

Sistem Kendali *Wall Following* Pada *Mobile Robot* Dengan Penggerak Mekanum Menggunakan Metode *Fuzzy*

Teddy Hero Prasetyo¹, Indrazno Siradjuddin², Sungkono³

[Submission: XX-XX-2019, Accepted: XX-XX-2019]

Abstract— Today's mobile robot technology is growing, one of which is the use of mechanical wheels for the efficiency of the mobile robot's movement. Using the mechanical wheel on the mobile robot, the robot can move to an angle of 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, and 315°. In the development of conventional movement technology such as using a swerve drive, it has many shortcomings, including the robot cannot move in all directions and the lack of efficiency for the movement of the mobile robot. The mobile robot itself can be added with several sensors to support its movement. Like the Ultrasonic PING sensor used as Wall Following. Ultrasonic PING sensor can be used with the Fuzzy method to get the distance according to the specified setpoint and minimize errors. In the use of the fuzzy method, the more membership values used, the more accurate it will be. When the Fuzzy method is used, the average error value obtained by the Ultrasonic PING sensor is 1% and when it is disturbed to stay away from the setpoint, the robot will try to return to the predetermined setpoint.

Intisari— *Mobile robot* pada zaman sekarang teknologinya semakin berkembang, salah satunya adalah penggunaan roda mekanum untuk efisiensi dari pergerakan *mobile robot*. Penggunaan roda mekanum pada *Mobile robot*, robot dapat bergerak ke sudut 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, dan 315°. Dalam perkembangannya teknologi pergerakan konvensional seperti menggunakan *swerve drive* mempunyai banyak kekurangan diantaranya robot tidak dapat bergerak ke segala arah dan kurangnya efisiensi untuk pergerakan dari *mobile robot*. *Mobile robot* sendiri dapat ditambahkan beberapa sensor untuk menunjang pergerakannya. Seperti halnya sensor PING Ultrasonik yang digunakan sebagai *Wall Following*. Sensor PING Ultrasonik dapat digunakan dengan metode *Fuzzy* agar mendapatkan jarak sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan dan meminimalisir *error*. Pada penggunaan metode *Fuzzy* semakin banyak nilai keanggotaannya yang digunakan maka akan semakin akurat. Saat metode *Fuzzy* digunakan rata-rata nilai *error* yang didapat oleh sensor PING Ultrasonik sebesar 1% dan juga pada saat diberi gangguan untuk menjauhi *setpoint* robot akan berusaha kembali mendekati *setpoint* yang telah ditentukan.

Kata Kunci— *Mobile robot*, PING Ultrasonik, *Fuzzy*, *Setpoint*

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Indonesia (KRI) merupakan salah satu kompetisi robotika tingkat nasional yang diadakan secara teratur setiap tahun oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Kompetisi ini dibagi menjadi beberapa divisi yakni Divisi Kontes Robot Abu Indonesia (KRAI), Divisi Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI), dan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI). Penerapan *logika fuzzy* sebagai algoritma sistem kendali robot yang diterapkan pada robot beroda menggunakan *omni-directional wheels*. Dengan menggunakan perpaduan antara kemampuan logika *fuzzy* dalam pengambilan keputusan set poin secara otomatis, diharapkan kontrol robot beroda ini lebih efektif dan stabil [1].

Fuzzy logic adalah suatu logika yang memiliki derajat keanggotaan dalam rentan 0 sampai 1, logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistik). Navigasi *Wall following* merupakan salah satu sistem navigasi robot yang digunakan dalam perlombaan seperti Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) dimana robot tipe *wall follower* ini diharuskan dapat mengikuti kontur dinding arena [2].

Perkembangan teknologi pergerakan konvensional seperti *swerve drive* memiliki banyak kekurangan diantaranya tidak bisa bergerak ke segala arah dan kurangnya efisiensi pergerakan *mobile robot*. Penggunaan *mobile robot* salah satunya pada Kontes Robot Abu Indonesia yang mempunyai lintasan robot yang bervariasi seperti zigzag dan parabola sehingga diperlukan metode pergerakan baru yang menghasilkan pergerakan *mobile robot* dengan kecepatan dan efisiensi pergerakan yang tinggi [3]. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat merancang sistem kendali *wall following* pada *mobile robot* dengan penggerak mekanum menggunakan metode *fuzzy* agar nantinya robot dapat mempertahankan jarak sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Mobile Robot*

Mobile robot adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut,

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta no.9, e-mail: teddy.hero99@gmail.com

^{2,3}Dosen, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang, e-mail: indrazno@polinema.ac.id, sungkono@polinema.ac.id



sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain.



Gambar 1: Mekanik robot omnidirectional

B. Kontrol Fuzzy

Kontrol *fuzzy* adalah suatu logika yang memiliki derajat keanggotaan dalam rentan 0 sampai 1, *logika fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistik*), *Fuzzy logic* banyak digunakan karena mirip dengan cara berpikir manusia. Sistem *fuzzy logic* dapat mempresentasikan pengetahuan manusia dalam bentuk matematis dengan menyerupai cara berfikir manusia.

C. Sistem Navigasi Wall Following

Sistem Navigasi *Wall following* adalah suatu aksi robot untuk mengikuti dinding dan berada tidak jauh dari dinding, *wall following* bekerja berdasarkan prinsip mengikuti suatu objek, dalam hal ini objek tersebut adalah dinding.

D. Sensor PING Ultrasonik

Sensor ini merupakan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mengubah besaran bunyi menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Sensor PING ini dapat mendeteksi jarak dari suatu obyek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz dan kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. Keluaran dari sensor ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsananya bervariasi dari 115 us sampai 18,5 ms. Pada dasarnya, sensor PING terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40 KHz, sebuah speaker ultrasonik dan mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik akan berfungsi sebagai pengubah sinyal 40 KHz menjadi besaran bunyi/suara dan mikropon ultrasonik akan berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya.



Gambar 2: Sensor PING Ultrasonik

E. MyRio

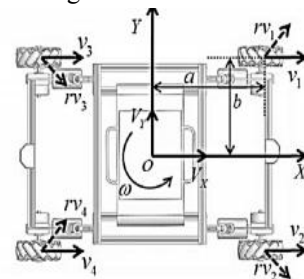
MyRio adalah sebuah perangkat keras yang dapat memanipulasi fungsi – fungsinya untuk membuat berbagai sistem. *MyRio* sendiri menggunakan ARM prosesor yang merupakan sebuah FPGA prosesor dengan menggunakan fitur – fitur yang ada dapat dibuat sistem yang lebih kompleks. Software *LabVIEW* digunakan sebagai IDE pada *MyRio*. *LabVIEW* dapat digunakan untuk membuat aplikasi yang akan menjalankan fitur – fitur pada *MyRio*. Pada *board* terdapat beberapa *instrument* umum yang dapat digunakan seperti *bluetooth*, *wifi*, LED, *accelerometer*, *push button*, *analog input* dan *output*, serta RAM. *MyRio* juga dapat dihubungkan ke sebuah IC untuk membuat sistem yang lebih kompleks atau dihubungkan ke *board* lain yang memang diperlukan dalam membuat sistem.



Gambar 3: Kontroler MyRio

F. Kinematic Robot

Kinematic adalah cabang mekanik yang mempelajari gerak benda tanpa memperhitungkan gaya yang menyebabkan gerak.



Gambar 4: Vektor Pergerakan Robot



Pada Gambar 4 dijelaskan bahwa a) merupakan jarak antara roda depan dan titik pusat robot. b) merupakan jarak roda samping dengan titik pusat robot. vi merepresentasikan kecepatan roda nomor i, rvi merepresentasikan kecepatan dari roler, Vx, Vy dan ω merepresentasikan kecepatan robot dan kecepatan sudut dalam sumbu x. Titik tengah pada robot, jarak vertikal, horisontal, arah dan sudut dari roler dan roda biasa didefinisikan seperti

i: 1, 2, 3, 4

ai: {a, a, -a, -a}

bi: {b, -b, b, -b}

αi: {π/4, -π/4, -π/4, π/4}

vxy: (vx, vy)^T

Penomoran roda i (i=1,2,3,4) merepresentasikan dalam koordinat sistem x dan y dapat dilihat dalam persamaan 1 sampai persamaan 3

$$v_i + r v_i \cos(a_i) = v_x - b_i \omega \dots \dots \dots (1)$$

$$r v_i \sin(a_i) = v_y + a_i \omega \dots \dots \dots (2)$$

$$v_i = v_x - b \omega - \frac{v_y + a_i \omega}{\tan(a_i)} \dots \dots \dots (3)$$

Kecepatan keempat roda dapat didefinisikan dalam tan(αi) = (1, -1, -1, 1). Sehingga dapat diperoleh pada persamaan 4 sampai persamaan 7

$$v_1 = v_x - v_y - a \omega - b \omega \dots \dots \dots (4)$$

$$v_2 = v_x + v_y + a \omega + b \omega \dots \dots \dots (5)$$

$$v_3 = v_x + v_y - a \omega - b \omega \dots \dots \dots (6)$$

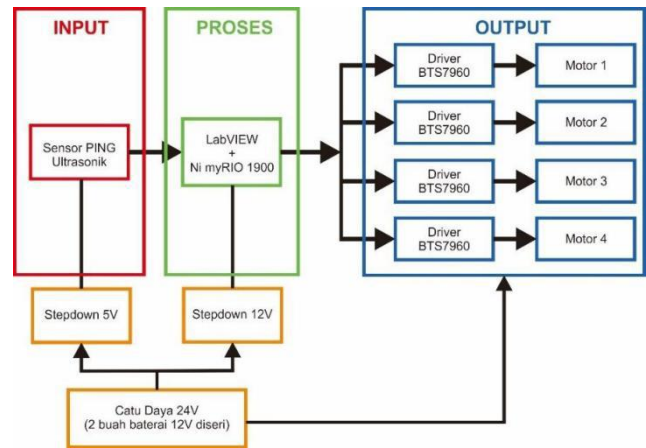
$$v_4 = v_x - v_y + a \omega + b \omega \dots \dots \dots (7)$$

Karena, v = ω . R, dengan R adalah jari-jari roda maka persamaannya menjadi

$$[\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \omega_4] = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -a & -b \\ 1 & 1 & a & b \\ 1 & 1 & -a & -b \\ 1 & -1 & a & b \end{bmatrix} [v_x \ v_y \ \omega]$$

III. METODE PENELITIAN

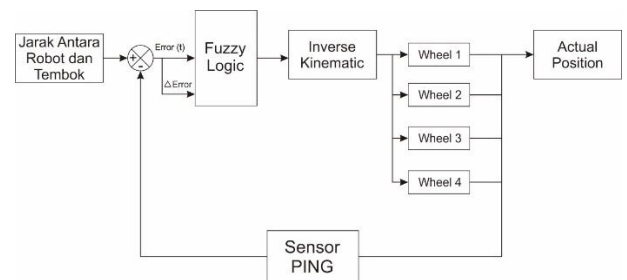
A. Blok Diagram



Gambar 5: Blok diagram dari Mobile Robot

Mobile robot ini menggunakan roda mekanum dengan metode yang digunakan adalah Fuzzy, LabVIEW disini menjadi media bagi MyRio untuk melakukan pengolahan data. Posisi awal dari proses kontrol robot ini yaitu robot berada pada posisi diam atau tidak bergerak. Robot diberikan perintah agar jarak robot dengan tembok sesuai dengan setpoint yang ditentukan, saat sensor PING Ultrasonik pada robot mendeteksi jarak antara robot dan tembok tidak sesuai dengan setpoint. Maka sensor akan mengirim data ke MyRio yang nantinya diteruskan ke LabVIEW untuk diolah dan proses datanya menggunakan metode Fuzzy. Kemudian data yang telah diolah dikirim ke MyRio untuk menggerakkan driver motor BTS7960 untuk mengoreksi posisi dan jarak dari robot agar sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan.

B. Blok Diagram Kontrol



Gambar 6: Blok diagram kontrol Mobile Robot

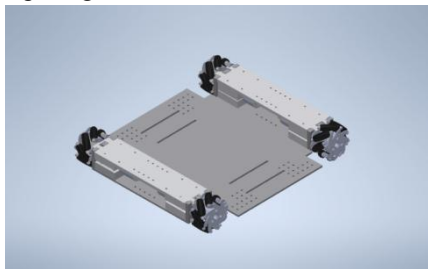
Pada Gambar 6 menjelaskan urutan-urutan dari pengontrolan dengan penentuan setpoint atau dapat dikatakan posisi tujuan yang berisi posisi robot terhadap tembok hingga mendapatkan actual position atau posisi



yang telah ditentukan.

C. Perancangan Mekanik

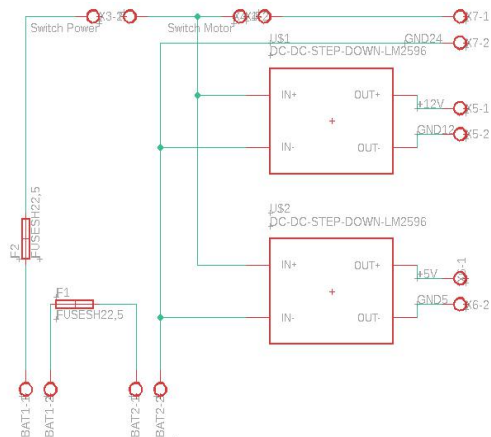
Dalam proses perancangan dan pembuatan mekanik pada robot dimensi dari keempat motor PG28 ditambah dengan panjang titik tengah roda mekanum ke motor PG28 = 8,8 cm + 3,2 cm = 12 cm sebagai acuan untuk panjang dan lebar dari *mobile robot*. Jarak antara titik tengah roda robot didapat dari panjang motor hingga titik tengah roda dikalikan dua dan ditambahkan 3 cm sebagai jarak selisih antar motor. Maka panjang antara titik tengah robot didapatkan sepanjang 27 cm sebagai acuan ideal ukuran dimensi robot roda mekanum berbentuk persegi.



Gambar 7: Desain Keseluruhan Robot

D. Rangkaian Power

Pada Rangkaian Power, input dari baterai dihubungkan secara seri adalah sebesar 24V yang nantinya tegangan akan diturunkan menggunakan stepdown. Ini dikarenakan tegangan input untuk mengaktifkan sensor adalah sebesar 5V. Kemudian untuk tegangan input sebesar 12V untuk mengaktifkan *MyRio*.

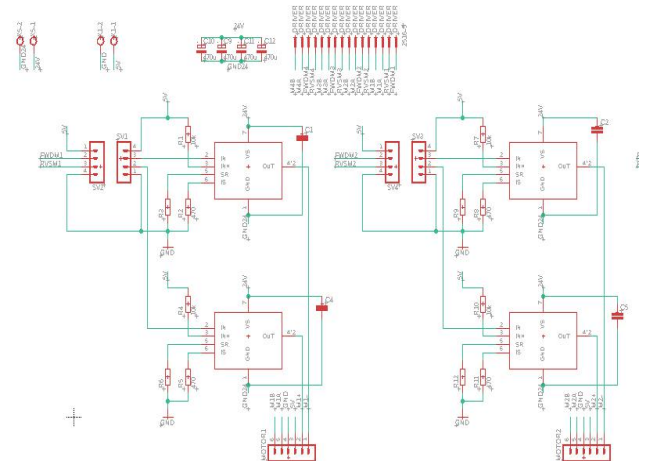


Gambar 8: Layout Rangkaian Power

E. Rangkaian Driver

Pada Rangkaian Driver sendiri digunakan IC BTS7960 sebagai penggerak motor encoder. Rangkaian driver ini membutuhkan 8 buah IC dibuat menjadi satu

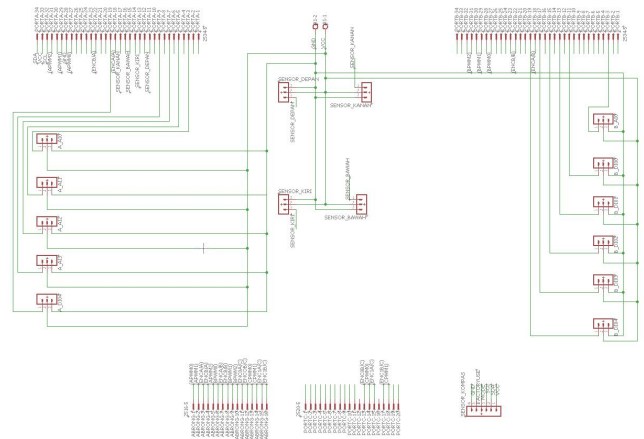
board, dimana konfigurasi untuk setiap motor menggunakan 2 buah IC BTS7960 yang mana digunakan untuk forward dan reverse.



Gambar 9: Layout Rangkaian Driver

F. Rangkaian Shield

Pada Rangkaian Shield berfungsi untuk penempatan port yang akan digunakan, rangkaian Shield ini dibuat agar memudahkan wiring pada sistem mobile robot. Terdapat port 4 buah untuk sensor PING Ultrasonik serta terdapat jalur yang menghubungkan *MyRio* dengan rangkaian driver motor, dan juga port yang tidak digunakan pada *MyRio* akan tetap dibuat untuk kebutuhan yang akan diperlukan jika ingin melakukan pengembangan pada mobile robot ini.



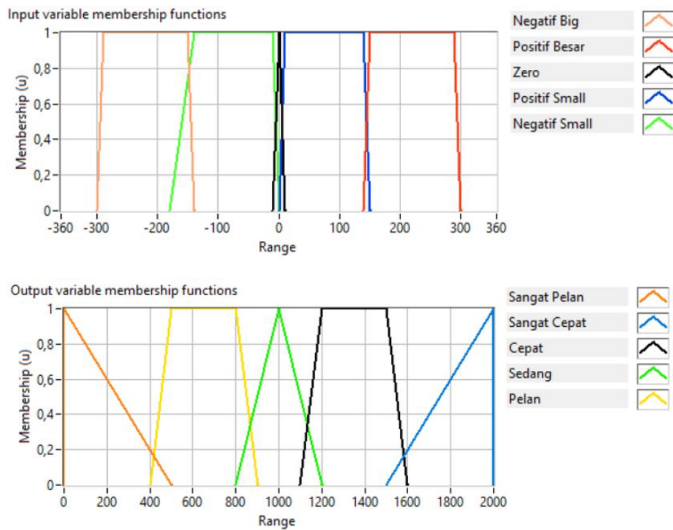
Gambar 10: Layout Rangkaian Shield

G. Perancangan Fuzzy

Pada perancangan *Fuzzy mobile robot* yang ditunjukkan pada Gambar 11, telah ditentukan membership 5 *Input Membership Function* yaitu Negatif Big, Negatif Small, Zero, Positif Small, Positif Big dan 5 *Output Membership Function* yaitu Sangat Pelan, Pelan,



Sedang, Cepat. Sangat Cepat. Berikut ini adalah gambar grafik sistem Fuzzy dari mobile robot yang digunakan:



Gambar 11: Membership Function Input dan Output Fuzzy

Pada program Fuzzy di atas dapat digambarkan plot untuk variabel input berupa error, yang digunakan untuk menstabilkan dan menentukan arah orientasi mobile robot yang diinginkan, dan juga variabel output berupa PWM yang bekerja agar robot bergerak dengan lancar sesuai rules yang telah ditentukan.

TABEL I

HASIL PENGUJIAN SENSOR MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY

No.	Rules
1	IF 'PING Ultrasonik' IS 'Negatif Big' THEN 'PWM' IS 'Sangat Pelan'
2	IF 'PING Ultrasonik' IS 'Negatif Small' THEN 'PWM' IS 'Pelan'
3	IF 'PING Ultrasonik' IS 'Zero' THEN 'PWM' IS 'Sedang'
4	IF 'PING Ultrasonik' IS 'Positif Small' THEN 'PWM' IS 'Cepat'
5	IF 'PING Ultrasonik' IS 'Positif Big' THEN 'PWM' IS 'Sangat Cepat'

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Pengujian dan Analisa Inverse Kinematic

Pada pengujian Inverse Kinematic robot dilakukan dengan memberikan input mode berupa (V_x , V_y , ω) kemudian dimasukkan dalam persamaan kinematic robot yang menghasilkan ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 . Berikut adalah hasil pengujian dan analisisnya.

TABEL II

HASIL PENGUJIAN DARI INVERSE KINEMATIC

Θ	V_x	V_y	ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
0°	20	0	0	-29	41	-30	27
45°	20	20	0	-29	0	0	28
90°	0	20	20	-29	-41	28	28
135°	-20	20	0	0	-41	28	0
180°	-20	0	0	32	-41	28	-28
225°	-20	-20	0	31	0	0	-28
270°	0	-20	0	32	41	-30	-28
315°	20	-20	0	0	41	-30	0

Dalam hasil pengujian persamaan Inverse Kinematic dilakukan dengan memberi nilai V_x , V_y , ω . Kemudian persamaan tersebut menghasilkan ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 . Dapat diperoleh hasil bahwa perhitungan kecepatan sudut masing-masing roda sudah sesuai dengan perhitungan Inverse Kinematic Robot.

B. Pengujian dan Analisa Kontrol Fuzzy pada Mobile Robot

Dalam pengujian kontrol Fuzzy pada mobile robot dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui respon kontrol dari sensor PING Ultrasonik apakah sudah sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan. Berikut hasil pengujian dan analisisnya.

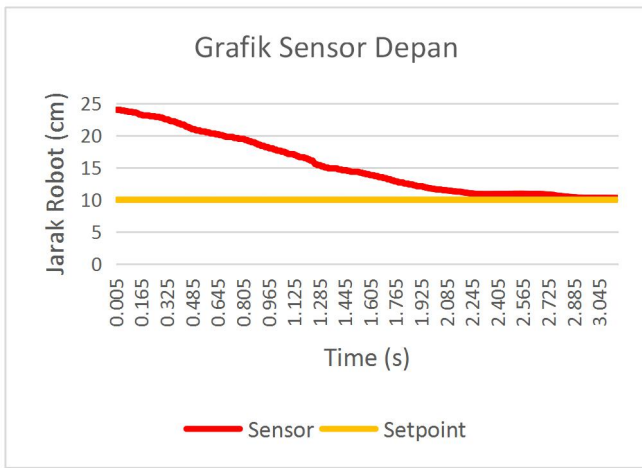
TABEL III

HASIL PENGUJIAN SENSOR MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY

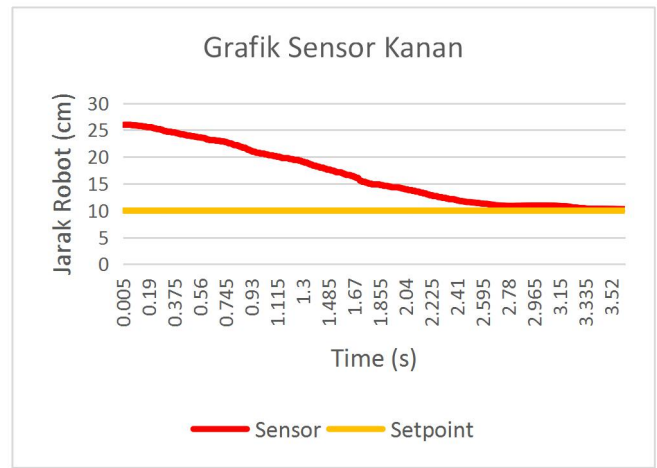
Sensor	Pembacaan Sensor (cm)	Setpoint (cm)	Error
Depan	10,1280	10	0,0064
Belakang	10,0093	10	0,000465
Kiri	10,0490	10	0,00245
Kanan	10,0114	10	0,00057

Berdasarkan Tabel III terdapat adanya nilai error yang dihasilkan oleh masing-masing sensor. Adanya nilai error dapat mempengaruhi arah posisi gerak robot terhadap tembok sesuai dengan setpoint. Pembacaan tiap sensor mendekati setpoint (hampir sempurna), dikarenakan adanya penggunaan metode fuzzy pada tiap sensor. Sehingga robot dapat berjalan mengikuti dinding dan menjaga jarak sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan.

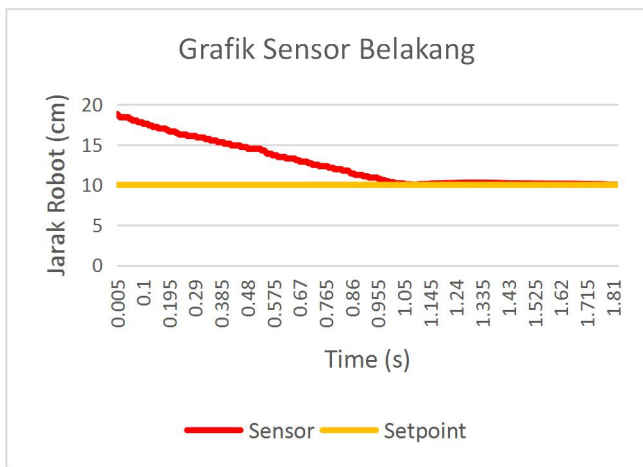




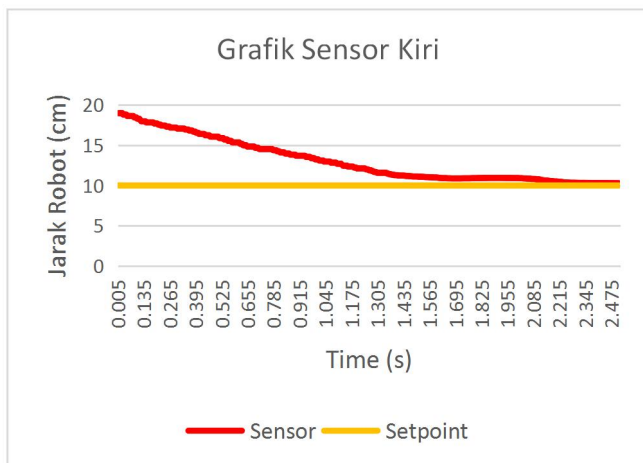
Gambar 12. Grafik Pengujian Sensor Depan



Gambar 15. Grafik Pengujian Sensor Kanan



Gambar 13. Grafik Pengujian Sensor Belakang



Gambar 14. Grafik Pengujian Sensor Kiri

Pada pengujian sensor menggunakan kontrol Fuzzy dapat terlihat pada saat sensor PING Ultrasonik diberi gangguan (*noise*), sensor akan tetap menjaga jarak yang telah ditentukan sesuai dengan setpoint atau kembali mendekati setpoint. Ini membuktikan bahwa tingkat akurat dari metode Fuzzy yaitu cukup akurat.

V. PENUTUP

1. Pembacaan sensor PING Ultrasonik paling optimal adalah pada rentang 10-30cm dan diatas dari rentang tersebut akan mempengaruhi jarak robot antara tembok sesuai dengan yang ditentukan.
2. *Wall Following* menggunakan metode Fuzzy bekerja dengan baik, pada saat robot diberi gangguan (*noise*) dengan cara robot didorong mendekati dan menjauhi tembok melewati *setpoint* yang ditentukan robot akan tetap mempertahankan posisi sesuai dengan *setpoint*.
3. Dalam pembuatan mekanik *mobile robot* ini diperlukan presisi sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan, karen agar tidak mengganggu jalannya robot.

REFERENSI

- [1] Aprilianto, Hugo, 2016. *Penerapan Metode Fuzzy Pada Robot Beroda Menggunakan Omni-Directional Wheels*. Jurusan Teknik Informatika STMIK Banjarbaru.
- [2] Hasyim, Yusuf, 2017. *Implementasi Sistem Navigasi Robot Wall Following Dengan Metode Fuzzy Logic Untuk Robot Pemandam Api Divisi Berkaki ONIX II Pada KRPAL Tahun 2017*. Jurusan Teknik Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta.
- [3] Kurniawan, Wijaya, 2018. *Implementasi Algoritma Wall Following Pada Manuver Robot KRPAL Quadraped Omni Direction Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno*. Jurusan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- [4] R. Rojas dan A.G. Förster. 2006. *Holonomic Control of a Robot with an Omnidirectional Drive*. KI-Künstliche Intelligenz, Vol. 20, No. 2, hal. 12-17.
- [5] Siradjuddin, Indrazno dkk. 2020. *A General Inverse Kinematic Formulation and Control Schemes for Omnidirectional Robot using Omni or Mecanum Wheel*. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 10(10) : 1 – 14.



- [6] Sulistyanto, Nanang, 2014. *Implementasi Invers Kinematics Pada Sistem Pergerakan Mobile Robot Roda Mekanum*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- [7] Rudy, Dikairono. 2012. *Implementasi Sistem Navigasi Behavior-Based Robotic dan Kontroler Fuzzy pada Manuver Robot Cerdas Pemadam Api*. *Jurnal TEKNIK POMITS* Vol.1, No.1 hal : 1-8
- [8] Azhar, ari. D.K, kartina dan Subagyo, Heri. 2015. *Perancangan Fuzzy Logic Model Sugeono untuk Wall Tracking pada Robot Pemadam Api*. *Jurnal ELEMENTER*. Vol 1 : hal 1-11.
- [9] Taheri, Hamid. dkk. 2015. Kinematic Model of a Four Mecanum Wheeled Mobile Robot. Nanjing. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)* Volume 113 – No. 3, hal. 1.
- [10] Dinogroho H., 2013. *Penerapan Fuzzy Hybrid PID Pada Pengendali RobotBeroda Pemadam Api*. Jurusan Teknik Informatika STMIK Banjarbaru.

