

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENCEGAH
TABRAKAN PADA AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV)
MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN METODE
LOGIKA FUZZY**

***DESIGN AND IMPLEMENTATION OF COLLISION AVOIDANCE FOR
AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV) USING ULTRASONIC SENSORS
WITH FUZZY LOGIC METHODS***

¹Leonardus Yulianto Priyoprahasto, ²Angga Rusdinar, ³Erwin Susanto

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

Jalan Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹leonardus@students.telkomuniversity.ac.id, ²angga.rusdinar@telkomuniversity.ac.id,

³erwin.susanto@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Pada sebuah industri, terutama industri manufaktur, pengiriman barang baik itu barang hasil produksi, barang hampir jadi, atau bahan baku merupakan bagian penting dari proses produksi. Untuk meningkatkan hasil produksi dibutuhkan sistem pengiriman yang lebih efisien dan efektif. Salah satu perangkat yang digunakan untuk pengiriman barang adalah *Automated Guided Vehicle* (AGV), untuk meningkatkan hasil produksi yang lebih optimal maka dibutuhkan AGV yang dapat menghindari halangan yang ada pada jalurnya. Pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai perancangan dan implementasi sistem pencegah tabrakan pada sebuah AGV. Untuk navigasi AGV dalam mengikuti jalur yang berupa garis dan penghindaran halangan. Penginderaan lingkungan menggunakan sensor ultrasonik yang diolah menggunakan metode logika fuzzy. Berdasarkan hasil dari pengujian sistem, tingkat keberhasilan penghindaran AGV mencapai 86,7%.

Kata Kunci : automated guided vehicle, penghindaran tabrakan, sensor ultrasonik, *fuzzy*

ABSTRACT

At an industry, especially the manufacturing industry, both freight the goods produced, nearly finished goods or raw materials is an important part of the production process. To increase production takes delivery system more efficient and effective. One device used for the delivery of goods is the Automated Guided Vehicle (AGV), to increase the production yields more optimal AGV is required to avoid the obstacles that exist on a track. In this final project will discuss the design and implementation of prevention systems on an AGV collision. For AGV navigation in the form of a line following a line and obstacle avoidance. Environmental sensing using an ultrasonic sensor that is processed using fuzzy logic. Based on the results of the testing system, the success rate of evasion AGV reaches 86,7%.

Keywords : automated guided vehicle, collision avoidance, ultrasonic sensors, fuzzy

1. Pendahuluan

Otomasi pada industri sudah merambah ke berbagai sektor, mulai dari sektor mobilisasi bahan mentah, sektor produksi, sektor keamanan pabrik, hingga sektor pengiriman produk [1,2]. Otomasi ini salah satunya dimaksudkan untuk menghindari terjadinya *human error*. Faktor *human error* dapat mengakibatkan berhentinya proses pada industri di berbagai sektor. Maka dari itu, otomasi pada industri harus diselaraskan dengan jaminan kontinuitas produksi.

Berangkat dari latar belakang tersebut, penulis akan merancang sebuah sistem penghindaran tubrukan (*collision avoidance*) menggunakan suatu sistem navigasi tanpa perlu campur tangan berlebih dari operator pada *Automated Guided Vehicle* (AGV). Saat berbicara mengenai robot bergerak, sistem penghindaran tubrukan merupakan hal yang mendasar dan sudah cukup sering diteliti [3]. Namun, perancangan sistem penghindar tubrukan merupakan tugas yang cukup

menyulitkan [4]. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem *collision avoidance* untuk AGV yang menggunakan garis sebagai navigasi utamanya (*line guided AGV*) sebagai sistem proteksi untuk jaminan kontinuitas proses pada pabrik.

Pada penelitian ini sistem *collision avoidance* yang dirancang akan menggunakan *line sensor*, *ultrasonic sensor*, serta *rotary encoder*. *Line sensor* akan digunakan sebagai pembaca garis sebagai sistem navigasi utama dari AGV. Sedangkan sensor ultrasonik berfungsi sebagai input bagi *collision avoidance* bersamaan dengan *rotary encoder*.

2. Dasar Teori

2.1 Automated Guided Vehicle

Automated Guided Vehicle (AGV) adalah sebuah *mobile robot* yang mampu bergerak atau melakukan pekerjaan tertentu secara mandiri.^[4] AGV dapat diprogram sehingga bekerja secara otomatis dan digunakan sebagai perangkat manipulasi. AGV memiliki pergerakan aktif karena dapat bergerak dan berpindah posisi dari satu titik ke titik yang lain secara dinamis, oleh karena itu AGV digunakan hampir di setiap industri manufaktur untuk memindahkan berbagai macam produk. AGV pada industri manufaktur digunakan untuk memindahkan bahan baku atau hasil produksi dari satu lokasi ke lokasi yang lain.

2.2 Fuzzy Logic

Logika *Fuzzy* merupakan logika dalam pengambilan keputusan yang digunakan untuk memecahkan masalah dengan sistem yang sulit untuk dimodelkan, teori tentang *fuzzy set* pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan oleh Dr. Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada tahun 1965.^[3] Dalam kehidupan banyak masalah dengan informasi yang sulit direpresentasikan ke dalam sebuah model rumus atau angka yang pasti karena informasi tersebut bersifat kualitatif (tidak bisa dihitung secara kuantitatif). Fuzzy logic dibagi menjadi tiga bagian proses, yaitu:

1. Fuzzyfication

Fuzzyfication merupakan proses perubahan data masukan yang berupa nilai kebenaran bersifat pasti (*crisp input*) menjadi masukkan *fuzzy* yang berupa nilai linguistik dengan cara pemetaan *crisp input* pada himpunan *fuzzy*.

2. Inference

Suatu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai: *IF antecedent THEN consequent*. Dalam suatu sistem berbasis aturan *fuzzy*, proses *inference* memperhitungkan semua aturan yang ada dalam basis pengetahuan. Hasil dari proses *inference* direpresentasikan oleh suatu *fuzzy set* untuk setiap untuk setiap *variable* bebas (pada *consequent*). Derajat keanggotaan untuk setiap nilai *variable* tidak bebas menyatakan ukuran kompatibilitas terhadap *variable* bebas (pada *antecedent*).

3. Defuzzification

Terdapat berbagai metode *defuzzification* yang dapat diaplikasikan untuk berbagai macam masalah. Metode *Weighted Average* mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Sehingga y^* didefinisikan sebagai :

$$\frac{\sum (\mu(x_i) \cdot y_i)}{\sum \mu(x_i)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana y adalah nilai *crisp*, $\mu(y)$ adalah derajat keanggotaan dari nilai *crisp* y . Kelemahan dari metode ini hanya bisa digunakan bila fungsi keanggotaan dari keluaran *fuzzy* memiliki bentuk yang sama.

2.4 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindraannya. Perbedaan waktu antara gelombang suara dipancarkan dengan ditangkapnya kembali gelombang suara tersebut adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat diindera diantaranya adalah: objek padat, cair, butiran maupun tekstil.^[3]

3. Perancangan Sistem

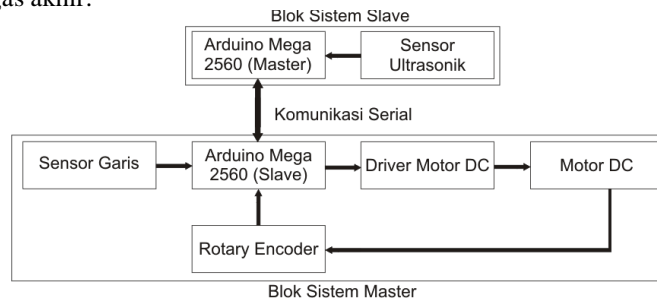
Perancangan sistem *Automated Guided Vehicle* (AGV) terdiri dari beberapa blok sistem yang diintegrasikan menjadi satu sistem utuh. Pembagian blok sistem dibagi menjadi blok sensor, blok pengolahan data, dan blok keluaran.

Pada blok sensor, AGV menggunakan tiga buah sensor sebagai masukan. Pertama adalah gabungan sensor fotodioda dengan *Light Emitting Diode* (LED) yang disusun sedemikian rupa

menjadi sebuah sensor garis (*line sensor*) yang berfungsi untuk membaca jalur berupa garis. Kedua adalah sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur jarak antara AGV dengan lingkungannya. Ketiga adalah gabungan sensor *optocoupler* dengan piringan yang membentuk sebuah *rotary encoder* yang berfungsi untuk memonitor putaran roda AGV.

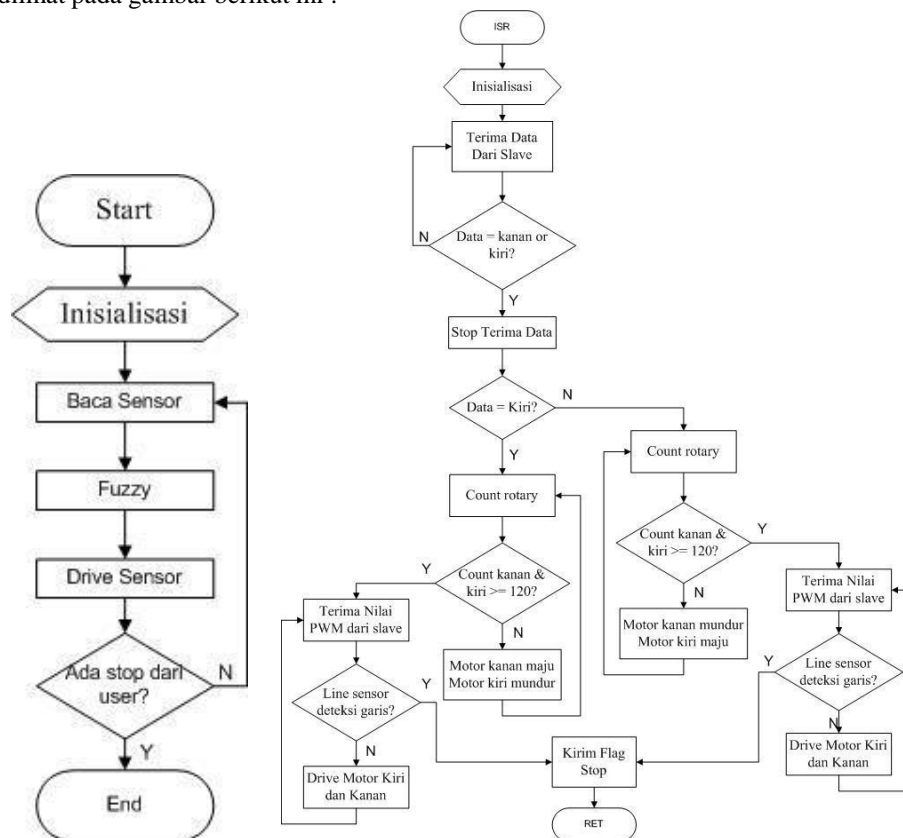
Pada blok pengolahan data menggunakan dua buah mikrokontroler yang dibagi menjadi *master* dan *slave*. Mikrokontroler *master* mengolah input dari sensor garis dan *rotary encoder* serta mengeluarkan hasil pengolahan ke blok keluaran. Mikrokontroler *slave* mengolah input dari sensor ultrasonik dan mengirimkannya ke mikrokontroler *master* menggunakan komunikasi serial.

Pada bagian keluaran merupakan pengaturan arah pergerakan dan kecepatan dua motor DC yang dipasang secara diferensial dengan menggunakan *driver MOSFET*. Data yang dihasilkan dari bagian pengolahan akan digunakan untuk mengatur arah gerak dari kedua motor serta mengatur kecepatannya menggunakan *duty cycle*. Berikut ini adalah diagram blok dari sistem yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir:

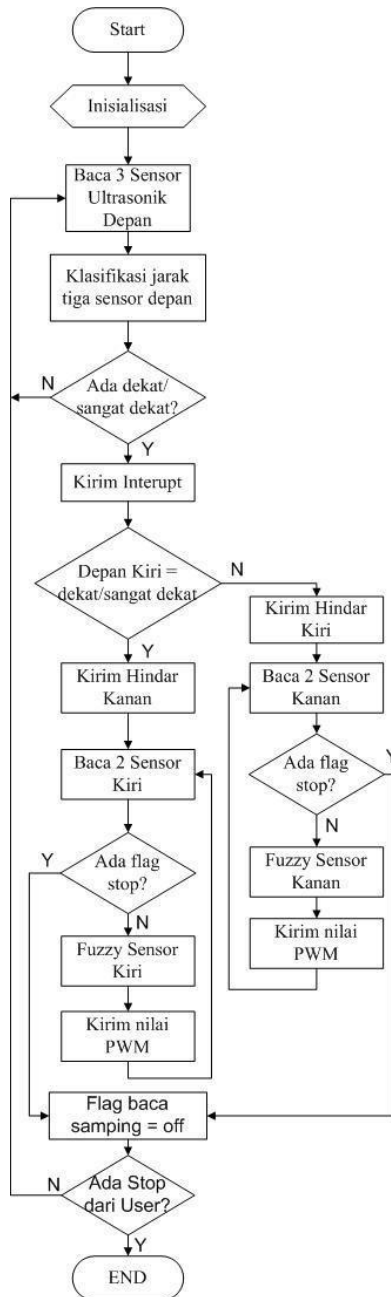


Gambar Error! No text of specified style in document..1 Diagram Blok Sistem

Sementara untuk *flowchart* sistem yang digunakan oleh mikrokontroler *master* dan *slave* dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.1.2 Flowchart sistem mikrokontroler *master*



Gambar 3.1.3 Flowchart sistem mikrokontroler *slave*

3.1 Perancangan Fuzzy Logic

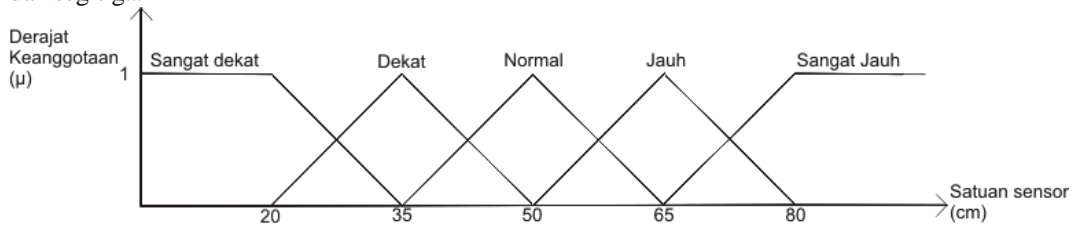
Logika fuzzy digunakan sebagai pengolah data masukan dari sensor ultrasonik. Hal ini bertujuan agar proses penghindaran berjalan lebih mulus.

3.1.1 Fuzzyfication

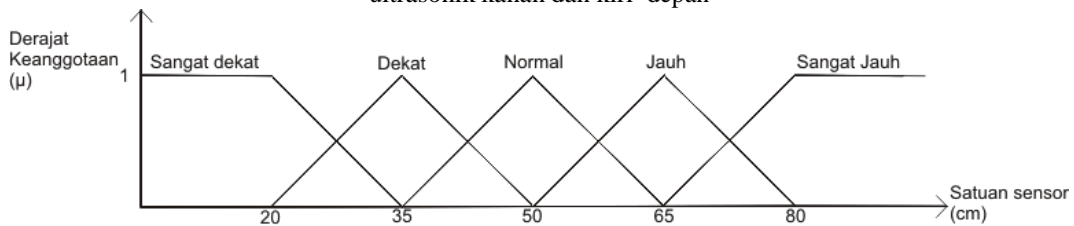
Data hasil pembacaan sensor ultrasonik merupakan data masukan bernilai tegas (*crisp*) kemudian diubah menjadi himpunan *fuzzy* menurut fungsi keanggotaannya.

Proses awal dari fuzzyfikasi adalah membuat *membership function* (fungsi keanggotaan) dari masukan, serta menentukan banyaknya *variable linguistic* dalam fungsi keanggotaan tersebut. Dari fungsi keanggotaan yang dibuat akan diketahui nilai derajat keanggotaan dari masing-masing *variable* dalam himpunan fuzzy berdasarkan masukan tegas (*crisp*).

Pada sistem ini terdapat masukan dari sensor ultrasonik. Masukan dari sensor ultrasonik ini memiliki masing-masing lima nilai linguistik untuk masing-masing sensor **SANGAT DEKAT, DEKAT, NORMAL, JAUH, dan SANGAT JAUH** dengan fungsi keanggotaan bahu trapesium dan segitiga.



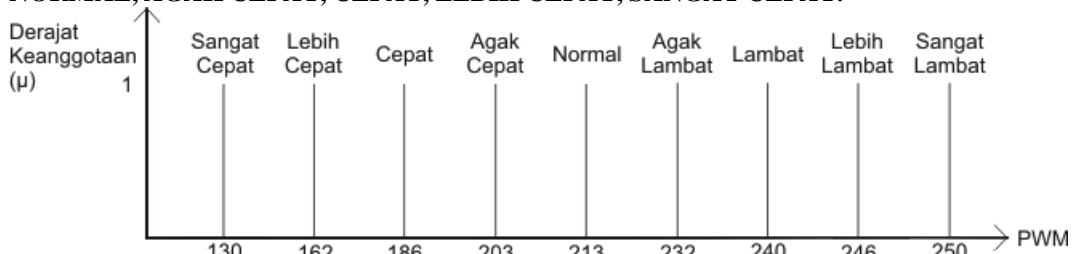
Gambar Error! No text of specified style in document..2 Fungsi keanggotaan masukan sensor ultrasonik kanan dan kiri depan



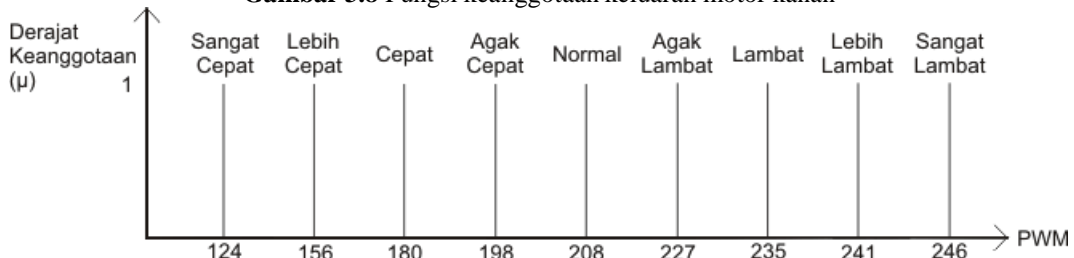
Gambar Error! No text of specified style in document..3 Fungsi keanggotaan masukan sensor ultrasonik kanan dan kiri belakang

Pada keluaran sistem menggunakan model sugeno, pembentukan fungsi keluaran pada model sugeno memiliki fungsi yang lebih sederhana dengan respon lebih cepat dari model yang lain. Bentuk keluaran fungsi keanggotaan pada model sugeno mempunyai bentuk *singletone*, bentuk dengan derajat keanggotaan satu pada suatu nilai *crisp* tunggal dan nilai nol pada suatu *crisp* yang lain.

Karena keluaran dalam bentuk *singletone* maka fungsi pada setiap nilai linguistik bernilai satu dan nol pada diluar nilai linguistik. Keluaran pada sistem yang dibuat ada dua, yaitu PWM pengontrol motor dc kanan dan kiri. Untuk keluaran sistem yang berupa kecepatan memiliki sembilan nilai linguistik, yaitu: **SANGAT PELAN, LEBIH PELAN, PELAN, AGAK PELAN, NORMAL, AGAK CEPAT, CEPAT, LEBIH CEPAT, SANGAT CEPAT.**



Gambar 3.8 Fungsi keanggotaan keluaran motor kanan



Gambar 3.9 Fungsi keanggotaan keluaran motor kiri

3.1.2 Rule Inference

Pada *rule inference*, terjadi proses pengolahan data masukan fuzzyfikasi dengan hasil keluaran yang dikehendaki dengan aturan-aturan tertentu. Dari aturan-aturan yang dibentuk inilah yang nantinya akan menentukan respon dari sistem terhadap berbagai kondisi *set point* dan gangguan yang terjadi pada sistem yang akan dibuat. Rule inference sistem tertulis pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel Error! No text of specified style in document..1 Rule Inference motor kanan

Depan

Belakang \ Depan	SANGAT DEKAT	DEKAT	NORMAL	JAUH	SANGAT JAUH
SANGAT DEKAT	N	AP	P	LP	SP
DEKAT	AC	N	AP	P	LP
NORMAL	C	AC	N	AP	P
JAUH	LC	C	AC	P	LP
SANGAT JAUH	SC	LC	C	LP	SP

Tabel Error! No text of specified style in document..2 Rule Inference motor kiri

Belakang \ Depan	SANGAT DEKAT	DEKAT	NORMAL	JAUH	SANGAT JAUH
SANGAT DEKAT	N	AC	C	LC	SC
DEKAT	AP	N	AC	C	LC
NORMAL	P	AP	N	AC	C
JAUH	LP	P	AP	C	LC
SANGAT JAUH	SP	LP	P	LC	SC

Keterangan : SP=Sangat Pelan, LP=Lebih Pelan, P=Pelan, AP=Agak Pelan, N=Normal, AC=Agak Cepat, C=Cepat, LC= Lebih Cepat, SC=Sangat Cepat.

Berdasarkan tabel, maka sistem mempunyai 25 aturan fuzzy, yaitu:

1 *IF* Kanan Depan = **SANGAT DEKAT** *AND* Kanan Belakang = **SANGAT DEKAT** *THEN* Motor DC kanan= **NORMAL** *AND* Motor DC kiri = **NORMAL**.

2 *IF* Kanan Depan = **SANGAT DEKAT** *AND* Kanan Belakang = **DEKAT** *THEN* Motor DC kanan = **AGAK CEPAT** *AND* Motor DC kiri = **AGAK PELAN**.

3 *IF* Kanan Depan = **DEKAT** *AND* Kanan Belakang = **SANGAT DEKAT** *THEN* Motor DC kanan = **AGAK PELAN** *AND* Motor DC kiri = **AGAK CEPAT**.

.

.

25 *IF* Kanan Depan = **SANGAT JAUH** *AND* Kanan Belakang = **SANGAT JAUH** *THEN* Motor DC kanan= **SANGAT PELAN** *AND* Motor DC kiri = **SANGAT CEPAT**.

3.1.3 Defuzzyfication

Deffuzifikasi merupakan pemetaan bagi nilai-nilai *fuzzy* keluaran yang dihasilkan pada tahap *rules inference* ke nilai-nilai keluaran kuantitatif. Pada perancangan robot mobil ini proses *deffuzifikasi* menggunakan metode *Weigth Average* dan keluaran dari proses *deffuzifikasi* berupa nilai PWM yang nantinya digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC.

4. Pengujian

Pengujian dilakukan pada proses penghindaran AGV terhadap halangan yang berada pada lintasannya. Standar keberhasilan dilihat dari keberhasilan AGV keluar dari jalurnya, menghindari target, dan kembali ke jalurnya.

Hasil pengujian untuk algoritma *collison avoiding* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel Error! No text of specified style in document..3 Hasil pengujian sistem *collison avoiding* benda di kanan jalur

Percobaan ke-	Keluar dari jalur	Menghindari target	Kembali ke jalur	Status
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
5	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Tabel Error! No text of specified style in document..4 Hasil pengujian sistem *collision avoiding* benda di kiri jalur

Percobaan ke-	Keluar dari jalur	Menghindari target	Kembali ke jalur	Status
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Gagal	Gagal
3	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
5	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Tabel Error! No text of specified style in document..5 Hasil pengujian sistem *collision avoiding* benda tepat pada jalur

Percobaan ke-	Keluar dari jalur	Menghindari target	Kembali ke jalur	Status
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Gagal	Berhasil	Berhasil	Gagal
5	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Pada tabel di 4.5.1 dapat dilihat bahwa saat benda berada di kanan jalur AGV selalu sukses untuk keluar dari jalur awalnya, menghindari benda tersebut, dan kembali ke jalur lagi. Pada tabel 4.5.2 tampak sekali AGV gagal untuk kembali ke jalur dan menyebabkan gagalnya proses keseluruhan *collision avoiding* pada percobaan tersebut. Sedangkan pada tabel 4.5.3 tampak sekali AGV gagal untuk keluar dari jalur dan kembali menyebabkan gagalnya proses *collision avoiding* pada percobaan yang bersangkutan.

Berdasarkan hasil pengujian maka tingkat keberhasilan untuk penghindaran tabrakan pada benda di kanan jalur adalah 100%, benda di kiri jalur 80%, dan benda tepat di tengah jalur 80%, sehingga dapat dirata-ratakan tingkat keberhasilan algoritma *collision avoiding* adalah 86,67%. Maka dengan tingkat keberhasilan 86,67% sistem *collision avoiding* yang dibuat merupakan sistem yang cukup mumpuni dan layak digunakan.

5. Kesimpulan

Pengeksekusian algoritma Collision Avoiding berjalan dengan lancar dengan tingkat kesuksesan 86.67%. Hal tersebut membuktikan bahwa penggunaan sensor ultrasonik sebagai pengindra utama merupakan pilihan yang cukup baik untuk sistem *collision avoiding*. Selain itu, dengan hasil percobaan algoritma *collision avoiding* yang menunjukkan bahwa AGV selalu berhasil menghindari target, maka penempatan sensor ultrasonik sudah cukup baik untuk memberikan informasi ruang gerak pada AGV. Begitu pula pemilihan rotary encoder dan line sensor sebagai pengendali meningkatkan kinerja sistem *collision avoiding* merupakan pilihan yang tepat..

6. Daftar Pustaka

- [1.] Waldi, Ibnu. 2014. *Design and Implementation System automatic Guided Vehicle (AGV) Using RFID for Position Information*. Telkom University
- [2.] Luthfi, Rifqi. 2014. *Design and Implementation of Automatic Charging Battery Control System on Automatic Guided Vehicle*. Telkom University
- [3.] Reskiawan, Abd. Azis. 2014. *Design and Implementation of Automatic Mobile Robot Parking System Control*. Telkom University

- [4.] Fan, Kun. 2012. *On the Design of AGV Obstacle Avoidance System Based on Fuzzy-PID Dual-Mode Controller*. 2012 IEEE Conference on Control, Systems, and Industrial Informatics
- [5.] Digani, Valerio. 2014. *Obstacle Avoidance for Industrial AGVs*. 2014 IEEE Conference on Intelligent Computer Communication and Processing
- [6.] www.arduino.cc/Arduino-Mega