

PERANCANGAN ALGORITMA SISTEM PENGHINDAR TABRAKAN PADA AUTOMATIC GUIDED VEHICLE (AGV) MENGGUNAKAN SENSOR LIDAR

DESIGN ALGORITHM OF COLLISION AVOIDANCE SYSTEM FOR AUTOMATIC GUIDED VEHICLE (AGV) USING LIDAR SENSOR

Amelia Emara¹, Angga Rusdinar², Ramdhan Nugraha³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ameliaemara@gmail.com, ² anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id, ³ ramdhan@telkomuniversity.ac.id.

Abstrak

Di dunia industri saat ini, masih banyak yang mempergunakan tenaga kerja manusia dalam memindahkan suatu barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Hal itu mengakibatkan kecelakaan kerja yang disebabkan oleh kelalaian manusia. Maka dari itu perusahaan industri memanfaatkan AGV (*Automatic Guided Vehicle*) sebagai alat transportasi barang yang dikendalikan secara otomatis tanpa bantuan operator. Namun dalam bekerja, AGV menghadapi banyak kendala salah satunya seperti terjadi tabrakan. Itu disebabkan karena sistem navigasi AGV yang masih kurang baik. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang algoritma sistem penghindar tabrakan (*collision avoidance*) pada AGV menggunakan sensor lidar.

Dalam merancang sistem penghindar tabrakan (*collision avoidance*) pada AGV ini membutuhkan beberapa perangkat. Diantaranya menggunakan sensor lidar, mikrokontroler, driver motor dan motor DC.

Pada penelitian tugas akhir ini dibuat rancangan algoritma sistem penghindar tabrakan (*collision avoidance*) menggunakan sensor lidar. Hasil penelitian tugas akhir ini sistem penghindar tabrakan yang dirancang adalah dengan cara AGV menjaga jarak terhadap sudut *obstacle* dengan pergerakannya menggunakan sistem *open control*, dimana AGV mengalami error yang cukup tinggi di awal pergerakan dan selanjutnya stabil dalam bergerak.

Kata Kunci : AGV, Sensor lidar, *collision avoidance*.

Abstract

In the industrial world today, there are still many who use human labor in moving an item from one location to another location. It resulted in work accidents caused by human negligence. Therefore industrial companies utilize AGV (*Automatic Guided Vehicle*) as a means of transportation of goods that are controlled automatically without the help of operators. But in work, AGV faced many obstacles one of them like a collision. That's because the AGV navigation system is still not good. Therefore, this study aims to design the algorithm of collision avoidance system on AGV using lidar sensors.

In designing a collision avoidance system on this AGV requires several devices. Among them using lidar sensors, microcontrollers, motor drivers and DC motors.

In this final project, the design of collision avoidance system algorithm using lidar sensor. The result of this final project of collision avoidance system which is designed is by way of AGV to keep the distance to obstacle angle with its movement using open control system, where AGV experienced a high enough error at the beginning of movement and then stable in move.

Keywords : AGV, lidar sensor, *collision avoidance*.

1. Pendahuluan

Hingga saat ini di dunia industri, pemindahan barang dari satu lokasi ke lokasi lain menggunakan alat transportasi manual yang dikendalikan oleh seorang pengemudi. Tidak bisa dipungkiri karena dikendalikan oleh manusia yang sering kali bisa lalai, ini menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perusahaan industri dapat memanfaatkan sistem mobile robot. Dewasa ini teknologi mobile robot telah banyak dikembangkan untuk pengendalian alat transportasi di industri seperti *Automatic Guided Vehicle (AGV)*.

Automatic Guided Vehicle (AGV) adalah termasuk mobile robot yang dapat berjalan berdasar jalur yang telah ditentukan dan sesuai dengan kebutuhan. Jalur AGV tersebut dapat berupa garis, magnet, sinar

laser, dan sebagainya. Namun dalam bekerja, AGV menghadapi banyak kendala salah satunya seperti terjadi tabrakan. Itu disebabkan karena kurangnya sistem navigasi pada AGV. Oleh karena itu perlu adanya sensor jarak yang baik untuk sistem navigasi AGV. Sensor jarak sangat bervariasi dalam prinsip kerjanya, seperti sensor jarak yang berbasis pada pantulan cahaya, pantulan gelombang suara, dan lain sebagainya.

Pada penelitian ini sistem penghindar tabrakan (collision avoidance) yang dirancang akan menggunakan sensor lidar yang merupakan sensor jarak yang berfungsi sebagai pemancar sinar laser ke objek dan merekam kembali gelombang pantulannya setelah mengenai objek target. Salah satu karakteristik sensor Lidar yang menjadi kelebihan sensor ini dibandingkan dengan sensor jarak lainnya adalah kemampuan gelombang tersebut untuk melakukan multiple returns, yakni dapat merekam beberapa kali gelombang pantul dari objek untuk setiap gelombang yang dipancarkan. Selain itu sensor lidar dilengkapi juga dengan alat pengukur waktu untuk menghitung selang waktu antara setiap kali sinar dipancarkan dan diterima kembali oleh sensor. Maka dari itu, sensor lidar dapat mengukur jarak antara sensor pada AGV dengan objek yang ingin diketahui titik koordinatnya.

2. Dasar Teori

2.1 Automatic Guided Vehicle (AGV)

Automatic Guided Vehicle (AGV) adalah mobile robot yang dapat berjalan berdasarkan jalur yang telah ditentukan dan sesuai dengan kebutuhan. Jalur AGV tersebut dapat berupa garis, magnet, sinar laser, dan sebagainya. AGV ini digunakan untuk memindahkan suatu barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Selain itu AGV ini dibuat untuk mengurangi angka kecelakaan kerja yang disebabkan kelalaian pekerja.

2.2 RpLidar A1M1

Lidar (Light Detection and Ranging) adalah sebuah teknologi peraba jarak jauh menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu objek dari target yang dituju. Metode untuk menentukan jarak atau informasi suatu objek adalah dengan menggunakan pulsa laser. Seperti teknologi radar, yang menggunakan gelombang radio, jarak untuk menentukan objek dengan mengukur selang waktu antara transmisi pulsa dan deteksi sinyal yang dipancarkan. RpLidar A1M1 adalah sebuah alat pemindai laser 2D dengan putaran 360 derajat yang dikembangkan oleh Robopeak. Sistem ini dapat melakukan pemindaian secara 360 derajat dengan jarak jangkauan 15 cm hingga 6 m. Titik 2D yang dihasilkan dapat digunakan untuk pemetaan, lokalisasi, dan pemodelan lingkungan/objek. Frekuensi pemindaian RpLidar ini mencapai 5.5 Hz ketika mensampling 360 titik setiap putaran. Dan dapat dikonfigurasi maksimum 10 Hz. RpLidar pada dasarnya adalah sebuah sistem pengukuran triangulasi laser. Dapat berfungsi dengan baik di dalam ruangan dan di luar ruangan tanpa sinar matahari. Sensor RpLidar ini memancarkan sinyal infrared termodulasi dan sinyal laser yang kemudian dipantulkan oleh objek yang akan dideteksi.

2.3 Driver Motor EMS 30 A H-Bridge

Driver motor merupakan suatu rangkaian khusus yang memiliki fungsi untuk mengatur arah ataupun kecepatan pada motor DC. Embedded Module Series (EMS) 30 A H-Bridge merupakan driver H-Bridge yang di desain untuk menghasilkan drive 2 arah dengan arus kontinu hingga 30 Ampere pada tegangan 5.5 – 6 Volt. Modul ini dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini mampu men-drive beban-beban induktif seperti relay, solenoida, motor DC, motor stepper, dan berbagai macam beban lainnya.

2.4 Motor DC 24V

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Sesuai namanya motor ini menggunakan arus DC. Jika arus lewat pada konduktor maka akan timbul medan magnet di sekitar konduktor. Konversi dari energi listrik ke energi mekanik berlangsung melalui medan magnet.

2.5 DT-AVR Low Cost Micro System

DT-AVR Low Cost Micro System adalah modul berbasis chip tunggal pada AVR® Microcontroller dan memiliki kemampuan untuk melakukan UART RS-232 komunikasi data serial dan pemrograman memori melalui ISP (In-System Programming).

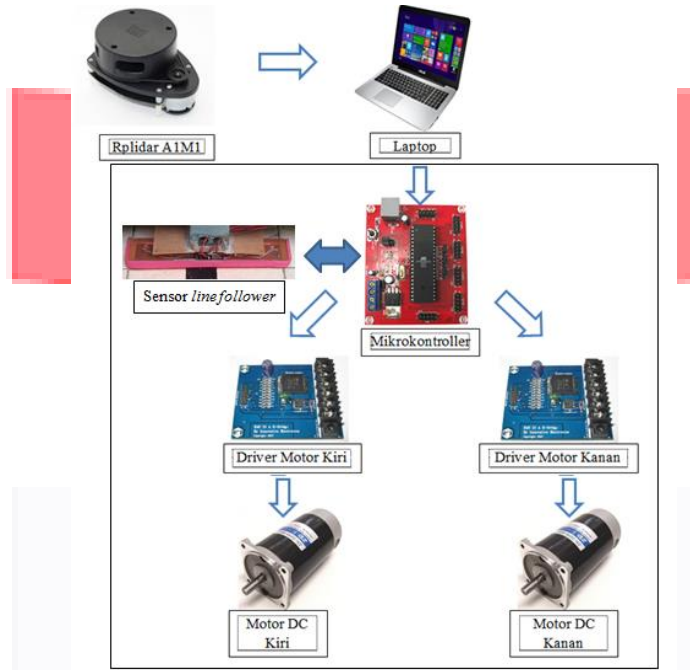
2.6 Sensor Photodiode

Sensor photodiode adalah salah satu jenis sensor peka cahaya (photodetector). Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi cahaya dan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Jika photo diode tidak terkena cahaya, maka

tidak ada arus yang mengalir ke rangkaian pembanding, jika photo dioda terkena cahaya maka photodiode akan bersifat sebagai tegangan, sehingga Vcc dan photo dioda tersusun seri, akibatnya terdapat arus yang mengalir ke rangkaian pembanding. Cahaya yang dapat dideteksi oleh photodiode ini adalah cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra ungu dan sinar-X.

3. Perancangan Sistem

3.1 Perancangan Umum



Gambar 1. Perancangan Umum Sistem

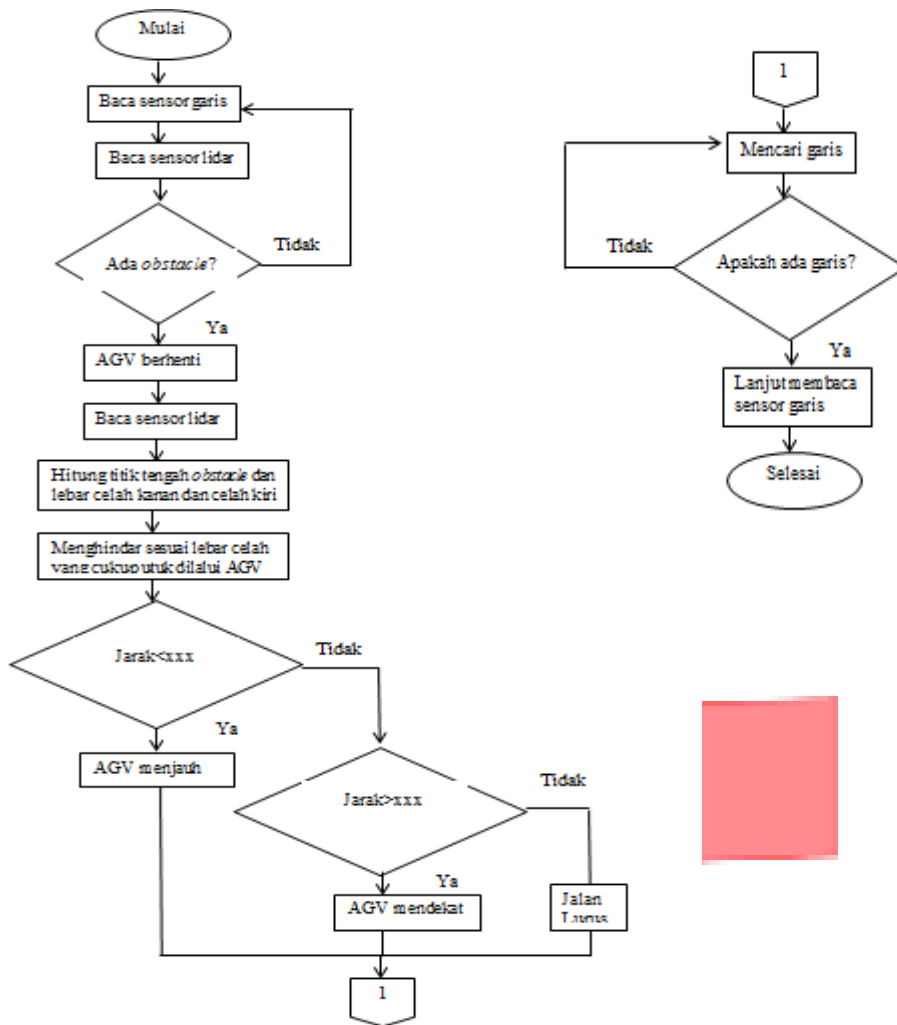
3.2 Perancangan Sistem *Monitoring Keberadaan Obstacle*



Gambar 2. Ilustrasi Sistem *Monitoring Keberadaan Obstacle*

Sistem *monitoring* tersebut bertujuan untuk mendapatkan visualisasi data 2D sebanyak 360 titik dari pembacaan lidar yang berguna sebagai panduan untuk melihat jarak dan sudut obstacle yang akan di deteksi dalam file .txt.

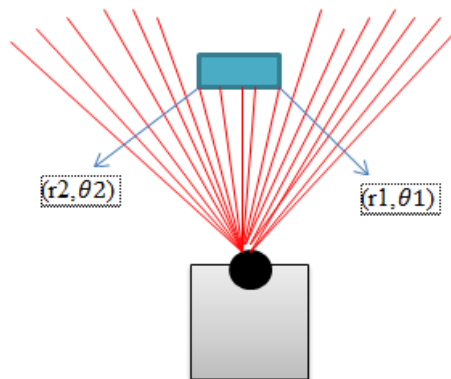
3.3 Perancangan Diagram Alir Sistem



Gambar 3. Diagram Alir Umum Pergerakan Collision Avoidance

3.4 Menghitung Titik Tengah Obstacle

Cara menghitung titik tengah *obstacle* dengan cara melihat ujung kanan ($r1, \theta1$) dan ujung kiri ($r2, \theta2$) *obstacle*.



Gambar 4. Ilustrasi menghitung titik tengah *obstacle*

Titik tengah *obstacle* (r, θ) dihitung menggunakan rumus :

$$r = \frac{r1+r2}{2} \tag{3.1}$$

$$\theta = \frac{\theta1+\theta2}{2} \tag{3.2}$$

3.5 Konversi Data Sensor Rplidar A1M1

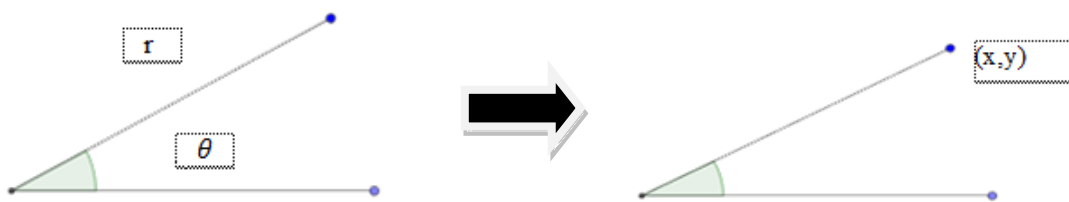
Output data yang dihasilkan dari sensor rplidar berupa jarak (mm) dan sudut (derajat). Untuk itu, diperlukan sebuah rumus untuk konversi koordinat polar menjadi koordinat kartesian sehingga hasil pembacaan sensor rplidar A1M1 dapat divisualisasikan pada sistem *monitoring*.

Untuk visualisasi hasil sensor dilakukan konversi sehingga didapatkan nilai titik ujung terhadap sumbu-x dan sumbu-y

$$x(n) = \cos(\theta(n)) * r(n) \tag{3.1}$$

$$y(n) = \sin(\theta(n)) * r(n) \tag{3.2}$$

Nilai $x(n)$ dan $y(n)$ adalah nilai titik koordinat kartesian yang merupakan konversi dari titik koordinat polar $r(n)$ dan $\theta(n)$.

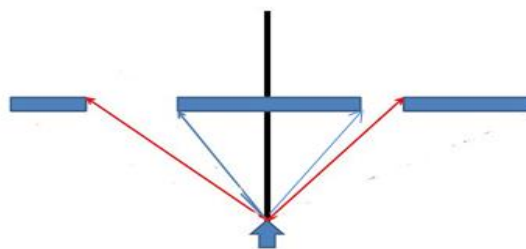


Gambar 5. Ilustrasi Hasil Pembacaan Sensor Rplidar

Gambar 6. Ilustrasi Hasil Konversi Pembacaan Sensor Rplidar

3.6 Menghitung Lebar Celah

Perhitungan celah kanan dan celah kiri dilakukan setelah AGV berhenti sebelum *obstacle*. Untuk menghitung celah kanan dan celah kiri dilakukan dengan cara melihat sudut dan jarak ujung dinding kanan, dinding kiri, ujung kiri *obstacle* dan ujung kanan *obstacle*.



Gambar 7. Ilustrasi Perhitungan Celah

Rumus Perhitungan Celah :

$$\begin{aligned} \text{Celah Kiri} &= \text{abs}(\text{dinding kiri} - \text{ujung kiri } \textit{obstacle}) \\ &= \text{abs}((r * \sin \theta) - (r * \sin \theta)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Celah Kanan} &= \text{abs}(\text{dinding kanan} - \text{ujung kanan } \textit{obstacle}) \\ &= \text{abs}((r * \sin \theta) - (r * \sin \theta)) \end{aligned}$$

4. Pengujian

4.1 Pengujian Mencari Titik Tengah *Obstacle*

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan AGV menggunakan *line follower* dari posisi *start* dan berhenti ketika lidar membaca adanya *obstacle* pada range sudut dan jarak yang telah ditentukan dan datanya akan disimpan pada file *.txt*. Kemudian lidar secara otomatis membaca perbedaan jarak yang signifikan yang ada dalam range sudut dan jarak yang ditentukan untuk mengetahui posisi ujung kiri (r,θ) dan posisi ujung kanan (r,θ) *obstacle* yang akan digunakan untuk mencari titik tengah *obstacle* (x,y) yang hasilnya akan ditampilkan pada cmd.

Tabel 1. Data Lidar Ketika AGV Berhenti Sebelum *Obstacle*

Sudut ($^{\circ}$)	Jarak (mm)
0.12	1202.75
1.28	1211.50
2.53	1211.75
3.69	1208.50
4.89	1209.00
22.08	3286.75
25.70	3036.00
332.27	5231.25
333.44	5406.50
334.66	5321.50
335.83	5697.25
343.03	5503.00
346.62	5698.75
347.88	4843.75
349.02	5691.00
350.17	7395.25
352.38	1213.00
353.58	1218.00
354.81	1208.75
356.00	1205.75
357.14	1205.00
358.36	1199.75



Gambar 8. Pengujian Tampilan Hasil Titik Tengah *Obstacle*

Dapat dilihat dari data lidar yang tersimpan pada file.txt sesuai dengan hasil posisi ujung kiri dan ujung kanan *obstacle* yang ditampilkan dalam cmd dengan hasil posisi ujung kiri berada di (jarak 123 , sudut 352) dan posisi ujung kanan berada di (jarak 1209, sudut 4). Kemudian menghasilkan titik tengah *obstacle* dengan $x=-122$ dan $y = 131$.

4.2 Pengujian Pergerakan AGV Belok Kiri 90⁰

Pengujian ini dilakukan dengan melihat terlebih dahulu data visualisasi sudut dan jarak *obstacle* ketika AGV ditempatkan pada posisi 90⁰ belok kiri, kemudian data tersebut akan digunakan sebagai data range sudut dan jarak yang dimasukkan dalam program untuk membuat AGV berhenti di posisi 90⁰ belok ke kiri. Range sudut yang digunakan dari sudut 110-123 dan range jarak dari 1755-1780. Setelah mengetahui range jarak dan sudut, kemudian AGV akan bergerak dengan sistem *open control* belok kiri setelah AGV berhenti sebelum *obstacle* dan AGV akan berhenti di posisi 90⁰.



Gambar 9. Pengujian Tampilan AGV Belok Kiri 90⁰

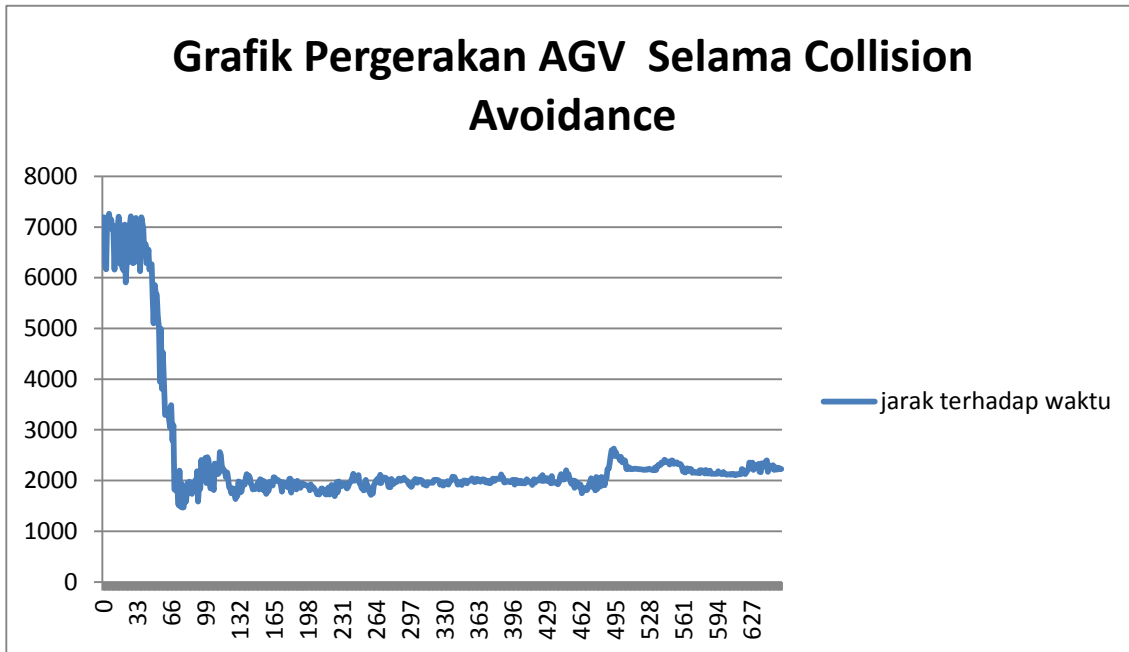


Gambar 10. Posisi AGV Belok Kiri 90⁰

Dari hasil data pada cmd tertulis AGV berhenti pada posisi sudut 116 dengan jarak 1769 sesuai dengan range jarak dan sudut yang telah ditentukan yaitu dari jarak 1755-1780 dan range sudut dari 110-123.

4.3 Pengujian Pergerakan AGV Selama *Collision Avoidance*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan konsep *wall following* dengan AGV menjaga jarak dengan acuan sudut tertentu. AGV bergerak dengan sistem *open control* menjauh, mendekat dan lurus ketika lidar membaca range jarak yang ditentukan dengan acuan range sudut yang ditentukan. Pada prinsipnya, sensor lidar menghasilkan hingga 2000 data per detik dengan kecepatan rpm 6 Hz (6 kali putaran per detik), sehingga jika digunakan untuk melihat pergerakan AGV selama proses *collision avoidance* bisa mencapai puluhan ribu data. Maka dari itu diambil 1 data yang dihasilkan dari rata-rata data per putarannya sehingga bisa dilihat proses pergerakan AGV selama *collision avoidance*.



Gambar 11. Grafik Pergerakan AGV Selama Collision Avoidance

Waktu untuk AGV selama menghindari *obstacle* adalah 657 detik dengan sensor lidar menghasilkan 1 data setiap detiknya, sehingga diperoleh 657 data lidar. Dari hasil grafik pergerakan AGV selama menghindari *obstacle* dapat dilihat bahwa awal pergerakan AGV mengalami *error* yang cukup tinggi dikarenakan AGV mengalami harus memposisikan diri terhadap penjagaan jarak terhadap sudut *obstacle* dan selanjutnya pergerakan AGV stabil.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor rplidar hanya dapat mendeteksi dalam jangkauan 360 derajat dengan jarak minimum deteksi 15cm dan jarak maksimum deteksi 6m.
2. Sensor rplidar hanya dapat mendeteksi objek yang tidak berwarna hitam atau transparan maupun objek yang berbahan dasar cermin karena dapat mengganggu hasil pembacaan sensor.
3. Sistem *collision avoidance* yang diterapkan adalah menggunakan konsep *wall following* dengan acuan sudut tertentu setelah AGV berhenti sebelum *obstacle* dan menghindar sesuai lebar celah yang dapat dilewati AGV, dimana pergerakan AGV menggunakan sistem *open control* dengan cara mengatur PWM.
4. Awal pergerakan AGV selama menghindari *obstacle* mengalami *error* yang cukup tinggi karena AGV harus memposisikan diri untuk menjaga jarak terhadap sudut *obstacle* dan selanjutnya pergerakan AGV stabil.
5. Sensor rplidar memiliki nilai keakuratan hasil bacaan jarak dan sudut yang cukup besar.

Daftar Pustaka :

- [1] Siburian, Moses. 2008. *Rancang Bangun Sistem Pengendali Otomatis pada Automated Guided Vehicle (AGV) dengan Metode Fuzzy Logic dan Simulink*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Copyright RoboPeak team. (2009-2014) RPLIDAR Low Cost 360 degree 2D Laser Scanner (LIDAR) system Introduction and Datasheet. <http://www.RoboPeak.com>.
- [3] Reskiawan, Abd. Azis. 2014. *Design and Implementation of Automatic Mobile Robot Parking System Control*. Telkom University.
- [4] Yogi Wiyandra and Rini Sovia, *Rancangan Media Pembelajaran Pengenalan Huruf dan Angka Bagi Pendidikan Taman Kanak-Kanak Didukung Mikrokontroller Atmega128 dan IC Suara ISD25120 Dilengkapi Display Dot Matrix*, vol.5, no. 2, Sept. 2012.
- [5] Rachmawati Oktaria Mardiyanto, Helmy Widyantara, and Ira Puspasari, *Sun Tracking pada Panel Surya untuk Optimalisasi Pengisian Catu Daya*, JCONES, vol.4, no. 1, 2015.
- [6] Dimas Harrind Yudha Putra and Riswan Dinzi. 2014. *Studi Pengaturan Kecepatan Motor DC Shunt dengan Metode Ward Leonard*. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.