdiri dari 24 photo dioda yang menerima cahaya dari 24 LED. Semua photodioda ini akan masuk multiplexer yang berjumlah tiga buah dan selanjutnya akan dikirimkan ke mikrokontroler slave yang akan diterima melalui port ADC.

Untuk mencapai navigasi yang sukses, jumlah sensor yang digunakan dan peletakan sensor sangat berperan penting. Jumlah sensor yang sedikit akan mengurangi resolusi pembacaan sensor bahkan bisa menyebabkan robot tidak mengikuti garis. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dibutuhkan dua baris sensor atau lebih.<sup>[4]</sup>

Sensor ini diletakan di bawah AGV dan terletak di bagian depan. Hal ini dimaksudkan agar jalur dapat dibaca terlebih dahulu sebelum eksekusi sehingga pembelokan mobil dapat dilakukan dengan lebih baik. Bentuk dari sensor garis ini seperti setengah elips dimana terdapat 16 photodioda dan 16 LED pada bagian depan dan 8 photodioda dan 8 LED pada bagian belakang. Bentuk elips ini untuk memudahkan pembacaan sensor terhadap belokan. Jarak sensor garis ke lantai sekitar 3,4 cm, hal ini dilakukan untuk memudahkan pembacaan garis.

3.3. Flowchart Sistem



Gambar 2 Flowchart Slave

Gambar 3 Flowchart Master

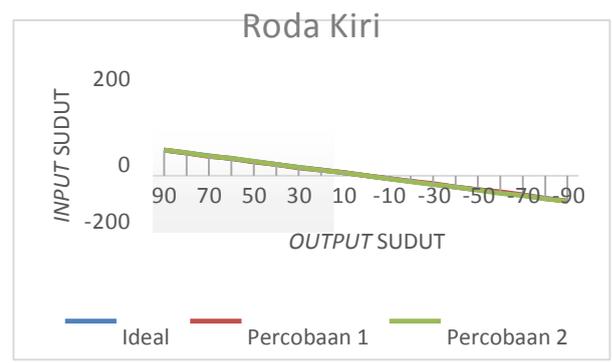
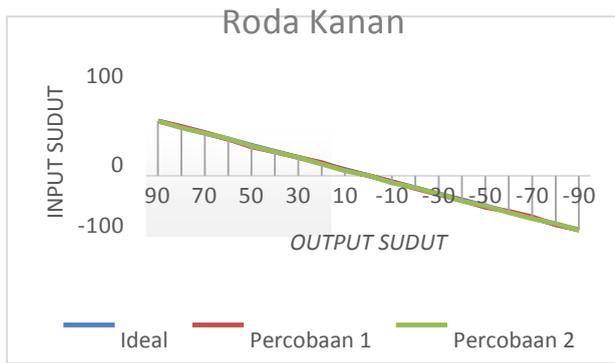
3.4. Prinsip Kerja Sistem

Data diterima oleh photodiode yang kemudian diolah menjadi data yang lebih sederhana oleh mikrokontroler slave. Kemudian data tersebut dikirim secara serial menuju mikrokontroler master. Pada mikrokontroler master data diolah dengan sistem fuzzy logic yang menghasilkan output berupa kecepatan untuk motor DC dan sudut untuk motor stepper. Dari cara kerja tersebut didapatkan hasil dari pergerakan AGV yang mengikuti garis dengan baik.

4. Pembahasan

4.1. Pengujian Driver Motor Stepper

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian terhadap performansi driver motor stepper untuk mengetahui respon driver motor stepper apabila diberikan perintah untuk bergerak ke kanan atau ke kiri dan untuk mengetahui linieritas antara sudut yang diberikan dengan sudut yang dihasilkan. Dari pengujian ini dapat dilihat dan diketahui posisi dan presisi dari pergerakan motor stepper.



Gambar 4 Grafik Pengujian Sistem Steering Roda kanan

Gambar 5 Grafik Pengujian Sistem Steering Roda kiri

4.2. Pengujian Driver Motor DC

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon dari driver motor DC saat beroperasi untuk maju atau mundur dan untuk mengetahui linieritas antara tegangan keluaran dari driver motor DC terhadap nilai PWM yang diberikan.

Tabel 1 Pengujian-1 Driver Motor DC

Arah	PWM	Pengujian – 1			
		Vreff	Vo Driver	Vo Perhitungan	Error
Maju	50	11.4	3.03	2.23	0.8
	100	11.4	6.57	4.47	2.1
	150	11.4	8.68	6.70	1.98
	200	11.4	9.84	8.94	0.9
	250	11.4	10.76	11.18	0.42
Mundur	50	11.35	3.25	2.22	1.03
	100	11.35	6.74	4.45	2.29
	150	11.35	8.73	6.68	2.05
	200	11.35	9.79	8.90	0.89
	250	11.35	10.58	11.13	0.55

Tabel 2 Pengujian-2 Driver Motor DC

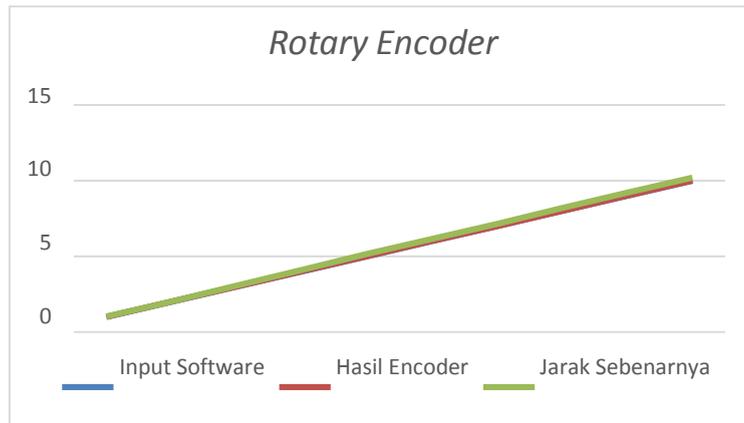
Arah	PWM	Pengujian – 2			
		Vreff	Vo Driver	Vo Perhitungan	Error
Maju	50	11.32	3.04	2.21	0.83
	100	11.32	6.65	4.43	2.22
	150	11.32	8.68	6.66	2.02
	200	11.32	9.78	8.88	0.9
	250	11.32	10.53	11.10	0.57
Mundur	50	11.5	3.31	2.25	1.06
	100	11.5	6.75	4.51	2.24

	<b>150</b>	11.5	8.61	6.76	1.85
	<b>200</b>	11.5	9.68	9.01	0.67
	<b>250</b>	11.5	10.38	11.27	0.89

Berdasarkan gambar 6 di atas maka dapat dianalisis nilai error sistem steering robot tidak besar dan mendekati nilai ideal. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error untuk roda kiri sebesar 0.91° dan roda kanan sebesar 0.84°. Sedangkan untuk driver motor dc berdasarkan tabel 1 dan tabel 2, menunjukkan bahwa nilai error masih terlalu besar. Hal ini disebabkan ketidak idealan komponen maupun jalur driver motor dc.

**4.3. Pengukuran Rotary Encoder**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rotary encoder dalam membaca jarak berdasarkan prinsip kerjanya. Dari pengujian ini dapat dibandingkan data yang didapatkan berdasarkan jarak sebenarnya dengan data yang didapat melalui perhitungan rotary encoder.

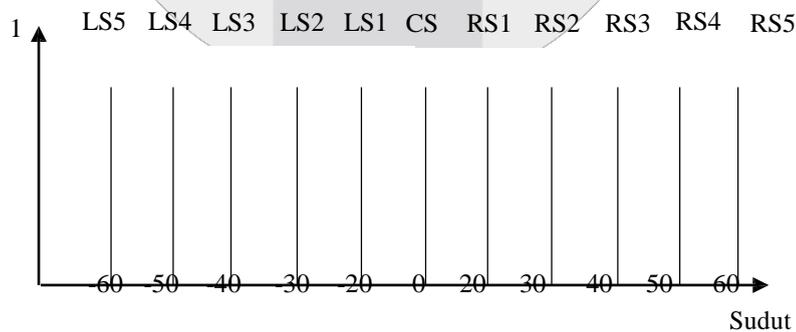


**Gambar 6 Hasil Pengujian Pengukuran Jarak dengan Encoder**

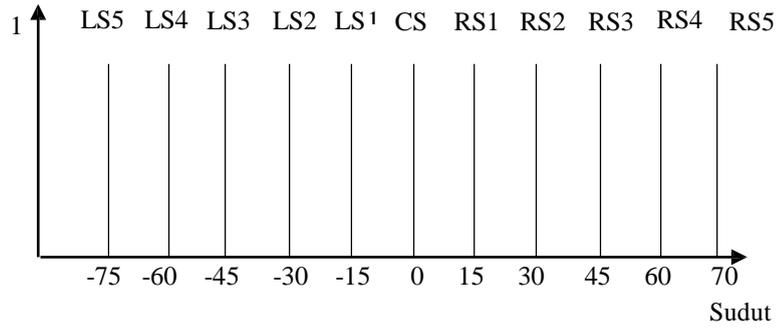
Berdasarkan gambar 7 di atas, maka dapat dilihat bahwa nilai error pembacaan jarak oleh encoder tidak terlalu jauh dari pengukuran sebenarnya namun jika dilihat, grafik pembacaan oleh encoder semakin menjauhi nilai pengukuran sebenarnya. Hal ini menunjukkan semakin jauh jarak yang ditempuh robot maka semakin besar error pembacaan encoder.

**4.4. Pengujian Fuzzy Logic**

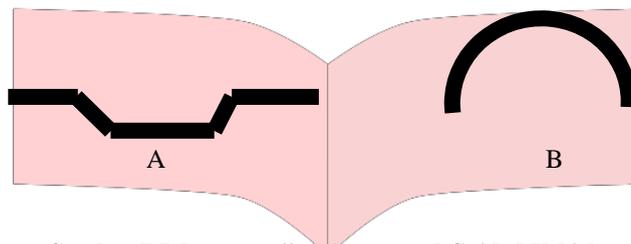
Pengujian dilakukan Untuk mengetahui akurasi pembelokan dari Automated Guided Vehicle dalam berbagai sudut belok. Dari pengujian ini akan didapatkan data yang dihasilkan dari pembelokan Automated Guided Vehicle yang dapat dibandingkan dengan data ideal pembelokan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua jenis *output fuzzy logic*. Dimana satu *output* menggunakan *interval* sudut 10° dan satu lagi menggunakan *interval* sudut 15°.



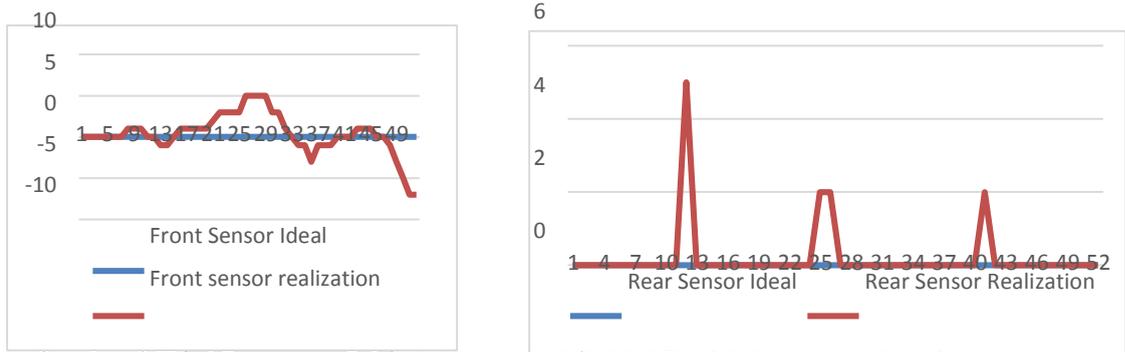
**Gambar 7 Output Fuzzy Logic interval 10°**



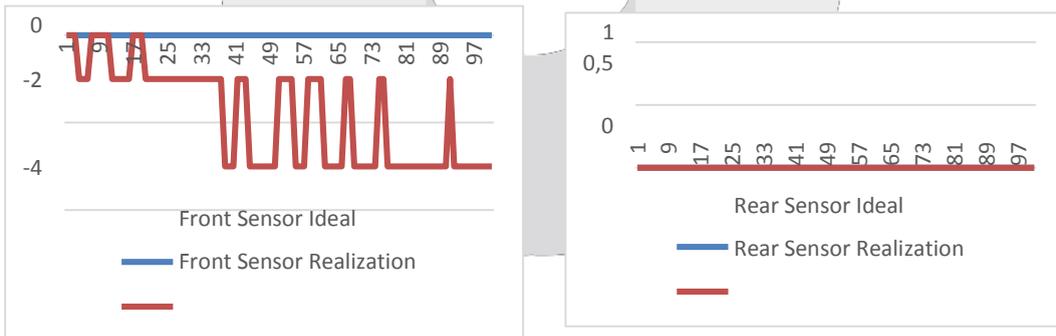
Gambar 8 Output Fuzzy Logic interval 15°



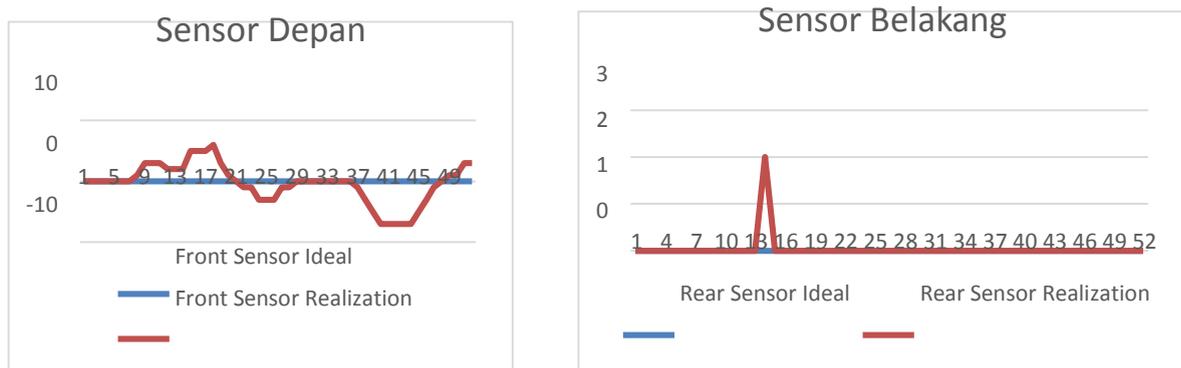
Gambar 7 Jalur pengujian Automated Guided Vehicle



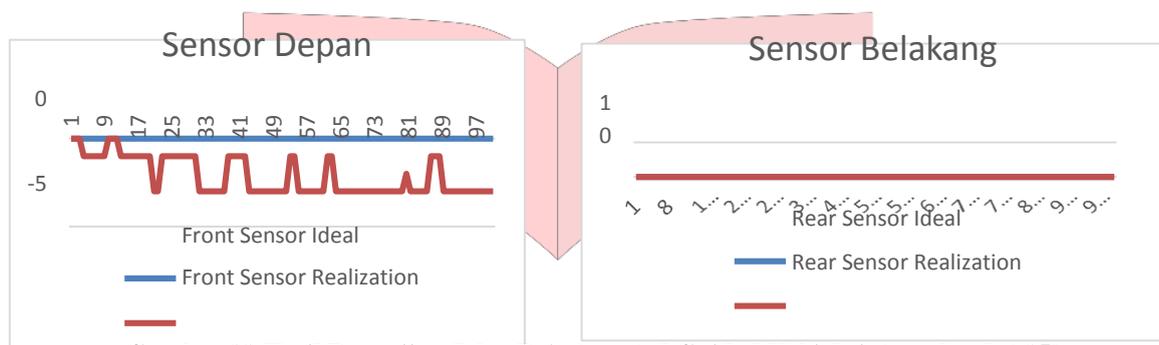
Gambar 8 Hasil Pengujian Jalur A Automated Guided Vehicle interval sudut 10°



Gambar 9 Hasil Pengujian Jalur B Automated Guided Vehicle interval sudut 10°



**Gambar 10 Hasil Pengujian Jalur A Automated Guided Vehicle interval sudut 15°**



**Gambar 11 Hasil Pengujian Jalur B Automated Guided Vehicle interval sudut 15°**

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada perancangan Automated Guided Vehicle ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Sensor photodiode pada line sensor yang berjumlah 24 membuat pembacaan lebih akurat dan membuat sistem fuzzy logic dapat bekerja dengan baik.
2. Penggunaan motor stepper pada AGV ini cukup optimal karena selain hanya meningkatkan efisiensi sumber daya, tetapi tingkat akurasinya yang sudah cukup baik yaitu dengan rata-rata error untuk roda kiri sebesar  $0.91^\circ$  dan untuk roda kanan sebesar  $0.84^\circ$ . Nilai error terbesar hanya sebesar  $3^\circ$  pada roda kiri. Error tersebut kemungkinan terjadi akibat konstruksi mekanik maupun pada driver motor stepper.
3. Penggunaan Fuzzy logic pada AGV sudah cukup baik dengan 32 aturan fuzzy, Automated Guided Vehicle dapat membaca garis lebih akurat.
4. Interval output fuzzy logic mempengaruhi pergerakan AGV, dimana berdasarkan data interval 15o lebih baik pergerakannya daripada interval 10o karena pergerakan AGV lebih stabil.

## Daftar Pustaka:

- [1] Waldy, Ibnu. 2014. *Rancang Bangun Sistem Automatic Guided Vehicle (Agv) Menggunakan RFID untuk Informasi Posisi*. Bandung: Telkom University
- [2] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Priyono, Agung. 2014. *Perancangan dan Implementasi One Steered Traction Wheel Robot dengan Circular Line Sensor menggunakan Kontrol Logika Fuzzy*. Bandung: Telkom University
- [4] Baharuddin M. Zafri. *Analyst of Line Sensor Configuration for Advanced Line Follower Robot*. University Tenaga Nasional