

Available online at [www.elektro.itn.ac.id](http://www.elektro.itn.ac.id)

Journal Of **ALINIER**  
Artificial Intelligence & Applications

Journal homepage: [www.elektro.itn.ac.id](http://www.elektro.itn.ac.id)

# Implementasi Sistem Kontrol pada Robot Penjaga Gawang Berbasis Odometry dan PID

Raynold Dwi Agung Wardana<sup>a</sup>, Koko Joni<sup>b</sup>, Kunto Aji Wibisono<sup>c</sup>, Miftachul Ulum<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

<sup>c</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

<sup>d</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

## INFORMASI

### Kata kunci:

Robot penjaga gawang

Odometry

PID

## ABSTRACT

A soccer robot with wheels is a robot that works as a team to play a soccer game. The goalkeeper robot in soccer plays an important role in the field because it can guard and save the goal by catching the ball that will enter the goal itself. The work system on the goalkeeping robot uses the odometric method, namely by controlling the movement of the robot towards the axis coordinates (x, y) so that the movement of the robot is more accurate. Odometry that uses 4 motor internal rotary encoders functions as a pulse reading which has a difference in angle. Motor 1 has an angle of 45°, motor 2 has an angle of 135°, motor 3 has an angle of 225° and motor 4 has an angle of 315°. With the PID method system to adjust the wheel speed so that a fast rotation response is obtained to achieve the set point and stability of the motor. From the results of research using a field size of 4.5m x 6m, the motor internal rotary encoder sensor produces a distance of 10cm at 1 0.5 revolutions and 37.5 pulses. At 1 full turn and 75 pulses, a 24 cm wine is produced. At 1.5 revolutions and 112.5 pulses, a distance of 35 cm is generated. At 2 turns and 150 pulses, the resulting distance is 49 cm. For the mean error of the results of the research that has been done is 1%.

Robot sepak bola beroda adalah suatu robot yang bekerja secara tim untuk melakukan permainan sepak bola. Peran penjaga gawang dalam permainan ini sangat penting di lapangan karena merupakan pertahan terakhir menyelamatkan bola sebelum bola masuk gawang pertahanan area sendiri. Robot sepak bola penjaga gawang dengan menggunakan metode odometry diatur oleh pergerakan pada robot menuju titik yang ditarget di (x,y) sehingga penggerakan robot penjaga gawang. Odometry yang menggunakan empat rotary encoder internal motor sebagai pembacaan pulsa, mempunyai selisih sudut motor satu 45°, motor dua 135°, motor tiga 225°, motor empat 315°. Dengan system metode PID untuk mengatur kecepatan roda sehingga didapatkan respon kecepatan yang cepat mencapai set point serta setabil. Pada pengujian metode ini memakai lapangan robot sepak bola beroda dengan ukuran setengah lapangan 4.5m x 6m, pada sensor rotary encoder internal motor sebesar 0.5 putaran 37.5 pulsa jarak dihasilkan 10 cm, 1 putaran 75 pulsa jarak dihasilkan 24 cm, 1,5 putaran 112.5 pulsa jarak dihasilkan 35 cm, 2 putaran 150 pulsa jarak dihasilkan 49 cm, dan Mean Error 1%.

## 1. Pendahuluan

Teknologi membuat segala sesuatu menjadi lebih mudah, hal ini bisa kita lihat dalam penelitian pada bidang robotika. Kegunaan robotika dalam kehidupan yakni berfungsi untuk meringankan pekerjaan manusia yang meliputi bidang kesehatan, olahraga, pertanian, peternakan, perikanan dan lain-lain. Banyak penelitian tentang robot memanfaatkan robot untuk melakukan kegiatan olahraga. Seperti pada robot *soccer* atau robot sepak bola. Robot sepak bola adalah robot yang memiliki kemampuan untuk bergerak melakukan pertandingan sepak bola dimana, robot harus mencari bola, mencari

gawang, menghindari musuh, mengumpan bola dan menendang bola ke gawang lawan.

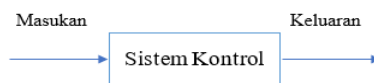
Berbeda dengan robot penjaga gawang. Robot penjaga gawang bertugas untuk menghadang bola yang memasuki gawang. Robot ini harus mampu mendeteksi bola dengan akurat untuk menentukan pergerakan robot selanjutnya dan menangkis bola dengan tepat agar tidak terjadi sebuah gol. Tangkisan ini terkadang membahayakan, karena bisa jadi ketika ditangkis, bola malah terpental ke gawang sendiri.

Oleh karena itu, diusulkan sebuah desain mekanik penangkis bola dengan respon yang cepat dalam pergerakannya, mendeteksi bola dengan tepat sehingga mampu menjaga gawang sendiri yang bekerja secara otomatis. Robot penjaga gawang ini akan mendeteksi bola dengan menggunakan kamera dan metode *odometry* dan PID sebagai kontroler kecepatan roda pada robot.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah sebuah kelompok perangkat yang dirancang atau suatu set perangkat, yang mengelola suatu proses, diperintahkan, diarahkan bertujuan atau mengatur tindakan yang keinginan alat atau sistem lain untuk tujuan proses hasil yang sempurna diinginkan. Dengan kata lain, definisi sistem kontrol dapat disederhanakan sebagai sistem, yang mengontrol sistem lain. Ketika peradaban manusia dimodernisasi hari demi hari, permintaan akan otomasi semakin meningkat. Otomasi sangat membutuhkan kontrol perangkat.

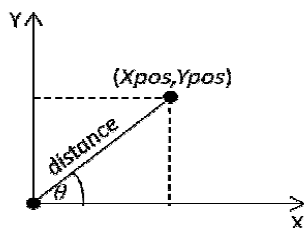


Gambar 1. diagram blok hardware

### 2.2. Odometry

Odometry adalah sebuah digunakan data dari gerakan actuator yang terjadi untuk memperkirakan keadaan berubah lokasi dari waktu ke waktu. Odometry sering dipakai pada yang terjadi sering menentukan tempat robot pelayan secara real time [6]. Ketika hubungan antara daya motor dan kecepatan di telah ditentukan, maka robot dapat menghitung jarak yang dipindahkan oleh (x,y). Jika dimulai pada posisi (0, 0) dan bergerak lurus sepanjang sumbu x, kemudian setelah detik posisi barunya.

Tiga item-item informasi perlu dihitung jika gerakannya ada dalam dua dimensi posisi robot (x, y) relatif terhadap asal mula dan posnya  $\theta$ , arah masuk yang ditunjukkan robot Triple (x, y,  $\theta$ ) disebut pose dari robot. Jika robot dimulai pada titik asal (0, 0) dan bergerak dalam garis lurus pada sudut  $\theta$  dengan kecepatan v untuk waktu t, jarak yang dipindahkan adalah  $s = vt$ . Posisi barunya (x, y) adalah:



Gambar 2. ilustrasi pada sumbu cartesian

$$X \text{ pos} = \text{distance} \times \sin(\theta)$$

$$Y \text{ pos} = \text{distance} \times \cos(\theta)$$

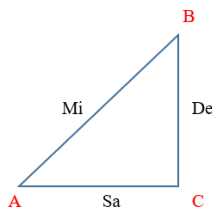
Robot sangat yang lebih penting untuk definisikan yang secara arah dan laju terjadi kecepatan pada suatu robot. Sifat robot macam ini melalui dalam suatu bidang utama robot pada holonomic. Merupakan robot bergerak yang sebelah kiri dan kanan tanpa terlebih dahulu sebuah diubah nilai yang orientasi pada robot, dengan digunakan sebuah kinematika kembali suatu diubah pada memasukkan (input) lokasi dalam hujut nilai koordinat (x,y) dengan sudut  $\theta$  suatu kecepatan terjadi masing-masing roda, yaitu  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ , dan arah di parameter putaran roda. Gambar dan Tabel merupakan desain mekanik robot omni dengan suatu hujut pada frame arah "X" pada empat suatu roda sehingga sudut yang dihasilkan terbentuk antar sumbu roda nilai dengan terbentuk sumbu y,  $\alpha_1 = 45^\circ, \alpha_2 = 135^\circ, \alpha_3 = 225^\circ, \alpha_4 = 315^\circ$ .

Sebuah rumus trigonometri untuk mencari suatu jarak suatu panjang sisi-sisi segitiga dapat ditulis rumus hasilkan dibawah ini:

$$\sin \alpha^\circ = \frac{a}{c} \rightarrow \left[ \text{demi} = \left( \frac{\text{de pan}}{\text{mi ring}} \right) \right] \quad (1)$$

$$\cos \alpha^\circ = \frac{b}{c} \rightarrow \left[ \text{sami} = \left( \frac{\text{sa mping}}{\text{mi ring}} \right) \right] \quad (2)$$

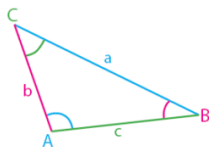
$$\tan \alpha^\circ = \frac{a}{b} \rightarrow \left[ \text{desa} = \left( \frac{\text{de pan}}{\text{sa mping}} \right) \right] \quad (3)$$



Gambar 3. segitiga trigonometri

### 2.3. Trigonometri

Trigonometri merupakan cabang ilmu Matematika yang melibatkan dua bidang teori penting, yaitu teori bilangan dan geometri. Salah satu kegunaan trigonometri yang paling modern adalah untuk memprediksi arah datang bola pada pertandingan robot sepak bola. Hal tersebut dapat dilakukan karena ketika bola ditendang terdapat segitiga yang terbentuk, dengan menggunakan trigonometri dapat dihitung besar sudut segitiga tersebut saat terbentuk. Sebesar yang terjadi perbedaan mengukur pada segitiga, angka sudut yang bentuk pada segitiga cenderung hampir konstan, terjadi berubah sisi-sisi pada segitiga dekat linier [6]. Untuk mendapatkan nilai sudut pada segitiga dari pergerakan bola kita harus mencari nilai dari sisi-sisi segitiga tersebut. Nilai sisi-sisi tersebut dapat dicari menggunakan persamaan euclidean distance.

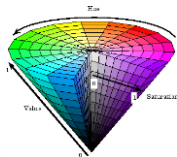


Gambar 4. segitiga ABC

### 2.4. Ruang Warna HSV

Model warna HSV merupakan ruang warna yang cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, karena HSV dapat menoleransi perubahan intensitas cahaya. Kepanjangannya HSV yaitu Hue, Saturation dan Value, dimana Hue merupakan nilai warna sebenarnya seperti, merah, kuning, violet, hijau dan sebagainya. Saturation merupakan kemurnian atau kekuatan warna (chroma) dari sebuah warna. Sedangkan value menyatakan kecerahan dari warna yang nilainya berkisar 0-100 %, apabila nilai dari sebuah warna mendekati 0 maka warnanya akan menjadi gelap dan apabila nilai V semakin besar maka warna tersebut akan semakin cerah dan akan muncul variasi-variasi warna baru.

HSV sangat cocok digunakan untuk identifikasi warna pada robot, karena model warna HSV merepresentasikan warna yang dilihat oleh mata manusia [15]. Dengan sistem vision yang menggunakan model warna HSV dapat dengan mudah untuk mendeteksi objek yang diinginkan berdasarkan warnanya, sehingga robot dapat mengenali objek apa saja yang ada disekitarnya.



Gambar 5. model warna HSV

## 3. Metodologi

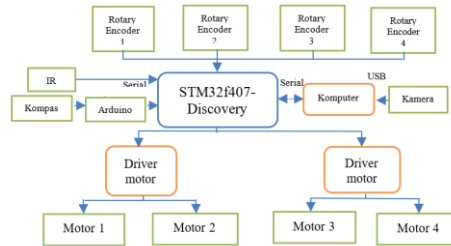
Adapun metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

### 3.1. Perancangan Hardware

Perancangan hardware pada penelitian ini meliputi diagram blok hardware, rancangan mekanik, dan rancangan area lapangan.

#### a. Diagram Blok Hardware

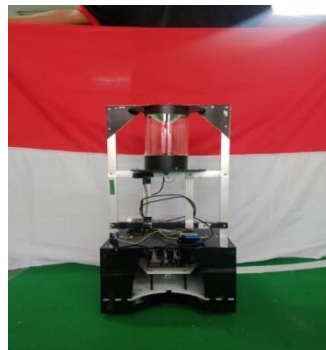
Diagram blok *hardware* pada sistem robot penjaga gawang secara otomatis menggunakan berbagai macam *hardware* yang terintegrasi seperti terlihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. diagram blok hardware**

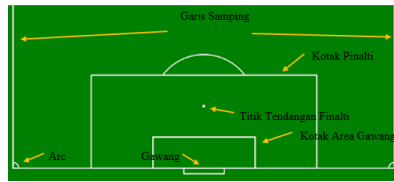
Dari diagram blok *hardware* yang dibuat, berikut adalah list kebutuhan *hardware* beserta fungsinya dari spesifikasi sistem yang sudah direncanakan.

- Laptop/PC (1 buah)  
berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang berkaitan dengan *input* dari kamera.
  - Mikrokontroler Arduino (1 buah)  
berfungsi sebagai pusat penerima data dari komputer, sensor dan pengolahan data yang berhubungan dengan *output*.
  - STM32F407-Discovery (1 buah)  
berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengolah data kompas, kamera, dan *encoder*.
  - Driver Motor *H-Bridge* (2 buah)  
sebuah modul yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor.
  - Motor DC 25GA370 (4 buah)  
berfungsi mengatur kecepatan dan arah putaran dari motor.
  - Roda omni (4 buah)  
roda yang mampu bergerak ke segala arah.
  - Kamera (1 buah)  
berfungsi mendeteksi bola.
  - Sensor infrared (1 buah)  
berfungsi sebagai pembaca jarak.
  - Sensor kompas (1 buah)  
berfungsi sebagai navigasi untuk menentukan arah pergerakan bola.
  - Baterai lipo (2 buah)  
berfungsi sebagai catu daya.
  - Plat almunium
  - berfungsi sebagai bahan kerangka robot.
- b. Rancangan Mekanik  
Perancangan mekanik yang bagus dan presisi dapat mempengaruhi kinerja dan manuver dari robot tersebut. Gambar 7 merupakan mekanik robot penjaga gawang. Spesifikasi mekanik robot terbuat dari almunium dengan tebal 2 mm dan 5 mm, keempat roda menggunakan roda omni berdiameter 5,8 cm, dan ukuran robot tinggi 60 cm dan lebar 30 cm.



**Gambar 7. rancangan mekanik robot penjaga gawang**

- c. Rancangan Area Lapangan  
Perancangan area lapangan pertandingan seperti pada Gambar 8, dimana ukurannya sebesar 9 m x 6 m.



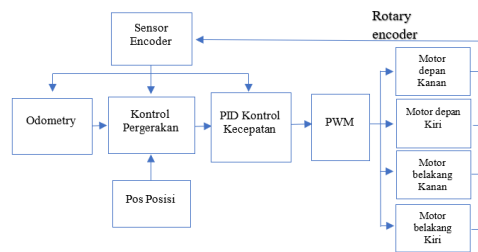
Gambar 8. rancangan area lapangan

3.2. Perancangan Software

Perancangan software pada penelitian ini meliputi diagram blok konfigurasi penerapan metode odometry, diagram blok PID, dan implementasi sistem.

a. Diagram Blok Konfigurasi Penerapan Metode *Odometry*

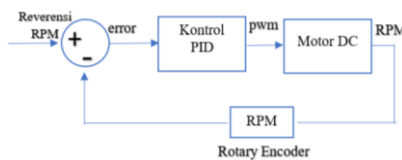
Diagram blok konfigurasi penerapan metode *odometry* pada robot penjaga gawang seperti terlihat pada Gambar 4. Langkah pertama dimulai dengan gerakan robot mencari pos posisi yang telah diatur di titik X sebesar 3 m. Kemudian kamera akan mendeteksi pergerakan bola sehingga dapat diperoleh nilai sudut dan kecepatan dari bola itu sendiri. Robot akan mengikuti arah pergerakan dari bola menggunakan metode *odometry*. Metode *odometry* ini akan menghitung nilai pulsa motor untuk memperoleh nilai jarak tempuh robot yang sesuai dengan arah gerakan bola. Fungsi dari PID disini untuk mengontrol kecepatan putaran roda berupa nilai PWM pada masing-masing motor.



Gambar 9. diagram blok konfigurasi penerapan metode odometry

b. Diagram Blok PID

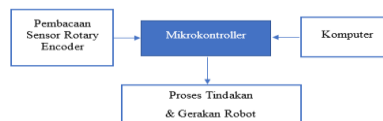
Penerapan metode PID pada robot penjaga gawang seperti terlihat pada Gambar 5. Nilai *set point* berupa nilai kecepatan (RPM), kemudian sensor *encoder* akan membaca nilai pulsa kecepatan (RPM) dari gerakan bola. Nilai pembacaan *encoder* ini akan dibandingkan dengan nilai *setpoint* dimana menghitung nilai selisih *set point* dan hasil pembacaan *encoder* yang disimpan pada nilai *error*. Nilai *error* ini akan diproses oleh PID, sedangkan output PID yang diperoleh berupa nilai kecepatan (PWM) yang akan diproses oleh motor DC. Nilai PWM ini tentunya akan sama dengan nilai RPM gerakan bola.



Gambar 10. diagram blok PID

c. Implementasi Sistem

Implementasi sistem yang telah dirancang terlihat pada Gambar 6. Kamera akan mendeteksi pergerakan bola kemudian data kamera akan dikirim ke mikrokontroler untuk menentukan berapa gerakan *rotary encoder* yang harus dijalankan.



Gambar 11. implementasi sistem

## 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan analisa pada robot penjaga gawang meliputi pengujian sensor rotary encoder internal, pengujian sensor gyroscope, pengujian kalibrasi warna pada kamera, pengujian pergerakan robot, dan pengujian mapping area lapangan.

### 4.1. Pengujian Sensor Rotary Encoder Internal

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah sensor rotary encoder internal yang terpasang pada motor menghasilkan pulsa. Pada pengujian sensor ini, sensor rotary encoder internal diputar sebesar  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , dan 2 putaran penuh. Masing- masing putaran dapat dilihat pada pulsa yang terbaca oleh mikrokontroler. Jumlah pulsa yang terbaca ini di tampilkan pada LCD 40 X 2. Berikut adalah hasil pembacaan pulsa per putaran seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 – Pengujian pulsa per putaran

Error Pulsa/Putaran	$\frac{1}{2}$ putaran (37.5 pulsa)	1 putaran (75 pulsa)	1 $\frac{1}{2}$ putaran (112.5 pulsa)	2 putaran (150 pulsa)	Mean Error
Rotary 1	10 cm	24 cm	35 cm	49 cm	1 %
Rotary 2	10 cm	23 cm	34 cm	48 cm	0 %
Rotary 3	12 cm	23 cm	35 cm	49 cm	2 %
Rorary 4	10 cm	23 cm	35 cm	49 cm	1 %

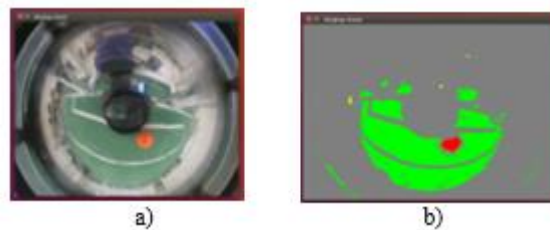
### 4.2. Pengujian Kalibrasi Warna pada Kamera

Sampel warna pada citra diambil dan dijadikan sebagai indeks warna dan disimpan dalam sebuah *Look Up Table*. Format warna yang digunakan dalam kalibrasi adalah format HSV, segmentasi warna pada gambar dikelompokkan menjadi empat warna yaitu hijau, putih, magenta, dan orange. Hasil pengambilan dari sampel warna citra dengan format HSV ada enam nilai thresholding untuk setiap warna seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 – Nilai threshold warna HSV

Objek		Range warna HSV					
Nama	Warna	H max	H min	S max	S min	V max	V min
Lapangan	Hijau	118	88	44	14	150	70
Garis	Putih	312	0	16	0	209	129
Bola	Orange	237	124	100	49	255	221

Setelah itu, akan dicari nilai koordinat dari objek yang diinginkan. Proses pencarian nilai koordinat objek dilakukan menggunakan Algoritma RLE (*Run Leght Encoder*) yang diterapkan pada sistem *scan lines* yang telah dibuat seperti pada Gambar 11.



Gambar 12. a) Asli b) Blobs

### 4.3. Pengujian Pergerakan Robot

Pengujian pergerakan robot terhadap bola yang bergerak seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 – Pengujian Pergerakan Robot

Kecepatan Bola	Gerakan			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
6 m/s	14 cm	10 cm	12 cm	17 cm
5 m/s	14 cm	13 cm	12 cm	15 cm
4 m/s	11 cm	11 cm	12 cm	12 cm
3 m/s	12 cm	10 cm	11 cm	11 cm
2 m/s	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm

Sistem kecepatan pada bola berpengaruh terhadap pergerakan vision. Semakin cepat pergerakan bola maka kamera tidak bisa melihat laju bola didepannya dan sebaliknya jika pergerakan bola pelan maka camera bisa melihat jelas bola didepannya.

#### 4.4. Pengujian Mapping Area Lapangan

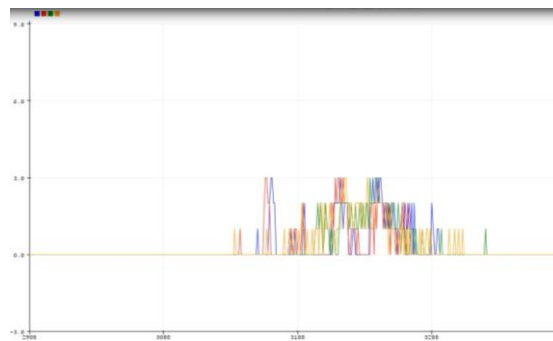
Pengujian pergerakan robot terhadap bola yang bergerak seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 – Pengujian mapping

Jarak	Hasil			
	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	Perhitungan ( $\bar{x}_n$ )
100 cm	97 cm	97 cm	98 cm	99.99 cm
200 cm	195 cm	195 cm	194 cm	199.98 cm
250 cm	244 cm	244 cm	245 cm	249.94 cm
300 cm	291 cm	291 cm	290 cm	299.97 cm

#### 4.5. Pengujian Trial and Error PID pada Roda

Metode trial and error adalah metode yang digunakan pada penelitian ini untuk menentukan nilai PID yang bagus dan tepat. Beberapa tuning telah dilakukan sehingga diperoleh hasil dari pengujian respon roda dengan nilai  $K_p = 100$ ,  $K_i = 12$ ,  $K_d = 0$  seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. respon PID roda di titik set point

## 5. Kesimpulan

Hasil pengujian sensor rotary encoder internal motor diperoleh  $\frac{1}{2}$  putaran 37.5 pulsa jarak dihasilkan 10cm, 1 putaran 75 pulsa jarak dihasilkan 24cm,  $1\frac{1}{2}$  putaran 112.5 pulsa jarak dihasilkan 35cm, 2 putaran 150 pulsa dihasilkan 49cm, dan mean error 1%.

Hasil pengujian sensor gyroscope terhadap kecepatan sudut baik searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam diperoleh factor kalibrasi yang berbeda-beda. Hasil rata-rata kecepatan sudut pada searah jarum jam yaitu 0.02229275 terhadap sumbu yaw dan hasil rata-rata kecepatan sudut pada arah yang berlawanan jarum jam yaitu 0.0224597 terhadap sumbu yaw.

Integrasi antara metode odometry dan PID robot penjaga gawang diantaranya: pada tahap pembacaan pulsa rotary encoder internal motor terjadi pembacaan dan menghasilkan nilai motor 1 yaitu 14cm, motor 2 yaitu 10cm, motor 3 yaitu 12cm, dan motor 4 yaitu 17cm serta kecepatan bola 6m/s. hasilnya hamper tidak sama dengan motor 1 hingga motor 4 pulsa per putaran. Hal ini terjadi karena pada perputaran rotary tidak presisi, semakin cepat pergerakan bola maka robot kurang bisa mengatasi dengan sempurna. Sedangkan pengujian PID menggunakan auto tuning sehingga dapat diperoleh nilai parameter motor DC yang optimal yaitu  $K_p = 100$ ,  $K_i = 12$ , dan  $K_d = 0$ .

## DAFTAR PUSTAKA

A. Adiprasetya, E. Susanto, and A. S. Wibowo, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KONTROL KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN LABVIEW UNTUK KESTABILAN LAJU PADA ROBOT TANK DESIGN AND IMPELEMNTATION OF DC MOTOR SPEED CONTROL USING," vol. 3, no. 2, pp. 1399–1406, 2016

M. D. Putro and J. Litouw, "Robot Pintar Penyambut Costumer pada Pusat Perbelanjaan Kota Manado," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. 1, p. 8, 2017.

- C. Myint and N. N. Win, "TABLE I EFFECTS OF INCREASING EACH OF THE PID PARAMETERS Response Rise Time Overshoot Settling Time Steady-state Error," *Int. J. Sci. Eng. Technol. Res.*, vol. 5, no. 9, pp. 2278–7798, 2016.
- B. Sandeep Kumar Malu and J. Majumdar, "Kinematics, Localization and Control of Differential Drive Mobile Robot," vol. 14, no. 1, p. 9, 2014.
- Rochamnto, "Implementasi Robot Three Omni-Directional Menggunakan Kontroler Pid Pada Robot Kontes Robot Abu Indonesia ( Krai )," 2014.
- M. H. D. A. L. Kadri, "Dokumen Karya Ilmiah | Tugas Akhir | Program Studi Teknik Elektro - S1 | Fakultas Teknik | Universitas Dian Nuswantoro Semarang | 2013," pp. 0–1, 2013.
- G. Cawood, "Summary of Omni-Directional Drive Choices," pp. 1–15, 2015.
- Myint, Cherry., Win, Nu, Nu., September 2016. "Position and Velocity control for Two-Wheel Differential Drive Mobile Robot". *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)* Volume 5, Issue 9
- Vikhe, Pratap., Punjabi, Neelam., Kadu, Chandrakant., September 2014. "Real Time DC Motor Speed Control using PID Controller in LabVIEW". *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization)* Vol. 3, Issue 9.
- Shih, Ching-Long., Lin, Li-Chen., 10 August 2017. "Trajectory Planning and Tracking Control of a Differential-Drive Mobile Robot in a Picture Drawing Application" . *Robotics* 2017, 6(3), 17; doi:10.3390/robotics6030017
- Fahmizal., Rijalussalam, Uddin, Dhiya., Budiyanto, Ma'un., Mayub, Afrizal., "Trajectory Tracking pada Robot Omni dengan Metode *Odometry*". *JNTETI*, Vol. 8, No. 1, Februari 2019
- F. Azmi, H. Soebhakti, E. R. Jamzuri dan S. , "Prediksi Arah Datang Bola Menggunakan Triangulasi Pada Robot Penjaga Gawang," dalam *Indonesian Symposium on Robotic Sytems and Control (ISRSC)*, Yogyakarta, 2018, pp. 168-172.
- idschool.net, "idschool," 8 Maret 2018. [Online]. Available: <https://idschool.net/sma/aturan-cosinus-materi-dan-contoh-soal-pembahasan/>. [Accessed 16 Oktober 2019].
- Sumadi, Darno and A. Suharjana, "Aturan Sinus dan Cosinus," in *Matematika Kelas XI*, Klaten, Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2008, pp. 18-21.
- Handriko, Irwan and M. I. Nugraha, "Penerapan Metode Color Filtering HSV untuk Pendeteksian Bola pada Robot KRSBI Beroda," in *Indonesian Symposium on Robotic Sytems and Control (ISRSC)*, Indonesian, 2018.