

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan. Dimana pada penelitian ini menggunakan dua pemroses utama, yaitu mikrokontroler dan PC. Pengujian ini akan dilakukan untuk mengetahui apakah setiap komponen yang digunakan baik dari sisi *hardware* (perangkat keras) maupun *software* (perangkat lunak) dalam penelitian kali ini telah berjalan dengan baik.

4.1. Pengujian *Minimum System*

Pengujian *minimum system* dilakukan dengan menguji *minimum system* yang digunakan dapat berjalan dengan baik dan telah dapat diimplementasikan untuk melakukan pemrograman pada proses selanjutnya.

4.1.1. Tujuan

Pengujian *minimum system* bertujuan untuk mengetahui apakah *minimum system* dapat melakukan proses *signature* dan *download* program ke mikrokontroler dengan baik.

4.1.2. Alat yang Digunakan

Peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian *minimum system* ATmega128

2. *Downloader AVR910*
3. *PC*
4. *Program CodeVisionAVR*
5. *Power supply 1000mA - 24V*
6. *Kabel USB to serial*

4.1.3. Prosedur Pengujian

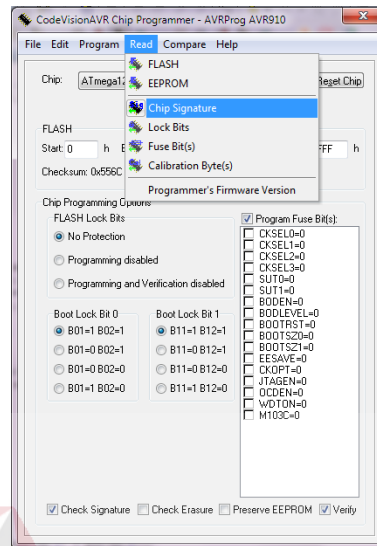
Langkah-langkah untuk melakukan pengujian minimum sistem adalah sebagai berikut:

1. *Aktifkan power supply dan hubungkan minimum system*
2. *Sambungkan minimum system dengan kabel downloader menggunakan kabel USB to serial*
3. *Selanjutnya aktifkan PC dan jalankan program CodeVisionAVR*
4. *Masuk ke menu chip programmer dan cari chip signature*
5. *Lalu tekan menu chip signature*
6. *Amati hasil pembacaan mikrokontroler yang ditampilkan oleh CVAVR, apakah sama dengan mikrokontroler yang digunakan*

4.1.4. Hasil Pengujian

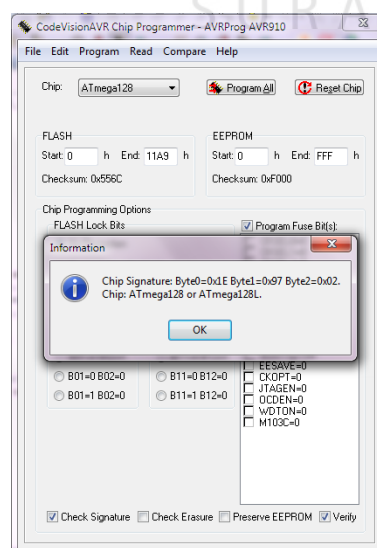
Dari percobaan diatas apabila menu *chip signature programmer*, *download* program dapat berhasil dikerjakan maka *minimum system* dapat dikatakan bekerja dengan baik. Tampilan dari program *chip signature* pada *CodeVisionAVR* yang akan digunakan untuk menuliskan program dan melakukan

percobaan terhadap *minimum system*. Cara melakukan *chip signature* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Cara melakukan *chip signature* pada CVAVR

Setelah dilakukan *chip signature* maka pada PC akan menampilkan informasi berupa jenis chip dan beberapa informasi lain tentang mikrokontroler yang digunakan. Untuk lebih jelasnya terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil proses *chip signature* pada PC

Dari hasil pengujian *chip signature* tersebut menandakan bahwa mikrokontroler telah siap digunakan dan sudah bisa digunakan untuk proses selanjutnya.

4.2. Pengujian Sensor Kompas Digital

Pengujian sensor kompas digital ini dilakukan dengan menguji hasil pembacaan derajat arah dari sensor dengan kondisi sebenarnya. Sensor CMPS10 (kompas digital) yang digunakan akan menampilkan data pembacaannya melalui LCD yang berupa angka derajat arah. Angka tersebut mewakili arah kompas saat ini, dimana patokan arah kompas adalah utara dan dengan membandingkan sensor kompas digital tersebut dengan kompas analog merk EIGER

4.2.1. Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor kompas digital CMPS10 telah dapat membaca arah dan menampilkan angka derajat arah pada LCD sesuai dengan kompas pembanding yang digunakan pada pengujian ini.

4.2.2. Alat yang Digunakan

Peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian *minimum system* ATmega128
2. *Downloader* AVR910
3. PC
4. Program *CodeVisionAVR*
5. *Power supply* 1000mA - 24V

6. Kabel *USB to serial*
7. Sensor kompas CMPS10
8. Kompas digital merk eiger

4.2.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Aktifkan *power supply* dan hubungkan *minimum system*
2. Sambungkan *minimum system* dengan kabel *downloader* menggunakan kabel *USB to serial*
3. Selanjutnya aktifkan PC dan jalankan program *CodeVisionAVR*
4. *Download* program pembacaan sensor yang telah dibuat kedalam *minimum system*
5. Lakukan kalibrasi pada sensor kompas digital yang akan digunakan pada robot
6. Amati hasil pembacaan sensor kompas di LCD, apakah sama dengan arah yang sebenarnya

4.2.4. Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian ini adalah untuk mengetahui pembacaan sensor kompas yang dibandingkan dengan arah yang sebenarnya. Kompas pembanding pada penelitian ini menggunakan kompas digital dengan merk eiger. Berikut adalah hasil pengujian sensor kompas digital yang digunakan pada robot:

Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor kompas digital cmps 10

No	Kompas Digital (°)	Kompas CMPS 10	
		Data (°)	Error (°)
1	0,00	0,25	0,25
2	0,00	0,13	0,13
3	0,00	0,36	0,36
4	12,00	11,53	0,47
5	12,00	11,92	0,08
6	12,00	12,56	0,56
7	24,00	23,79	0,21
8	24,00	24,12	0,12
9	24,00	24,73	0,73
10	36,00	35,5	0,5
11	36,00	36,78	0,78
12	36,00	35,92	0,08
13	48,00	48,44	0,44
14	48,00	47,82	0,18
15	48,00	48,66	0,66
16	60,00	60,62	0,62
17	60,00	59,47	0,53
18	60,00	61,03	1,03
19	72,00	72,68	0,68
20	72,00	71,4	0,6
21	72,00	72,21	0,21
22	84,00	84,44	0,44
23	84,00	83,96	0,04
24	84,00	85,11	1,11
25	96,00	96,52	0,52
26	96,00	95,62	0,38
27	96,00	95,82	0,18
28	108,00	108,7	0,7
29	108,00	107,42	0,58
30	108,00	108,23	0,23
31	120,00	120,74	0,74
32	120,00	119,72	0,28
33	120,00	120,43	0,43
34	132,00	132,98	0,98
35	132,00	132,38	0,38
36	132,00	131,73	0,27

No	Kompas Digital (°)	Kompas CMPS 10	
		Data (°)	Error (°)
37	144,00	144,64	0,64
38	144,00	143,78	0,22
39	144,00	144,22	0,22
40	156,00	156,78	0,78
41	156,00	156,57	0,57
42	156,00	155,8	0,2
43	168,00	168,76	0,76
44	168,00	168,32	0,32
45	168,00	167,75	0,25
46	180,00	180,26	0,26
47	180,00	180,79	0,79
48	180,00	179,63	0,37
49	192,00	192,39	0,39
50	192,00	191,85	0,15
51	192,00	192,56	0,56
52	204,00	204,33	0,33
53	204,00	203,71	0,29
54	204,00	204,42	0,42
55	216,00	216,23	0,23
56	216,00	215,43	0,57
57	216,00	216,71	0,71
58	228,00	228,48	0,48
59	228,00	227,76	0,24
60	228,00	228,62	0,62
61	240,00	240,35	0,35
62	240,00	239,51	0,49
63	240,00	240,61	0,61
64	252,00	252,85	0,85
65	252,00	252,31	0,31
66	252,00	251,72	0,28
67	264,00	264,35	0,35
68	264,00	264,52	0,52
69	264,00	263,47	0,53
70	276,00	277,46	1,46
71	276,00	276,73	0,73
72	276,00	276,42	0,42

No	Kompas Digital (°)	Kompas CMPS 10	
		Data (°)	Error (°)
73	288,00	288,29	0,29
74	288,00	287,61	0,39
75	288,00	287,73	0,27
76	300,00	299,26	0,74
77	300,00	300,79	0,79
78	300,00	300,55	0,55
79	312,00	311,23	0,77
80	312,00	312,56	0,56
81	312,00	312,22	0,22
82	324,00	323,79	0,21
83	324,00	324,48	0,48
84	324,00	324,17	0,17
85	336,00	335,36	0,64

No	Kompas Digital (°)	Kompas CMPS 10	
		Data (°)	Error (°)
86	336,00	336	0
87	336,00	336,79	0,79
88	348,00	347,69	0,31
89	348,00	348,64	0,64
90	348,00	348,48	0,48
91	90,00	89,84	0,16
92	90,00	90,17	0,17
93	90,00	90,25	0,25
94	270,00	270,6	0,6
95	270,00	270,31	0,31
96	270,00	270,57	0,57
Rata-Rata Error			0,46

Dari tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa sensor kompas digital cmcs 10 mampu bekerja dengan baik dan memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 0.46 derajat yang kemudian di tampilkan dengan menggunakan LCD pada *mobile robot*. Perhitungan *error* pada pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung selisih antara derajat terbaca pada sensor kompas cmcs 10 dan derajat terbaca pada kompas digital merk eiger.

4.3. Pengujian Penggerak Differensial Pada *Mobile Robot*

Pengujian berikut adalah pengujian terhadap penggerak differensial pada *mobile robot* terhadap sudut putar koordinat tujuan. Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memutar *mobile robot* menuju beberapa sudut yang mewakili kemungkinan-kemungkinan dalam proses navigasi yang akan dilakukan dan

melakukan penghitungan terhadap sudut posisi terakhir robot setelah proses memutar menuju beberapa sudut yang diharapkan.

4.3.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah penggerak differensial pada *mobil robot* telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan dapat melakukan penggerakan kemudi yang sesuai dengan kebutuhan pada tugas akhir ini.

4.3.2. Alat yang Digunakan

1. *Personal Computer (PC)*
2. *Differential steering mobile robot*
3. Rangkaian *minimum system* ATmega128
4. *Downloader AVR910*
5. *CodeVisionAVR*
6. *Power supply* 1000mA - 24V
7. Kabel *USB to serial*
8. *Driver motor*
9. Motor DC

4.3.3. Prosedur Pengujian

1. Aktifkan *power supply* dan hubungkan pada semua perangkat keras yang digunakan pada *differential steering mobile robot*
2. Sambungkan *minimum system* dengan kabel *downloader* menggunakan kabel *USB to serial*

3. Selanjutnya aktifkan PC dan jalankan program *CodeVisionAVR*
4. *Download* program untuk memutar robot menuju kemungkinan-kemungkinan sudut yang dilalui pada sistem navigasi ini yang telah dibuat kedalam *minimum system*
5. Amati apakah pergerakan robot pada saat memutar menuju sudut-sudut yang diinginkan sudah sesuai dengan *input* yang diberikan pada program

4.3.4. Hasil Pengujian

Pengujian penggerak differensial pada *mobile robot* terhadap beberapa sudut yang mewakili kemungkinan-kemungkinan pergerakan putar robot pada sistem navigasi ini dapat dilihat hasilnya pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian penggerak differensial pada *mobile robot*

No.	Sudut Awal (°)	Sudut Tujuan (°)	Terukur (°)	Error (°)	Keterangan
1	0	90	87	3	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
2	0	90	85	5	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
3	0	90	85	5	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
4	0	90	86	4	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200

No.	Sudut Awal (°)	Sudut Tujuan (°)	Terukur (°)	Error (°)	Keterangan
5	0	90	88	2	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
6	0	180	177	3	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
7	0	180	175	5	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
8	0	180	176	4	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
9	0	180	180	0	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
10	0	180	179	1	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
11	0	270	269	1	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
12	0	270	266	4	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
13	0	270	268	2	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200

No.	Sudut Awal (°)	Sudut Tujuan (°)	Terukur (°)	Error (°)	Keterangan
					PWM motor: 200
14	0	270	268	2	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
15	0	270	267	3	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
16	0	45	43	2	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
17	0	45	40	5	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
18	0	45	44	1	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
19	0	45	45	0	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
20	0	45	44	1	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
21	0	315	314	1	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200

No.	Sudut Awal (°)	Sudut Tujuan (°)	Terukur (°)	Error (°)	Keterangan
22	0	315	312	3	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
23	0	315	314	1	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
24	0	315	313	2	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
25	0	315	313	2	Motor kiri mundur, motor kanan maju, nilai PWM motor: 200
26	0	135	133	2	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
27	0	135	131	4	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
28	0	135	134	1	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
29	0	135	135	0	Motor kiri maju, motor kanan mundur, nilai PWM motor: 200
30	0	135	131	4	Motor kiri maju, motor kanan

No.	Sudut Awal (°)	Sudut Tujuan (°)	Terukur (°)	Error (°)	Keterangan
					mundur, nilai PWM motor: 200
Rata-Rata Error				2,4	2,4°

Berdasarkan tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa penggerak differensial pada *mobile robot* mampu melakukan penggerakan kemudi menuju beberapa sudut yang mewakili kemungkinan-kemungkinan pada sistem navigasi ini dengan nilai rata-rata total *error* sebesar 2,4 derajat pada lapangan yang telah disiapkan untuk penelitian ini. Pada pengujian ini kecepatan motor DC kanan dan kiri dikendalikan oleh nilai PWM. Nilai PWM pada motor kanan dan motor kiri diatur sebesar 200 PWM, sehingga idealnya motor kanan dan kiri memiliki nilai kecepatan yang sama. Arah perputaran robot pada pengujian ini dibagi menjadi 2. Apabila sudut tujuan $\leq 180^\circ$ maka robot akan berputar searah jarum jam dan apabila sudut tujuan $> 180^\circ$ maka robot akan berputar berlawanan arah dengan jarum jam. Perhitungan *error* pada pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung selisih antara sudut tujuan dan sudut yang terukur setelah robot melakukan penggerakan kemudi.

4.4. Pengujian Program Penentuan Arah Tujuan Pada *Mobile Robot*

Pengujian berikut adalah pengujian penentuan arah hadap *mobile robot* terhadap koordinat tujuan. Penentuan arah hadap *mobile robot* terhadap koordinat tujuan yang dilakukan pada proses ini adalah dengan mengambil data pada sensor kompas untuk mengetahui posisi awal robot yang akan digunakan sebagai offset dalam penentuan arah hadap robot. Kemudian setelah itu dilakukan perhitungan

untuk mengetahui sudut yang terbentuk antara koordinat awal dan koordinat tujuan. Dilanjutkan dengan merubah sudut alpha menjadi arah tujuan robot yang kemudian dijadikan sebagai acuan untuk memutar motor pada robot agar arah hadap robot sesuai dengan koordinat tujuan.

4.4.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah program penentuan arah tujuan pada *mobile robot* yang dibuat telah berjalan sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pada tugas akhir ini.

4.4.2. Alat yang Digunakan

1. *Personal Computer (PC)*
2. *Differential steering mobile robot*
3. Rangkaian *minimum system* ATmega128
4. *Downloader AVR910*
5. *CodeVisionAVR*
6. *Power supply* 1000mA - 24V
7. *Kabel USB to serial*
8. *Driver motor*
9. *Motor DC*

4.4.3. Prosedur Pengujian

1. Aktifkan *power supply* dan hubungkan pada semua perangkat keras yang digunakan pada *differential steering mobile robot*

2. Sambungkan *minimum system* dengan kabel *downloader* menggunakan kabel *USB to serial*
3. Selanjutnya aktifkan PC dan jalankan program *CodeVisionAVR*
4. *Download* program untuk penentuan arah hadap robot terhadap koordinat tujuan yang telah dibuat kedalam *minimum system*
5. Amati apakah pergerakan roda pada saat memutar arah hadap robot menuju arah hadap koordinat tujuan sudah sesuai dengan *input* yang diberikan pada program

4.4.4. Hasil Pengujian

Pengujian penentuan arah hadap robot terhadap koordinat tujuan robot dapat dilihat hasilnya pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian program penentuan arah hadap robot

No.	Koordinat Awal (X,Y)	Koordinat Tujuan (X,Y)	Sudut (°)	Terukur (°)	Error (°)
1	(0,0)	(1,1)	45	40	5
2	(0,0)	(1,1)	45	40	5
3	(0,0)	(1,1)	45	43	2
4	(0,0)	(1,1)	45	40	5
5	(0,0)	(1,1)	45	41	4
6	(0,0)	(1,-1)	135	132	3
7	(0,0)	(1,-1)	135	134	1
8	(0,0)	(1,-1)	135	133	2
9	(0,0)	(1,-1)	135	134	1
10	(0,0)	(1,-1)	135	133	2
11	(0,0)	(-1,-1)	225	220	5
12	(0,0)	(-1,-1)	225	223	2
13	(0,0)	(-1,-1)	225	224	1
14	(0,0)	(-1,-1)	225	223	2
15	(0,0)	(-1,-1)	225	221	4
16	(0,0)	(-1,1)	315	313	2
17	(0,0)	(-1,1)	315	312	3

No.	Koordinat Awal (X,Y)	Koordinat Tujuan (X,Y)	Sudut (°)	Terukur (°)	Error (°)
18	(0,0)	(-1,1)	315	314	1
19	(0,0)	(-1,1)	315	311	4
20	(0,0)	(-1,1)	315	313	2
21	(0,0)	(1,0)	90	89	1
22	(0,0)	(1,0)	90	87	3
23	(0,0)	(1,0)	90	90	0
24	(0,0)	(1,0)	90	89	1
25	(0,0)	(1,0)	90	90	0
26	(0,0)	(-1,0)	270	268	2
27	(0,0)	(-1,0)	270	266	4
28	(0,0)	(-1,0)	270	269	1
29	(0,0)	(-1,0)	270	270	0
30	(0,0)	(-1,0)	270	266	4
Rata-Rata Error					2,4

Berdasarkan tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa *mobile robot* mampu merubah arah hadap awal *mobile robot* menjadi arah hadap menuju koordinat tujuan dengan nilai rata-rata total *error* sebesar 2,4 derajat pada lapangan yang telah disiapkan untuk penelitian ini. Perhitungan *error* pada pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung selisih antara sudut arah tujuan yang terhitung dan sudut yang terukur setelah robot melakukan pergerakan kemudi menuju arah tujuan. Perubahan arah hadap *mobile robot* sesuai dengan hasil perhitungan sudut dengan menggunakan rumus Trigonometri yang ditambahkan dengan derajat offset sehingga menghasilkan sudut perubahan arah hadap *mobile robot* menuju koordinat tujuan.

4.5. Pengujian Program Penentuan Jarak Tempuh Tujuan Pada *Mobile Robot*

Pengujian berikut adalah pengujian penentuan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan. Penentuan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan yang dilakukan pada proses adalah dengan melakukan inisialisasi pada *rotary encoder* dan mengambil data koordinat tujuan. Kemudian melakukan perhitungan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan dengan menggunakan rumus *pythagoras*. Setelah itu motor akan bergerak maju dan *rotary encoder* akan melakukan *update* pulsa sesuai dengan pergerakan motor. Nilai *update* pulsa pada *rotary encoder* akan dibandingkan dengan nilai perhitungan jarak tempuh sebelumnya untuk menentukan apakah robot sudah sampai pada tujuan yang diinginkan.

4.5.1. Tujuan

Tujuan Pengujian ini adalah untuk menguji apakah program penentuan jarak tempuh tujuan pada *mobile robot* yang dibuat telah berjalan sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pada tugas akhir ini.

4.5.2. Alat yang Digunakan

1. *Personal Computer (PC)*
2. *Differential steering mobile robot*
3. Rangkaian *minimum system* ATmega128
4. *Downloader AVR910*
5. *CodeVisionAVR*

6. *Power supply* 1000mA - 24V
7. Kabel *USB to serial*
8. *Driver motor*
9. Motor DC

4.5.3. Prosedur Pengujian

1. Aktifkan *power supply* dan hubungkan pada semua perangkat keras yang digunakan pada *differential steering mobile robot*
2. Sambungkan *minimum system* dengan kabel *downloader* menggunakan kabel *USB to serial*
3. Selanjutnya aktifkan PC dan jalankan program *CodeVisionAVR*
4. *Download* program untuk penentuan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan yang telah dibuat kedalam *minimum system*
5. Amati apakah pergerakan maju robot pada saat menuju koordinat tujuan sudah sesuai dengan program yang dibuat dan robot dapat berhenti setelah sampai pada koordinat tujuan.

4.5.4. Hasil Pengujian

Pengujian penentuan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan robot dapat dilihat hasilnya pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengujian program penentuan jarak tempuh menuju tujuan

No.	Koordinat Awal (X,Y)	Koordinat Tujuan (X,Y)	Jarak (cm)	Terukur(cm)	Error (cm)
1	(0,0)	(0,1)	20	20,5	0,5
2	(0,0)	(0,1)	20	20,4	0,4
3	(0,0)	(0,1)	20	20,3	0,3

No.	Koordinat Awal (X,Y)	Koordinat Tujuan (X,Y)	Jarak (cm)	Terukur(cm)	Error (cm)
4	(0,0)	(0,1)	20	20,6	0,6
5	(0,0)	(0,1)	20	20,3	0,3
6	(0,0)	(0,2)	40	40,1	0,1
7	(0,0)	(0,2)	40	40,2	0,2
8	(0,0)	(0,2)	40	39,9	0,1
9	(0,0)	(0,2)	40	40,2	0,2
10	(0,0)	(0,2)	40	39,9	0,1
11	(0,0)	(0,3)	60	59,8	0,2
12	(0,0)	(0,3)	60	59,6	0,4
13	(0,0)	(0,3)	60	59,9	0,1
14	(0,0)	(0,3)	60	59,6	0,4
15	(0,0)	(0,3)	60	59,9	0,1
16	(0,0)	(0,4)	80	79,6	0,4
17	(0,0)	(0,4)	80	79,4	0,6
18	(0,0)	(0,4)	80	80,6	0,6
19	(0,0)	(0,4)	80	80,3	0,3
20	(0,0)	(0,4)	80	80,1	0,1
21	(0,0)	(0,5)	100	99,8	0,2
22	(0,0)	(0,5)	100	100,1	0,1
23	(0,0)	(0,5)	100	100,1	0,1
24	(0,0)	(0,5)	100	100,2	0,2
25	(0,0)	(0,5)	100	100	0
26	(0,0)	(0,6)	120	119,5	0,5
27	(0,0)	(0,6)	120	119,6	0,4
28	(0,0)	(0,6)	120	119,9	0,1
29	(0,0)	(0,6)	120	119,7	0,3
30	(0,0)	(0,6)	120	120,1	0,1
Rata-Rata Error					0,267

Berdasarkan tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa *mobile robot* mampu menuju ke koordinat tujuan dan mampu berhenti pada saat telah mencapai koordinat tujuan dengan nilai rata-rata total *error* sebesar 0,267 cm pada lapangan yang telah disiapkan untuk penelitian ini. Perhitungan *error* pada pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung selisih antara jarak yang diharapkan dan jarak yang terukur setelah robot melakukan pergerakan menuju koordinat tujuan. Perhitungan jarak tempuh *mobile robot* sesuai dengan hasil perhitungan jarak

dengan menggunakan rumus Pythagoras yang dibandingkan dengan *update* keluaran pada *rotary encoder* saat *mobile robot* berjalan sehingga menghasilkan jarak tempuh yang harus dilalui *mobile robot* untuk mencapai koordinat tujuan.

4.6. Pengujian Keseluruhan Sistem Navigasi Pada *Mobile Robot*

Pengujian keseluruhan sistem navigasi pada *differential steering mobile robot* ini meliputi pengujian penentuan arah hadap robot terhadap koordinat tujuan dan jarak tempuh robot dari koordinat awal menuju koordinat tujuan. Dimana pengujian ini diawali dengan memberikan data koordinat-koordinat yang akan dituju oleh *differential steering mobile robot*. Kemudian *mobile robot* akan melakukan penyesuaian arah hadap dari arah hadap awal menuju arah hadap koordinat yang akan dituju dengan menggunakan program penentuan arah hadap robot terhadap koordinat tujuan. Setelah arah hadap robot sudah sesuai dengan arah hadap koordinat tujuan maka yang kemudian dilakukan adalah proses menuju ke koordinat tujuan dengan menggunakan program penentuan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan. Setelah semua proses dilakukan maka semua proses tersebut akan dilakukan berulang-ulang sesuai dengan jumlah koordinat tujuan yang telah diberikan pada program. Pengujian ini dilakukan pada lapangan yang telah disiapkan.

4.6.1. Tujuan

Tujuan Pengujian ini adalah untuk menguji apakah keseluruhan sistem navigasi pada *mobile robot* ini sudah sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pada tugas akhir ini.

4.6.2. Alat yang Digunakan

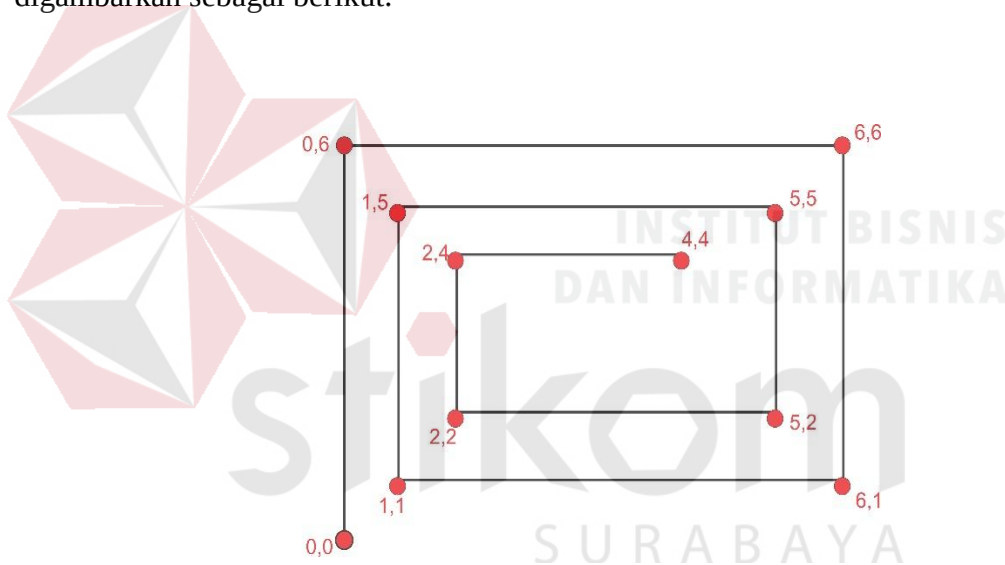
1. *Personal Computer (PC)*
2. *Differential steering mobile robot*
3. Rangkaian *minimum system* ATmega128
4. *Downloader AVR910*
5. *CodeVisionAVR*
6. *Power supply* 1000mA - 24V
7. Kabel *USB to serial*
8. *Driver motor*
9. Motor DC

4.6.3. Prosedur Pengujian

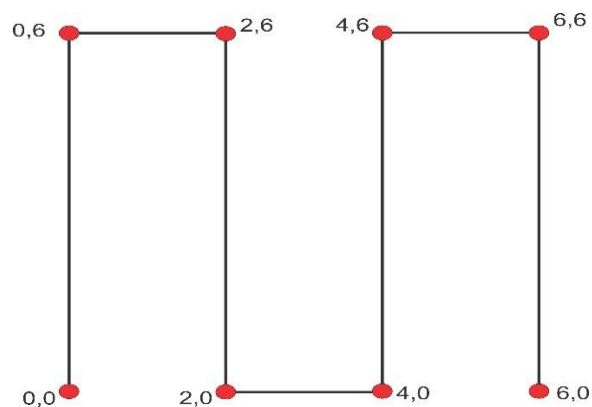
1. Aktifkan *power supply* dan hubungkan pada semua perangkat keras yang digunakan pada *differential steering mobile robot*
2. Sambungkan *minimum system* dengan kabel *downloader* menggunakan kabel *USB to serial*
3. Selanjutnya aktifkan PC dan jalankan program *CodeVisionAVR*
4. *Download* program keseluruhan sistem navigasi yang meliputi penentuan arah hadap robot terhadap koordinat tujuan dan penentuan jarak tempuh dari koordinat awal menuju koordinat tujuan yang telah dibuat kedalam *minimum system*
5. Amati apakah pergerakan *differential steering mobile robot* dari koordinat awal menuju koordinat tujuan sudah sesuai dengan program yang dibuat.

4.6.4. Hasil Pengujian

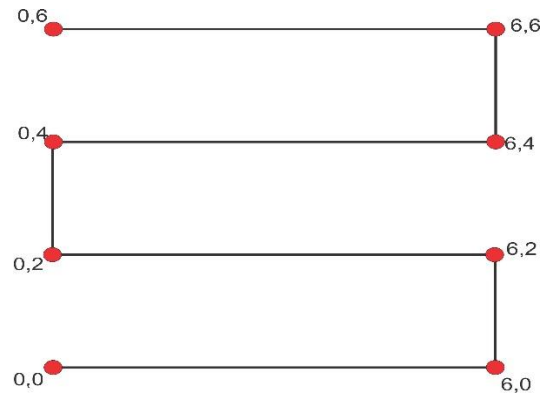
Pengujian keseluruhan sistem navigasi pada *differential steering mobile robot* ini menggunakan 5 pola jalan. Pemilihan 5 pola jalan ini mewakili kemungkinan-kemungkinan pergerakan yang terjadi saat melakukan proses navigasi. Pada pengujian ini menggunakan arena khusus yang berbentuk persegi dengan ukuran 141cm x 141cm dan diberi garis bantu untuk mempermudah proses penghitungan pada pengujian ini. Pada pengujian ini menggunakan satuan koordinat (X,Y) yang berukuran 23,5cm x 23,5cm. Adapun 5 pola jalan tersebut digambarkan sebagai berikut.



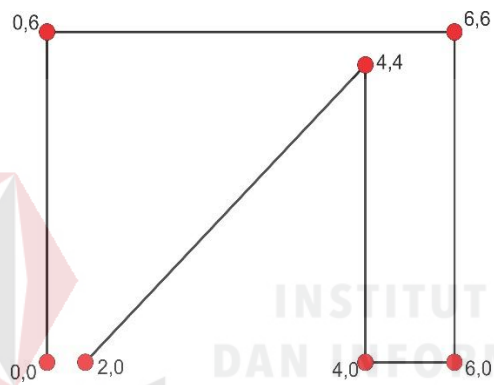
Gambar 4.3 Gambar pola jalan 1



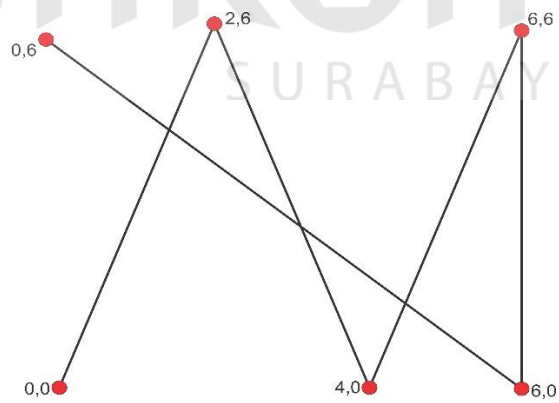
Gambar 4.4 Gambar pola jalan 2



Gambar 4.5 Gambar pola jalan 3



Gambar 4.6 Gambar pola jalan 4



Gambar 4.7 Gambar pola jalan 5

Hasil pengujian keseluruhan sistem navigasi pada *differential steering mobile robot* dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 sebagai berikut.

Tiap-tiap langkah pada tiap-tiap pola akan dilakukan analisis satu persatu, kemudian akan ditarik kesimpulan secara umum untuk keseluruhan pola. *Error* akan dihitung tiap-tiap koordinat yaitu untuk absis (x) maupun ordinat (y). *Error* untuk tiap-tiap langkah dihitung dari jumlah koordinat realisasi dikurangi jumlah koordinat target dibagi dengan jumlah percobaan.

$$Error (x) = (\Sigma x \text{ realisasi} - \Sigma x \text{ target}) / \text{berapa kali percobaan}$$

$$Error (y) = (\Sigma y \text{ realisasi} - \Sigma y \text{ target}) / \text{berapa kali percobaan}$$

Sedangkan *error* untuk tiap-tiap pola merupakan rata-rata *error* seluruh langkah pada pola yang bersangkutan.

$$Error \text{ Pola } (x) = \{ \Sigma Error (x) \} / \text{jumlah langkah tiap pola}$$

$$Error \text{ Pola } (y) = \{ \Sigma Error (y) \} / \text{jumlah langkah tiap pola}$$

Analisis Pengujian Pola-1

Tabel 4.5 Hasil pengujian keseluruhan sistem navigasi pola 1

POLA-1									ERROR LKH	
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Mulai	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Langkah-1	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-3.17%
		Error	-0.04	-0.06	0.01	-0.03	-0.07	0.00		
		Realisasi	-0.04	-0.06	0.01	-0.03	-0.07	0.00		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.02	1.67%
		Error	-0.01	-0.01	0.01	0.02	0.05	0.04		
		Realisasi	5.99	5.99	6.01	6.02	6.05	6.04		
Langkah-2	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.08	-8.50%
		Error	-0.05	-0.04	-0.06	-0.01	-0.18	-0.17		
		Realisasi	5.95	5.96	5.94	5.99	5.82	5.83		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.14	14.33%
		Error	0.29	0.05	0.04	0.08	0.25	0.15		
		Realisasi	6.29	6.05	6.04	6.08	6.25	6.15		
Langkah-3	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.06	-5.83%
		Error	0.00	-0.03	-0.04	0.03	-0.16	-0.15		
		Realisasi	6.00	5.97	5.96	6.03	5.84	5.85		
	Sb-Y	Target	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.22	22.17%
		Error	0.41	0.11	0.13	0.09	0.40	0.19		
		Realisasi	1.41	1.11	1.13	1.09	1.40	1.19		

POLA-1									ERROR LKH	
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Langkah-4	Sb-X	Target	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.04	-4.33%
		Error	0.01	-0.01	-0.02	0.05	-0.15	-0.14		
		Realisasi	1.01	0.99	0.98	1.05	0.85	0.86		
	Sb-Y	Target	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.17	17.00%
		Error	0.36	0.01	0.12	0.04	0.36	0.13		
		Realisasi	1.36	1.01	1.12	1.04	1.36	1.13		
Langkah-5	Sb-X	Target	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.17	-16.50%
		Error	-0.04	-0.29	-0.06	0.01	-0.30	-0.31		
		Realisasi	0.96	0.71	0.94	1.01	0.70	0.69		
	Sb-Y	Target	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.16	15.67%
		Error	0.35	0.00	0.11	0.01	0.35	0.12		
		Realisasi	5.35	5.00	5.11	5.01	5.35	5.12		
Langkah-6	Sb-X	Target	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	-0.24	-24.33%
		Error	-0.20	-0.39	-0.18	0.00	-0.33	-0.36		
		Realisasi	4.80	4.61	4.82	5.00	4.67	4.64		
	Sb-Y	Target	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.23	22.83%
		Error	0.41	0.07	0.25	0.04	0.42	0.18		
		Realisasi	5.41	5.07	5.25	5.04	5.42	5.18		
Langkah-7	Sb-X	Target	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	-0.22	-21.50%
		Error	-0.19	-0.30	-0.16	0.02	-0.31	-0.35		
		Realisasi	4.81	4.70	4.84	5.02	4.69	4.65		
	Sb-Y	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.27	26.67%
		Error	0.45	0.10	0.33	0.05	0.44	0.23		
		Realisasi	2.45	2.10	2.33	2.05	2.44	2.23		
Langkah-8	Sb-X	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-0.21	-20.50%
		Error	-0.18	-0.29	-0.15	0.03	-0.30	-0.34		
		Realisasi	1.82	1.71	1.85	2.03	1.70	1.66		
	Sb-Y	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.23	22.67%
		Error	0.41	-0.01	0.31	0.02	0.42	0.21		
		Realisasi	2.41	1.99	2.31	2.02	2.42	2.21		
Langkah-9	Sb-X	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-0.29	-28.67%
		Error	-0.29	-0.42	-0.31	0.01	-0.35	-0.36		
		Realisasi	1.71	1.58	1.69	2.01	1.65	1.64		
	Sb-Y	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.22	21.50%
		Error	0.40	-0.03	0.30	0.01	0.41	0.20		
		Realisasi	4.40	3.97	4.30	4.01	4.41	4.20		
Langkah-10	Sb-X	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	-0.39	-39.33%
		Error	-0.35	-0.48	-0.35	-0.41	-0.39	-0.38		
		Realisasi	3.65	3.52	3.65	3.59	3.61	3.62		
	Sb-Y	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.27	27.17%
		Error	0.46	0.00	0.34	0.08	0.51	0.24		
		Realisasi	4.46	4.00	4.34	4.08	4.51	4.24		
ERROR POLA-1 (X) = JUMLAH ERROR (X) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									-0.17	-17.27%
ERROR POLA-1 (Y) = JUMLAH ERROR (Y) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									0.19	19.00%

Keterangan : Notasi (-/+) pada *error* menunjukkan arah penyimpangan

Langkah 1, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,03 dan ordinat (y) sebesar + 0,02 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi dari garis $x = 0$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0.03 , hal ini disebabkan karena faktor gesek atau tingkat kehalusan (kekasaran) lantai yang berbeda dan kepekaan dari kedua motor yang berbeda.

Langkah 2, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,08 dan ordinat (y) sebesar +0,14 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $y = 6$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) +0,14, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 2 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 3, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,06 dan ordinat (y) sebesar +0,22 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $x = 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,6 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 3 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 4, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,04 dan ordinat (y) sebesar + 0,17 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $y = 1$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) +0,17, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 4 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 5, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,17 dan ordinat (y) sebesar +0,16 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $x = 1$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,17, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 5 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 6, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,24 dan ordinat (y) sebesar +0,23 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $y = 5$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) +0,23 hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 6 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 7, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,22 dan ordinat (y) sebesar + 0,27 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi dari garis $x = 5$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,22 , hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 7 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 8, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,21 dan ordinat (y) sebesar +0,23 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $y = 2$ (lintasan normal) sebesar ordinat +0,23, hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 8 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 9, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,29 dan ordinat (y) sebesar +0,22 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $x = 2$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,29, hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 9 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 10, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,39 dan ordinat (y) sebesar + 0,27 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $y = 4$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) +0.27 , hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 9 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip sehingga posisi arah tidak sempurna.

Pada tabel 4.5 ditunjukkan bahwa untuk pengujian pola-1 terdapat *error* untuk absis (x) sebesar -0.17 dan ordinat (y) sebesar 0.19. Hal tersebut disebabkan karena lantai terlalu licin, kelicinannya tidak rata, dan faktor kepekaan motor tidak sama.

Analisis Pengujian Pola-2

Tabel 4.6 Hasil pengujian keseluruhan sistem navigasi pola-2

POLA-2									ERROR LKH	
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Mulai	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Langkah-1	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	5.00%
		Error	0.01	-0.02	0.06	0.07	0.08	0.10		
		Realisasi	0.01	-0.02	0.06	0.07	0.08	0.10		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.08	-7.83%
		Error	-0.42	0.00	-0.01	-0.02	0.04	-0.06		
		Realisasi	5.58	6.00	5.99	5.98	6.04	5.94		
Langkah-2	Sb-X	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.03	3.17%
		Error	0.00	0.01	-0.06	0.10	0.07	0.07		
		Realisasi	2.00	2.01	1.94	2.10	2.07	2.07		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.08	-7.67%
		Error	-0.41	0.01	-0.02	-0.01	0.02	-0.05		
		Realisasi	5.59	6.01	5.98	5.99	6.02	5.95		
Langkah-3	Sb-X	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-0.09	-8.83%
		Error	-0.33	-0.11	0.02	-0.02	-0.08	-0.01		
		Realisasi	1.67	1.89	2.02	1.98	1.92	1.99		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	5.33%
		Error	0.13	0.11	0.03	0.02	0.01	0.02		
		Realisasi	0.13	0.11	0.03	0.02	0.01	0.02		
Langkah-4	Sb-X	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.21	21.33%
		Error	-0.34	-0.18	0.01	-0.06	-0.11	1.96		
		Realisasi	3.66	3.82	4.01	3.94	3.89	5.96		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	20.33%
		Error	0.07	0.10	0.01	0.03	0.02	0.99		
		Realisasi	0.07	0.10	0.01	0.03	0.02	-0.99		
Langkah-5	Sb-X	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	-0.34	-33.67%
		Error	-0.62	-0.49	-0.12	-0.37	-0.49	0.07		
		Realisasi	3.38	3.51	3.88	3.63	3.51	4.07		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.11	-10.67%
		Error	-0.44	-0.19	-0.01	0.02	0.00	-0.02		
		Realisasi	5.56	5.81	5.99	6.02	6.00	5.98		

POLA-2									ERROR LKH	
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Langkah-6	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.36	-35.83%
		Error	-0.63	-0.52	-0.16	-0.39	-0.50	0.05		
		Realisasi	5.37	5.48	5.84	5.61	5.50	6.05		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.15	-14.50%
		Error	-0.43	-0.40	-0.05	0.01	0.01	-0.01		
		Realisasi	5.57	5.60	5.95	6.01	6.01	5.99		
Langkah-7	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.51	-51.00%
		Error	-0.60	-0.73	-0.47	-0.71	-0.49	-0.06		
		Realisasi	5.40	5.27	5.53	5.29	5.51	5.94		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.27	-27.33%
		Error	-0.42	-0.44	-0.10	-0.31	-0.16	-0.21		
		Realisasi	-0.42	-0.44	-0.10	-0.31	-0.16	-0.21		
ERROR POLA-2 (X) = JUMLAH ERROR (X) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									-0.14	-14.26%
ERROR POLA-2 (Y) = JUMLAH ERROR (Y) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									-0.06	-6.05%

Keterangan : Notasi (-/+) pada *error* menunjukkan arah penyimpangan

Langkah 1, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,05 dan ordinat (y) sebesar -0,08 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $x = 0$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0.05, hal ini disebabkan karena faktor gesek atau tingkat kehalusan (kekasaran) lantai yang berbeda dan kepekaan dari kedua motor yang berbeda.

Langkah 2, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,03 dan ordinat (y) sebesar -0,08 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $y = 6$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) -0,08, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 2 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 3, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,09 dan ordinat (y) sebesar +0,05 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $x = 2$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,09 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 3 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin

sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 4, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,21 dan ordinat (y) sebesar 0,20 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $y = 0$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) 0,20, hal ini disebabkan rantai di titik awal langkah 4 tidak homogen, pada saat roda kiri akan menempati posisi permukaan yang terlalu licin dan menyebabkan penyimpangan.

Langkah 5, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,34 dan ordinat (y) sebesar -0,11 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $x = 4$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,34, hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 5 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 6, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,36 dan ordinat (y) sebesar -0,15 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $y = 6$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) -0,15 hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 6 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 7, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,51 dan ordinat (y) sebesar -0,27 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi dari garis $x = 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,51 , hal ini

disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 7 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Pada tabel 4.6 ditunjukkan bahwa untuk pengujian pola-2 terdapat *error* untuk absis (x) sebesar -0.14 dan ordinat (y) sebesar -0.06. Hal tersebut disebabkan karena lantai terlalu licin, faktor kelicinannya tidak rata, dan faktor kepekaan motor yang tidak sama.

Analisis Pengujian Pola-3

Tabel 4.7 Hasil pengujian keseluruhan sistem navigasi pola-3

POLA-3								ERROR LKH		
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Mulai	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Langkah-1	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.04	4.50%
		Error	0.04	0.03	0.10	0.02	0.07	0.01		
		Realisasi	6.04	6.03	6.10	6.02	6.07	6.01		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.67%
		Error	-0.02	-0.03	0.09	-0.03	0.01	0.08		
		Realisasi	-0.02	-0.03	0.09	-0.03	0.01	0.08		
Langkah-2	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.09	9.17%
		Error	0.05	0.03	0.27	0.07	0.09	0.04		
		Realisasi	6.05	6.03	6.27	6.07	6.09	6.04		
	Sb-Y	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-0.03	-3.00%
		Error	-0.08	-0.06	-0.07	-0.04	0.01	0.06		
		Realisasi	1.92	1.94	1.93	1.96	2.01	2.06		
Langkah-3	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	11.83%
		Error	0.06	0.07	0.30	0.09	0.14	0.05		
		Realisasi	0.06	0.07	0.30	0.09	0.14	0.05		
	Sb-Y	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.05	4.83%
		Error	0.01	0.08	0.01	0.09	0.14	-0.04		
		Realisasi	2.01	2.08	2.01	2.09	2.14	1.96		
Langkah-4	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	13.67%
		Error	0.11	0.15	0.29	0.10	0.14	0.03		
		Realisasi	0.11	0.15	0.29	0.10	0.14	0.03		
	Sb-Y	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.05	5.33%
		Error	0.02	0.11	-0.01	0.11	0.15	-0.06		
		Realisasi	4.02	4.11	3.99	4.11	4.15	3.94		
Langkah-5	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.13	12.83%
		Error	0.12	0.14	0.28	0.09	0.13	0.01		
		Realisasi	6.12	6.14	6.28	6.09	6.13	6.01		
	Sb-Y	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	-0.01	-1.33%
		Error	-0.11	-0.02	0.12	-0.08	-0.01	0.02		
		Realisasi	3.89	3.98	4.12	3.92	3.99	4.02		

POLA-3								ERROR LKH		
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Langkah-6	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.17	17.33%
		Error	0.21	0.20	0.32	0.11	0.15	0.05		
		Realisasi	6.21	6.20	6.32	6.11	6.15	6.05		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.03	-3.33%
		Error	-0.16	-0.01	0.11	-0.09	-0.06	0.01		
		Realisasi	5.84	5.99	6.11	5.91	5.94	6.01		
Langkah-7	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	24.00%
		Error	0.38	0.25	0.36	0.13	0.21	0.11		
		Realisasi	0.38	0.25	0.36	0.13	0.21	0.11		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.08	-8.00%
		Error	-0.47	0.17	-0.09	-0.28	0.11	0.08		
		Realisasi	5.53	6.17	5.91	5.72	6.11	6.08		
ERROR POLA-3 (X) = JUMLAH ERROR (X) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									0.13	13.33%
ERROR POLA-3 (Y) = JUMLAH ERROR (Y) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									-0.01	-0.55%

Keterangan : Notasi (-/+) pada *error* menunjukkan arah penyimpangan

Langkah 1, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,04 dan ordinat (y) sebesar 0,02 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $y = 0$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) 0.02, hal ini disebabkan karena faktor gesek atau tingkat kehalusan (kekasaran) lantai yang berbeda dan kepekakaan dari kedua motor yang berbeda.

Langkah 2, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,09 dan ordinat (y) sebesar -0,03 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $x = 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,09, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 2 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 3, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,12 dan ordinat (y) sebesar +0,05 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $y = 2$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) 0,05 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 3 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 4, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,14 dan ordinat (y) sebesar 0,05 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif

menjauhi dari garis $x = 0$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,14, hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 4 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 5, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,13 dan ordinat (y) sebesar -0,01 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $y = 4$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) -0,01, hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 5 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 6, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,17 dan ordinat (y) sebesar -0,03 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $x = 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,17 hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 6 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 7, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,24 dan ordinat (y) sebesar -0,08 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi dari garis $y = 6$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) -0,08, hal ini disebabkan karena faktor gesek rantai di titik awal langkah 7 tidak homogen dimana pada saat roda kanan akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Pada tabel 4.7 ditunjukan bahwa untuk pengujian pola-3 terdapat *error* untuk absis (x) sebesar 0.13 dan ordinat (y) sebesar -0.01. Hal tersebut disebabkan karena lantai terlalu licin, faktor kelicinannya tidak rata, dan faktor kepekaan motor yang tidak sama.

Analisis Pengujian Pola-4

Tabel 4.8 Hasil pengujian keseluruhan system navigasi pola-4

		POLA-4							ERROR LKH	
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Mulai	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		Realisasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Langkah-1	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	4.83%
		Error	0.02	0.01	0.04	0.08	0.05	0.09		
		Realisasi	0.02	0.01	0.04	0.08	0.05	0.09		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.07	-6.67%
		Error	-0.19	-0.12	-0.05	-0.02	0.02	-0.04		
		Realisasi	5.81	5.88	5.95	5.98	6.02	5.96		
Langkah-2	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.01	-0.83%
		Error	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03	0.05		
		Realisasi	5.99	5.97	5.99	5.98	5.97	6.05		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.01	-0.67%
		Error	0.02	0.03	-0.04	-0.01	-0.05	0.01		
		Realisasi	6.02	6.03	5.96	5.99	5.95	6.01		
Langkah-3	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.07	6.83%
		Error	0.12	0.11	0.14	0.01	0.03	0.00		
		Realisasi	6.12	6.11	6.14	6.01	6.03	6.00		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.83%
		Error	0.03	0.09	-0.03	0.03	-0.04	0.03		
		Realisasi	0.03	0.09	-0.03	0.03	-0.04	0.03		
Langkah-4	Sb-X	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.08	8.00%
		Error	0.14	0.13	0.16	0.03	0.01	0.01		
		Realisasi	4.14	4.13	4.16	4.03	4.01	4.01		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.50%
		Error	0.01	0.08	-0.07	0.02	-0.08	0.07		
		Realisasi	0.01	0.08	-0.07	0.02	-0.08	0.07		
Langkah-5	Sb-X	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.06	5.50%
		Error	0.02	0.03	0.26	-0.03	0.11	-0.06		
		Realisasi	4.02	4.03	4.26	3.97	4.11	3.94		
	Sb-Y	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	-0.01	-0.50%
		Error	-0.02	0.07	-0.08	0.01	-0.07	0.06		
		Realisasi	3.98	4.07	3.92	4.01	3.93	4.06		
Langkah-6	Sb-X	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.10	10.33%
		Error	0.15	0.18	0.52	-0.15	0.21	-0.29		
		Realisasi	2.15	2.18	2.52	1.85	2.21	1.71		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.11	-11.17%
		Error	-0.32	-0.10	-0.44	0.11	-0.24	0.32		
		Realisasi	-0.32	-0.10	-0.44	0.11	-0.24	0.32		
ERROR POLA-4 (X) = JUMLAH ERROR (X) SELURUH LANGKAH / JUMLAH									0.06	5.78%
ERROR POLA-4 (Y) = JUMLAH ERROR (Y) SELURUH LANGKAH / JUMLAH									-0.03	-2.78%

Keterangan : Notasi (-/+) pada *error* menunjukan arah penyimpangan

Langkah 1, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,05 dan ordinat (y) sebesar -0,07 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $x = 0$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0.05 , hal ini disebabkan karena faktor gesek atau tingkat kehalusan (kekasaran) lantai yang berbeda dan kepekaan dari kedua motor yang berbeda.

Langkah 2, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,01 dan ordinat (y) sebesar -0,01 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah negatif menjauhi garis $y = 6$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) -0,01, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 2 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 3, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,07 dan ordinat (y) sebesar +0,02 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi garis $x = 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,07 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 3 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 4, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,08 dan ordinat (y) sebesar 0,01 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah positif menjauhi dari garis $y = 0$ (lintasan normal) sebesar ordinat (y) 0.01, hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 4 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan.

Langkah 6, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,10 dan ordinat (y) sebesar -0,11 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah absis (x) positif dan ordinat (y) negatif menjauhi garis $y = 2x - 4$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,10 dan ordinat (y) -0,11 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 6 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan melebihi dari target.

Pada tabel 4.8 ditunjukkan bahwa untuk pengujian pola-4 terdapat *error* untuk absis (x) sebesar 0.06 dan ordinat (y) sebesar -0.03. Hal tersebut disebabkan karena lantai terlalu licin, faktor kelicinannya tidak rata, dan faktor kepekaan motor yang tidak sama.

Tabel 4.9 Hasil pengujian keseluruhan sistem navigasi pola-5

[illegible]

POLA-5									ERR LANGKAH	
PERCOBAAN-->			1	2	3	4	5	6	(DEC)	(%)
Langkah-1	Sb-X	Target	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-0.02	-2.17%
		Error	-0.04	0.01	0.02	-0.03	-0.03	-0.06		
		Realisasi	1.96	2.01	2.02	1.97	1.97	1.94		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.04	-4.17%
		Error	-0.08	-0.06	-0.02	-0.04	-0.03	-0.02		
		Realisasi	5.92	5.94	5.98	5.96	5.97	5.98		
Langkah-2	Sb-X	Target	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	-0.02	-2.00%
		Error	0.01	-0.07	-0.06	0.03	0.01	-0.04		
		Realisasi	4.01	3.93	3.94	4.03	4.01	3.96		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.15	-15.00%
		Error	-0.03	0.04	0.01	-0.99	0.03	0.04		
		Realisasi	-0.03	0.04	0.01	-0.99	0.03	0.04		
Langkah-3	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.01	-0.50%
		Error	-0.06	-0.03	-0.01	-0.03	0.06	0.04		
		Realisasi	5.94	5.97	5.99	5.97	6.06	6.04		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.03	-2.83%
		Error	0.01	-0.02	-0.04	0.02	-0.11	-0.03		
		Realisasi	6.01	5.98	5.96	6.02	5.89	5.97		
Langkah-4	Sb-X	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.02	2.17%
		Error	0.07	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.02		
		Realisasi	6.07	6.05	6.04	6.01	5.98	5.98		
	Sb-Y	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.33%
		Error	-0.04	0.02	0.05	0.11	-0.17	0.01		
		Realisasi	-0.04	0.02	0.05	0.11	-0.17	0.01		
Langkah-5	Sb-X	Target	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	4.00%
		Error	-0.13	-0.08	0.33	0.21	-0.22	0.13		
		Realisasi	-0.13	-0.08	0.33	0.21	-0.22	0.13		
	Sb-Y	Target	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	-0.06	-6.00%
		Error	-0.29	-0.17	0.21	0.17	-0.36	0.08		
		Realisasi	5.71	5.83	6.21	6.17	5.64	6.08		
ERROR POLA-5 (X) = JUMLAH ERROR (X) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									0.003	0.30%
ERROR POLA-5 (Y) = JUMLAH ERROR (Y) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH									-0.057	-5.67%

Keterangan : Notasi (-/+) pada *error* menunjukkan arah penyimpangan

Langkah 1, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,02 dan ordinat (y) sebesar -0,04 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah absis (x) negatif dan ordinat (y) negatif menjauhi dari garis $y = 2x$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0.02 dan ordinat (y) -0,04 , hal ini disebabkan karena faktor gesek atau tingkat kehalusan (kekasaran) lantai yang berbeda dan kepekaan dari kedua motor yang berbeda.

Langkah 2, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,02 dan ordinat (y) sebesar -0,15 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah absis (x) negatif dan ordinat (y) negatif menjauhi garis $y = -3x + 12$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,02 dan ordinat (y) -0,15 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 2 tidak homogen dimana pada saat roda kiri akan

menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan melebihi target.

Langkah 3, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar -0,01 dan ordinat (y) sebesar 0,03 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah absis (x) negatif dan ordinat (y) positif menjauhi garis $y = 3x - 12$ (lintasan normal) sebesar absis (x) -0,01 dan ordinat (y) 0,03 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 3 tidak homogen dimana pada saat roda kanan akan menempati posisi arah berada pada permukaan yang terlalu licin sehingga gaya kinetik yang terdapat pada robot pada saat bergerak menyebabkan penyimpangan melebihi target.

Langkah 4, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,02 dan ordinat (y) sebesar 0,0 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah absis (x) positif menjauhi garis $x = 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,02 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 4 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah tidak sempurna.

Langkah 5, terdapat penyimpangan rata-rata pada absis (x) sebesar 0,04 dan ordinat (y) sebesar -0,06 atau lintasan realisasi menyimpang ke arah absis (x) positif dan ordinat (y) negatif menjauhi garis $y = -x + 6$ (lintasan normal) sebesar absis (x) 0,04 dan ordinat (y) -0,06 hal ini disebabkan karena faktor gesek lantai di titik awal langkah 4 terlalu licin sehingga roda motor mengalami slip, sehingga posisi arah dan jarak tempuh tidak sesuai target.

Pada tabel 4.9 ditunjukkan bahwa untuk pengujian pola-5 terdapat *error* untuk absis (x) sebesar 0,003 dan ordinat (y) sebesar -0,057. Hal tersebut

disebabkan karena lantai terlalu licin, faktor kelicinannya tidak rata, dan faktor kepekaan motor yang tidak sama.

Analisis Pengujian Keseluruhan

Berdasarkan tabel 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, dan 4.9 dapat disimpulkan bahwa meskipun terdapat penyimpangan (*error*), *mobile robot* telah mampu bernavigasi dari koordinat awal menuju ke koordinat akhir dengan pola jalan yang disiapkan. Selanjutnya untuk menganalisis hasil pengujian keseluruhan dapat dijelaskan dari tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Tabel perhitungan *error* keseluruhan pada sistem navigasi

POLA	ERROR POLA (X)		ERROR POLA (Y)	
	JUMLAH <i>ERROR</i> (X) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH		JUMLAH <i>ERROR</i> (Y) SELURUH LANGKAH / JUMLAH LANGKAH	
	(DECIMAL)	(%)	(DECIMAL)	(%)
1	-0.173	-17.27%	0.19	19.00%
2	-0.143	-14.26%	-0.06	-6.05%
3	0.133	13.33%	-0.01	-0.55%
4	0.058	5.78%	-0.03	-2.78%
5	0.003	0.30%	-0.06	-5.67%
ES	-0.024	-2.42%	0.01	0.79%

Keterangan :

: Notasi (-/+) pada *error* menunjukan arah penyimpangan

: ES adalah *Error* keseluruhan (jumlah *error* seluruh pola dibagi banyaknya pola)

Error keseluruhan pada sistem navigasi ini merupakan rata-rata dari *error* tiap pola yaitu jumlah seluruh *error* pola dibagi dengan banyaknya pola.

$$ES = (\Sigma \text{Error Pola}) / \text{Banyak Pola.}$$

$$\text{Banyak pola} = 5$$

Berdasarkan tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa sistem navigasi ini memiliki nilai rata-rata *error* keseluruhan untuk (x) sebesar 2,42 % (kearah negatif) dan (y) sebesar 0,79 % (kearah positif) pada lapangan yang telah disiapkan untuk penelitian ini. Disamping karena kondisi lantai (lapangan) seperti yang diterangkan dimuka (faktor kelicinan yang tidak rata), hal tersebut juga disebabkan karena kepekaan motor berbeda sehingga kecepatan putar motor

kanan dan motor kiri tidak sama, penyebab lain karena adanya pembacaan sensor kompas yang selalu berubah karena pengaruh keadaan di sekitar robot. Sistem navigasi ini meliputi dua proses yaitu proses perhitungan sudut arah hadap untuk menentukan posisi hadap tujuan dan proses perhitungan jarak tempuh untuk menentukan jarak antara koordinat asal menuju koordinat tujuan. Perhitungan sudut arah hadap *mobile robot* didapatkan dengan menggunakan hasil perhitungan rumor trigonometri yang ditambahkan dengan derajat offset sehingga menghasilkan sudut putar arah koordinat tujuan. Sedangkan perhitungan jarak tempuh *mobile robot* didapatkan dengan menggunakan rumus phytagoras yang dibandingkan dengan *update* keluaran pada *rotary endcoder* saat *mobile robot* berjalan sehingga menghasilkan jarak tempuh yang haris dillalui *mobile robot* untuk mencapai koordinat. Guna keperluan analisis *error* pada tiap-tiap tingkat diberikan notasi (-) atau (+) sesuai dengan posisinya.

