BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dibahas mengenai pengujian dan analisa dari sistem yang telah dibuat. Pengujian meliputi implementasi algoritma PID pada *hardware* yang bertujuan untuk mengetahui respon sistem pada saat terjadi *drifting.* Pengujian *hardware* pada lintasan datar meliputi pengujian manual, pengujian menggunakan kontrol PD, PI, dan PID.

4.1 Pengujian *Hardware*

Tahapan pengujian *hardware* meliputi pengujian algoritma PD, PI, dan PID. Berikut penjelasan data hasil pengujian, seperti pada table dan grafik dibawah ini.

4.1.1 Pengujian Sistem Manual

Pengujian menggunakan sistem manual diujicobakan karena untuk melihat seberapa besar tingkat *drifting* yang dapat dilihat dari data sensor *accelero x* dan *gyroscope z* yang di kendalikan oleh pengemudi. Selanjutnya akan diketahui waktu untuk kembali ke posisi lurus.

Tabel 4.1 Pengujian Sistem Manual

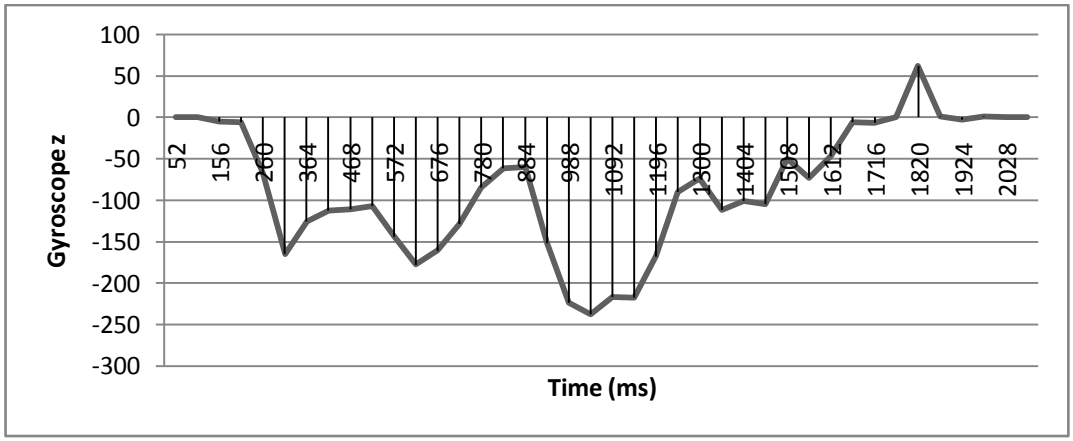
***Accelero* x**	***Gyroscope* z**	**Servo (pulsa PWM)**	**Rem Kiri (pulsa PWM)**	**Rem Kanan (pulsa PWM)**
7	0	1695	1500	1500
6	0	1700	1500	1500
37	-5	1611	1500	1500
-13	-6	1607	1500	1500
-89	-67	1450	1500	1500
-39	-165	1450	1500	1500
-81	-126	1450	1500	1500
36	-113	1450	1500	1500
-86	-111	1450	1500	1500
-85	-107	1450	1500	1500

Accelero x	*Gyroscope z*	Servo (pulsa PWM)	Rem Kiri (pulsa PWM)	Rem Kanan (pulsa PWM)
-8	-144	1450	1500	1500
43	-178	1450	1500	1500
-234	-161	1450	1500	1500
-242	-129	1450	1500	1500
-353	-85	1450	1500	1500
-217	-62	1450	1500	1500
-311	-60	1450	1500	1500
-98	-152	1450	1500	1500
-143	-224	1450	1500	1500
-151	-238	1450	1500	1500
-63	-217	1450	1500	1500
-93	-218	1450	1500	1500
-127	-168	1450	1500	1500
-56	-90	1450	1500	1500
-221	-74	1450	1500	1500
-37	-112	1450	1500	1500
-27	-101	1450	1500	1500
10	-105	1450	1500	1500
-109	-50	1450	1500	1500
18	-73	1450	1500	1500
123	-47	1603	1500	1500
-48	-6	1610	1500	1500
25	-7	1609	1500	1500
28	0	1603	1500	1500
41	62	1716	1500	1500
31	1	1635	1500	1500
16	-3	1605	1500	1500
19	1	1603	1500	1500
11	0	1716	1500	1500
14	0	1700	1500	1500

Tabel 4.1 diatas merupakan data dari prototype mobil penyeimbang mobil pada saat *drifting*. Data yang diperolah antara lain data nilai *accelero x, gyroscope z,*servo *steering,* servo rem kiri, dan servo rem kanan. Nilai *accelero* akan berubah-ubah sesuai pergerakan mobil kekiri atau kekanan. Untuk nilai *accelero* nilai pada saat diam tidak pasti karena tergantung pada kemiringan dan pergeseran mobil. Untuk nilai *gyroscope* yaitu 0 karena nilai *gyroscope* akan

berubah ketika ada hentakan atau perubahan gerak secara mendadak. Ketika prototype mobil berjalan lurus, nilai dari servo *steering* yaitu 1700. Sedangkan untuk nilai servo rem kiri dan servo rem kanan dalam keadaan diam yaitu 1500.

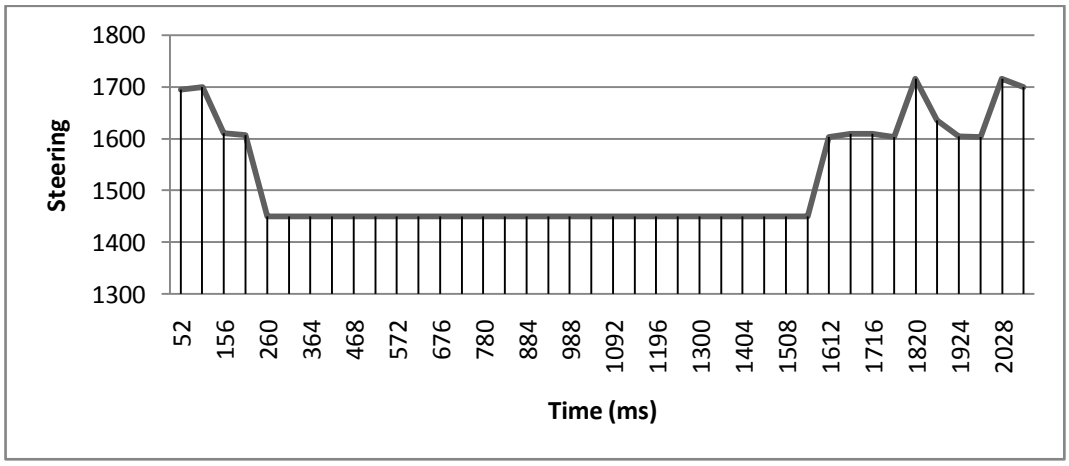
Pada tabel 4.1 nilai *accelero x* yaitu 7, 6, 37, -13 dan seterusnya menunjukkan pergerakan mobil dan pergeseran mobil terhadap sumbu x. Nilai *gyroscope z* yaitu 0, 0, -5, -6, dan seterusnya menunjukkan perubahan gerak mobil secara mendadak. Nilai *gyroscope* bernilai negatif jika pergerakan mobil berputar berlawanan dengan arah jarum jam dan akan bernilai positif jika searah jarum jam. Servo *steering* pada tabel 4.1 diperoleh nilai 1695, 1700,1611,1607, dan seterusnya. Saat nilai servo 1700, servo *steering* bergerak lurus. Jika nilai servo *steering* dibawah 1700, mobil berbelok ke kiri dan jika servo bernilai diatas 1700, maka mobil berbelok ke kanan.



Gambar 4.1 Grafik Respon Sensor *Gyroscope z* terhadap Waktu Menggunakan Sistem Manual

Gambar 4.1 menunjukkan grafik respon sensor *gyroscope z.* Sensor mendeteksi adanya perubahan gerak yang mendadak pada waktu ke 156 ms dan lurus kembali pada waktu ke 2028 ms. Pengujian sistem secara manual bisa memperbaiki keadaan mobil dari posis *drifting* ke posisi lurus membutuhkan

waktu 1872 ms. Perubahan *gyroscope z* ke nilai negatif karena mobil berputar berlawanan arah jarum jam.



Gambar 4.2 Grafik Respon *Steering* terhadap Waktu Menggunakan Sistem Manual

Gambar 4.2 diatas menggambarkan grafik respon *steering* pada saat terjadi *drifting*. Pada proses *steering* ini menggunakan mode manual atau dikendalikan oleh pengemudi. Pada saat terjadi *drifting* sampai kembali stabil membutuhkan waktu 1924 ms.

4.1.2 Pengujian Sistem Menggunakan Kendali PD

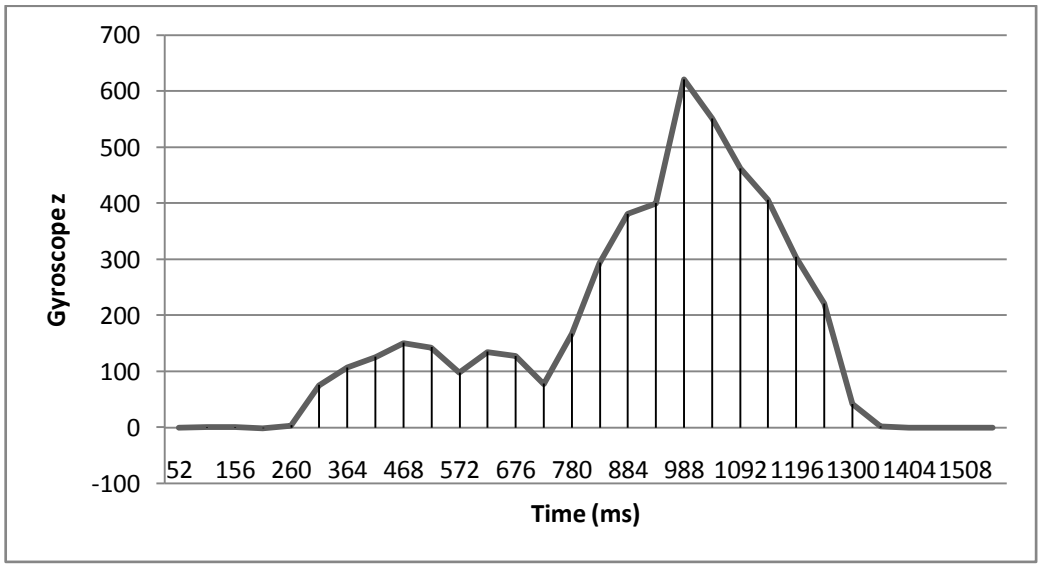
Pengujian menggunakan algoritma PD dilakukan untuk membandingkan hasil *output* yang di dapat dari pengambilan data sensor pada prototype mobil RC. Adapun pengaturan nilai Kp = 42 dan Kd = 12. Berikut tabel 4.2, gambar 4.3 dan 4.4 menjelaskan respon sensor dan *steering* hasil pengujian menggunakan kontrol PD.

Tabel 4.2 Pengujian Sistem Menggunakan Kendali PD

***Accelero* x**	***Gyroscope* z**	**Servo (pulsa PWM)**	**Rem Kiri (pulsa PWM)**	**Rem Kanan (pulsa PWM)**
12	0	1697	1500	1500
16	1	1700	1500	1500
7	1	1700	1500	1500
0	-1	1689	1500	1500
-4	4	1685	1500	1500
66	76	1775	1500	1500
14	107	1763	1500	1500
51	126	1784	1500	1500
-61	151	1729	1500	1500
210	143	1341	1300	1500
82	98	1315	1300	1500
154	135	1315	1300	1500
150	128	1329	1300	1500
2	78	1745	1500	1500
-36	168	1708	1500	1500
59	294	1737	1300	1500
108	381	1728	1300	1500
78	400	1786	1300	1500
84	621	1733	1300	1500
15	551	1742	1300	1500
-135	462	1730	1500	1500
-122	406	1737	1500	1500
-84	304	1710	1500	1500
8	221	1695	1500	1500
-1	42	1703	1500	1500
4	2	1700	1500	1500
2	0	1696	1500	1500
1	0	1700	1500	1500
1	0	1722	1500	1500
1	0	1701	1500	1500

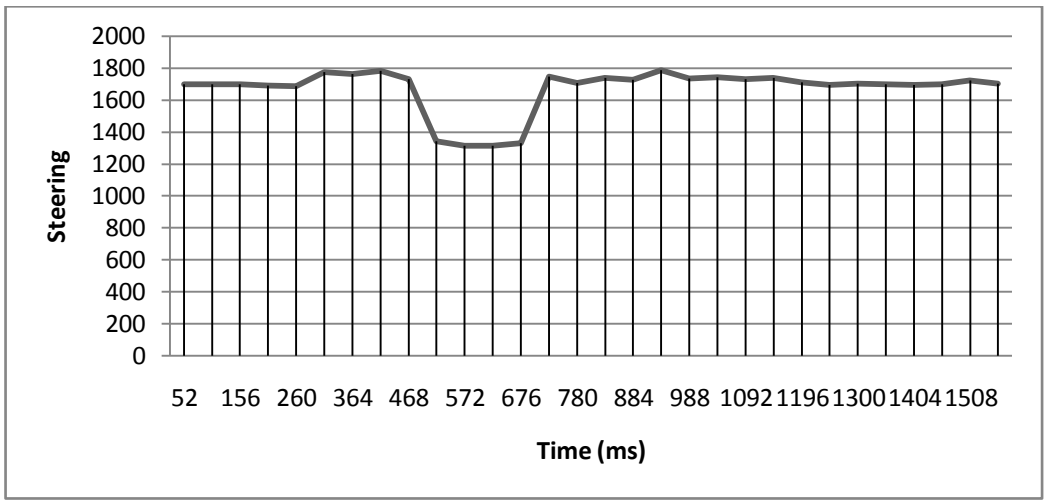
Tabel 4.2 diatas menunjukkan hasil pengambilan data sistem automatis menggunakan kontrol PD. Data *gyroscope z* menunjukkan nilai 4, 76, 107, dan seterusnya, menunjukkan bahwa prototype mobil terjadi *drifting* ke arah kiri atau searah dengan jarum jam. Pada saat terjadi *drifting* berlebihan, servo rem akan

membantu mengurangi putaran roda yang berlebihan agar posisi mobil cepat kembali lurus. Pada saat rem kiri aktif maka servo akan bernilai 1300.



Gambar 4.3 Grafik Respon Sensor *Gyroscope z* terhadap Waktu Menggunakan Kendali PD

Dari grafik respon sensor *gyroscope z* diatas, *drifting* terjadi pada waktu ke 260 ms dan dapat stabil pada waktu ke 1404 ms. Sehingga membutuhkan waktu 1144 ms untuk memperbaiki *drifting* ke posisi stabil atau lurus kembali.



Gambar 4.4 Grafik Respon *Steering* terhadap Waktu Menggunakan Kendali PD

Dari grafik respon *steering* diatas, menghasilkan respon *steering* selama 1196 ms. Sistem mendeteksi adanya *drifting* pada wawktu ke 260 ms dan dapat kembali stabil pada waktu ke 1352 ms. Respon *steering* menggunakan kontrol PD tidak terjadi osilasi yang sangat besar.

4.1.3 Pengujian Sistem Menggunakan Kendali PI

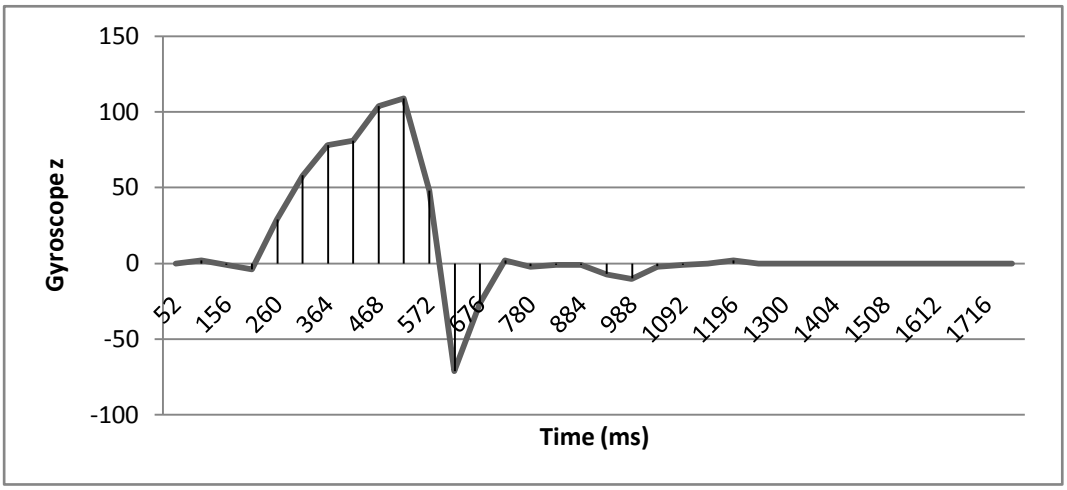
Pengujian menggunakan algoritma PI dilakukan untuk membandingkan hasil *output* yang di dapat dari pengambilan data sensor pada prototype mobil RC. Adapun pengaturan nilai Kp = 42 dan Ki = 22. Berikut tabel 4.3, gambar 4.5 dan 4.6 menjelaskan respon sensor dan *steering* hasil algoritma PI.

Tabel 4.3 Pengujian Sistem Menggunakan Kendali PI

***Accelero* x**	***Gyroscope* z**	**Servo (pulsa PWM)**	**Rem Kiri (pulsa PWM)**	**Rem Kanan (pulsa PWM)**
10	0	1696	1500	1500
6	2	1671	1500	1500
-19	-1	1710	1500	1500
29	-4	1755	1500	1500
23	29	1800	1500	1500
99	58	1800	1300	1500
35	84	1800	1500	1500
61	78	1800	1500	1500
6	81	1800	1500	1500
83	104	1800	1300	1500
144	109	1800	1300	1500
121	48	1713	1300	1500
-86	-71	1800	1500	1700
-7	-26	1699	1500	1500
-12	2	1700	1500	1500
25	-2	1693	1500	1500
4	-1	1689	1500	1500
28	-1	1686	1500	1500
21	-1	1626	1500	1500
10	-10	1737	1500	1500
25	-2	1672	1500	1500
-9	-1	1716	1500	1500
10	0	1698	1500	1500
39	2	1701	1500	1500

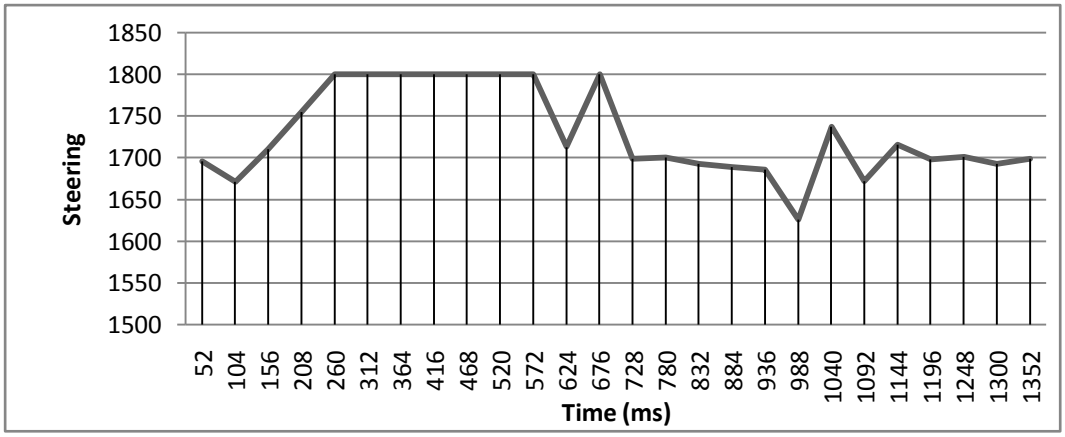
Accelero x	*Gyroscope* z	Servo (pulsa PWM)	Rem Kiri (pulsa PWM)	Rem Kanan (pulsa PWM)
17	0	1693	1500	1500
1	0	1699	1500	1500

Tabel 4.3 menunjukkan hasil data pengujian sistem menggunakan kontrol PI. Dapat terlihat dari data *gyroscope z*, bahwa ketika terjadi *drifting* sistem dengan cepat memperbaiki *error*. Akan tetapi terjadi *overhoot* yang ditunjukkan dari nilai *gyroscope z* yang awalnya positif berubah ke nilai negatif.



Gambar 4.5 Grafik Respon Sensor *Gyroscope z* terhadap Waktu Menggunakan Kendali PI

Respon sensor pada gambar 4.5 diatas terjadi pada waktu ke 156 ms dan kembali lurus pada waktu ke 1196 ms. Sistem dapat menyeimbangkan prototype mobil dalam waktu 1040 ms. Kontrol PI memberikan respon sistem yang baik, tetapi terjadi *overshoot* dan masih terjadi osilasi.



Gambar 4.6 Grafik Respon *Steering* terhadap Waktu Menggunakan Kendali PI

Gambar 4.6 diatas menujukkan respon *steering* yang cepat pada saat terjadi *error.* Pada waktu ke 52 ms, sistem mendeteksi *error* dan kembali stabil pada waktu ke 1248. Jadi waktu yang dibutuhkan sebanyak 1196 ms untuk kembali ke posisi stabil menggunakan kontrol PI.

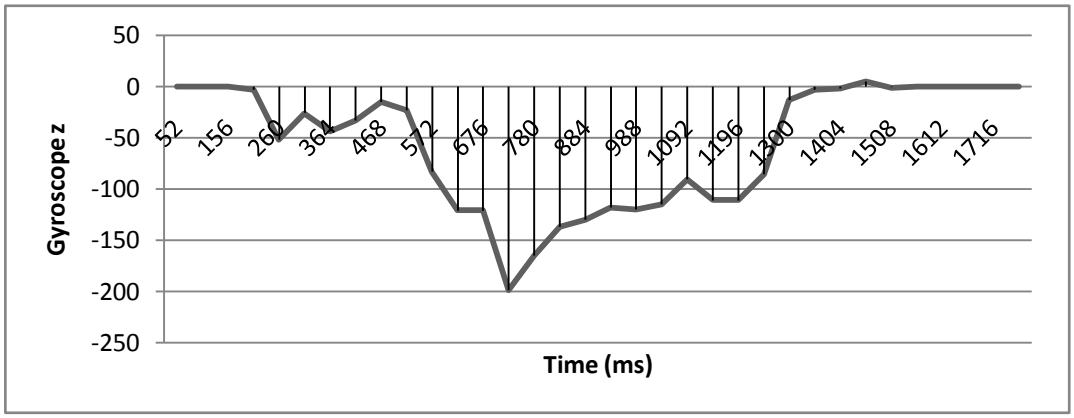
4.1.4 Pengujian Sistem Menggunakan Kendali PID

Pengujian menggunakan algoritma PID dilakukan untuk membandingkan hasil *output* yang di dapat dari pengambilan data sensor pada prototype mobil RC. Adapun pengaturan nilai Kp = 42, Ki = 22, dan Kd = 12. Berikut tabel 4.4, gambar 4.7 dan 4.8 menjelaskan respon sensor dan *steering* hasil pengujian sistem menggunakan kontrol PID.

Tabel 4.4 Pengujian Menggunakan Kendali PID

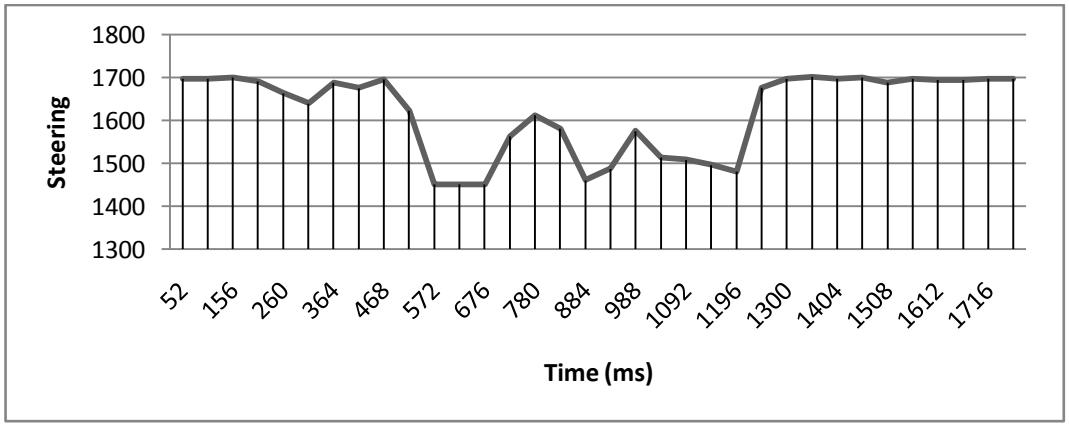
***Accelero* x**	***Gyroscope* z**	**Servo (pulsa PWM)**	**Rem Kiri (pulsa PWM)**	**Rem Kanan (pulsa PWM)**
5	0	1696	1500	1500
3	0	1696	1500	1500
4	0	1700	1500	1500
24	-3	1691	1500	1500
31	-52	1663	1500	1500
-25	-26	1639	1500	1500
27	-44	1688	1500	1500
15	-33	1675	1500	1500
11	-15	1695	1500	1500
-28	-23	1622	1500	1500
-84	-83	1450	1500	1700
-53	-121	1450	1500	1500
-66	-121	1450	1500	1500
-179	-199	1562	1500	1700
-276	-165	1611	1500	1700
114	-137	1580	1500	1700
-81	-130	1460	1500	1700
-9	-118	1487	1500	1500
-158	-120	1575	1500	1700
-23	-115	1513	1500	1500
-67	-91	1508	1500	1500
43	-111	1496	1500	1500
3	-111	1480	1500	1500
34	-86	1676	1500	1500
42	-13	1697	1500	1500
-46	-3	1701	1500	1500
9	-2	1697	1500	1500
16	5	1700	1500	1500
-2	-1	1688	1500	1500
7	0	1696	1500	1500
7	0	1694	1500	1500
7	0	1693	1500	1500
5	0	1697	1500	1500
7	0	1697	1500	1500

Dari tabel 4.4 diatas, dapat dilihat dari data nilai *gyroscope z* bernilai negatif menandakan gerak mobil berputar berlawanan arah jarum jam. Untuk



Gambar 4.7 Grafik Respon *Gyroscope* terhadap Waktu Menggunakan Kendali PID

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa mobil mulai tidak stabil pada waktu ke 208 ms dan kembali pada keadaan stabil pada waktu ke 1508 ms. Sehingga membutuhkan waktu 1300 ms untuk membuat mobil ke keadaan stabil. Dan dari grafik respon *gyroscope z* diatas hanya sedikit osilasi yang terjadi.



Gambar 4.8 Grafik Respon *Steering* terhadap Waktu Menggunakan Kendali PID

Gambar 4.8 diatas menunjukkan grafik respon steering menggunakan kontrol PID. Sistem mulai terjadi *drifting* pada waktu ke 156 ms dan mulai stabil pada waktu ke 1352 ms. Sehingga membutuhkan waktu 1196 ms untuk memperbaiki posisi mobil mejadi stabil kembali.