

# Analisis Pergerakan Robot di Kota Otonom Robot Tempur Berbasis Internet of Things (IoT)

<sup>1</sup>Jeffri Kurniawan, <sup>2\*</sup>Muhammad Syafaat, <sup>3</sup>Fajar Kholid

<sup>1,2,3</sup>Departement of Electrical Politeknik Angkatan Darat

jeffrikurniawan080696@gmail.com <sup>1</sup>, syafaat96@poltekad.ac.id <sup>2</sup>, fajarkholid123@gmail.com <sup>3</sup>

## Article Info

### Article history:

Received Oktober 16<sup>th</sup>, 2023

Revised Oktober 22<sup>th</sup>, 2023

Accepted November 20<sup>th</sup>, 2023

### Keyword:

PID control  
Internet of Things  
Robot pengintai  
Arduino

## ABSTRACT

Conventional surveillance methods often have high risks, including the potential for loss of life. This study is an analytical observational study with the aim of analyzing 3 types of robot control system modes, namely the distance through various predetermined paths using trajectory tracking, the value of the application of the IMU sensor with an autonomous robot in acceleration movements, and the error value that occurs in the control system. PID x and y axes. In an effort to improve efficiency and safety, this robot is equipped with a rotary encoder sensor to record the X and Y values at each rotation of the DC motor, monitoring the robot's movement path. In addition, this robot is equipped with various sensors including ultrasonic sensors, Gyro MPU 6050, and artificial intelligence to avoid collisions with other objects. The IMU sensor is used to detect and understand the movement of the robot through a combination of accelerometers and gyroscopes. The PID control method is applied to regulate the rotation of the DC motor with inverse kinematics. In its testing, the robot was tested on various paths, such as squares, isosceles triangles, and circles with obstacles. The test results show that the RPM on the tachometer compared to the rotary encoder has an error rate of around 1.2. The mobile robot will conduct surveillance according to the predetermined path. This Omniwheel can move and rotate in all directions with a flat track so that it provides acceleration for the robot to move efficiently with a success rate in robot movement testing of 89.31%. From the results of the experiment, an average error rate of 11% was obtained on the square track, 15% on the circle track, and 4.17% on the triangle track. The maximum stability of the motor rotation speed on the Omni robot is on the triangle track

Copyright © 2023 Nucleus Journal  
All rights reserved.

DOI: <https://doi.org/10.32492/nucleus.v2i2.2204>

### Corresponding Author:

**Jeffri Kurniawan**

Politeknik Angkatan Darat

jeffrikurniawan080696@gmail.com

---

**Abstraks-**Metode pengawasan konvensional seringkali mempunyai risiko tinggi, termasuk potensi hilangnya nyawa. Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan tujuan untuk menganalisis 3 jenis mode sistem kendali robot yaitu jarak melalui berbagai lintasan yang telah ditentukan menggunakan pelacakan lintasan, nilai penerapan sensor IMU dengan robot otonom dalam gerakan akselerasi, serta sebagai nilai error yang terjadi pada sistem kendali. PID sumbu x dan y. Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keselamatan, robot ini dilengkapi dengan sensor rotary encoder untuk mencatat nilai X dan Y pada setiap putaran motor DC, memantau jalur pergerakan robot. Selain itu, robot ini dilengkapi dengan berbagai sensor antara lain sensor ultrasonik, Gyro MPU 6050, dan kecerdasan buatan untuk menghindari benturan dengan benda lain. Sensor IMU digunakan untuk mendeteksi dan memahami pergerakan robot melalui kombinasi akselerometer dan giroskop. Metode kendali PID diterapkan untuk mengatur putaran motor DC dengan kinematika terbalik. Dalam pengujiannya, robot diuji pada berbagai jalur, seperti persegi, segitiga sama kaki, dan lingkaran dengan rintangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa RPM pada tachometer dibandingkan dengan rotary encoder memiliki tingkat error sekitar 1,2. Mobile robot akan melakukan pengintaian sesuai jalur yang telah ditentukan. Omniwheel ini dapat bergerak dan berputar ke segala arah dengan lintasan datar sehingga memberikan akselerasi pada robot untuk bergerak secara efisien dengan persentase keberhasilan dalam pengujian pergerakan robot sebesar 89,31%. Dari hasil percobaan diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sebesar 11% pada lintasan persegi, 15% pada lintasan lingkaran, dan 4,17% pada lintasan segitiga. Kestabilan maksimum kecepatan putaran motor pada robot Omni terdapat pada jalur segitiga

## 1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi saat ini yang semakin pesat mendorong manusia untuk selalu menciptakan inovasi. Salah satunya adalah mesin otomasi yang dirancang sedemikian rupa sehingga masing-masing memiliki beberapa tugas dan fungsi. Robot merupakan alat yang dapat membantu atau menggantikan tugas manusia yang sangat berbahaya. Penerapan robot yang digunakan pada bidang militer adalah robot pengintai musuh dengan mengedepankan teknologi sehingga tugas pokok TNI dalam hal pengintaian akan lebih efisien.

Saat ini pengintaian musuh masih menggunakan tenaga manusia dengan cara konvensional. Hal ini menimbulkan kekhawatiran akan bahayanya tugas prajurit TNI yang dapat menimbulkan korban jiwa saat bertugas. Oleh karena itu, peran penting dalam tugas pengintaian diharapkan dapat dilakukan digantikan oleh robot yang dapat meminimalisir terjadinya korban jiwa. Prajurit TNI gugur sehingga mengurangi jumlah kerugian personel dan materil. Dengan banyaknya prajurit TNI yang gugur di lapangan operasi, TNI sedang melakukan evaluasi agar pelaksanaan tugas operasional berjalan dengan baik. Perang perkotaan adalah pertempuran yang terjadi di suatu wilayah atau lapangan perkotaan, baik dalam skala besar maupun kecil. Pertempuran umumnya terjadi di medan terbuka seperti hutan atau pegunungan. Faktor yang menjadi kendala dalam pertempuran ini adalah masih adanya warga sipil yang berada di zona bahaya, sehingga dapat membahayakan warga sekitar dan pasukan TNI.

Secara umum, Internet of Things (IOT) dapat diterjemahkan sebagai benda-benda dan perangkat elektronik lain di sekitar kita yang dapat berkomunikasi satu sama lain menggunakan jaringan internet. dikontrol secara manual menggunakan Bluetooth dan dapat dikontrol dari jarak jauh melalui Internet of Things (IoT). Robot pengintai musuh omniwheel dapat membantu prajurit TNI AD dalam melakukan pengintaian musuh sehingga mengurangi resiko kerugian bagi personel TNI AD dalam melakukan operasi pengintaian musuh.

Dari gabungan giroskop dan akselerometer yang berfungsi menghitung nilai percepatan, putaran motor DC, dan memperkirakan posisi relatif robot. Sensor ini penting sebagai sistem kendali sistem navigasi, karena sensor IMU mendeteksi percepatan dan perubahan rotasi pada

variabel antara lain pitch, roll dan yaw. Sistem perancangan sensor IMU merupakan sistem kerja monitoring dengan enam derajat kebebasan yang diketahui pada kendaraan yang bergerak, yaitu posisi pada tiga sumbu. Unit pengukuran inersia menggunakan sistem antena transceiver yang berfungsi sebagai media transmisi data.

Sistem navigasi yang banyak dikenal adalah sistem navigasi berbasis satelit dengan menggunakan (GNSS) sistem satelit navigasi global atau (GPS) sistem penentuan posisi global. Sistem navigasi inersia merupakan salah satu komponen dalam sistem navigasi yang umum digunakan dalam penelitian yaitu dengan memanfaatkan sensor. Kendaraan tanpa awak yang berada pada jarak yang tidak memungkinkan untuk melihat objek secara langsung harus mampu memberikan informasi dan visualisasi perilaku objek kepada monitor. Oleh karena itu diperlukan suatu sensor IMU yang dapat membantu sistem navigasi dalam memberikan informasi dan dapat mengirimkan data ke lokasi pengamatan secara terus menerus.

Dalam perancangan waypoint bertujuan agar robot mobile otonom mampu membaca dan menentukan posisi dan arah sesuai sistem koordinat bumi, mampu memberikan koreksi berupa arah pergerakan (bearing Correction) dan meningkatkan akurasi. dalam mencapai posisi dan arah tujuan menggunakan odometer, dengan lintasan yang telah ditentukan. oleh pengguna. Robot otonom ini dapat diterapkan pada semua jenis robot tank yang disebut dengan robot tank otonom. Selain itu juga dapat diterapkan pada robot yang dapat bergerak secara otomatis tanpa memerlukan bantuan manusia. Robot dapat bergerak menghindari rintangan di depannya, dan dapat berpindah posisi. Sistem navigasi waypoint dirancang agar robot tank otonom dapat mengetahui arah pergerakan dan posisinya.

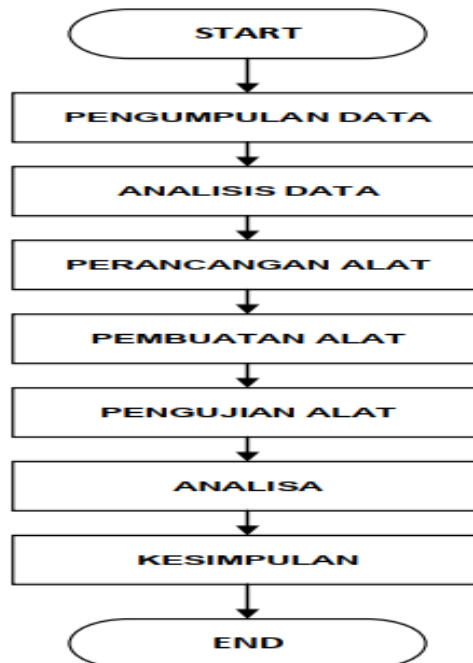
“Robot Omniwheels merupakan susunan konfigurasi roda dengan desain khusus yang tidak memiliki roda utama, namun memiliki banyak roda inti. Robot yang menggerakkan suatu benda dirancang untuk mampu mengubah dua koordinat global position system (GPS) menjadi jarak dan arah. Selanjutnya jarak dan arah yang diperoleh diubah menjadi nilai Pulse Wide Modulation (PWM) yang digunakan untuk menggerakkan motor penggerak robot (motor DC), untuk menghindari terjadinya tumbukan maka PWM yang diperoleh disesuaikan dengan masukan yang diperoleh dari sensor ultrasonik. yang telah diolah menggunakan logika fuzzy, pada penelitian ini peneliti akan menganalisis sistem pergerakan robot tempur kota otonom berbasis internet of things (IoT).

## 2. RESEARCH METHOD

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan melakukan pencatatan secara sistematis terhadap gejala tampak pada objek penelitian untuk mendapatkan informasi dengan tujuan dan manfaat tertentu. Pembahasan dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode dan teknis, dimana konsep ini bertujuan untuk menganalisa mendeteksi keberadaan musuh dengan menggunakan 3 jenis mode sistem kendali robot, yakni :

1. Menentukan jarak melalui berbagai lintasan yang telah ditentukan dengan menggunakan pelacakan lintasan.
2. Mencari nilai penerapan sensor IMU pada robot otonom dalam percepatan gerak.
3. Tentukan nilai error yang terjadi dengan nilai sudut derajat kebebasan sistem kendali PID sumbu x dan y.

Penelitian ini hanya sebatas pengintaian dalam radius 1KM. Tahapan dalam penelitian ini dibuat diagram alir yang ditunjukkan pada gambar berikut:

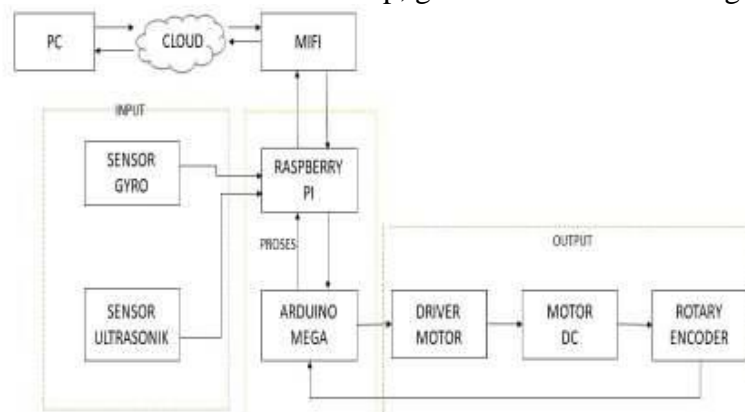


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. RESULTS AND ANALYSIS

#### 3.1. Desain sistem untuk robot omniwheel otonom

Dalam merancang konsep Sistem Implementasi Inertial Measurement Unit (IMU) pada Robot Pengintai Musuh Berbasis IoT (Internet of Things) (omniwheel), memanfaatkan bahan-bahan yang sudah tersedia untuk sebuah konsep, gambar untuk merancang suatu alat.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok pada Gambar 2 digunakan untuk membuat pemahaman yang lebih baik tentang fungsi dan hubungan dalam sistem. Berikut alur kerja diagram blok alat di atas:

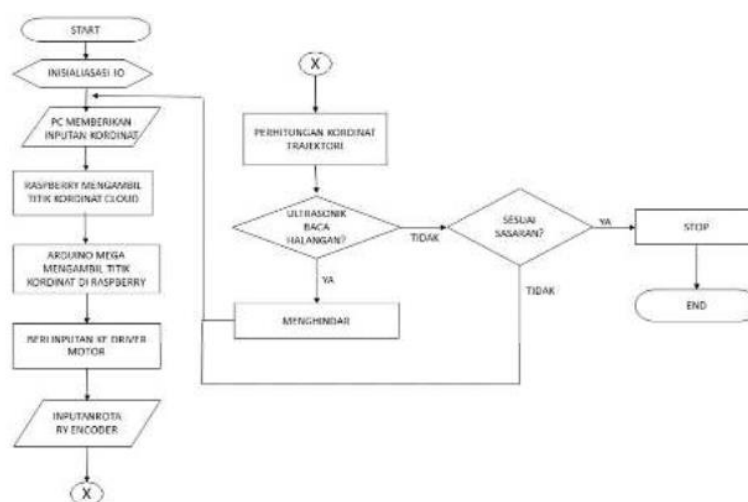
A. PC/Server berfungsi untuk mengendalikan robot Omniwheel yang berbasis IoT (Internet of Things) dan sebagai user memonitor hasil Image Processing serta memberikan masukan berupa koordinat pada cloud/server.

- B. Raspberry Pi berfungsi untuk mengolah data yang diterima oleh sensor ultrasonik dan giroskop, serta mengambil data koordinat di cloud/server.
- C. Arduino mega 2560 mendapatkan koordinat yang diterima oleh raspberry pi kemudian mengontrol driver motor yang terhubung langsung ke roda Omniwheel
- D. Sensor Gyroscope berfungsi untuk menyeimbangkan posisi derajat robot sehingga server dapat mengetahui kemiringan robot.
- e. Sensor Ultrasonik berfungsi untuk mengetahui jarak bidang penghalang di sekitar robot sehingga server akan mengetahui jika ada gangguan dari sekitar robot.
- F. Driver motor berfungsi mengirimkan masukan ke motor DC untuk menggerakkan robot beroda yang menggunakan 4 roda omniwheel sesuai masukan yang diberikan oleh Arduino Mega 2560.
- G. Rotary encoder merupakan keluaran yang dihasilkan dari putaran motor DC yang kemudian diproses oleh Arduino Mega 2560 untuk menghitung perhitungan lintasan.

### 3.2. Perancangan diagram alir sistem robot otonom

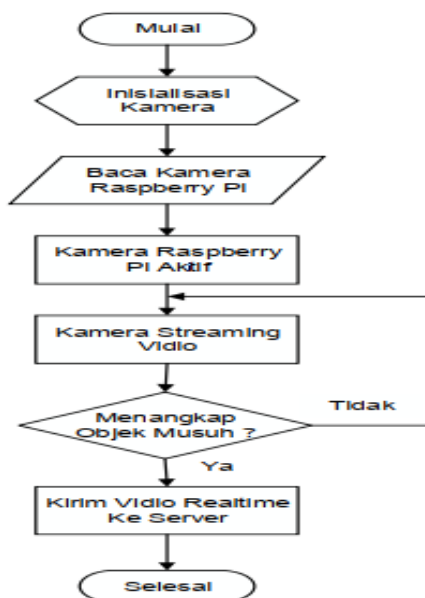
Dalam melaksanakan penelitian, tahapan-tahapan penelitian disusun dalam suatu diagram alir penelitian. Diagram blok menjelaskan urutan prosedur dalam sistem. Diagram alir sistem menunjukkan apa yang dilakukan dalam sistem yang sedang berjalan. Berikut cara kerja sistem flowchartnya:

- 1) Smartphone/PC akan memberikan masukan berupa titik-titik koordinat yang sebelumnya telah ditentukan sebagai titik jalan dalam pemetaan data.
- 2) Selanjutnya data koordinat akan diambil dan diproses oleh Raspberry Pi yang diambil melalui cloud atau server.
- 3) Arduino Mega 2560 akan menerima masukan berupa data koordinat yang telah diolah oleh Raspberry Pi.
- 4) Arduino Mega 2560 memberikan masukan kepada driver motor yang kemudian bergerak sesuai waypoint yang telah diterima.
- 5) Putaran motor DC akan memberikan masukan pada rotary encoder yang selanjutnya akan menghitung jarak kesalahan pergerakan robot sesuai lintasan atau jalur sesuai koordinat yang ditentukan.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

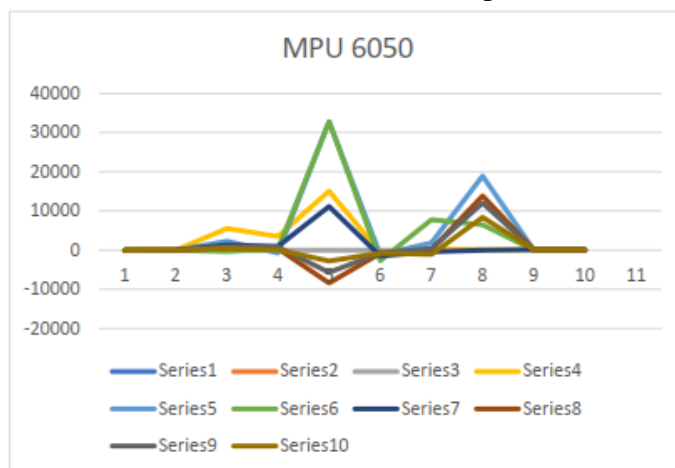
Flowchart tersebut menjelaskan bahwa kamera pada robot omniwheel otonom akan aktif terlebih dahulu, setelah itu kamera webcam akan dihubungkan antara robot dan web server melalui akses jaringan internet sehingga video akan dikirim dan diterima dalam waktu reel dan ditampilkan pada layar monitor web server pada Gambar 3.



Gambar 4. Camera tracking flowchart

### 3.3. Pengujian Sensor MPU6050 (Akselerometer dan Giroskop)

Dalam penelitian ini digunakan tipe sensor MPU-6050 yang cukup banyak ditemukan dipasaran dan memiliki pembacaan sensor yang cukup bagus. Sensor MPU 6050 pada modul IMU dirancang terdiri atas 2 sensor. Sensor ini berfungsi memonitoring kecepatan sudut saat robot melintasi kordinat lintasan dan keseimbangan robot sehingga dapat divisualisasikan pada GUI. Untuk pengiriman data sensor yang telah diolah oleh Arduino menggunakan baudrate 9600. Pada pengujian ini dilakukan pengujian pengukuran percepatan terhadap sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Implementasi Sensor Inertial Measurenment Unit terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z.



Gambar 19. Uji Sensor MPU 5060

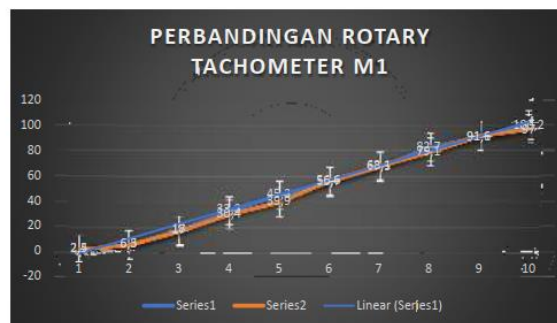
Tabel 2. Pengujian sensor MPU 5060 pada robot autonomus

NO	KEMIRINGAN (°)	DATA SENSOR ACCELERO			DATA SENSOR GYRO			SUDUT ROLL (°)	SUDUT PITCH (°)
		Ax	Ay	Az	Gx	Gy	Gz		
1	5,8	5523	3460	15088	-515	219	140	84,77	18,79
2	7,2	2250	-755	32799	-1140	1877	18930	72,77	12,93
3	8,3	-330	288	32799	-2690	7740	6449	-21	27,36
4	9,9	1357	950	11149	-1488	-460	1	81,03	78,74
5	11	433	410	-8351	-830	88	13872	72,99	70,19
6	11,3	802	820	-5650	-671	391	12019	81,61	46,9
7	12,1	477	61	-2788	-788	-1098	8393	83,57	85,9

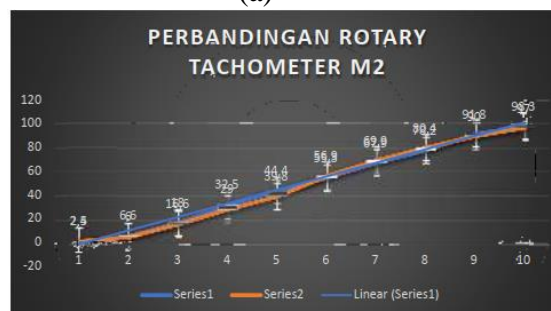
Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian sensor gyroscope dibandingkan dengan sudut sudut yang telah ditentukan memiliki error RMS sebesar 1,1 derajat. Dengan begitu dapat diketahui sensor gyroscope yang digunakan dalam penelitian ini cukup bagus dan memilik kesalahan pembacaan sekitar 1 derajat saja. Hal ini dapat membantu pergerakan robot dalam menyesuaikan arah hadap robot dan mencegah error yang berlebihan saat robot dijalankan. Penggunaan tipe sensor gyroscope yang berbeda akan menghasilkan error pembacaan sudut yang berbeda juga.

### 3.4. Pengujian RPM dan Tachometer pada roda motor)

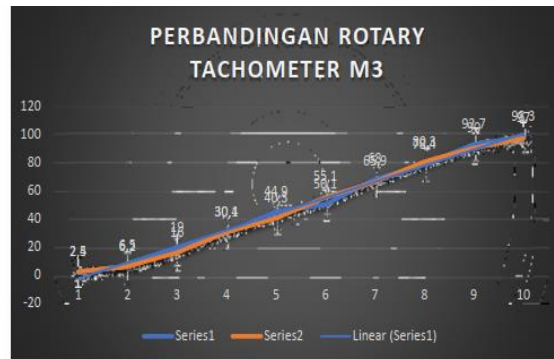
Pada pengujian ini didapatkan hasil perbandingan antara putaran motor dan nilai kesalahan eror, dari setiap putaran motor menunjukkan hasil yang berbeda dengan nilai PWM. Dari setiap putaran motor akan terbaca kesalahan eror oleh rotary encoder sehingga akan terlihat apakah sudah sesuai antara RPM rotary encoder dan Tachometer.



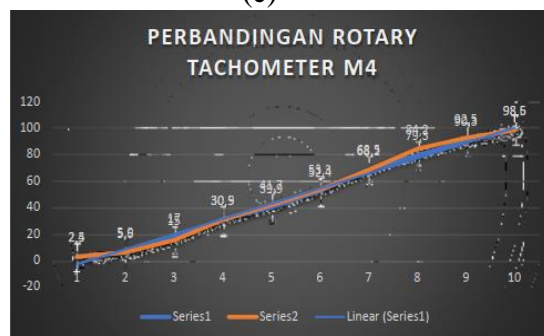
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 20. Perbandingan RPM rotary encoder dan tachometer

Tabel 3. Perbandingan RPM rotary encoder dan tachometer

PWM	ROTARY ENCODER				TACHOMETER				TEGANGAN
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
	ROTATION PER MINUTES (RPM)								
10	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	0,4777
15	6,5	6,6	6,5	5,6	6,3	6	6,2	5,9	0,9411
21	18	18	19	17	17	16,6	16	15	1,8823
46	33,3	32,5	30,1	30,9	30,4	29	30,4	30,5	3,7566
85	45,3	44,4	44,9	39,9	39,9	39,8	40,3	41,7	4,7044
103	55,7	55,3	50,1	52,4	56,6	56,9	55,1	53,3	5,6489
155	67,5	67,9	68	68,5	68,1	69,9	65,9	68,2	7,0533
183	82,7	78,2	78,4	79,3	79,1	80,4	80,3	84,2	8,4771
209	91,1	91,8	92,7	90,3	91,6	90	90	92,5	9,4123
230	100,2	98,3	98,3	98,6	97	97	97	98,5	12,1

PWM	Rotary Encoder $\bar{x}$ M1-M4	Tachometer $\bar{x}$ M1-M4	Error
10	2,4	2,5	0,1%
15	6,3	6,1	0,2%
21	18	16,15	1,85%
46	31,7	30,075	1,63%
85	43,625	40,425	3,2%
103	53,375	55,475	2,1%
155	67,975	68,025	0,05%
183	79,65	81	1,35%
209	91,475	91,025	0,45%
230	98,85	97,375	1,475%
Rata-Rata Error			1,2%

Berdasarkan Grafik 4.4 diatas didapatkan hasil pengukuran antara modul TA dan alat pembanding. Alat pembanding disini digunakan sebagai acuan dalam pengujian. Terdapat selisih hasil pengukuran antara modul TA dengan alat pembanding, selisih terbesar pada pengujian ini adalah pada PWM 85 yakni dengan nilai 3,2RPM, sedangkan selisih terkecil pada pengujian ini adalah pada PWM 155 yakni dengan nilai 0,05 RPM. Dari seluruh hasil pengujian dengan beban didapatkan nilai persentase error pada modul TA yaitu sebesar 1,2%. Hasil ini masih dalam batas toleransi yakni sebesar 5%.

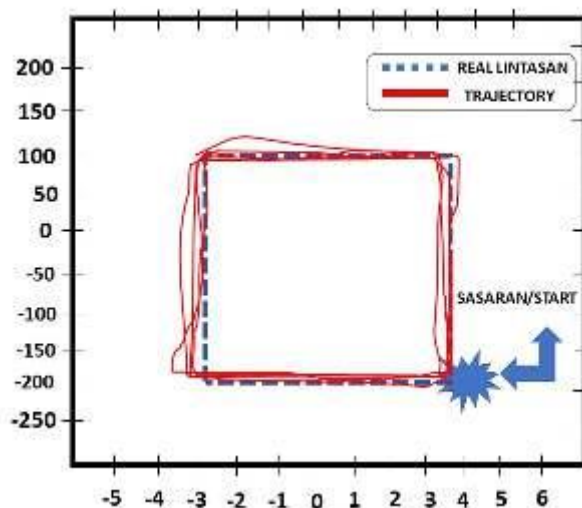
**3.5. Pengujian RPM dan Tachometer pada roda motor)**

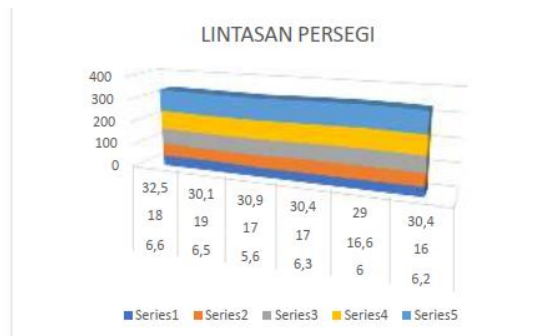
Berdasarkan hasil pengambilan data dari sensor acclerometer dan gyroscope pengukuran kecepatan putar motor DC. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai yang terukur dari rotary encoder setelah diproses oleh Arduino Due dengan nilai pembacaan tachometer diketahui penggunaan sensor rotary encoder dalam keadaan baik ataupun tidak. Kendali PID untuk mengatur kecepatan putar motor DC dari masing-masing roda robot omni. Namun, sebelum kendali PID ini diterapkan, dilakukan terlebih dahulu proses.

a. Lintasan persegi

Tabel 4. Pengujian pada lintasan persegi

KORDINAT POSISI				EROR TRACKING	
SASARAN		NYATA		X	Y
X	Y	X	Y		
0	0	0	0	0	0
1.001	-424	9	-559	10	10
699	0	710	1	16	1
0	-711	24	407	25	4
0	0	1	1	0	1



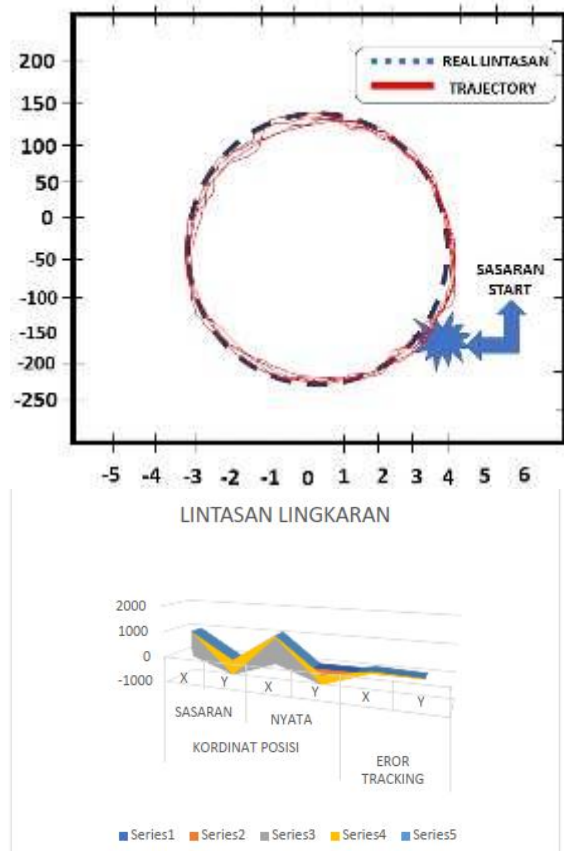


Gambar 21. Maps tracking pada lintasan persegi

b. Lintasan lingkaran

Tabel 5. Pengujian pada lintasan lingkaran

KORDINAT POSISI				EROR TRACKING	
SASARAN		NYATA		X	Y
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
0	-602	9	-600	9	1
1.001	0	991	1	4	2
0	602	79	365	79	26
0	0	20	1	0	1

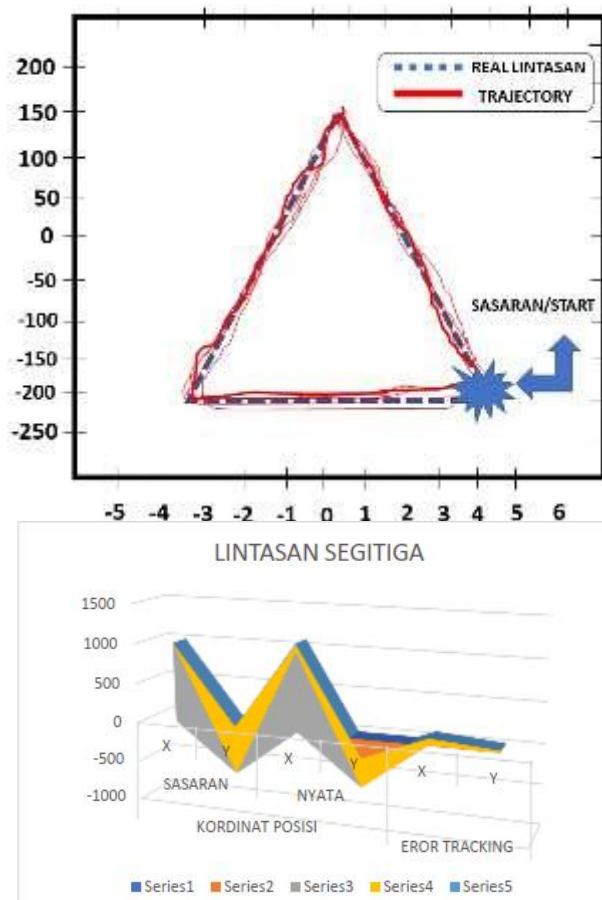


Gambar 22. Maps tracking trajectory pada lintasan lingkaran

c. Lintasan segitiga

Tabel 6. Pengujian pada lintasan segitiga

KORDINAT POSISI				EROR TRACKING	
SASARAN		NYATA		X	Y
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
0	-391	9	-409	9	9
699	0	701	1	16	1
0	-392	21	407	22	4
0	0	1	1	0	1



Gambar 23. Maps tracking trajectory pada lintasan segitiga

4. CONCLUSION

1. Mobile robot akan melaksanakan pengintaian sesuai jalur yang telah ditentukan dengan omni wheel ini dapat bergerak dan berputar ke segala arah dengan lintasan yang datar dapat memberikan akselerasi robot untuk bergerak
2. secara efisien dengan persentase keberhasilan pengujian pergerakan robot ini sebesar 89,31%

3. Pada pengujian ini terdapat error pada sensor Inertial Measurement unit (IMU). Sensor ini dapat mendeteksi setiap perubahan sudut sehingga memudahkan untuk mendeteksi getarannya
4. Dari hasil percobaan, diperoleh tingkat error rata-rata koordinat x sebesar 1,75% dan koordinat y sebesar 4,71% saat robot omni mengikuti lintasan trajectory berupa persegi panjang dengan ukuran panjang 15 m dan lebar 20
5. m. Kestabilan kecepatan putar motor pada robot omni, kendali PID telah diterapkan.

#### REFERENCES

- [1] L. Jasa, I. P. Ardana, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, "Investigate curvature angle of the blade of banki's water turbine model for improving efficiency by means particle swarm optimization," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 170–177, 2017.
- [2] A. N. Afandi, H. Suswanto, I. Fadlika, . M., and Y. Sulistyorini, "Development of a Novel Evolutionary Algorithm Considered Thunderstorm Mechanisms for Optimizing an Economic Dispatch," *Int. J. Hybrid Inf. Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 221–230, 2016.
- [3] L. Ardhenta and W. Wijono, "Photovoltaic Array Modeling under Uniform Irradiation and Partial Shading Condition," *Int. J. Appl. Power Eng.*, vol. 6, no. 3, p. 142, 2017.
- [4] S. Sendari, S. Mabu, and K. Hirasawa, "Two-stage reinforcement learning on credit branch genetic network programming for mobile robots," *IEEJ Trans. Electron. Inf. Syst.*, vol. 133, no. 4, pp. 856–863, 2013.
- [5] D. Kurniawan, D. A. Prasetya, and W. Dirgantara, "Implementasi Propotional Integral Derivative (PID) Control System Pada 2 Degree of Freedom (Dof) Mobil Remote Control (RC) Simulator," *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, vol. 4, no. 1, pp. 227–234, 2019.