

Pengendali Wireless Mobile Robot Arm (WMRA) Berdasarkan Gestur Lengan Menggunakan Sensor Accelerometer dan Logika Fuzzy

Widya Cahyadi¹, Ali Rizal Chaidir^{*2}, Azmy Akhyar Al Insani³,

Khairul Anam⁴, Andrita Ceriana Eska⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia

e-mail: ^{*1}cahyadi@unej.ac.id, ^{*2}ali.rizal@unej.ac.id, ³akhyarazmy@gmail.com,

⁴khairul@unej.ac.id, ⁵andrita@unej.ac.id

Abstrak

Telerobotik adalah sistem pengendali robot dalam jarak jauh yang membutuhkan campur tangan manusia sebagai operator (*Human-in-the-Loop*). Pada penelitian sebelumnya, mobile robot manipulator dikendalikan berdasarkan gestur jari operator melalui image processing menggunakan metode template matching dengan komunikasi melalui kabel. Sehingga pada penelitian selanjutnya, dibuat sistem kendali robot berdasarkan gestur lengan menggunakan sensor accelerometer dan logika fuzzy dengan komunikasi nirkabel melalui jaringan internet. Robot yang dikendalikan terdiri dari robot arm 2 dof dan robot non-holonomic dengan 4 roda. Sistem kendali robot terdiri dari 2 sensor accelerometer yang terpasang pada lengan operator. Juga terdapat sensor hall-effect sebagai kendali gerak gripper. Metode fuzzy sugeno diterapkan pada sistem kendali gerak mobile robot agar didapatkan respon robot yang dapat bergerak secara bebas berdasarkan gestur lengan operator. Berdasarkan analisa dan data pengujian didapatkan hasil bahwa robot dapat dikendalikan dengan cukup baik.

Kata kunci— telerobotik, gestur lengan, accelerometer, fuzzy sugeno

Abstract

Telerobotics is a remote robot control system that requires human intervention as an operator (*Human-in-the-Loop*). In previous studies, the mobile robot manipulator was controlled based on the operator's finger gestures through image processing using the template matching method with communication via cable. So that in further research, a robot control system based on arm gestures using accelerometer sensors and fuzzy logic is made with wireless communication via the internet network. The controlled robot consists of an arm 2 dof robot and a non-holonomic robot with 4 wheels. The robot's main control system consists of 2 accelerometer sensors mounted on the operator's arm. There is also a hall-effect sensor for gripper motion control. The fuzzy Sugeno method is applied to a mobile robot motion control system in order to obtain a robot response that can move freely based on the operator's arm gesture. Based on the analysis and test data, the results show that the robot can be controlled quite well.

Keywords— telerobotics, arm gestures, accelerometer, fuzzy sugeno

1. PENDAHULUAN

Telerobotics adalah sistem kendali robot jarak jauh yang melibatkan operator sebagai sumber kendali. Setiap keputusan tingkat tinggi, perencanaan, atau kognitif dibuat oleh operator, sedangkan robot bertanggung jawab atas implementasi mekanisnya[1]. Sistem telerobot banyak diterapkan dalam teknologi-teknologi yang dikembangkan. Dalam dunia medis, menggunakan sistem telerobot untuk meningkatkan tingkat keberhasilan dan keamanan[2], dapat membantu sebagai pembantu orang disabilitas[3], selain di dunia medis telerobotics juga dapat digunakan untuk eksplorasi lingkungan berbahaya.

Salah satu teknik pengendalian oleh operator adalah menggunakan gestur. Teknik pengenalan gestur diperlukan untuk mengenali dan mengklasifikasi pola gestur operator. Artificial Intelligence dan Deep Learning dapat digunakan untuk mengenali pola gestur operator[4], namun teknik tersebut relatif lebih banyak membutuhkan proses pengolahan data. Teknik lain untuk mendukung kehandalan sistem dan kendali nirkabel pada sistem telerobot adalah menggunakan logika fuzzy dan sistem komunikasi Internet of Thing (IoT)[5][6]. Logika fuzzy mampu menganalisa berbagai macam kemungkinan berdasarkan bobot keanggotaan antara 0 hingga 1. Logika Fuzzy Takagi Sugeno yang telah banyak diterapkan dalam sistem kendali robot mobile[7][8][9].

Penelitian lain mengendalikan mobile robotic arm menggunakan wireless joystick RF[10] dan webcam[11]. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, mobile robotic arm dapat dikendalikan via wireless dengan hasil gerakan yang akurat, presisi, serta mudah digunakan. Namun demikian, robot masih belum dapat dikendalikan dengan jarak yang cukup jauh.

Berdasarkan literasi sebelumnya, maka dalam penelitian ini dilakukan pengembangan sistem telerobotika dengan judul “PENGENDALIAN WIRELESS MOBILE ROBOT ARM (WMRA) BERDASARKAN GESTUR TANGAN MENGGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER DAN LOGIKA FUZZY” agar didapatkan sistem telerobotika yang dapat dikendalikan melalui sistem komunikasi via internet sehingga dapat menjangkau jarak yang jauh untuk tempat yang berbahaya yang perlu dijangkau.

2. METODE PENELITIAN

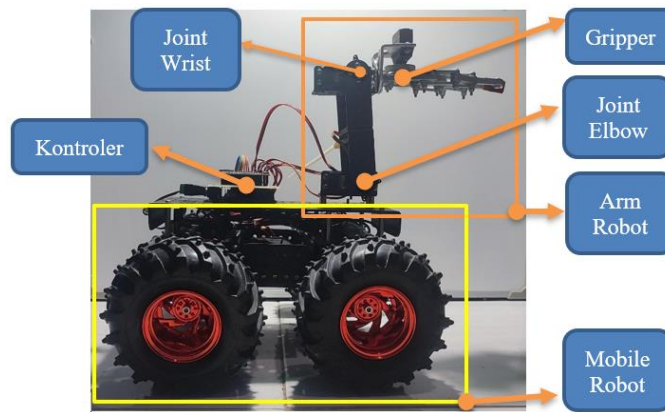
2.1 Perancangan Sistem Kendali Robot

Robot yang digunakan adalah jenis mobile robot yang terdiri dari robot mobile beroda dengan pergerakan non-holonomic, mobile robot beroda memiliki ukuran lebar 32 cm, panjang 18 cm, dan tinggi 15 cm dengan tipe 4 WD.

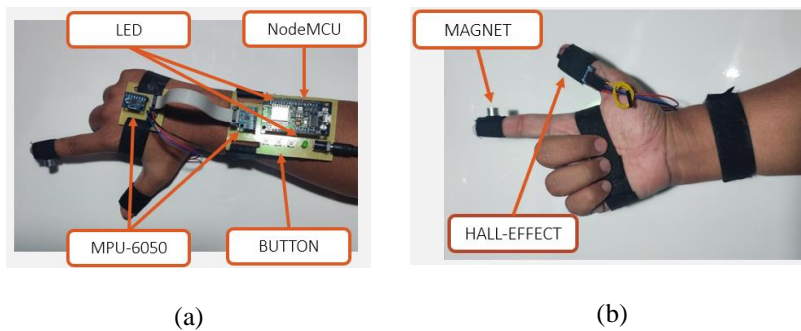
Sedangkan robot arm yang digunakan adalah robot arm 2 DoF dengan *gripper* yang dipasang di atas robot mobile bagian depan. Secara keseluruhan perancangan robot ditampilkan pada Gambar 1.

Sistem kendali robot menggunakan 2 sensor akselerometer yang terpasang di pergelangan dan punggung tangan operator dan tambahan sensor Hall sebagai kendali gerak *gripper*. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem kendali adalah NodeMCU V3 LoLin (ESP8266). Secara keseluruhan perancangan sistem kendali ditampilkan pada Gambar 2.

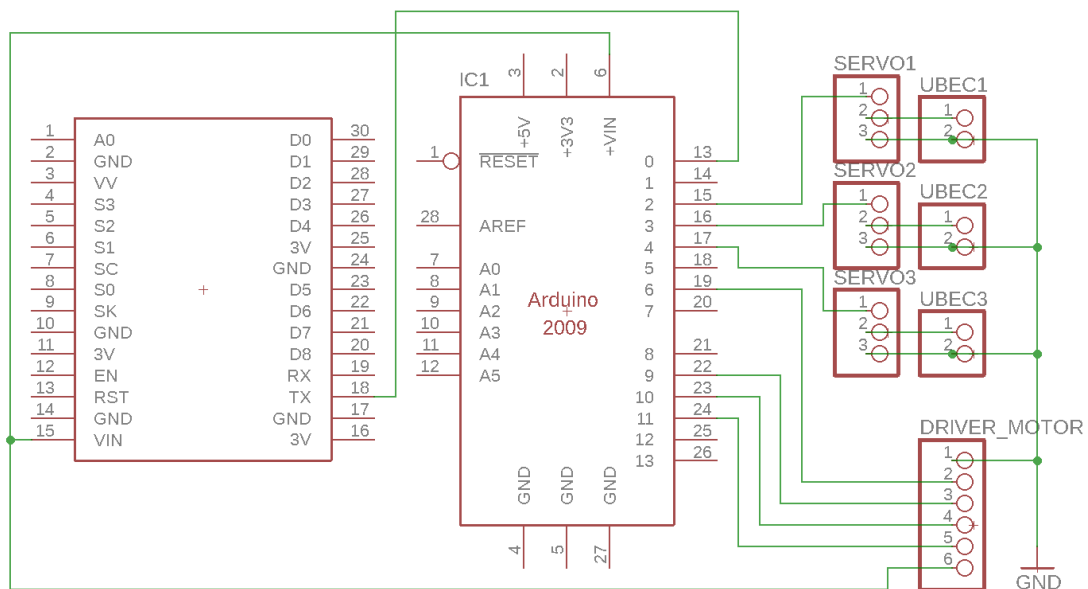
Sistem elektronika robot menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dan NodeMCU V3 LoLin (ESP8266). Sumber tegangan dari sistem elektronika robot menggunakan baterai. Skematik rangkaian sistem elektronika robot ditampilkan pada Gambar 3. Metode sistem kendali secara keseluruhan dapat dilihat pada blok diagram sistem yang ditampilkan pada Gambar 4.



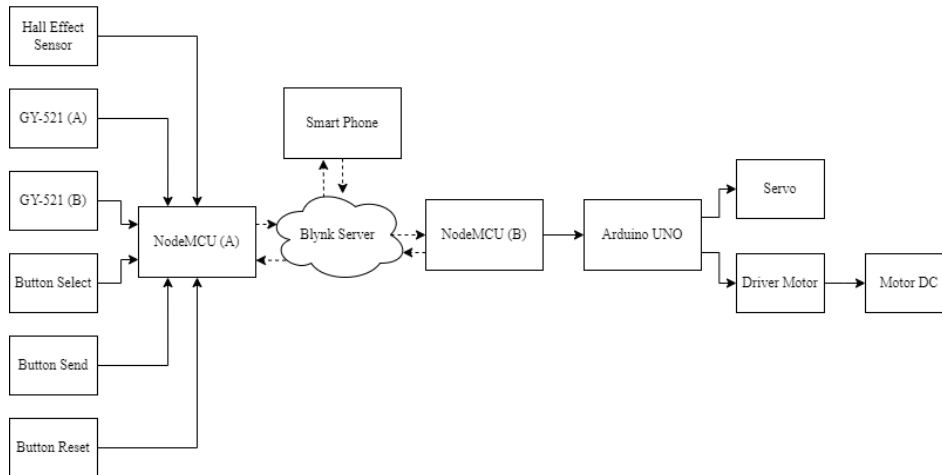
Gambar 1. Desain Mekanik Robot



Gambar 2. Kendali Robot Tampak Atas (A), Tampak Bawah (B)



Gambar 3. Skematik Rangkaian Sistem Elektronika Robot

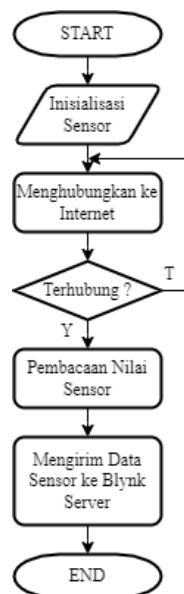


Gambar 4. Blok Diagram Sistem Keseluruhan

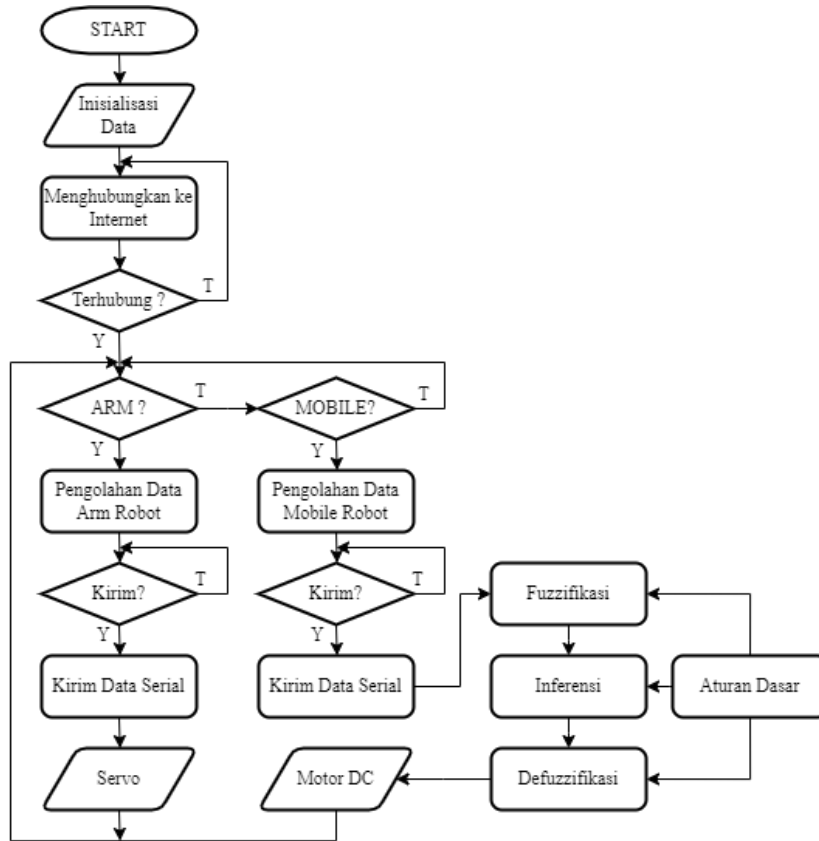
2. 2 Diagram Alir Sistem

Metode pengendalian robot dimulai dengan menghubungkan NodeMCU ke jaringan internet agar dapat terhubung ke server Blynk dan dilanjutkan dengan pembacaan nilai sensor Hall dan akselerometer. Data sensor yang telah dibaca oleh NodeMCU selanjutnya dikirim ke server Blynk. Diagram alir sistem kendali robot ditampilkan pada Gambar 5.

Sistem gerak robot dimulai dengan menghubungkan NodeMCU ke jaringan internet agar dapat menerima data dari pengendali robot melalui server blynk. Jika perintah dari sistem kendali adalah kendali robot arm, maka data akan diolah menjadi data variabel sistem gerak robot arm. Dan jika perintah dari sistem kendali adalah kendali robot mobile, maka data akan diolah menjadi data variabel sistem gerak robot mobile. Data yang telah diolah menjadi variabel yang dibutuhkan kemudian dikirimkan ke Arduino apabila tombol SEND pada kendali robot aktif. Pada sistem gerak robot mobile, data yang diterima oleh Arduino diproses menggunakan logika fuzzy. Kemudian nilai keluaran dari logika fuzzy digunakan untuk mengendalikan gerak robot mobile. Diagram alir sistem gerak robot ditampilkan pada Gambar 6.



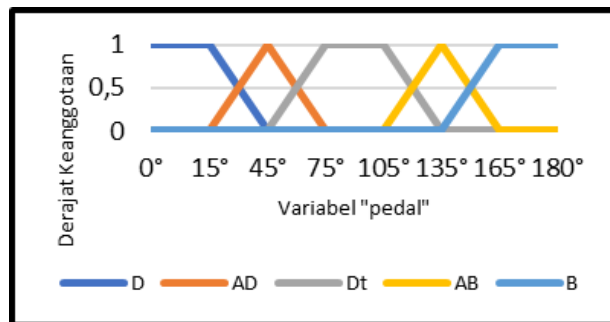
Gambar 5. Diagram Alir Sistem Kendali WMRA



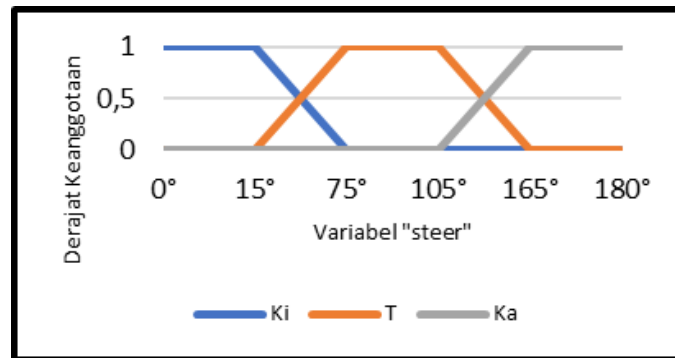
Gambar 6. Diagram Alir Sistem Gerak Robot

2. 3 Logika Fuzzy

Fuzzy *input* sistem logika fuzzy menggunakan 2 variabel, yaitu variabel “PEDAL” yang disesuaikan dengan kemampuan gerak pergelangan tangan operator secara vertikal (atas dan bawah) dan variabel “STEER” yang disesuaikan dengan gerakan memutar dari lengan operator ke arah kanan dan kiri. Semesta pembicaraan yang diizinkan pada 2 variabel *input* adalah sama yaitu $[0^\circ \ 180^\circ]$. Variabel “PEDAL”, terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy, yaitu “DEPAN”, “AGAK DEPAN”, “DATAR”, “AGAK BELAKANG”, dan “BELAKANG”. Variabel “STEER”, terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy, yaitu “KIRI”, “TENGAH”, dan “KANAN”. Grafik fungsi keanggotaan variabel “PEDAL” dan “STEER” secara berurutan ditampilkan pada **Error! Reference source not found.** dan Gambar 8.



Gambar 7. Grafik Fungsi Keanggotaan *Input* Variabel Pedal

Gambar 8. Grafik Fungsi Keanggotaan *Input* Variabel Steer

Fungsi keanggotaan variabel “PEDAL” sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Depan (D)}}[x] = \begin{cases} 1, & x < 15 \\ \frac{45-x}{45-15}, & 15 \leq x < 45 \\ 0, & x \geq 45 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{Agak Depan (AD)}}[x] = \begin{cases} 0, & x < 15 \\ \frac{x-15}{45-15}, & 15 \leq x < 45 \\ \frac{75-x}{75-45}, & 45 \leq x < 75 \\ 0, & x \geq 75 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{Datar (Dt)}}[x] = \begin{cases} 0, & x < 45 \\ \frac{x-45}{75-45}, & 45 \leq x < 75 \\ 1, & 75 \leq x < 105 \\ \frac{135-x}{135-105}, & 105 \leq x < 135 \\ 0, & x \geq 135 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{Agak Belakang (AB)}}[x] = \begin{cases} 0, & x < 105 \\ \frac{x-105}{135-105}, & 105 \leq x < 135 \\ \frac{165-x}{165-135}, & 135 \leq x < 165 \\ 0, & x \geq 165 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{Belakang (B)}}[x] = \begin{cases} 0, & x < 135 \\ \frac{165-x}{165-135}, & 135 \leq x < 165 \\ 1, & x \geq 165 \end{cases} \quad (5)$$

Fungsi keanggotaan variabel “STEER” sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Kiri (Ki)}}[x] = \begin{cases} 1, & x < 15 \\ \frac{75-x}{75-15}, & 15 \leq x < 75 \\ 0, & x \geq 75 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{\text{Tengah (T)}}[x] = \begin{cases} 0, & x < 15 \\ \frac{x-15}{75-15}, & 15 \leq x < 75 \\ 1, & 75 \leq x < 105 \\ \frac{165-x}{165-105}, & 105 \leq x < 165 \\ 0, & x \geq 165 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Kanan}(x) = \begin{cases} 0, & x < 105 \\ \frac{165-x}{165-105}, & 105 \leq x < 165 \\ 1, & x \geq 165 \end{cases} \quad (8)$$

Output fuzzy didasarkan pada nilai PWM-8bit yang menjadi sinyal keluaran dari arduino untuk mengendalikan kecepatan dan arah putaran motor DC dengan output sistem berupa konstanta. Terdapat 2 variabel pada *output* fuzzy, yaitu variabel “MOTOR KANAN” dan variabel “MOTOR KIRI”. Semesta pembicaraan untuk variabel “MOTOR KANAN” dan variabel “MOTOR KIRI” masing-masing diambil dari nilai PWM-8bit yang digunakan, yaitu [-120 120]. Variabel “MOTOR KANAN” dan “MOTOR KIRI” masing-masing memiliki himpunan fuzzy yang sama, yaitu “MAJU CEPAT”, “MAJU PELAN”, “NETRAL”, “MUNDUR PELAN”, dan “MUNDUR CEPAT”. Konstanta himpunan fuzzy *output* ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konstanta Himpunan Fuzzy Pada *Output*

No	Himpunan Fuzzy (<i>output</i>)	Konstanta (PWM-8bit)
1	Maju Cepat (MaC)	120
2	Maju Pelan (MaP)	60
3	Berhenti (B)	0
4	Mundur Pelan (MuP)	-60
5	Mundur Cepat (MuC)	-120

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Gerakan Robot ARM

Pengujian gerak robot arm dilakukan dengan melihat kesesuaian antara pergerakan robot dengan gestur lengan operator. Tabel menunjukkan hasil pengujian gerak robot arm dengan gestur lengan operator.

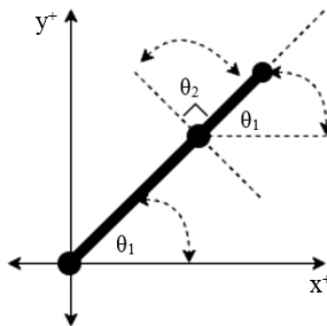
Tabel 2. Data Pengujian Gerak Robot Arm

No	Gestur Lengan	Posisi yang Dihasilkan	Posisi yang Diinginkan
1			
2			
3			
4			

No	Gestur Lengan	Posisi yang Dihasilkan	Posisi yang Diinginkan
5			
6			
7			

Berdasarkan dari hasil pengujian gerak robot arm pada Tabel , diketahui bahwa gerakan yang dihasilkan oleh robot arm sebagai respon dari gestur lengan operator mengalami ketidakesuain ketika *joint elbow* tidak bernilai 0. Hal ini disebabkan karena pergeseran sumbu 0° pada *joint wrist*.

Seperti yang ditampilkan pada Gambar , pada saat *joint elbow* bergerak sebesar θ_1 , maka sumbu 0° dari *joint wrist* akan bergeser sebesar θ_1 . Hal ini disebabkan karena sumbu 0° dari *joint elbow* sejajar dengan sumbu x^+ dan sumbu 0° dari *joint wrist* sejajar dengan sumbu y^+ .









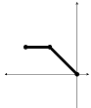


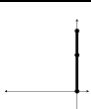


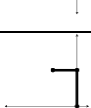


Gambar 9. Diagram Sudut Gerak Robot Arm

Berdasarkan dari kondisi diatas, maka dilakukan pengujian kedua dengan menambahkan nilai θ_1 pada nilai *joint wrist* sehingga nilai sudut dari *joint wrist* adalah $\theta_1 + \theta_2$. Dalam Tabel ditampilkan data hasil pengujian kedua setelah menambahkan nilai θ_1 pada *joint wrist*.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Gerak Robot Arm Setelah Kalibrasi

No	Gestur Lengan	Posisi yang Dihasilkan	Posisi yang Diinginkan
1			
2			

No	Gestur Lengan	Posisi yang Dihasilkan	Posisi yang Diinginkan
3			
4			
5			
6			
7			

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel diketahui bahwa setelah dilakukan penyesuaian dengan menambahkan θ_1 pada θ_2 maka didapatkan hasil yang sesuai antara gestur lengan dengan respon robot arm.

3. 2 Gerakan Robot Mobile

Pengujian gerak robot mobile dilakukan untuk mengetahui kemampuan respon robot terhadap perintah yang diberikan berdasarkan gestur lengan operator. Metode pengujian dilakukan dengan mengambil data gerak robot mobile dan membandingkan respon robot terhadap perintah yang diberikan. Setelah nilai *pedal* dan *steer* diproses menggunakan metode fuzzy, nilai yang dihasilkan pada tahap defuzzifikasi selanjutnya dikonversi ke nilai PWM yang sesuai dengan karakteristik driver motor yang digunakan.

Driver motor yang digunakan memiliki karakteristik khusus ketika *input* yang diberikan bukan “HIGH” dan “LOW” atau “1” dan “0” yang ditampilkan pada Tabel .




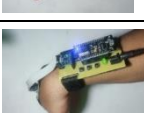





Tabel 4. Data Hasil Pengujian Gerak Robot Arm Setelah Kalibrasi

Arah Gerak	IN1	IN2	IN3	IN4
Maju	$255 - x_1^*$	255	255	$255 - x_2^*$
Mundur	$0 - x_1^*$	0	0	$0 - x_2^*$

* x_1 adalah *output* fuzzy motor kanan dan x_2 adalah *output* fuzzy motor kiri

Driver motor memiliki 4 pin *input* dengan konfigurasi IN1 dan IN2 terhubung ke motor kanan sedangkan IN3 dan IN4 terhubung ke motor kiri. Saat bergerak maju, IN1 harus lebih kecil dari IN2 dan IN4 harus lebih kecil dari IN3. Sedangkan saat bergerak mundur IN1 harus lebih besar dari IN2 dan IN4 harus lebih besar dari IN3. Berdasarkan karakteristik ini maka *output* fuzzy bernilai positif untuk robot bergerak maju dan bernilai negatif untuk robot bergerak mundur. Setelah melakukan pengujian didapatkan data seperti yang ditampilkan pada Tabel .

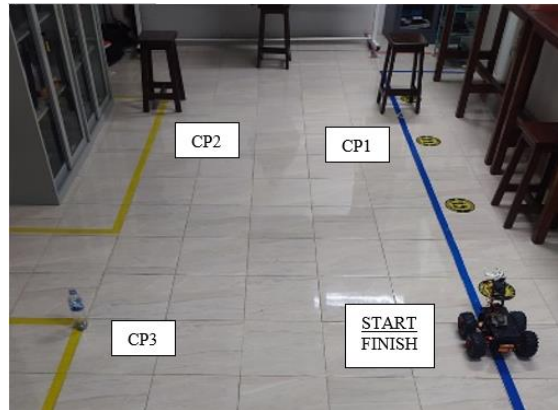
Tabel 5. Data Pengujian Gerak Robot Mobile Berdasarkan Gestur Lengan

Gestur Lengan	Pedal	Steer	PWM Motor		Respon
			Kiri	Kanan	
	92	82	0	0	Berhenti
	20	96	145	145	Maju Cepat
	47	97	199	199	Maju Lambat
	43	48	215	188	Maju Serong Kiri
	20	27	194	150	Maju Kiri
	49	118	208	218	Maju Serong Kanan
	26	163	158	214	Maju Kanan
	163	92	116	116	Mundur Cepat
	137	93	64	64	Mundur Lambat
	148	31	48	87	Mundur Serong Kiri
	154	24	50	96	Mundur Kiri
	140	122	75	55	Mundur Serong Kanan
	150	163	90	34	Mundur Kanan

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel , didapatkan hasil dengan kesesuaian antara respon robot dan respon yang diinginkan sebesar 100%.

3. 4 Gerakan Robot Mobile pada Lintasan

Pengujian gerak robot berdasarkan gestur tangan sebagai kendali robot dirancang dengan cara membuat robot melalui lintasan seperti pada Gambar 9. Metode pengujian dilakukan dengan menempatkan robot di titik START/FINISH sebagai titik mulai kemudian robot berjalan melalui CP1 dan CP2 untuk mengambil benda di titik CP3. Setelah robot berhasil mendapatkan benda di titik CP3, robot kembali ke titik awal melalui CP2 dan CP1 untuk memindahkan benda ke titik awal. Pengujian dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan waktu rata-rata yang dibutuhkan robot untuk memindahkan benda dari CP3 ke titik awal. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel , tingkat keberhasilan dari 10 kali pengujian adalah 80%, jika nilai tersebut dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya[4][11] maka tidak jauh berbeda, penggunaan logika fuzzy dan sensor pada tangan memberikan hasil yang tidak jauh berbeda dengan metode yang membutuhkan lebih banyak proses, dan penggunaan webcam untuk mengenali gestur.



Gambar 9. Lintasan Gerak Robot

Tabel 6. Data Pengujian Kendali Robot Berdasarkan Gestur Lengan

Pengujian	Waktu tempuh	Keberhasilan
1	4 menit, 47 detik	Gagal
2	5 menit, 32 detik	Gagal
3	9 menit, 46 detik	Berhasil
4	9 menit, 21 detik	Berhasil
5	9 menit, 37 detik	Berhasil
6	10 menit, 16 detik	Berhasil
7	9 menit, 54 detik	Berhasil
8	9 menit, 41 detik	Berhasil
9	10 menit, 22 detik	Berhasil
10	10 menit, 08 detik	Berhasil

4. KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Penggunaan sensor Accelerometer pada sistem kendali robot arm dan robot mobile berdasarkan gestur tangan dapat memberikan hasil dengan akurasi 100%. Serta sistem

- kendali dapat dijalankan secara wireless dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu tunda kurang dari 100ms melalui jaringan internet menggunakan NodeMCU yang dikombinasikan dengan aplikasi Blynk.
- b. Penerapan metode fuzzy terhadap sistem kendali robot mobile dapat memberikan hasil dengan tingkat akurasi 100% antara respon robot dan respon yang diinginkan.
 - c. Kendali robot berdasarkan gestur lengan menggunakan sensor Accelerometer dan logika fuzzy dapat bekerja dengan cukup baik dengan tingkat keberhasilan 80% dari 10 data percobaan dan waktu tempuh ± 10 menit untuk memindahkan benda melalui lintasan yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Niemeyer, C. Preusche and G. Hirzinger, "Telerobotics," in *Telerobotics*, 2008, p. 741.
- [2] S. Manoharan and N. Ponraj, "PRECISION IMPROVEMENT AND DELAY REDUCTION IN SURGICAL TELEROBOTICS," *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, vol. 1, no. 1, pp. 28-36, 2019.
- [3] B. Sabuj, M. J. Islam and M. A. Rahaman, "Human Robot Interaction Using Sensor Based Hand Gestures For Assisting Disable People," 2019 International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI), Dhaka, Bangladesh, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/STI47673.2019.9068087.
- [4] S. G. Pleshkova, A. B. Bekyarski and Z. T. Zahariev, "Based on Artificial Intelligence and Deep Learning Hand Gesture Recognition for Interaction with Mobile Robots," 2019 X National Conference with International Participation (ELECTRONICA), Sofia, Bulgaria, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELECTRONICA.2019.8825611.
- [5] P. Gupta, D. D. Bhardwaj and R. V. Jain, "Gesture Controlled Mobile Robotic Arm Vehicle Using Accelerometer," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 4, no. 4, pp. 1245-1247, 2017.
- [6] B. Omarali, B. Denoun, K. Althoefer, L. Jamone, M. Valle and I. Farkhatdinov, "Virtual Reality based Telerobotics Framework with Depth Cameras," in *29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, Naples, 2020.
- [7] A. S. Chouhan, D. R. Parhi and A. Chhotray, "Control and Balancing of Two-Wheeled Mobile Robots using Sugeno Fuzzy Logic in the domain of AI Techniques," in *EMERGING TRENDS IN ENGINEERING, SCIENCE AND MANUFACTURING (ETESM-2018)*, Sarang, 2018.
- [8] J.-X. Xu, Z.-Q. Guo and T. H. Lee, "Design and Implementation of a Takagi–Sugeno-Type Fuzzy Logic Controller on a Two-Wheeled Mobile Robot," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, vol. 60, no. 12, pp. 5717-5728, 2013.
- [9] I. Al-Darraji, A. A. Kakei, A. G. Ismaeel, G. Tsaramirsis, F. Q. Khan, P. Randhawa, M. Alrammal and S. Jan, "Takagi–Sugeno Fuzzy Modeling and Control for Effective Robotic Manipulator Motion," *Computers, Materials & Continua*, vol. 71, no. 1, pp. 1011-1024, 2022.
- [10] M. A. K. Yusoff, R. E. Samin and B. S. K. Ibrahim, "Wireless Mobile Robotic Arm," in *International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012 (IRIS 2012)*, Sarawak, 2012.
- [11] A. R. Chaidir, D. WahyuHerdiyanto and G. D. Kalandro, "Pengendalian Mobile Robot Non-Holonomic Berdasarkan Gestur Jari Menggunakan Template Matching," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 21-27, 2020.