

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Adapun langkah – langkah pengujian yang dilakukan adalah:

1. Pengujian sensor *hall effect*
2. Pengujian sinyal kontrol motor *servo*
3. Pengujian motor *servo* terhadap *Gas Engine*
4. Pengujian tanpa kontroler
5. Pengujian keseluruhan sistem

5.1 Pengujian Sensor *Hall effect*

a. Tujuan

Mengetahui tingkat kelinieran dari sensor *hall effect* dalam membaca perubahan kecepatan putaran *Gas Engine*.

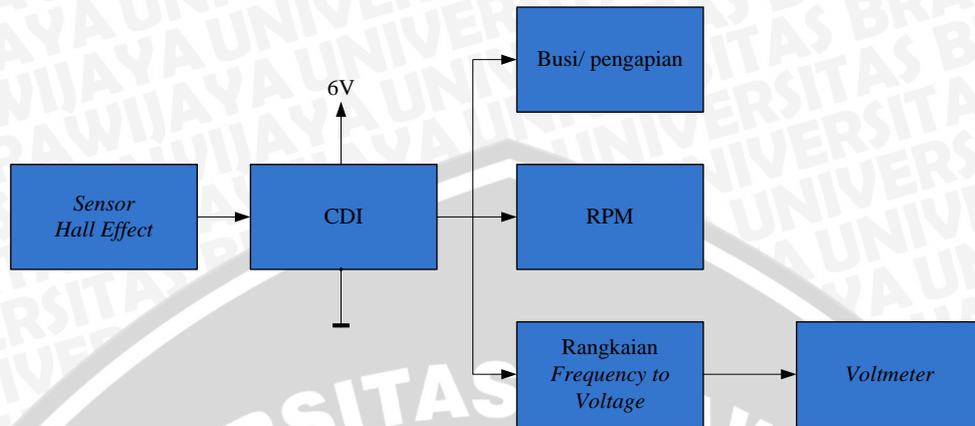
b. Peralatan yang digunakan

- Sensor *Hall effect/ CDI tester*
- RPM meter
- UBEC
- Catu daya 12 V
- Rangkaian *Frequency to Voltage*
- *Voltmeter*

c. Langkah pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.1
2. Hubungkan pada sumber
3. Tentukan nilai RPM menggunakan *CDI tester*
4. Ukur tegangan yang keluar dari rangkaian *Frequency to Voltage*
5. Catat tegangan keluaran yang ditampilkan *voltmeter*

6. Ulangi langkah nomer 3 dengan nilai RPM yang berbeda sampai batas RPM yang telah ditentukan.



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Sensor

d. **Hasil Pengujian**

Berdasarkan perhitungan pada bab IV, tegangan keluaran yang dihasilkan dari rangkaian *frequency to Voltage* dapat ditulis dalam persamaan berikut:

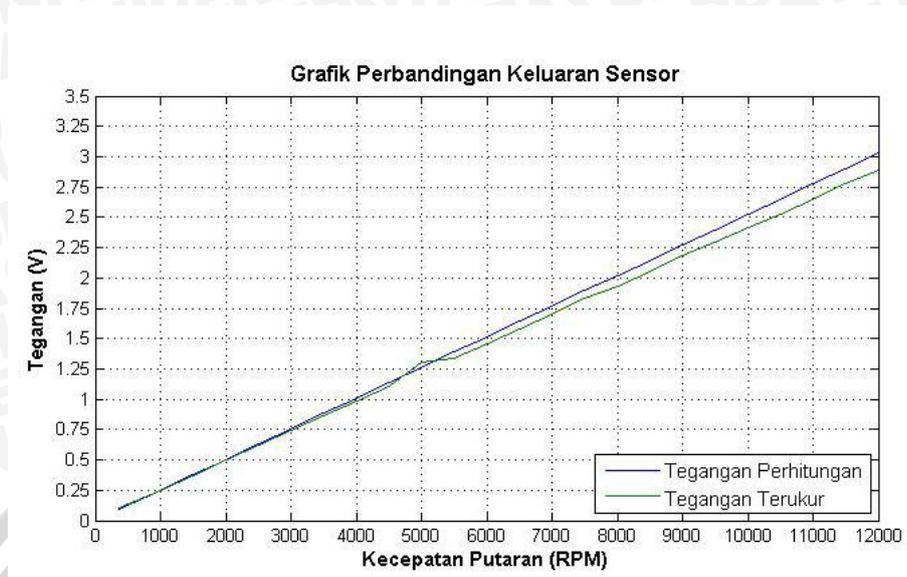
$$V_{Output} = \frac{f_{in}}{66} \dots \dots \dots (4-1)$$

data hasil pengujian sensor ditunjukkan dalam Tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor

No	RPM Ukur	Tegangan Perhitungan (V)	Tegangan Terukur (V)	Error (%)
1	360	0,091	0,105	15,50
2	1000	0,253	0,252	0,21
3	1500	0,379	0,372	1,79
4	2000	0,505	0,496	1,79
5	2500	0,631	0,621	1,63
6	3000	0,758	0,743	1,92
7	3500	0,884	0,861	2,58
8	4000	1,010	0,989	2,09
9	4500	1,136	1,106	2,67
10	5000	1,263	1,301	3,04
11	5500	1,389	1,335	3,88
12	6000	1,515	1,462	3,51
13	6500	1,641	1,578	3,86
14	7000	1,768	1,700	3,83
15	7500	1,894	1,832	3,27
16	8000	2,020	1,937	4,12
17	8500	2,146	2,053	4,35
18	9000	2,273	2,186	3,82
19	9500	2,399	2,292	4,46
20	10000	2,525	2,413	4,45
21	10500	2,652	2,525	4,77
22	11000	2,778	2,642	4,89
23	11500	2,904	2,778	4,34
24	12000	3,030	2,887	4,73

Grafik hubungan antara tegangan dengan RPM digambarkan pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Keluaran Sensor

Dari hasil pengujian yang dilakukan, sensor dapat bekerja dengan maksimal dan terlihat kelinieran yang baik sehingga ideal untuk digunakan sebagai pendeteksi kecepatan putaran pada *Gas Engine*.

5.2 Pengujian Sinyal Kontrol Motor *Servo*

a. Tujuan

Pengujian sinyal kontrol motor *servo* ini bertujuan untuk melihat bagaimana bentuk sinyal saat berada pada posisi sudut yang telah ditentukan untuk menggerakkan throttle serta melihat tegangan yang dikeluarkan untuk setiap perubahan sudut motor *servo*.

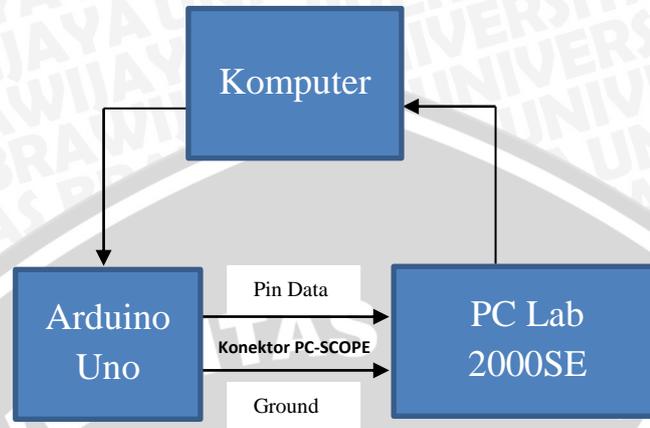
b. Peralatan yang digunakan

- Catu Daya 5V DC.
- Arduino Uno
- Komputer
- Hardware dan software PC Lab 2000SE.
- Program dan software Arduino.

c. Langkah Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti Gambar 5.3.
2. Mengunduh program pengatur sudut *servo* dengan sudut 0, 40, 90, 120, 180 derajat pada software Arduino ERW 1.0.5.

3. Menjalankan software PC Lab 2000SE.
4. Memilih mode osiloskop lalu pilih *Run* untuk menjalankan osiloskop.
5. Mengamati sinyal kontrol dan parameter motor *servo* pada osiloskop.

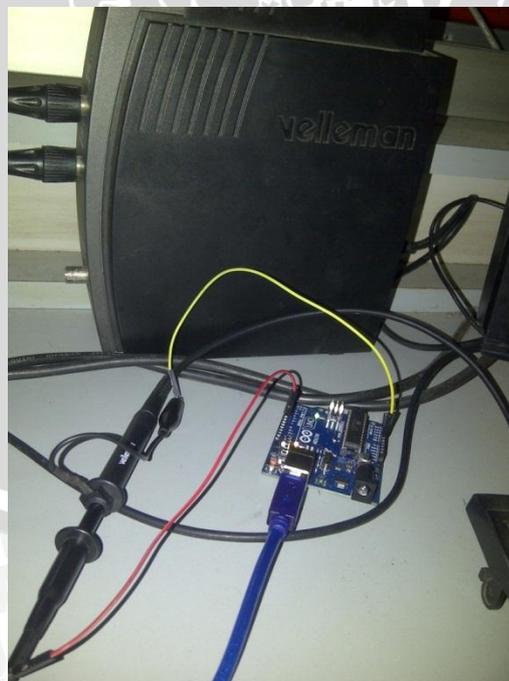


Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian Sinyal Kontrol *Servo*

d. **Hasil Pengujian**

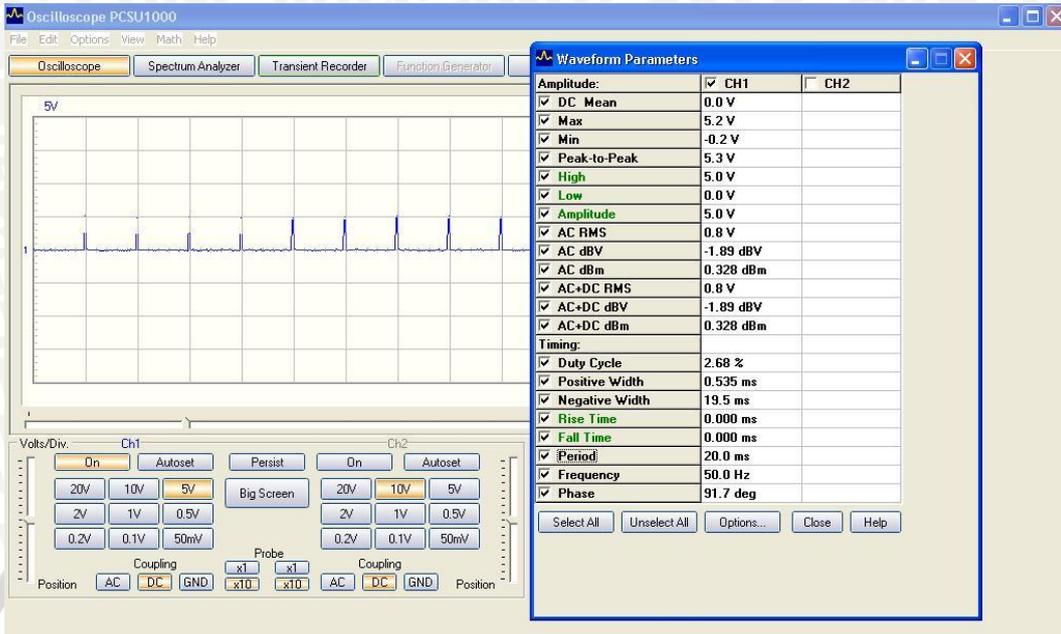
Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil sinyal dan tampilan parameter. Parameter yang dihasilkan adalah amplitudo, duty cycle, dan lebar sinyal.

Proses pengujian Sinyal Kontrol Motor *Servo* ditunjukkan pada gambar 5.4.



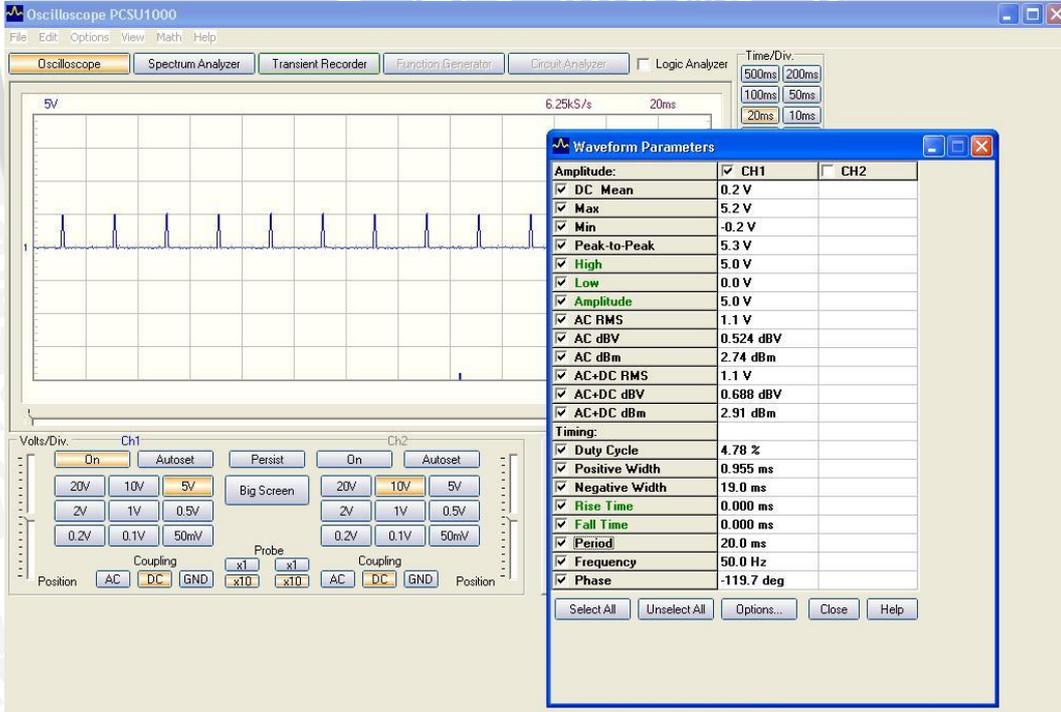
Gambar 5.4 Pengujian Sinyal Kontrol *Servo*

Sinyal pada sudut 0° ditunjukkan dalam Gambar 5.5:



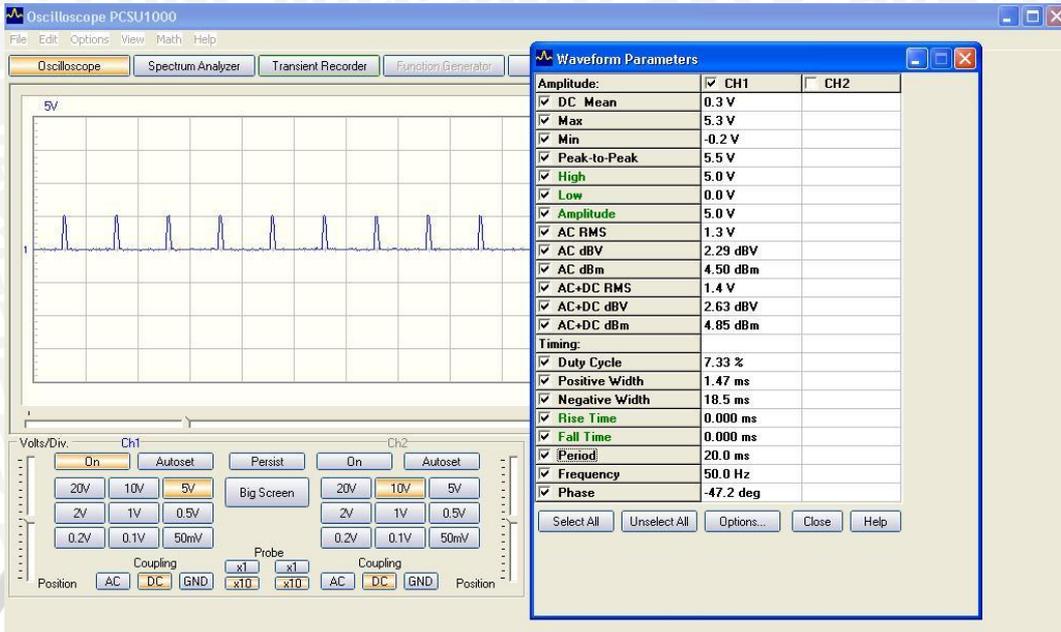
Gambar 5.5 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 0°

Sinyal motor *servo* pada sudut 40° ditunjukkan dalam Gambar 5.6:



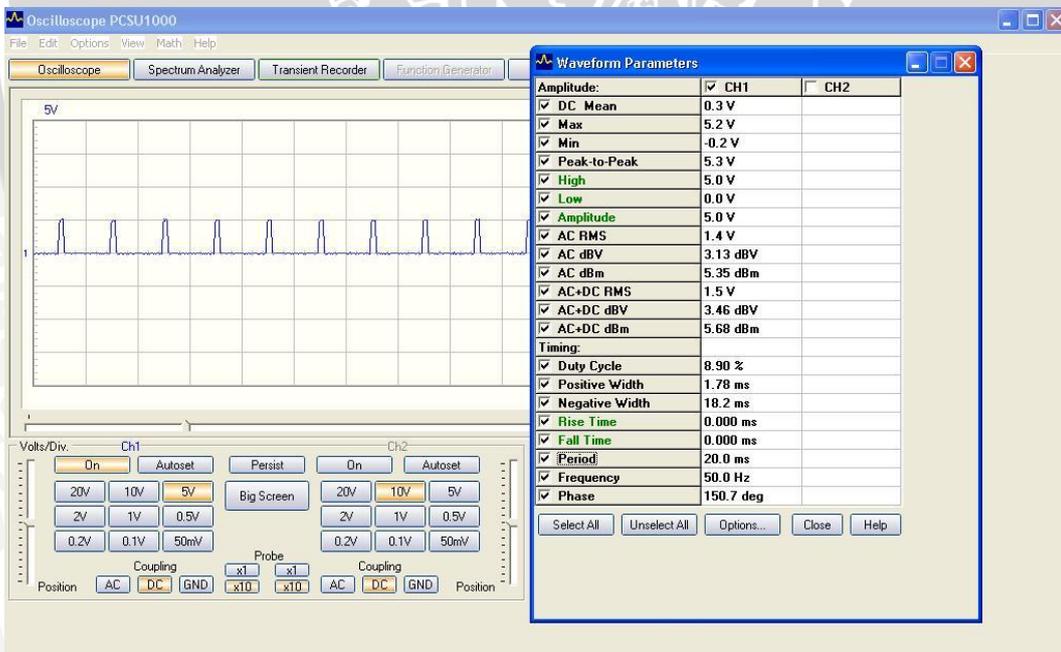
Gambar 5.6 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 40°

Sinyal motor *servo* pada sudut 90° ditunjukkan dalam Gambar 5.7:



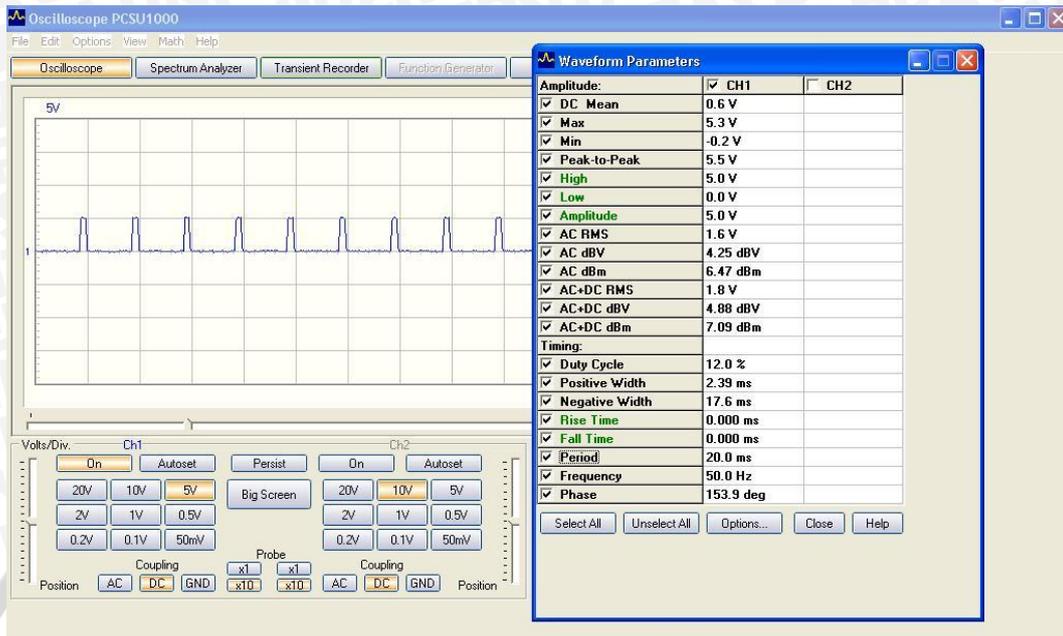
Gambar 5.7 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 90°

Sinyal motor *servo* pada sudut 120° ditunjukkan dalam Gambar 5.8:



Gambar 5.8 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 120°

Sinyal motor *servo* pada sudut 180° ditunjukkan dalam Gambar 5.9:



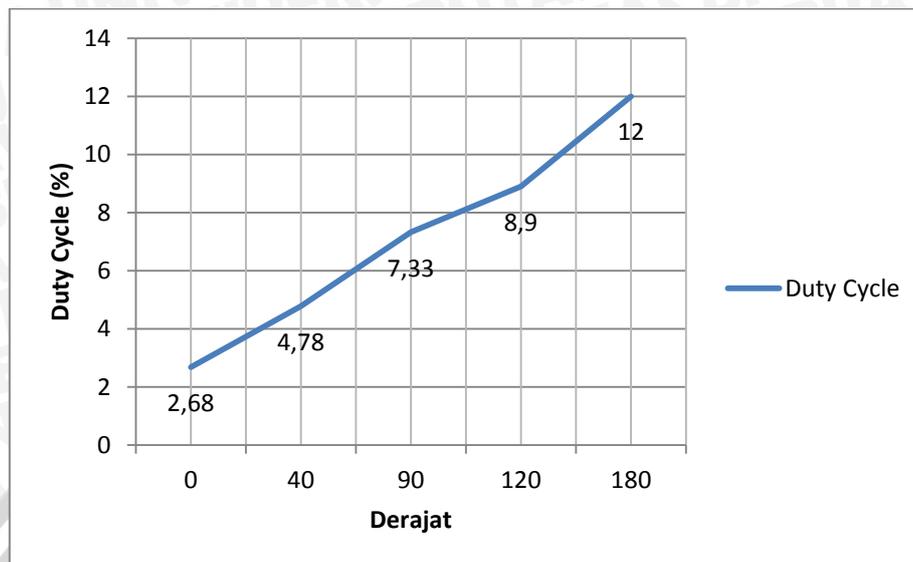
Gambar 5.9 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 180°

Hasil pengujian *duty cycle* ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pengujian *Duty Cycle* Motor *Servo*

Sudut (°)	<i>Duty Cycle</i> (%)
0	2.68
40	4.78
90	7.33
120	8.9
180	12

Grafik *duty cycle* motor *servo* ditunjukkan dalam Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Perubahan Derajat terhadap *Duty Cycle* Motor *Servo*

Dari hasil pengujian sinyal kontrol motor *servo* yang dilakukan, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai derajat maka *duty cycle* juga akan semakin besar.

5.3 Pengujian Motor *Servo* terhadap *Gas Engine*

a. Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan pergerakan motor *servo* terhadap kecepatan putaran pada *Gas Engine*.

b. Peralatan yang digunakan

- Laptop
- Arduino Uno
- Plant: *Gas Engine* 9cc dan motor *servo*
- Rangkaian Frequency to Voltage
- Sensor *Hall effect*
- Program dan software Arduino

c. Langkah Pengujian

1. Hubungkan Plant dengan sensor *hall effect*, rangkaian Frequency to Voltage, dan Arduino Uno.
2. Hidupkan *Gas Engine* dan tentukan batas minimal mesin menyala.

3. Menginstruksikan Arduino Uno untuk memberikan input kepada *servo* sesuai input (derajat) berurutan/ step dari batas minimal sampai maksimal.
4. Dalam pengujian kali ini range kecepatan putaran maksimal sesuai dengan batas yang telah ditentukan yaitu 8000 RPM.
5. Sensor akan membaca sesuai dengan kecepatan putaran *Gas Engine*.
6. Mencatat hasil keluaran RPM dan membuat hubungan antara keduanya.

d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian sesuai dengan langkah diatas, didapatkan hubungan antara derajat dengan *Gas Engine*.

Proses pengujian motor servo terhadap *Gas Engine* ditunjukkan pada Gambar 5.11.



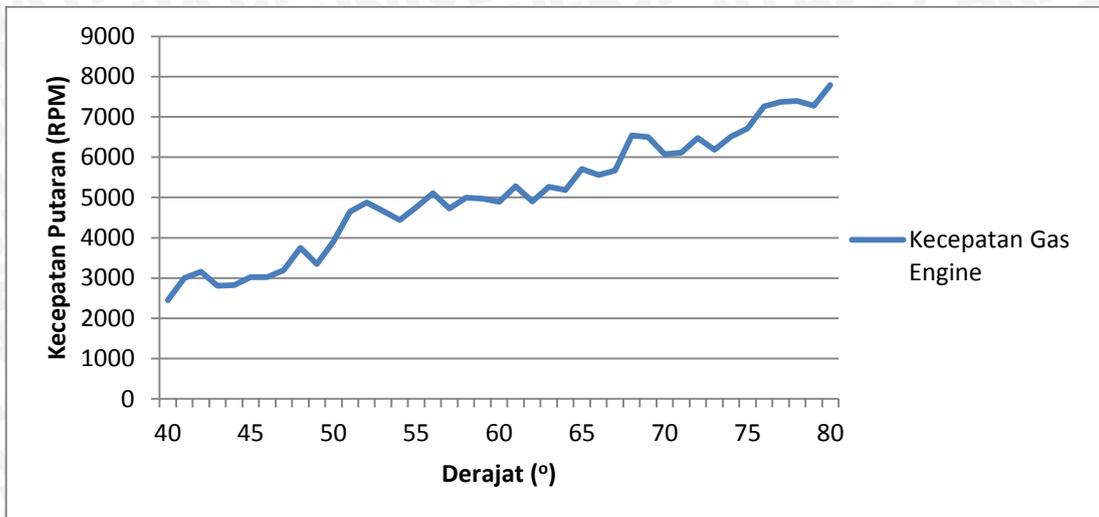
Gambar 5.11 Pengujian Servo terhadap *Gas Engine*

Hasil dari pengujian diatas ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Servo* terhadap *Gas Engine*

No	Pergerakan <i>Servo</i> (°)	RPM
1	40	2453
2	41	3000
3	42	3154
4	43	2806
5	44	2825
6	45	3019
7	46	3019
8	47	3193
9	48	3754
10	49	3348
11	50	3910
12	51	4645
13	52	4877
14	53	4664
15	54	4438
16	55	4761
17	56	5109
18	57	4722
19	58	4993
20	59	4974
21	60	4893
22	61	5283
23	62	4896
24	63	5264
25	64	5187
26	65	5709
27	66	5554
28	67	5670
29	68	6541
30	69	6503
31	70	6070
32	71	6116
33	72	6477
34	73	6180
35	74	6509
36	75	6714
37	76	7258
38	77	7374
39	78	7393
40	79	7277
41	80	7791

Grafik hubungan antara derajat dengan kecepatan putaran *Gas Engine* digambarkan pada Gambar 5.12



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Pergerakan *Servo* dengan Kecepatan Putaran

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dalam grafik masih terdapat beberapa gangguan yang membuat kelinieran kecepatan putaran tidak sempurna. Tetapi secara keseluruhan dapat dilihat bahwa semakin besar perubahan derajat pergerakan *servo* yang diberikan, maka kecepatan putarannya juga semakin besar. Jika dicari RPM tiap kenaikan derajatnya:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata kenaikan rpm} &= \frac{Rpm_{maks} - Rpm_{min}}{Derajat_{maks} - Derajat_{min}} \\
 &= \frac{7791 - 2453}{80 - 40} \\
 &= \frac{5338}{40} \\
 &= 133 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

sehingga besar nilai derajat saat RPM tertentu dapat dicari dengan persamaan:

$$Derajat_{rpm} = 40 + \frac{(rpm - 2453)}{133}$$

5.4 Pengujian tanpa Kontroler

a. Tujuan

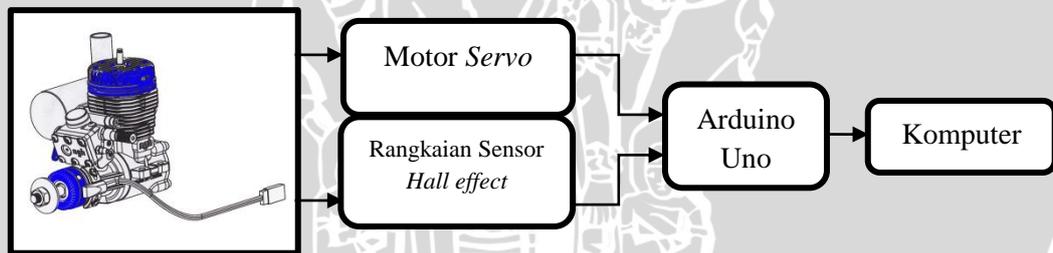
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbedaan respon sistem terhadap *setpoint* ketika tanpa kontroler dengan menggunakan kontroler, sehingga dapat ditentukan bahwa sistem memerlukan sebuah sistem pengontrolan.

b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 5 V
- *Gas Engine Set*
- Arduino Uno
- Motor *servo*.
- Rangkaian sensor *hall effect*
- Komputer.
- Program dan software Arduino.

c. Langkah Pengujian

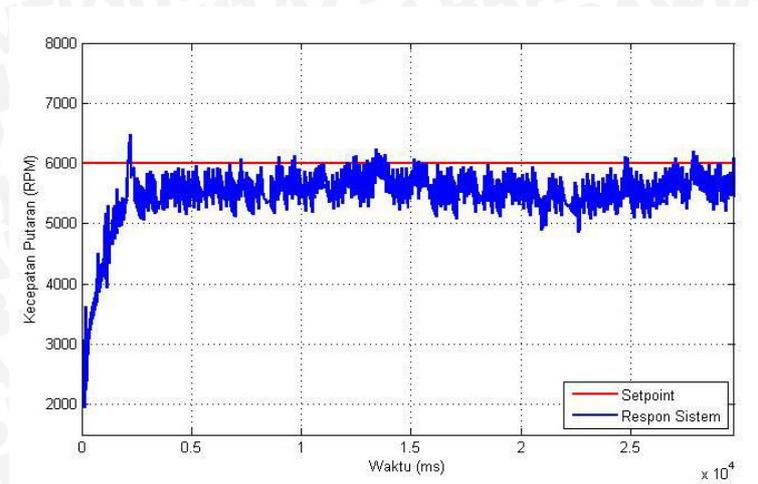
1. Merangkai peralatan seperti Gambar 5.13.
2. Mengunduh program *setpoint=6000 RPM* pada *software* Arduino ERW 1.0.5.
3. Menampilkan keluaran nilai kecepatan RPM pada serial monitor *software* Arduino.
4. Mengamati hasil keluaran nilai suhu kemudian membuat grafik kecepatan putaran terhadap waktu.



Gambar 5.13 Rangkaian Pengujian Sistem

d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon kecepatan putaran pada *Gas Engine*. Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.14

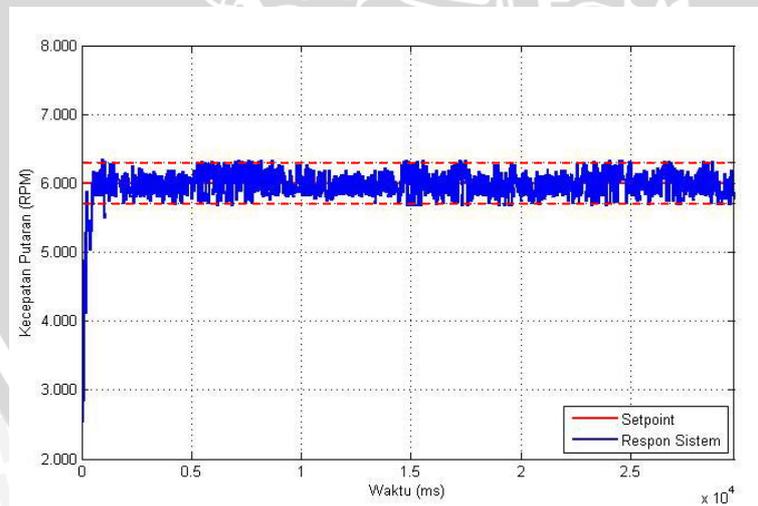


Gambar 5.14 Pengujian Sistem tanpa Kontoler dengan *Setpoint*= 6000 RPM

Dalam grafik diatas, sistem masih belum mencapai nilai dari *setpoint* yang ditentukan.

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ess} &= \frac{|4866 - 6000|}{6000} \times 100\% \\
 &= 0,189 \times 100\% \\
 &= 18,9\%
 \end{aligned}$$

Grafik respon sistem dengan kontroller dapat dilihat pada Gambar 5.15



Gambar 5.15 Pengujian Sistem menggunakan Kontoler dengan *Setpoint*= 6000 RPM

5.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respons kontroler terhadap *setpoint* ketika mendapatkan gangguan berupa perubahan aliran angin melalui *windtunnel*/ terowongan angin.

b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 5 V
- *Gas Engine Set*
- Arduino Uno
- *Windtunnel*/ terowongan angin
- Motor *servo*.
- Rangkaian sensor *hall effect*
- Komputer.
- Program dan software Arduino.

c. Langkah Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti Gambar 5.13.
2. Mengunduh program dengan nilai $k_p = 1$, $k_i = 0,01$, $k_d = 0,12$ dan *setpoint* pada 6000 RPM pada *software* Arduino ERW 1.0.5.
3. Gangguan diberikan secara acak dengan membuka-tutup *windtunnel*/ terowongan angin sehingga terjadi perubahan aliran udara.
4. Menampilkan keluaran nilai kecepatan RPM pada serial monitor *software* Arduino.
5. Mengamati hasil keluaran nilai suhu kemudian membuat grafik kecepatan putaran terhadap waktu.
6. Ulangi langkah nomor 3 dengan kenaikan dengan *setpoint*= 7000 dan 8000 RPM

d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon kecepatan putaran pada *Gas Engine* dengan diberi gangguan aliran angin yang diubah-ubah melalui *windtunnel*/ terowongan angin.

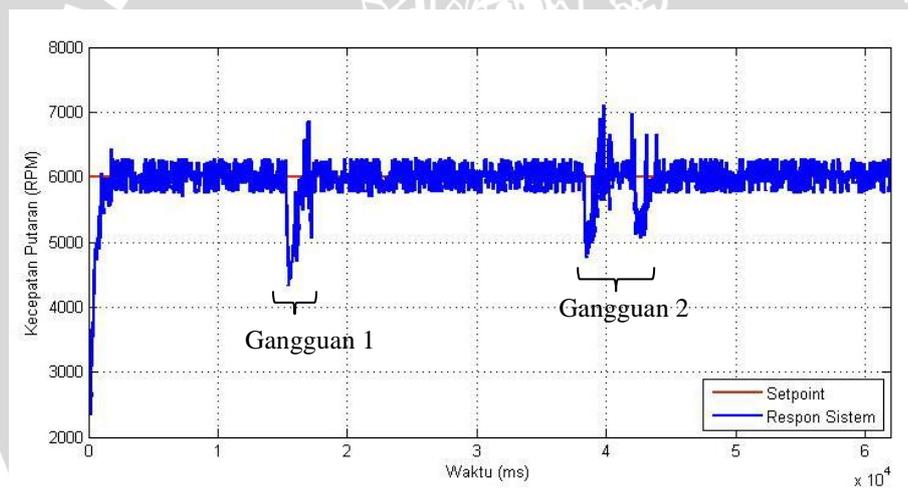
Proses pengujian sistem dengan gangguan melalui *windtunnel*/ terowongan angin ditunjukkan pada gambar 5.16.



Gambar 5.16 Pengujian Sistem dengan Gangguan *Windtunnel*/ Terowongan Angin

Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.17, 5.18, dan 5.19.

- *Setpoint* 6000 RPM

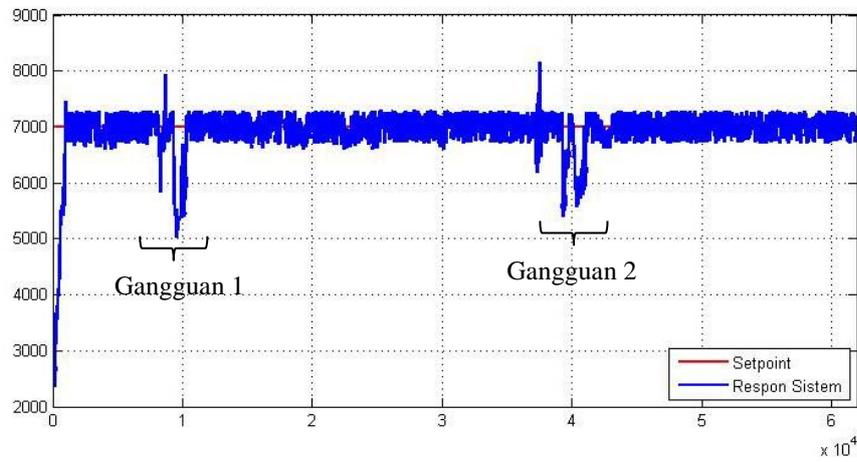


Gambar 5.17 Respon Sistem dengan *Setpoint* 6000 RPM terhadap Gangguan Perubahan Aliran Angin

Pada grafik diatas, terjadi % *error steady state* yaitu:

$$\begin{aligned} \% \text{ ess} &= \frac{|5700 - 6000|}{6000} \times 100 \% \\ &= 0,05 \times 100\% \\ &= 5\% \end{aligned}$$

- *Setpoint 7000 RPM*

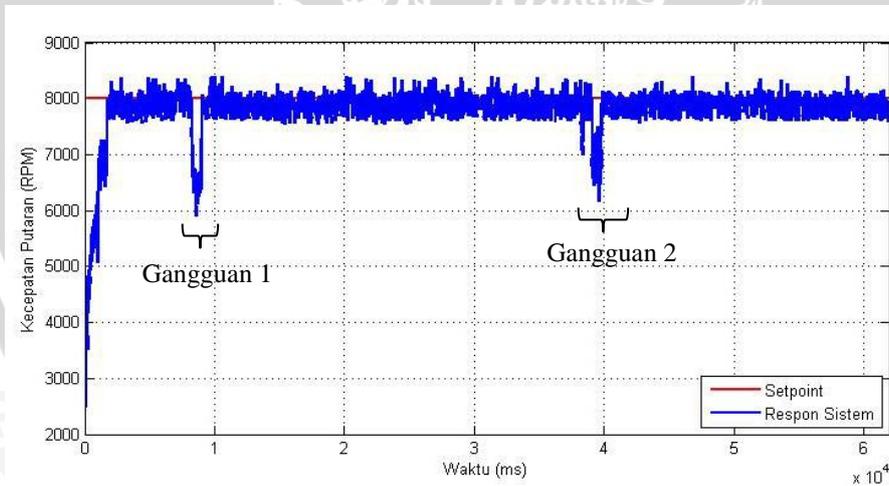


Gambar 5.18 Respon Sistem dengan *Setpoint 7000 RPM* terhadap Gangguan Perubahan Aliran

Angin

$$\begin{aligned} \% \text{ ess} &= \frac{|6612 - 7000|}{7000} \times 100 \% \\ &= 0,0554 \times 100 \% \\ &= 5,54 \% \end{aligned}$$

- *Setpoint 8000 RPM*



Gambar 5.19 Respon Sistem dengan *Setpoint 8000 RPM* terhadap Gangguan Perubahan Aliran

Angin

$$\begin{aligned} \% \text{ ess} &= \frac{|7550 - 8000|}{8000} \times 100 \% \\ &= 0,0562 \times 100 \% \\ &= 5,62 \% \end{aligned}$$

Dari grafik hasil pengujian, dapat dilihat respon sistem terhadap gangguan berupa perubahan aliran angin. Sistem dapat kembali pada keadaan *steady* setelah terjadinya gangguan. Dengan begitu dapat dikatakan sistem kontrol pada perancangan ini telah bekerja dengan baik.

