

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

a. Tujuan

Mengetahui jarak yang terbaca pada sensor ultrasonik HC-SR04 telah sesuai dengan yang diinginkan.

b. Peralatan yang digunakan

1. Sensor ultrasonik HC-SR04
2. *Board* Arduino Uno
3. Penggaris
4. Kabel konektor

c. Langkah pengujian

Merangkai peralatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

1. Program jarak berupa pembacaan data analog dari sensor yang dimasukkan ke dalam Arduino dan ditampilkan pada *serial* monitor Arduino.
2. Penggaris sebagai alat ukur untuk jarak sebenarnya.
3. Mencatat dan menggambar data jarak keluaran yang terbaca pada *serial* monitor setiap 1 cm.
4. Mengulangi pengujian sampai 3 kali untuk menghasilkan data yang akurat.

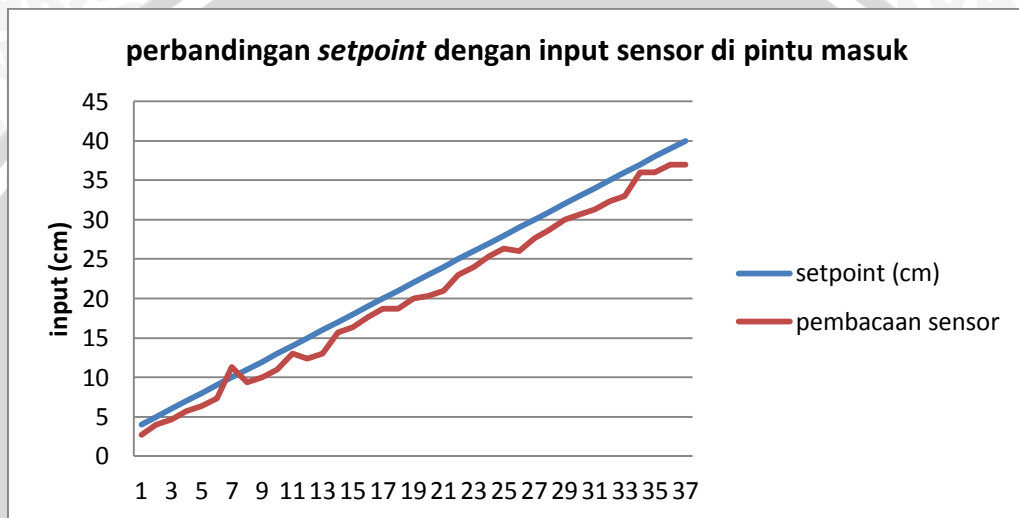
d. Hasil Pengujian

Sensor ultrasonik HC-SR04 tidak dapat mendeteksi objek pada jarak 1 cm – 3 cm, sehingga pengujian dimulai dari jarak 4 cm. *Setpoint* dalam pengujian merupakan pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan penggaris. Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan data hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan *setpoint* dengan

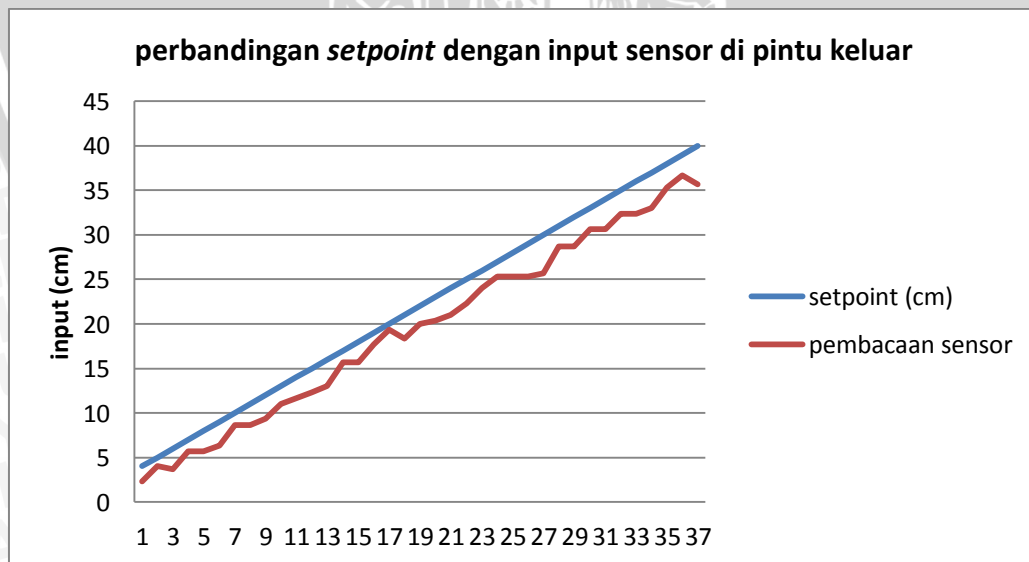
pembacaan sensor ultrasonik yang ditampilkan dalam *serial* monitor Arduino, untuk mencari nilai *error* sistem secara teori dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{sudut yang terbaca sistem} - \text{set point}}{\text{set point}} \right| \times 100\%$$

Apabila disajikan dalam bentuk grafik, perbandingan *setpoint* dengan *input* sensor ultrasonik di pintu masuk ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan perbandingan *setpoint* dengan *input* sensor ultrasonik di pintu keluar ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan *setpoint* dengan *input* sensor ultrasonik di pintu masuk



Gambar 4.3 Grafik perbandingan *setpoint* dengan *input* sensor ultrasonik di pintu keluar

4.2 Pengujian LCD (*Liquid Crystal Display*)

a. Tujuan

Untuk mengetahui bahwa pin pada *port* Arduino Uno dapat mengirim data menuju LCD sesuai dengan program yang dibuat dan LCD dapat menampilkan data karakter dengan benar.

b. Peralatan yang digunakan

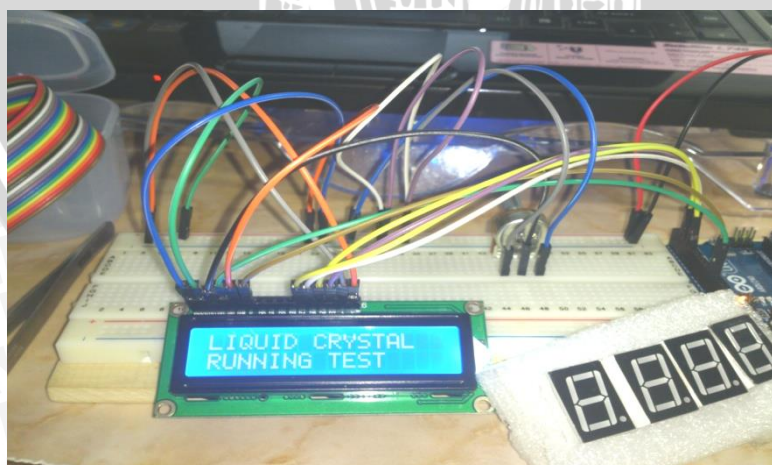
1. Arduino Uno
2. LCD *character*
3. Catu daya 5V
4. Potensiometer 10K
5. *Project board*
6. Kabel penghubung

c. Langkah Pengujian

1. Membuat program dengan menggunakan *software* IDE untuk menampilkan data karakter.
2. Menghubungkan pin LCD dengan Arduino Uno melalui *project board* dengan kabel penghubung.
3. Menghubungkan potensiometer dengan *project board* untuk mengatur *brightness* LCD.
4. Meng-*upload* program ke dalam Arduino Uno.

d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian LCD berupa tampilan data karakter ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tampilan data karakter pada LCD

4.3 Pengujian Motor Servo

a. Tujuan

Mengetahui pengaruh perubahan pulsa PWM terhadap kecepatan putaran dan arah putaran pada motor servo.

b. Peralatan yang digunakan

1. Motor servo *continuous* tipe GWS S35 STD
2. Tachometer
3. Arduino Uno
4. Program dan *software* Arduino
5. Kabel konektor

c. Langkah Pengujian

1. Menghubungkan *input* motor servo ke *output* Arduino Uno menggunakan kabel konektor.
2. *Upload* program kecepatan berupa *pulse width modulation* (PWM) ke dalam Arduino.
3. Mencatat data kecepatan yang diperoleh dari pembacaan Tachometer.
4. Mengamati arah putaran motor servo.

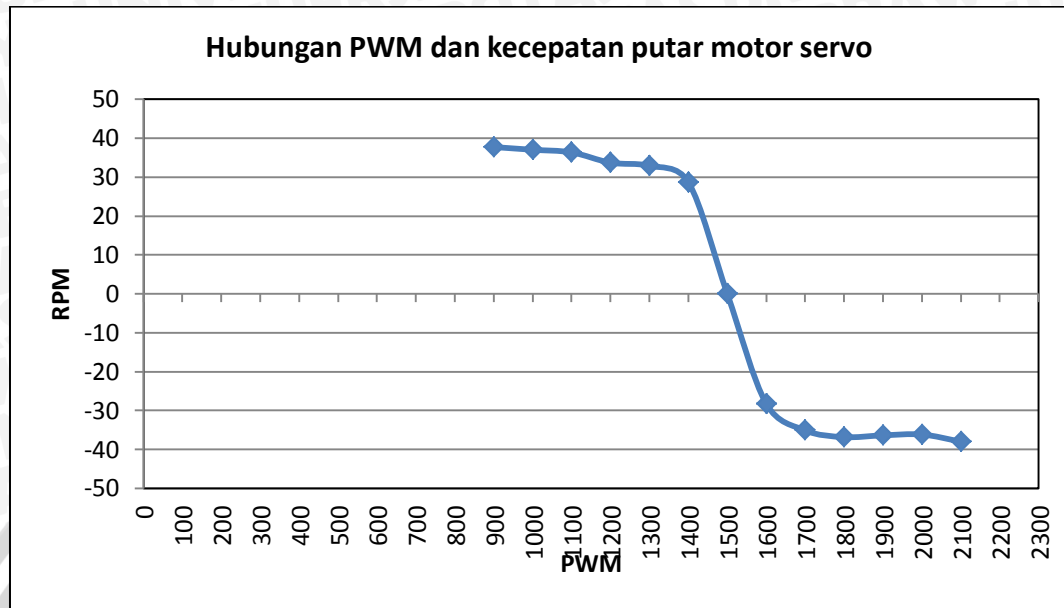
d. Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan data keluaran dari hasil pengujian motor servo maka dapat diketahui besarnya kecepatan dan arah putaran untuk setiap interval *pulse width modulation* (PWM) yang diberikan. Data yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian motor servo

NO	PULSA (us)	ARAH PUTARAN	KECEPATAN (rpm)
1	900	<i>Clockwise</i>	37.735
2	1000	<i>Clockwise</i>	37.037
3	1100	<i>Clockwise</i>	36.363
4	1200	<i>Clockwise</i>	33.707
5	1300	<i>Clockwise</i>	32.908
6	1400	<i>Clockwise</i>	28.698
7	1500	<i>Neutral</i>	0
8	1600	<i>Counter-clockwise</i>	-28.222
9	1700	<i>Counter-clockwise</i>	-35.078
10	1800	<i>Counter-clockwise</i>	-36.809
11	1900	<i>Counter-clockwise</i>	-36.363
12	2000	<i>Counter-clockwise</i>	-36.144
13	2100	<i>Counter-clockwise</i>	-37.974

Berdasarkan Tabel 4.1, diperoleh grafik hubungan antara *pulse width modulation* (PWM) dengan kecepatan putar motor servo yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hubungan PWM dengan kecepatan putar motor servo

4.4 Pengujian Bluetooth

a. Tujuan

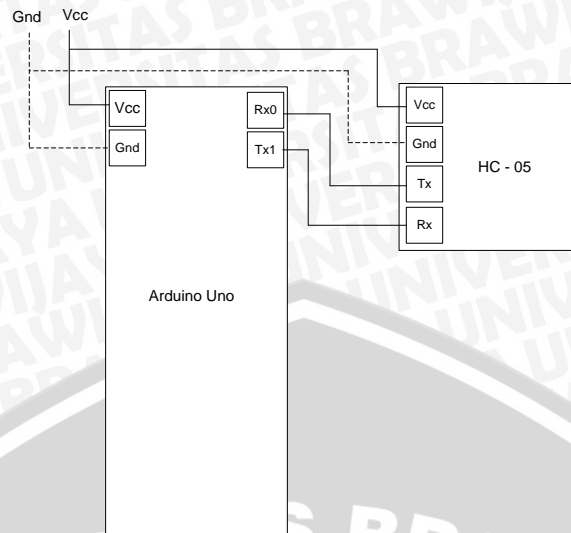
Mengetahui modul Bluetooth dapat berfungsi, bisa terdeteksi oleh perangkat lain, bisa *pairing* maupun terkoneksi dengan perangkat lain.

b. Peralatan yang digunakan

1. Modul Bluetooth HC-05
2. *Board* Arduino Uno
3. Laptop
4. Kabel *serial*

c. Langkah Pengujian

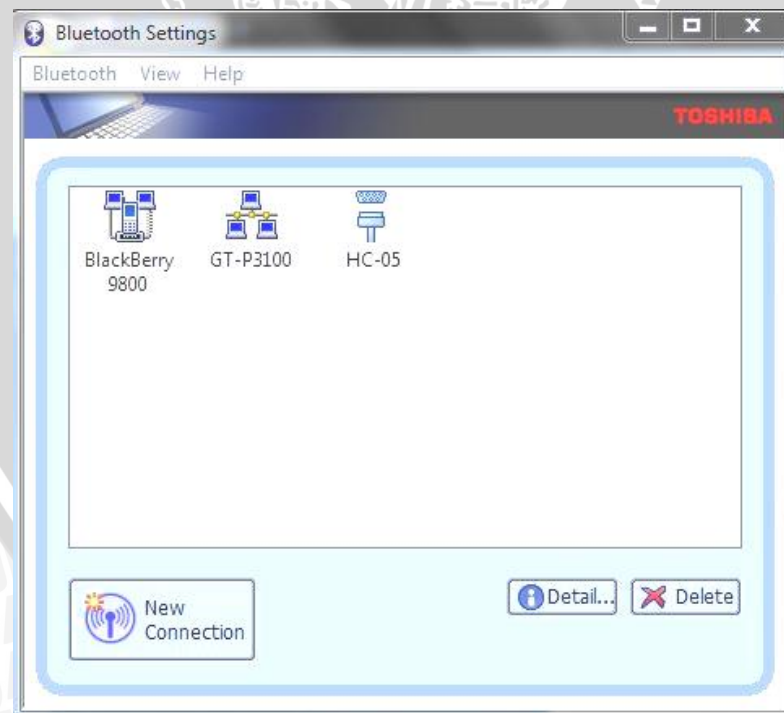
1. Menghubungkan kabel *serial* Arduino ke laptop.
2. Menyusun rangkaian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.
3. Mengkoneksikan rangkaian Bluetooth HC-05 dan Bluetooth pada laptop.



Gambar 4.6 Rangkaian Bluetooth HC-05 pada Arduino Uno

d. Hasil Pengujian

Dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa perangkat telah tersambung dengan modul Bluetooth HC-05. Berdasarkan pengujian di atas dapat diketahui bahwa modul Bluetooth HC-05 dapat terlihat oleh perangkat, dan bisa terkoneksi dengan perangkat, sehingga modul Bluetooth HC-05 dapat dikatakan bisa berfungsi dengan baik.



Gambar 4.7 Modul Bluetooth HC-05 telah tersambung dengan laptop

4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

a. Tujuan

Untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak yang diintegrasikan dalam sebuah sistem terpadu.

b. Peralatan yang digunakan

1. Rangkaian *sliding door*
2. *Rotary encoder*
3. Penggaris
4. *Graphic user interface* (GUI)

c. Langkah Pengujian

1. Menjalankan *sliding door* dari posisi awal tertutup sempurna dengan cara memberikan *input* berupa jarak pada sensor ultrasonik yang berada di pintu masuk, lalu menentukan nilai *setpoint* berupa kecepatan putar. Hubungan antara *setpoint* dan *input* yang diberikan pada sensor ultrasonik di pintu masuk ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hubungan *setpoint* dan *input* yang diberikan pada sensor ultrasonik di pintu masuk

<i>SETPOINT</i> (rpm)	<i>INPUT</i> JARAK (cm)
28	40
30	30
32	20
35	10

Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa kecepatan putar yang terbaca saat pintu mulai terbuka ketika sensor ultrasonik di pintu masuk diberi *input* berupa jarak, kemudian membuat grafik kecepatan putar terhadap waktu. Langkah terakhir mencatat *error* antara sistem yang telah berjalan dengan *setpoint* yang diinginkan.

2. Menjalankan *sliding door* dari posisi awal tertutup sempurna dengan cara memberikan *input* berupa jarak pada sensor ultrasonik yang berada di pintu keluar, lalu menentukan nilai *setpoint* berupa kecepatan putar. Hubungan antara *setpoint* dan *input* yang diberikan pada sensor ultrasonik di pintu keluar ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hubungan *setpoint* dan *input* yang diberikan pada sensor ultrasonik di pintu keluar

SETPOINT (rpm)	INPUT JARAK (cm)
28	40
30	30
32	20
35	10

Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa kecepatan putar yang terbaca saat pintu mulai terbuka ketika sensor ultrasonik di pintu keluar diberi *input* berupa jarak, kemudian membuat grafik kecepatan putar terhadap waktu. Langkah terakhir mencatat *error* antara sistem yang telah berjalan dengan *setpoint* yang diinginkan.

- Menjalankan *sliding door* dari posisi awal tertutup sempurna dengan cara memberikan *input* berupa jarak pada sensor ultrasonik yang berada di pintu masuk sebesar 40 cm dan terus mendekat hingga jarak 4 cm, lalu menentukan nilai *setpoint* berupa kecepatan putar saat pintu mulai terbuka hingga pintu terbuka sempurna sebesar 35 rpm. Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa kecepatan putar saat pintu mulai terbuka hingga pintu terbuka sempurna, kemudian membuat grafik kecepatan putar terhadap waktu. Langkah terakhir mencatat *error* antara sistem yang telah berjalan dengan *setpoint* yang diinginkan.
- Menjalankan *sliding door* dari posisi awal tertutup sempurna dengan cara memberikan *input* berupa jarak pada sensor ultrasonik yang berada di pintu keluar sebesar 40 cm dan terus mendekat hingga jarak 4 cm, lalu menentukan nilai *setpoint* berupa kecepatan putar saat pintu mulai terbuka hingga pintu terbuka sempurna sebesar 35 rpm. Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa kecepatan putar saat pintu mulai terbuka hingga pintu terbuka sempurna, kemudian membuat grafik kecepatan putar terhadap waktu. Langkah terakhir mencatat *error* antara sistem yang telah berjalan dengan *setpoint* yang diinginkan.
- Menjalankan *sliding door* dengan cara tidak memberikan *input* di kedua sensor ultrasonik saat pintu dalam keadaan terbuka sempurna, lalu menentukan nilai *setpoint* berupa kecepatan putar saat pintu mulai tertutup hingga pintu tertutup sempurna sebesar 35 rpm. Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa

kecepatan putar saat pintu mulai tertutup hingga pintu tertutup sempurna, kemudian membuat grafik kecepatan putar terhadap waktu. Langkah terakhir mencatat *error* antara sistem yang telah berjalan dengan *setpoint* yang diinginkan.

6. Menjalankan tampilan *graphic user interface* (GUI) dengan mode otomatis. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan *input* dan *setpoint* berupa jarak pada sensor ultrasonik yang berada di pintu masuk sebesar 4 cm hingga 40 cm. Lalu mengamati kesesuaian pembacaan jarak sensor ultrasonik yang berada di pintu masuk dengan pembacaan jarak sensor ultrasonik yang berada di pintu masuk dalam tampilan *graphic user interface* (GUI). Langkah terakhir mencatat *error* antara pembacaan jarak sensor ultrasonik yang berada di pintu masuk dalam tampilan *graphic user interface* (GUI) dengan *setpoint* yang diinginkan.
7. Menjalankan tampilan *graphic user interface* (GUI) dengan mode otomatis. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan *input* dan *setpoint* berupa jarak pada sensor ultrasonik yang berada di pintu keluar sebesar 4 cm hingga 40 cm. Lalu mengamati kesesuaian pembacaan jarak sensor ultrasonik yang berada di pintu keluar dengan pembacaan jarak sensor ultrasonik yang berada di pintu keluar dalam tampilan *graphic user interface* (GUI). Langkah terakhir mencatat *error* antara pembacaan jarak sensor ultrasonik yang berada di pintu keluar dalam tampilan *graphic user interface* (GUI) dengan *setpoint* yang diinginkan.
8. Menjalankan tampilan *graphic user interface* (GUI) dengan mode manual. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan *input* berupa nilai persentase pada tampilan *graphic user interface* (GUI). Lalu menentukan nilai *setpoint* berupa jarak maksimum perpindahan posisi motor servo pada pintu 1 untuk setiap persentase yang diberikan pada perintah tampilan *graphic user interface* (GUI). Hubungan antara *input* persentase dan *setpoint* motor servo pada pintu 1 saat pintu akan terbuka ditunjukkan pada Tabel 4.4. Hubungan antara *input* persentase dan *setpoint* motor servo pada pintu 1 saat pintu akan tertutup ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4 *Input* persentase dan *setpoint* motor servo di pintu 1 saat pintu akan terbuka

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 1 (cm)
0	10	1.45
10	20	2.9
20	30	4.35
30	40	5.8
40	50	7.25
50	60	8.7
60	70	10.15
70	80	11.6
80	90	13.05
90	100	14.5

Tabel 4.5 *Input* persentase dan *setpoint* motor servo di pintu 1 saat pintu akan tertutup

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 1 (cm)
100	90	1.45
90	80	2.9
80	70	4.35
70	60	5.8
60	50	7.25
50	40	8.7
40	30	10.15
30	20	11.6
20	10	13.05
10	0	14.5

Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa perpindahan posisi motor servo pada pintu 1. Langkah terakhir mencatat *error* antara perpindahan posisi motor servo pada pintu 1 dengan *setpoint* yang diinginkan.

- Menjalankan tampilan *graphic user interface* (GUI) dengan mode manual. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan *input* berupa nilai persentase pada tampilan *graphic user interface* (GUI). Lalu menentukan nilai *setpoint* berupa jarak maksimum perpindahan posisi motor servo pada pintu 2 untuk setiap persentase yang diberikan pada perintah tampilan *graphic user interface* (GUI). Hubungan antara *input* persentase dan *setpoint* motor servo pada pintu 2 saat pintu akan terbuka ditunjukkan pada Tabel 4.6. Hubungan antara *input* persentase dan *setpoint* motor servo pada pintu 2 saat pintu akan tertutup ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6 *Input* persentase dan *setpoint* motor servo di pintu 2 saat pintu akan terbuka

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 2 (cm)
0	10	1.49
10	20	2.98
20	30	4.47
30	40	5.96
40	50	7.45
50	60	8.94
60	70	10.43
70	80	11.92
80	90	13.41
90	100	14.9

Tabel 4.7 *Input* persentase dan *setpoint* motor servo di pintu 2 saat pintu akan tertutup

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 2 (cm)
100	90	1.49
90	80	2.98
80	70	4.47
70	60	5.96
60	50	7.45
50	40	8.94
40	30	10.43
30	20	11.92
20	10	13.41
10	0	14.9

Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa perpindahan posisi motor servo pada pintu 2. Langkah terakhir mencatat *error* antara perpindahan posisi motor servo pada pintu 2 dengan *setpoint* yang diinginkan.

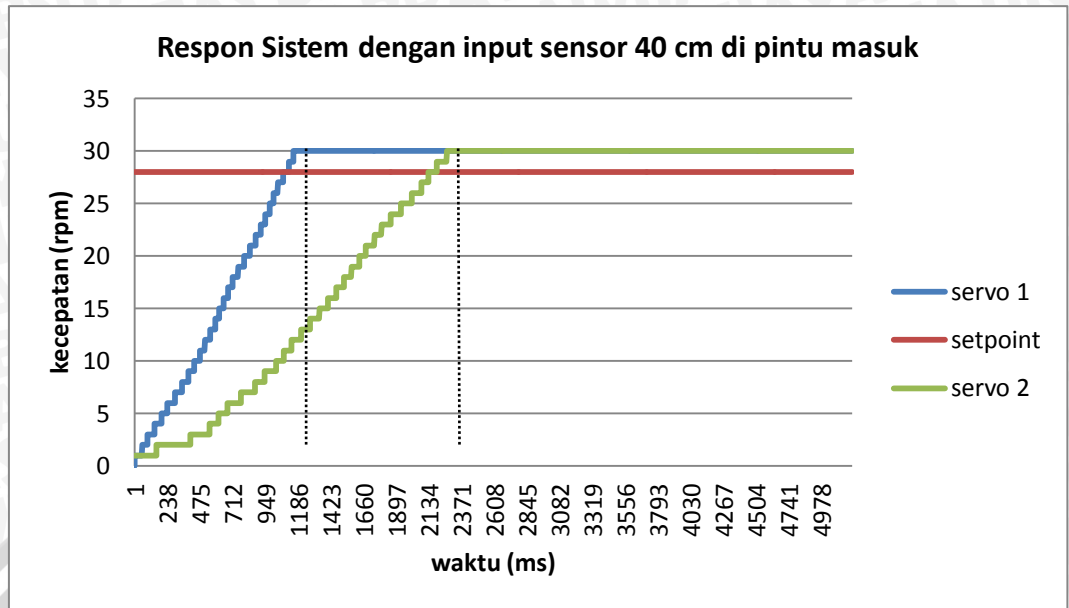
d. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil respon keluaran sistem sebagai berikut :

1. Pengujian dengan *input* sensor di pintu masuk

a. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 40 cm di pintu masuk

Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 40 cm di pintu masuk ditunjukkan pada Gambar 4.8.



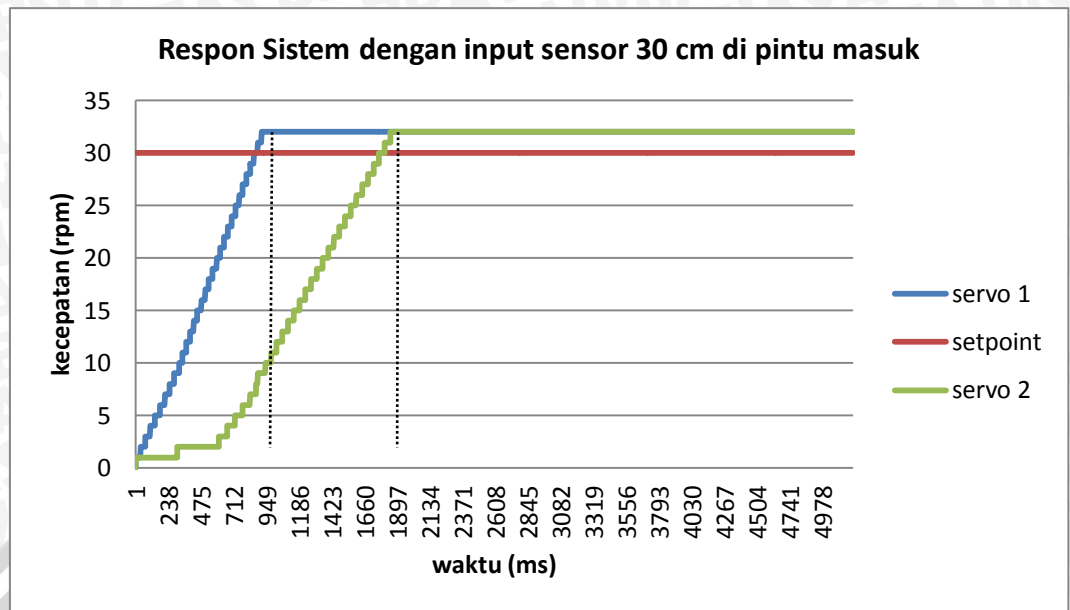
Gambar 4.8 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 40 cm di pintu masuk
 Dari Gambar 4.8, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|30 - 28|}{28} \times 100 \% \\ &= 7,14\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|30 - 28|}{28} \times 100 \% \\ &= 7,14\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 7,14% untuk servo 1 dan servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 1142ms dan servo 2 2283ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 7,14%.

- b. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 30 cm di pintu masuk
 Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 30 cm di pintu masuk ditunjukkan pada Gambar 4.9.



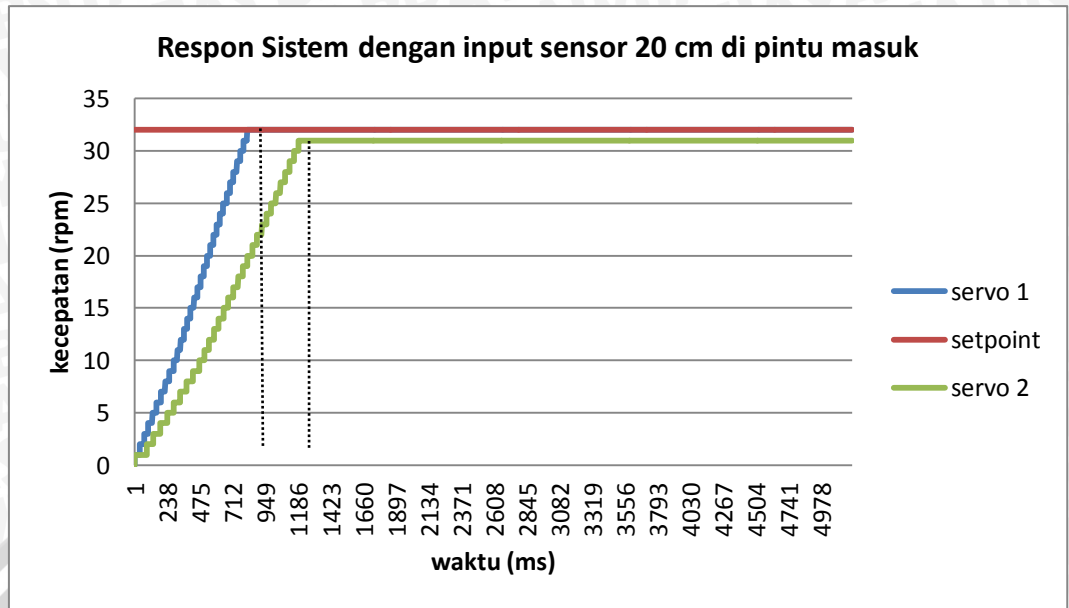
Gambar 4.9 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 30 cm di pintu masuk. Dari Gambar 4.9, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 30|}{30} \times 100 \% \\ &= 6,66 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 30|}{30} \times 100 \% \\ &= 6,66 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 6,66% untuk servo 1 dan servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 944ms dan servo 2 1787ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 6,66%.

- c. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 20 cm di pintu masuk. Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 20 cm di pintu masuk ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 20 cm di pintu masuk

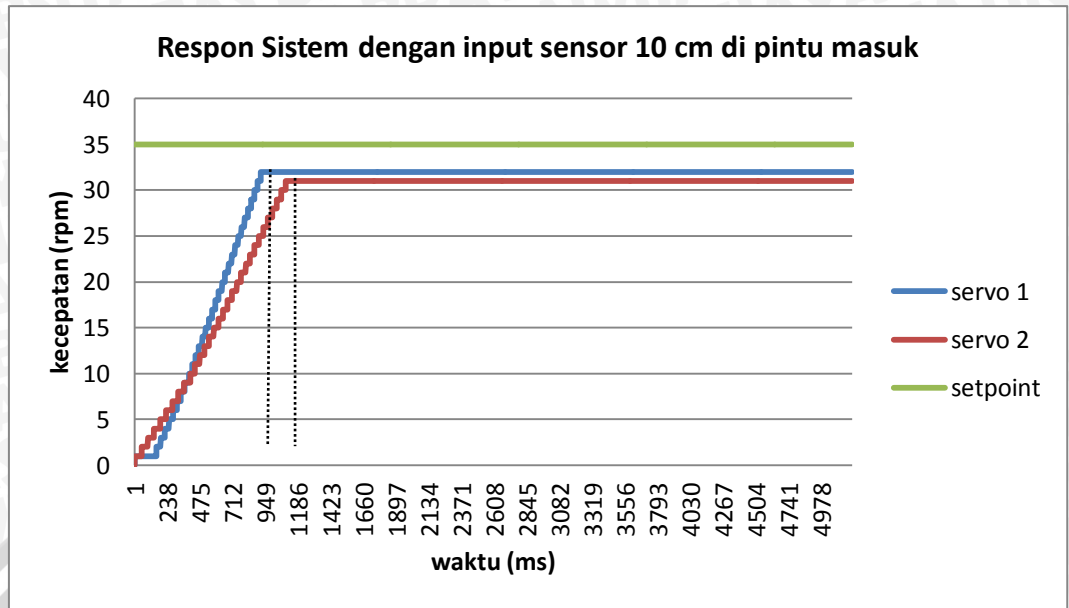
Dari Gambar 4.10, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 32|}{32} \times 100 \% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|31 - 32|}{32} \times 100 \% \\ &= 3,12 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 0% untuk servo 1 dan 3,12% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 894ms dan servo 2 1186ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 1,56%.

- d. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 10 cm di pintu masuk Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 10 cm di pintu masuk ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 10 cm di pintu masuk

Dari Gambar 4.11, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100\% \\ &= \frac{|32 - 35|}{35} \times 100\% \\ &= 8,57\% \end{aligned}$$

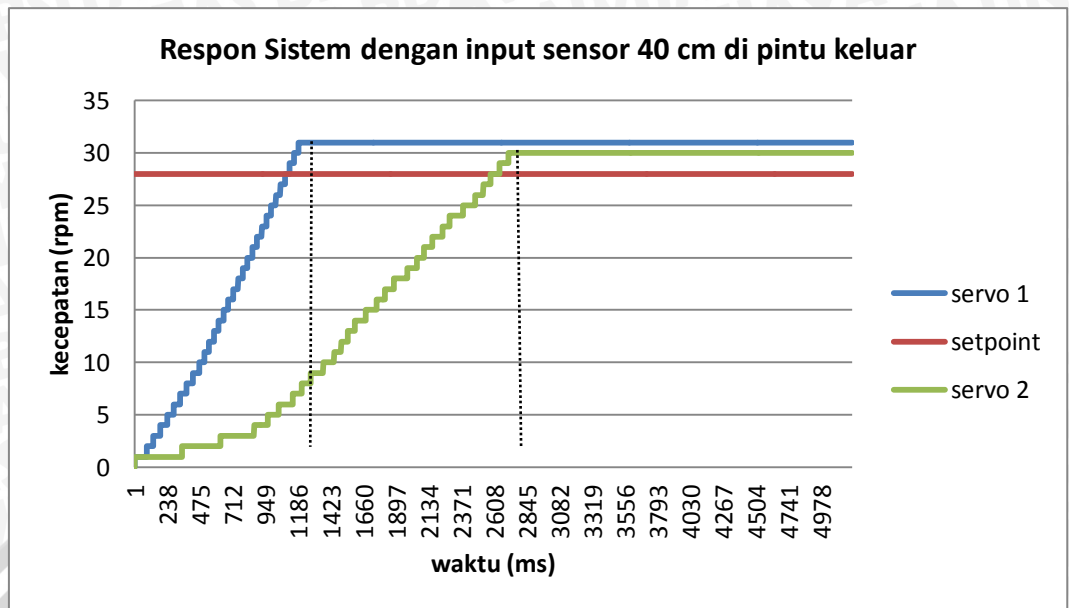
$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100\% \\ &= \frac{|31 - 35|}{35} \times 100\% \\ &= 11,42\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 8,57% untuk servo 1 dan 11,42% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 894ms dan servo 2 1093ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 9,99%.

2. Pengujian dengan *input* sensor di pintu keluar

a. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 40 cm di pintu keluar

Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 40 cm di pintu keluar ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 40 cm di pintu keluar

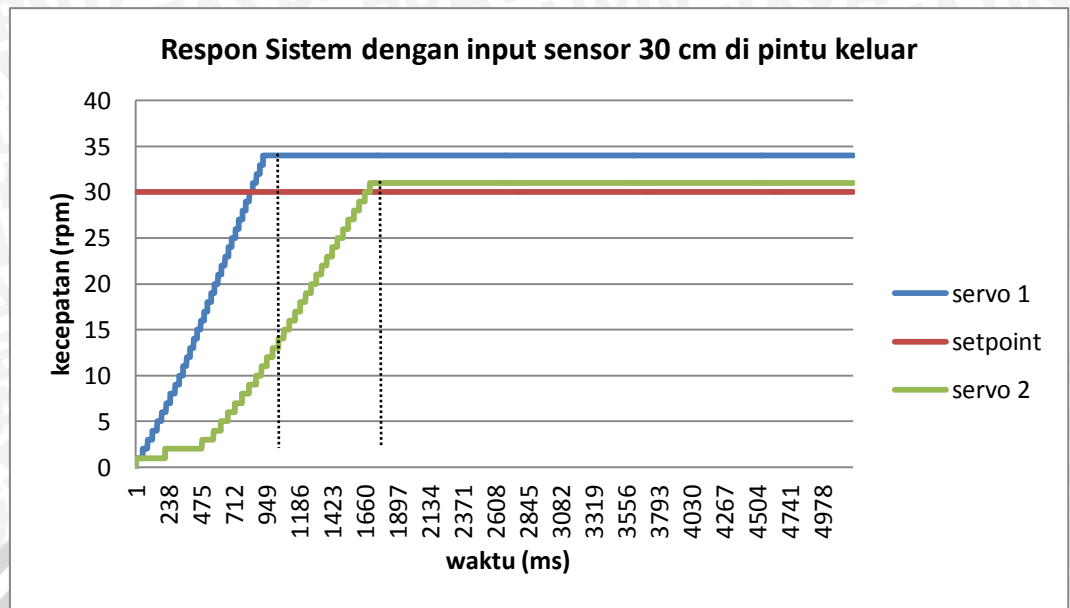
Dari Gambar 4.12, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|31 - 28|}{28} \times 100 \% \\ &= 10,71\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|30 - 28|}{28} \times 100 \% \\ &= 7,14\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 10,71% untuk servo 1 dan 7,14% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 1198ms dan servo 2 2742ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 8,92%.

- b. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 30 cm di pintu keluar Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 30 cm di pintu keluar ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 30 cm di pintu keluar

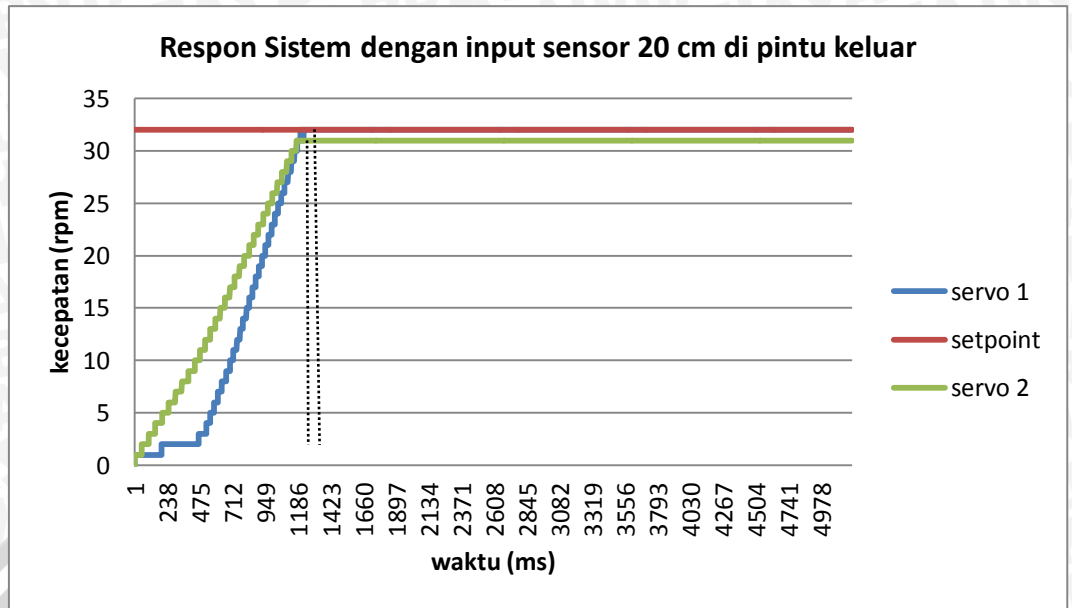
Dari Gambar 4.13, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|34 - 30|}{30} \times 100 \% \\ &= 13,33 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|31 - 30|}{30} \times 100 \% \\ &= 3,33 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 7,14% untuk servo 1 dan 3,22% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 989ms dan servo 2 1737ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 8,33%.

- c. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 20 cm di pintu keluar Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 20 cm di pintu keluar ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 20 cm di pintu keluar

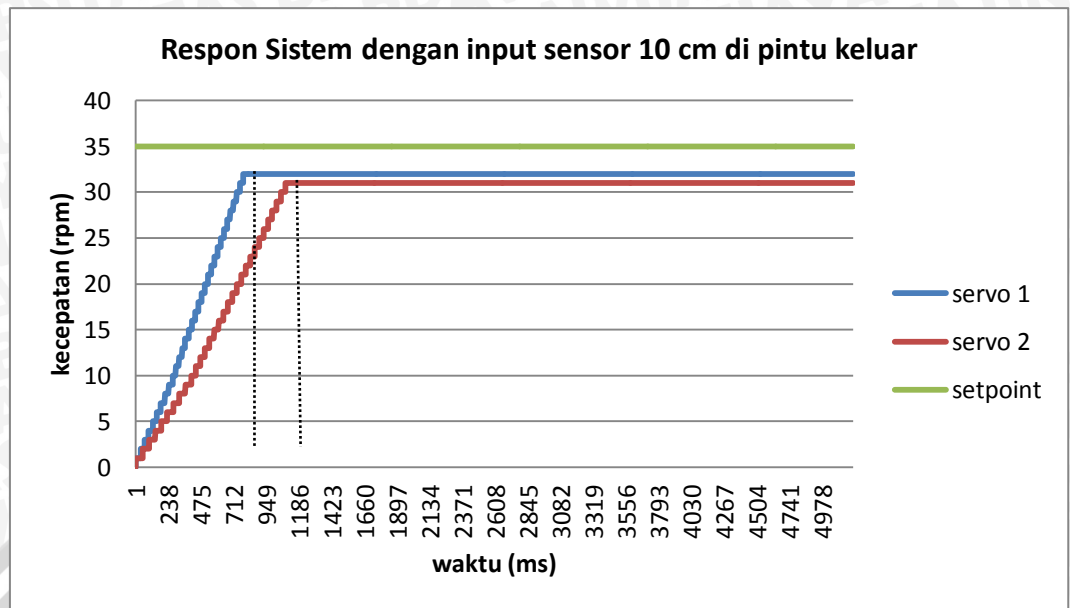
Dari Gambar 4.14, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 32|}{32} \times 100 \% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|31 - 32|}{32} \times 100 \% \\ &= 3,12 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 0% untuk servo 1 dan 3,12% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 1192ms dan servo 2 1291ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 1,56%.

- d. Pengujian dengan memberikan *input* sensor sebesar 10 cm di pintu keluar Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor sebesar 10 cm di pintu keluar ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik respon sistem dengan *input* sensor 10 cm di pintu keluar

Dari Gambar 4.15, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

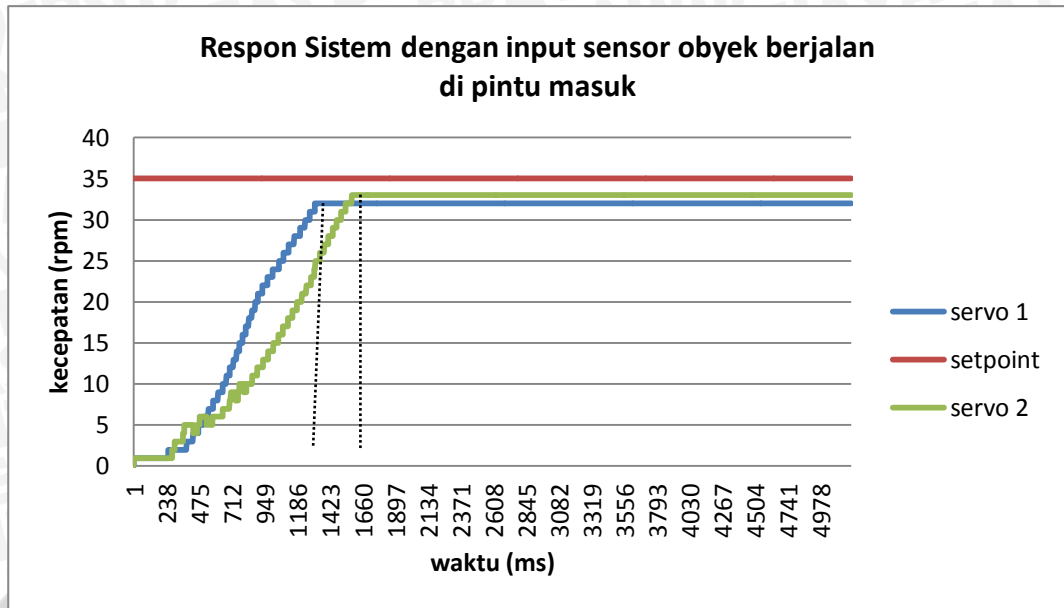
$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 35|}{35} \times 100 \% \\ &= 8,57\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|31 - 35|}{35} \times 100 \% \\ &= 11,42\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 8,57% untuk servo 1 dan 11,42% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 795ms dan servo 2 1142ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 9,99%.

3. Pengujian dengan *input* objek berjalan di pintu masuk

Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor objek berjalan di pintu masuk ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik respon sistem dengan *input* sensor objek berjalan di pintu masuk

Dari Gambar 4.16, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

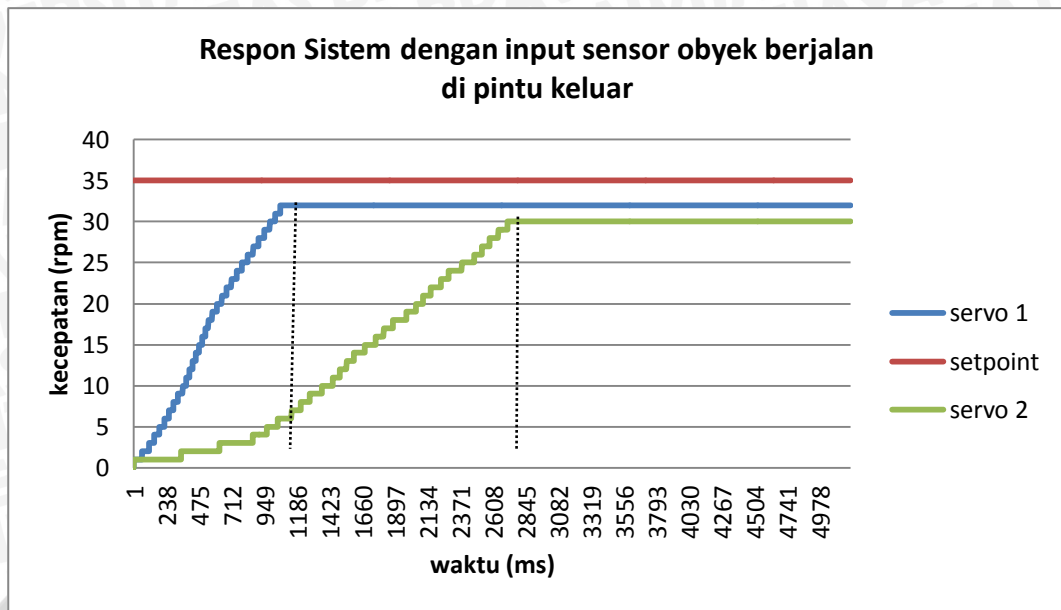
$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 35|}{35} \times 100\% \\ &= 8,57\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|33 - 35|}{35} \times 100\% \\ &= 5,71\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 8,57% untuk servo 1 dan 5,71% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 1241ms dan servo 2 1638ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 7,14%.

4. Pengujian dengan *input* objek berjalan di pintu keluar

Grafik respon sistem saat diberikan *input* sensor objek berjalan di pintu keluar ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Grafik respon sistem dengan *input* sensor objek berjalan di pintu keluar

Dari Gambar 4.17, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

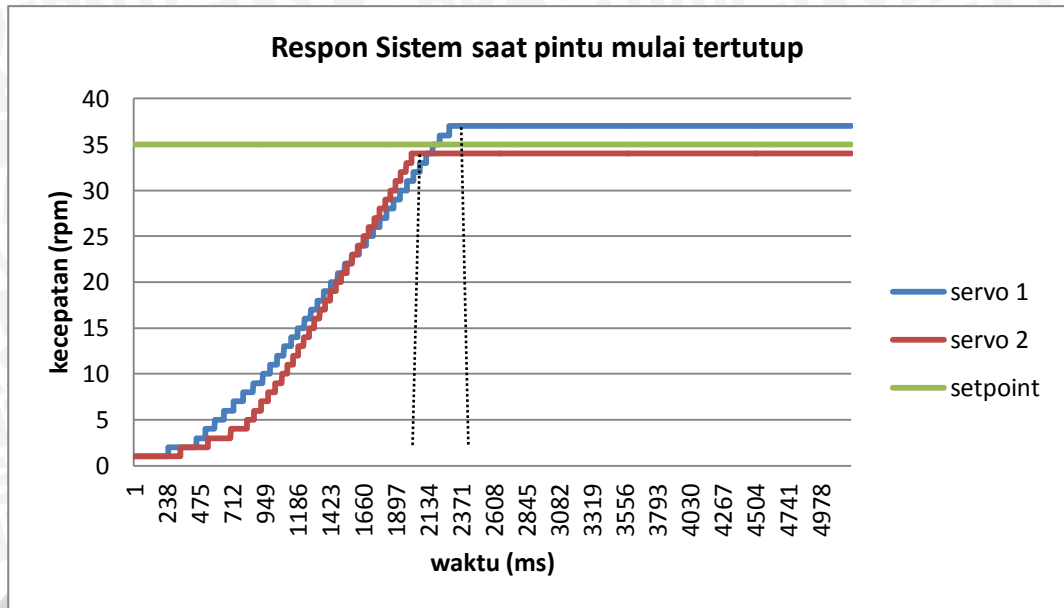
$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|32 - 35|}{35} \times 100 \% \\ &= 8,57\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|30 - 35|}{35} \times 100 \% \\ &= 14,28\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 8,57% untuk servo 1 dan 14,28% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 1043ms dan servo 2 2729ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 11,42%.

5. Pengujian saat pintu mulai tertutup

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil respon keluaran sistem ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik respon sistem saat pintu mulai tertutup

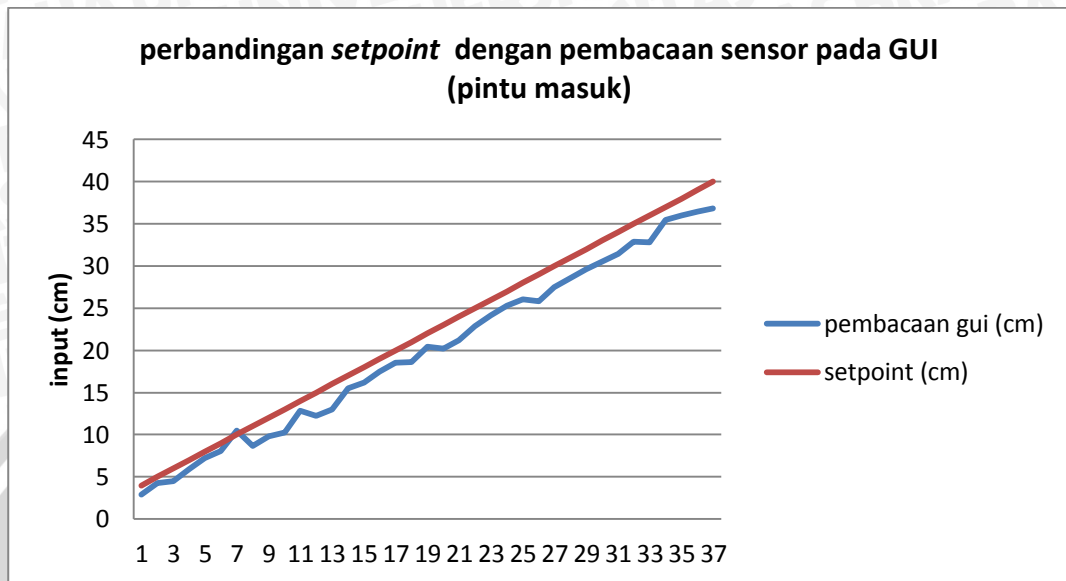
Dari Gambar 4.18, diketahui hasil respon memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 1} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|37 - 35|}{35} \times 100\% \\ &= 5,71\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ess servo 2} &= \frac{|\text{kecepatan putar} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|34 - 35|}{35} \times 100\% \\ &= 2,85\% \end{aligned}$$

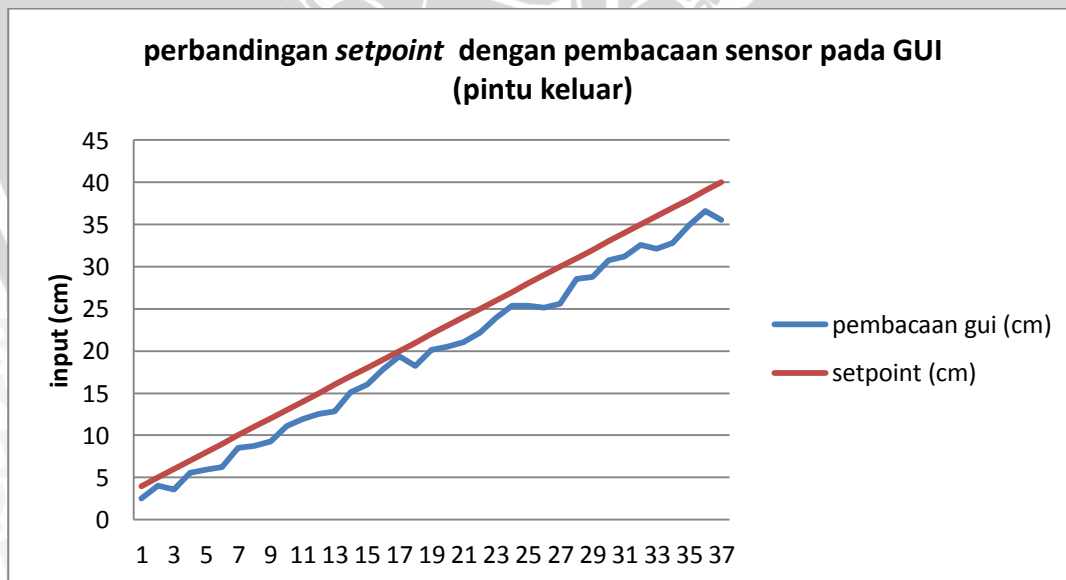
Dari hasil perhitungan didapatkan *error* 5,71% untuk servo 1 dan 2,85% untuk servo 2. *Settling time* untuk mencapai *steady state* servo 1 1985ms dan servo 2 2432ms. Sistem dikatakan cukup baik karena rata – rata *error* yang didapatkan sebesar 4,28%.

6. Pengujian GUI mode otomatis dengan *input* sensor ultrasonik di pintu masuk
Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai keluaran sistem ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Grafik perbandingan *setpoint* dengan pembacaan sensor pada GUI di pintu masuk

7. Pengujian GUI mode otomatis dengan *input* sensor ultrasonik di pintu keluar
Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai keluaran sistem ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik perbandingan *setpoint* dengan pembacaan sensor pada GUI di pintu keluar

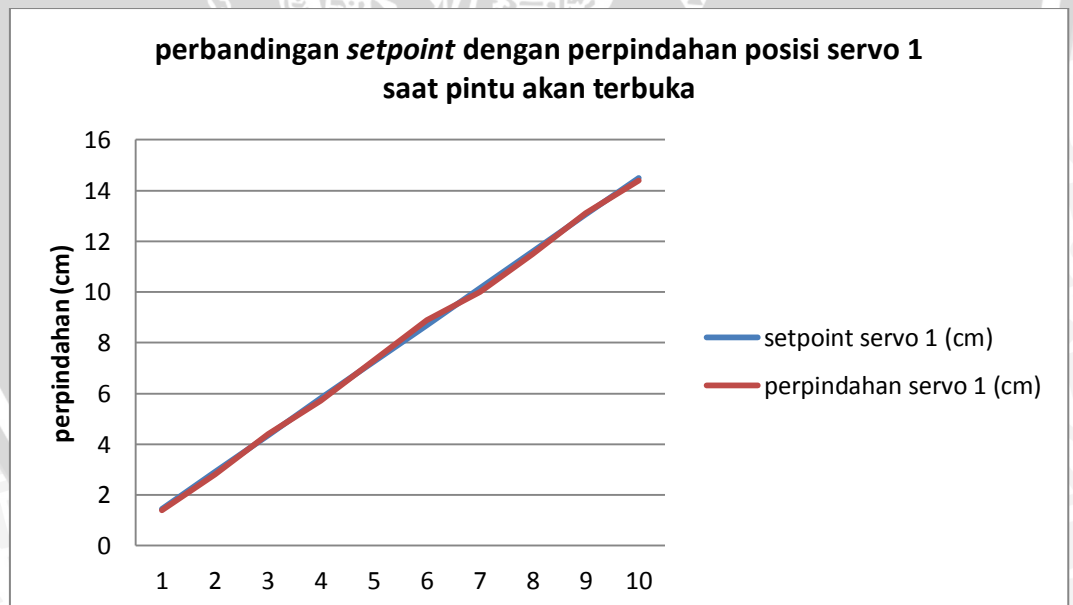
8. Pengujian GUI mode manual terhadap perubahan posisi motor servo di pintu 1

a. Saat pintu akan terbuka

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai keluaran sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4.21. Data perpindahan posisi motor servo di pintu 1 saat pintu akan terbuka ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data perpindahan posisi motor servo di pintu 1 saat pintu akan terbuka

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 1 (cm)	PERPINDAHAN SERVO 1 (cm)	ERROR SERVO 1 (%)
0	10	1.45	1.4	0.34
10	20	2.9	2.8	0.34
20	30	4.35	4.4	0.11
30	40	5.8	5.7	0.17
40	50	7.25	7.3	0.68
50	60	8.7	8.9	0.22
60	70	10.15	10	0.14
70	80	11.6	11.5	0.86
80	90	13.05	13.1	0.38
90	100	14.5	14.4	0.68



Gambar 4.21 Grafik perbandingan *setpoint* dengan perpindahan posisi servo 1 pada GUI saat pintu akan terbuka

b. Saat pintu akan tertutup

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai keluaran sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4.22. Data perpindahan posisi motor servo di pintu 1 saat pintu akan tertutup ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data perpindahan posisi motor servo di pintu 1 saat pintu akan tertutup

POSISI AWAL (%)	PERINTA H GUI (%)	SETPOINT SERVO 1 (cm)	PERPINDAHAN SERVO 1 (cm)	ERROR SERVO 1 (%)
100	90	1.45	1.5	3.44
90	80	2.9	3	3.44
80	70	4.35	4.5	3.44
70	60	5.8	5.9	1.72
60	50	7.25	7.3	0.68
50	40	8.7	8.8	1.14
40	30	10.15	10.4	2.46
30	20	11.6	12	3.44
20	10	13.05	13.4	2.68
10	0	14.5	15.4	6.2



Gambar 4.22 Grafik perbandingan *setpoint* dengan perpindahan posisi servo 1 pada GUI saat pintu akan tertutup

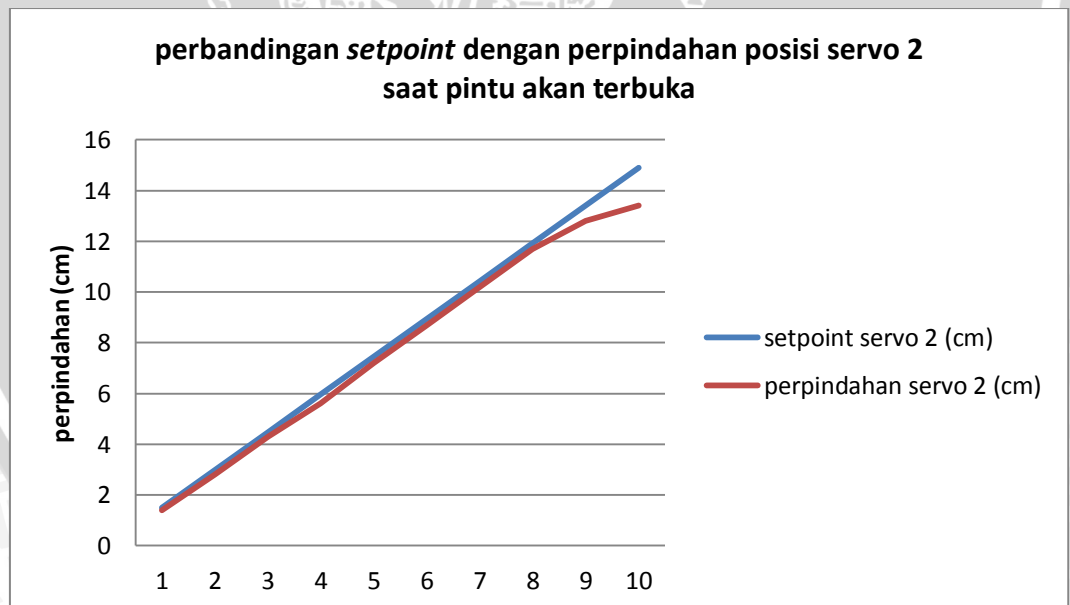
9. Pengujian GUI mode manual terhadap perubahan posisi motor servo di pintu 2

a. Saat pintu akan terbuka

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai keluaran sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4.23. Data perpindahan posisi motor servo di pintu 2 saat pintu akan terbuka ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data perpindahan posisi motor servo di pintu 2 saat pintu akan terbuka

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 2 (cm)	PERPINDAHAN SERVO 2 (cm)	ERROR SERVO 2 (%)
0	10	1.49	1.4	6.04
10	20	2.98	2.8	6.04
20	30	4.47	4.3	3.8
30	40	5.96	5.6	6.04
40	50	7.45	7.2	3.35
50	60	8.94	8.7	2.68
60	70	10.43	10.2	2.2
70	80	11.92	11.7	1.84
80	90	13.41	12.8	4.54
90	100	14.9	13.4	10.06



Gambar 4.23 Grafik perbandingan *setpoint* dengan perpindahan posisi servo 2 pada GUI saat pintu akan terbuka

b. Saat pintu akan tertutup

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai keluaran sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4.24. Data perpindahan posisi motor servo di pintu 2 saat pintu akan tertutup ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data perpindahan posisi motor servo di pintu 2 saat pintu akan tertutup

POSISI AWAL (%)	PERINTAH GUI (%)	SETPOINT SERVO 2 (cm)	PERPINDAHAN SERVO 2 (cm)	ERROR SERVO 2 (%)
100	90	1.49	1.3	12.75
90	80	2.98	2.8	6.04
80	70	4.47	4.2	6.04
70	60	5.96	5.8	2.68
60	50	7.45	7.3	2.01
50	40	8.94	8.8	1.56
40	30	10.43	9.9	5.08
30	20	11.92	11.6	2.68
20	10	13.41	12.9	3.8
10	0	14.9	14	6.04



Gambar 4.24 Grafik perbandingan *setpoint* dengan perpindahan posisi servo 2 pada GUI saat pintu akan tertutup