

## ***Automated Guided Vehicle (AGV) Line Follower Berbasis Fuzzy Logic Control Sebagai Penentu Rute dan Berat Barang***

Luthfansyah Mohammad<sup>(1)</sup>, Aulia Istiqomah<sup>(2)</sup>, Hanif Satrya Ardani<sup>(3)</sup>

Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Semarang, Indonesia

Email: <sup>1</sup>Luthfan48@lecturer.undip.ac.id, <sup>2</sup>auliaistiqomah12@lecturer.undip.ac.id,  
<sup>3</sup>hanifsatrya24@gmail.com

---

### **Tersedia Online di**

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

### **Sejarah Artikel**

Diterima 04 Februari 2025  
Direvisi 04 Agustus 2025  
Disetujui 03 September 2025  
Dipublikasikan 19 November 2025

---

### **Keywords:**

*Automated Guided Vehicle; Fuzzy Logic Control; Load Cell Sensor; Line Follower; Sugeno*

---

### **Kata Kunci:**

*Automated Guided Vehicle; Kontrol Logika Fuzzy; Sensor Load Cell; Line Follower; Sugeno*

---

### **Corresponding Author:**

Name:  
Luthfansyah Mohammad  
Email:  
[Luthfan48@lecturer.undip.ac.id](mailto:Luthfan48@lecturer.undip.ac.id)

---

**Abstract:** *The Automated Guided Vehicle (AGV) is a robotic innovation designed to assist in the process of delivering goods in the logistics sector of a factory. The stability of an AGV's movement has a direct impact on the safety of the goods it transports. This research aims to overcome this problem by designing and implementing an AGV mapping control system using a Fuzzy Inference System. The Load cell sensor is used as system input to measure the weight of the load carried by the AGV. The data from this sensor is then processed by the Fuzzy Inference System to produce information about the load value carried by the AGV. The research results showed that the AGV could determine the destination post when goods were placed in the load cell sensor. When the AGV was running, it went to the destination post according to the weight of the goods, and an accuracy of 100% and an error level of 5% were obtained from testing the load cell sensor.*

**Abstrak:** *Automated Guided Vehicle (AGV) pengantar barang merupakan sebuah inovasi robotik yang dirancang untuk membantu dalam proses pengiriman barang di bidang logistik suatu pabrik. Stabilitas pergerakan AGV memiliki dampak langsung terhadap keamanan barang yang diangkutnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan merancang dan menerapkan sistem kontrol pemetaan AGV menggunakan Fuzzy Inference System. Sensor load cell digunakan dan diolah oleh Fuzzy Inference System untuk menghasilkan informasi tentang nilai berat yang dibawa oleh AGV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AGV mampu bergerak secara otomatis dan menuju pos-pos yang telah ditentukan sesuai dengan berat barang yang dibawa. AGV dapat menentukan pos tujuan ketika*

*barang diletakan pada sensor load cell, ketika AGV berjalan akan menuju ke pos tujuan sesuai dengan berat barang dan diperoleh ketepatan sebesar 100% dan tingkat error 5% yang didapatkan pada pengujian sensor load cell.*

## **PENDAHULUAN**

Bersamaan dengan kemajuan industri, penggunaan tenaga mesin menjadi solusi untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi produksi, serta mengurangi biaya operasional. Mesin produksi yang terkait erat dengan teknologi robotik telah mengalami perkembangan pesat (Istiqomah et al., n.d.; Van et al., 2023; Zheyi & Bing, 2021a). Namun, meskipun demikian, masih ada beberapa industri yang tetap menggunakan metode manual dalam menjalankan operasional mereka, contohnya adalah dalam proses distribusi barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Sapkale et al., 2024a; Zheyi & Bing, 2021b).

Saat ini, *Automated Guided Vehicle* (AGV) memiliki peran yang penting dan berpotensi meningkatkan level operasional di dunia industri secara positif (Bartok & Vasarhelyi, 2023; Jerril Gilda & Jose Anand, 2023; Lee & Chen, 2022; Mahant et al., 2024; Sharma & Kulhalli, 2023). AGV memiliki kemampuan melakukan tugas-tugas yang memerlukan tingkat presisi, akurasi, dan kehandalan kerja yang tinggi. Salah satu jenis AGV yang semakin banyak digunakan di berbagai sektor industri adalah *line follower*, terutama di negara-negara dengan industri maju (Charaspotiratanakul et al., 2022; Chiwande et al., 2025; Sharma & Kulhalli, 2023; Shirmohammadi & Baghbani, 2024). AGV merupakan sebuah robot beroda yang dapat menggerakkan kargo secara otomatis, tanpa intervensi manusia, dari titik awal ke tujuan akhir, sehingga mengurangi beban kerja manusia dan meningkatkan efisiensi dalam proses produksi (Charaspotiratanakul et al., 2022; Van et al., 2023)

Fitur tambahan AGV dalam menentukan rute menuju tujuan juga telah diperkenalkan (Cai et al., 2024; Lee & Chen, 2022; Sapkale et al., 2024b; Zheyi & Bing, 2021a). Dalam pengoperasiannya, AGV mengikuti jalur untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Penambahan sensor berat pada AGV yang dipadukan dengan sensor jalur, serta penerapan metode kendali logika fuzzy diharapkan dapat meningkatkan stabilitas gerakan AGV dan mencegah jatuhnya barang yang diangkut oleh AGV (Jerril Gilda & Jose Anand, 2023; Sharma & Kulhalli, 2023; Van et al., 2023).

Logika fuzzy merupakan pengembangan dari logika Boolean yang memperhitungkan kebenaran secara parsial (Salsabila et al., 2025; Xie et al., 2018). Logika fuzzy memungkinkan penentuan nilai di antara rentang 0 dan 1 (Asai et al., 2022; Bartok & Vasarhelyi, 2023; Cai et al., 2024; Jayahariprabhu, 2024). Dalam perancangan AGV pengikut jalur, penggunaan logika Fuzzy sebagai sistem kontrol dapat diimplementasikan (Bartok & Vasarhelyi, 2023; Petritoli & Leccese, 2024; Xia & Cheng, 2021; Zvezdin et al., 2022). Fungsi logika fuzzy adalah membantu dalam menentukan parameter sensor yang akan dijadikan masukan, yang kemudian akan diproses untuk menghasilkan keluaran yang menunjukkan berat barang, sehingga dapat menentukan posisi ideal bagi AGV.

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan tujuan membuat rancang bangun AGV menggunakan metode logika fuzzy yang berguna untuk mengontrol kecepatan (Bartok & Vasarhelyi, 2023; Jerril Gilda & Jose Anand, 2023), dan penelitian yang mengoperasikan AGV untuk melakukan pengantaran barang (Chiwande et al., 2025; Sapkale et al., 2024b; Zheyi & Bing, 2021a). Namun demikian, masih sedikit ditemukan penelitian berbasis logika fuzzy dalam penyortiran berat barang yang akan dibawa oleh AGV. Pada penelitian ini metode fuzzy digunakan untuk melakukan pengantaran barang berdasarkan berat barang dan pos tujuan sehingga proses pengantaran barang dapat lebih efisien dan akurat.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan melalui perangkat keras dan matematis yang didesain secara komprehensif guna mendukung tercapainya kinerja sistem sesuai kebutuhan. Secara umum, desain perangkat keras tersusun dari mikrokontroler, sensor berat, sensor pembaca garis lintasan, *interface*, motor penggerak dan drivernya, modul peregulasi tegangan, dan baterai. Dalam penelitian ini, sistem AGV yang digunakan mengikuti garis atau jalur berwarna hitam dengan membawa barang yang akan diantar menuju pos tujuan yang telah ditentukan. Penggunaan logika fuzzy diterapkan untuk memastikan agar AGV dapat bergerak dan berjalan sesuai keinginan, meniru gerakan AGV yang menggunakan roda (Bartok & Vasarhelyi, 2023; Cai et al., 2024). Diagram blok pengontrol logika digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Fuzzy Logic

Untuk meningkatkan algoritma pengambilan keputusan yang baik, digunakan fuzzy logic sugeno (Chang et al., 2016; Petritoli & Leccese, 2024; Raj & Mohan, 2018; Zhang et al., 2018). Metode ini merupakan inferensi fuzzy yang menggunakan aturan berbentuk *If-Then*, dimana *output* (konsekuen) sistem bukan berupa himpunan *Fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier (Asai et al., 2022; Xia & Cheng, 2021). Keunggulan dari metode fuzzy sugeno adalah kemampuannya untuk menangani sistem dengan sejumlah *m input*, yaitu  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , dan satu *output*, yaitu  $Y$ . Algoritma ini terdiri dari basis aturan dengan  $n$  aturan untuk melakukan proses inferensi fuzzy (Petritoli & Leccese, 2024; Zvezdin et al., 2022). Rumus matematika dari metode fuzzy Sugeno :

$$z = \frac{\sum_{i=1}^w w_i \times z_i}{\sum_{i=1}^w w_i} \quad (2.1)$$

$$w_1 = \frac{y_a - w_i}{y_a - y_b} \quad (2.2)$$

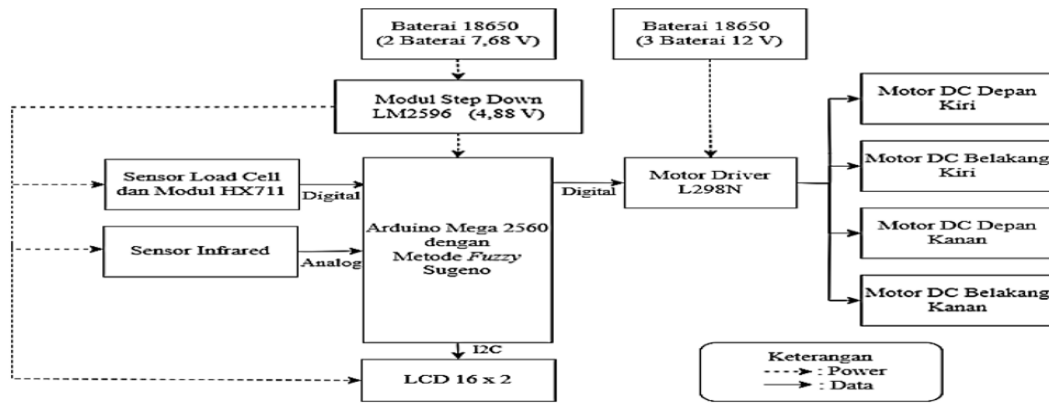
$$w_2 = \frac{w_i - y_b}{y_a - y_b} \quad (2.3)$$

$$z = \frac{w_1 \times z_1 + w_2 \times z_2}{w_1 + w_2} \quad (2.4)$$

Dengan

- $w$  = Beban Barang
- $y$  = Nilai keangotaan dalam batas *input* fuzzy, batas atas  $y_a$  dan batas bawah  $y_b$
- $z_1$  dan  $z_2$  = Nilai keangotaan dalam batas *output* fuzzy
- $Z$  = Nilai keluaran dalam parameter *ouput* fuzzy

Secara detail, aliran data dan daya operasional sistem dapat dilihat pada diagram blok Gambar 2. Sistem menggunakan *input* berupa berat barang dan arah AGV, serta *output* berupa pos tujuan atau titik koordinat. Sumber energi listrik diperoleh dari baterai 18650 yang terhubung ke modul *step down*. Arduino mega 2560 berfungsi sebagai pusat pemrosesan data. Sensor *load cell* digunakan untuk menimbang barang, dan sensor *infrared* digunakan untuk mendeteksi garis hitam atau jalur dari AGV. Data yang telah diolah kemudian digunakan sebagai referensi kerja *driver* motor DC sehingga AGV dapat menuju pos tujuannya masing-masing sesuai dengan kategori berat barang.



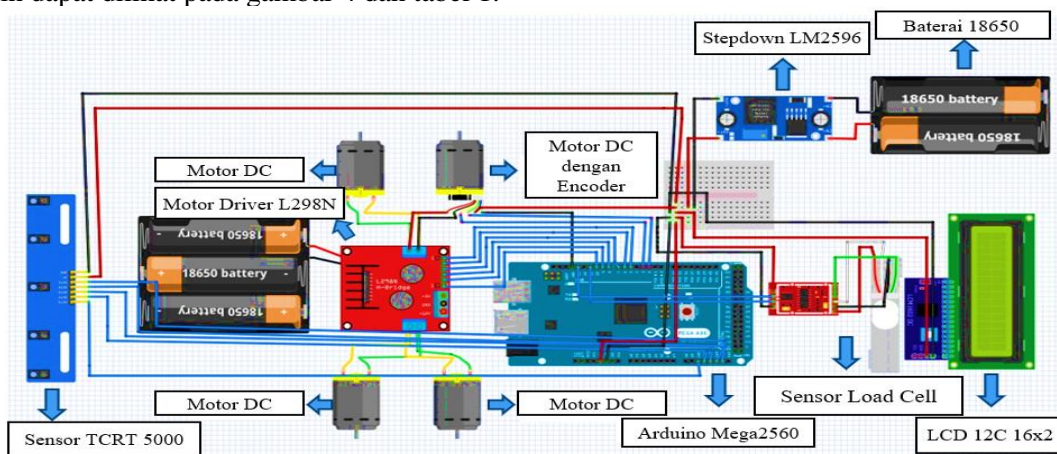
Gambar 2. Diagram Blok AGV

Dalam hal algoritma kerja, mekanisme operasional AGV berbasis logika *fuzzy* dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Main Program

Secara detail, perancangan komponen didesain untuk mendukung fitur otomatisasi operasional, dan mampu membawa beban maksimal hingga 5000 gr. Pada bagian aktuator, digunakan 4 motor DC yang diatur melalui driver motor L298N, dengan dilengkapi encoder sebagai penentu posisi sudut putar motor. Pada sisi sensor, AGV menggunakan sensor TCRT5000 dengan fungsi membaca garis lintasan, dan sensor berat load cell yang ditujukan untuk membaca berat dari benda. Untuk memastikan seluruh sistem berjalan dengan baik, pusat pengontrolan dan pengolahan data didukung oleh Arduino Mega2560, yang secara keseluruhan ditenagai oleh baterai lithium 18650 sebagai sumber energi listriknya. Koneksi komponen antara satu dengan lain dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 1.

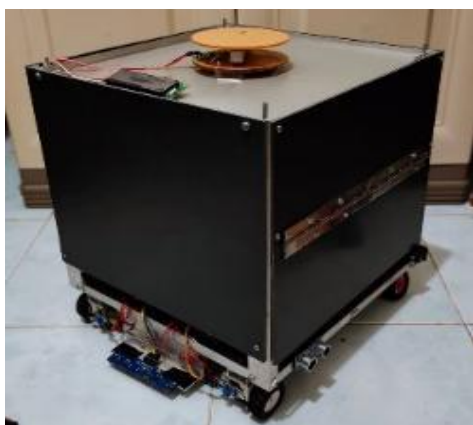


Gambar 4. Rangkaian Elektrikal

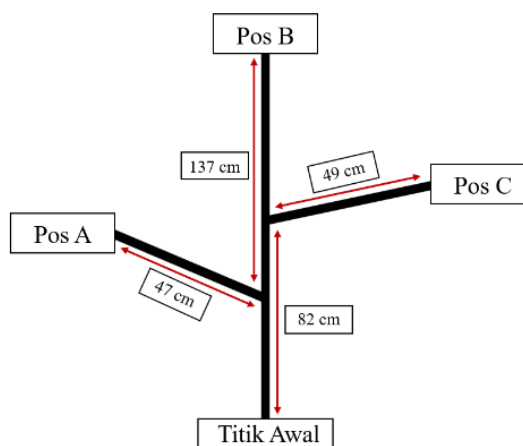
Tabel 1. Konfigurasi pada Pin Komponen

Komponen	Pin Komponen	Pin Kontroler
Modul <i>Stepdown</i> LM	OUT +	VCC
	OUT -	GND
Sensor <i>load cell</i> dengan HX711	GND	GN
	DT	D11
	SCK	D13
	VCC	VCC
LCD 16x2 dengan I2c	GND	GND
	VCC	VCC
	SDA	20
	SCL	21
<i>Driver</i> Motor L298N	EnA	D10
	In1	D9
	In2	D8
	In3	D7
	In4	D6
Sensor TCRT 5000	EnB	D5
	VCC	VCC
	GND	GND
	Sensor1	A10
	Sensor 2	A11
	Sensor 3	A12
Sensor 4	A13	
Sensor 5	A14	

Konstruksi meknaik rancang bangun AGV yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 5. Secara fungsional, AGV memiliki anak timbangan yang diletakkan pada sisi atas dengan fungsi mengalkulasi berat barang. Visual lintasan yang dijadikan jalur operasional AGV memiliki dua titik percabangan termasuk jarak dimensinya, seperti yang terdapat pada gambar 6.



Gambar 5. Hasil Rancangan AGV



Gambar 6. Visual Karakteristik Lintasan dan Panjangnya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

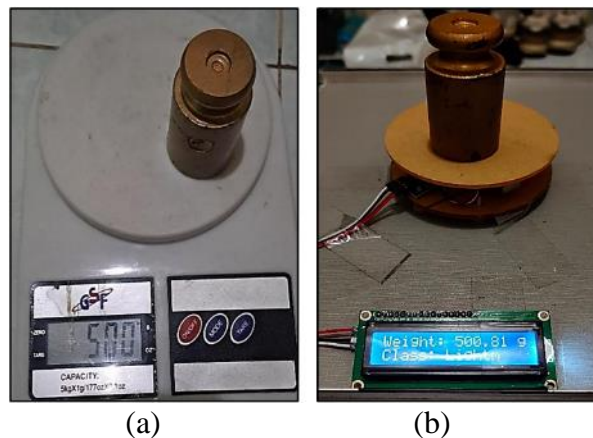
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa kinerjanya sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dan ditetapkan. Untuk memastikan data yang akurat dan lengkap, perlu melakukan pengecekan, pengukuran, dan evaluasi. Setelah pengujian selesai, dilakukan analisa data yang telah dikumpulkan.

### A. Pengujian Baterai

Baterai yang digunakan yaitu 5 buah baterai Li-Ion jenis 18650. Pengujian dilakukan dengan baterai yang telah discharge penuh dan menghasilkan tegangan sebesar 4,2 Volt pada tiap baterai. Tegangan kerja dari baterai bisa berubah seiring dengan penggunaan alat dan dengan tegangan kerja minimum yaitu sebesar 2,5 Volt yang akan membuat alat akan bekerja kurang baik dikarenakan tegangan yang dibutuhkan kurang untuk menjalankan semua sistem pada alat tersebut.

### B. Pengujian Sensor *Load Cell*

Sensor *load cell* merupakan sensor yang digunakan untuk mengubah berat suatu benda menjadi tegangan listrik yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Keluaran dari sensor *load cell* berupa sinyal analog karena sifat pengukuran berat atau gaya yang dilakukan oleh sensor *load cell* bersifat kontinu, maka dari itu ditambahkan perangkat untuk mengubah sinyal analog menjadi digital yaitu *Analog-to-Digital Converter (ADC)*. ADC adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi bentuk digital yang dapat dipahami dan diproses oleh sistem digital. Timbangan digital konvensional digunakan sebagai acuan dari berat aktual sebenarnya dari sebuah benda tersebut. Berikut ini merupakan proses yang dibutuhkan untuk pengujian seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil pengukuran berat: (a) menggunakan timbangan konvensional; (b) menggunakan sensor *Load Cell*

### C. Pengujian Sensor *Infrared*

Guna mengetahui kinerja sisi *input* pada system, dilakukan pengujian terhadap sensor yang bertanggung jawab terhadap pendeteksian garis jalur pandu AGV. Proses uji menggunakan metode validasi terhadap data *high* dan *low* pada sensor *infrared* dan sensor fototransistor. Garis jalur pandu didesain memiliki ketebalan 0,5 cm dengan garis yang memiliki karakteristik warna hitam. Berdasarkan tabel 2, hasil uji yang telah dilakukan pada seluruh sensor menunjukkan kinerja yang baik dengan terdeteksinya garis pandu secara akurat.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor TCRT 5000

Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5
1	0	0	0	0
0	1	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	1
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1

#### D. Pengujian *Fuzzy* Ketepatan Tujuan

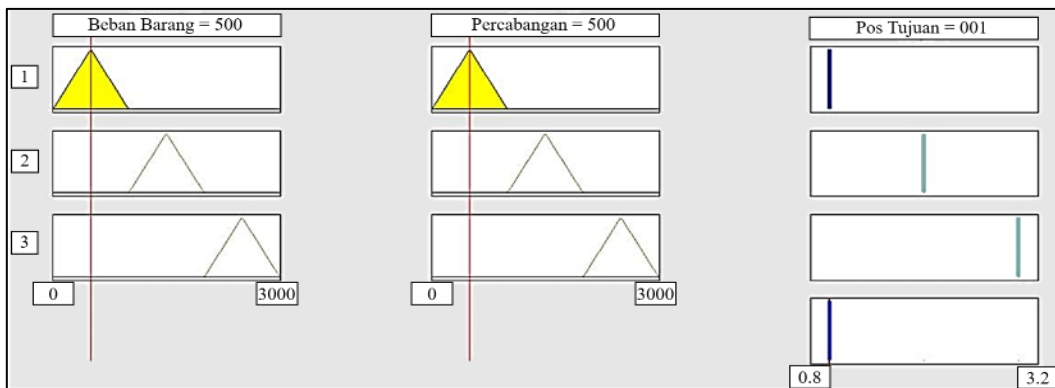
Pengujian ketepatan tujuan dari pergerakan juga menjadi salah satu hal yang perlu diuji karena jika tujuan salah maka AGV tidak dapat berjalan sesuai dengan program yang telah dibuat atau tujuan yang diinginkan.

Dalam pengujian ini AGV akan diuji dari titik awal dan diberi berat sesuai dengan klasifikasi dan apakah AGV dapat sampai menuju titik tujuan sesuai klasifikasi berat barang. Pengujian akan dilakukan 3 kali tiap kategori barang yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian fuzzy ketepatan tujuan

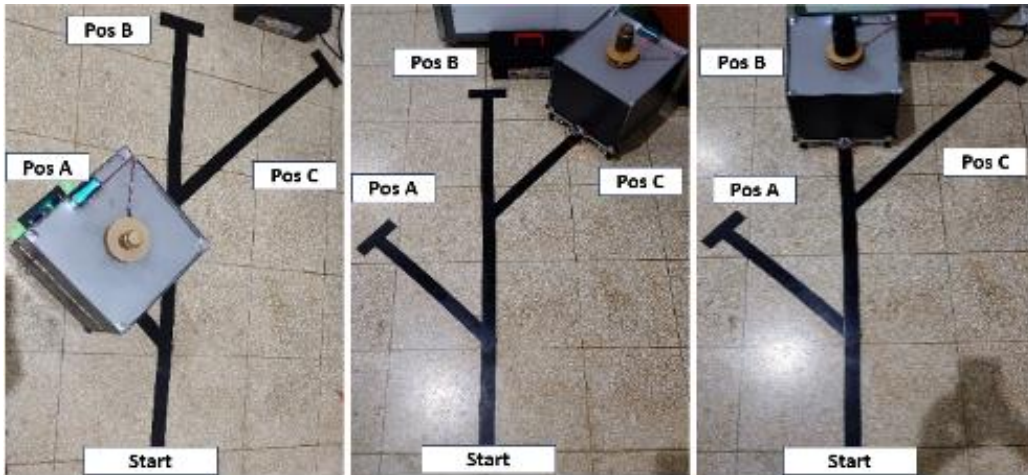
Pengujian	Percobaan	Respon AGV	Hasil
Kategori Ringan Tujuan Pos A	1	Belok Kiri	Benar
	2	Belok Kiri	Benar
	3	Belok Kiri	Benar
Kategori Sedang Tujuan Pos B	1	Belok Kanan	Benar
	2	Belok Kanan	Benar
	3	Belok Kanan	Benar
Kategori Berat Tujuan Pos C	1	Lurus	Benar
	2	Lurus	Benar
	3	Lurus	Benar

Dari hasil pengujian korelasi algoritma *fuzzy* Sugeno dengan AGV sudah sesuai dengan hasil AGV yang diuji cobakan. Pada kerja sensor dan LCD sudah sesuai untuk menuju ke pos tujuan sesuai dengan klasifikasi berat barang. Jadi penerapan algoritma *fuzzy* Sugeno pada sebuah AGV sudah diterapkan dengan benar pada gambar 8.



Gambar 86. View Rules Fuzzy Sugeno

Gambar 9 menunjukkan kinerja AGV yang sedang membawa beban ringan, beban sedang, dan beban berat pada suatu titik percabangan. Hasil menunjukkan jika AGV berbelok kiri menuju pos tujuan A untuk beban ringan, berbelok ke kanan menuju pos tujuan B untuk beban sedang, dan berjalan lurus menuju pos tujuan C untuk beban berat. Setelah tiba pada pos tujuan masing-masing dan barang dipindah dari sensor *load cell*, maka AGV akan berputar balik secara otomatis dan Kembali menuju ke titik awalnya.



(a) (b) (c)

Gambar 7. Pengujian AGV ketika membawa: (a) Beban Ringan; (b) Beban Sedang; (c) Beban Berat

E. Validasi Matematis Kontrol Logika Fuzzy

Dalam perhitungan nilai pada AGV ini menggunakan logika fuzzy dengan metode *inference system* Sugeno dimana hasil dari PWM *output* digunakan sebagai kecepatan motor untuk pergerakan agv. Logika fuzzy adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata. Pada kesempatan ini penulis mensimulasikan sebuah penilaian pada hasil PWM *output* pada AGV menggunakan logika fuzzy dengan metode *inference system* Sugeno. Fuzzy metode Sugeno merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF – THEN*, dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Pada simulasi ini hasil yang ditampilkan dengan *software* matlab sebagai. Pada perhitungan logika fuzzy terhadap tiga tahapan yang harus dilalui, yaitu: (1) fuzzifikasi; (2) *inference engine*; dan (3) *defuzzifikasi*.

Pada pengujian perhitungan dan pemrograman fuzzy akan dilakukan dengan seluruh beban barang yang akan diklasifikasikan dengan tujuan yang berbeda dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.

- a. Beban ringan dengan *range* (0, 500, 1000)
- b. Beban sedang dengan *range* (1001, 1500, 2000)
- c. Beban berat dengan *range* (2001, 2500, 3000)

Tabel 4. Pengujian Respon AGV dan Logika Fuzzy

Berat Barang	Hasil	Respon AGV	Logika Fuzzy
Ringan	Benar	Belok Kiri	Pos Tujuan A
Sedang	Benar	Belok Kanan	Pos Tujuan B
Berat	Benar	Lurus	Pos Tujuan C

Perhitungan Beban Ringan 1000 gr menuju Pos Tujuan A (1)

$$\begin{aligned}
 w1 &= \frac{\sum_{i=1}^w 1000 - 1000}{\sum_{i=1}^w 1000 - 0} = \frac{0}{1000} = 0 \\
 w2 &= \frac{\sum_{i=1}^w 1000 - 0}{\sum_{i=1}^w 1000 - 0} = \frac{1000}{1000} = 1 \\
 z &= \frac{0 \times 1 + 1 \times 1}{0 + 1} = \frac{1}{1} = 1
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban sedang menunjukkan bahwa berat beban 1000 gr dapat menghasilkan *output* 1 atau dapat diartikan jika sistem menuju ke pos tujuan A sesuai ketentuan. Melalui

perhitungan diatas jika beban terdeteksi ringan dengan *range* 0 gr – 1000 gr, akan menghasilkan *output* 1.

Perhitungan Beban Sedang 2000 gr menuju Pos Tujuan B (2)

$$\begin{aligned}
 w1 &= \frac{\sum_{i=1}^w 2000 - 2000}{\sum_{i=1}^w 2000 - 1000} = \frac{0}{1000} = 0 \\
 w2 &= \frac{\sum_{i=1}^w 2000 - 1000}{\sum_{i=1}^w 2000 - 1000} = \frac{1000}{1000} = 1 \\
 z &= \frac{0 \times 2 + 1 \times 2}{0 + 1} = \frac{2}{1} = 2
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban sedang menunjukkan bahwa berat beban 2000 gr dapat menghasilkan *output* 2 atau dapat diartikan jika sistem menuju ke pos tujuan B sesuai ketentuan. Pada perhitungan diatas jika dalam beban sedang dengan *range* 1000 gr – 2000 gr akan menghasilkan *output* 2.

Perhitungan Beban Berat 3000gr menuju Pos Tujuan C (3)

$$\begin{aligned}
 w1 &= \frac{\sum_{i=1}^w 3000 - 3000}{\sum_{i=1}^w 3000 - 2000} = \frac{0}{1000} = 0 \\
 w2 &= \frac{\sum_{i=1}^w 3000 - 2000}{\sum_{i=1}^w 3000 - 2000} = \frac{1000}{1000} = 1 \\
 z &= \frac{0 \times 3 + 1 \times 3}{0 + 1} = \frac{3}{1} = 3
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban sedang menunjukkan bahwa berat beban 3000 gr dapat menghasilkan *output* 3 atau dapat diartikan jika sistem menuju ke pos tujuan C sesuai ketentuan. Pada perhitungan diatas jika dalam beban berat dengan *range* 2000 gr – 3000 gr akan menghasilkan *output* 3.

## SIMPULAN

Penelitian ini mengaplikasikan sistem fuzzy logic Sugeno yang digunakan sebagai metode pengambil keputusan pada AGV line follower. Sistem yang dibangun telah berfungsi dengan baik untuk melakukan klasifikasi berat barang menuju pos tujuan dengan tingkat keakuratan sebesar 100%. Karena seluruh komponen pada AGV telah diatur oleh sistem fuzzy logic, serta arah motor DC yang dikendalikan secara berbeda (HIGH dan LOW), AGV mampu mengukur beban barang, mengikuti garis, dan berbelok sesuai arah pos tujuan dengan ketepatan 100%. Logika fuzzy yang diterapkan menunjukkan keputusan yang tepat dalam tiga pengujian, yaitu dengan menggunakan beban barang sebagai input dan pos tujuan sebagai output, sehingga membuktikan bahwa algoritma logika fuzzy telah berhasil diterapkan pada AGV dengan ketepatan 100%. Selain itu, penimbangan pada sensor load cell jika dibandingkan dengan timbangan konvensional menunjukkan tingkat error hanya sebesar 5%. Hal ini disebabkan oleh adanya fitur kalibrasi pada program sensor load cell, yang bertujuan agar hasil penimbangan mendekati hasil dari timbangan konvensional dan mengurangi tingkat kesalahan. Selain dapat menuju ke pos tujuan menggunakan metode fuzzy logic, AGV juga mampu kembali secara otomatis ke titik awal keberangkatannya. AGV akan berputar balik 180° keluar dari garis, dan setelah garis terdeteksi kembali, AGV akan berjalan menuju titik awal dengan ketepatan sebesar 100%. Hasil dari perancangan sistem AGV line follower ini membuktikan bahwa sistem mampu mendukung dan mempermudah berbagai pekerjaan di industri, khususnya tugas-tugas yang memerlukan mobilitas tinggi, seperti pemindahan barang produksi ke lokasi tertentu dengan keakuratan 100%.

## DAFTAR RUJUKAN

- Asai, Y., Itami, T., & Yoneyama, J. (2022). Membership Function Independent Global Stability Condition for Takagi-Sugeno Fuzzy Systems. *2022 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems, SCIS and ISIS 2022*. <https://doi.org/10.1109/SCISISIS55246.2022.10001986>
- Bartok, R., & Vasarhelyi, J. (2023). Autonomous robot control using hardware accelerated implementation of fuzzy interpolation. *Proceedings of the 2023 24th International Carpathian Control Conference, ICC 2023*, 31–36. <https://doi.org/10.1109/ICCC57093.2023.10178965>
- Cai, G., Xu, L., Zhu, X., Liu, Y., Feng, J., & Yin, G. (2024). Fuzzy Adaptive Event-Triggered Path Tracking Control for Autonomous Vehicles Considering Rollover Prevention and Parameter Uncertainty. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 54(8), 4896–4907. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2024.3373408>
- Chang, Y. C., Chen, C. H., Zhu, Z. C., & Huang, Y. W. (2016). Speed Control of the Surface-Mounted Permanent-Magnet Synchronous Motor Based on Takagi-Sugeno Fuzzy Models. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(9), 6504–6510. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2015.2504392>
- Charaspotiratanakul, N., Thitayanuwat, W., & Rattanathavorn, I. (2022). Sweeper Arm Mechanism Design on the Line Follower Robot with Path Sensing Algorithm and Curvature-Driven Kinematic. *ICBIR 2022 - 2022 7th International Conference on Business and Industrial Research, Proceedings*, 84–89. <https://doi.org/10.1109/ICBIR54589.2022.9786407>
- Chiwande, S. S., Nagdeote, S., Wankar, N. S., Ganvir, A., Tarale, G., & Pidurkar, H. (2025). Design and Implementation of Intelligent Line Follower Restaurant Servant Bot. *Proceedings of 5th International Conference on Trends in Material Science and Inventive Materials, ICTMIM 2025*, 452–456. <https://doi.org/10.1109/ICTMIM65579.2025.10988400>
- Istiqomah, A., Mohammad dan, L., & Irham Agil Kurniawan, M. (n.d.). Rancang Bangun Sistem Adaptive Cruise Control (ACC) dengan Metode Fuzzy Logic pada Prototype Robo Car Design of Adaptive Cruise Control (ACC) System with Fuzzy Logic Method on Robo Car Prototype. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 17(1), 2025. <https://doi.org/10.5614/joki.2025.17.1.4>
- Jayahariprabhu, M. (2024). Development of an Adaptive Neuro-Fuzzy System to Navigate the AGV's. *2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies, ICDT 2024*, 1103–1108. <https://doi.org/10.1109/ICDT61202.2024.10488944>
- Jerril Gilda, S., & Jose Anand, A. (2023). Implementation of Intelligent Control Techniques Applied on a Line Follower Vehicle Controller. *2nd International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems, ICACRS 2023 - Proceedings*, 46–53. <https://doi.org/10.1109/ICACRS58579.2023.10405197>
- Lee, M. Y., & Chen, B. Sen. (2022). Robust  $H_\infty$  Network Observer-Based Attack-Tolerant Path Tracking Control of Autonomous Ground Vehicle. *IEEE Access*, 10, 58332–58353. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179111>
- Mahant, A., Kashyap, D., & Boora, K. (2024). Autonomous Line Follower Robot with Obstacle Avoidance Design. *2nd International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems, ICSSAS 2024 - Proceedings*, 1679–1684. <https://doi.org/10.1109/ICSSAS64001.2024.10760682>
- Petritoli, E., & Leccese, F. (2024). A Takagi-Sugeno Fuzzy Logic Motor Control for Robot for Assistance to Individuals with Impairments. *2024 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment, MetroLivEnv 2024 - Proceedings*, 509–513. <https://doi.org/10.1109/MetroLivEnv60384.2024.10615895>

- Raj, R., & Mohan, B. M. (2018). Stability Analysis of General Takagi-Sugeno Fuzzy Two-Term Controllers. *Fuzzy Information and Engineering*, 10(2), 196–212. <https://doi.org/10.1080/16168658.2018.1517974>
- Salsabila, R., Windarko, N. A., & Sumantri, B. (2025). Rancang Bangun Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk Estimasi State-of-Charge (SOC) Baterai. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 10(1), 199–211. <https://doi.org/10.28926/briliant.v10i1.2148>
- Sapkale, P., Dakhne, D., & Narwade, V. (2024a). Food Serving Restaurant Robot with Infrared line Detection Path. *2024 IEEE 9th International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2024*. <https://doi.org/10.1109/I2CT61223.2024.10543429>
- Sapkale, P., Dakhne, D., & Narwade, V. (2024b). Food Serving Restaurant Robot with Infrared line Detection Path. *2024 IEEE 9th International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2024*. <https://doi.org/10.1109/I2CT61223.2024.10543429>
- Sharma, A., & Kulhalli, S. G. (2023). Warehouse Automation using Line Follower Robot. *2023 4th IEEE Global Conference for Advancement in Technology, GCAT 2023*. <https://doi.org/10.1109/GCAT59970.2023.10353424>
- Shirmohammadi, S., & Baghbani, F. (2024). Design and Implementation of a Line Follower Robot. *2024 10th International Conference on Artificial Intelligence and Robotics, QICAR 2024*, 268–271. <https://doi.org/10.1109/QICAR61538.2024.10496637>
- Van, T. N., Van, T. P., Duc, C. H., & Xuan, B. D. (2023). Design and Fabrication AGVs for Industrial Product Transportation with High Load Capacity. *Proceedings - 12th IEEE International Conference on Control, Automation and Information Sciences, ICCAIS 2023*, 739–744. <https://doi.org/10.1109/ICCAIS59597.2023.10382310>
- Xia, X., & Cheng, L. (2021). Adaptive Takagi-Sugeno Fuzzy Model for Pneumatic Artificial Muscles. *2021 13th International Conference on Advanced Computational Intelligence, ICACI 2021*, 305–311. <https://doi.org/10.1109/ICACI52617.2021.9435870>
- Xie, X., Yue, D., & Peng, C. (2018). Relaxed Real-Time Scheduling Stabilization of Discrete-Time Takagi-Sugeno Fuzzy Systems via An Alterable-Weights-Based Ranking Switching Mechanism. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(6), 3808–3819. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2018.2849701>
- Zhang, Y., Ishibuchi, H., & Wang, S. (2018). Deep Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy Classifier With Shared Linguistic Fuzzy Rules. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(3), 1535–1549. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2017.2729507>
- Zheyi, C., & Bing, X. (2021a). AGV Path Planning Based on Improved Artificial Potential Field Method. *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications, ICPECA 2021*, 32–37. <https://doi.org/10.1109/ICPECA51329.2021.9362519>
- Zheyi, C., & Bing, X. (2021b). AGV Path Planning Based on Improved Artificial Potential Field Method. *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications, ICPECA 2021*, 32–37. <https://doi.org/10.1109/ICPECA51329.2021.9362519>
- Zvezdin, A. P., Seryogina, D. V., Yakovleva, O. V., & Stroganov, Y. V. (2022). Software Implementation of Takagi-Sugeno Fuzzy System Identification Methods Based on FCRM and Gath-Geva Clustering. *Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022*, 518–521. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755660>