

Akselerasi Gerakan Maju Pada Robot Berkaki Empat Menggunakan Fuzzy Logic

Sopian Soim¹, Amperawan², Masayu Anisah³, Novendra Farhan⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, Indonesia

Email: ¹sopian_soim2005@yahoo.com ²amperawan230567@gmail.com ³annisah05@gmail.com,
⁴novendrafarhan@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini merancang sebuah Robot berkaki empat menggunakan motor servo dalam melakukan gerakan saat bernavigasi. Robot berkaki empat dirancang dengan pengendalian 128 rule pada Arduino Mega untuk gerakan menggunakan motor servo AX12, pembacaan jarak dengan sensor SharpGP dan akselerasi gerakan menggunakan metode fuzzy dalam melakukan navigasinya. Penelitian ini bertujuan membuat robot berkaki empat dapat melakukan navigasi dengan metode fuzzy. Data yang diambil pada saat bernavigasi berupa data fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Berdasarkan penelitian robot berkaki empat dalam bernavigasi didapat tingkat keberhasilan dari pembacaan 6 buah sensor infrared dalam mendeteksi objek yang ada berkisar 98% - 100% dengan tingkat error sebesar 1.07%, akurasi tingkat keberhasilan kecepatan gerakan maju robot 100% , gerakan mundur 40%, gerakan geser kanan 60% dan 40% gerakan geser kiri.

Kata kunci: Robot Berkaki Empat, logika fuzzy, Navigasi.

Accelation of Forward Movement On A Quadruped Robot Using Fuzzy Logic

ABSTRACT

This study designed a quadruped robot using a servo motor make movements while navigating. The quadruped robot was designed by controlling 128 rules on the Arduino Mega for movement using the AX12 servo motor, the navigating was evaluated by measured distance reading with the SharpGP sensor and movement acceleration using fuzzy method. This study was aimed to produce a quadruped robot which can be able to navigate using fuzzy method. The parameters used in this study are fuzzification, inference and defuzzification. Based on the quadruped robots in navigating, the success rate of reading 6 infrared sensors in detecting existing objects which ranged from 98 to 100% with an error rate of 1.07%. The accuracy of the success rate of the robot's forward movement speed, backward movement, swipe right and swipe left were at 100%, 40% , 60% and 40% respectively

Keywords: *Quadruped Robot, fuzzy logic, Navigation*

Correspondence author : Sopian Soim, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, Indonesia.
E-Mail: sopian_soim2005@yahoo.com

I. PENDAHULUAN

Robot adalah alat yang dapat membantu banyak kebutuhan manusia secara fisik[7], namun kendali robot dapat dilakukan secara otomatis yang telah di tanam program ke mikrokontroler atau mikroprosesor. Untuk meningkatkan pengetahuan tentang robot digunakan metode atau algoritma yang digunakan dalam kompetisi robot di Indonesia. Kompetisi robot bermacam-macam yang diadakan di Indonesia salah satu kategori perlombaan Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) dalam Kontes Robot Indonesia (KRI). Pada tahun 2021, KRPAI berubah nama menjadi KRSRI (Kontes Robot SAR Indonesia). Dalam perlombaan terdapat perubahan pada aturannya, tidak hanya memadamkan api, Robot KRSRI juga harus menyelamatkan korban dari potensi kebakaran ke tempat yang aman. Tema robot SAR (*Search and Rescue*) yang dikompetisikan pada tahun 2021 dimana Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami bencana maka peneliti ingin mengembangkan robot dengan logika *fuzzy* dalam melakukan akselerasi gerakan saat bernavigasi [1] [2][3][7][8]

Dengan menggunakan logika *fuzzy* akan membuat akselerasi dan keseimbangan saat robot bernavigasi dalam menyelesaikan misinya. Logika *Fuzzy* di perkenalkan pertama kali oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965[2]Metode *fuzzy logic* merupakan salah satu metode penyelesaian masalah dalam menentukan kondisi pembacaan jarak oleh sensor infra merah. *Fuzzy logic* merupakan logika yang mempresentasikan nilai samar, ketidakpastian, kebenaran sebagian atau *degree of truth*. Logika *fuzzy* merupakan pengembangan dari logika yang bernilai 0 dan 1 yang memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1 dalam bentuk linguistik, sehingga memungkinkan keberadaan konsep seperti “agak”, “sedikit”, “sedang”, “sangat”, dan sebagainya. [3][6][7][8] [9]

Teori Dasar *Fuzzy Logic*[7]

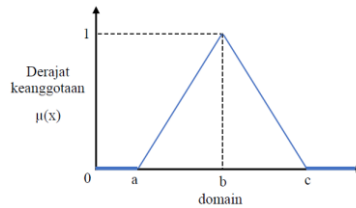
Dalam implementasi yang harus diketahui dalam menggunakan sistem *fuzzy logic*, yaitu :

- Variabel *Fuzzy*.
- Himpunan *Fuzzy*.
- Semesta Pembicaraan.
- Domain Himpunan *Fuzzy*,

Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan grafik yang mewakili besar dari derajat keanggotaan masing-masing variabel *input* yang berada dalam interval antara 0 dan 1. Derajat keanggotaan adalah sebuah variabel x yang dilambangkan $\mu[x]$. Aturan-aturan menggunakan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot untuk menentukan pengaruhnya pada saat melakukan inferensi dalam menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan. Untuk menentukan nilai keanggotaan dengan melalui grafik pendekatan fungsi kurva linear, segitiga, dan trapesium. [6][7][8]

• Representasi Segitiga



Gambar 1. Representasi Segitiga [1][6][7]

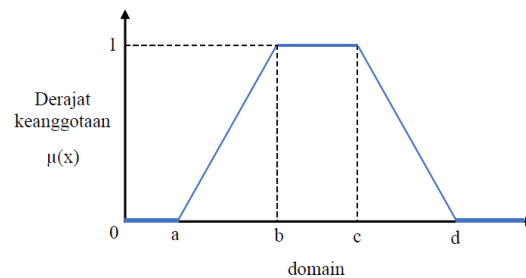
Fungsi keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x) / (c - b); & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq c \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan :

- a (nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol).
- b (nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu)
- c (nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *Fuzzy*)

• Representasi Trapesium



Gambar 2. Representasi Trapesium [7][8][9] [10] [5]

Fungsi keanggotaan :

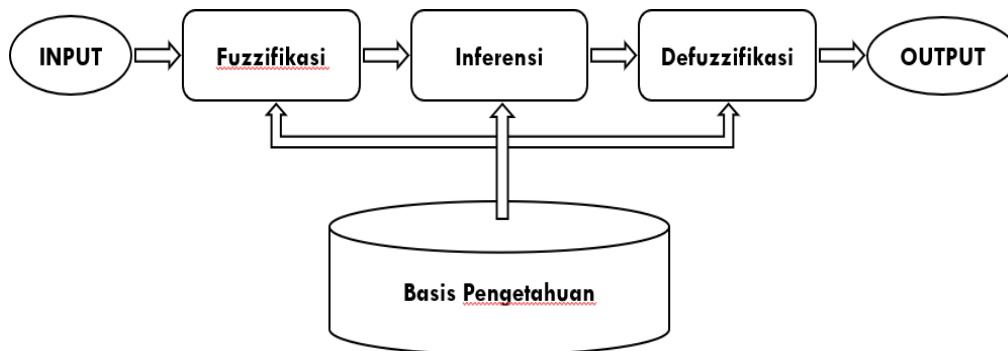
$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ dan } x \geq d \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b < x < c \\ (d - x) / (d - c); & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2)$$

Keterangan :

- a (derajat keanggotaan nol), b (derajat keanggotaan satu), c (derajat keanggotaan satu), d (derajat keanggotaan nol), x (*input* yang akan diubah kedalam bilangan *Fuzzy*)

Sistem inferensi fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* atau *Fuzzy Inference System* adalah cara memetakan ruang *input* menuju ruang *output* menggunakan *fuzzy logic*.



Gambar 3. Inferensi Fuzzy [1][6][7][9]

Metode Fuzzy Sugeno

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan Fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Michio Sugeno mengusulkan penggunaan *singleton* sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. *Singleton* adalah sebuah himpunan Fuzzy dengan fungsi keanggotaan pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut. adalah :

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = k$$

dengan A_i adalah himpunan Fuzzy ke- i sebagai antesenden, dan k adalah suatu konstanta sebagai konsekuen.

Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam implementasi metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

1. Pembentukan himpunan Fuzzy

Variabel input dari sistem Fuzzy ditransfer ke dalam himpunan Fuzzy untuk dapat digunakan dalam perhitungan nilai kebenaran dari premis pada setiap aturan dalam basis pengetahuan. Tahap ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan Fuzzy yang sesuai.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan Fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi Fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah sebagai berikut: IF x is A THEN y is B dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan Fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai antesenden sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator Fuzzy seperti, IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN y is B dengan \circ adalah operator (misal: OR atau AND). Secara umum fungsi implikasi yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut:

- Min (*minimum*) Fungsi ini akan memotong *output* himpunan Fuzzy.
- Dot (*product*) Fungsi ini akan menskala *output* himpunan Fuzzy.

Pada metode Sugeno ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi min.

- Defuzzifikasi (*defuzzification*)

Defuzzifikasi *input* dari proses defuzzifikasi adalah himpunan Fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi dan *output* adalah sebuah nilai. Untuk aturan IFTHEN Fuzzy dalam

persamaan (k) = IF x_1 is A_{1k} and... and x_n is A_{nk} THEN y is B_k , dimana A_{1k} dan B_k berturut-turut adalah himpunan *Fuzzy* dalam $U_i R$ (U dan V adalah domain fisik), $i = 1, 2, \dots, n$ dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ U dan $y \in V$ berturut-turut adalah variabel *input* dan *output* (linguistik) dari sistem *Fuzzy*. *Defuzzifier* pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan *Fuzzy* B ke dalam $V R$ (yang merupakan *output* dari inferensi *Fuzzy*) ke titik tegas $y \in V$. [8][7][9][10][3]. Pada metode Sugeno *defuzzification* dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA):

$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \quad (3)$$

Keterangan:

- WA (Nilai rata-rata), α_n (Nilai predikat aturan ke-n), z_n (Indeks nilai output (konstanta) ke-n).

Rumus kecepatan saat perubahan waktu awal dan akhir terhadap kecepatan yang digunakan robot saat beroperasi maka rumus percepatan :

$$\text{Akselerasi (a)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} \quad (4)$$

Keterangan:

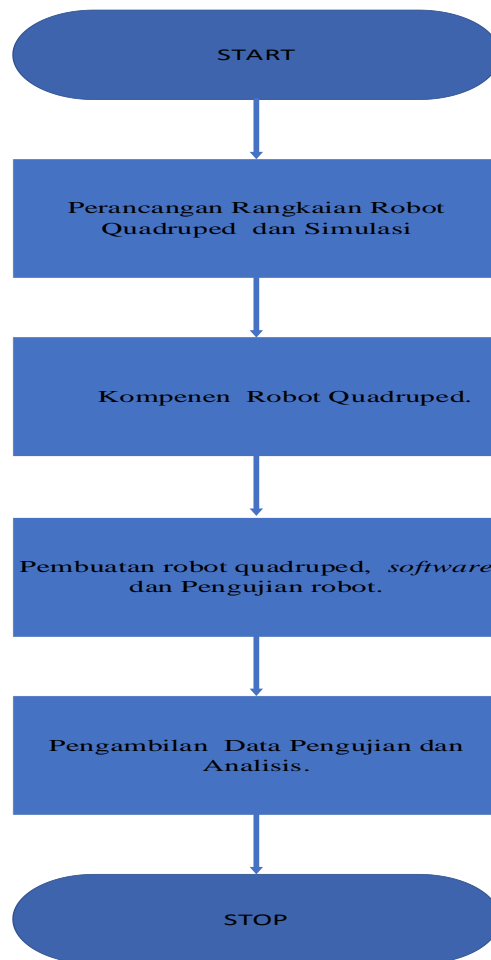
- Δv (delta percepatan), v_1 (kecepatan akhir), v_0 (kecepatan awal),
- Δt (delta waktu), t_1 (waktu akhir), t_0 (waktu awal).

Sharp GP2Y041SK0F adalah sensor pengukur jarak yang terdiri dari kombinasi PSD (*position sensitive detector*) dan IR-ED (*infrared emitting diode*) dan rangkaian pemrosesan sinyal. terdapat 3 pin diantaranya data, Vdd (+) dan ground (-) dimana sensor dapat mengukur jarak dari 4 cm – 30 cm. [10]

Motor servo adalah merupakan motor DC yang dilengkapi dengan sistem kendali didalamnya untuk mengatur sudut dari motor servo. [2][3]

II. METODE PENELITIAN

Secara garis besar langkah penelitian pada perancangan Robot *quadruped* dapat di lihat pada gambar 4.

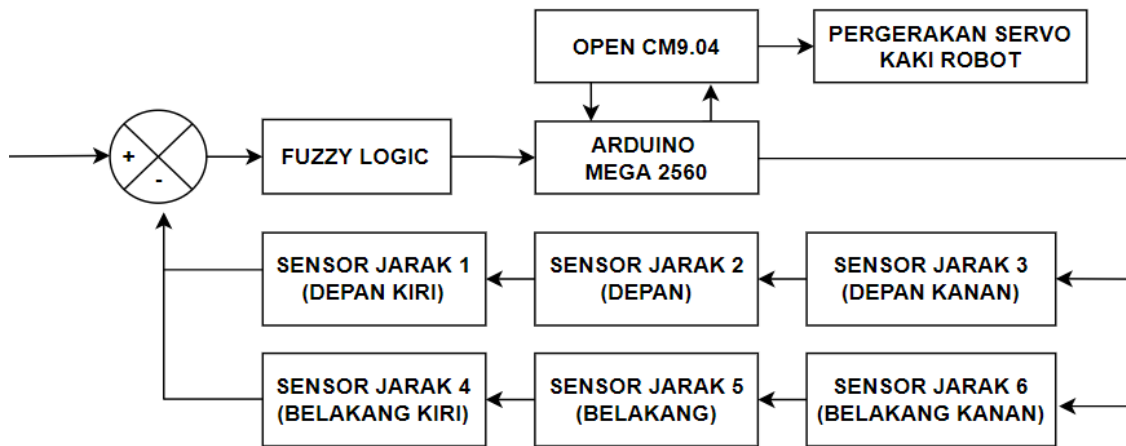


Gambar 4. Flowchart Penelitian

Langkah-langkah metode penelitian dilakukan :

1. Studi Literatur dan referensi jurnal.
2. Perancangan rangkaian robot *quadruped* dan simulasi.
3. Menyiapkan komponen elektronika yang digunakan untuk dalam pembuatan robot *quadruped*.
4. Pembuatan robot *quadruped*, *software* dan Pengujian robot.
5. Pengambilan data pengujian dan analisis.

Perancangan Diagram Blok “Akselerasi Gerakan Maju Pada Robot Berkaki Empat Menggunakan *Fuzzy Logic*”



Gambar 5. Diagram Blok Robot Berkaki Empat

Implementasi robot berkaki empat yang telah dibuat dari hasil penelitian yang telah dilakukan :



Gambar 6. Implementasi Robot Berkaki Empat (Quadruped)

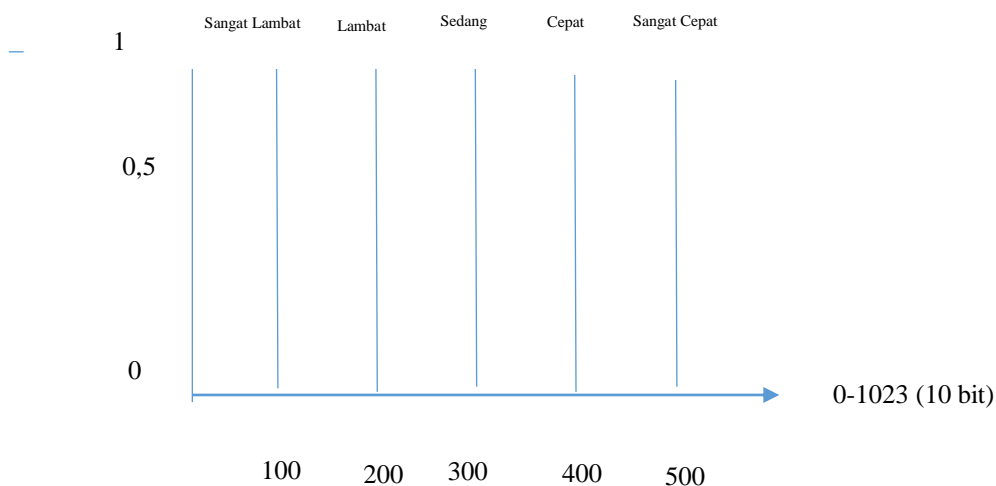
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel 1 Robot Quadruped perancangan fungsi keanggotaan *input* jarak sensor Sharp GP2Y041SK0F.

Tabel 1. Perancangan Fungsi Keanggotaan Input Jarak

μ Sangat Dekat [x] (tramf)	= {	$\begin{aligned} x < 10 &= 1 \\ 10 \leq x \leq 15 &= (x-10)/15-10 \\ x \geq 15 &= 0 \end{aligned}$
μ Dekat [x] (trimf)	= {	$\begin{aligned} x \leq 10 &= 0 \\ 10 \leq x \leq 15 &= (x-10)/15-10 \\ 15 \leq x \leq 20 &= (x-15)/20-15 \\ x \geq 20 &= 0 \end{aligned}$
μ Sedang [x] (trimf)	= {	$\begin{aligned} x \leq 15 &= 0 \\ 15 \leq x \leq 20 &= (x-15)/20-15 \\ 20 \leq x \leq 25 &= (x-20)/25-20 \\ x \geq 25 &= 0 \end{aligned}$
μ Jauh [x] (trimf)	= {	$\begin{aligned} x \leq 20 &= 0 \\ 20 \leq x \leq 25 &= (x-20)/25-20 \\ 25 \leq x \leq 30 &= (x-25)/30-25 \\ x \geq 30 &= 0 \end{aligned}$
μ Sangat Jauh [x] (tramf)	= {	$\begin{aligned} x < 25 &= 0 \\ 25 \leq x \leq 30 &= (x-25)/30-25 \\ x \geq 30 &= 1 \end{aligned}$

Pada gambar 7 Robot Quadruped Perancangan Fungsi Keanggotaan Singleton Variabel Kecepatan



Gambar 7. Perancangan Fungsi Keanggotaan Singleton Variabel Kecepatan

Pada tabel 2 Perancangan Fungsi Keanggotaan *Output Fuzzy Sugeno Orde-0* Robot *Quadruped*

Tabel 2. Perancangan Fungsi Keanggotaan Output Fuzzy Sugeno Orde-0

μ Sangat Lambat [x]	= {	$\frac{0; x \neq a}{1; x=a}$
μ Lambat [x]	= {	$\frac{0; x \neq b}{1; x=b}$
μ Sedang [x]	= {	$\frac{0; x \neq c}{1; x=c}$
μ Cepat [x]	= {	$\frac{0; x \neq d}{1; x=d}$
μ Sangat Cepat [x]	= {	$\frac{0; x \neq e}{1; x=e}$

Tabel 3. Pengujian Sensor Infrared Jarak 5 cm

Pengukuran ke-	Tampilan Sensor pada Serial Monitor					
	F	R1	L1	B	R2	L2
1.	7 cm	5 cm	2 cm	4 cm	3 cm	5 cm
2.	4 cm	5 cm	3 cm	8 cm	4 cm	6 cm
3.	5 cm	4 cm	3 cm	4 cm	3 cm	6 cm
4.	3 cm	6 cm	7 cm	3 cm	5 cm	4 cm
5.	5 cm	7 cm	6 cm	7 cm	5 cm	8 cm
6.	8 cm	8 cm	5 cm	4 cm	7 cm	3 cm
7.	3 cm	3 cm	5 cm	2 cm	6 cm	5 cm
8.	7 cm	2 cm	9 cm	5 cm	5 cm	4 cm
9.	4 cm	5 cm	4 cm	2 cm	4 cm	6 cm
10.	4 cm	5 cm	6 cm	1 cm	8 cm	3 cm
Jumlah	50 cm	50 cm	50 cm	40 cm	50 cm	50 cm
Rata-rata	5 cm	5 cm	5 cm	4 cm	5 cm	5 cm

Tabel 4. Pengujian Sensor Infrared Jarak 35 cm

Pengukuran ke-	Tampilan Sensor pada Serial Monitor					
	F (depan)	R1 (depan kanan)	L1 (depan kiri)	B (belakang)	R2 (belakang kanan)	L2 (belakang Kiri)
1.	36 cm	35 cm	38 cm	37 cm	37 cm	35 cm
2.	41 cm	39 cm	33 cm	33 cm	33 cm	33 cm
3.	38 cm	40 cm	36 cm	34 cm	36 cm	34 cm
4.	40 cm	35 cm	32 cm	32 cm	32 cm	32 cm
5.	39 cm	36 cm	35 cm	34 cm	34 cm	34 cm
6.	38 cm	37 cm	36 cm	36 cm	36 cm	33 cm
7.	41 cm	38 cm	35 cm	32 cm	35 cm	32 cm

8.	36 cm	33 cm	38 cm	33 cm	38 cm	28 cm
9.	36 cm	36 cm	40 cm	32 cm	32 cm	32 cm
10.	35 cm	32 cm	37 cm	37 cm	37 cm	37 cm
Jumlah	380 cm	360 cm	360 cm	340 cm	350 cm	330 cm
Rata-rata	38 cm	36 cm	36 cm	34 cm	35 cm	33 cm

Pengujian kecepatan gerak robot pada motor servo dengan jarak tempuh sejauh 100 cm, Untuk mengetahui hubungan antara perubahan waktu awal (t_0) dan waktu akhir (t_1) terhadap pengaruh kecepatan gerakan robot. Hasil data pengukuran motor servo dapat dilihat seperti tabel 5.

Tabel 5. Pengukuran Kecepatan Motor Servo

Kecepatan (v)	Waktu							
	Maju				Gerakan Robot			
	(t_0)	(t_1)	(t_0)	(t_1)	Geser Kanan		Geser Kiri	
100	0	21s	0	24	0	20	0	19
200	0	18s	0	20	0	18	0	18
300	0	15s	0	15	0	17	0	16
400	0	13s	0	14	0	13	0	12
500	0	11s	0	12	0	11	0	11

Hasil pengujian Akselerasi Robot gerak maju dengan kecepatan 100, 200, 300, 400 dan 500 :

$$v = 100; = \frac{(100 - 0)}{(21 - 0)} = 4,7 \frac{m}{s^2}$$

$$v = 200; = \frac{(200 - 0)}{(18 - 0)} = 11,1 \frac{m}{s^2}$$

$$v = 300; = \frac{(300 - 0)}{(15 - 0)} = 20 \frac{m}{s^2}$$

$$v = 400; = \frac{(400 - 0)}{(13 - 0)} = 30,7 \frac{m}{s^2}$$

$$v = 500; = \frac{(500 - 0)}{(11 - 0)} = 45,4 \frac{m}{s^2}$$

Pada gerakan maju melibatkan sensor depan, sensor depan kanan, dan sensor depan kiri sebagai *input*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak dengan kecepatan, adapun hasil data pengujian seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Metode Fuzzy Gerakan Maju Pada Robot

Jenis Gerakan	Pembacaan Nilai Sensor			Output	Kecepatan
	D-Kiri	Depan	D-Kanan		
Maju	28,17 cm	29,17 cm	37,61 cm	500	Sangat Cepat
	28,17 cm	20,37 cm	25,26 cm	400	Cepat
	24,49 cm	17,54 cm	20,90 cm	300	Sedang
	18,07 cm	13,85 cm	19,54 cm	200	Lambat
	14,90 cm	11,47 cm	8,42 cm	100	Sangat Lambat



Pada gerakan maju Robot *Quadruped* menggunakan 125 rule dengan metode Fuzzy Logic.

Jarak diatas memberikan *output* yang sesuai inferensi *rule based* dengan nilai sebagai berikut :
Kecepatan : 100

Sensor Depan Kiri (L)

$$\mu \text{ Sangat Dekat } [14,90] = 10 \leq 14,90 \leq 15 = \frac{(14,90 - 10)}{(15 - 10)} = 0,98$$

$$\mu \text{ Dekat } [14,90] = 10 \leq 14,90 \leq 15 = \frac{(14,90 - 10)}{(15 - 10)} = 0,98$$

Sensor Depan (F)

$$\mu \text{ Sangat Dekat } [11,47] = 10 \leq 11,47 \leq 15 = \frac{(11,47 - 10)}{(15 - 10)} = 0,294$$

$$\mu \text{ Dekat } [11,47] = 10 \leq 11,47 \leq 15 = \frac{(11,47 - 10)}{(15 - 10)} = 0,294$$

Sensor Depan Kanan (R)

$$\mu \text{ Sangat Dekat } [8,42] = 8,42 \leq 10 = 1$$

Setelah mendapatkan klasifikasi nilai dari grafik fungsi keanggotaan tersebut maka ada beberapa *rules* yang terpakai, antara lain :

$$R[1] = \mu \text{ Sangat Dekat } [14,90] \cap$$

$$= \mu \text{ Sangat Dekat } [11,47] \cap \mu \text{ Sangat Dekat } [8,42]$$

$$R[6] = \mu \text{ Sangat Dekat } [14,90] \cap \mu \text{ Dekat } [11,47] \cap \mu \text{ Sangat Dekat } [8,42]$$

$$R[26] = \mu \text{ Sangat Dekat } [14,90] \cap$$

$$= \mu \text{ Sangat Dekat } [11,47] \cap \mu \text{ Sangat Dekat } [8,42]$$

$$R[31] = \mu \text{ Sangat Dekat } [14,90] \cap \mu \text{ Dekat } [11,47] \cap \mu \text{ Sangat Dekat } [8,42]$$

Dengan demikian, pada jarak diatas memberikan output yang sesuai inferensi *rule based* dengan nilai sebagai berikut :

$$a[5] = \mu (14,90); \mu (11,47); \mu (8,42)$$

$$= \min(0,98); (0,29); (1)$$

$$= 0,29$$

$$z5 = 100$$

Berikut nilai defuzzifikasi perhitungan dari proses fuzzifikasi) pada pengujian gerakan maju :

$$WAmaju = \frac{a1z1 + a2z2 + a3z3 + a4z4 + a5z5}{a1 + a2 + a3 + a4 + a5}$$

$$WAmaju = \frac{(0,634 \times 500) + (0,052 \times 400) + (0,18 \times 300) + (0,614 \times 200) + (0,294 \times 100)}{(0,634 + 0,052 + 0,18 + 0,164 + 0,294)}$$

$$WAmaju = \frac{544}{1,774}$$

$$WAmaju = 306,65$$

IV. KESIMPULAN

Robot *Quadruped* tingkat keberhasilan dari pembacaan 6 buah sensor *infrared* dalam mendeteksi objek yang ada berkisar 98% - 100% dengan tingkat *error* sebesar 1.07%. Metode *fuzzy logic* model Sugeno orde-0 dapat diimplementasikan pada Robot *Quadruped*. Metode *fuzzy logic* memiliki akurasi tingkat keberhasilan kecepatan gerakan maju robot 100%, gerakan mundur 40%, gerakan geser kanan 60% dan 40% pada gerakan geser kiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Anjani, "Robot Quadruped Pengenal Ruangan," Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang, 2020.
- [2] M. Smith, *Data Sheet Motor Servo Dynamixel AX-12*.
- [3] I. A. Petriaga, "Sistem Kendali Robot Pemadam Api Quadruped Dengan Metode PID," Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang, 2018.
- [4] C. Pamungkas, "Efektifitas Sensor Jarak Infrared Sharp GP2Y0A02YK0F Terhadap Rentang Jarak pengukur Benda.," Skripsi. Universitas Muria Kudus., 2017.
- [5] Ristekdikti, *Buku Panduan Kontes Robot Pemadam Api. 2019*. Ristekdikti, 2019.
- [6] . D. and R. Wahyudi, "Kontrol Kecepatan Robot Hexapod Pemadam Api menggunakan Metoda Logika Fuzzy," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, p. 227, 2015, doi: 10.25077/jnte.v4n2.170.2015.
- [7] D. L. Rahakbauw, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 121–134, 2015, doi: 10.30598/barekengvol9iss2pp121-134.
- [8] L. Fatihan, "Sistem Kendali Robot Pemadam Api Quadruped Dengan Metode Fuzzy Logic," Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang, 2018.
- [9] K. Arief, D. Purwanto, and H. Kusuma, "Algoritma Menghadang Bola dengan Metode Fuzzy Logic untuk Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.30970.
- [10] Y. M. Hidayat, "Implementasi Algoritma Wall Following Pada Manuver Robot KRPAI Quadruped Omni Direction Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno," Univeristas Brawijaya Malang, 2018.

