

## Sistem Navigasi Gerak Robot *Lawn Mower* Menggunakan Pengendali *Fuzzy Logic*

<sup>1,2</sup>Selamat Muslimin\*), <sup>4</sup>Renny Maulidda<sup>2</sup>Yudi Wijanarko<sup>3</sup>Dewi Permata Sari

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Progam Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya

*Selamet\_muslimin@polsri.ac.id*

### Abstrak

Teknologi robot yang semakin berkembang pesat telah banyak membantu manusia dalam mempermudah menyelesaikan salah satu kegiatan yaitu memotong rumput. Robot *lawn mower* dirancang untuk memotong rumput, menghindari rintangan dan bergerak di sepanjang lintasan yang direncanakan. Sehingga kemampuan untuk mengenali lingkungan, perencanaan lintasan dan pengambilan keputusan harus dimiliki. Robot *lawn mower* adalah jenis robot yang mampu melakukan pergerakan secara otomatis. Sistem navigasi dan penerapan kecerdasan artifisial merupakan hal utama agar robot dapat bergerak secara mandiri. Dalam hal ini, pengendali *fuzzy logic* diterapkan untuk menemukan titik koordinat yang telah ditanamkan dalam algoritma *fuzzy logic* yaitu maju, belok kanan, belok kiri dan putar balik. Sensor GPS Neo-6M digunakan untuk membaca titik koordinat dan sensor kompas HMC5883L digunakan untuk membaca arah dalam sistem navigasi robot yang kemudian diproses oleh pengendali dan menghasilkan keluaran berupa putaran roda yang digerakkan oleh motor.

*Kata Kunci: robot lawn mower, kecerdasan artifisial, sistem navigasi, pengendali fuzzy logic*

### 1 Pendahuluan

Seiring perkembangan teknologi di zaman modern seperti sekarang, khususnya bidang robotika, telah banyak membantu manusia menyelesaikan tugas dalam kegiatan sehari-hari. Teknologi robot tersebut seperti telah menjadi satu bagian dalam kehidupan bermasyarakat [1]. Sehingga robot yang pada awalnya hanya digunakan pada kegiatan industri, pada saat ini, teknologi robot tersebut dapat digunakan untuk mempermudah kegiatan manusia diberbagai sektor seperti pendidikan, pembangunan, kesehatan, rumah tangga, hiburan dll. Karena definisi robot itu sendiri adalah sebuah piranti yang terbentuk dari sistem mekanik, elektrik dan bekerja sesuai dengan algoritma pemrograman yang ditanamkan dalam pengendali robot tersebut sehingga robot dapat bekerja sesuai kebutuhan. Dalam pengoperasiannya, pengendalian robot dapat dilakukan dengan pengawasan manusia (manual) ataupun dengan menggunakan suatu algoritma pemrograman kecerdasan artifisial (otomatis) yang tidak memerlukan campur tangan manusia [2].

Salah satu jenis robot yang menjadi perhatian lebih oleh para peneliti adalah *mobile robot* yang merupakan jenis robot yang mampu melakukan pergerakan dari satu tempat ke tempat yang lain. Maka kemampuan untuk bergerak dan bernavigasi menjadi hal utama yang harus dimiliki oleh *mobile robot*. Sistem navigasi dan kecerdasan artifisial saling berkaitan sehingga dalam pengoperasian sistem *mobile*, dapat dilakukan secara otomatis [3]. Sistem navigasi menjadi suatu bagian penting agar robot dapat bergerak secara mandiri. Kemudian metode kecerdasan artifisial dapat diaplikasikan pada navigasinya sehingga dapat meningkatkan kinerja robot tersebut [4]. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan sistem navigasi gerak robot telah dilakukan oleh [5], [6], [7].

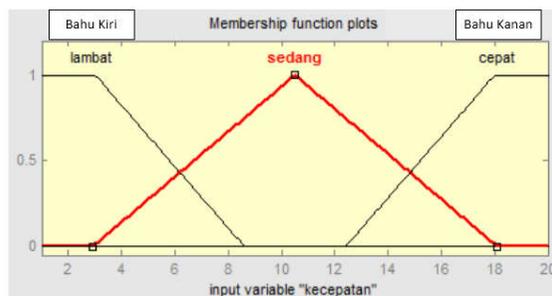
Maka berdasarkan latar belakang tersebut, sebuah robot *lawn mower* dirancang untuk mempermudah pekerjaan manusia. Tugas utama robot *lawn mower* adalah memotong rumput di suatu area, menghindari rintangan dan bergerak di sepanjang lintasan yang direncanakan. Sehingga robot *lawn mower* harus memiliki kemampuan untuk mengenali lingkungan, perencanaan lintasan dan pengambilan keputusan. Maka dalam hal ini salah satu aplikasi dari kecerdasan artifisial digunakan, yaitu algoritma pengendali *fuzzy logic*.

Dalam sistem navigasi robot *lawn mower*, pengendali *fuzzy logic* digunakan untuk menguji kemampuan menemukan titik koordinat apakah sesuai dengan data pergerakan yang dimasukkan pada algoritma pengendali *fuzzy logic* yaitu maju, belok kanan, belok kiri dan putar balik. Untuk sistem koordinasi dan navigasi pada robot *lawn mower* ini sendiri yaitu menggunakan masukan 2 buah sensor yaitu sensor GPS Neo-6M dan sensor kompas HMC5883L sehingga robot *lawn mower* akan mencari titik koordinat yang ditargetkan dengan bergerak sesuai arah yang diperoleh dari sensor kompas. Sedangkan keluaran dari pengendali *fuzzy logic* berupa sinyal PWM untuk mengatur putaran pada kedua motor.

## 2 Dasar Teori

### 2.1 Pengendali Fuzzy Logic

Metode *soft computing* pertama kali dikenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh. Metode ini dibuat tanpa menggunakan model matematika sistem tetapi menggunakan metode yang meniru sistem kecerdasan manusia. Maka kemudian lahirlah metode *fuzzy logic* pada 1965 dari peniruan logika manusia. *Fuzzy logic* memiliki nilai keabuan antara hitam dan putih, yang berarti memiliki unsur kesamaran dan konsep tidak pasti. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami *fuzzy* antara lain variabel, himpunan dan domain. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu keadaan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh variabel kecepatan yaitu lambat, sedang dan cepat seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 1 himpunan *fuzzy* pada variabel kecepatan

Teori *fuzzy logic* terinspirasi dari kemampuan manusia untuk mengatasi informasi yang tidak pasti berdasarkan persepsi. Dalam masukan pengendali *fuzzy logic*, terdapat tiga proses seperti yang terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2 tiga proses dalam pengendali *fuzzy logic*

Proses untuk mengubah suatu masukan *non-fuzzy* (variabel numerik) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik seperti, dingin, sejuk, panas, lambat, sedikit cepat, cepat) dinamakan fuzzifikasi yang disajikan dalam bentuk himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya masing-masing. Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik masukan data ke dalam nilai keanggotaannya. Maka salah satu cara yang dapat digunakan adalah melalui pendekatan fungsi.

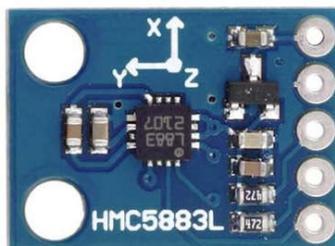
selanjutnya, sistem inferensi *fuzzy* digunakan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tidak pasti. Sistem inferensi *fuzzy* didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk IF-THEN dan penalaran *fuzzy*. Sejumlah aturan dapat dibuat untuk pengendalian logika *fuzzy* yang menghubungkan aksi keluaran pengendalian terhadap kondisi masukannya. Sejumlah aturan dapat dibuat untuk pengendalian logika samar. Berikut merupakan perlakuan pada pengendalian sistem yang akan dibahas:

If (Arah is Sedikit Kiri) and (Arah is Lurus) then (Kecepatan Motor Kiri is Sedang) and (Kecepatan Motor Kanan is Cepat).

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir atau keluaran dari sistem pengendali *fuzzy logic*. Defuzzifikasi juga dapat didefinisikan sebagai perubahan besaran *fuzzy* dalam bentuk himpunan menjadi data pasti. Hal ini diperlukan karena dalam aplikasi nyata data-data yang diperlukan adalah nilai nyata (*crisp*) [8].

## 2.2 Sensor Kompas HMC5883L

Sensor HMC5883L adalah kompas digital yang dirancang untuk penginderaan magnet medan rendah dengan antarmuka digital. Sensor HMC5883L mencakup 12 bit ADC yang memungkinkan keakuratan kompas mencapai 1° sampai 2° [9]. Modul ini digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, handphone, netbook dan perangkat navigasi lainnya.



Gambar 3 sensor kompas HMC5883L

## 2.3 Sensor GPS Neo-6M

Modul GPS yang digunakan adalah berjenis uBlox Neo-6M yang dirancang untuk daya rendah. Dengan dimensi 16x12,2x2,4 mm, GPS ini cukup dapat diandalkan karena memiliki keakuratan yang cukup baik dan juga beberapa fitur yang cukup menguntungkan di antaranya terdapat baterai cadangan data, *built-in* elektronik kompas, dan *built-in* antena keramik untuk menangkap sinyal dengan kuat [10].



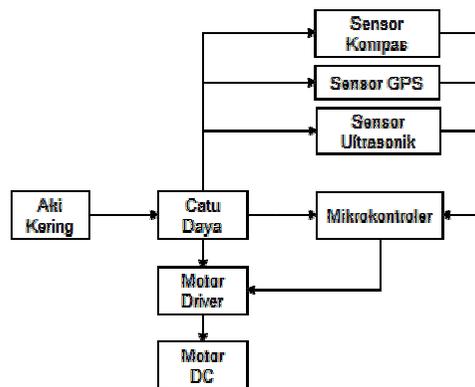
Gambar 4 sensor GPS Neo-6M

### 3 Rancangan Alat

Pada perancangan alat, ada beberapa tahap yang dilakukan antara lain perancangan elektronik, perancangan pengendali fuzzy logic dan perancangan mekanik.

#### 3.1 Perancangan Elektronik

Salah satu bagian penting dalam perancangan suatu robot adalah blok diagram. Cara kerja secara keseluruhan dapat dilihat sehingga menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja.



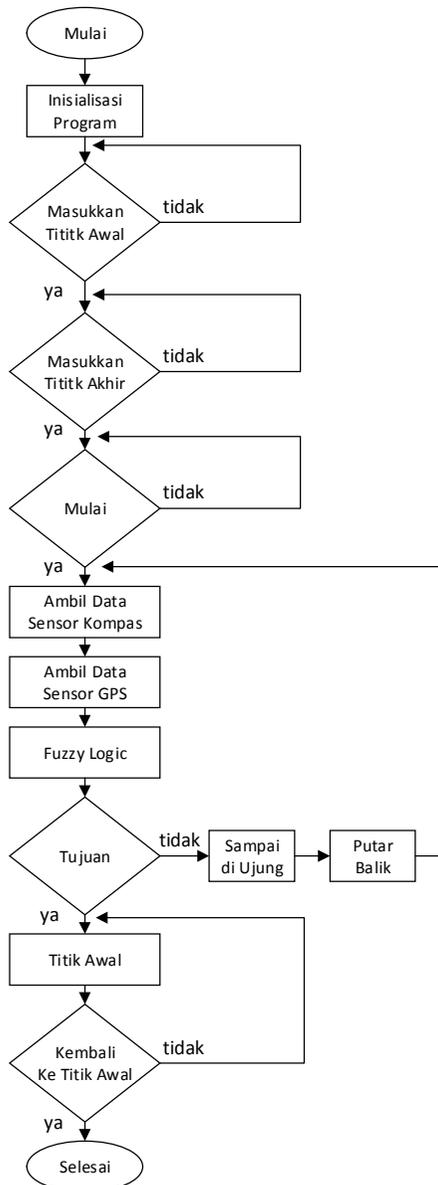
Gambar 5 diagram blok robot lawn mower

Penjelasan pada setiap blok antara lain :

1. Salah satu blok masukan adalah sensor GPS Neo-6M. Titik Koordinat yang terbaca menjadi masukan mikrokontroler untuk mengecek tercapainya titik koordinat yang dituju.
2. Sensor kompas akan membaca derajat arah robot dan menjadi masukan ke dalam fuzzy logic yang kemudian diproses untuk mencapai titik tujuan yang ditentukan sehingga robot tetap dalam jalur.
3. Pada blok mikrokontroler, data-data yang diperoleh dari sensor akan diolah sehingga menghasilkan keluaran berupa pergerakan dari motor DC.

Selain blok diagram terdapat juga alur kerja dari robot lawn mower yang dimulai dari memasukkan data titik awal dan titik akhir dari sensor GPS, kemudian sensor kompas mendapatkan derajat kemiringan robot dan sensor ultrasonik membaca halangan. Berdasarkan data-data masukan yang kemudian diolah di mikrokontroler, maka keluaran

robot yaitu perputaran motor yang bergerak sesuai perintah. Seperti yang ditunjukkan pada gambar diagram air berikut :



Gambar 6 diagram alir robot *lawn mower*

### 3.2 Perancangan Pengendali *Fuzzy Logic*

Pada perancangan perangkat lunak, penerapan algoritma pengendali *fuzzy logic* dilakukan dalam 3 tahap, yaitu fuzzifikasi, basis aturan *fuzzy* dan defuzzifikasi. Proses pembuatan

modifikasi untuk masukan berupa variabel berbentuk derajat ( $^{\circ}$ ) dan keluaran berupa PWM pada masing-masing motor DC untuk memutar roda. Dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut:

**Tabel 1** Variabel masukan *Fuzzy Logic*

Sensor Kompas	Variabel
<(-15°)	JauhKanan
(-15°)-(-5°)	Kanan
(-10°)-0°	SedikitKanan
(-5°)-5°	Lurus
0°-10°	Sedikit Kiri
5°-15°	Kiri
>10°	Jauh Kiri

**Tabel 2** Variabel Keluaran *Fuzzy Logic*

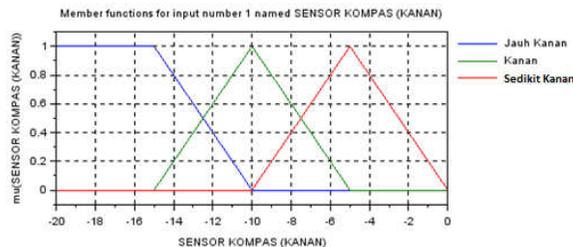
Sinyal PWM	Variabel
0	Stop
150	Lambat
170	Sedang
200	Cepat

Dengan himpunan *fuzzy logic* pada masukan dan keluaran yang digunakan, maka disusun basis aturan seperti pada tabel 3 berikut :

**Tabel 3** Tabel basis aturan *Fuzzy Logic*

Masukan		Keluaran (Motor)	
		Kiri	Kanan
Jauh Kanan	Kanan	Stop	Cepat
Kanan	Sedikit Kanan	Lambat	Cepat
Sedikit Kanan	Lurus	Sedang	Cepat
Lurus	Sedikit Kiri	Cepat	Sedang
Sedikit Kiri	Kiri	Cepat	Lambat
Kiri	Jauh Kiri	Cepat	Stop

Selanjutnya adalah proses defuzzifikasi yang merupakan keluaran dari perancangan pengendali fuzzy logic dengan grafik derajat keanggotaan masukan sensor kompas sebagai berikut :



**Gambar 7** derajat keanggotaan masukan sensor kompas kanan

Dari gambar 7 dapat disusun persamaan untuk menentukan nilai  $\mu$  yang merupakan nilai derajat keanggotaan dari masukan tersebut.

derajat keanggotaan jauh kanan :

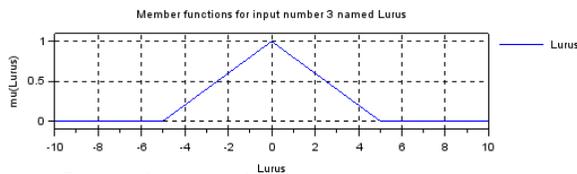
$$\begin{aligned}
 x \leq -15 & \quad \mu = 1 \\
 -15 < x \leq -10 & \quad \mu = \frac{(-10)-x}{(-10)-(-15)} \\
 x \geq -10 & \quad \mu = 0
 \end{aligned} \quad (1)$$

derajat keanggotaan kanan :

$$\begin{aligned}
 x \leq -15 & \quad \mu = 0 \\
 -15 < x \leq -10 & \quad \mu = \frac{x-(-15)}{(-10)-(-15)} \\
 -10 < x \leq -5 & \quad \mu = \frac{(-5)-x}{(-5)-(-10)} \\
 x \geq -5 & \quad \mu = 0
 \end{aligned} \quad (2)$$

derajat keanggotaan sedikit kanan :

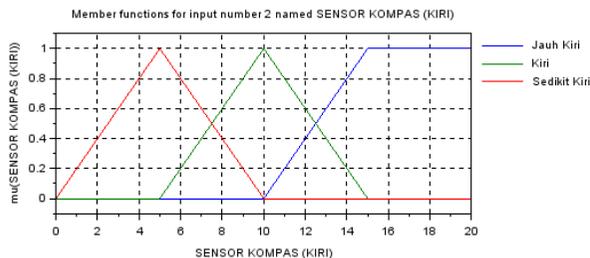
$$\begin{aligned}
 x \leq -10 & \quad \mu = 0 \\
 -10 < x \leq -5 & \quad \mu = \frac{x-(-10)}{(-5)-(-10)} \\
 -5 < x \leq 0 & \quad \mu = \frac{0-x}{0-(-5)} \\
 x > 0 & \quad \mu = 0
 \end{aligned} \quad (3)$$



Gambar 8 derajat keanggotaan masukan sensor kompas lurus

derajat keanggotaan lurus :

$$\begin{aligned}
 x \leq -5 & \quad \mu = 0 \\
 -5 < x \leq 0 & \quad \mu = \frac{x-(-5)}{0-(-5)} \\
 0 < x \leq 5 & \quad \mu = \frac{5-x}{5-0} \\
 x \geq 5 & \quad \mu = 0
 \end{aligned} \quad (4)$$



Gambar 9 derajat keanggotaan masukan sensor kompas kiri

derajat keanggotaan sedikit kiri :

$$\begin{aligned}
 x < 0 & \quad \mu = 0 \\
 0 < x \leq 5 & \quad \mu = \frac{x-0}{5-0}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 < x \leq 10 & \quad \mu = \frac{10-x}{10-5} \\ x \geq 10 & \quad \mu = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

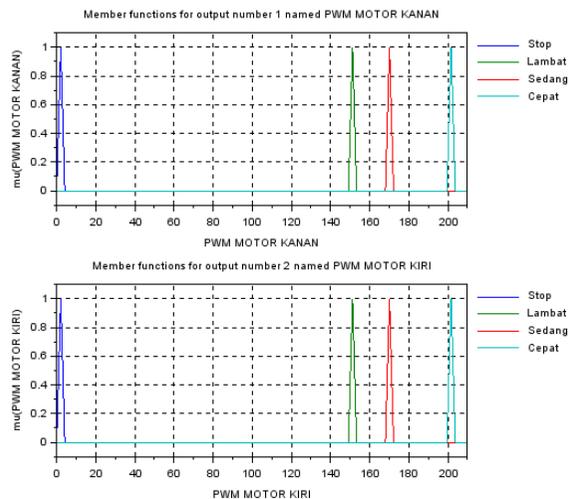
derajat keanggotaan kiri :

$$\begin{aligned} x \leq 5 & \quad \mu = 0 \\ 5 < x \leq 10 & \quad \mu = \frac{x-5}{10-5} \\ 10 < x \leq 15 & \quad \mu = \frac{15-x}{15-10} \\ x \geq 15 & \quad \mu = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

derajat keanggotaan jauh kiri :

$$\begin{aligned} x \leq 10 & \quad \mu = 0 \\ 10 < x \leq 15 & \quad \mu = \frac{x-10}{15-10} \\ x \geq 15 & \quad \mu = 1 \end{aligned} \quad (7)$$

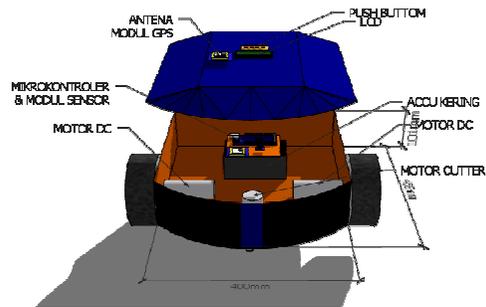
grafik derajat keanggotaan masukan sensor kompas sebagai berikut :



Gambar 10 derajat keanggotaan keluaran PWM motor

### 3.3 Perancangan Mekanik

Hardware robot lawn mower disusun dengan mekanik yang cukup kuat. Pada robot dirancang sebuah sistem minimum Arduino Mega2560 yang berbasis mikrokontroler ATmega 2560 sebagai pengendali, penggerak motor berbasis mosfet yang disusun secara H-Bridge yang mampu mengendalikan arah dan kecepatan dua buah motor DC sekaligus yang memiliki sistem gear sederhana, motor untuk pemotong dan dua buah modul sensor. Supply tegangan untuk robot ini menggunakan aki kering 12V 6Ah sebagai masukan ke rangkaian catu daya yang kemudian didistribusikan ke keseluruhan sistem.

Gambar 11 tampak depan robot *lawn mower*

## 4 Hasil dan Pembahasan

Pengujian robot lawn mower dilakukan dengan kemampuan untuk menemukan titik koordinat. Kemampuan tersebut sesuai dengan data yang dimasukkan ke pengendali *fuzzy logic* yaitu maju, belok kanan, belok kiri dan putar balik. Sistem koordinasi dan navigasi robot menggunakan sensor GPS dan sensor kompas. Dimana robot akan mencari titik koordinat yang ditunjukkan dengan berjalan sesuai arah yang didapat dari sensor kompas. Posisi GPS yang ditentukan dengan titik koordinat posisi robot pada awal mula bergerak adalah *latitude* -2.992322 dan *longitude* 104.733993.

### 4.1 Pengujian Robot Mencari Titik Akhir

Pada tabel 4 di bawah dapat dilihat perubahan nilai derajat yang terbaca pada robot, perubahan tersebut mempengaruhi hasil pada perhitungan fuzzy logic yang menentukan nilai PWM kedua motor. Nilai PWM tersebut didapat dari persamaan fuzzifikasi yang telah dibuat sebelumnya. Nilai PWM yang berubah-ubah menandakan robot melakukan pergerakan ke arah yang dituju dengan mempertahankan arah jalannya sesuai dengan derajat arah yang dituju.

Tabel 4 Tabel gerak robot menuju titik akhir

Sudut Arah Kompas	Perhitungan Fuzzy	PWM Kiri	PWM Kanan	Arah Robot
123.85°	0.04	165	189	Kiri
123.23°	0.08	192	168	Kanan
121.22°	0.48	198	169	Kanan
122.08°	0.31	198	169	Kanan
122.56°	0.22	199	166	Kanan
115.91°	0.45	198	149	Kanan
119.62°	0.20	198	168	Kanan
118.13°	0.10	196	147	Kanan
114.87°	0.25	199	146	Kanan
121.00°	0.47	199	169	Kanan

## 4.2 Pengujian Robot sampai ke Titik Akhir

Dalam pengujian ini robot akan kembali ke titik awal dengan bergerak kekiki sebesar 360° kemudian robot akan bergerak lurus. Tabel 5 merupakan pencatatan saat robot telah mencapai titik akhir maka robot akan berhenti bergerak selama 5 detik kemudian robot akan mengingat kembali nilai dari arah derajat ke titik awal. Robot akan menghitung berapa derajat robot akan berputar untuk mendapatkan sudut kearah titik awal dengan memasukkan nilai derajat arah yang terbaca oleh sensor kompas yang terpasang ke dalam fuzzifikasi untuk menentukan nilai PWM pada motor.

**Tabel 5 Tabel gerak robot sampai di titik akhir**

Sudut Arah Kompas	Perhitungan Fuzzy	PWM Kiri	PWM Kanan	Arah Robot
300.66°	0.32	0	200	Putar
300.66°	0	0	0	Stop

## 4.3 Pengujian Robot Mencari Titik Awal

Pada pengujian ini robot bergerak menuju ke titik awal (kembali ke asal) dengan nilai PWM motor yang bervariasi. Robot mencari titik awal yang sudah terekam sebelumnya saat memasukkan titik koordinat akhir. Robot kembali menjadikan nilai derajat yang terbaca, menjadi masukan dalam fuzzifikasi untuk menentukan kembali robot akan bergerak kemana. Namun, dalam proses menuju ke titik awal, robot akan mengutamakan bergerak ke arah 222.46° terlebih dahulu kemudian mengecek titik koordinatnya apakah telah sampai pada titik awal. Pergerakan robot terlihat pada tabel berikut :

**Tabel 6 Tabel gerak robot menuju ke titik awal**

Sudut Arah Kompas	Perhitungan Fuzzy	PWM Kiri	PWM Kanan	Arah Robot
268.47°	1.00	0	200	Putar
227.76°	0.47	150	200	Kiri
223.42°	0.33	170	200	Kiri
220.09°	0.05	200	170	Kanan
213.77°	0.26	150	200	Kiri
211.11°	0.21	150	200	Kiri
213.26°	0.36	150	200	Kiri
219.23°	0.17	200	170	Kanan
221.59°	0.30	170	200	Kiri
220.26°	0.03	170	200	Kiri
222.46°	0	0	0	Stop

## 5 Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun, hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk dapat mencapai titik koordinat yang dituju, robot menggunakan derajat arah sensor kompas yang terbaca sebagai input dalam pengendali fuzzy logic untuk menentukan nilai PWM motor yang digunakan untuk bergerak.
2. Nilai perhitungan metode fuzzy logic pada robot diperoleh sama dengan perhitungan manual yang digunakan.
3. Dalam pergerakannya, robot mampu melakukan pergerakan secara otomatis berdasarkan aturan dasar yang ditanamkan.

## 6 Daftar Pustaka

- [1] S. Lee, J. Lim, G. Tewolde, J. Kwon, "Autonomous Tour Guide Robot by using Ultrasonic Range Sensors and QR code Recognition in Indoor Environment," 2014 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT), pp. 410-415, June 2014.
- [2] I. Engedy, G. Horvath, "Artificial Neural Network based Mobile Robot Navigation," 2009 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, pp. 241-246, August 2009.
- [3] Y. Y. Huang, Z. L. Cao, S.J. Oh, E. U. Kattan, E. L. Hall, "Automatic Operation for a Robot Lawn Mower" Cambridge Symposium\_Intelligent Robotics System, February 1987.
- [4] T.S. Hong, D. Nakhaeinia, B. Karasfi, "Application of Fuzzy Logic in Mobile Robot Navigation" Intech, pp. 22-36, March 2012.
- [5] D. Janglova, "Neural Network in Mobile Robot Motion," International Journal of Advanced Robotics Systems, vol. 1 number 1, pp. 15-22, March 2004.
- [6] S. Khan, M. K. Ahmmed, "Where am I? Autonomous Navigation System of a Mobile Robot in an Unknown Environment," 5th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV). Dhaka : Bangladesh. May 2016.
- [7] M. Song, M. S. N. Kabir, S. O Chung, Y. J. Kim, J. K. Ha, K. H. Lee, "Path Planning for Autonomous Lawn Mower Tractor," CNU Journal of Agricultural Science, vol. 42, no. 1, pp. 63-71, March 2015.
- [8] A. S. A. Yahmedi, M. A. Fatmi, "Fuzzy Logic Based Navigation of Mobile Robot," Intech Open Access Publisher, December 2011
- [9] Y. M. Abueejela, H. A. Ali, "Wheeled Mobile Robot Obstacle Avoidance Using Compass and Ultrasonic," Universal Journal of Control and Automation, pp. 13-18, 2018.
- [10] M. Haritha, T. Kavitha, G. Bhavadharni, V. Prabhu, "GPS Based Autonomous Vehicle Navigation in Robotics Along with Directionally," International Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 119, no. 15, 2018.
- [11] A. H. Pratama, E. Prihatini, S. Muslimin, "Metode Fuzzy Logic Dalam Intelegensi Gerak Robot Lawn Mower Otomatis Posisi Putar Balik,"
- [12] S. Jatmika, J. Wahyu, "Kontrol Navigasi Robot Beroda pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) Menggunakan Fuzzy Logic," Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO), Bandung, 10-11 Desember 2015.