

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

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

1. Pengujian Sensor Potensiometer
2. Pengujian Kinerja Motor BLDC terhadap respon sinyal PWM
3. Pengujian Keseluruhan Sistem

1.1 Pengujian Sensor

a. Tujuan

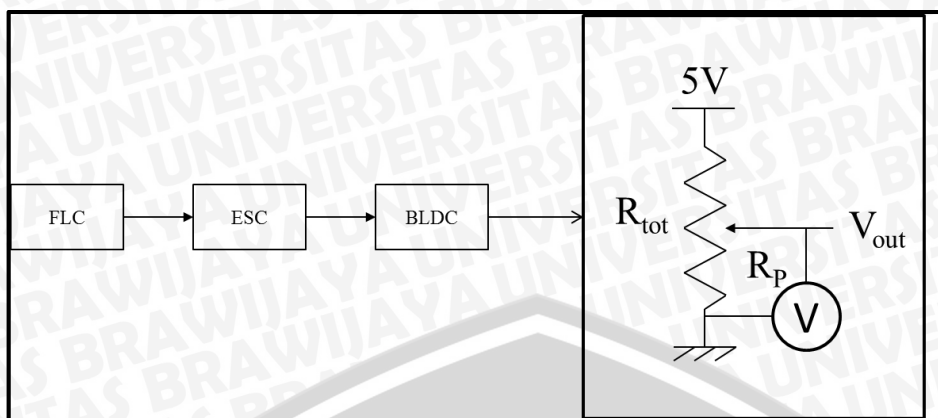
Mengetahui respon keluaran sensor potensiometer berdasarkan variasi kecepatan motor BLDC dan mengetahui seberapa jauh sensor dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

b. Peralatan yang digunakan

- Sensor Potensiometer
- Voltmeter
- Mekanikal alat uji satu lengan
- Baterai 12 V DC ESC dan catu daya 5 V DC

c. Langkah pengujian

1. Melakukan perangkaian peralatan pengujian sesuai pada Gambar 5.1.
2. Memberikan beban awal pada pengujian sebesar 300 gram pada sisi lengan lainnya.
3. Menyambungkan catu daya pada sistem pengujian.
4. Menentukan kecepatan putaran motor dari minimal sampai maksimal dengan menggunakan pembangkit sinyal PWM.
5. Mengukur tegangan keluaran sensor setiap kecepatan yang diberikan menggunakan Voltmeter.



Gambar 5. 1 Diagram Perancangan Peralatan Pengujian Sensor

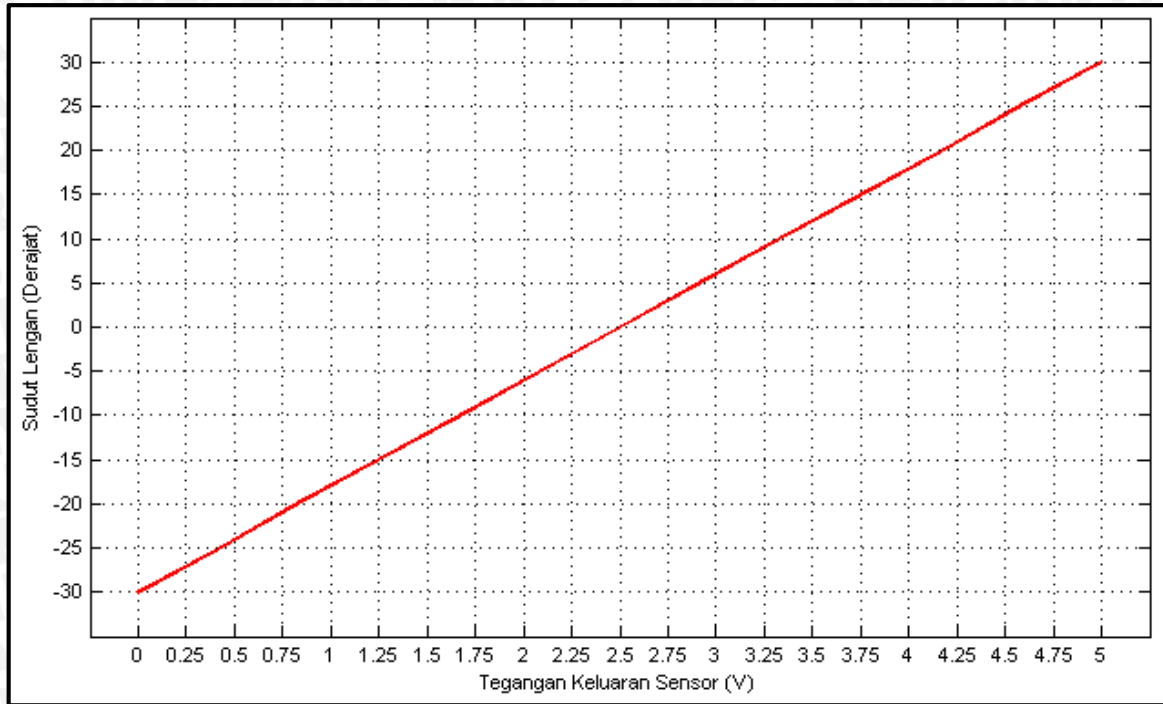
d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian didapatkan dengan melihat tegangan keluaran yang terbaca voltmeter sebagai respon perubahan nilai keluaran sensor potensiometer yang diperlihatkan melalui Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor

PWM	Kecepatan motor (rpm)	Tegangan Keluaran (Volt)	Sudut Kemiringan Frame (°)
28	1581,176	0	-30
45	2541,176	0,42	-25
62	3501,176	0,83	-20
79	4461,176	1,25	-15
96	5421,176	1,67	-10
113	6381,176	2,08	-5
130	7341,176	2,50	0
147	8301,176	2,92	5
164	9261,176	3,33	10
181	10221,18	3,75	15
198	11181,18	4,17	20
215	12141,18	4,58	25
228	12875,29	5,00	30

Gambar 5.2 merupakan grafik dari tegangan keluaran sensor potensiometer terhadap sudut hasil dari Tabel 5.1



Gambar 5. 2 Grafik Tegangan Keluaran Sensor terhadap Sudut

Dari gambar 5.2 di atas dapat kita simpulkan menggunakan persamaan gradien untuk mendapatkan nilai linier sistem perubahan sudut terhadap perubahan sensor potensiometer:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \tag{5-1}$$

Sehingga bila kita mengambil salah satu data menggunakan persamaan 5-1 di atas dapat kita lakukan perhitungan dimana data yang diambil terletak pada titik (2,5;0) dan (5;30).

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 0}{30 - 0} = \frac{x - 2,5}{5 - 2,5}$$

$$\frac{y}{30} = \frac{x - 2,5}{2,5}$$

$$2,5y = 30x - 75$$

$$y = 12x - 30$$

Melalui persamaan gradien di atas, jika tegangan keluaran sensor sebesar 2,75 Volt maka dapat diketahui sudut lengan sebesar :

$$y = 12(2,75) - 30$$

$$y = 3^\circ$$

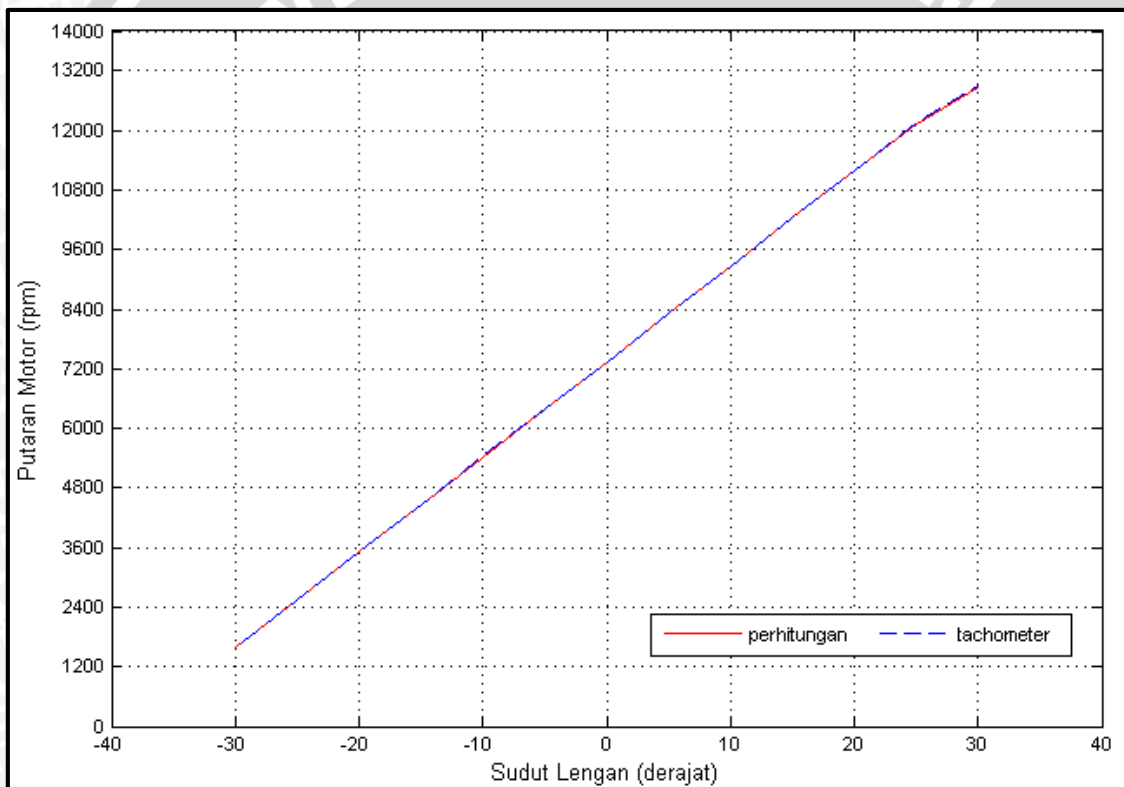
Motor BLDC yang digunakan memiliki spesifikasi kecepatan putar sebesar 1200 KV yang dapat diartikan bahwa jika diberikan tegangan 1 V maka akan menghasilkan kecepatan



motor sebesar 1200 rpm. Pengaturan tegangan dilakukan dengan cara memberi sinyal pulsa menggunakan pembangkit sinyal PWM dengan nilai 0 sampai 255 yang merupakan sebuah mikrokontroler. Catu daya yang digunakan berupa baterai yang memiliki kapasitas sebesar 12 V. Sehingga nilai sinyal PWM 0 sampai 255 dapat diartikan ekuivalen dengan tegangan 0 sampai 12 V. Jika diberikan contoh untuk PWM 215 maka:

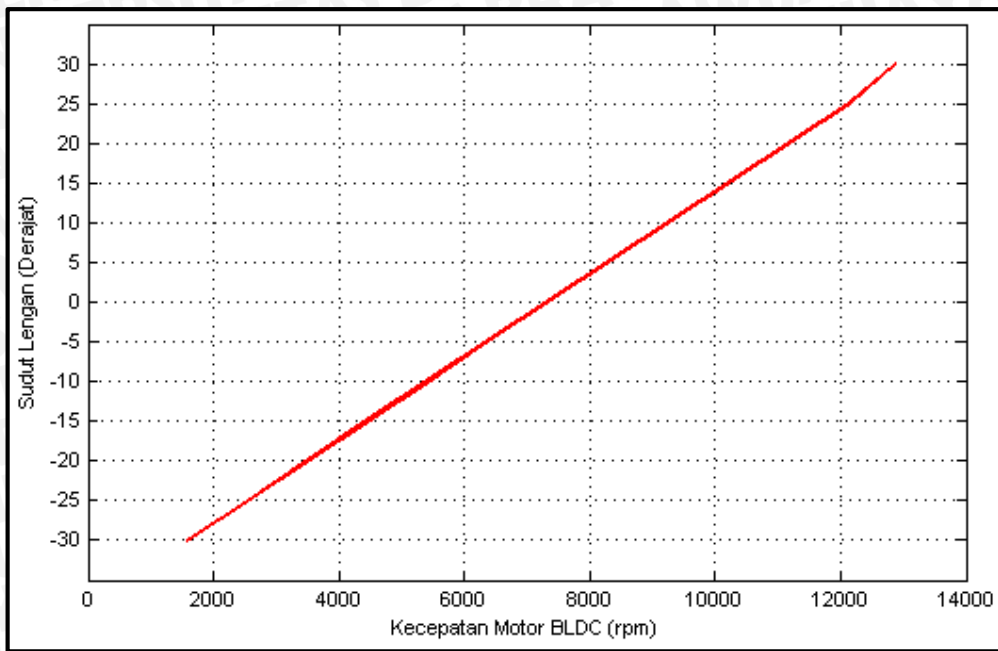
$$rpm = \frac{215}{255} \times (12 \times 1200) \text{ rpm} = 12141,17647 \text{ rpm} \quad (5-2)$$

Perhitungan tersebut digunakan pula terhadap variasi PWM yang digunakan dalam pengujian sehingga diperoleh data hasil perhitungan dan data hasil pengujian. Kemudian dilihat pula hasil dengan pengukuran menggunakan tachometer untuk membuktikan kebenaran hasil perhitungan dari rumus diatas. Gambar 5.3 merupakan grafik perbandingan keluaran besar rpm melalui pengujian menggunakan Tachometer dengan hasil perhitungan rumus.

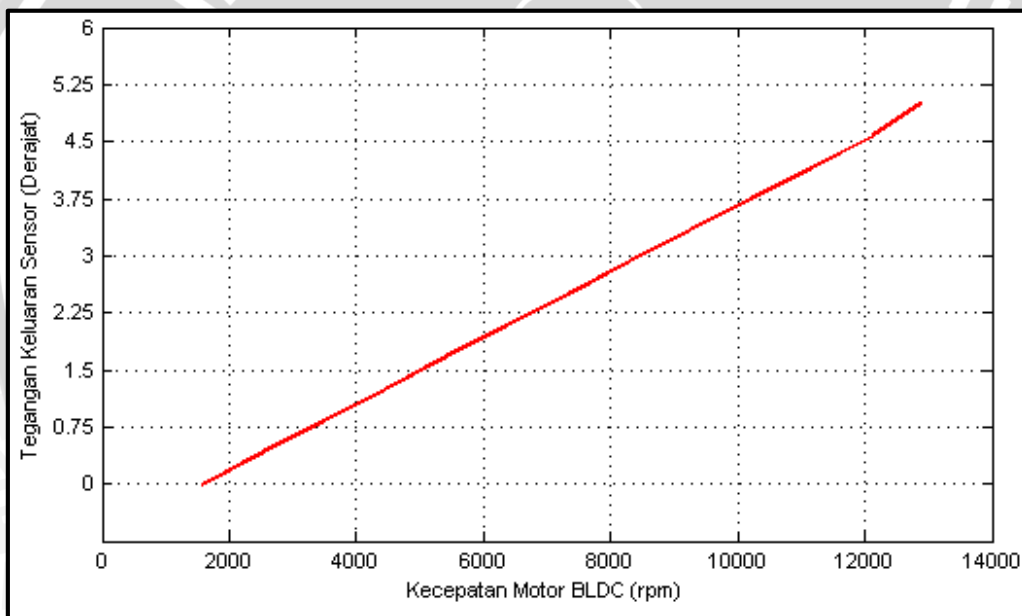


Gambar 5. 3 Grafik Kecepatan Putar (rpm) Pengujian dan Perhitungan terhadap perubahan sudut

Selanjutnya dari perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil grafik melalui Gambar 5.4 yang menunjukkan perbandingan kecepatan putar motor BLDC dengan sudut lengan dan Gambar 5.5 yang menunjukkan kecepatan putar motor BLDC dengan tegangan keluaran sensor.



Gambar 5. 4 Grafik perbandingan antara kecepatan putaran motor BLDC terhadap sudut lengan



Gambar 5. 5 Grafik perbandingan antara kecepatan putaran motor BLDC terhadap tegangan keluaran sensor

Dari hasil pengujian yang dilakukan terlihat hubungan antara kecepatan putaran motor dengan kemiringan frame, baik secara fisik yaitu dengan pengamatan sudut maupun dengan pembacaan tegangan pada potensiometer menggunakan multimeter. Jadi sensor dapat bekerja dengan maksimal dan terlihat kelinieran yang baik sehingga ideal untuk digunakan untuk membaca sudut kemiringan pada frame.

5.2 Pengujian Kinerja Motor BLDC sebagai Aktuator

a. Tujuan

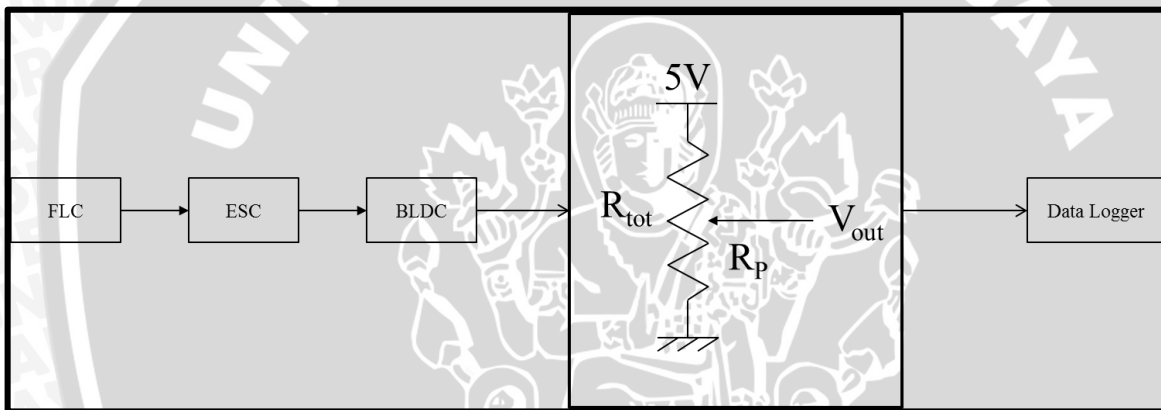
Mengetahui kinerja Motor BLDC sebagai aktuator secara *open loop* untuk mendapatkan hasil kurva S.

b. Peralatan yang digunakan

- Sensor potensiometer
- Mekanikal alat uji satu lengan
- Baterai 12 V DC, ESC dan catu daya 5 V DC
- Data logger

c. Langkah Pengujian

1. Melakukan perangkaian peralatan pengujian seperti Gambar 5.6.
2. Memberikan beban awal pada pengujian sebesar 300 gram pada sisi lengan lainnya.
3. Menyambungkan catu daya pada sistem pengujian.
4. Menentukan kecepatan putaran motor dari minimal sampai maksimal dengan menggunakan pembangkit sinyal PWM sebesar 255.
5. Respon yang dihasilkan direkam menggunakan *data logger*.



Gambar 5. 6 Diagram Perancangan pengujian kinerja Motor BLDC sebagai Aktuator.

d. Hasil Pengujian

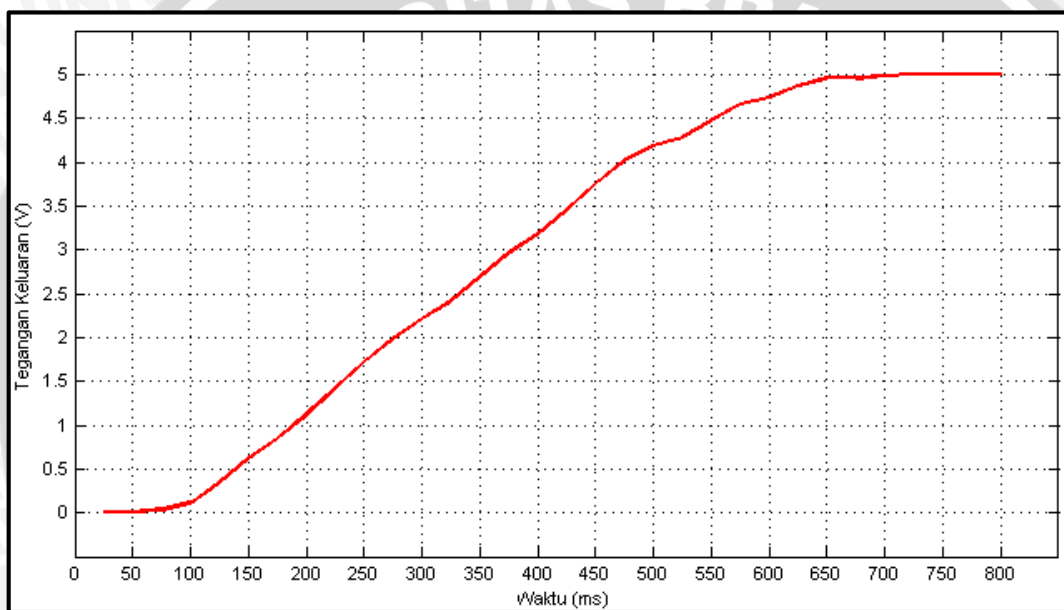
Tabel 5.2 merupakan hasil pengujian kinerja Motor BLDC dalam kondisi kecepatan maksimal terhadap perubahan respon sinyal PWM dalam selang waktu tertentu:

Tabel 5. 2 Kondisi Kecepatan Motor BLDC sebagai Aktuator dalam selang waktu tertentu

No.	t(ms)	Tegangan keluaran (volt)	No	t(ms)	Tegangan keluaran (volt)
1	25	0,007	8	200	1,12
2	50	0,01	9	225	1,42
3	75	0,04	10	250	1,71
4	100	0,11	11	275	1,98
5	125	0,34	12	300	2,21
6	150	0,62	13	325	2,41
7	175	0,84	14	350	2,69
No.	t(ms)	Tegangan keluaran (volt)	No	t(ms)	Tegangan keluaran (volt)

15	375	2,96
16	400	3,18
17	425	3,44
18	450	3,75
19	475	4,02
20	500	4,19
21	525	4,28
22	550	4,47
23	575	4,66

24	600	4,74
25	625	4,87
26	650	4,95
27	675	4,95
28	700	4,98
29	725	5,00
30	750	5,00
31	775	5,00
32	800	5,00



Gambar 5. 7 Grafik Kinerja Motor BLDC sebagai Aktuator dalam selang waktu tertentu

Tabel 5.2 merupakan hasil pengujian yang dilakukan, dari tabel tersebut diketahui bahwa saat kecepatan motor dalam kondisi maksimal sistem mencapai keadaan *steady state* setelah 650 ms. Keadaan *steady state* terlihat dari grafik pada gambar 5.7.

5.3 Pengujian sistem keseluruhan

a. Tujuan

Mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan dengan memberikan respon yang berbeda beserta gangguan kepada sistem *close loop*.

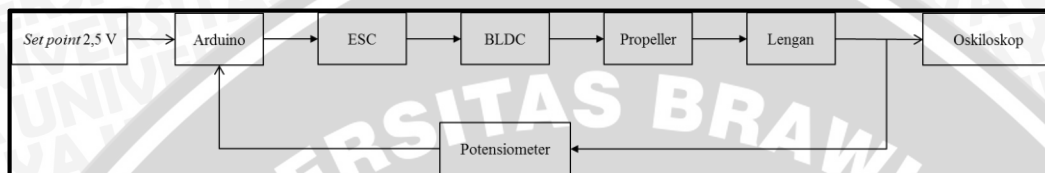
b. Peralatan yang digunakan

- Alat pengujian secara keseluruhan
- Catu Daya 5 V DC dan 12 V DC
- Mikrokontroler Arduino Mega
- Komputer

- *Digital Oscilloscope Vellemen PCSU1000 dan software PC Lab 2000SE.*
- Program dan *software* Arduino.

c. Langkah pengujian

1. Melakukan perangkaian peralatan pengujian sesuai Gambar 5.8.
2. Mengunduh program pengatur kecepatan motor 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 pada osiloskop.



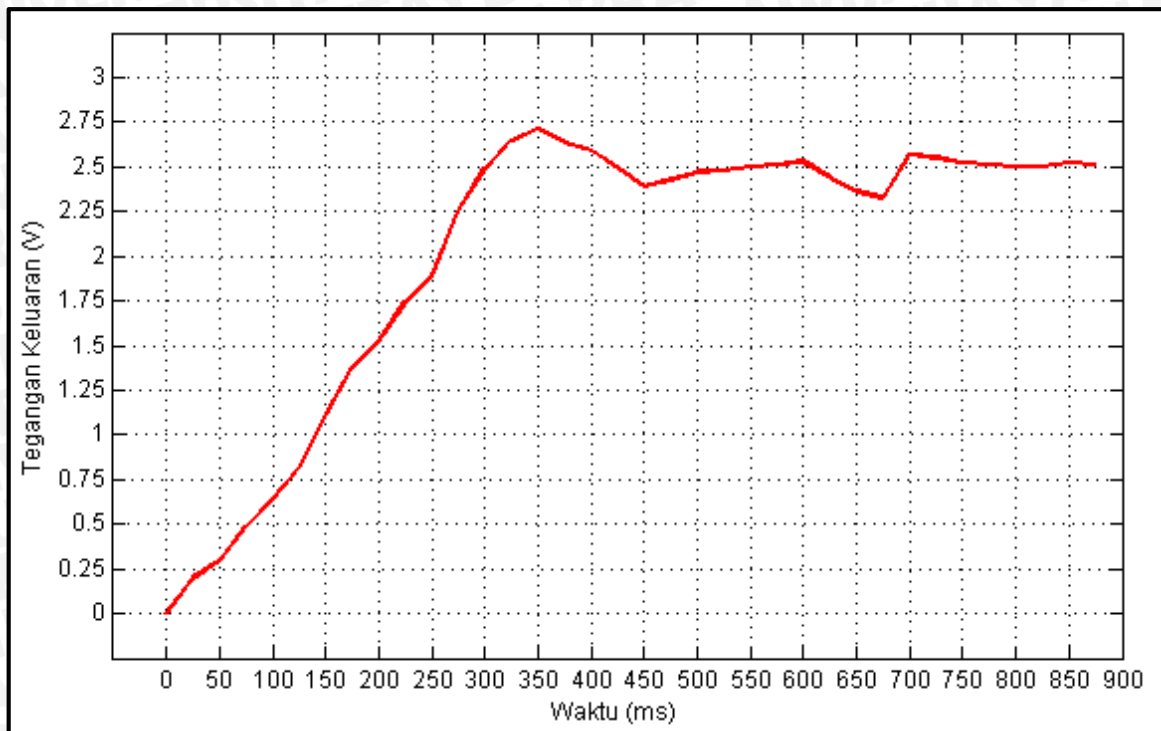
Gambar 5. 8 Diagram Peralatan Pengujian Keseluruhan Sistem

d. Hasil pengujian

Tabel 5.3 merupakan hasil pengujian sistem secara keseluruhan setelah melakukan pengujian sesuai langkah-langkah pengujian.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

No.	t (ms)	Tegangan keluaran (volt)	No.	t (ms)	Tegangan keluaran (volt)
1	0	0	19	450	2,39
2	25	0,20	20	475	2,43
3	50	0,29	21	500	2,47
4	75	0,49	22	525	2,48
5	100	0,64	23	550	2,50
6	125	0,81	24	575	2,51
7	150	1,12	25	600	2,53
8	175	1,38	26	625	2,44
9	200	1,52	27	650	2,36
10	225	1,74	28	675	2,33
11	250	1,89	29	700	2,57
12	275	2,25	30	725	2,55
13	300	2,49	31	750	2,50
14	325	2,65	32	775	2,51
15	350	2,71	33	800	2,50
16	375	2,64	34	825	2,50
17	400	2,59	35	850	2,52
18	425	2,49	36	875	2,51



Gambar 5. 9 Grafik hasil pengujian keseluruhan sistem dengan memberikan gangguan sementara

Setelah melakukan pengujian diperoleh hasil seperti Gambar 5.9, dari gambar tersebut dapat disimpulkan parameter unjuk kerja sistem sebagai berikut:

1. *Peak Time* (t_p) adalah waktu yang diperlukan untuk respon untuk mencapai puncak pertama *overshoot*. *Peak Time* (t_p) berdasarkan pengujian adalah 350 ms
2. Besarnya *Maximum Overshoot* sebesar

$$MO = \frac{2,71 - 2,5}{2,5} \times 100\% = 8,4\%$$

3. *Steady State* terjadi pada waktu 500 ms
4. *Error steady state* adalah nilai kesalahan saat respon telah mencapai pada keadaan tunak / *steady*. Prosentase kesalahan dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 5-3.

$$\%E_{SS} = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{data } n - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right|}{n} \times 100\% \quad (5-3)$$

$$\%E_{SS} = \frac{0,052}{11} \times 100\%$$

$$\%E_{SS} = 0,4727\%$$

$$\%E_{maks} = \left| \frac{2,33 - 2,5}{2,5} \right| \times 100\%$$

$$\%E_{maks} = 6,8\%$$

$$\%E_{min} = \left| \frac{2,49 - 2,5}{2,5} \right| \times 100 \%$$

$$\%E_{min} = 0,4 \%$$

Recovery Time adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengembalikan ke kondisi *steady state* setelah terjadinya *error*. Berdasarkan pengujian *recovery time* dengan gangguan berupa beban yang diubah pada saat beban digeser pada lengan kesetimbangan adalah 125 ms.

