BAB IV
HASIL DAN BAHASAN

Bab ini membahas tentang pengujian-pengujian yang dilakukan beserta analisanya, antara lain:

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Prinsip kerja sebuah modul sensor ultrasonik yaitu mendeteksi objek dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonik dan kemudian menerima pantulan gelombang tersebut. Sensor ultrasonik hanya akan mengirimkan gelombang ultrasonik ketika ada pulsa trigger dari mikrokontroler (pulsa high selama 5µS). Gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz akan dipancarkan selama 200µS. Gelombang ini akan merambat di udara dengan kecepatan 344,424m/detik (1 cm setiap 29,034µS) mengenai objek untuk kemudian terpantul kembali ke sensor ultrasonik.

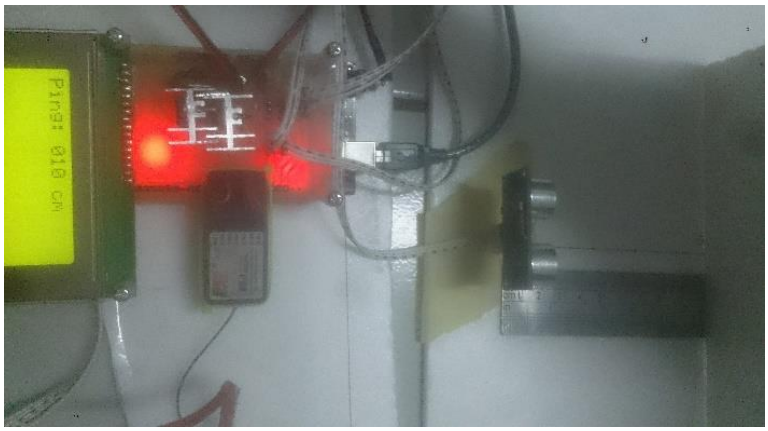
Berikut ini merupakan data hasil uji modul sensor ultrasonik dengan menggunakan alat ukur penggaris.

Tabel IV. 1 Hasil Sensor ultrasonik

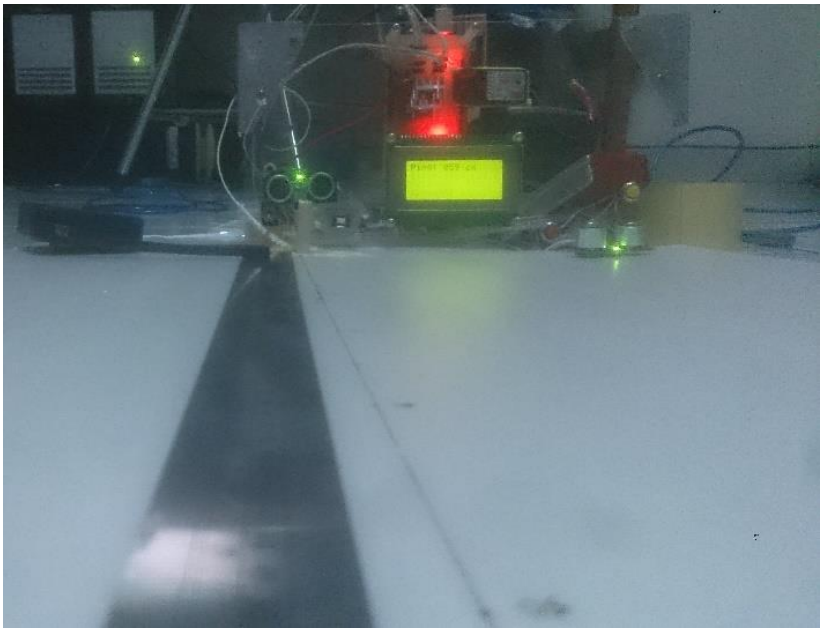
Jarak (cm)	ping 1 (cm)	ping 2 (cm)	Jarak (cm)	ping 1 (cm)	ping 2 (cm)	Jarak (cm)	ping 1 (cm)	ping 2 (cm)
1	2	2	**80**	80	80	**195**	194	194
2	2	2	**85**	85	85	**200**	199	199
3	3	3	**90**	90	90	**205**	204	204
4	4	4	**95**	95	95	**210**	209	209
5	5	5	**100**	99	99	**215**	214	214
6	6	6	**105**	104	104	**220**	219	219
7	7	7	**110**	109	109	**225**	224	224
8	8	8	**115**	114	114	**230**	229	229
9	9	9	**120**	119	119	**235**	234	234
10	10	10	**125**	124	124	**240**	239	239
15	15	15	**130**	129	129	**245**	244	244
20	20	20	**135**	134	134	**250**	249	249
25	25	25	**140**	139	139	**255**	254	254
30	30	30	**145**	144	144	**260**	259	259
35	35	35	**150**	149	149	**265**	265	265

40	**40**	**40**	**155**	**154**	**154**	**270**	**270**	**270**
45	45	45	**160**	160	160	**275**	275	275
50	50	50	**165**	165	165	**280**	280	280
55	55	55	**170**	170	170	**285**	285	285
60	59	59	**175**	175	175	**290**	290	290
65	66	66	**180**	180	180	**295**	295	295
70	70	70	**185**	185	185	**300**	301	301
75	76	76	**190**	190	190			

Berdasarkan hasil peng ujian diatas dapat dilihat perubahan nilai pengukuran yang didapat menggunakan sensor ultrasonik terdapat perubahan nilai pada jarak 100 cm. Nilai yang didapat dari hasil pengukuran sensor ultrasonik adalah 99 cm.



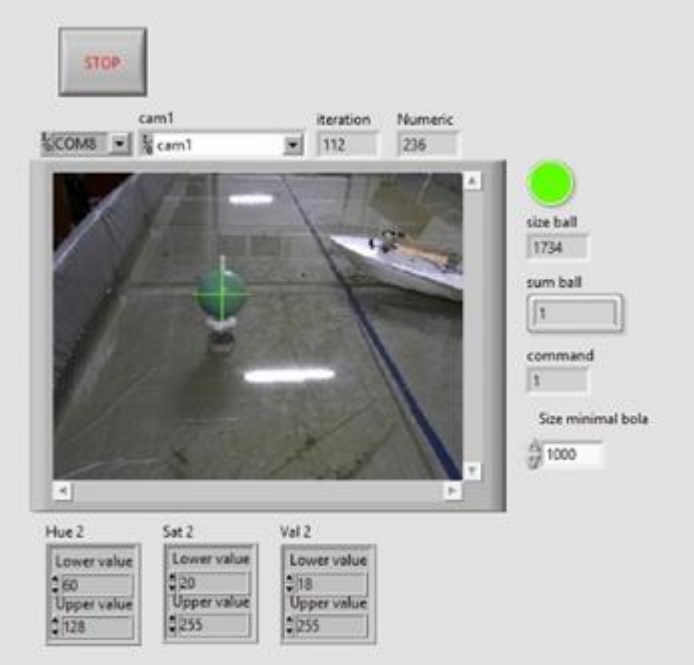
Gambar IV. 1 Pengujian sensor ultrasonik pada jarak 10 cm



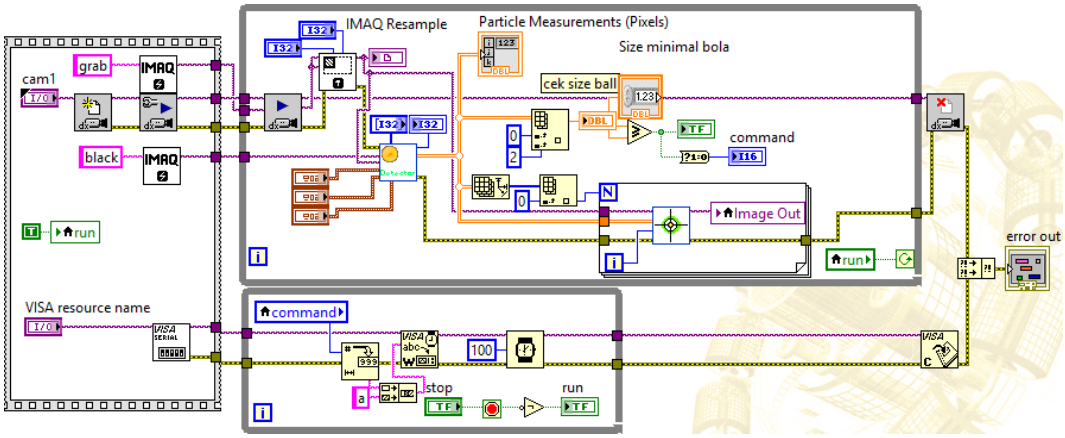
Gambar IV. 2 Pengujian sensor ultrasonik pada jarak 60 cm

4.2 Pengujian Kamera

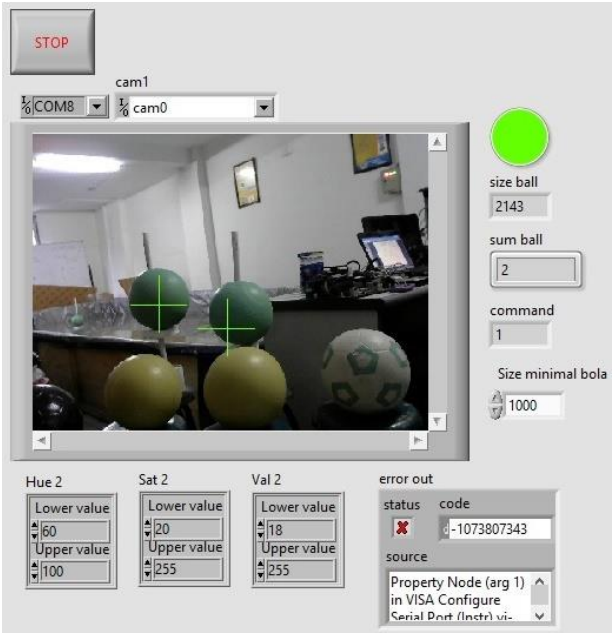
Robot kapal ini dirancang agar dapat melakukan manuver dengan baik dan menghindari halangan pada jalur yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, kapal harus dapat mendeteksi objek, warna, dan jarak objek terhadap kapal. Untuk memenuhi hal tersebut diatas, maka diperlukan kamera. Untuk mengenali warna dan pola dari sebuah objek maka diperlukan pengolahan citra. Pada penelitian ini, pengolahan citra berbasis LabVIEW 2012. Pada Gambar IV.2 ditamplikan *front panel* dari pengolahan citra berbasis LabVIEW 2012. Sedangkan pada Gambar IV.3 merupakan *block diagram* pemrograman LabVIEW yang berisi instruksi pengenalan pola dan warna bola merah, kuning dan hijau.



Gambar IV. 3 Front panel software pengenalan pola berbasis LabVIEW.



Gambar IV. 4 Blok diagram pengenalan pola dan warna LabVIEW.



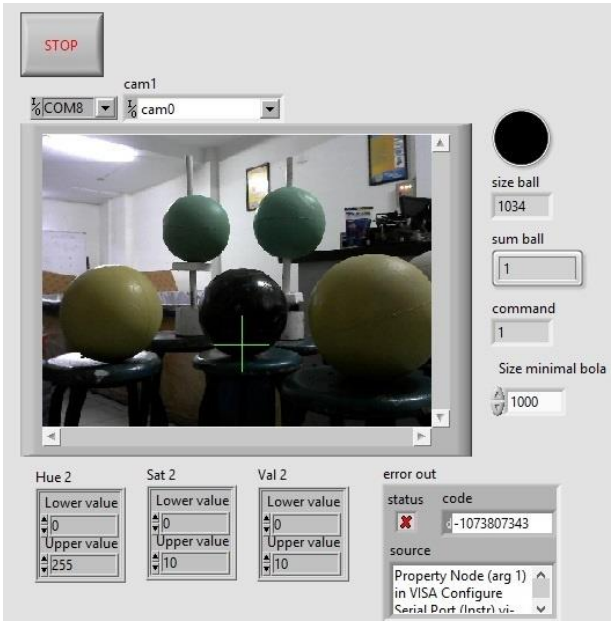
Gambar IV. 5 Deteksi dua bola warna hijau.



Gambar IV. 6 Deteksi dua bola warna hijau, satu terkena reject border.



Gambar IV. 7 Deteksi dua bola warna kuning



Gambar IV. 8 Deteksi satu bola warna hitam

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan objek di depan kamera dan diuji pada intensitas pencahayaan yang berbeda yaitu saat pagi, siang, dan

sore, serta saat lampu mati atau menyala. Hasil dari pengujian software ini akan ditampilkan pada tabel berikut ini.

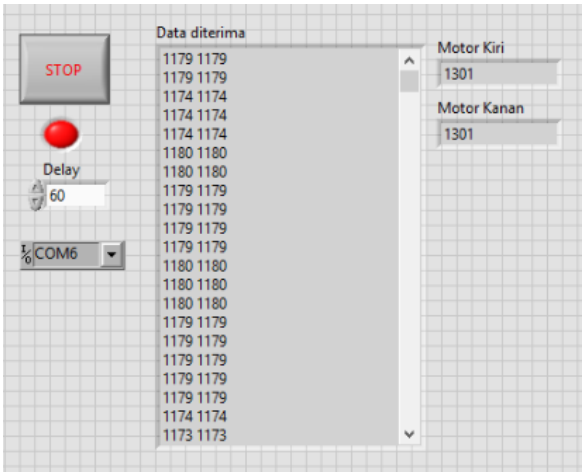
Tabel IV. 2 Hasil pengujian software pengenalan pola dan warna LabVIEW 2012

Pencahayaan	Jumlah pengambilan gambar	Keberhasilan mendeteksi bola	Persentasi keberhasilan
Pagi hari, lampu mati	20	19	95%
Siang hari, lampu mati	20	19	95%
Sore hari, lampu mati	20	18	90%
Sore hari, lampu menyala	20	19	95%
Malam hari lampu menyala	20	19	95%
Total	100	94	94%

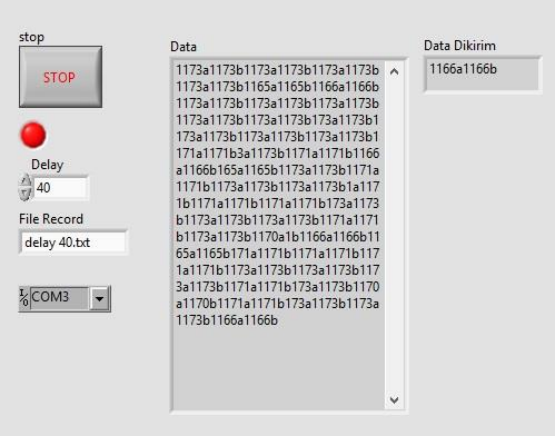
Dari hasil pengujian dengan pencahayaan yang berbeda diperoleh tingkat keberhasilan 94%. Ini disebabkan karena pengaturan nilai *Hue Saturation Value* (HSV) kurang akurat, maka diperlukan pengaturan nilai HSV yang sesuai agar hasilnya bagus.

4.3 Pengujian *Dead Reckoning*

Untuk *speed test challenge* dan *maneuver test challenge* menggunakan metode *dead reckoning* tidak berhasil dilakukan. Ini disebabkan oleh data yang direkam oleh software LabVIEW 2012 tidak sesuai dengan data yang dikirim oleh mikrokontroler.



Gambar IV. 9 Front panel software dead reckoning mode rekam



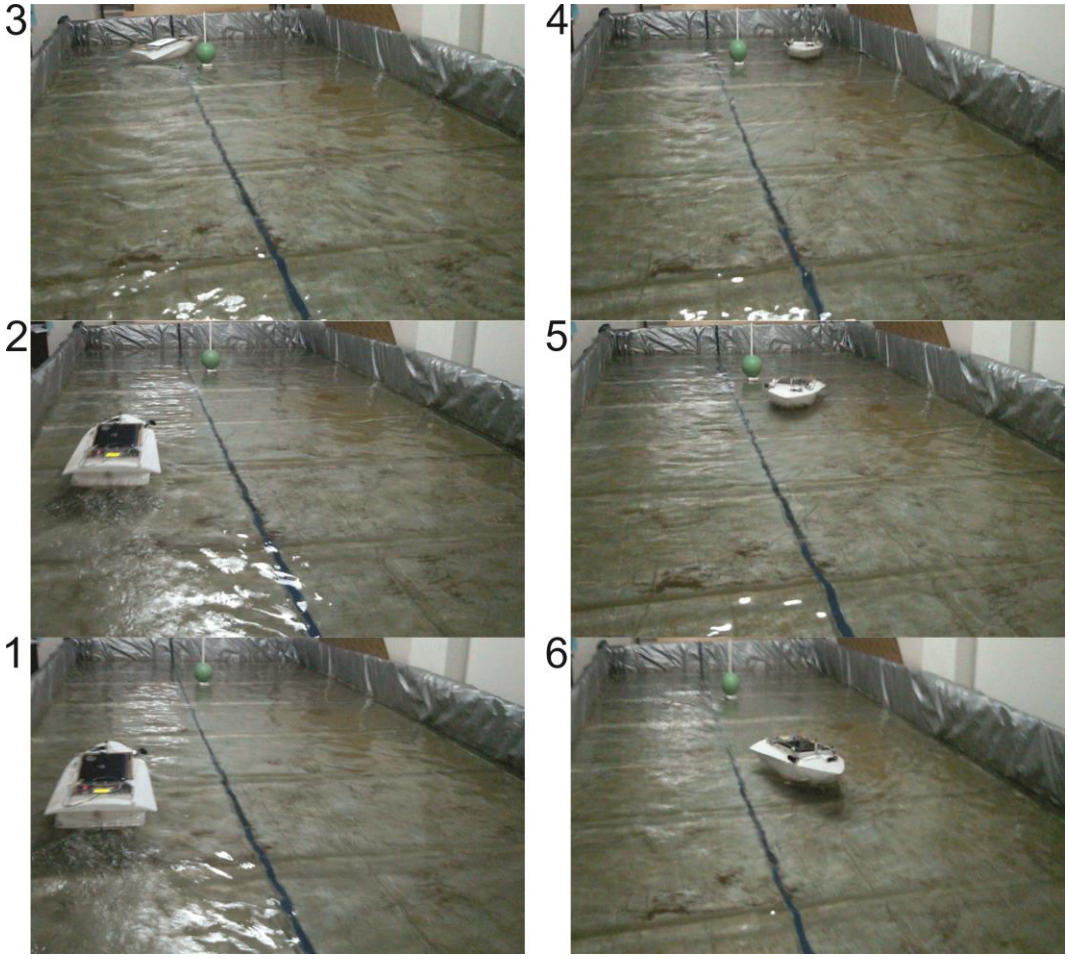
Gambar IV. 10 Front panel software dead reckoning mode play

Tabel IV. 3 Tabel hasil data diterima software dead reckoning

Pulsa diterima		Pulsa diterima		Pulsa diterima		Pulsa diterima	
1173	1173	1171	1171	1165	1165	1171	1171
1171	1171	1173	1173	1165	1165	1171	1171
1170	1170	1171	1171	1166	1166	1171	1171
1170	1170	1171	1171	1173	1173	1171	1171
1171	1171	1173	1173	1173	1173	1171	1171
1173	1173	1173	1173	1173	1173	1171	1171
1173	1173	1173	1173	1171	1171	1173	1173
1173	1173	1166	1166	1171	1171	1166	1166
1171	1171	1166	1166	1173	1173		
1171	1171	1166	1166	1173	1173		
1171	1171	1173	1173	1173	1173		
1171	1171	1173	1173	1171	1171		
1166	1166	1173	1173	1171	1171		
1166	1166	1173	1173	1171	1171		
1166	1166	1173	1173	1171	1171		
1166	1166	1173	1173	1173	1173		
1166	1166	1171	1171	1173	1173		
1173	1173	1173	1173	1173	1173		
1171	1171	1173	1173	1173	1173		
1171	1171	1171	1171	1173	1173		
1173	1173	1173	1173	1171	1171		
1171	1171	1171	1171	1166	1166		
1171	1171	1173	1173	1166	1166		
1171	1171	1173	1173	1166	1166		
1171	1171	1173	1173	1170	1170		
1171	1171	1173	1173	1170	1170		
1173	1173	1173	1173	1171	1171		

4.4 *Speed test Challenge*

Untuk *speed test challenge* menggunakan sensor ultrasonik, kamera, dan *dead reckoning* kapal diarahkan lurus pada posisi bola diletakkan. *Set point dan finish* kendali *PID* robot kapal mengacu pada data orientasi kompas dan akan diinisialisasi pada saat kapal dihidupkan. Kapal akan bergerak lurus mengikuti *set point,* pada saat nilai sensor ultrasonik lebih kecil dari 100 pada mode ultrasonik atau nilai bola lebih besar atau sama dengan 1 pada mode kamera, kapal akan berbelok 180 derajat dari *set point* yang diberikan hingga posisi kapal mengarah pada garis *finish* kemudian nilai *set point* akan berubah menjadi nilai *finish.* Pada gambar dibawah ini ditunjukkan beberapa hasil percobaan *speed test* robot kapal.



Gambar IV. 11 Speed test challenge

Setelah dilakukan 20 percobaan dengan menggunakan sensor ultrasonik dan kamera didapat hasil percobaan seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel IV. 4 Percobaan speed test challenge

No.	Pulsa Motor	*Set point*	Arah Kompas	*Error*	Keterangan
01	1280	74	76	2	
02	1280	74	72	2	
03	1280	74	75	1	
04	1280	74	73	1	
05	1280	74	77	3	
06	1280	74	72	2	
07	1280	74	73	1	
08	1280	74	73	1	
09	1280	74	75	1	
10	1280	74	75	1	
11	1280	74	76	2	
12	1280	74	76	2	
13	1280	74	73	1	
14	1280	74	73	1	
15	1280	74	76	2	
16	1280	74	73	1	
17	1280	74	75	1	
18	1280	74	73	1	
19	1280	74	75	1	
20	1280	74	75	1	
Rata-rata	1280	74	74,3	1,4	Berhasil

Dari Tabel IV.4 dapat dilihat bahwa rata-rata *error* 1,4 maka dapat disimpulkan *error* masih sangat kecil. Keadaan ini didapat dengan memberikan pulsa terhadap motor *brushless* sebesar 1280. Dengan tingkat *error* yang relatif kecil maka dapat disimpulkan *PID* yang ditanam pada mikrokontroler berhasil mengendalikan pergerakan robot kapal agar dapat bergerak lurus mengikuti *setpoint* yang sudah ditentukan pada *speed test challenge*.

Untuk waktu tempuh robot kapal telah dilakukan percobaan dengan mengubah-ubah pulsa pada motor dengan ditunjukkan pada Tabel IV.5 dan IV.6 di bawah ini.

Tabel IV. 5 Percobaan waktu tempuh speed test challenge robot kapal menggunakan sensor ultrasonik

No.	Pulsa	Banyak percobaan	Waktu rata-rata tempuh	Keterangan	
				Gagal	Berhasil
01	1260	20	-	20	-
02	1280	20	18,2 detik	-	20
03	1300	20	16,5 detik	-	20
04	1340	20	14,2 detik	-	20
05	1380	20	13,5 detik	-	20
06	1400	20	12,2 detik	-	20
07	1440	20	-	20	-

Tabel IV. 6 Percobaan waktu tempuh speed test challenge robot kapal menggunakan kamera

No.	Pulsa	Banyak percobaan	Waktu rata-rata tempuh	Keterangan	
				Gagal	Berhasil
01	1260	20	-	20	-
02	1280	20	18,6 detik	-	20
03	1300	20	16,9 detik	-	20
04	1340	20	14,7 detik	-	20
05	1380	20	13,9 detik	-	20
06	1400	20	12,5 detik	-	20
07	1440	20	-	20	-

Dari Tabel IV-5 dan Tabel IV-6 ditunjjukkan bahwa pada pulsa 1260 gagal, ini disebabkan oleh motor *brushless* yang bekerja pada pulsa minimal 1280, pada pulsa sebesar 1440 ditunjukkan robot kapal gagal melakukan *speed test* karena motor *brushless* berputar sangat kencang sehingga membuat robot kapal sangat sulit untuk dikendalikan, maka dapat disimpulkan bahwa robot kapal dapat melakukan *speed test challenge* dengan normal dan berhasil pada pulsa antara 1280-1400.

4.5 *Maneuver Test Challenge*

Maneuver test challenge prinsip kerjanya sama dengan *speed test challenge* dimana menggunakan sensor ultrasonik, kamera, dan *dead reckoning*. Sebelum robot kapal melakukan *maneuver test challenge* langkah pertama yang harus dilakukan adalah robot kapal diarahkan tegak lurus dengan posisi dimana bola ditempatkan, sehingga kompas akan mendapatkan *set point* awal dan *set point finish* yang menjadi referensi kendali PID robot kapal. Kapal akan bergerak lurus mengikuti *set point* yang sudah didapat pada saat awal program dijalankan, jika mode yang dipilih adalah mode ultrasonik maka pada saat nilai sensor ultrasonik kanan lebih kecil dari 80 cm maka kapal akan bergerak 45º mengarah kekanan dari *setpoint* selama iterasi 1-110 kemudian bergerak kembali sesuai dengan *setpoint* sampai sensor ultrasonik kiri mendeteksi bola. Setelah nilai sensor ultrasonik kiri lebih kecil dari 80 cm maka kapal akan bergerak 45º kekiri dari *setpoint* selama 1 iterasi 1-110 dan akan kembali bergerak sesuai dengan *setpoint* awal. Apabila sudah terdeteksi bola terakhir dengan posisi robot kapal mengarah *set point*, maka kapal akan berbelok 180º dari *setpoint* dan kemudian nilai *setpoint* menjadi nilai *finish* kemudian akan dilanjutkan pada deteksi bola yang berikutnya sampai bola terakhir dengan posisi robot kapal mengarah *finish*.

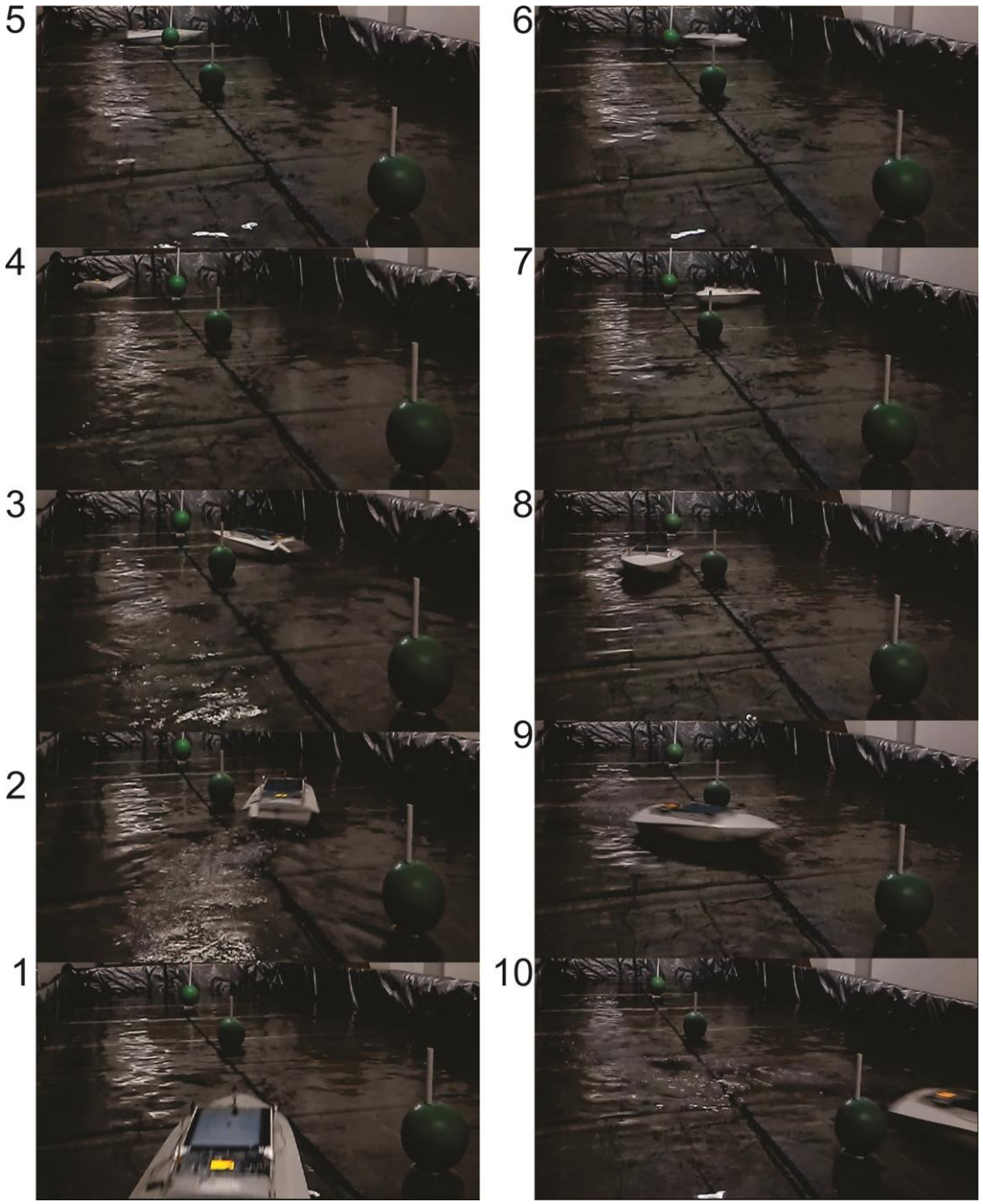
Tabel IV. 7 Percobaan waktu tempuh maneuver test challenge robot kapal menggunakan sensor ultrasonik

No.	Pulsa	Banyak percobaan	Waktu rata-rata tempuh	Keterangan		Persentasi keberhasilan
				Gagal	Berhasil	
01	1260	20	-	-	-	0%
02	1280	20	26 detik	3	17	85%
03	1300	20	24 detik	6	14	70%
04	1340	20	-	20	-	0%
05	1380	20	-	20	-	0%
06	1400	20	-	20	-	0%
07	1440	20	-	20	-	0%

Tabel IV. 8 Percobaan waktu tempuh maneuver test challenge robot kapal menggunakan kamera

No.	Pulsa	Banyak percobaan	Waktu rata-rata tempuh	Keterangan		Persentasi keberhasilan
				Gagal	Berhasil	
01	1260	20	-	-	-	0%
02	1280	20	26 detik	4	16	80%
03	1300	20	24 detik	9	11	55%
04	1340	20	-	20	-	0%
05	1380	20	-	20	-	0%
06	1400	20	-	20	-	0%
07	1440	20	-	20	-	0%

Pada Gambar IV.12 ini ditunjukkan robot kapal sedang melakukan *maneuver test challenge* dari robot kapal mulai bergerak sampai pada *finish*. Seperti sudah dijelaskan pada paragraf sebelumnya, terlihat ada 3 bola berwarna hijau. Pada saat kamera kanan mendeteksi bola pertama, robot kapal akan bergerak mengarah 45º ke kanan dari sudut *set point* awal yang sudah ditentukan selama iterasi 1-110 kemudian akan kembali bergerak lurus mengikuti *set point* awal hingga kamera kiri mendeteksi bola kedua, setelah terdeteksi bola kedua maka robot kapal akan bergerak mengarah 45º kekiri kemudian kembali bergerak lurus mengikuti *set point* awal hingga kamera kanan mendeteksi bola terakhir. Setelah bola terakhir terdeteksi maka robot kapal akan berbelok 180º dari *set point* ketika robot kapal sudah mengarah *finish* kemudian bergerak 45º kekanan dari sudut *finish* selama iterasi 1-110 kemudian akan bergerak lurus sampai bola berikutnya terdeteksi. Langkah berikutnya sama halnya dengan langkah awal pada saat kamera kiri sudah mendeteksi bola kedua sampai robot kapal melewati bola terakhir.



Gambar IV. 12 Maneuver test challenge