

SISTEM KONTROL POSISI DAN EKSPANSI MEKANIK ROBOT PENJAGA GAWANG UNTUK MENGHADANG BOLA

Sony Alfian¹, Sujono²

1. Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

[1sonyalfian234@gmail.com](mailto:sonyalfian234@gmail.com), [2sujono@budiluhur.ac.id](mailto:sujono@budiluhur.ac.id)

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini dirancang sistem kontrol posisi dan ekspansi mekanik pada robot penjaga gawang untuk menghadang bola. Sensor yang digunakan adalah Kamera Pixy CMUCam5 yang digunakan sebagai pendeteksi objek dalam hal ini berupa bola berwarna oranye. Sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak antara robot dengan tiang gawang. Sensor Proximity sebagai pendeteksi ada atau tidaknya bola ke arah robot. Pneumatik sebagai penggerak ekspansi mekanik robot, dan Arduino Mega 2560 digunakan sebagai kontroler. Robot akan melacak bola dan mengikuti arah pergerakan bola dengan cara bergeser ke kanan atau kiri pada lintasan garis gawang, untuk menjaga posisi robot agar tetap tegak lurus terhadap bola. Setelah sensor proximity mendeteksi adanya bola, maka ekspansi akan dilakukan. Dari data pengujian pergeseran bola kekanan dan pergeseran bola ke kiri, robot hanya mampu bergeser pada sudut akhir $5,1^{\circ}$ terhadap bola dengan jarak pergeseran robot 29 cm pada sudut awal robot terhadap bola 30° . Dari data pengujian robot penjaga gawang pada posisi kanan gawang dan kiri gawang, robot hanya mampu bergeser pada sudut akhir $5,2^{\circ}$ terhadap bola dengan jarak pergeseran robot 106,6 cm pada sudut awal robot terhadap bola 45° . Sedangkan dari data pengujian ekspansi robot, robot hanya mampu mendeteksi bola diposisi acak pada jarak 10 cm sampai 40 cm dengan sudut bola terhadap robot hanya -50° , -40° dan 40° , 50° .

Kata Kunci : Robot Penjaga Gawang, Posisi, Ekspansi, Kamera Pixy CMUCam5, Sensor Proximity, Sensor Ultrasonik

ABSTRACT

On this final task is designed a position control system and mechanical expansion on the goalkeeping robot to confront the ball. The Sensor used is the Pixy CMUCam5 camera used as an object detector in this case in the form of orange colored balls. Ultrasonic sensors as a distance detector between the robot and the goal pole. Proximity sensors as a detector or whether the ball is in the direction of a robot. Pneumatic as a robot mechanical expansion drive, and Arduino Mega 2560 used as a controller. The robot will track the ball and follow the direction of the ball movement by sliding to the right or left on the goal line trajectory, to keep the robot position straight against the ball. After proximity sensors detect the existence of the ball, expansion will be carried out. From ball shifting test data to right and ball shifting left, the robot is only able to shift at a final angle of $5,1^{\circ}$ to the ball with a robot shifting distance of 29 cm at the starting angle of the robot against the 30° ball. From the test data of the goalkeeper robot on the right position of the goal and the left of the goal, the robot is only able to shift at the final angle of $5,2^{\circ}$ to the ball with a shifting distance of the robot 106.6 cm at the beginning 45° of the Whereas from the robot expansion test data, the robot is only able to detect the ball in a random position at a distance of 10 cm to 40 cm with a ball angle against the robot only -50° , -40° and 40° , 50° .

Keywords : Goalkeeper Robot, Position, Expansion, Pixy CMUCam 5 Camera, Proximity Sensors, Ultrasonic Sensors

I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) adalah ajang adu kreatifitas tahunan mahasiswa dalam membuat sistem robot sepakbola, pada perlombaan KRSBI beroda robot harus bisa menyelesaikan tugasnya yaitu mencari bola, menendang bola, dan memasukkan bola ke dalam gawang. Salah satu tantangan dari divisi robot ini adalah menghalau bola agar tidak masuk ke gawang. Tugas ini dilakukan oleh robot penjaga gawang.

Pada jurnal yang ditulis Elki Muhammad Pamungkas, Bakhtiar Alldino Ardi Sumbodo, dan Ika Candradewi yang berjudul Sistem Pendeteksi dan Pelacakan Bola dengan Metode Hough Circle Transform, Blob Detection, dan Camshift Menggunakan AR.Drone, dijelaskan bahwa sistem pada AR.Drone yang mampu mendeteksi dan melakukan *tracking* bola. jarak maksimal sistem mampu mendeteksi bola dengan diameter 20 cm menggunakan metode *hough circle transform* adalah 500 cm sedangkan metode *blob detection* adalah 900 cm. Waktu rata-rata proses pendeteksian dalam mendeteksi bola menggunakan metode *hough circle transform* yaitu 0,0054 detik dan metode *blob detection* yaitu 0,0116 detik. Tingkat keberhasilan *tracking* bola menggunakan metode *camshift* dari hasil pendeteksian *hough circle transform* adalah 100% sedangkan dari hasil pendeteksian *blob detection* adalah 96,67% [1].

Pada jurnal yang ditulis oleh Ramdhan Nugraha dan Nur Ibrahim yang berjudul Sistem Kontrol Robot Sepak Bola berbasis Deteksi Multi Warna dengan PID Controller. Dijelaskan bahwa sistem robot sepak bola yang saling terintegrasi antara kamera, komputer host, dan robot agen. Kemampuan sistem dalam mengenali 3 buah objek warna yaitu merah dan biru pada robot serta oranye pada bola memiliki rata-rata waktu pengidentifikasian selama 3 detik di awal sistem dihidupkan. Kemampuan robot untuk merespon perintah setiap 450 adalah rata-rata 2,4 detik. Sedangkan untuk sistem kontrol PID pada kecepatan motor yang ditanam di dalam robot, memiliki waktu respon 0,4 detik dengan nilai $k_p=20$, $k_d=1$, dan $k_i=10$ [2].

Pada jurnal yang ditulis oleh Muhammad Rafii Naufal, Rila Inda Belga, Ovi Tri Hartatik, Suprayoga Erdin Wicaksono, Ahmad Wafi Nurmuksi Wibowo, Alwi Widi Pradana, dan Sigit Yatmono, M.T yang berjudul Rancang Bangun Mekanik Ekspansi Robot Goalkeeper Sepak Bola Beroda Menggunakan Pneumatik, dijelaskan tentang robot sepak bola beroda, khususnya robot *goalkeeper* menangkis bola ke arah luar gawang. Cara konvensional, robot menangkis bola hanya dengan komponen tambahan berupa tiang besi tanpa penggerak aktuator. Sebuah desain mekanik penangkis bola agar tidak membahayakan gawang

sendiri menggunakan pneumatik. Desain ini berupa ekspansi menggunakan besi diameter 5 mm dengan panjang 10 cm. Besi tersebut bisa bergerak bebas ke atas dan bawah dari bagian atas robot *goalkeeper* [3].

Pada jurnal yang ditulis oleh Dwi Putra Sya'Ban, dan Sujono yang berjudul Sistem Kendali PID Untuk Pencarian Arah Gawang Lawan Pada Robot Sepakbola Beroda, dijelaskan tentang sistem pencarian arah gawang lawan pada robot sepakbola beroda dengan memanfaatkan pembacaan warna pada kiper lawan yang menandakan posisi dari gawang lawan menggunakan pengendali PID. Kesimpulan dari hasil pengujian keseluruhan robot mampu menemukan kiper lawan dan menghadap kearah gawang lawan dari setiap arah yang dituju pada saat pengujian [4].

Pada jurnal yang ditulis oleh Kamal Arief, Djoko Purwanto, dan Hendra Kusuma yang berjudul Algoritma Menghadang Bola dengan Metode Fuzzy Logic untuk Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda. Dijelaskan bahwa respon robot dalam menghadang bola pada setiap tendangan. Pada hasil pengujian yang dilakukan robot telah berhasil menghadang bola dengan tepat, dari 50 percobaan tendangan, robot ini dapat menghadang 38 tendangan. Persentase penyelamatan yaitu 76%. Dari data sudut bola, kecepatan pergerakan bola dan keluaran dari metode fuzzy sesuai dengan rule yang direncanakan [5].

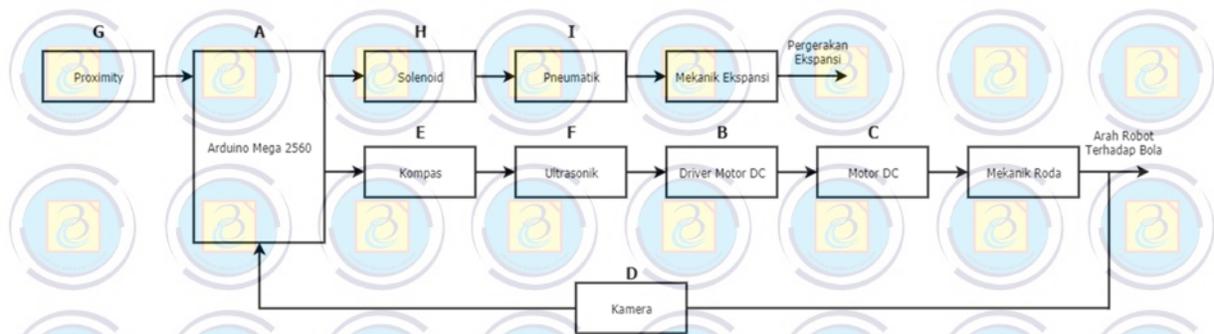
Pada jurnal yang ditulis oleh Ivan Febrian dan Sujono yang berjudul Sistem Navigasi Robot Sepakbola Beroda Menggunakan *Omnidirectional Kamera*. Dijelaskan bahwa pendeteksian bola menggunakan kamera akan dilengkapi dengan cermin cembung, dari kombinasi tersebut maka terbentuklah *omnidirectional camera* agar sudut pandang kamera menjadi 360°. Dari hasil tuning PID menggunakan metode heuristik dengan jarak 100cm dari bola dan menghadap kearah 90 derajat, nilai $k_p=1,1$; $k_i=0,008$ dan $k_d=3,9$ didapatkan respon pergerakan yang stabil dengan jumlah osilasi=1 dan *settling time*=0,161 detik. Dengan menggunakan nilai K_p , K_i dan K_d yang didapatkan robot mampu mendeteksi keberadaan bola yaitu dengan membaca warna bola dengan sudut pandang kamera 360°, dan robot hanya mampu mendeteksi dengan baik pada jarak maksimal 120cm [6].

Sehingga dalam *paper* ini dirancang Sistem Kontrol Posisi Dan Ekspansi Mekanik Pada Robot Penjaga Gawang Untuk Menghadang Bola. Perbedaan dari keenam jurnal yang telah dicantumkan diatas adalah sensor proximity digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya bola kearah robot, sensor kamera digunakan untuk mendeteksi objek bola, dan pneumatik digunakan sebagai penggerak ekspansi robot.

II. RANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem kontrol posisi dan ekspansi mekanik robot penjaga gawang untuk menghadang bola ditunjukkan pada Gambar 1.



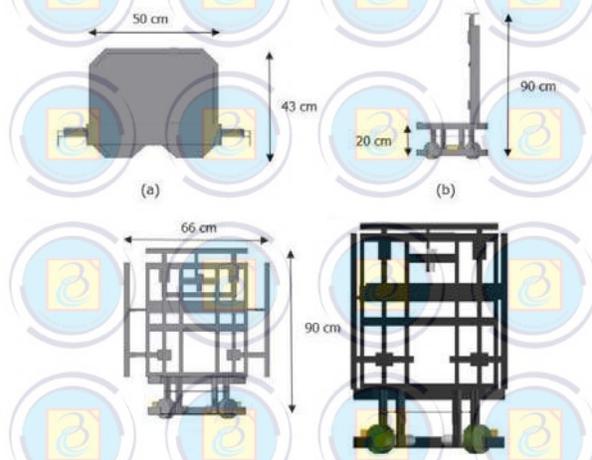
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

B. Prinsip Kerja Sistem

Sistem kerja pada robot ini adalah kamera robot mendeteksi adanya bola dan didapatkan data berupa X , Y , $Width$, dan $Height$. Data X dan Y dikonversikan menjadi sudut arah posisi bola, robot bergerak mengarah ke arah objek yang berupa bola. Setelah itu sensor ultrasonik mengukur jarak antara robot dengan tiang gawang, ketika robot mulai mendekati tiang gawang dengan jarak yang telah ditentukan maka robot akan memposisikan semula robot di tengah gawang. Lalu sensor proximity mulai mendeteksi ada atau tidaknya bola ketika ke arah robot, maka mekanik ekspansi pada robot penjaga gawang bergerak.

C. Perancangan Mekanik Robot

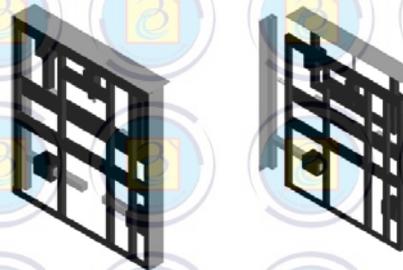
Mekanik yang dirancang akan berbentuk robot mobile menggunakan empat roda dan empat motor, empat motor berfungsi sebagai penggerak robot. Roda diposisikan bersilangan dan menggunakan roda omni agar mampu bergerak secara mobile. Ada 2 tingkat dalam perancangan mekanik robot, lapisan dasar adalah tempat untuk menaruh motor dan tingkat kedua tempat untuk menaruh rangkaian elektronika. Perancangan mekanik robot bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Mekanik Robot

D. Perancangan Mekanik Ekspansi Robot Penjaga Gawang

Pada perancangan mekanik ekspansi robot penjaga gawang. Ekspansi adalah suatu upaya untuk bertambah dalam segi ukuran, maupun kepentingannya atau dengan kata lain membuat suatu hal meningkat atau bertambah besar. Pada robot penjaga gawang ini, sistem ekspansi digunakan ke arah kanan, kiri dan atas untuk menghadang bola yang mendekat. Untuk ke arah atas, ekspansi hanya diperbolehkan menambah 10 cm saja, dikarenakan ukuran robot penyerang maksimum 80 cm, sedangkan robot penjaga gawang diperbolehkan hingga 90 cm. Desain alat dalam bentuk 3 dimensi pada Gambar 3.

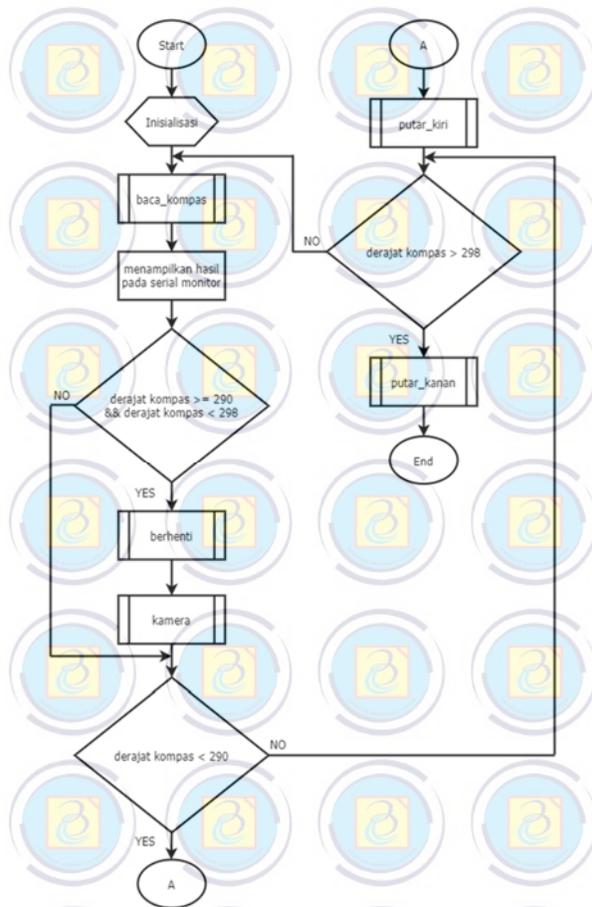


a. Mekanik Ekspansi Tertutup
b. Mekanik Ekspansi Terbuka

Gambar 3. Perancangan Mekanik Ekspansi Robot Penjaga Gawang

E. Perancangan perangkat Lunak

Dalam perancangan perangkat lunak pada sistem kontrol posisi dan ekspansi mekanik pada robot penjaga gawang untuk menghadang bola. Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino, sebelum melakukan pemrograman dirancang flowchart program seperti Gambar 4.



Gambar 4. Flowchar Program

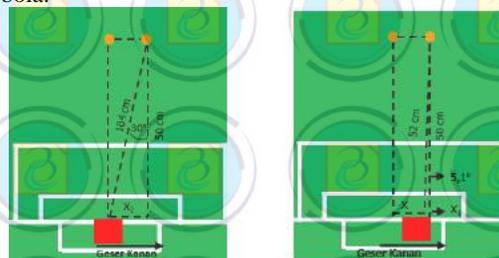
III. HASIL DAN ANALISA

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon robot dalam mendeteksi dan

menghadang bola. Dalam pengujian ini terdapat 5 jenis pengujian yaitu :

A. Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Tengah Gawang Dengan Pergeseran Bola Kekanan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mendeteksi dan menghadang bola pada posisi 200cm dari robot dengan arah 30° posisi robot terhadap bola, sehingga robot mampu mendeteksi dan menghadang arah dari bola.



Gambar 5. Pengujian robot penjaga gawang pada posisi tengah gawang dengan pergeseran bola kekanan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan robot pada lapangan tepatnya di garis gawang dan menempatkan bola pada sudut awal ketika bola bergeser dan robot diam, setelah itu sudut akhir ketika bola bergeser dan robot mengikuti bola. Kemudian robot dinyalakan dan akan langsung mencari posisi bola dengan memanfaatkan pembacaan warna dari bola menggunakan sensor kamera, ketika objek sudah didapatkan robot akan bergerak dan menghadang bola. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data pada Tabel 1.

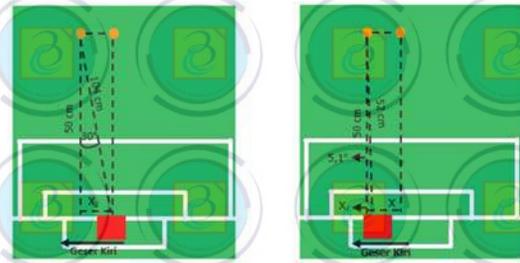
Tabel 1. Hasil Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Tengah Gawang Dengan Pergeseran Bola Kekanan

Percobaan	Jarak Bola		Sudut Akhir Robot Terhadap Bola	Jarak Pergeseran Robot (Pengukuran)	Jarak Pergeseran Robot (X)
	Sisi Tegak (A)	Sisi Miring (C)			
1	104	104	5,1°	77,5	76,9
2	104	104	5,1°	77,5	76,9
3	104	104	5,1°	77,5	76,9
4	104,2	104,2	5,4°	77,2	77,1
5	104,2	104,2	5,4°	77,2	77,1
6	104,2	104,2	5,4°	77,2	77,1
7	104	104	5,1°	77,5	76,9
8	104,3	104,3	5,3°	77,5	77,2
9	104,3	104,3	5,3°	77,5	77,2
10	104,2	104,2	5,4°	77,2	77,1
1	135	135	5,3°	77,5	76,4
2	135,2	135,2	5,4°	77,2	76,7
3	134	134	5,8°	76,8	74,9
4	135	135	5,3°	77,5	76,4
5	134	134	5,8°	76,8	74,9
6	135,4	135,4	5,6°	77	77
7	135,4	135,4	5,7°	77	77
8	134	134	5,8°	76,8	74,9
9	135,8	135,8	5,6°	77	77
10	134	134	5,8°	76,8	74,9
1	170	170	8,8°	65	64,7
2	160	160	7,4°	56	55,6
3	168	168	8,5°	62	60,3
4	170,2	170,2	8,9°	65,4	65,1
5	170	170	8,8°	65	64,7
6	170	170	8,8°	65	64,7
7	168	168	8,3°	62	60,3
8	168	168	8,3°	62	60,3
9	170,2	170,2	9°	62,5	65,1
10	169	169	8,7°	65,8	62,5
1	210	210	11,2°	45	47,7
2	210	210	11,2°	45	47,7
3	210	210	11,2°	45	47,7
4	215	215	12,4°	61,4	62,6
5	215	215	12,4°	61,4	62,6
6	212	212	11,4°	53	54
7	212	212	11,4°	53	54
8	212	212	11,4°	53	54
9	215	215	12,4°	61,4	62,6
10	215	215	12,4°	61,4	62,6

Dari hasil data pada Tabel 1, target robot memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola adalah 0° . Sedangkan pada pengujian ini robot tidak bisa memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola yaitu 0° , tetapi hanya bisa memposisikan $5,1^\circ$ dari sudut akhir posisi robot terhadap bola. Berdasarkan analisa menggunakan teorema pythagoras didapatkan jarak pergeseran robot adalah $76,9$ cm dan sudut akhir posisi robot terhadap bola $15,96^\circ$.

B. Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Tengah Gawang Dengan Pergeseran Bola Kekiri

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mendeteksi dan menghadang bola pada posisi 200 cm dari robot dengan arah 30° posisi robot terhadap bola, sehingga robot mampu mendeteksi dan menghadang arah dari bola.



Gambar 6. Pengujian robot penjaga gawang pada posisi tengah gawang dengan pergeseran bola kekiri

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan robot pada lapangan tepatnya di garis gawang dan menempatkan bola pada sudut awal ketika bola bergeser dan robot diam, setelah itu sudut akhir ketika bola bergeser dan robot mengikuti bola. Kemudian robot dinyalakan dan akan langsung mencari posisi bola dengan memanfaatkan pembacaan warna dari bola menggunakan sensor kamera, ketika objek sudah didapatkan robot akan bergerak dan menghadang bola. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Tengah Gawang Dengan Pergeseran Bola Kekiri

Percobaan	Jarak Bola		Sudut Akhir Robot Terhadap Bola	Jarak Pergeseran Robot (Pengukuran)	Jarak Pergeseran Robot (X)
	Sisi Tegak (A)	Sisi Miring (C)			
1	50 cm	104 cm	$5,1^\circ$	77,5 cm	76,9 cm
2		104 cm	$5,1^\circ$	77,5 cm	76,9 cm
3		104 cm	$5,1^\circ$	77,5 cm	76,9 cm
4		104,2 cm	$5,4^\circ$	77,2 cm	77,1 cm
5		104,2 cm	$5,4^\circ$	77,2 cm	77,1 cm
6		104,2 cm	$5,4^\circ$	77,2 cm	77,1 cm
7		104 cm	$5,1^\circ$	77,5 cm	76,9 cm
8		104,3 cm	$5,3^\circ$	77,5 cm	77,2 cm
9		104,3 cm	$5,3^\circ$	77,5 cm	77,2 cm
10		104,2 cm	$5,4^\circ$	77,2 cm	77,1 cm
1	100 cm	135 cm	$5,3^\circ$	77,5 cm	76,4 cm
2		135,2 cm	$5,4^\circ$	77,2 cm	76,7 cm
3		134 cm	$5,8^\circ$	76,8 cm	74,9 cm
4		135 cm	$5,3^\circ$	77,5 cm	76,4 cm
5		134 cm	$5,8^\circ$	76,8 cm	74,9 cm
6		135,4 cm	$5,6^\circ$	77 cm	77 cm
7		135,4 cm	$5,7^\circ$	77 cm	77 cm
8		134 cm	$5,8^\circ$	76,8 cm	74,9 cm
9		135,8 cm	$5,6^\circ$	77 cm	77 cm
10		134 cm	$5,8^\circ$	76,8 cm	74,9 cm
1	150 cm	170 cm	$8,8^\circ$	65 cm	64,7 cm
2		160 cm	$7,4^\circ$	56 cm	55,6 cm
3		168 cm	$8,5^\circ$	62 cm	60,3 cm
4		170,2 cm	$8,9^\circ$	65,4 cm	65,1 cm
5		170 cm	$8,8^\circ$	65 cm	64,7 cm
6		170 cm	$8,8^\circ$	65 cm	64,7 cm
7		168 cm	$8,3^\circ$	62 cm	60,3 cm
8		168 cm	$8,3^\circ$	62 cm	60,3 cm
9		170,2 cm	9°	62,5 cm	65,1 cm
10		169 cm	$8,7^\circ$	65,8 cm	62,5 cm
1	200 cm	210 cm	$11,2^\circ$	45 cm	47,7 cm
2		210 cm	$11,2^\circ$	45 cm	47,7 cm
3		210 cm	$11,2^\circ$	45 cm	47,7 cm
4		215 cm	$12,4^\circ$	61,4 cm	62,6 cm
5		215 cm	$12,4^\circ$	61,4 cm	62,6 cm
6		212 cm	$11,4^\circ$	53 cm	54 cm
7		212 cm	$11,4^\circ$	53 cm	54 cm
8		212 cm	$11,4^\circ$	53 cm	54 cm
9		215 cm	$12,4^\circ$	61,4 cm	62,6 cm
10		215 cm	$12,4^\circ$	61,4 cm	62,6 cm

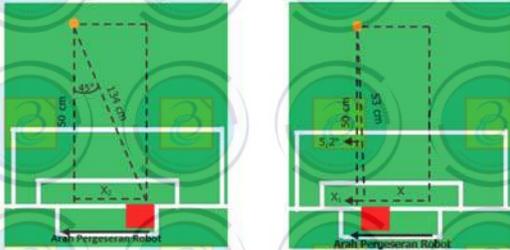
Dari hasil data pada Tabel 2, target robot memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola adalah 0° . Sedangkan pada pengujian ini robot tidak bisa memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola yaitu 0° , tetapi hanya bisa memposisikan $5,1^\circ$ dari sudut akhir posisi robot terhadap bola. Berdasarkan analisa menggunakan teorema

pythagoras didapatkan jarak pergeseran robot adalah $76,9$ cm dan sudut akhir posisi robot terhadap bola $15,96^\circ$.

C. Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Kanan Gawang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mendeteksi dan

menghadang bola pada posisi 200cm dari robot dengan arah 45° sehingga robot mampu mendeteksi dan menghadang arah dari bola.



Gambar 7. Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Kanan Gawang

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan robot pada lapangan tepatnya di garis gawang dan menempatkan bola pada sudut awal ketika bola bergeser dan robot diam, setelah itu sudut akhir ketika bola bergeser dan robot mengikuti bola. Kemudian robot dinyalakan dan akan langsung mencari posisi bola dengan memanfaatkan pembacaan warna dari bola menggunakan sensor kamera, ketika objek sudah didapatkan robot akan bergerak dan menghadang bola. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Kanan Gawang

Percobaan	Jarak Bola		Sudut Akhir Robot Terhadap Bola	Jarak Pergeseran Robot (Pengukuran)	Jarak Pergeseran Robot (X)
	Sisi Tegak (A)	Sisi Miring (C)			
1	134 cm	134 cm	5,2°	106 cm	106,6 cm
2	134,2 cm	134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
3	134 cm	134 cm	5,2°	106 cm	106,6 cm
4	134,2 cm	134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
5	134,2 cm	134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
6	134,2 cm	134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
7	134 cm	134 cm	5,2°	106 cm	106,6 cm
8	134 cm	134 cm	5,3°	106 cm	106,8 cm
9	134,2 cm	134,2 cm	5,5°	106,6 cm	107,4 cm
10	134,2 cm	134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
1	135 cm	135 cm	5,6°	113,4 cm	115,5 cm
2	135,2 cm	135,2 cm	5,4°	113 cm	115 cm
3	134 cm	134 cm	5,8°	113,8 cm	114 cm
4	135 cm	135 cm	5,7°	113,6 cm	114,6 cm
5	134 cm	134 cm	6°	114 cm	113,2 cm
6	135,4 cm	135,4 cm	5,5°	113,2 cm	114 cm
7	135,4 cm	135,4 cm	5,5°	113,2 cm	114,2 cm
8	134 cm	134 cm	5,6°	113,4 cm	113,5 cm
9	135,8 cm	135,8 cm	5,7°	113,6 cm	115,4 cm
10	134 cm	134 cm	6°	114 cm	116 cm
1	170 cm	170 cm	8,8°	97,2 cm	98 cm
2	160 cm	160 cm	8,4°	96 cm	96,4 cm
3	168 cm	168 cm	8,6°	96,8 cm	99,2 cm
4	170,2 cm	170,2 cm	9°	97,4 cm	99,2 cm
5	170 cm	170 cm	8,8°	97,2 cm	98,1 cm
6	170 cm	170 cm	9°	97,4 cm	99,2 cm
7	168 cm	168 cm	8,7°	97 cm	97,6 cm
8	168 cm	168 cm	8,5°	96,2 cm	97,2cm
9	170,2 cm	170,2 cm	9°	97,4 cm	98,2 cm
10	169 cm	169 cm	9°	97,4 cm	99,2 cm
1	210 cm	210 cm	10°	63 cm	63 cm
2	210 cm	210 cm	11,2°	58 cm	58,2 cm
3	210 cm	210 cm	11,8°	57 cm	57,7 cm
4	215 cm	215 cm	12,4°	56,6 cm	57,7 cm
5	215 cm	215 cm	14°	56 cm	56,3 cm
6	212 cm	212 cm	11,7°	56,8 cm	57,2 cm
7	212 cm	212 cm	11,2°	55 cm	55,6 cm
8	212 cm	212 cm	12°	58 cm	58,2 cm
9	215 cm	215 cm	12,4°	56 cm	56 cm
10	215 cm	215 cm	13,2°	55,1 cm	55,3 cm

Dari hasil data pada Tabel 3, target robot memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola adalah 0°. Sedangkan pada pengujian ini robot tidak bisa memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola yaitu 0°, tetapi hanya bisa memposisikan 5,2° dari sudut akhir posisi robot terhadap bola. Berdasarkan analisa menggunakan teorema pythagoras didapatkan jarak pergeseran robot adalah 106,6 cm dan sudut akhir robot terhadap bola 15,96°.

D. Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Kiri Gawang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mendeteksi dan menghadang bola pada posisi 200cm dari robot

dengan arah 45° sehingga robot mampu mendeteksi dan menghadang arah dari bola.



Gambar 8. Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Kiri Gawang

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan robot pada lapangan tepatnya di garis gawang dan menempatkan bola pada sudut awal ketika bola

bergeser dan robot diam, setelah itu sudut akhir ketika bola bergeser dan robot mengikuti bola. Kemudian robot dinyalakan dan akan langsung mencari posisi bola dengan memanfaatkan pembacaan warna dari bola menggunakan sensor

kamera, ketika objek sudah didapatkan robot akan bergerak dan menghadang bola. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data pada Tabel 4.

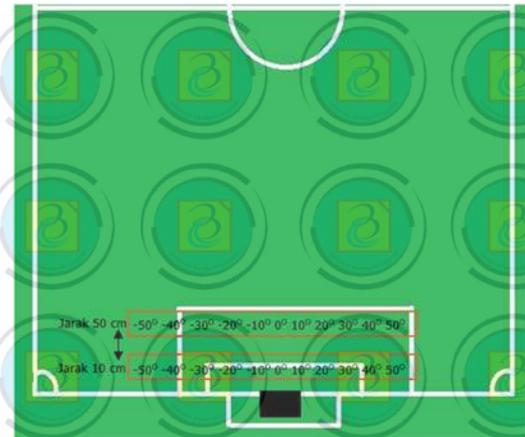
Tabel 4. Hasil Pengujian Robot Penjaga Gawang Pada Posisi Kiri Gawang

Percobaan	Jarak Bola		Sudut Akhir Robot Terhadap Bola	Jarak Pergeseran Robot (Pengukuran)	Jarak Pergeseran Robot (X)
	Sisi Tegak (A)	Sisi Miring (C)			
1		134 cm	5,2°	106 cm	106,6 cm
2		134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
3		134 cm	5,2°	106 cm	106,6 cm
4		134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
5		134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
6		134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
7		134 cm	5,2°	106 cm	106,6 cm
8		134 cm	5,3°	106 cm	106,8 cm
9		134,2 cm	5,5°	106,6 cm	107,4 cm
10		134,2 cm	5,4°	106,4 cm	107 cm
1		135 cm	5,6°	113,4 cm	115,5 cm
2		135,2 cm	5,4°	113 cm	115 cm
3		134 cm	5,8°	113,8 cm	114 cm
4		135 cm	5,7°	113,6 cm	114,6 cm
5		134 cm	6°	114 cm	113,2 cm
6		135,4 cm	5,5°	113,2 cm	114 cm
7		135,4 cm	5,5°	113,2 cm	114,2 cm
8		134 cm	5,6°	113,4 cm	113,5 cm
9		135,8 cm	5,7°	113,6 cm	115,4 cm
10		134 cm	6°	114 cm	116 cm
1		170 cm	8,8°	97,2 cm	98 cm
2		160 cm	8,4°	96 cm	96,4 cm
3		168 cm	8,6°	96,8 cm	99,2 cm
4		170,2 cm	9°	97,4 cm	99,2 cm
5		170 cm	8,8°	97,2 cm	98,1 cm
6		170 cm	9°	97,4 cm	99,2 cm
7		168 cm	8,7°	97 cm	97,6 cm
8		168 cm	8,5°	96,2 cm	97,2 cm
9		170,2 cm	9°	97,4 cm	98,2 cm
10		169 cm	9°	97,4 cm	99,2 cm
1		210 cm	10°	63 cm	63 cm
2		210 cm	11,2°	58 cm	58,2 cm
3		210 cm	11,8°	57 cm	57,7 cm
4		215 cm	12,4°	56,6 cm	57,7 cm
5		215 cm	14°	56 cm	56,3 cm
6		212 cm	11,7°	56,8 cm	57,2 cm
7		212 cm	11,2°	55 cm	55,6 cm
8		212 cm	12°	58 cm	58,2 cm
9		215 cm	12,4°	56 cm	56 cm
10		215 cm	13,2°	55,1 cm	55,3 cm

Dari hasil data pada Tabel 4, target robot memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola adalah 0°. Sedangkan pada pengujian ini robot tidak bisa memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola yaitu 0°, tetapi hanya bisa memposisikan 5,2° dari sudut akhir posisi robot terhadap bola. Berdasarkan analisa menggunakan teorema pythagoras didapatkan jarak pergeseran robot adalah 106,6 cm dan sudut akhir posisi robot terhadap bola 15,96°.

E. Pengujian Ekspansi Robot Penjaga Gawang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat mendeteksi bola diposisi acak.



Gambar 9. Pengujian Ekspansi Robot Penjaga Gawang

Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan robot pada tengah gawang dan menempatkan bola pada posisi acak lalu boladigeser berdasarkan sudut yang ditentukan dan robot mendeteksi adanya bola kemudian ekspansi bergerak. pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Ekspansi Robot Penjaga Gawang

Pengujian	Jarak Bola (Cm)	Sudut Bola Terhadap Robot (°)	Berhasil/Gagal Dalam Menghadang Bola
1	10	-50	Gagal
2		-40	Berhasil
3		-30	Berhasil
4		-20	Gagal
5		-10	Gagal
6		0	Gagal
7		10	Gagal
8		20	Gagal
9		30	Berhasil
10		40	Berhasil
11		50	Berhasil
1	20	-50	Berhasil
2		-40	Berhasil
3		-30	Gagal
4		-20	Gagal
5		-10	Gagal
6		0	Gagal
7		10	Gagal
8		20	Gagal
9		30	Gagal
10		40	Berhasil
11		50	Berhasil
1	30	-50	Berhasil
2		-40	Gagal
3		-30	Gagal
4		-20	Gagal
5		-10	Gagal
6		0	Gagal
7		10	Gagal
8		20	Gagal
9		30	Gagal
10		40	Gagal
11		50	Berhasil
1	40	-50	Berhasil
2		-40	Gagal
3		-30	Gagal
4		-20	Gagal
5		-10	Gagal
6		0	Gagal
7		10	Gagal
8		20	Gagal
9		30	Gagal
10		40	Gagal
11		50	Berhasil
1	50	-50	Gagal
2		-40	Gagal
3		-30	Gagal
4		-20	Gagal
5		-10	Gagal
6		0	Gagal
7		10	Gagal
8		20	Gagal
9		30	Gagal
10		40	Gagal
11		50	Gagal

Dari hasil data pada Tabel 5, optimasi robot penjaga gawang berhasil mendeteksi bola diposisi acak dengan jarak bola 40 cm dan gagal mendeteksi bola diposisi acak dengan jarak bola 50 cm dengan sudut bola terhadap robot -50° , -40° dan 40° , 50° . Bila berhasil mendeteksi adanya bola, maka ekspansi mekanik pada robot akan bergerak untuk menghadang bola dan bila gagal mendeteksi adanya bola, maka ekspansi mekanik pada robot tidak akan bergerak untuk menhadang bola. Karena posisi sensor proximity untuk mendeteksi ada atau tidaknya bola tidak lurus tetapi miring ke arah luar bagian robot.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa robot

hanya mampu memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola dengan nilai sudut $5,1^{\circ}$. Terhadap bola dengan jarak pergeseran robot 77,5 cm pada sudut awal robot terhadap bola 30° pada pengujian robot penjaga gawang pada posisi tengah gawang dengan pergeseran bola ke kanan dan ke kiri. Sedangkan pada pengujian robot penjaga gawang pada posisi kanan gawang dan kiri gawang robot hanya mampu memposisikan diri terhadap perubahan posisi bola dengan nilai sudut $5,1^{\circ}$. Terhadap bola dengan jarak pergeseran robot 106 cm pada sudut awal robot terhadap bola 45° . Dan pada pengujian ekspansi robot penjaga gawang Robot hanya mampu mendeteksi bola diposisi acak pada jarak 10 cm sampai 40 cm dengan sudut bola terhadap robot hanya -50° , -40° dan 40° , 50° .

REFERENSI

- [1] E. M. Pamungkas, B. A. A. Sumbodo, and I. Candradewi, "Sistem Pendeteksi dan Pelacakan Bola dengan Metode Hough Circle Transform, Blob Detection, dan Camshift Menggunakan AR.Drone," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2017, doi: 10.22146/ijeis.15405.
- [2] R. Nugraha and N. Ibrahim, "Sistem Kontrol Robot Sepak Bola berbasis Deteksi Multi Warna dengan PID Controller," *TESLA*, vol. 19, no. 2, pp. 184–193, 2017.
- [3] M. R. Naufal *et al.*, "Rancang Bangun Mekanik Ekspansi Robot Goalkeeper Sepak Bola Beroda Menggunakan Pneumatik," *6th Indones. Symp. Robot. Syst. Control*, no. July, pp. 99–103, 2018.
- [4] D. P. Sya'ban and Sujono, "Sistem Kendali PID Untuk Pencarian Arah Gawang Lawan Pada Robot Sepakbola Beroda," *J. Maest.*, vol. 1, no. 2, pp. 303–309, 2018.
- [5] K. Arief, D. Purwanto, and H. Kusuma, "Algoritma Menghadang Bola dengan Metode Fuzzy Logic untuk Robot Penjaga Gawang Sepak Bola Beroda," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. A349–A354, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.30970.
- [6] I. Febrian and Sujono, "SISTEM NAVIGASI ROBOT SEPAKBOLA BERODA MENGGUNAKAN OMNIDIRECTIONAL CAMERA," 2019.