

IMPLEMENTASI METODE *WAYPOINT* PADA SISTEM NAVIGASI *AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV)*

Mohammad Arsy Ananta¹, Amperawan², Masayu Anisah³

Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

arsyananta@gmail.com¹, amperawan@polsri.ac.id², annisah1970@gmail.com³

ABSTRAK

Dalam industri manufaktur dan logistik, efisiensi operasional menjadi kunci utama untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya operasional. Salah satu inovasi teknologi yang berperan penting adalah penggunaan *Automated Guided Vehicle (AGV)* yang dilengkapi dengan sistem navigasi berbasis GPS. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem navigasi GPS pada AGV menggunakan metode *waypoint* dengan fokus pada peningkatan akurasi pergerakan dan optimasi rute kendaraan. Metode *waypoint* digunakan untuk menentukan titik-titik koordinat tujuan yang harus dicapai oleh AGV. Pengujian dilakukan pada beberapa skenario pergerakan, yang mencakup pengaturan *waypoint* pada lintasan. Hasil pengujian menunjukkan penurunan deviasi jarak yang signifikan seiring dengan pengujian yang dilakukan. Pada pengujian pertama, deviasi berhasil berkurang dari 9 meter menjadi 3 meter, menunjukkan adanya penyesuaian posisi yang efektif. Pengujian kedua dan ketiga juga menunjukkan penurunan deviasi lebih lanjut, dengan hasil yang konsisten dan memperkuat keandalan sistem dalam berbagai skenario pergerakan. Secara keseluruhan, setiap pengujian menunjukkan peningkatan akurasi dan konsistensi pergerakan AGV menuju *waypoint* yang telah ditentukan.

Keywords: Navigasi GPS, *Automated Guided Vehicle*, Metode *Waypoint*, Efisiensi Transportasi

Abstract

In the manufacturing and logistics industries, operational efficiency is the key to increasing productivity and reducing operational costs. One of the technological innovations that plays an important role is the use of Automated Guided Vehicles (AGVs) equipped with GPS-based navigation systems. This research aims to implement a GPS navigation system on AGVs using the waypoint method with a focus on improving the accuracy of movement and optimizing vehicle routes. The waypoint method is used to determine the destination coordinate points that must be reached by the AGV. Testing was carried out on several movement scenarios, which included setting waypoints on the track. The test results showed a significant decrease in distance deviation along with the tests carried out. In the first test, the deviation was successfully reduced from 9 meters to 3 meters, indicating an effective position adjustment. The second and third tests also showed a further decrease in deviation, with consistent results and strengthened the reliability of the system in a variety of movement scenarios. Overall, each test showed an increase in the accuracy and consistency of the AGV's movement towards the predetermined waypoint.

Keywords: GPS Navigation, Automatic Guided Vehicle, Waypoint Method, Transport Efficiency



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International

PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur dan logistik, efisiensi operasional menjadi salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan perusahaan. Peningkatan efisiensi ini tidak hanya memberikan keuntungan dari segi waktu dan biaya, tetapi juga meningkatkan kapasitas produksi dan kecepatan pengiriman yang pada akhirnya memuaskan kebutuhan pelanggan (Rahmawati, Pratiwi, Wahyuni, Kartini, & Asas, 2024). Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi tersebut

adalah dengan menerapkan sistem otomasi pada berbagai proses, termasuk dalam hal transportasi material dan barang di dalam fasilitas produksi atau gudang.

Otomasi dalam transportasi internal memungkinkan perusahaan untuk mengurangi waktu yang diperlukan dalam pemindahan material antar proses produksi atau dari gudang ke lini produksi (Aloui, Guizani, Hammadi, Soriano, & Haddar, 2021). Selain itu, menurut Lothar Schulze dan Lindu Zhao dalam jurnal *Worldwide Development and Application of Automated Guided Vehicle Systems*, otomasi juga mengurangi kesalahan manusia yang sering kali terjadi pada proses manual, seperti penempatan produk yang salah atau kerusakan barang karena penanganan yang tidak tepat (Schulze & Zhao, 2007; Yingbo, Cong, & Xinyu, 2025). *Automated Guided Vehicle Systems* (AGVS) terbukti fleksibel dan efisien untuk berbagai tugas aliran material, di area pabrik. Keunggulan utamanya adalah kemampuan merencanakan dan mengoptimalkan unit kendaraan berdasarkan strategi yang telah ditentukan, serta memastikan pelacakan barang yang lebih baik. Penggunaan sistem otomasi dalam transportasi dapat meningkatkan akurasi dan konsistensi, yang krusial untuk menjaga kualitas dan efektivitas produksi (Ananta, 2024).

Salah satu robot yang dapat digunakan adalah *Automated Guided Vehicle* (AGV). AGV adalah kendaraan yang dirancang untuk bergerak secara otonom di dalam lingkungan tertentu tanpa harus dikendalikan oleh manusia (Tanveer, Ashraf, & Khan, 2023). Menurut M. De Ryck, M. Versteyhe, dan F. Debrouwere dalam jurnal *Automated Guided Vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques*, AGV merupakan robot bergerak yang banyak digunakan dalam industri untuk mengangkut barang dari satu titik ke titik lain (De Ryck, Versteyhe, & Debrouwere, 2020). Pasar AGV saat ini tumbuh dengan cepat dan sangat dinamis, didorong oleh munculnya sistem manufaktur yang fleksibel, meningkatnya permintaan akan AGV yang disesuaikan, serta adopsi otomatisasi industri oleh usaha kecil dan menengah (UKM). AGV dapat beroperasi secara terus-menerus, mengurangi waktu tunggu, dan mempercepat proses pengerjaan (Ananta, 2024). Selain menggantikan pekerja manusia, AGV juga dapat mengurangi biaya operasional jangka panjang.

AGV dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan metode *waypoint* untuk menentukan tujuan yang ingin dituju (Ananta, 2024). AGV pada awalnya akan melakukan pemetaan area yang akan dilalui melalui GPS. Sebelum AGV mulai bergerak, diperlukan titik koordinat penentu awal mulai dan titik akhir operasi. Setelah mengetahui posisi awal dan titik tujuan yang ditentukan, AGV dapat mencapai tujuan tersebut. Maka dari itu, penulis bermaksud untuk membuat sebuah tugas akhir dengan judul “IMPLEMENTASI METODE WAYPOINT PADA SISTEM NAVIGASI AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV)”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibuat berdasarkan sistematika tahapan pengerjaan yang berurutan. Proses dimulai dengan tahap Mulai, yang menandai awal dari keseluruhan proyek tugas akhir. Langkah pertama setelah inisiasi adalah Studi Pustaka, di mana dilakukan kajian literatur untuk memahami konsep-konsep dasar, teknologi, dan metode yang terkait dengan *Automated Guided Vehicle* (AGV) dan sistem navigasi berbasis *waypoint* yang menjadi fokus penelitian ini. Studi pustaka ini bertujuan untuk memperkuat landasan teoritis dan memastikan bahwa penelitian didasarkan pada informasi dan pengetahuan terkini.

Selanjutnya, masuk ke tahap Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*), yang melibatkan pemilihan dan perancangan komponen fisik yang akan digunakan dalam sistem AGV, seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Setelah perangkat keras dirancang, tahap Perancangan Perangkat Lunak (*Software*) dilakukan untuk mengembangkan program yang akan mengendalikan operasi AGV. Perangkat lunak ini mencakup Kontrol navigasi, pengolahan data dari sensor, dan sistem komunikasi antara AGV dan pengguna.

Setelah perangkat keras dan perangkat lunak selesai dirancang dan diintegrasikan, tahap Pengujian dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa setiap komponen berfungsi sesuai spesifikasi dan sistem AGV bekerja secara keseluruhan sesuai dengan yang diharapkan dalam skenario operasional yang telah ditentukan. Tahap berikutnya adalah Pengambilan Data, di mana data kinerja sistem dikumpulkan selama pengujian. Data ini penting untuk analisis lebih lanjut guna menilai efektivitas dan efisiensi sistem navigasi yang dikembangkan. Tahapan terakhir adalah Selesai, di mana seluruh proses penelitian dan pengembangan tugas akhir ini diakhiri dengan pendokumentasian hasil dalam laporan tugas akhir.

Metode waypoint dipilih karena menawarkan keakuratan dan presisi tinggi dengan menggunakan koordinat yang telah ditentukan sebagai target, memastikan AGV mengikuti jalur yang konsisten dan dapat diulang. Dibandingkan dengan metode reaktif yang bergantung pada umpan balik sensor dan dapat menyebabkan penyimpangan, metode waypoint memberikan kestabilan yang lebih baik. Selain itu, metode ini lebih fleksibel karena waypoint dapat dengan mudah diubah sesuai kebutuhan operasional, serta lebih sederhana dalam implementasinya, tidak memerlukan algoritma perencanaan jalur kompleks dan dapat beroperasi dengan sumber daya komputasi yang lebih rendah, menjadikannya lebih praktis untuk aplikasi AGV di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Desain perangkat keras robot AGV melibatkan berbagai komponen penting untuk memastikan robot dapat beroperasi dengan efisien dan efektif (Ahmad Fathul, 2025). Bodi utama robot terbuat dari material akrilik dengan ketebalan yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan struktur dan fungsi. Selain itu terdapat sasi yang terbuat dari besi yang dibentuk persegi panjang untuk menopang bodi AGV. Dasar bawah robot dibuat dengan ketebalan 5 mm untuk memberikan kekuatan dan stabilitas yang diperlukan. Bagian tengah atau bodi robot dan bagian atas robot dibuat dengan akrilik setebal 3 mm, memberikan perlindungan bagi komponen elektronik sambil mempertahankan bobot beberapa komponen robot.

Untuk navigasi, AGV ini dilengkapi dengan sensor jarak ultrasonik yang ditempatkan di depan dan belakang AGV. Sensor-sensor ini berfungsi untuk mendeteksi dan menghindari rintangan di sekitar, memungkinkan AGV untuk bergerak dengan aman dan efisien di berbagai lingkungan. Sensor ultrasonik ini sangat penting untuk memastikan AGV tidak menabrak benda-benda di sekitarnya dan dapat menghindari kerusakan AGV dengan efektif.



Gambar 4.1 Tampak Depan AGV



Gambar 4.2 Tampak Samping AGV



Gambar 4.3 Tampak Belakang AGV

Sistem penggerak robot terdiri dari empat motor DC yang terhubung dengan driver motor. Motor-motor ini menggerakkan roda kiri dan kanan, memberikan kemampuan robot untuk bergerak maju, mundur, dan berbelok dengan mudah. Desain ini memungkinkan robot untuk melakukan manuver kompleks, membawa beban yang berat dan dapat melalui kondisi jalan yang tidak rata. Robot ini menggunakan mikrokontroler Arduino dan mini PC Raspberry Pi sebagai otak pengendalian utama. Arduino ini mengelola berbagai fungsi penggerak, sensor, dan sistem navigasi robot yang lalu akan di proses oleh Raspberry Pi yang terhubung ke Wi-Fi dan akan mengirim data komponen yang digunakan ke firebase, lalu akan ditampilkan melalui *website*. Untuk sumber daya, robot ini menggunakan dua buah baterai LiPo (Lithium Polymer) dengan kapasitas 2200 mAh dan 5000 mAh.

2. Overview Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem navigasi *Automated Guided Vehicle* (AGV) menggunakan metode *waypoint* di lingkungan operasional Bims Auto Service (Ananta, 2024). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa AGV mampu mengikuti rute yang telah ditentukan, meminimalkan deviasi dari jalur yang diharapkan, serta mencapai setiap *waypoint* yang telah ditetapkan.

3. Ruang Lingkup Pengujian

Ruang lingkup pengujian ini mencakup evaluasi menyeluruh terhadap kinerja sistem navigasi *Automated Guided Vehicle* (AGV) (Ramadhan, Haromain, & Rosyidi, 2024). Pengujian sistem navigasi *Automated Guided Vehicle* (AGV) awalnya direncanakan untuk dilakukan di Bims Auto Service yang terletak dekat dengan Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II. Namun, selama uji coba di lokasi tersebut, ditemukan bahwa sinyal GPS sangat tidak akurat, menyebabkan AGV bergerak dengan arah yang tidak konsisten dan berantakan. Potensi interferensi dari komunikasi radio dan radar di sekitar bandara, serta efek multipath yang disebabkan oleh pantulan sinyal dari struktur bangunan di sekitarnya, diduga menjadi penyebab utama masalah ini. Kondisi ini membuat lingkungan tersebut tidak ideal untuk melanjutkan pengujian yang valid dan representatif. Untuk mengatasi masalah ini, pengujian kemudian dipindahkan ke lapangan terbuka yang memiliki kondisi yang lebih mendukung untuk penerimaan sinyal GPS. Di lokasi baru ini, sinyal GPS lebih stabil dan AGV dapat mengikuti rute yang ditentukan dengan lebih baik, meskipun akurasi GPS masih tidak optimal. Hasil pengujian di lokasi baru ini memberikan data yang lebih representatif tentang kemampuan AGV untuk menavigasi rute yang kompleks, meskipun ada beberapa kompromi dalam hal akurasi posisi. Bentuk *waypoint* dan rute yang digunakan dalam pengujian di lapangan terbuka dibuat sama persis dengan yang digunakan di

Bims Auto Service, sehingga hasil pengujian tetap konsisten dan relevan dengan kondisi yang diharapkan di lokasi asli.

Pengujian difokuskan pada kemampuan AGV untuk menavigasi melalui rute yang telah ditentukan, yang terdiri dari beberapa titik *waypoint* sebagai acuan utama. Selain memanfaatkan data posisi dari sensor GPS, pengujian ini juga melibatkan penggunaan sensor kompas untuk mengukur *heading* dan *Bearing* AGV. Pengukuran ini penting untuk memastikan bahwa AGV bergerak dengan arah yang tepat saat menuju *waypoint* berikutnya.

Dalam ruang lingkup ini, aspek yang dievaluasi meliputi akurasi posisi yang dihasilkan oleh sensor GPS, dalam mengoreksi deviasi dari jalur yang diinginkan, serta konsistensi *heading* dan *Bearing* yang ditentukan oleh sensor kompas. Pengujian juga mempertimbangkan respons sistem terhadap variasi kondisi lingkungan, seperti gangguan sinyal GPS, interferensi magnetik yang dapat mempengaruhi sensor kompas, dan perubahan medan (Syamsuddin & Assegaf, 2021). Selain itu, keterbatasan area pengujian dan asumsi stabilitas lingkungan yang digunakan selama pengujian juga diperhatikan dalam ruang lingkup ini.

4. Pengujian Sistem Navigasi Menggunakan Metode *Waypoint*

Pengujian *waypoint* bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dalam mengendalikan AGV pada setiap titik *waypoint* yang telah ditentukan (Ananta, 2024). Tahap pengujian ini melibatkan serangkaian langkah yang dirancang untuk memastikan bahwa AGV dapat mengikuti jalur yang diinginkan dengan deviasi posisi yang minimal. Setiap *waypoint* akan menjadi titik evaluasi untuk mengukur seberapa mampu mengoreksi kesalahan posisi dan menjaga AGV tetap berada di jalur yang diharapkan (Ananta, 2024).

Pada tahap persiapan pengujian, langkah-langkah yang dilakukan meliputi memastikan kesiapan alat dan sistem yang akan digunakan untuk pengujian pada AGV. Telah dilakukan Memastikan AGV dalam kondisi siap untuk diuji, Mengkalibrasi sensor dan sistem navigasi AGV, Mengatur parameter awal PID, Penentuan Rute dan *Waypoint*.

Pada tahap Pelaksanaan Uji Jalan, langkah-langkah yang dilakukan meliputi

1. Deteksi Beban: Tahap pertama dalam *flowchart* menunjukkan bahwa setelah inisialisasi, AGV akan memeriksa apakah ada beban yang terdeteksi oleh sensor *loadcell*.
2. Input Lokasi Tujuan: Setelah beban terdeteksi, operator memilih rute pengantaran menggunakan salah satu dari dua *push button* yang tersedia.
3. Navigasi Menuju *Waypoint* dengan PID: Dengan menggunakan kontrol PID, AGV mulai bergerak menuju *waypoint* pertama di rute yang telah dipilih.
4. Monitoring dan Pencatatan Data: Pada setiap *waypoint*, posisi aktual AGV dibandingkan dengan posisi *waypoint* yang diharapkan.

Bagian analisis data dan perhitungan menyajikan hasil pengumpulan data yang diperoleh selama proses pengujian sistem AGV. Data yang dikumpulkan meliputi berbagai aspek kinerja AGV, seperti koordinat GPS, *heading Compass*, *Bearing*, kesalahan posisi, waktu tempuh. Data ini diolah dan dianalisis untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang kinerja sistem. Setiap data yang diperoleh selama pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan pemetaan *waypoint* untuk memudahkan analisis lebih lanjut.

Search														
No	Distance 1	Distance 2	Distance 3	Distance 4	Jarak	Kompas	Bearing	longitude	latitude	leftspeed	rightspeed	Longitude_Tujuan	Latitude_Tujuan	created at
6541	1183	792	1179	581	16	41	38	104.79855109	-2.9732401	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:16
6542	408	792	1179	1177	16	42	38	104.79855109	-2.9732401	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:17
6543	1183	66	1179	1177	16	43	38	104.79855109	-2.9732401	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:18
6544	1182	68	57	65	16	42	38	104.79855109	-2.9732401	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:19
6545	1182	63	80	1178	12	43	38	104.79855398	-2.97329521	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:20
6546	56	61	65	0	12	44	38	104.79855398	-2.97329521	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:21
6547	72	55	62	1183	11	45	42	104.79855398	-2.97328472	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:22
6548	55	48	334	110	11	46	42	104.79855398	-2.97328472	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:23
6549	430	62	71	1183	11	44	42	104.79855398	-2.97328472	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:25
6550	65	55	68	1113	9	45	44	104.79855101	-2.97327156	255	-255	104.79855264	-2.97320890	2024-08-26 17:57:26

Gambar 4.4 History Data Perjalanan AGV

Data yang dikumpulkan selama pengujian meliputi:

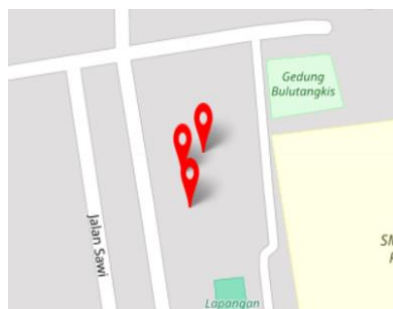
1. Koordinat GPS : Posisi AGV pada setiap *waypoint* dan sepanjang jalur yang ditempuh dan *waypoint* yang akan dituju AGV
2. Kesalahan Posisi : Perhitungan deviasi antara posisi yang diinginkan dan posisi aktual pada setiap *waypoint*
3. Data Sensor : Pembacaan dari sensor GPS dan kompas selama pengujian

Rute pengujian AGV ini dilakukan dengan menetapkan beberapa *waypoint* sebagai titik referensi yang harus dicapai oleh AGV selama perjalanan. *Waypoint* ini dipilih berdasarkan koordinat geografis (latitude dan longitude) yang telah ditentukan dan dicatat dalam Tabel 4.1 berikut:

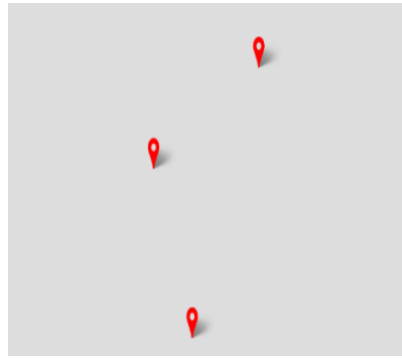
Tabel 4.1 *Waypoints* Tujuan AGV

<i>Waypoints</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
<i>Waypoints 1</i>	-2.973449	104.798592
<i>Waypoints 2</i>	-2.973299	104.798558
<i>Waypoints 3</i>	-2.973209	104.798651

Pengujian dilakukan dengan rute yang dimulai dari *Waypoint 1*, yang berlokasi di koordinat -2.973449 *latitude* dan 104.798592 *longitude*. Dari titik ini, AGV diarahkan menuju *Waypoint 2* di koordinat -2.973299 *latitude* dan 104.798558 *longitude*. Setelah mencapai *Waypoint 2*, AGV melanjutkan pergerakannya ke *Waypoint 3* di koordinat -2.973209 *latitude* dan 104.798651 *longitude*.



Gambar 4.5 Rute 3 *waypoints* AGV

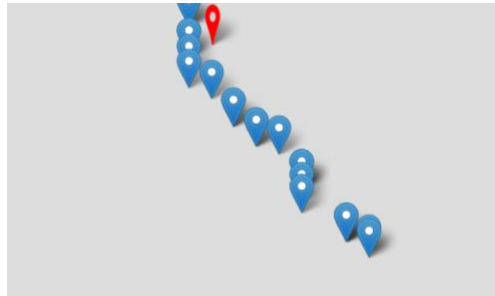


Gambar 4.6 Rute 3 waypoints AGV diperdekat

Selama pengujian, sistem akan memantau sejauh mana AGV mampu mencapai setiap *waypoint* dengan akurasi tinggi, serta bagaimana sistem mengatasi potensi *error* yang muncul akibat gangguan eksternal seperti perubahan medan atau kondisi lingkungan sekitar.

Pengujian ini memberikan data penting untuk menganalisis performa AGV dalam mencapai tujuan dengan efisiensi dan presisi yang diinginkan. Data tersebut akan digunakan untuk mengevaluasi dan menyempurnakan Kontrol kontrol yang diterapkan pada sistem navigasi AGV.

Pada pengujian pada waypoint 1 dengan Metode Waypoint, akan dijelaskan mengenai pengujian *Waypoint* 1 dengan menggunakan teknologi GPS dengan metode *waypoint* pada *Automated Guided Vehicle* (AGV). Metode *waypoint* digunakan untuk menentukan titik koordinat yang harus dilalui AGV dari titik awal hingga mencapai tujuan yang diinginkan. Setiap *waypoint* merupakan referensi posisi geografis (*latitude* dan *longitude*) yang diperoleh melalui sistem GPS. Hasil perjalanan AGV dari titik start ke *waypoint* 1 terdapat pada **gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Hasil Perjalanan AGV ke *Waypoint* 1

Lintasan yang ditunjukkan dalam gambar memberikan gambaran visual tentang akurasi dan efektivitas sistem navigasi yang digunakan AGV. Setiap simbol biru yang lebih dekat satu sama lain menandakan pergerakan AGV yang terkendali dan terukur, sedangkan jarak yang lebih jauh antara simbol dapat mengindikasikan adanya perubahan arah atau koreksi jalur oleh sistem navigasi. Ini memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana AGV menanggapi perubahan kondisi di lapangan dan bagaimana Kontrol navigasinya mengatur pergerakannya terhadap tujuan yang telah ditetapkan.

pengujian dimulai dengan deviasi jarak sebesar 9 meter dari tujuan. Seiring berjalannya waktu, AGV terus menyesuaikan posisinya, dan deviasi berkurang hingga mencapai 3 meter pada akhir pengujian, tepatnya pada pukul 17:56:16. Hal ini menunjukkan bahwa AGV dapat mengarahkan dirinya menuju *waypoint* dengan akurasi yang semakin baik. Selain itu, data *Compass* menunjukkan bahwa *heading* AGV semakin mendekati *Bearing* yang ditargetkan. Pada awalnya, *heading* tercatat pada 289° , sementara *Bearing* adalah 323° , yang menghasilkan deviasi arah sebesar 34° . Namun, pada akhir pengujian, *heading* AGV mencapai 340° , mendekati *Bearing* 344° , dengan deviasi arah yang berkurang menjadi 4° .

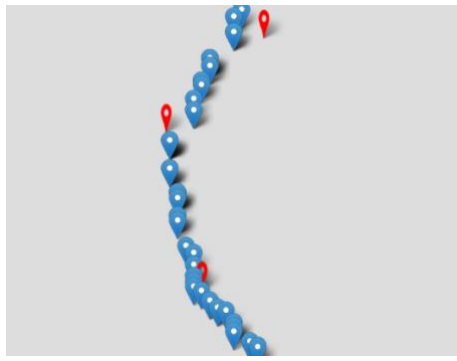
Pengujian pada *waypoint* 2 dengan metode *Waypoint* AGV menunjukkan kemampuan adaptasi yang lebih cepat, dengan deviasi awal jarak sebesar 19 meter, yang kemudian menurun menjadi hanya 5 meter pada akhir pengujian seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.4. Proses penurunan deviasi ini mencerminkan kemampuan AGV untuk menyesuaikan posisinya secara efektif. Data *Compass* juga memperlihatkan bahwa AGV mampu menurunkan deviasi arah dengan cepat. Pada waktu 17:56:32, *heading* berada pada 340° , sementara *Bearing* di 349° , dengan deviasi arah sebesar 9° . Pada akhir pengujian, deviasi arah berhasil dikurangi hingga mendekati 0° , menandakan bahwa AGV mampu mencapai kestabilan arah dengan presisi yang tinggi.



Gambar 4.8 Hasil Perjalanan AGV ke *Waypoint* 2

Pengujian pada *waypoint* 3 dengan metode *waypoint*, AGV memulai dengan deviasi jarak sebesar 16 meter, dan secara bertahap berkurang hingga mencapai 3 meter pada akhir pengujian. Data yang tercatat dalam Tabel 4.6 menunjukkan bahwa AGV mampu menyesuaikan arah dan posisinya dengan baik. Pada waktu 17:57:14, *heading* AGV tercatat sebesar 352° , sementara *Bearing* berada pada 38° , yang menghasilkan deviasi arah yang cukup besar sebesar 46° . Namun, seiring waktu, *heading* AGV terus menyesuaikan diri hingga deviasi arah berkurang menjadi 0° pada pukul 17:57:28. Selain itu, AGV juga berhasil mengurangi deviasi jarak dari 16 meter menjadi hanya 3 meter dalam periode waktu yang relatif singkat.

Pada pengujian keseluruhan AGV, rute yang dilalui meliputi tiga titik *waypoint* yang berbeda, yaitu *waypoint* 1, *waypoint* 2, dan *waypoint* 3. Berdasarkan data yang telah diperoleh dari ketiga pengujian ini, AGV menunjukkan performa yang konsisten dalam menyesuaikan arah menuju setiap *waypoint*, meskipun terdapat beberapa variasi pada deviasi arah dan jarak GPS.



Gambar 4.9 Waypoints Perjalanan AGV

Pada pengujian keseluruhan AGV yang dilakukan pada tiga *waypoint*, hasil menunjukkan bahwa AGV mampu melakukan penyesuaian arah dan jarak secara konsisten saat bergerak menuju tujuan yang ditentukan. Setiap *waypoint* memberikan gambaran tentang bagaimana AGV secara bertahap mengurangi deviasi jarak dan arah berdasarkan data yang diperoleh dari sensor GPS dan *Compass*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada Waypoint 1, AGV menunjukkan bahwa deviasi jarak longitude dan latitude terus menurun seiring berjalannya waktu. Pada awal pengujian, deviasi sebesar 9 meter dan berhasil dikurangi hingga 3 meter di waypoint 1. Hal ini menunjukkan bahwa AGV mampu menyesuaikan posisi dengan waypoint secara bertahap, mendekati tujuan secara akurat. Pada pengujian di Waypoint 2, AGV juga berhasil mengurangi deviasi secara signifikan. Awalnya, deviasi tercatat sebesar 19 meter dan berhasil dikurangi hingga 5 meter pada akhir pengujian. Pergerakan AGV menunjukkan kemampuan untuk melakukan penyesuaian jarak yang efisien ketika mendekati waypoint dengan deviasi yang sedikit lebih jauh dari kemampuan maksimal sensor GPS yaitu 3 meter. Pengujian di Waypoint 3 memperlihatkan hal serupa, di mana deviasi awal sebesar 16 meter berkurang hingga hanya 3 meter. Pada waypoint ini, AGV menunjukkan kemampuan adaptasi yang lebih baik seiring waktu, dengan penurunan deviasi yang cukup konsisten dan akurat, memastikan bahwa AGV berada pada jalur yang diharapkan. Penggunaan sensor *Compass* pada AGV untuk menentukan arah sudut bekerja akan lebih akurat pada saat sensor *Compass* di kalibrasi secara berkala atau pada saat memulai pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Fathul, Alim. (2025). *Perancangan dan Implementasi Sistem Pelacakan Koordinat Posisi dan Orientasi Robot Telepresensi pada Ruangan*.
- Aloui, Khalil, Guizani, Amir, Hammadi, Moncef, Soriano, Thierry, & Haddar, Mohamed. (2021). Integrated design methodology of automated guided vehicles based on swarm robotics. *Applied Sciences*, 11(13), 6187.
- Ananta, Mohammad Arsy. (2024). Implementasi Metode Waypoint pada Sistem Navigasi Automated Guided Vehicle (AGV). *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 3(12).
- De Ryck, Matthias, Versteyhe, Mark, & Debrouwere, Frederik. (2020). Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques. *Journal*

of Manufacturing Systems, 54, 152–173.

- Rahmawati, Meylin, Pratiwi, Sulistya Rini, Wahyuni, Rika, Kartini, Kartini, & Asas, Istianah. (2024). UMKM Cakap Digital melalui Penerapan E-Commerce: Studi Empiris di Kota Tarakan. *Jurnal Alwatikhoebillah: Kajian Islam, Pendidikan, Ekonomi, Humaniora*, 10(2), 318–331.
- Ramadhan, Fazri Egi, Haromain, Imam, & Rosyidi, Lukman. (2024). Pembangunan Rest API untuk Pengelolaan Rute Robot AGV di PT XYZ. *DBESTI: Journal of Digital Business and Technology Innovation*, 1(2), 68–77.
- Schulze, Lothar, & Zhao, Lindu. (2007). Worldwide development and application of automated guided vehicle systems. *International Journal of Services Operations and Informatics*, 2(2), 164–176.
- Syamsuddin, Erfan, & Assegaf, M. A. Hamzah. (2021). *Dasar-dasar Akuisisi Data MASW dan Mikrotremor*. Unhas Press.
- Tanveer, Ahsan, Ashraf, M. Touseef, & Khan, Umer. (2023). Motion planning for autonomous ground vehicles using artificial potential fields: A review. *ArXiv Preprint ArXiv:2310.14339*.
- Yingbo, Zhao, Cong, Sun, & Xinyu, Bu. (2025). Study on automated guided vehicle collision avoidance mechanism with external computer vision. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 09544054241310336.