

SISTEM KENDALI PID UNTUK PENCARIAN ARAH GAWANG LAWAN PADA ROBOT SEPAKBOLA BERODA

Dwi Putra Sya'Ban¹, Sujono²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

¹dwibanban@gmail.com, ²soejon@gmail.com

ABSTRAK

Pada Perlombaan Robot Sepak Bola yang diikuti oleh tim robot Elektro Squad masih menjadi kendala dalam pencarian arah gawang lawan dengan memanfaatkan pembacaan kiper lawan, biasanya hanya memanfaatkan sensor kompas untuk menentukan arah dari gawang lawan, tetapi belum bisa menemukan posisi akurat dari gawang lawan. Dalam paper ini dibahas tentang sistem pencarian arah gawang lawan pada robot sepak bola beroda dengan memanfaatkan pembacaan warna pada kiper lawan yang menandakan posisi dari gawang lawan menggunakan pengendalian PID. Sensor yang digunakan adalah Kamera Pixy CMUcam5 yang berfungsi sebagai pencari warna pada kiper lawan, Sensor Kompas berfungsi untuk mendeteksi arah dari gawang lawan, dan Arduino MEGA sebagai kontroler. Peranan PID pada sistem ini adalah mengatur kecepatan putar motor agar melakukan pergerakan untuk menyesuaikan posisi dalam menemukan arah dari gawang lawan. Robot yang dirancang akan mencari posisi dan sudut tendang yang memungkinkan untuk menciptakan gol. Dari hasil tuning PID menggunakan metode heuristik dengan jarak 100cm di depan kiper lawan dan menghadap kearah 90 derajat, nilai $k_p=0,1$; $k_i=0,2$ dan $k_d=0,2$ didapatkan respon pergerakan yang stabil dengan jumlah osilasi=1 dan settling time=1,350 detik. Dengan memanfaatkan pembacaan warna pada kiper lawan robot mampu menemukan arah dari gawang lawan dengan tepat.

Kata Kunci: Robot Sepak Bola, Kendali PID, Pencarian Arah Gawang, Kamera Pixy CMUcam, Sensor kompas hmc5883l

ABSTRACT

In the Football Robot race followed by the Elektro Squad robot team is still a constraint in searching the opponent's goal by using the opponent's goalkeeper's readings, usually only using the compass sensor to determine the direction of the opposing goal but have not been able to find the accurate position of the opposing goal. In this paper is discussed about the opposing goal search system on the wheeled soccer robot by utilizing the color readings on the opponent goalkeeper that signifies the position of the opposing goal using PID control. Sensor used is Pixy CMUcam5 Camera that serves as a color search on the opponent goalkeeper, Compass Sensor serves to detect the direction of the opposing goal, and Arduino MEGA as a controller. The role of PID in this system is to adjust the speed of motor rotation to make the movement to adjust the position in finding the direction of the opposing goal. The designed robot will look for positions and kick angles that allow to create goals. From PID tuning result using heuristic method with 100cm distance in front of opponent goalkeeper and facing towards 90 degree, value $k_p = 0,1$; $k_i = 0.2$ and $k_d = 0.2$ obtained a stable movement response with the number of oscillations = 1 and settling time = 1.350 seconds. By utilizing the color readings on the opponent's goalkeeper the robot is able to find the right direction of the opponent's goal.

Keywords: Soccer Robot, PID Control, Goal Directions, Pixy CMUcam5, Compass Sensor hmc5883l

I. PENDAHULUAN

Dalam kontes robot sepakbola Indonesia beroda tahun 2018 yang diselenggarakan oleh DIKTI, robot harus bernavigasi dan menyelesaikan tugasnya yaitu mencari, menggiring, mengoper dan menendang bola ke arah gawang. Untuk itu dibutuhkan respon yang cepat agar robot dapat menuju dan mengetahui posisi dari gawang lawan.

Pada jurnal yang ditulis Didik Trisianto [1] berjudul Aplikasi Perancangan Kontroler Kamera Personal Komputer Untuk Mengikuti Objek Bergerak, dijelaskan bahwa kamera bergerak otomatis mengikuti objek menggunakan pengendalian PID dengan metode Zieger Nichols. Kesimpulan dari jurnal ini yaitu pergerakan kamera sesuai dengan yang diharapkan.

Pada jurnal yang ditulis oleh Goeoges Dwi [2] berjudul Implementasi sensor kamera *CMUcam3* pada mobile robot *Line Tracer*. Dijelaskan bahwa suatu robot *vision* yang mengikuti jalur garis putih sebagai panduan pergerakannya. Perbandingan 10:1, yaitu sepuluh kali trial robot mengalami kegagalan satu kali. Kegagalan ini terkait dengan pengaturan kecepatan motor *DC* ketika berada pada suatu tikungan.

Pada jurnal yang ditulis oleh Agustian Trianes dan Andik Yulianato [3] berjudul Implementasi *Behavior Based Control* dan PID pada Robot *Vacuum Cleaner*, dijelaskan bahwa Robot *Vacuum Cleaner* automatic bergerak secara acak dan dapat menghindari halangan yang ada menggunakan metode PID. Penerapan metode PID pada robot vacuum cleaner, dapat membuat robot berjalan lurus dan stabil.

Pada jurnal M. Latif, Faikul Umam, 2013 [4] Berjudul Implementasi Sistem Pendeteksian Target Berdasarkan Upper Body Dan Warna Pada Robot Pengikut Manusia, dijelaskan bahwa pembacaan menggunakan metode *upper body*, dengan warna menghasilkan pembacaan yang lebih baik. Namun demikian, sistem pendeteksian yang menggunakan kamera, cenderung dipengaruhi oleh perubahan intensitas cahaya.

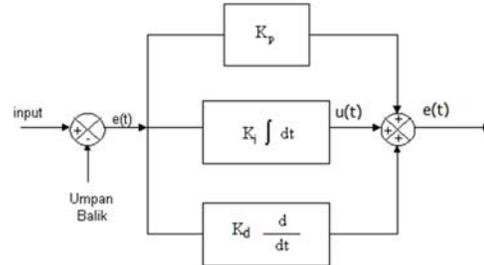
Pada jurnal yang ditulis oleh M.Taufikkurahman dan Hugo Aprilianto [5] berjudul Penerapan Sistem Navigasi Sensor Kompas Pada Robot Beroda. Sensor Kompas berfungsi sebagai alat navigasi penunjuk arah, sehingga dapat di aplikasikan pada robot beroda sebagai alat penunjuk arah.

Sehingga dalam *paper* ini dirancang Sistem Kendali PID Untuk Pencarian Arah Gawang Lawan Pada Robot Sepakbola Beroda. Perbedaan dari kelima jurnal yang telah dicantumkan diatas adalah sensor kamera digunakan untuk mendeteksi objek diam, menggunakan metode PID *heuristik* dan memanfaatkan sensor kompas untuk menunjukkan arah dari gawang lawan.

II. RANCANGAN SISTEM

A. PID Dengan Struktur Paralel

Sistem ini memanfaatkan pengendalian PID dengan struktur paralel dengan cara menjumlahkan keluaran dari pengendalian P, I dan D, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok pengendalian PID struktur Paralel

Rumus sinyal keluaran pengendali PID struktur paralel sebagai berikut:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

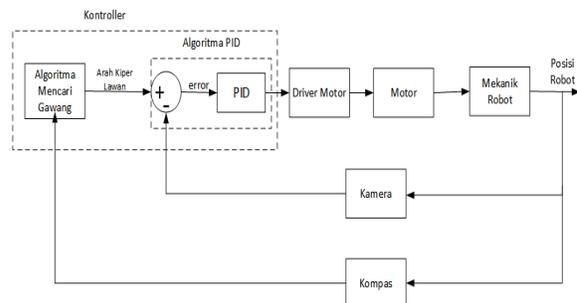
dimana,

- $u(t)$ = Sinyal keluaran pengendali PI
- K_p = Konstanta *proportional*
- K_i = Konstanta integral
- K_d = Konstanta turunan
- $e(t)$ = Sinyal kesalahan

Karakteristik pengendali PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter atau konstanta pengendali (K_p , K_i , dan K_d). Penyetelan K_p , K_i dan K_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing pengendali. Secara umum langkah yang harus ditempuh dalam perancangan suatu desain kontrol PID adalah menentukan nilai parameter K_p , K_i dan K_d .

B. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem implementasi algoritma strategi mencari arah gawang lawan pada robot sepakbola beroda ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

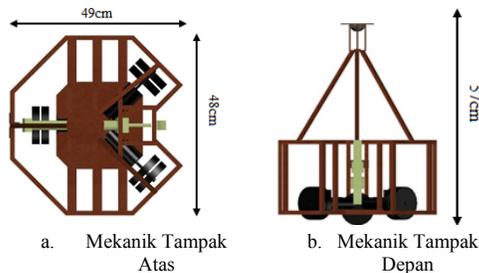
C. Prinsip Kerja Sistem

Sistem kerja pada robot ini adalah ketika robot awal dinyalakan sensor kompas akan mendeteksi arah dari gawang lawan dan kemudian sensor

kamera PixyCMUcam akan mendeteksi adanya robot kiper lawan setelah itu robot akan menghadap robot kiper lawan. Robot akan memanfaatkan nilai eror ketika mengalami pergerakan yang tidak diinginkan seperti mengalami pergerakan yang melebihi arah acuan sehingga robot mampu kembali menyesuaikan kecepatan motor dan arah putaran motor untuk mendapatkan posisi yang diinginkan.

D. Perancangan Mekanik

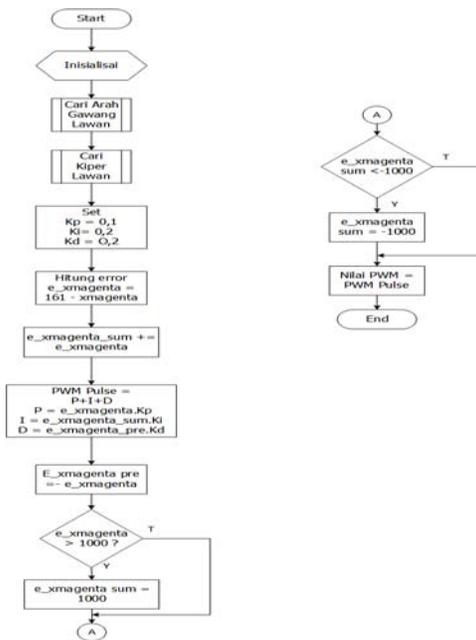
Mekanik yang dirancang berbentuk robot mobile menggunakan tiga roda dan tiga motor, tiga motor berfungsi sebagai penggerak robot. Roda diposisikan bersilangan dan menggunakan roda omni agar mampu berberak secara mobile. Perancangan mekanik robot bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Mekanik

E. Perancangan perangkat Lunak

Dalam perancangan perangkat lunak pada sistem strategi pergerakan robot untuk mencari arah gawang lawan pada robot sepakbola beroda. Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino, sebelum melakukan pemrograman dirancang flowchart program seperti Gambar 4.



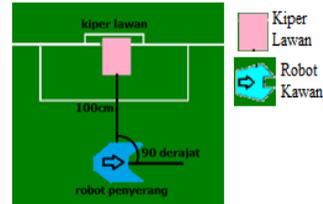
Gambar 4. Flowchar Program

III. HASIL DAN ANALISA

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana performa robot dalam mencari kiper lawan yang menandakan arah dari gawang lawan. Dalam pengujian ini terdapat 2 jenis pengujian yaitu:

A. Pengujian Tuning PID

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai Kp, Ki dan Kd. Pengujian dilakukan dengan mengatur jarak objek dengan robot sejauh 100cm dan sudut serong 90° dengan nilai set point koordinat x=161, seperti pada Gambar 5.



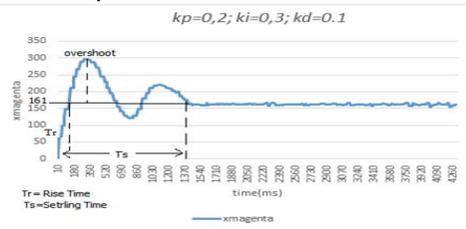
Gambar 5. Posisi Robot Saat Tuning PID

Tuning dilakukan secara heuristik atau coba-coba dengan mengatur nilai kp, ki dan kd setelah mendapatkan nilai yang diinginkan maka robot akan mendapatkan pergerakan dengan kriteria seperti jumlah osilasi yang sedikit, % overshoot yang rendah, settling time yang singkat dan rise time yang singkat.

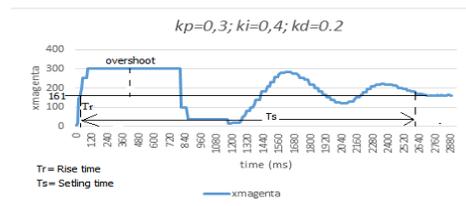
Tabel 1. Nilai Tuning PID

Pengujian	Kp	Ki	Kd
1	0.2	0.3	0.1
2	0.3	0.4	0.2
3	0.2	0.2	0.2
4	0.2	0.2	0.3
5	0.1	0.2	0.2

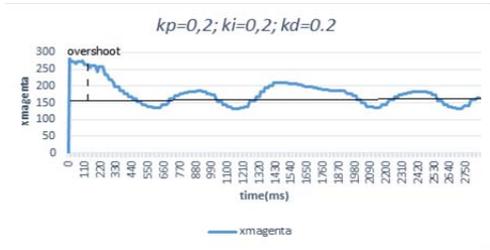
Dari Pengujian dengan merubah nilai Kp, Ki dan Kd sebanyak 5 kali didapatkan grafik seperti Gambar 6 sampai 11.



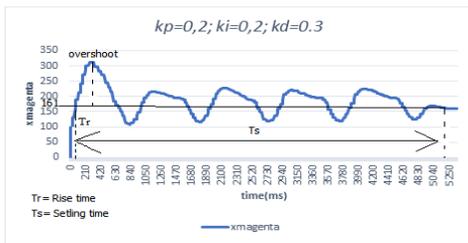
Gambar 6. Grafik respon sistem pengendalian posisi pada saat Kp=0,2; Ki=0,3 dan Kd=0,1



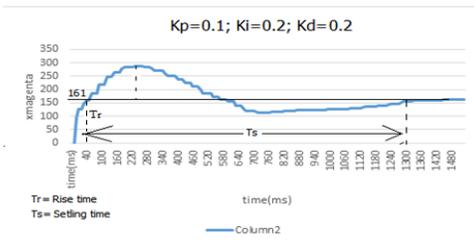
Gambar 7. Grafik respon sistem pengendalian posisi pada saat Kp=0,2; Ki=0,4 dan Kd=0,2



Gambar 8. Grafik respon sistem pengendalian posisi pada saat $K_p=0,2$; $K_i=0,2$ dan $K_d=0,2$



Gambar 9. Grafik respon sistem pengendalian posisi pada saat $K_p=0,2$; $K_i=0,2$ dan $K_d=0,3$



Gambar 10. Grafik respon sistem pengendalian posisi pada saat $K_p=0,1$; $K_i=0,2$ dan $K_d=0,2$

Dari Hasil *Tuning PID* didapatkan data berupa nilai jumlah Osilasi, % *Overshoot*, *Setling Time*, dan *Rise Time*. Pada Tabel 2.

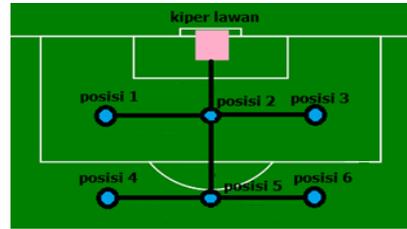
Tabel 2. kesimpulan data yang didapat

Pengujian	K_p	K_i	K_d	Rise time (detik)	Over shoot (%)	Osilasi	Setling time (detik)
1	0.2	0.3	0.1	0.012	84.47	2	1.392
2	0.3	0.4	0.2	0.01	86.95	2	2.580
3	0.2	0.2	0.2	0.005	70.18	4	2.810
4	0.2	0.2	0.3	0.06	93.16	4	4.909
5	0.1	0.2	0.2	0.04	78.26	1	1.320

Dari percobaan ini dapat disimpulkan hasil *tuning PID* yang terbaik yaitu pada pengujian ke 5 dengan nilai $k_p=0,1$, $k_i=0,2$ dan $k_d=0,2$. dengan alasan karena osilasi yang terjadi paling sedikit dan *setling time* paling kecil.

B. Pengujian Sistem Keseluruhan Dalam Pencarian Kiper Lawan.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mencari kiper lawan dengan posisi dan arah yang dituju robot pada saat awal pengujian yang berbeda. Ada 6 posisi robot saat pengujian seperti pada Gambar 11. Dan 3 arah yang dituju robot seperti pada Gambar 12.



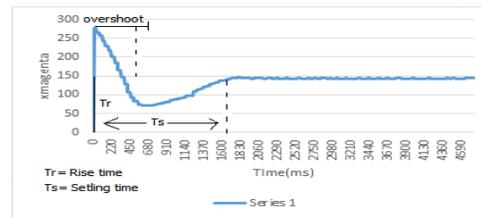
Gambar 11. Enam Posisi Robot Saat Pengujian



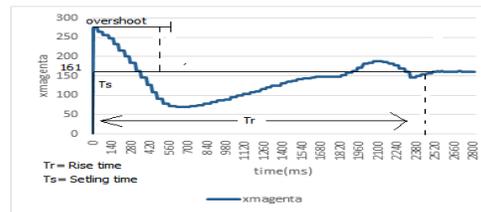
Gambar 12. Tiga kemungkinan arah yang di tuju robot pada awal pengujian

Pengujian Pada Posisi 1 dengan arah $90^\circ, 180^\circ$, dan 270° .

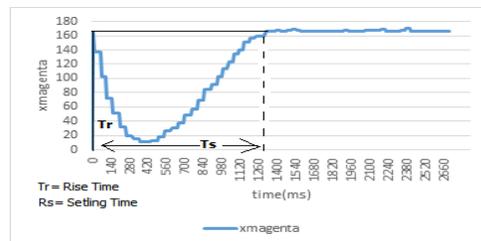
Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan robot diam pada posisi 1, kemudian robot dijalankan dan akan langsung berputar mencari arah dan objek yang dituju. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data berupa grafik sistem pada Gambar 13.



a. Arah 90°



b. Arah 180°



c. Arah 270°

Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Pada posisi 1

Dari grafik yang didapatkan, dapat diketahui data berupa nilai osilasi, nilai *settling time*, *rise time* dan *overshoot*, pada tabel 3.

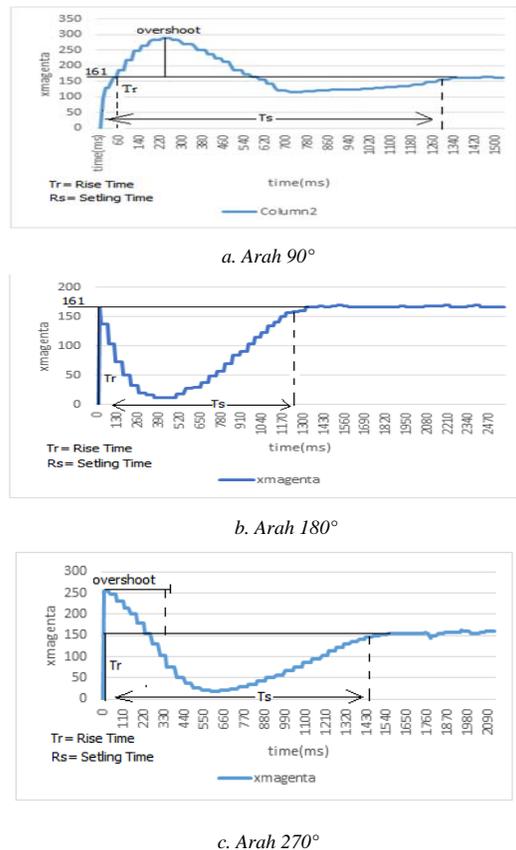
Tabel 3. tabel karakteristik sistem posisi 1

Arah Hadap Robot (derajat)	Rise time (detik)	Overshoot (%)	Osilasi	Settling time (detik)
90	0.005	72	1	1.68
180	0.005	71.4	1.5	2.41
270	0.008	2.46	1	1.29

Dari hasil pengujian ini pada posisi 1 yaitu berjarak 141.5cm kekiri dari objek, robot mampu menemukan objek dan menghadap kearah kiper lawan disetiap arah hadap robot.

Pengujian Pada Posisi 2 dengan arah 90°,180°, dan 270°.

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan robot diam pada posisi 2, kemudian robot dijalankan dan akan langsung berputar mencari arah dan objek yang dituju. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data berupa grafik sistem pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Pada posisi 2

Dari grafik yang didapatkan, dapat diketahui data berupa nilai osilasi, nilai *settling time*, *rise time* dan *overshoot*, pada tabel 4.

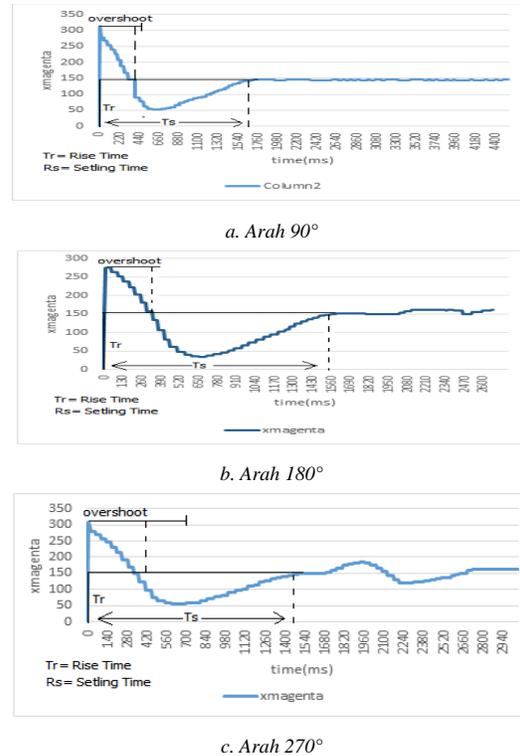
Tabel 4. tabel karakteristik sistem posisi 2

Arah Hadap Robot (Derajat)	Rise time (detik)	Overshoot (%)	Osilasi	Settling time (detik)
90	0.038	78.26	1	1.350
180	0.008	2.48	1	1.230
270	0.005	52.79	1.5	1.870

Dari hasil pengujian ini pada posisi 2 yaitu berjarak 100 cm didepan objek, robot mampu menemukan objek dan menghadap kearah kiper lawan disetiap arah hadap robot.

Pengujian Pada Posisi 3 dengan arah 90°,180°, dan 270°.

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan robot diam pada posisi 3, kemudian robot dijalankan dan akan langsung berputar mencari arah dan objek yang dituju. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data berupa grafik sistem pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hasil Pengujian Pada posisi 3

Dari grafik yang didapatkan, dapat diketahui data berupa nilai osilasi, nilai *settling time*, *rise time* dan *overshoot*, pada tabel 5.

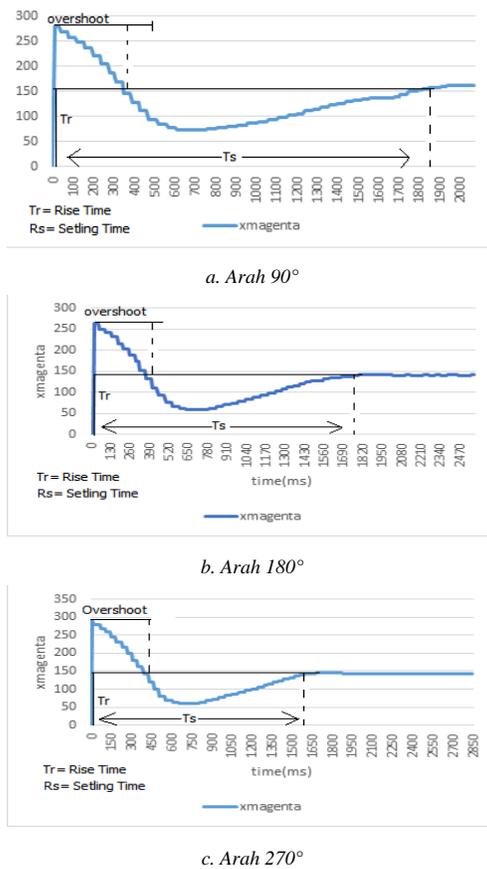
Tabel 5. tabel karakteristik sistem posisi 3

Arah Hadap Robot (Derajat)	Rise time (detik)	Overshoot (%)	Osilasi	Settling time (detik)
90	0.004	94.4	1	1.650
180	0.005	62.11	1.5	1.560
270	0.004	91.92	2	1.470

Dari hasil pengujian ini pada posisi 3 yaitu berjarak 223,5 cm didepan objek, robot mampu menemukan objek dan menghadap kearah kiper lawan disetiap arah hadap robot.

Pengujian Pada Posisi 4 dengan arah 90°,180°, dan 270°.

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan robot diam pada posisi 4, kemudian robot dijalankan dan akan langsung berputar mencari arah dan objek yang dituju. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data berupa grafik sistem pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Hasil Pengujian Pada posisi 4

Dari grafik yang didapatkan, dapat diketahui data berupa nilai osilasi, nilai *settling time*, *rise time* dan *overshoot*, pada tabel 6.

Tabel 6. tabel karakteristik sistem posisi 4

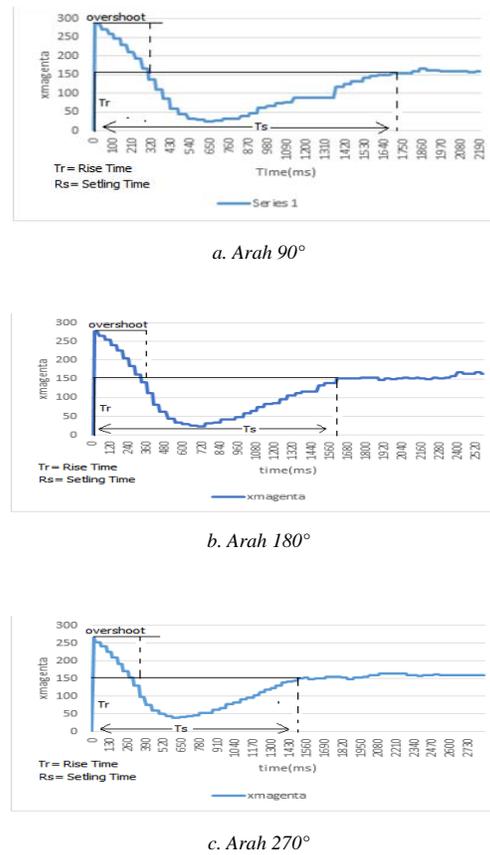
Arah Hadap Robot (Derajat)	Rise time (detik)	Overshoot (%)	Osilasi	Setting time (detik)
90	0.0046	73.9	1	1.880
180	0.0049	55.2	1	1.790
270	0.0046	73.3	1	1.600

Dari hasil pengujian ini pada posisi 4 yaitu berjarak 223,5 cm didepan objek, robot mampu menemukan objek dan menghadap kearah kiper lawan disetiap arah hadap robot.

Pengujian Pada Posisi 5 dengan arah 90°,180°, dan 270°.

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan robot diam pada posisi 5, kemudian robot dijalankan dan akan langsung berputar mencari arah

dan objek yang dituju. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data berupa grafik sistem pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Pada posisi 5

Dari grafik yang didapatkan, dapat diketahui data berupa nilai osilasi, nilai *settling time*, *rise time* dan *overshoot*, pada tabel 7.

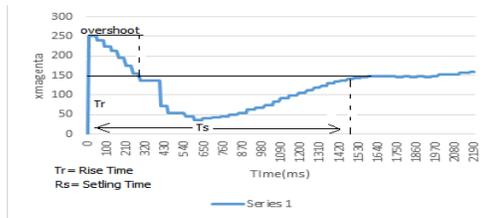
Tabel 7. tabel karakteristik sistem posisi 5

Arah Hadap Robot (Derajat)	Rise time (detik)	Overshoot (%)	Osilasi	Setting time (detik)
90	0.0045	68.9	1	1.740
180	0.0046	72	1	1.630
270	0.0048	65.8	1	1.490

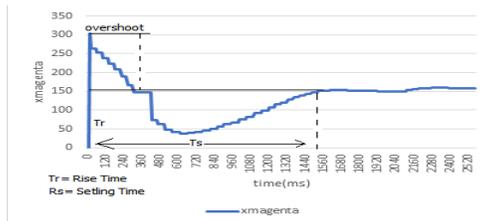
Dari hasil pengujian ini pada posisi 5 yaitu berjarak 200 cm didepan objek, robot mampu menemukan objek dan menghadap kearah kiper lawan disetiap arah hadap robot.

Pengujian Pada Posisi 6 dengan arah 90°,180°, dan 270°.

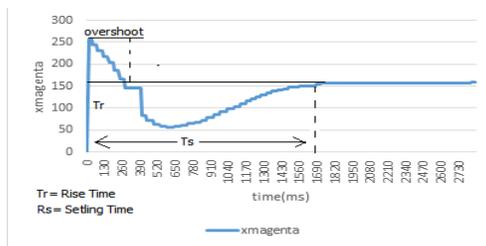
Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan robot diam pada posisi 6, kemudian robot dijalankan dan akan langsung berputar mencari arah dan objek yang dituju. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data berupa grafik sistem pada gambar 18.



a. Arah 90°



b. Arah 180°



c. Arah 270°

Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Pada posisi 6

Dari grafik yang didapatkan, dapat diketahui data berupa nilai osilasi, nilai *setting time*, *rise time* dan *overshoot*, pada tabel 8:

Tabel 8. tabel karakteristik sistem posisi 6

Arah Hadap Robot (Derajat)	Rise time (detik)	Overshoot (%)	Osilasi	Setting time (detik)
90	0.0052	59.6	1	1.480
180	0.0043	88.1	1	1.540
270	0.005	59	1	1.670

Dari hasil pengujian ini pada posisi 6 yaitu berjarak 223,5 cm didepan objek, robot mampu menemukan objek dan menghadap kearah kiper lawan disetiap arah hadap robot.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai tengah kordinat X pada frame kamera PixyCMUcam5 sebesar 160. Sensor kompas HMC5883L dapat dikatakan akurat karena kesalahan pembacaan tidak lebih dari 2°. Dari hasil *tunning* PID dengan nilai $k_p=0,1$; $k_i=0,2$ dan $k_d=0,2$ didapatkan respon yang stabil dengan jumlah osilasi=1, *Setting Time*= 1,320 detik, persen *Overshoot* sebesar 78,26% dan *Rise Time* sebesar 0,04 detik.

Dari hasil pengujian keseluruhan dengan menempatkan robot pada setiap posisi pengujian, robot mampu menemukan kiper lawan dan menghadap kearah gawang lawan dari setiap arah yang dituju pada saat awal pengujian.

REFERENSI

- [1] Andik Yulianto, Puspo Handoyo, 2014. Penerapan *Behavior-Based Control* dan *Fuzzy Logic Controller* pada Sistem Navigasi Robot *Soccer*. Jurnal Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Universitas Internasional Batam. Penerbit Universitas Internasional Batam.
- [2] Artha, Raditya, 2014. Implementasi Robot *Three Omni-Directional* Menggunakan Kontroler PID Pada Robot Kontes Robot Abu Indonesia (KRAI). Jurnal Skripsi. Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Penerbit Universitas Brawijaya.
- [3] Dwi Goegoes, Implementasi sensor kamera *CMUcam3* pada mobile robot *Line Tracer*. Jurnal Techno, ISSN 1410-8607 Volume 12 No.1 Hal. 25-32, Jurnal Nasional.
- [4] Taufikkurahman.M, Hugo Aprilianto, 2015. Penerapan Sistem Navigasi Sensor Kompas Pada Robot Beroda. Jurnal Ilmiah. Program Studi Teknik Informatika STIMIK Banjarbaru. Penerbit STIMIK Banjarbaru.
- [5] Trianes Agustian, Yulianato Andik, 2015. Implementasi *Behavior Based Control* dan PID pada Robot *Vacuum Cleaner*. Jurnal Sains dan Informatika volume 1, nomor 2. Penerbit Jurnal Nasional.
- [6] Trisianto, Didik, 2012. Aplikasi Perancangan Kontroler Kamera Personal Komputer Untuk Mengikuti Objek Bergerak, Jurnal Monitor, Dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Narotama Surabaya. Penerbit Universitas Narotama Surabaya.
- [7] Yudho Bhakti, dkk. 2013. Aplikasi Perbandingan Pengendali P, PI dan PID Pada proses Pengendalian Suhu Dalam Sistem Mini Boiler. Jurnal *Amplifier*, vol. 3 no 2. Penerbit Jurnal Nasional.