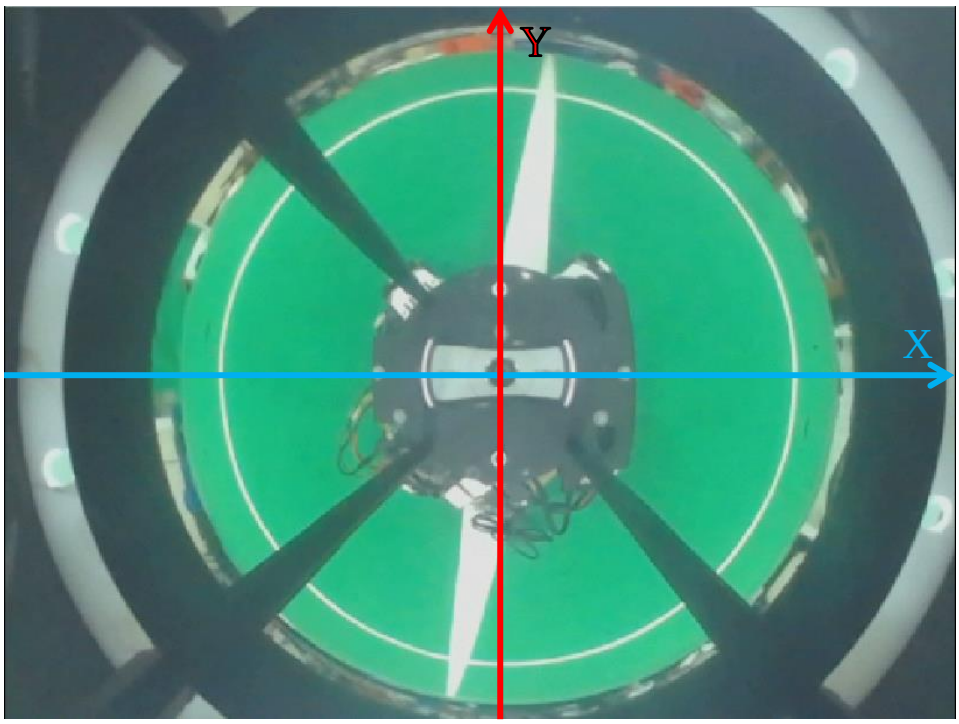
BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapatkan dari percobaan, seperti yang telah dijelaskan pada bab 3, yaitu hasil kalibrasi kamera, pengujian sistem navigasi, dan pengujian sistem deteksi objek.

4.1 Hasil Kalibrasi

Kamera yang digunakan oleh penulis adalah *Logitech c930e* yang mempunyai *opening angle* sebesar $90°$ dan resolusi sebesar 1920×1080 piksel. Untuk menghindari kamera mengambil gambar diluar cermin, maka penulis mengurangi resolusi kamera menjadi 500×500. Kemudian penulis menggunakan *software* v4l2ucp untuk mengatur *zoom* (perbesaran) dan fokus kamera. Kalibrasi pada sistem *omnidirectional camera* bertujuan untuk mendapatkan nilai koordinat sesuai dengan posisi objek.

Gambar 4.1 Pembacaan Kamera Sebelum Kalibrasi



Gambar 4.2 Pembacaan Kamera Setelah Kalibrasi

Gambar 4.3 Kalibrasi Kamera

Sebelum dikalibrasi nilai sumbu x dan y seperti pada Gambar 4.1. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 setelah dikalibrasi nilai sumbu x dan y akan memiliki nilai 0 tepat pada lensa kamera. Untuk mendapatkan nilai piksel sesuai dengan pembacaan kamera digunakan Persamaan (3.1). Hasil kalibrasi dari Gambar 4.3 dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi Kamera

No.	X (piksel)	Y (piksel)	CX (piksel)	CY (piksel)
1	323	41	73	209
2	323	41	73	209
3	323	41	73	209
4	323	41	73	209
5	323	41	73	209
6	323	41	73	209
7	323	41	73	209
8	323	41	73	209
9	323	41	73	209
10	323	41	73	209

No.	X (piksel)	Y (piksel)	CX (piksel)	CY (piksel)
11	323	41	73	209
12	323	41	73	209
13	323	41	73	209
14	323	41	73	209
15	323	41	73	209
16	323	41	73	209
17	323	41	73	209
18	323	41	73	209
19	323	41	73	209
20	323	40	73	210

Jarak antara robot dengan bola yaitu $60cm$. Percobaan dilakukan 5 kali dengan posisi bola yang berbeda dan setiap posisi bola diambil 38 data. Perubahan nilai koordinat pada suatu posisi bola disebabkan oleh intensitas cahaya yang berbeda tiap daerah lapangan dan bola yang digunakan sudah banyak terkelupas. Penulis menggunakan ruang warna HSV dimana intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap citra. Presisi sistem kalibrasi cukup baik karena simpang terjauh *error* hanya 5 piksel.

4.2 Hasil Sistem Navigasi

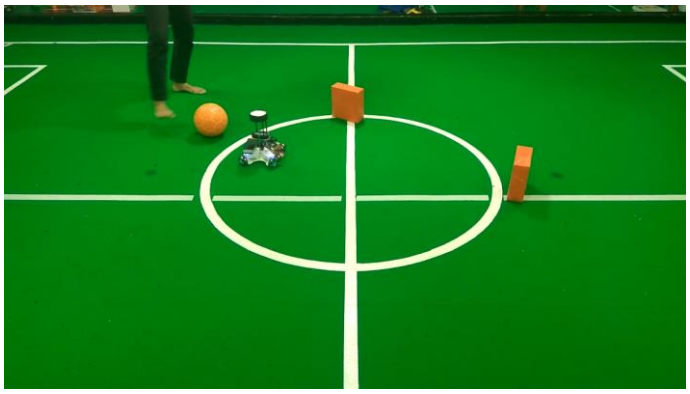
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana robot bergerak terhadap objek (bola dan balok). Pengujian dilakukan dengan mengkombinasikan bola dan 5 buah balok kemudian diletakkan secara acak, serta jarak antar objek tidak lebih dari $120cm$. Selanjutnya bola akan diubah-ubah posisinya dan akan diangkat. Data yang dijadikan sebagai analisa adalah respons robot dalam mengejar bola dan respons robot ketika bola diambil.

Gambar 4.4 Pengujian Bola Tanpa Balok

Gambar 4.4 merupakan pengujian bola tanpa balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik. Kendala utama yaitu roda selip, dikarenakan area yang penulis gunakan tidak rata.

Gambar 4.5 Pengujian Bola Dengan 1 Balok

Gambar 4.5 merupakan pengujian bola dengan 1 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat. Kendala utama pada pengujian bola dengan 1 balok yaitu roda selip.



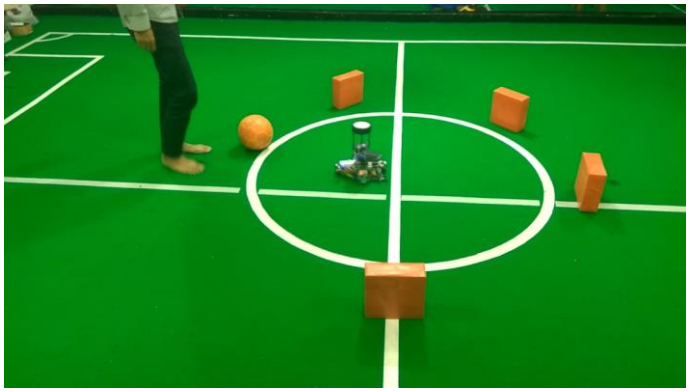
Gambar 4.6 Pengujian Bola Dengan 2 Balok

Gambar 4.6 merupakan pengujian bola dengan 2 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat. Kendala yang terjadi ketika roda selip.

Gambar 4.7 Pengujian Bola Dengan 3 Balok

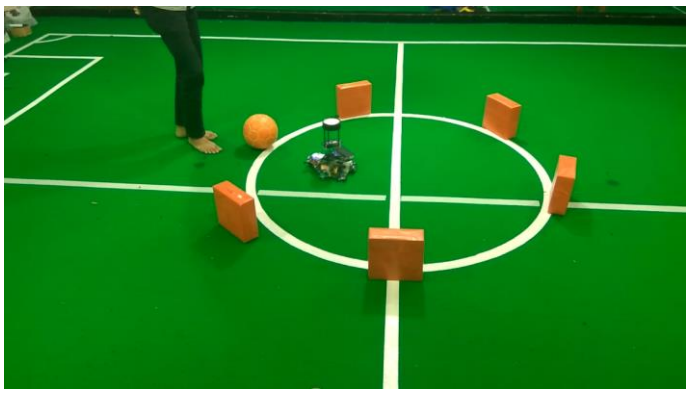
Gambar 4.7 merupakan pengujian bola dengan 3 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat, namun robot berhenti tidak sebaik pengujian bola

dengan 1 dan 2 balok, hal ini disebabkan karena jarak pembacaan objek yang terlalu jauh sehingga mengakibatkan citra balok berubah-ubah, *framerate* yang rendah, dan Kendala lain yaitu roda selip.



Gambar 4.8 Pengujian Bola Dengan 4 Balok

Gambar 4.8 merupakan pengujian bola dengan 4 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat, namun robot berhenti tidak sebaik pengujian bola dengan 1 dan 2 balok, hal ini disebabkan karena jarak pembacaan objek yang terlalu jauh, *framerate* yang terlalu rendah, dan Kendala lain yaitu roda selip.



Gambar 4.9 Pengujian Bola Dengan 5 Balok

Gambar 4.9 merupakan pengujian bola dengan 5 balok. Robot berhasil mengejar bola dengan baik, dan dapat berhenti ketika bola diangkat, namun robot berhenti tidak sebaik pengujian bola dengan 1 dan 2 balok, hal ini disebabkan karena jarak pembacaan objek yang terlalu jauh, *framerate* yang terlalu rendah, dan Kendala lain yaitu roda selip.

Pada pengujian navigasi beberapa faktor yang sangat mempengaruhi hasil diantaranya : intensitas cahaya, bayangan, *framerate*, dan area. Intensitas cahaya dan bayangan dikatakan berpengaruh karena penulis menggunakan ruang warna HSV, sedikit perubahan cahaya dapat mengganggu warna yang telah ditetapkan. Untuk *framerate* ini menjadi penting karena untuk memperbarui data citra yang digunakan untuk menentukan bola atau balok, ketika *framerate* rendah maka data citra tidak *real-time*, sehingga mengakibatkan robot tidak berjalan seperti

semestinya. Area yang dimaksud adalah lantai, lantai pada area yang digunakan penulis tidak rata mengakibatkan robot terselip.

4.3 Hasil Deteksi Objek

Pengujian deteksi objek bertujuan untuk mengetahui kamera menangkap objek dan mengidentifikasi objek berupa bola atau balok. Dapat dilihat pada Gambar 4.10 adalah hasil dari identifikasi sistem deteksi objek.

Gambar 4.10 Identifikasi Objek

Tabel 4.2 Pembacaan Objek Berdasarkan Jarak

No.	OBJEK							
	Jarak (cm)	Bola	Balok	Bola, 1 Balok	Bola, 2 Balok	Bola, 3 Balok	Bola, 4 Balok	Bola, 5 Balok
1	20	●	●	●	●	●	●	○○○
2	30	●	●	●	●	●	●	●
3	40	●	●	●	●	●	●	●
4	50	●	●	●●	●	●	●	●
5	60	●	●	●	●	●	●	●
6	70	●	●	●	●	●	●	●
7	80	○	●	●	●	●	●	●●
8	90	○	●	●	●	●	●	●●
9	100	○	●	×	●●	●	●●	×
10	110	○	●	×	●●	●	●●	×
11	120	○	●	×	●●	●	●●	×
12	130	○	●	×	×	●	×	×
13	140	○	○○	×	×	×	×	×
14	150	○	○○	×	×	×	×	×
15	160	○	○○	×	×	×	×	×

Keterangan :

• : Balok dan Bola terdeteksi dengan baik.

•• : Balok terdeteksi dengan baik; Bola berubah-ubah menjadi balok dan bola.

× : Balok berubah-ubah menjadi bola dan balok; Bola berubah-ubah menjadi balok dan bola.

○ : Bola berubah-ubah menjadi balok dan bola.

○○ : Balok berubah-ubah menjadi bola dan balok.

○○○ : Jarak terlalu dekat.

Gambar 4.11 Contoh Kondisi Objek Jarak $40cm$

Gambar 4.11 merupakan contoh kondisi objek dengan jarak $40cm$ dari robot. Data yang dituliskan adalah data yang paling banyak muncul dari 5 kali percobaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil deteksi pada Tabel 4.2 yaitu intensitas cahaya, bayangan, distorsi yang disebabkan oleh cermin dan pantulan cahaya dari objek lain. Intensitas cahaya dan bayangan dikatakan berpengaruh karena penulis menggunakan ruang warna HSV, sedikit perubahan cahaya dapat mengganggu warna yang telah ditetapkan. Distorsi dianggap mempengaruhi karena objek balok akan melengkung dan jika jarak makin jauh maka balok akan dianggap bola. Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan rata-rata kesalahan pembacaan 20% atau 1 kali.