

## Penerapan Metode *Fuzzy Sugeno* Sebagai Sistem Navigasi Robot Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor Ultrasonik

Husnawati<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indo Global Mandiri  
Jalan Jendral Sudirman No. 629 KM 4 Palembang Kode Pos 30129  
Email : [uthy.51291@gmail.com](mailto:uthy.51291@gmail.com)<sup>1)</sup>

### Abstract

*In the era of industrial technology and automation, robots are widely used as a tool that can ease human work, so the robot which has a good control system is needed so that the work done by the robot can be optimized. The development of control systems in robots is currently quite rapid along with increasingly diverse human needs. Several methods are applied to the robot control system automatically. Fuzzy logic is a method that is most used in navigating robot motion. In this study will be applied Sugeno type fuzzy logic method as a robot navigation system which embedded in Arduino Uno microcontroller and ultrasonic sensor is used as distance input value, in each robot path is given 30 cm obstacle so that the PWM value generated by the robot can be measured. The results obtained in this study is the Sugeno fuzzy logic method which embedded in the Arduino Uno microcontroller can control the motion of the robot and avoid the obstacles in the environment well.*

**Keywords:** Control System, Navigation, Fuzzy Logic, Arduino, Ultrasonic Sensor

### Abstrak

*Pada era teknologi dan otomasi industri saat ini banyak digunakan robot sebagai alat bantu yang dapat meringankan pekerjaan manusia, sehingga dibutuhkan robot yang memiliki sistem pengendalian yang baik agar pekerjaan yang dilakukan oleh robot tersebut dapat lebih optimal. Perkembangan sistem pengendalian pada robot saat ini cukup pesat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin beragam. Beberapa metode banyak diterapkan pada sistem pengendalian robot secara otomatis. Logika fuzzy merupakan metode yang banyak digunakan dalam navigasi gerak robot. Sehingga pada penelitian ini akan diterapkan metode logika fuzzy dengan tipe Sugeno sebagai sistem navigasi robot yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino uno dan digunakan sensor ultrasonik sebagai nilai inputan jarak, pada masing – masing lintasan robot diberikan halangan sejauh 30 cm sehingga nilai pwm yang dihasilkan oleh robot dapat terukur. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah metode logika fuzzy Sugeno yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino uno dapat mengendalikan gerak robot dan menghindari halangan yang berada di sekitar lingkungan dengan baik.*

**Kata kunci :** Sistem Kendali, Navigasi, Logika Fuzzy, Arduino, Sensor Ultrasonik.

**1. Pendahuluan**

Dalam bidang teknologi dan otomasi industri pada saat ini banyak digunakan robot untuk membantu meringankan pekerjaan manusia. Penggunaan robot merupakan salah satu solusi yang tepat untuk mengerjakan suatu pekerjaan yang dianggap monoton. Untuk melakukan pekerjaan tersebut maka dibutuhkan sistem navigasi yang baik agar robot dapat bekerja dengan optimal.

Dalam sistem pengendalian banyak digunakan metode logika *fuzzy* (Ariowo & Setiawan, 2008; Setiawan, Darjat, & Septiaji, 2008). Metode logika *fuzzy* digunakan untuk mengendalikan pergerakan robot (El-teleity, Nossair, Abdel-Kader Mansour, & TagElDein, 2011). Namun ada beberapa penelitian yang menggunakan metode logika *fuzzy* sebagai pembuat keputusan dalam mengklasifikasi dan mengidentifikasi kebocoran gas (Henrique V, Morooka, Guilherme, da Fonseca, & Mendes, 2005; Jian & Zhang, 2005). Metode logika *fuzzy* juga dapat digabungkan dengan beberapa metode *machine learning* lainnya untuk mengoptimalkan pergerakan robot (Husnawati, F, & Nurmaini, 2016; Husnawati, GF, & Nurmaini, 2017).

Logika *fuzzy* merupakan metode yang banyak digunakan dalam navigasi gerak robot seperti menentukan jalur terbaik atau jalur terpendek yang dapat dilalui oleh robot (Johnson, 2015; Omrane, Masmoudi, & Masmoudi, 2016; Pandey, Sonkar, Pandey, & Parhi, 2014; Yelane, Pawar, Vaidya, Engg, & Selukate, 2016). Navigasi *mobile robot* dalam lingkungan yang tidak bisa di prediksi dan dinamis dibatasi oleh ketidakpastian, kompleksitas, dan tidak dapat diandalkan dalam masalah robot terhadap lingkungannya (El-teleity et al., 2011).

Pada penelitian ini akan diterapkan metode logika *fuzzy* dengan tipe sugeno, penerapan metode logika *fuzzy* tersebut akan ditanamkan pada mikrokontroler Arduino dan digunakan sensor ultrasonik sebagai nilai inputan jarak. Sehingga nilai defuzzifikasi output pada PWM robot dapat terukur dan dapat menentukan apakah sistem navigasi yang dibangun pada robot dapat melalui lintasan – lintasan yang dibentuk dan dapat menghindari halangan yang berada di sekitar lingkungan dengan baik.

**2. Pembahasan**

Kontrol logika *fuzzy* mampu menirukan pengalaman manusia tentang bagaimana cara terbaik untuk mengendalikan sistem tanpa perlu persamaan model yang akurat, dan dapat menangani permasalahan yang kerap terjadi pada sistem yang telah dirancang. Logika *fuzzy* menawarkan solusi yang menjanjikan dalam menangani ketidakpastian dengan meniru pengalaman manusia dalam bentuk aturan, agar dapat mengendalikan sebuah sistem secara otomatis (Fahmizal & Kuo, 2013; Melin & Castillo, 2014).

Pengendalian logika *fuzzy* memiliki beberapa tahapan yaitu (Fahmizal & Kuo, 2013; Farooq et al., 2010) :

1. Fuzzifikasi, yaitu merupakan proses transformasi masukan yang bernilai *crisp* ke dalam derajat

keanggotaan untuk menentukan variabel – variabel linguistik.

2. Basis aturan dan inferensi, yaitu menentukan aturan – aturan logika dari variabel linguistik. Aturan – aturan logika ini akan digunakan untuk menghubungkan antara variabel masukan dan variabel keluaran. Aturan logika ini berbentuk “*If-Then*” berdasarkan persamaan 1.

$$\text{If } X_1 \text{ is } A_1 \text{ and } \dots \text{ and } X_n \text{ is } A_n, \text{ then } Y \text{ is } B \quad (1)$$

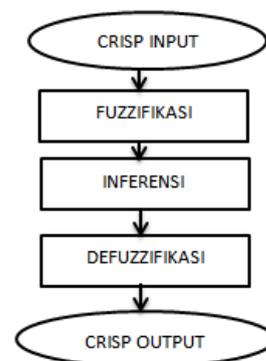
3. *Fuzzy* implikasi, yaitu untuk mengevaluasi bagian konsekuensi dari setiap aturan dengan menggunakan metode pengambilan keputusan berupa mekanisme maksimum dan minimum pada persamaan 2.2, untuk memperoleh keluaran *fuzzy* yang tepat.

$$\mu_B(y) = \max [\min [\mu_{A1}(\text{input}(i)), \mu_{A2}(\text{input}(j)), \dots]] \quad (2)$$

4. Defuzzifikasi, yaitu proses dalam menentukan agregasi dari hasil implikasi yang merupakan nilai keluaran dari *fuzzy* untuk mendapatkan kembali nilai *crisp*. Fungsi keanggotaan pada logika *fuzzy* dengan tipe Sugeno menggunakan satu dimensi (*singleton*). Maka dari itu digunakan metode Center of Area (COA) pada persamaan 2.3 untuk menghasilkan perhitungan yang tepat.

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \mu_{out}(Z_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{out}(Z_i)} \quad (3)$$

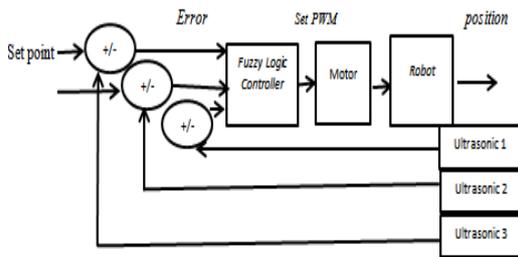
Dimana  $\mu_{out}(Z_i)$  adalah  $i=1,2,\dots,n$  nilai sampel dari agregasi keluaran fungsi keanggotaan, dan  $Z_o$  adalah nilai *crisp* yang dideskripsikan sebagai siklus dari sinyal PWM untuk mengontrol kecepatan motor. Secara keseluruhan diagram blok untuk tahapan – tahapan yang dibentuk pada pengendalian logika *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram blok pengendalian logika *fuzzy*.

Perancangan sistem kendali pada *mobile robot* dengan menggunakan sensor jarak dilakukan supaya dihasilkan pergerakan yang baik. Sistem kendali pada *mobile robot* dikontrol secara otomatis menggunakan logika *fuzzy* yang ditanamkan pada arduino. Diagram

blok sistem kendali logika fuzzy dengan sensor jarak dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Kendali Logika Fuzzy dengan Sensor Jarak Terhadap Mobile robot.

Pada gambar 2 data masukan untuk pengendalian sistem adalah nilai error dari sensor jarak terhadap benda. Nilai error diperoleh dari pengurangan set point dengan sensor jarak. Pada sistem mobile robot, masing – masing robot dipasang 3 buah sensor yang ditempatkan di sisi depan, samping kiri, dan samping kanan robot. Perlu diketahui bahwa data keluaran dari logika fuzzy adalah aksi pergerakan dari actuator untuk menentukan posisi robot. Tahapan penyelesaian pada logika fuzzy terhadap sistem mobile robot meliputi :

1. Tahap fuzzifikasi, dimana pada tahapan ini fungsi keanggotaan pada masing – masing sensor ditentukan pada tabel 1.

Tabel 1. Input Sensor Jarak.

Jarak (cm)	Variabel Linguistik	Keterangan
5 sampai 19	Dekat	Dk
10 sampai 28	Sedang	Sd
19 sampai 30	Jauh	Jh

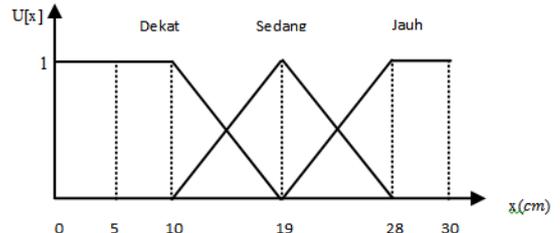
Berdasarkan variabel linguistik yang telah ditentukan, maka himpunan fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan yaitu : dekat, sedang, jauh, maka diperoleh persamaan fungsi :

$$\mu[\text{dekat}] = \begin{cases} 1 & \text{untuk } a \leq x < b \\ (c-x)/(c-b) & \text{untuk } b \leq x < c \end{cases}$$

$$\mu[\text{sedang}] = \begin{cases} (x-b)/(c-b) & \text{untuk } b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c) & \text{untuk } c \leq x \leq d \end{cases}$$

$$\mu[\text{jauh}] = \begin{cases} (x-c)/(d-c) & \text{untuk } c \leq x \leq d \\ 1 & \text{untuk } d < x \leq e \end{cases} \dots (4)$$

Dari persamaan fungsi tersebut maka akan diperoleh fungsi keanggotaan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy

2. Tahap aturan dasar dan inferensi, dimana pada tahapan ini menentukan nilai – nilai aturan dasar untuk mengontrol gerak masing – masing robot.

Tabel 2. Aturan Dasar Logika Fuzzy

No	Sensor			Motor DC	
	Kiri	Depan	Kanan	Kiri	Kanan
1	Dekat	Dekat	Dekat	Lambat	Lambat
2	Dekat	Dekat	Sedang	Cepat	Lambat
3	Dekat	Dekat	Jauh	Cepat	Lambat
4	Dekat	Sedang	Dekat	Sedang	Sedang
5	Dekat	Sedang	Sedang	Sedang	Lambat
6	Dekat	Sedang	Jauh	Sedang	Lambat
7	Dekat	Jauh	Dekat	Cepat	Cepat
8	Dekat	Jauh	Sedang	Sedang	Lambat
9	Dekat	Jauh	Jauh	Sedang	Lambat
10	Sedang	Dekat	Dekat	Lambat	Cepat
11	Sedang	Dekat	Sedang	Lambat	Lambat
12	Sedang	Dekat	Jauh	Cepat	Lambat
13	Sedang	Sedang	Dekat	Lambat	Sedang
14	Sedang	Sedang	Sedang	Lambat	Lambat
15	Sedang	Sedang	Jauh	Sedang	Lambat
16	Sedang	Jauh	Dekat	Lambat	Sedang
17	Sedang	Jauh	Sedang	Sedang	Sedang
18	Sedang	Jauh	Jauh	Lambat	Sedang
19	Jauh	Dekat	Dekat	Lambat	Cepat
20	Jauh	Dekat	Sedang	Lambat	Cepat
21	Jauh	Dekat	Jauh	Sedang	Sedang
22	Jauh	Sedang	Dekat	Lambat	Sedang
23	Jauh	Sedang	Sedang	Cepat	Lambat
24	Jauh	Sedang	Jauh	Lambat	Lambat
25	Jauh	Jauh	Dekat	Lambat	Sedang
26	Jauh	Jauh	Sedang	Sedang	Lambat
27	Jauh	Jauh	Jauh	Sedang	Sedang

Setelah merancang basis aturannya, maka selanjutnya menggunakan mekanisme aturan untuk menghasilkan fuzzy output. Pada perancangan tugas akhir ini mekanisme aturannya menggunakan metode Sugeno,

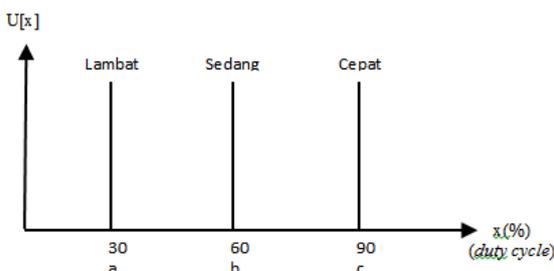
karena proses perhitungannya lebih sederhana dan sangat cocok digunakan sebagai pengendalian robot dalam menghindari halangan.

Fungsi implikasi yang digunakan yaitu operasi *Max-Min* terhadap fungsi keanggotaan tertentu dan menghasilkan *fuzzy output* yang berupa nilai sesuai dengan aturan tertentu. Pada tabel 3 memperlihatkan fungsi keanggotaan *output* kecepatan motor dengan model Sugeno.

Tabel 3. Keluaran Kecepatan Motor.

Duty Cycle (%)	Variabel Linguistik	Keterangan
30	Lambat	Lm
60	Sedang	Sd
90	Cepat	Cp

Himpunan *fuzzy output* pada mekanisme aturan berupa keluaran *singleton* dengan jangkauan antara 0 sampai 100 yang dipetakan menjadi 3 variabel linguistik. Ketiga variabel tersebut yaitu lambat dengan nilai *singleton* 30, sedang dengan *singleton* 60 dan cepat dengan *singleton* 90. Adapun grafik *output* yang digunakan pada operasi *Max-Min* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Himpunan Keluaran Fuzzy.

Pengambilan keputusan mekanisme aturan *Max-Min* dilakukan pada aturan operasi *conjunction* dan *disjunction*.

3. Tahap defuzzifikasi, dimana pada tahap ini menghasilkan keluaran nilai crisp dari nilai *fuzzy* tersebut, sehingga dapat dirancang fungsi keanggotaan untuk nilai keluaran posisi. Untuk menentukan nilai crisp digunakan metode COA (*Center of Area*) dengan persamaan 5.

$$\%PWM = \frac{\sum \mu_R(y)y}{\sum \mu_R(y)} \quad (5)$$

Dimana : % PWM = nilai keluaran  
 y = nilai *crisp*  
 $\mu_R(y)$  = derajat keanggotaan dari nilai *crisp* y

A. Pengujian Modul Hardware

Pengujian modul perangkat keras dilakukan pada semua modul yang digunakan, yaitu modul sensor jarak, sensor kompas, sensor gas, *Xbee*, kamera, mikrokontroler, dan motor DC. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari setiap modul tersebut.

1. Modul Sensor Jarak

Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik HC-SR04 yang memiliki supply daya 5V DC dengan kemampuan membaca jarak dari rentang 2 cm sampai dengan 4 m. Untuk membuktikan bahwa sensor yang digunakan bekerja normal dan optimal, maka dilakukan pengujian pengukuran pada jarak 5 cm sampai 30 cm dengan ditambahkan halangan pada beberapa variasi yang dilakukan sebanyak 5 kali pada tiap – tiap sensor. Berikut tabel 4 yang menunjukkan hasil nilai ukur terhadap jarak yang dilakukan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pada Modul Sensor Jarak.

Jarak Halangan (Cm)	Hasil Pengujian (Cm)					Error (%)
	1	2	3	4	5	
10	10	10	10	10	10	0
15	15	15	15	15	15	0
20	20	20	20	20	20	0
25	25	25	25	24	25	0.8
30	29	30	30	30	30	0.667

Berdasarkan data yang ditampilkan dari hasil pengujian pada tabel, terlihat bahwa *error* pengukuran terkecil yakni sebesar 0 % pada jarak 10, 15 dan 20 cm, dan *error* pengukuran terbesar yakni sebesar 0.8 % pada jarak 25 cm. Toleransi *error* yang dihasilkan masih dalam batas kewajaran sehingga modul sensor layak digunakan. Pengukuran dilakukan pada jarak 10 - 30 cm karena jarak inilah yang akan digunakan dalam program sistem navigasi robot.

2. Arduino UNO

Perangkat navigasi yang digunakan adalah Arduino UNO yang memiliki 14 pin digital dan 6 pin analog. Pengujian pada Arduino dilakukan dengan cara *setting* beberapa modul yang ada menjadi analog *output* dan digital *input*. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan pada setiap pin, pin akan memiliki nilai tegangan jika digunakan sebagai *output* dan 0 volt jika pin digunakan sebagai *input*.

3. Modul Motor DC

Pengujian pada modul motor DC ini dilakukan dengan cara mengatur *duty cycle* PWM motor DC dan menampilkan hasil keluarannya dalam bentuk bilangan desimal. *Duty cycle* diatur dalam beberapa nilai persentase, sehingga didapatkan beberapa nilai desimal yang bisa digunakan pada pergerakan robot. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 5.

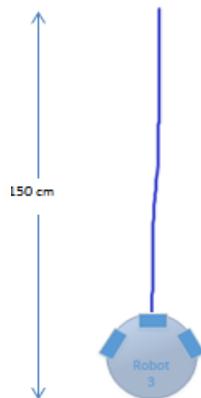
**Tabel 5.** Hasil Pengujian Pada Modul Motor DC.

Duty Cycle PWM (%)	Nilai Yang Ditampilkan (Heksadesimal)
0	00 <sub>H</sub>
10	1A <sub>H</sub>
25	40 <sub>H</sub>
30	4D <sub>H</sub>
50	80 <sub>H</sub>
75	BF <sub>H</sub>
80	CC <sub>H</sub>
90	E6 <sub>H</sub>
100	FF <sub>H</sub>

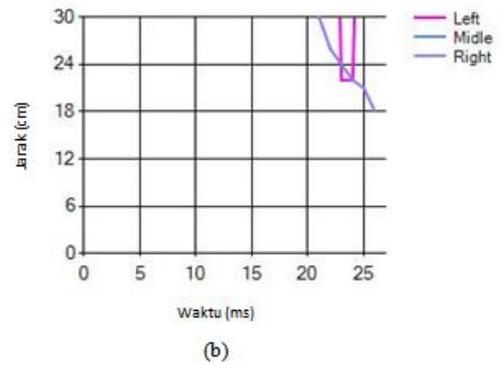
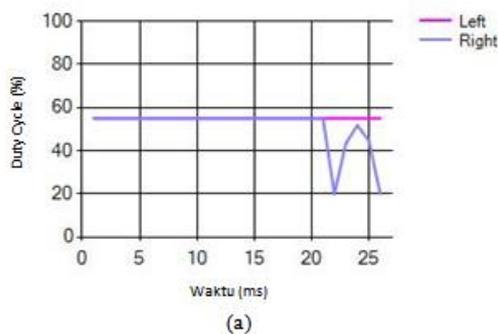
Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 4.7, terlihat bahwa *duty cycle* PWM terkecil, yakni 0% menampilkan data 00<sub>H</sub>, sedangkan *duty cycle* PWM terbesar, yakni 100% menampilkan data FF<sub>H</sub>. Pengujian pada motor DC menunjukkan bahwa kecepatan motor DC dapat dikendalikan dengan mengatur persentase *duty cycle* PWM. Persentase kecepatan inilah yang akan digunakan pada program sistem navigasi.

**B. Pengujian pada Lintasan dan Koridor Lurus**

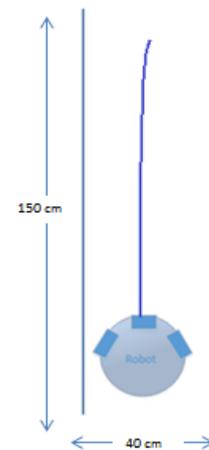
Pengujian pada lintasan dan koridor lurus dilakukan dengan menjalankan robot secara bebas pada lintasan lurus dan kemudian menambahkan halangan pada kedua sisi robot untuk koridor lurus seperti yang dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 7 sedangkan untuk nilai grafik dari pembacaan sensor jarak dan nilai keluaran dari PWM dapat dilihat pada gambar 6, dan 8.



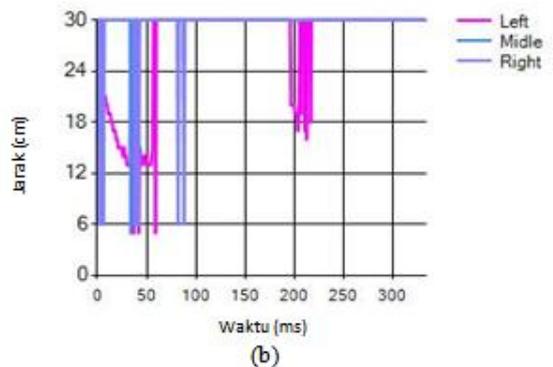
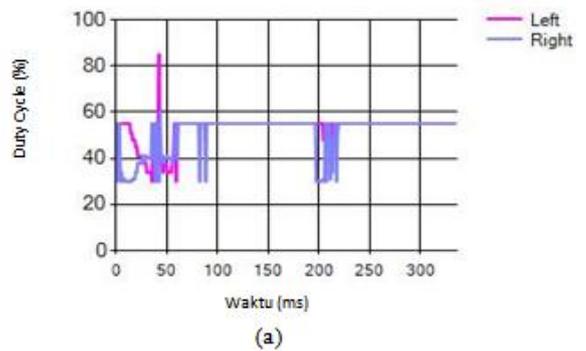
**Gambar 5.** Hasil Trajektori pada Lintasan Lurus



**Gambar 6.** Grafik Nilai (a) PWM Motor dan (b) Sensor Jarak pada Lintasan Lurus



**Gambar 7.** Hasil Trajektori pada Koridor Lurus



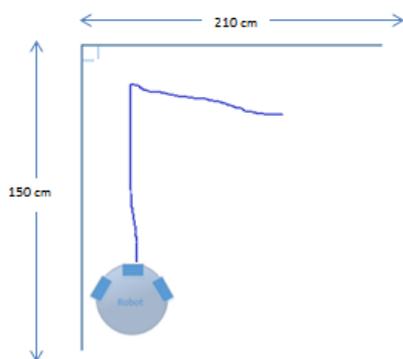
**Gambar 8.** Grafik Nilai (a) PWM Motor dan (b) Sensor Jarak pada Koridor Lurus

Pada lintasan lurus, dapat dilihat dari trajektori yang dihasilkan pada gambar 5 bahwa robot bergerak menuju ke arah depan dengan nilai pwm pada motor kiri dan motor kanan yang dihasilkan adalah 55 pada gambar 6 (a) dan jarak baca dari sensor ultrasonik yaitu diatas 30 cm pada gambar 7 (b), yang berarti tidak terdapat halangan disekitar robot hingga mencapai ujung dari lintasan dari jalur robot yang kemudian baru dibaca sebagai halangan oleh robot, dari pembacaan nilai sensor jarak tersebut akan mengakibatkan keluaran pada kecepatan motor robot menjadi sedang – sedang, hal tersebut sesuai dengan keluaran dari algoritma logika fuzzy yang telah ditanamkan pada sistem.

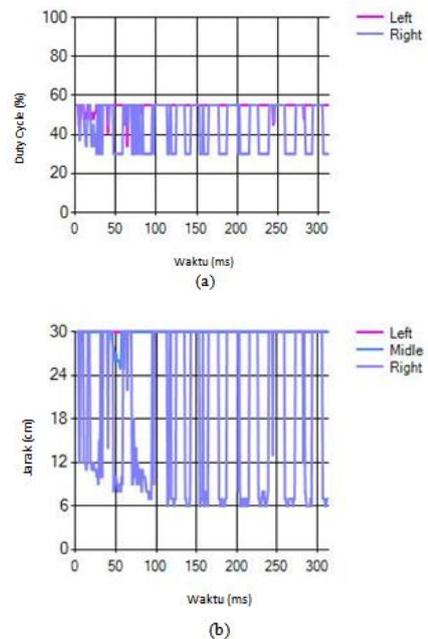
Sedangkan pada gambar 7 pada jalur lintasan robot telah ditambahkan halangan pada kedua sisi robot, sehingga pembacaan nilai sensor jarak pada gambar 8 (b) berkisar antara 5 cm sampai dengan 30 cm dan nilai pwm pada gambar 8 (a) nilai yang dihasilkan 30 sampai dengan 55, hal ini mengakibatkan kecepatan motor pada robot menjadi sedang – sedang dan kadang sedang – lambat, dikarenakan robot akan mendeteksi adanya halangan pada kedua sisinya.

C. Pengujian pada Lintasan dan Koridor Belok Kanan

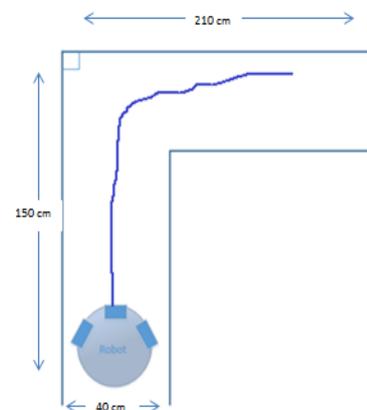
Pengujian pada lintasan belok kanan dilakukan dengan menjalankan robot pada lintasan bebas namun ditambahkan penghalang pada sisi kiri seperti yang dapat dilihat pada gambar 9, sedangkan pengujian robot pada koridor belok kanan dilakukan dengan menjalankan robot pada lintasan yang memiliki halangan di kedua sisi robot serta bagian depan sehingga membentuk lingkungan dengan sudut 90<sup>0</sup> yang dapat dilihat pada gambar 11. Untuk grafik nilai PWM dan grafik pembacaan sensor jarak pada kedua lintasan belok kanan tersebut dapat dilihat pada gambar 10 dan 12.



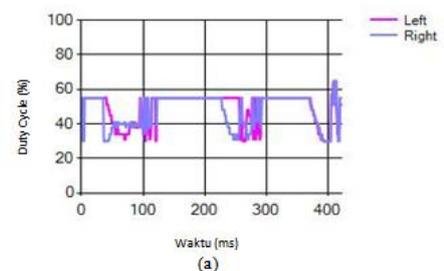
Gambar 9. Hasil Trajektori pada Lintasan Belok Kanan

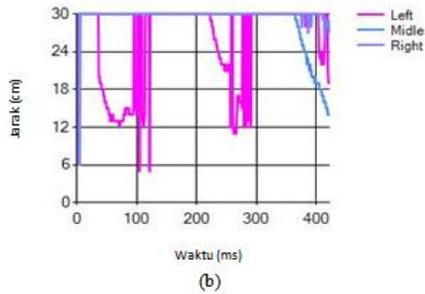


Gambar 10. Grafik Nilai (a) PWM Motor dan (b) Sensor Jarak pada Lintasan Belok Kanan



Gambar 11. Hasil Trajektori pada Koridor Belok Kanan





**Gambar 12.** Grafik Nilai (a) PWM Motor dan (b) Sensor Jarak pada Koridor Belok Kanan

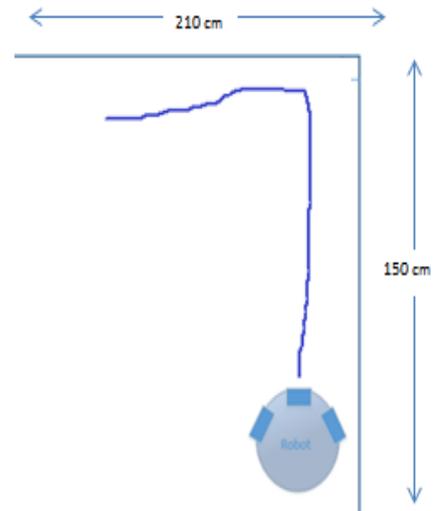
Pada lintasan belok kanan yang telah ditambahkan halangan sepanjang 150 cm pada bagian kiri robot dan 210 cm pada bagian atas robot, maka dapat dilihat dari trajektori yang dihasilkan pada gambar 9 bahwa robot bergerak menuju ke arah kanan dengan nilai pwm yang dihasilkan adalah 55 pada motor kiri dan nilai pwm 30 hingga 50 pada keluaran dari motor kanan, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 10 (a).

Jarak baca dari sensor ultrasonik pada sisi kanan yaitu diatas 30 cm, sedangkan pada sensor bagian depan dan kiri berkisar 5 cm sampai dengan 30 cm yang dilihat pada gambar 10 (b), hal ini berarti terdapat halangan di bagian kiri robot, sehingga dari pembacaan nilai sensor jarak tersebut akan mengakibatkan keluaran pada kecepatan motor robot menjadi sedang – lambat sesuai dengan keluaran dari algoritma logika *fuzzy* yang telah ditanamkan pada sistem.

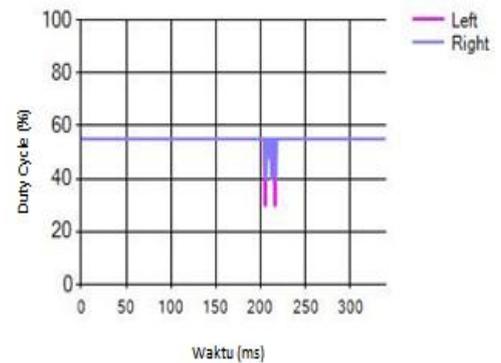
Sedangkan pada gambar 11 pada jalur lintasan robot telah ditambahkan halangan pada kedua sisi robot dan pada bagian depan robot, sehingga pembacaan nilai sensor jarak pada gambar 12 (b) berkisar antara 5 cm sampai dengan 30 cm pada sensor bagian kiri, dan 30 cm pada sensor depan dan kanan sampai dengan robot berbelok ke kanan, sehingga nilai pwm pada gambar 12 (a) yang dihasilkan 30 sampai dengan 55 pada kedua motor robot, hal ini mengakibatkan kecepatan motor pada robot menjadi sedang – sedang pada saat robot bergerak maju dan sedang – lambat pada saat robot berbelok ke koridor kanan dikarenakan robot mendeteksi adanya halangan pada kedua sisinya.

**D. Pengujian pada Lintasan dan Koridor Belok Kiri**

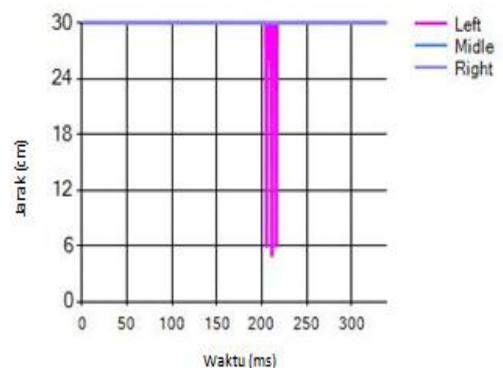
Pengujian pada lintasan belok kiri dilakukan dengan menjalankan robot pada lintasan yang memiliki belokan ke kiri dengan sudut  $90^0$  ke arah kiri dengan ditambahkan penghalang pada sisi kanan seperti yang dapat dilihat pada gambar 13. Sedangkan untuk koridor belok kiri akan dibentuk sebuah lingkungan dengan ditambahkan penghalang pada kedua sisi robot dan dibagian depan sehingga membentuk sudut  $90^0$  seperti yang dapat dilihat pada gambar 15. Untuk grafik nilai PWM dan grafik pembacaan sensor jarak pada kedua lintasan belok kiri tersebut dapat dilihat pada gambar 14 dan 16.



**Gambar 13.** Hasil Trajektori pada Lintasan Belok Kiri

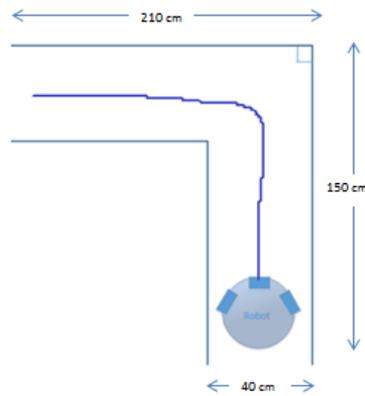


(a)

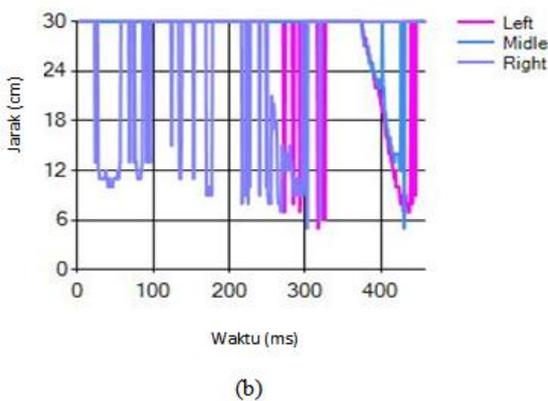
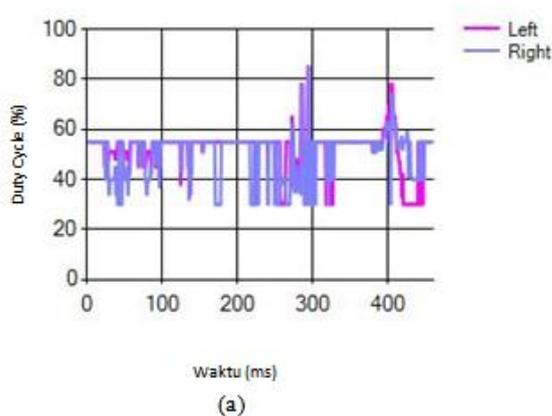


(b)

**Gambar 14.** Grafik Nilai (a) PWM Motor dan (b) Sensor Jarak pada Lintasan Belok Kiri



Gambar 15. Hasil Trajektori pada Koridor Belok Kiri



Gambar 16. Grafik Nilai (a) PWM Motor dan (b) Sensor Jarak pada Koridor Belok Kiri

Pada lintasan belok kiri yang telah ditambahkan halangan sepanjang 150 cm pada bagian kanan robot dan 210 cm pada bagian atas robot, maka dapat dilihat dari trajektori yang dihasilkan pada gambar 4.20 bahwa robot bergerak menuju ke arah kiri dengan nilai pwm yang dihasilkan adalah 55 pada motor kiri dan nilai pwm 30 hingga 50 pada keluaran dari motor kanan, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.21 (a).

Jarak baca dari sensor ultrasonik pada sisi kiri yaitu diatas 30 cm, sedangkan pada sensor bagian depan dan kanan berkisar 5 cm sampai dengan 30 cm yang dilihat pada gambar 4.21 (b), hal ini berarti terdapat halangan di bagian kanan robot, sehingga dari pembacaan nilai

sensor jarak tersebut akan mengakibatkan keluaran pada kecepatan motor robot menjadi lambat – sedang sesuai dengan keluaran dari algoritma logika fuzzy yang telah ditanamkan pada sistem.

Sedangkan pada gambar 15 pada jalur lintasan robot telah ditambahkan halangan pada kedua sisi robot dan pada bagian depan robot, sehingga pembacaan nilai sensor jarak pada gambar 16 (b) berkisar antara 5 cm sampai dengan 30 cm pada sensor bagian kanan, dan 30 cm pada sensor bagian depan dan kiri sampai dengan robot berbelok ke kiri, sehingga nilai pwm pada gambar 16 (a) yang dihasilkan 30 sampai dengan 55 pada saat robot bergerak lurus, dan 30 sampai dengan 90 pada saat robot akan berbelok ke arah kiri, hal ini mengakibatkan kecepatan motor pada robot menjadi sedang – sedang hingga lambat – sedang pada saat robot bergerak maju dan lambat – cepat pada saat robot akan berbelok ke koridor kanan.

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka penerapan metode logika fuzzy dengan tipe Sugeno yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino uno dapat mengendalikan gerak robot dengan menggunakan sensor jarak sebagai inputan dan dapat menghindari halangan yang dipasang pada masing – masing lintasan dengan baik.

### Daftar Pustaka

- Aribowo, F. W., & Setiawan, I. 2008. Penjejak Arah Cahaya Dengan Kendali Logika. *Jurnal Teknik Elektro*, 144–150.
- El-telety, S. A., Nossair, Z. B., Abdel-Kader Mansour, H. M., & TagElDein, A. 2011. *Fuzzy Logic Control of an Autonomous Mobile Robot. IEEE, 11*, 188–193.
- Fahmizal, & Kuo, C. H. 2013. Development of a fuzzy logic wall following controller for steering mobile robots. In *fuzzy 2013 - 2013 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications* (pp. 7–12). <http://doi.org/10.1109/iFuzzy.2013.6825401>
- Farooq, U., Khalid, A., Amar, M., Habiba, A., Shafique, S., & Noor, R. 2010. Design and Low-Cost Implementation of a Fuzzy Logic Controller for Wall Following Behavior of a Mobile Robot, 740–746.
- Henrique V, da S., Morooka, C. K., Guilherme, I. R., da Fonseca, T. C., & Mendes, J. R. P. 2005. Leak detection in petroleum pipelines using a fuzzy system. *ELSEVIER, Journal of Petroleum Science and Engineering*, 49, 223–238. <http://doi.org/10.1016/j.petrol.2005.05.004>
- Husnawati, H., F, G. F., & Nurmaini, S. 2016. Optimisasi Mobile Robot Pendeteksi Sumber Gas Menggunakan Metode Hybrid. *Annual Research Seminar*, 2(1), 56–59.
- Husnawati, H., GF, F., & Nurmaini, S. 2017. The

- Development of Hybrid Methods in Simple Swarm Robots for Gas Leak Localization.pdf. *International Conference on Signals and Systems (ICSigSys) The*, 197–202.
- Jian, F., & Zhang, H.-G. 2005. Diagnosis and Localization of Pipeline Leak Based on *Fuzzy*. *IEEE*, 31(3).
- Johnson, J. 2015. Indoor navigation of mobile robot using *fuzzy* logic controller. *2015 3rd International Conference on Signal Processing, Communication and Networking (ICSCN)*, 1–7. <http://doi.org/10.1109/ICSCN.2015.7219873>
- Melin, P., & Castillo, O. 2014. A review on type-2 *fuzzy* logic applications in clustering, classification and pattern recognition. *Applied Soft Computing Journal*, 21, 568–577. <http://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.04.017>
- Omrane, H., Masmoudi, M. S., & Masmoudi, M. 2016. *Fuzzy* Logic Based Control for Autonomous Mobile. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016, 1–10. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2016/9548482>
- Pandey, A., Sonkar, R. K., Pandey, K. K., & Parhi, D. R. (2014). Path Planning Navigation of Mobile Robot With Obstacles Avoidance Using *Fuzzy* Logic Controller.
- Setiawan, I., Darjat, & Septiaji, A. 2008. Perancangan Robot Mobil Penjejak Dinding Koridor Menggunakan Kendali Logika *Fuzzy*. *Eprints Universitas Diponegoro*.
- Yelane, A. A., Pawar, S. B., Vaidya, P. S. R., Engg, E. C., & Selukate, S. D. C. E. 2016. Design Approach of a Shortest Path for Robot Navigation Using *Fuzzy*, 3–6.