

IMPLEMENTASI SISTEM *INERTIAL MEASUREMENT UNIT* ROBOT PENGINTAI MUSUH *OMNIWHEEL* BERBASIS *AUTONOMOUS*

Zihar Nanggala Putra¹⁾, Gatut Yulisusianto²⁾, Fachrudin Usuluddin³⁾

Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Elektronika Sistem Senjata, Poltekad Kodiklatad

Kota Batu, Jawa Timur 65324

Email: nanggalazihar@gmail.com¹⁾, mr.gatut@gmail.com²⁾, fusuluddin@yahoo.com³⁾

IMPLEMENTATION SYSTEM of *INERTIAL MEASUREMENT UNIT* ENEMY SURVEILLANCE *OMNIWHEEL* ROBOT *AUTONOMOUS* BASED

Abstract- *The problem formulation in this study is to design robots that can replace the role of soldiers in reconnaissance tasks. The purpose of this research is to produce a tool or robot that can perform an enemy reconnaissance in carrying out the task of war operations. Reconnaissance of the enemy today still uses human power in a conventional way that is at risk of casualties. On trajectory tracking using rotary encoder sensor by calculating error errors from dc motor rotation that chopped x and y coordinates. In addition, the robot is equipped with ultrasonic sensors, Gyro MPU 6050, and artificial intelligence to avoid impact with other objects. An IMU sensor by detecting or reading motion (linear acceleration and orientation of the movement) using a combination of accelerometer and gyroscope sensors PID method as a spin control of dc motors with reverse kinematics, in the trajectory test using square trajectories, equilateral triangles, and circles with obstacles. The test result obtained an error value of 3.2 %..*

Keywords- *Trajectory encoder, sensors IMU, PID*

Abstrak- Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah merancang robot yang dapat menggantikan peran prajurit dalam tugas pengintaian. Tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan sebuah alat atau robot yang dapat melakukan sebuah pengintaian musuh dalam melaksanakan tugas operasi perang. Pengintaian musuh saat ini masih menggunakan tenaga manusia dengan cara konvensional yang beresiko terjadinya korban. Pada *trajectory tracking* menggunakan sensor *rotary encoder* dengan menghitung kesalahan error dari putaran motor DC yang mencacah koordinat x dan y. selain itu robot dilengkapi sensor ultrasonik, Gyro MPU 6050, dan kecerdasan buatan (*artificial intelegent*) agar terhindar dari benturan dengan objek lain. Sebuah sensor IMU dengan mendeteksi atau membaca gerakan (percepatan linear dan orientasi dari gerakan tersebut) dengan menggunakan gabungan dari kerja sensor *accelerometer* dan *gyroscope* Metode PID sebagai kendali putaran motor DC dengan kinematika balik, pada pengujian *trajectory* tersebut menggunakan lintasan persegi, segitiga sama kaki, dan lingkaran dengan rintangan. Hasil pengujian didapatkan nilai kesalahan error 3,2 %.

Kata kunci- *Trajectory encoder, sensor IMU, PID*

Perkembangan teknologi pada saat ini yang semakin pesat, mendorong manusia untuk selalu menciptakan inovasi di bidang teknologi.

I. PENDAHULUAN

Salah satu diantaranya adalah mesin otomasi yang dirancang sedemikian rupa dengan beberapa tugas dan fungsinya masing-masing sesuai kebutuhan manusia. Robot merupakan alat yang dapat membantu atau menggantikan tugas manusia yang sangat berbahaya. Saat ini robot banyak digunakan sebagai alat yang dapat membantu tugas manusia baik di bidang industri maupun di bidang militer yang menggunakan mesin sebagai alat produksi dimana keduanya sangat rentan akan terjadinya resiko kecelakaan atau korban jiwa yang tinggi. Selain itu robot juga dibagi beberapa jenis salah satunya ialah mobile robot yang memiliki aktuator sebagai *output* sehingga pergerakan robot menjadi lebih fleksibel sesuai permintaan *user* bisa mengikuti lintasan (*line followers*) ataupun menggunakan kecerdasan buatan AI (*artificial intelligence*). Penerapan robot yang digunakan pada bidang militer adalah robot pengintai musuh dengan mengedepankan teknologi sehingga tugas prajurit TNI dalam hal pengintaian akan lebih efisien. Banyak negara maju yang sudah menerapkan teknologi robot tanpa awak pada alutsista perangnya yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Perang kota merupakan pertempuran dalam wilayah atau medan perkotaan baik skala besar maupun skala kecil. Pada perkembangannya perang kota banyak mengalami kemajuan dengan pemanfaatan teknologi pada peralatan tempurnya, namun ada beberapa kendala yaitu masih terdapatnya warga sipil pada zona perang kota sehingga dapat membahayakan keselamatan penduduk sekitarnya.

Pengintaian musuh saat ini masih menggunakan cara konvensional dengan pemanfaatan tenaga manusia hal ini menyebabkan dapat terjadinya korban gugur. Untuk itu perlu dikembangkan suatu alat yang dapat menggantikan tugas manusia (prajurit) untuk melakukan tugas pengintaian musuh sehingga dapat membantu untuk membedakan pasukan musuh dan warga sipil.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian tentang “Sistem Implementasi IMU Robot Pengintai Musuh *Omniwheel* berbasis *Autonomous*” ini menggunakan metode eksperimen untuk mendapatkan data kuantitatif dalam membuktikan hipotesis dan PID (*Proportional Integral Derivative*) dengan beberapa teori untuk mendapatkan hasil dengan nilai kesalahan error yang rendah. Penelitian ini termasuk penelitian *research development* (R&D) merupakan suatu langkah dalam pengembangan penelitian untuk menyempurnakan produk sesuai yang diinginkan dan dapat dipertanggung jawabkan. [1] “Borg and Gall” mendefinisikan (R&D) *is a used process to educational, validate and development*. Sedangkan menurut (Sugiyono,2009-297) penerapan metode digunakan untuk menghasilkan produk dengan keefektifan yang maksimal.

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tahap sebagai berikut:

1. Tahap Analisis

Pada tahap ini peneliti melakukan dua pendekatan terhadap objek yang dikaji. Studi literatur dilakukan untuk memahami pandangan para ahli serta para praktisi teknologi yang berperan aktif dalam perkembangan teknologi, sedangkan studi lapangan dilakukan peneliti untuk menguji dan mengamati alat dalam setiap progresnya.

2. Tahap Desain

Desain alat merupakan salah satu konsep awal yang dilakukan oleh peneliti sebagai langkah dalam menentukan rencana alat yang akan digunakan sebagai objek. Pada tahap ini peneliti merancang suatu model alat dengan meliputi penentuan unsur-unsur yang perlu dimuatkan dalam software serta beberapa komponen mekanik dan elektronika yang akan dikembangkan sesuai dengan desain pembelajaran.

3. Tahap Implementasi

Pada tahap ini digunakan beberapa perhitungan teoritis untuk merealisasikan rangkaian yang diterapkan dan beberapa hasil Analisa dan desain yang telah di uji sampai dengan yang di harapkan serta mengetahui kekurangan dan kelebihan sistem dan penerapan pada aplikasi program.

4. Tujuan Pengujian Alat

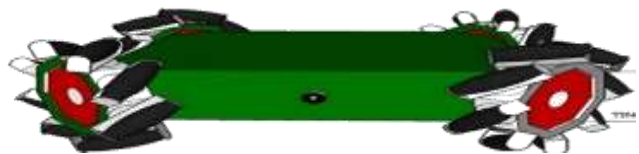
Pengujian alat dilaksanakan pada medan tertutup berupa Gedung dengan berbagai lintasan dan beberapa peralatan instrumentasi, dilaksanakan secara berulang-ulang untuk menguji sistem sesuai dengan

yang direncanakan dan melihat perkembangan stabilitas tingkat eror yang rendah. Untuk meminimalisir eror desain sehingga desain yang digunakan benar-benar berjalan sebaik mungkin.

A. Perencanaan Sistem

Dalam perancangan pembuatan Sistem Implementasi *Inertial Measurement Unit* (IMU) pada Robot Pengintai Musuh (*omniwheel*) berbasis *Autonomous* dengan memanfaatkan bahan yang sudah tersedia untuk suatu konsep gambar merancang alat.

a. Perancangan mekanik



Gambar 2.1 Desain robot

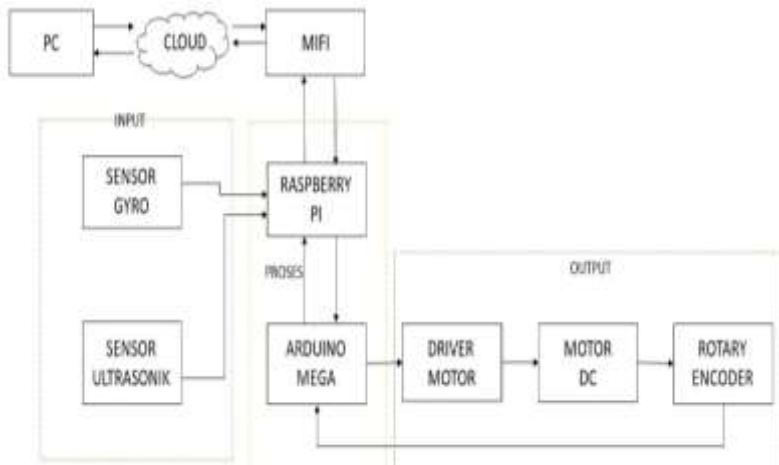
Adapun desain mekanik pada pembuatan sistem ini yaitu memiliki dimensi Tinggi badan robot 4,5 cm, Panjang badan robot 18 cm, Lebar badan robot 18 cm, Diameter roda 58 mm, Berat robot 950 gr, Bahan badan robot akrilik.

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian

ALAT DAN BAHAN	JUMLAH
ARDUINO MEGA 2560	1
RASPBERRY PI	1
KABEL JUMPER	2
RESISTOR	5
ROTARY ENCODERS	4
PCB	1
TIMAH	1

SOLDER	1
BAUT	6
BATERAI LIPO	1
ANDROID	1
OBENG	1
DRIVER MOTOR	2
DRIVER BATERAI	1
SENSOR ULTRASONIK	2
SENSOR MPU 6050	1
BOX	1

- b. Perancangan sistem yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan cara sebagai berikut:



Gambar 2.2 Blok diagram alat

Blok diagram diatas digunakan untuk membuat pemahaman yang lebih baik dari fungsi dan hubungan dalam sistem. Berikut ini alur kerja dari blok diagram alat diatas:

- a. *PC/Server* berfungsi untuk pengendali dari robot *Omniwheel* yang sudah berbasis IoT(*Internet of Things*) dan sebagai monitor oleh user hasil dari *Image Processing* serta memberikan masukan berupa titik koordinat di cloud/server.
- b. *Raspberry Pi* berfungsi untuk mengolah data yang diterima oleh sensor

ultrasonic dan *gyroscope*, serta mengambil data koordinat di *cloud/server*.

c. *Arduino mega 2560* mendapatkan titik koordinat yang diterima oleh *raspberry pi* selanjutnya mengontrol *driver* motor yang berhubungan langsung dengan roda *Omniwheel*

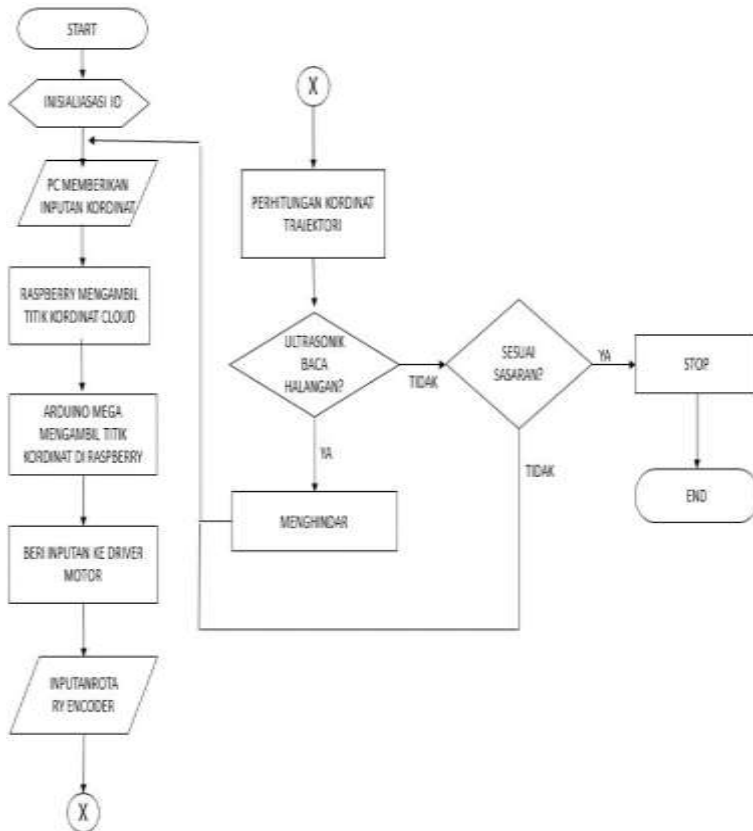
d. Sensor Gyro berfungsi untuk menyeimbangkan posisi derajat pada robot tersebut sehingga server dapat mengetahui kemiringan yang ada di robot tersebut.

e. Sensor Ultrasonik berfungsi untuk mengetahui jarak medan penghalang di sekitar robot sehingga server akan mengetahui bila ada gangguan dari sekitar robot.

f. Motor Driver berfungsi untuk meneruskan inputan kepada motor DC menggerakkan robot beroda yang menggunakan 4 buah roda *omniwheel* sesuai inputan yang diberikan *Arduino mega 2560*.

g. *Rotary encoder* merupakan output yang dihasilkan dari putaran motor DC yang selanjutnya inputan tersebut akan diolah oleh *Arduino mega 2560* untuk dikalkulasikan perhitungan *trajectory*.

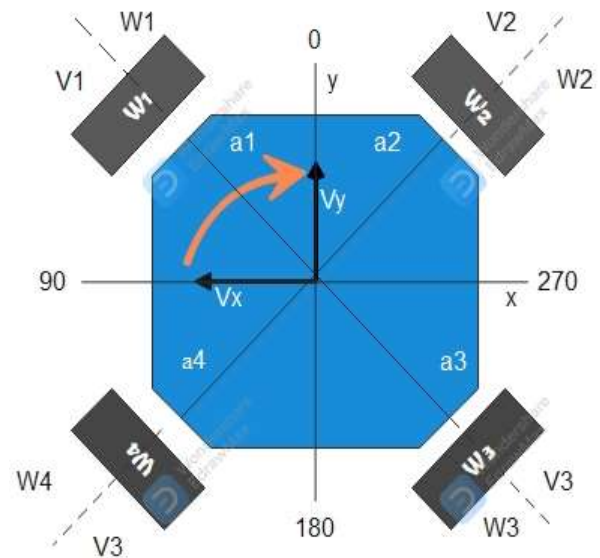
Gambaran alur kerja dari alat yang digunakan dari beberapa komponen elektronik



Gambar 2.3 Flowchart sistem

Berdasarkan jenisnya, jenis robot ini termasuk dalam golongan *holonomic robot* yang dapat bertranslasi secara *mobile* ke kiri ataupun kanan tanpa harus mengubah suatu orientasi robot menggunakan kinematika balik dalam merubah masukan posisi ke bentuk koordinat (x,y) dengan sudut θ menjadi kecepatan pada setiap roda [2] dan arah putaran roda merupakan rancangan robot omni dengan bentuk frame “X” dengan empat buah roda sehingga sudut yang terbentuk antar sumbu roda dengan sumbu y , $\alpha\alpha1 = 49^\circ$, $\alpha\alpha2 = 140^\circ$, $\alpha\alpha3 = 225^\circ$, $\alpha\alpha4 = 320^\circ$.

c. Kinematika pada Omnidirectional Robot

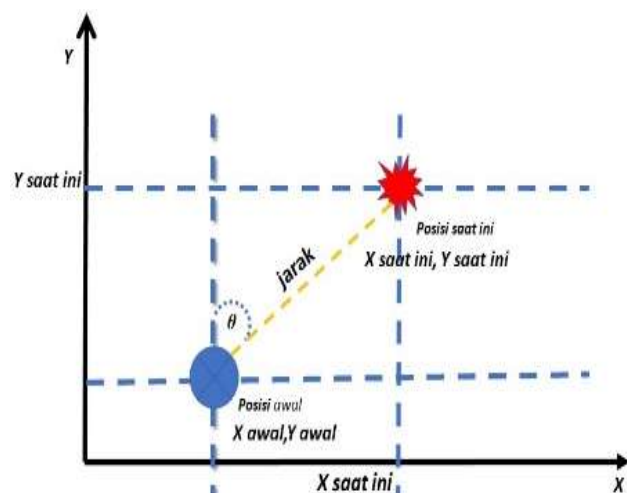


Gambar 2.4 Konfigurasi roda

Sensor three-axis accelerometer ini digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi kemiringan payload terhadap sumbu x (pitch) dan sumbu y (roll). [3]

$$\text{Pitch} = \arctan \left(\frac{a_x}{\sqrt{(a_y)^2 + (a_z)^2}} \right) \times \left(\frac{180}{\pi} \right) \quad (1)$$

$$\text{Roll} = \arctan \left(\frac{a_y}{\sqrt{(a_x)^2 + (a_z)^2}} \right) \times \left(\frac{180}{\pi} \right) \quad (2)$$



Gambar 2.5 Kondisi awal perhitungan jarak

Keterangan :

a_x = Nilai Accelerometer sumbu x

a_y = Nilai Accelerometer sumbu y

a_z = Nilai Accelerometer sumbu z

π = Phi (3,14159)

$$V1 = -\sin(a1) + (a1)y + R\theta \quad (3)$$

Pada kecepatan sudut maka akan dihitung masing-masing roda dengan menggunakan

$$v_1 = R\omega_1 \quad (4)$$

Bila diuraikan pada masing-masing roda maka akan diperoleh persamaan kinematik balik

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} -\sin(a1) & \cos(a1) & R \\ -\sin(a2) & \cos(a2) & R \\ -\sin(a3) & \cos(a3) & R \\ -\sin(a4) & \cos(a4) & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} -\sin(49^\circ) & \cos(49^\circ) & R \\ -\sin(140^\circ) & \cos(140^\circ) & R \\ -\sin(225^\circ) & \cos(225^\circ) & R \\ -\sin(320^\circ) & \cos(320^\circ) & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

Perhitungan pada *cosinus* radian yang diubah menjadi:

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} -\sin(0,656) & \cos(-0,656) & R \\ -\sin(0,766) & \cos(-0,766) & R \\ -\sin(0,707) & \cos(-0,707) & R \\ -\sin(0,642) & \cos(-0,642) & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}$$

sumbu gerak Kartesian, maka perubahan koordinat posisi x (x_{tempuh}) dan koordinat posisi y (y_{tempuh}) dapat dihitung menggunakan

$$X_{tempuh} = \frac{pulse(x)}{resolusi} KW(x) \quad (7)$$

$$Y_{tempuh} = \frac{pulse(y)}{resolusi} KW(y) \quad (8)$$

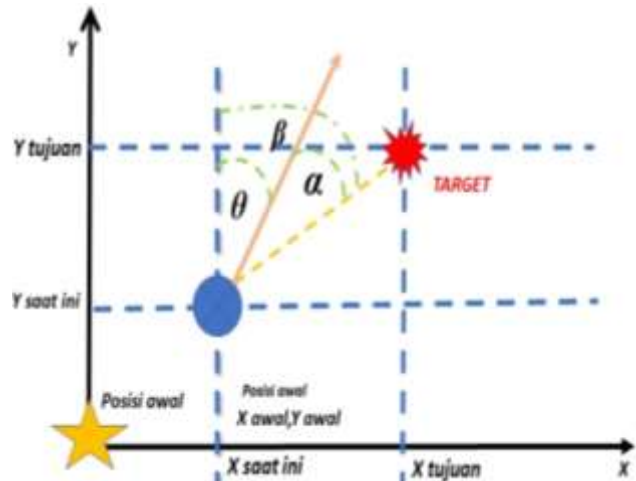
Untuk *monitoring* orientasi arah tujuan robot omni (θ), koordinat posisi saat ini ($x_{saat_ini}, y_{saat_ini}$) relatif pada pergerakan posisi awal (x_{awal}, y_{awal}), maka orientasi robot (θ) Sedangkan panjang jarak tempuh dari posisi saat ini terhadap posisi awal

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_{tempuh}}{Y_{tempuh}} \quad (9)$$

Jarak=

$$\sqrt{(X_{saat\ ini} - X_{awal})^2 + (Y_{saat\ ini} - Y_{awal})^2} \quad (10)$$

Secara lengkap, perubahan koordinat dan orientasi tiap waktu ke waktu. Nilai perubahan tersebut terdiri atas perubahan posisi orientasi dan koordinat robot terhadap koordinat global robot, dengan θ merupakan arah orientasi robot dan target bearing (β) yaitu sudut antara posisi robot saat ini terhadap titik tujuan. Untuk menentukan nilai β dan *heading error robot* (α)



Gambar 2.6 Perhitungan jarak sumbu kartesian saat mencapai sasaran

$$\beta = 90^\circ - \left[\tan^{-1} \frac{Y_{tujuan} - Y_{saat\ ini}}{X_{tujuan} - X_{saat\ ini}} \right]$$

$$\alpha = \beta - \theta$$

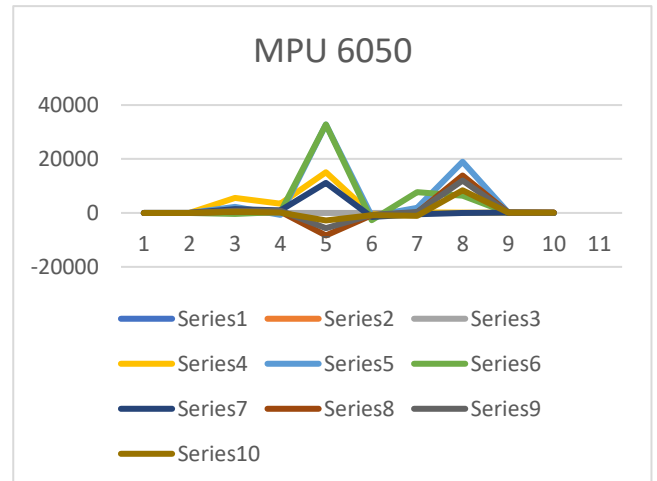
Jarak =

$$\sqrt{(X_{tujuan} - X_{saat\ ini})^2 + (Y_{tujuan} - Y_{saat\ ini})^2}$$

(11)

III. PEMBAHASAN

Pengujian Sensor MPU6050 (*Accelerometer* dan *Gyroscope*) 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.



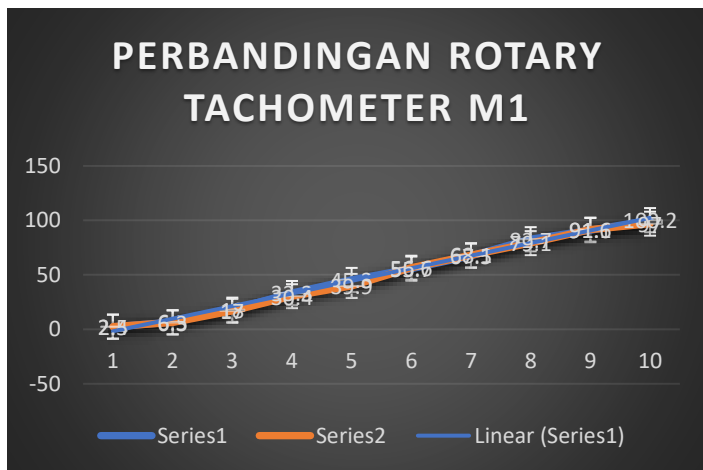
Gambar 3.1 Uji MPU 6050

Pada pengujian ini dilakukan pengujian pengukuran percepatan terhadap sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Implementasi Sensor *Inertial Measurement Unit* terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Berikut adalah hasil pengujian sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope*. Dari rumus 1 dan 2 maka

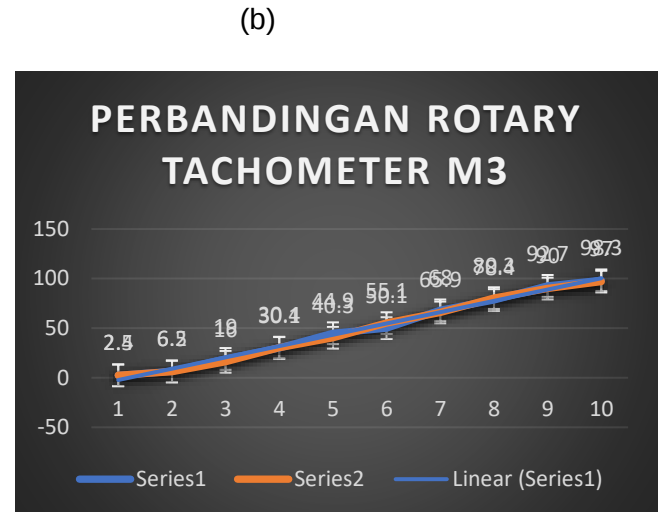
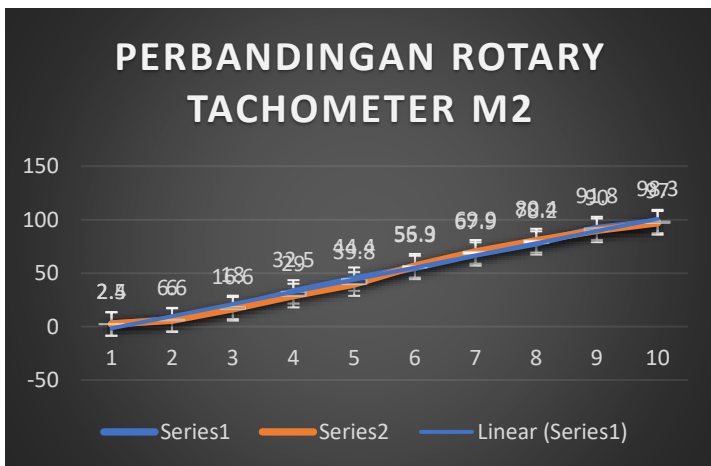
Tabel 2. Data sensor MPU 6050

NO	KEMIRINGAN (°)	DATA SENSOR ACCELO			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

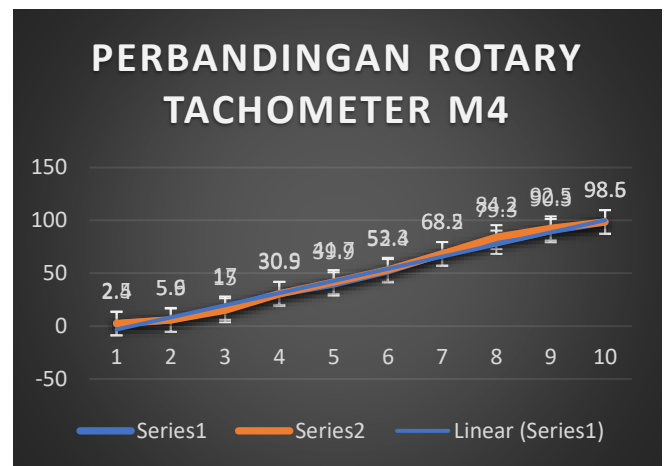
PWM	ROTARY ENCODER				TACHOMETER				TEGANGAN
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
	ROTATION PER MINUTES (RPM)								
10	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	0,4777
15	6,5	6,6	6,5	5,6	6,3	6	6,2	5,9	0,9411
21	18	18	19	17	17	16,6	16	15	1,8823
46	33,3	32,5	30,1	30,9	30,4	29	30,4	30,5	3,7566
85	45,3	44,4	44,9	39,9	39,9	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



(a)



(b)



(c)

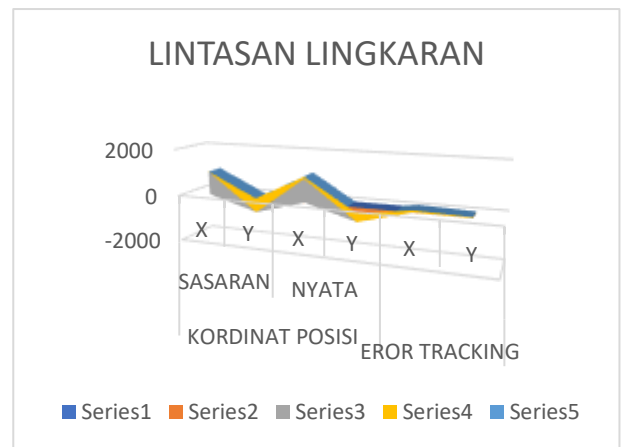
Gambar 3.2 Grafik perbandingan rotary dan tachometer

Tabel 3. Uji tracking lintasan persegi

KORDINAT POSISI				EROR	
SASARAN		NYATA		TRACKING	
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

Tabel 4. Uji tracking lintasan segitiga

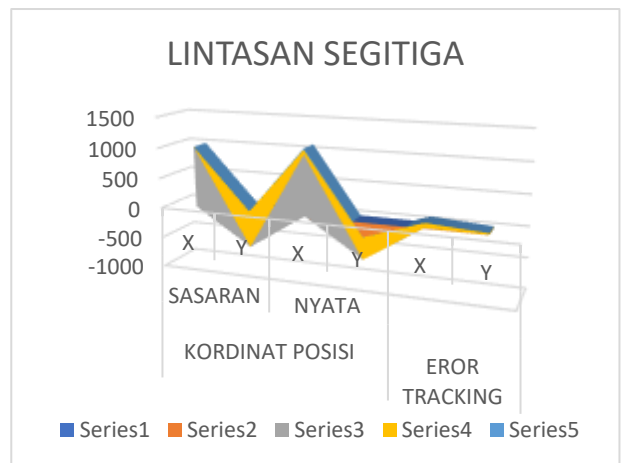
KORDINAT POSISI				EROR	
SASARAN		NYATA		TRACKING	
X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	0	0	0
0	-391	9	-409	9	9
699	0	701	1	16	1
0	-392	21	407	22	4
0	0	1	1	0	1



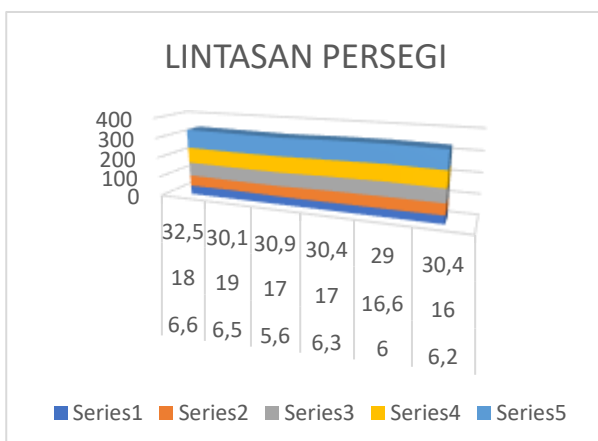
(b)

Tabel 5. Uji tracking lintasan lingkaran

KORDINAT POSISI				EROR	
SASARAN		NYATA		TRACKING	
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



(c)



(a)

Gambar 3.3 Grafik Uji tracking lintasan

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.

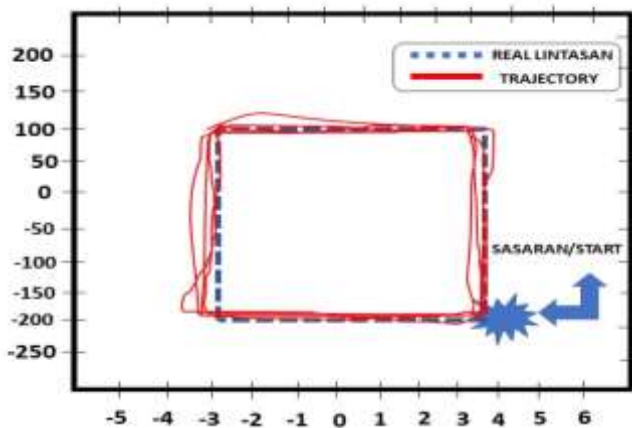
IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

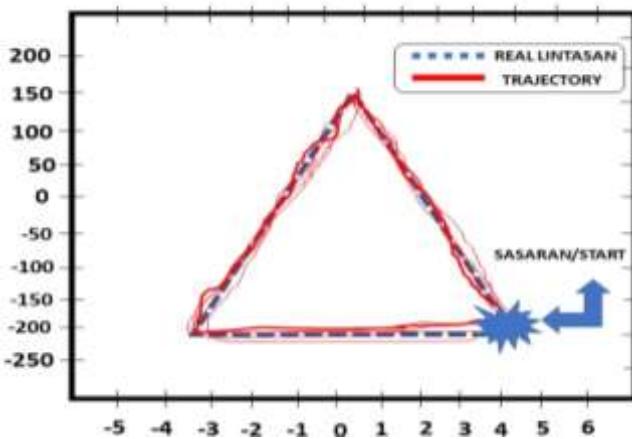
1. Mobile robot akan melaksanakan pengintaian sesuai jalur yang telah ditentukan dengan *omni wheel* ini dapat bergerak dan berputar ke segala arah dengan lintasan yang datar dapat memberikan akselerasi robot untuk bergerak secara efisien dengan persentase keberhasilan pengujian pergerakan robot ini sebesar 89,31%
2. Pada pengujian ini terdapat error pada sensor Inertial Measurement unit (IMU). Sensor ini dapat mendeteksi setiap perubahan sudut sehingga memudahkan untuk mendeteksi getarannya
3. 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 m. Kestabilan kecepatan putar motor pada robot omni, kendali PID telah diterapkan.

B. Saran

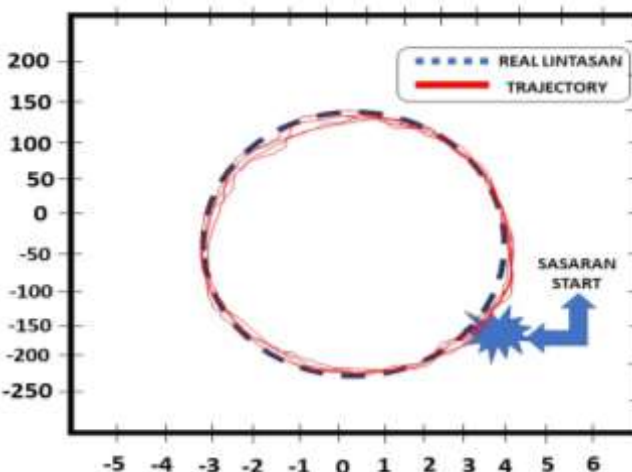
Kepada peneliti yang akan mengembangkan, agar memerhatikan spesifikasi komponen, teruma



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.4 Data tracking maps trajectory

terhadap display android yang juga sebagai alat pengatur robot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. k. pratama, "pengembangan learning management system (LMS) berbasis android," *unibersitas pendidikan indonesia*, p. 46, 2012.
- [2] Fahmizal, D. U. Rijalussalam, M. Budiyanto and A. Mayub, "Trajectory Tracking pada Robot Omni dengan Metode odometry," *JNTETI*, vol. Vol. 8, no. ISSN 2301 – 4156, p. 36, 2019.
- [3] Mudarris and S. G. Zain, "Implementasi Sensor Inertial Meansurenment Unit (IMU) untuk Monitoring Perilaku Roket," *AVITEC*, vol. Vol. 2, no. E-ISSN 2715-2626 , p. 57, 2020.
- [4] D. I. Setyawan, H. Tolle and A. P. Kharisma, "Perancangan Aplikasi Communication Board Berbasis Android Tablet Sebagai Media Pembelajaran dan Komunikasi Bagi Anak Tuna Rungu," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* , p. 2937, 18.
- [5] Fahmizal, D. U. Rijalussalam, M. Budiyanto and A. Mayub, "Trajectory Tracking pada Robot Omni dengan Metode Odometry," *JNTETI*, p. 35, 2019.
- [6] S. Hanum, "PEMANFAATAN APLIKASI PENGAMBAR DIAGRAM ALIR (FLOWCHART) SEBAGAI BAHANAJAR UNTUK MATA KULIAH SISTEM AKUNTANSI DI FAKULTAS EKONOMI PADA PERGURUAN TINGGI SWASTA DI KOTA MEDAN," *KITABAH*, p. 1, 2017.
- [7] D. Setiawan, M. Syafaat and A. Setiawan, "SISTEM ESTIMASI SIGNAL TO NOISE RATIO UNTUK KOMUNIKASI DATA DARI ROBOT (OMNIWEEL) KE ANDROID DENGAN MENGGUNAKAN METODE KORELASI," p. 1, 2020.
- [8] D. I. Setyawan, H. Tolle and A. P. Kharisma, "Perancangan Aplikasi Communication Board Berbasis Android Tablet Sebagai Media Pembelajaran dan Komunikasi Bagi Anak Tuna Rungu," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, p. 2937, 2018.
- [9] M. Syamsuddin, "PENGARUH IKLAN, HARGA, KUALITAS PRODUK DAN KUALITAS LAYANAN TERHADAP PEMBELIAN MODEM SMARTFREN," *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen*, p. 3, 2017.
- [10] Siswanto, M. Anif, D. N. Hayati and Yuhefizar, "Pengamanan Pintu Ruangan Menggunakan Arduino Mega 2560, MQ-2, DHT-11 Berbasis Android," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, p. 67, 2019.
- [11] S. Yuliza and U. N. Kholifah, "ROBOT PEMBERSIH LANTAI BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN SENSOR ULTRASONIK," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, p. 3, 2015.
- [12] F. Beny, "IMPLEMENTASI SENSOR IMU MPU6050 BERBASIS SERIAL I2C PADA SELF-BALANCING ROBOT," *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, pp. 20-21, 2016.
- [13] H.-K. Jia, L.-D. Yu, H.-N. Z. Yi-Zhou Jiang and J.-M. Cao, "Compensation of Rotary Encoders Using Fourier Expansion-Back Propagation Neural Network Optimized by Genetic Algorithm," *sensors*, p. 3, 2020.
- [14] K. Ganesan, U. Walele, N. Hambire, P. Choughule and D. Oommen, "Raspberry-Pi Based Automated Greenhouse," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, p. 4, 2018.
- [15] I. Marwan, A. Rohyana and E. Listyasari, "MODEL ALAT UKUR KECEPATAN DAN KETEPATAN TENDANGAN FINALTY PERMAINAN SEPAK BOLA BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL," *Jurnal SPORT*, p. 9, 2016.
- [16] N. Ridha, "PROSES PENELITIAN, MASALAH, VARIABEL DAN PARADIGMA PENELITIAN," *Jurnal Hikmah*, pp. 63-66, 2017.

