

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

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. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

1. Pengujian potensiometer linier
2. Pengujian driver motor DC
3. Pengujian kecepatan motor DC
4. Pengujian tanpa kontroler
5. Pengujian keseluruhan sistem

5.1. Pengujian Potensiometer Linier

a. Tujuan

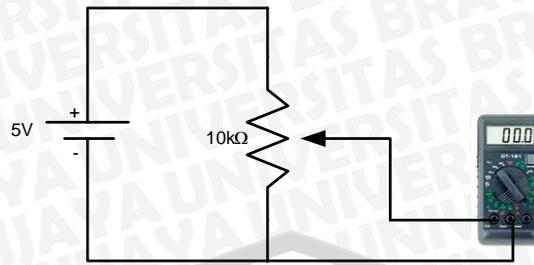
Mengetahui tingkat kelinieran dari potensiometer dalam membaca perubahan sudut putar motor DC.

b. Peralatan yang digunakan

- Potensiometer Linier.
- Multimeter.
- Penggaris busur.
- Catu daya 5 volt.

c. Langkah pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.1
2. Potensiometer diputar dari 0° sampai 40°
3. Mencatat dan menggambar data tegangan keluaran tiap 2° dari potensiometer untuk melihat kelinierannya.



Gambar 5.1. Pengujian Potensiometer

d. Hasil Pengujian

Tegangan keluaran dari potensiometer ditulis dalam persamaan

$$V_{output} = \frac{R_{potensiometer}}{R_{total}} \times V_{input} \dots\dots\dots(5.1)$$

Serta error pada pengujian potensiometer ditulis dalam persamaan

$$Error = \frac{tegangan\ pengukuran - tegangan\ perhitungan}{tegangan\ pengukuran} \times 100\% \dots\dots\dots(5.2)$$

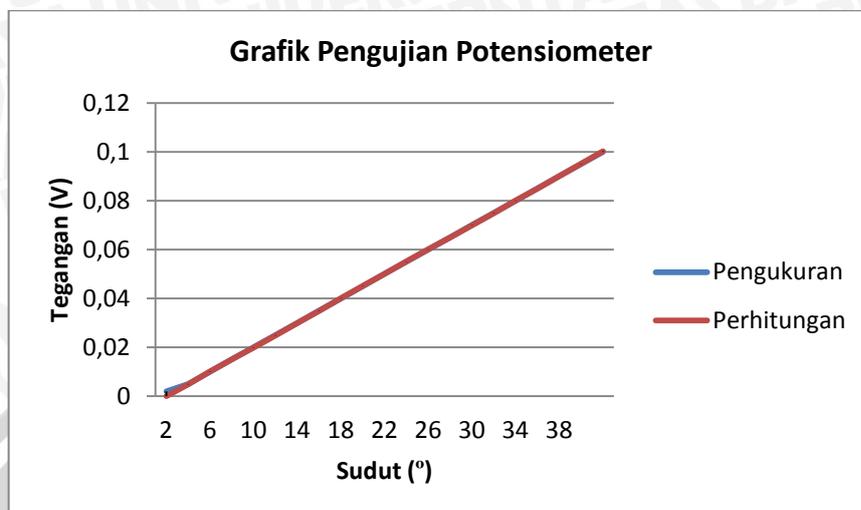
data hasil pengujian potensiometer ditunjukkan dalam Tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Potensiometer

| Posisi Sudut | Nilai Resistansi (ohm) | Tegangan Perhitungan (V) | Tegangan Terukur (V) | Error (%) |
|-----------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-----------|
| 0 ⁰ | 0.003 | 0.002 | 0.0019 | 5.00 |
| 2 ⁰ | 5.800 | 0.005 | 0.0049 | 2.00 |
| 4 ⁰ | 11.111 | 0.01 | 0.0101 | 1.00 |
| 6 ⁰ | 16.998 | 0.015 | 0.0151 | 0.66 |
| 8 ⁰ | 22.500 | 0.02 | 0.0199 | 0.50 |
| 10 ⁰ | 28.000 | 0.025 | 0.0249 | 0.40 |
| 12 ⁰ | 33.636 | 0.030 | 0.0299 | 0.33 |
| 14 ⁰ | 39.102 | 0.035 | 0.0349 | 0.29 |
| 16 ⁰ | 44.900 | 0.040 | 0.0401 | 0.25 |
| 18 ⁰ | 50.300 | 0.045 | 0.0451 | 0.22 |
| 20 ⁰ | 55.860 | 0.050 | 0.0501 | 0.20 |
| 22 ⁰ | 61.426 | 0.055 | 0.0551 | 0.182 |
| 24 ⁰ | 67.000 | 0.060 | 0.0601 | 0.167 |
| 26 ⁰ | 72.628 | 0.065 | 0.0649 | 0.154 |
| 28 ⁰ | 78.014 | 0.070 | 0.0699 | 0.143 |
| 30 ⁰ | 83.640 | 0.075 | 0.0749 | 0.133 |
| 32 ⁰ | 89.096 | 0.080 | 0.0801 | 0.125 |
| 34 ⁰ | 94.742 | 0.085 | 0.0849 | 0.118 |
| 36 ⁰ | 100.318 | 0.090 | 0.0901 | 0.111 |
| 38 ⁰ | 105.864 | 0.095 | 0.0951 | 0.105 |
| 40 ⁰ | 111.600 | 0.10 | 0.1002 | 0.100 |



Data dalam Tabel 5.1 dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.2



Gambar 5.2. Grafik Hubungan Antara Tegangan dan Sudut

5.2. Pengujian Driver Motor DC

a. Tujuan

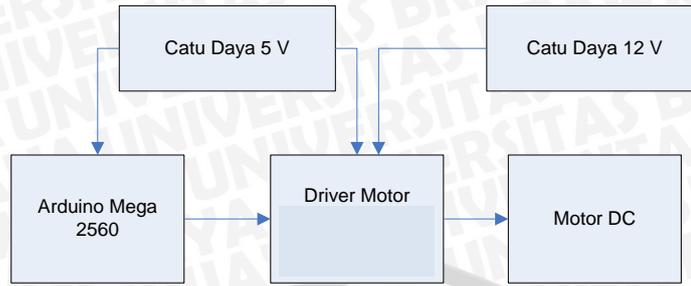
Mengetahui *output driver* motor apabila diberi *input* yang berbeda-beda.

b. Peralatan yang digunakan

- Modul Arduino Uno
- *Driver* motor
- Motor DC
- Catu daya 5V dan 12V

c. Langkah pengujian

1. Merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.3
2. Mengisi mikrokontroler dengan program yang mengeluarkan data keluaran biner dengan keluaran *HIGH* dan *LOW*
3. Mengaktifkan catu daya 5 volt dan 12 volt
4. Mencatat pergerakan motor DC



Gambar 5.3 Diagram Blok Pengujian *Driver Motor DC*

d. Hasil pengujian

Tabel 5.2 Hasil Pengujian *Driver Motor DC*

| No | Logika Keluaran (M2) | Arah Putaran Motor DC |
|----|----------------------|---------------------------|
| 1 | LOW | Searah Jarum Jam |
| 2 | HIGH | Berlawanan Arah Jarum jam |

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa motor DC akan berputar searah jarum jam ketika M2 diberi logika *LOW*, dan apabila diberi logika *HIGH* maka motor akan berputar berlawanan arah jam. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rangkaian *driver* motor DC ini dapat berjalan dengan baik pada sistem yang direncanakan.

5.3. Pengujian Kecepatan Motor DC

a. Tujuan

Untuk mengetahui letak posisi akhir sudut *flap* yang diinginkan yang telah digerakkan oleh motor DC.

b. Peralatan yang digunakan

- Modul Arduino Uno
- Optocoupler
- Piringan berlubang 64

c. Langkah pengujian

Mengukur kecepatan motor dengan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) yang berbeda, sehingga didapatkan kecepatan yang diinginkan.

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian kecepatan motor dengan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) yang ditentukan ditunjukkan pada Tabel 5.3

Tabel 5.3. Hasil Pengujian *Pulse Width Modulation* (PWM)

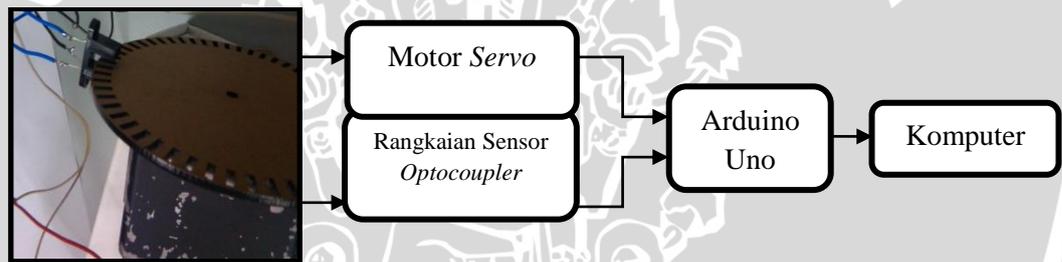
| PWM | V MK (volt) | V Motor (volt) | RPM |
|-----|-------------|----------------|------|
| 10 | 0.215 | 0.28 | 0 |
| 20 | 0.410 | 0.61 | 0 |
| 30 | 0.410 | 0.61 | 0 |
| 40 | 0.795 | 1.29 | 120 |
| 50 | 0.984 | 1.63 | 420 |
| 60 | 1.176 | 2.08 | 600 |
| 70 | 1.351 | 2.76 | 780 |
| 80 | 1.542 | 2.87 | 960 |
| 90 | 1.752 | 3.45 | 1140 |
| 100 | 1.944 | 4.60 | 1260 |
| 110 | 2.136 | 5.50 | 1380 |
| 120 | 2.329 | 6.20 | 1500 |
| 130 | 2.522 | 6.70 | 1560 |
| 140 | 2.715 | 7.40 | 1680 |
| 150 | 2.907 | 7.77 | 1740 |
| 160 | 3.102 | 8.20 | 1800 |
| 170 | 3.292 | 8.54 | 1860 |
| 180 | 3.488 | 8.94 | 1920 |
| 190 | 3.660 | 9.20 | 1980 |
| 200 | 3.870 | 9.53 | 2040 |
| 210 | 4.050 | 9.90 | 2040 |
| 220 | 4.250 | 9.95 | 2100 |
| 230 | 4.420 | 10.10 | 2160 |
| 240 | 4.600 | 10.38 | 2160 |
| 250 | 4.780 | 10.54 | 2220 |
| 255 | 4.900 | 10.67 | 2280 |

5.4. Pengujian Tanpa Kontroler

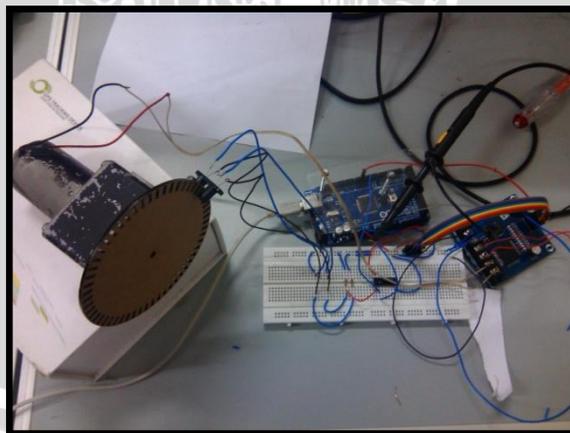
a. Tujuan

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.

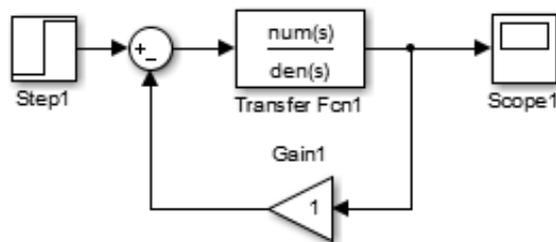
- b. Peralatan yang digunakan
- *Software* Matlab
 - Arduino Uno
 - Motor DC
 - Optocoupler
 - Komputer
 - Program dan software Arduino.
- c. Langkah Pengujian
1. Merangkai peralatan seperti Gambar 5.4 dan Gambar 5.5.
 2. Mengunduh program PRBS (*Pseudo Random Binary Sequence*) pada *software* Arduino ERW 1.0.5 untuk mendapatkan nilai fungsi alih motor.
 3. Menyusun blok diagram pada *software* simulink matlab untuk mensimulasikan sistem tanpa menggunakan dan menggunakan kontroler.
 4. Mengamati hasil keluaran sistem dengan menggunakan masukan *unitstep*.



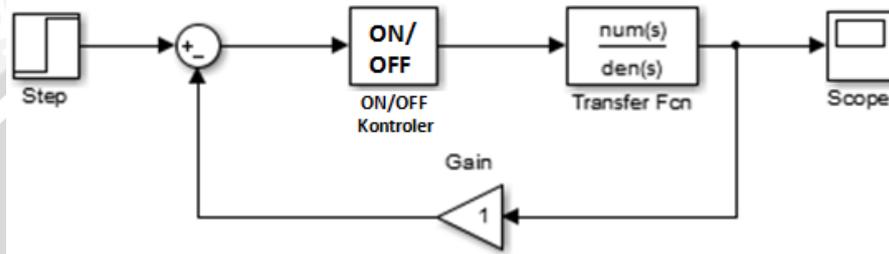
Gambar 5.4 Rangkaian Pengujian Sistem



Gambar 5.5 Rangkaian Pengujian Sistem Tanpa Kontroler



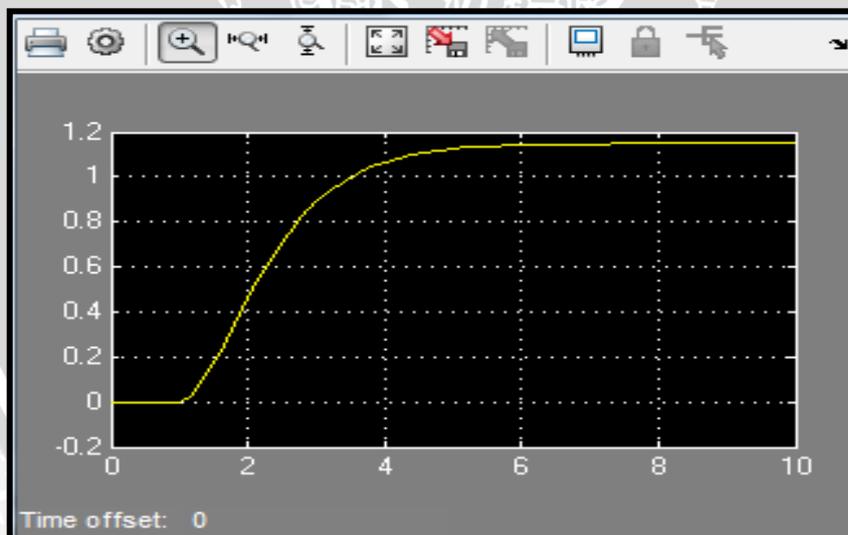
Gambar 5.6 Blok Diagram Sistem Tanpa Kontroler



Gambar 5.7 Rangkaian Pengujian Sistem Menggunakan Kontroler

d. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon sistem pada *simulink matlab*. Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.8

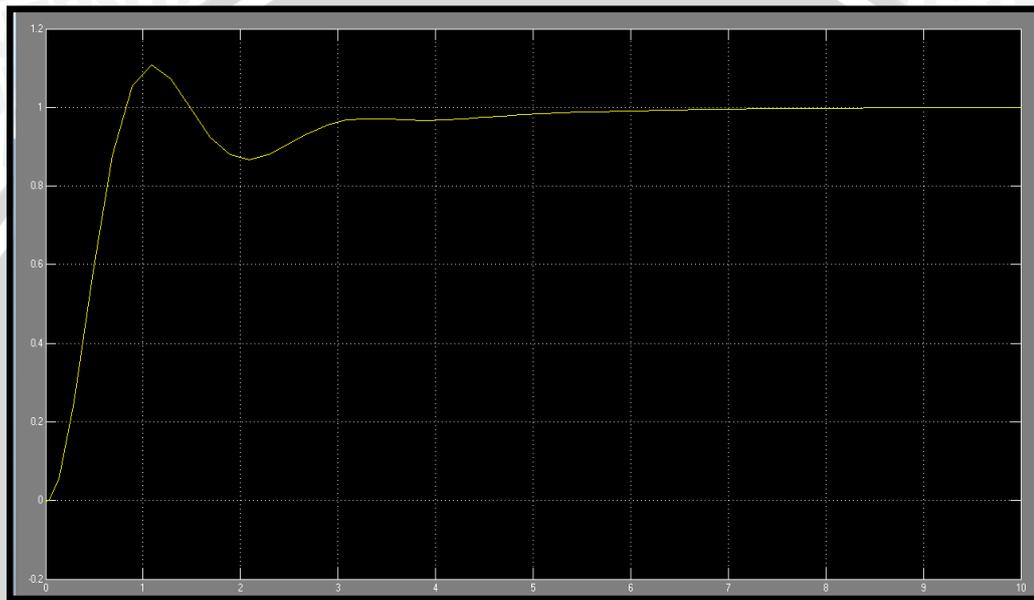


Gambar 5.8 Pengujian Sistem tanpa Kontoler dengan Masukan *Unit Step*

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

$$\begin{aligned}\% \text{ ess} &= \frac{|0.53 - 1|}{1} \times 100\% \\ &= 0,47 \times 100\% \\ &= 47\%\end{aligned}$$

Grafik respon sistem dengan kontroler dapat dilihat pada Gambar 5.9



Gambar 5.9 Pengujian Sistem menggunakan Kontolrer dengan Masukan *Unit Step*

5.5. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

a. Tujuan

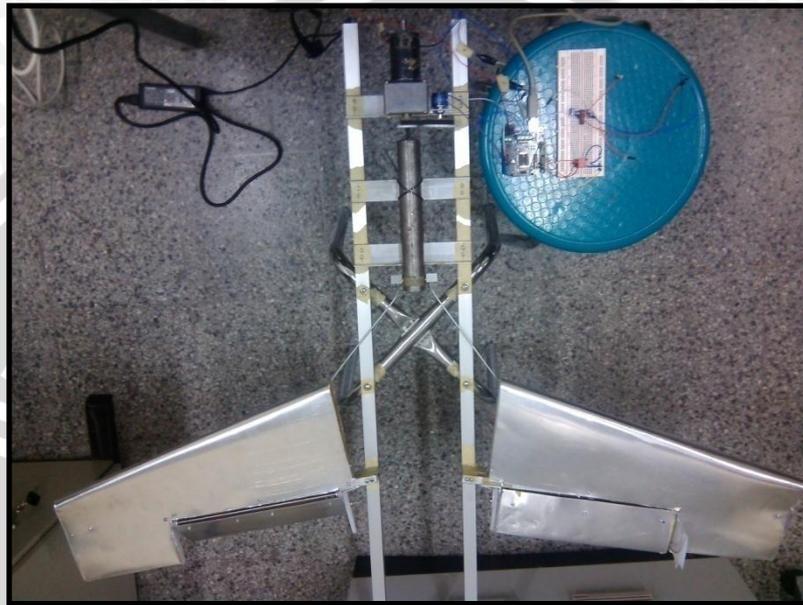
Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon keseluruhan sistem pengendalian posisi sudut *flap* pada model miniatur pesawat N-219 dapat bekerja dengan baik sesuai dengan *setpoint* yang diharapkan dengan parameter *ON-OFF* yang dicari.

b. Peralatan Pengujian

- Model miniatur pesawat N-219
- Arduino Uno
- Potensiometer Linier
- Motor DC
- Catu Daya 12V
- Driver motor menggunakan *DFRobot Arduino L298N*

c. Langkah Pengujian

Pengujian alat ini dilakukan dengan cara menjalankan model miniatur pesawat N-219 dengan cara memasukkan nilai *set point* pada posisi sudut yang dituju, penyusunannya seperti yang ditunjukkan gambar 5.10.



Gambar 5.10 Model Miniatur Pesawat N-219 Secara Keseluruhan

Nilai *set point* untuk masing-masing garasi berupa nilai ADC yang ditunjukkan dalam Tabel 5.4

Tabel 5.4 Data Sudut Motor DC

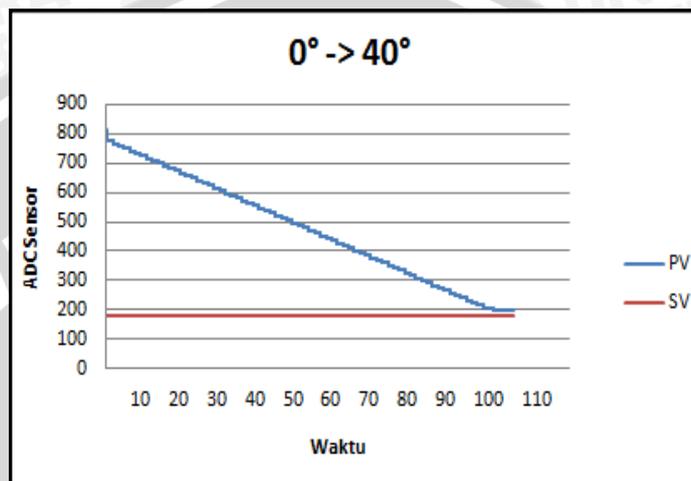
| Flap Selector | Motor DC | | |
|---------------|----------|--------|----------|
| | ADC | Vin(V) | Sudut(°) |
| 1 | 180 | 0.925 | 40 |
| 2 | 600 | 2.95 | 18 |
| 3 | 716 | 3.413 | 6 |
| 4 | 812 | 3.97 | 0 |

d. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil respon keluaran sistem dengan *setpoint* berbeda.

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 40° down (0° menuju 40°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 40° down (0° menuju 40°) ditunjukkan dalam Gambar 5.11



Gambar 5.11 Hasil Respon dengan *Setpoint* sudut 40° down (0° menuju 40°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 40° down (0° menuju 40°) adalah :

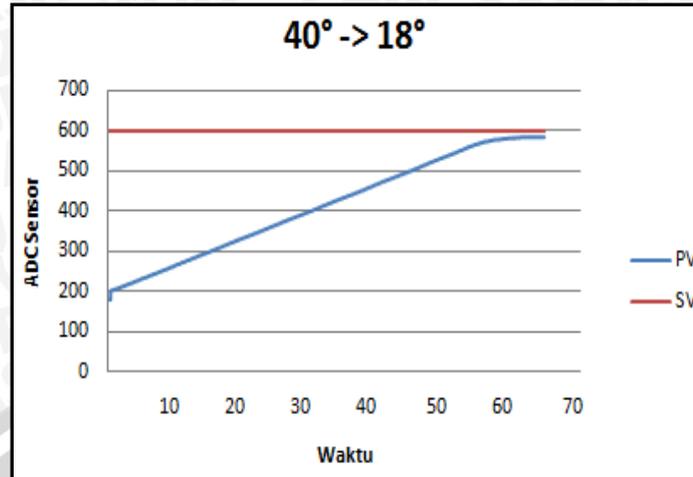
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|197 - 180|}{180} \times 100\% \\
 &= 0.0944 \times 100\% \\
 &= 9.44\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = Setpoint (masukan)

PV = Preset value (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 18° up (40° menuju 18°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 18° up (40° menuju 18°) ditunjukkan dalam Gambar 5.12



Gambar 5.12 Hasil Respon dengan *Setpoint* sudut 18° up (40° menuju 18°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 18° up (40° menuju 18°) adalah :

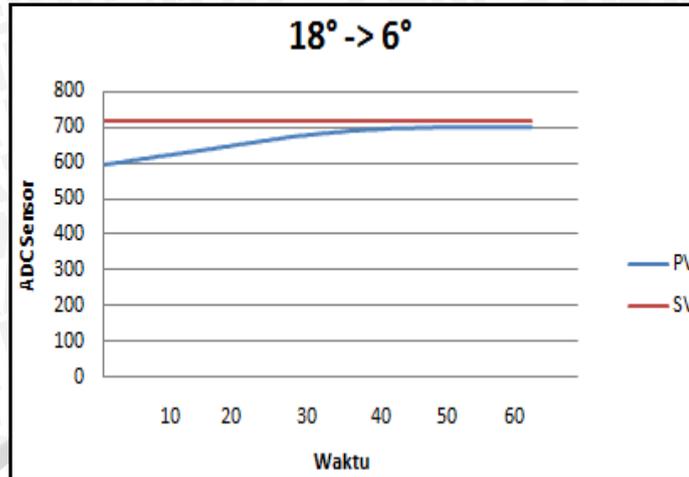
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|580 - 600|}{600} \times 100\% \\
 &= 0.0333 \times 100\% \\
 &= 3.33\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = Setpoint (masukan)

PV = Preset value (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 6° up (18° menuju 6°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 6° up (18° menuju 6°) ditunjukkan dalam Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Hasil Respon dengan Setpoint sudut 6° up (18° menuju 6°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 6° up (18° menuju 6°) adalah :

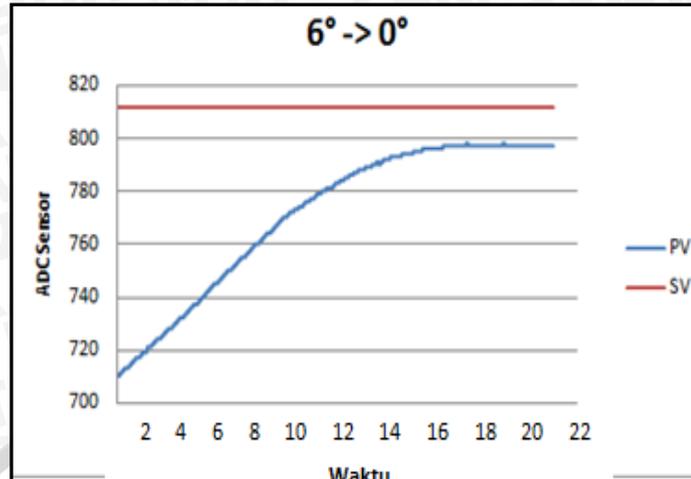
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|695 - 716|}{716} \times 100\% \\
 &= 0.0293 \times 100\% \\
 &= 2.93\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = Setpoint (masukan)

PV = Preset value (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 0° up (6° menuju 0°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 0° up (6° menuju 0°) ditunjukkan dalam Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Hasil Respon dengan *Setpoint* sudut 0° up (6° menuju 0°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 0° up (6° menuju 0°) adalah :

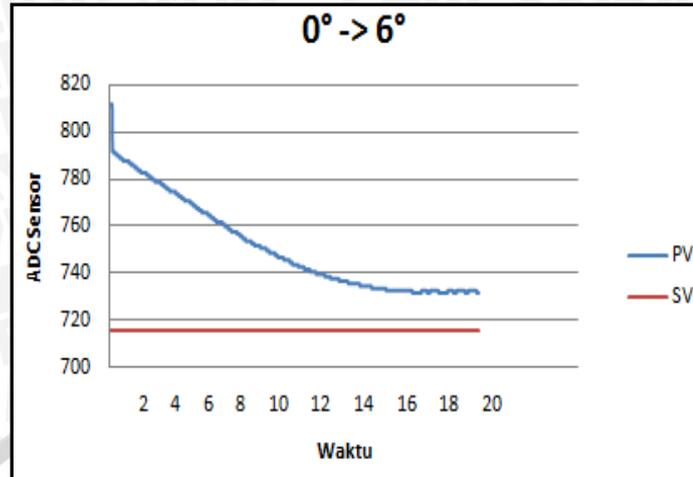
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|789 - 812|}{812} \times 100\% \\
 &= 0.02832 \times 100\% \\
 &= 2.832\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = Setpoint (masukan)

PV = Preset value (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 6° down (0° menuju 6°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 6° down (0° menuju 6°) ditunjukkan dalam Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Hasil Respon dengan *Setpoint* sudut 6° down (0° menuju 6°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 6° down (0° menuju 6°) adalah :

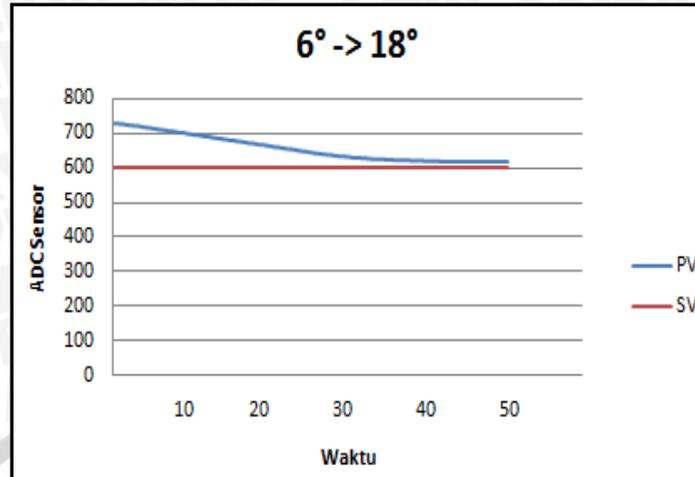
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|738 - 716|}{716} \times 100\% \\
 &= 0.0307 \times 100\% \\
 &= 3.07\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = Setpoint (masukan)

PV = Preset value (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 18° down (6° menuju 18°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 18° down (6° menuju 18°) ditunjukkan dalam Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Hasil Respon dengan *Setpoint* sudut 18° down (6° menuju 18°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 18° down (6° menuju 18°) adalah :

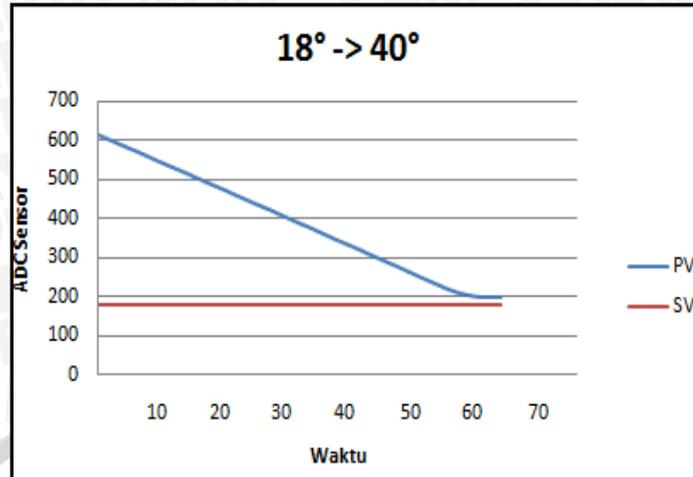
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|618 - 600|}{600} \times 100\% \\
 &= 0.03 \times 100\% \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = Setpoint (masukan)

PV = Preset value (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* sudut 40° down (18° menuju 40°)

Grafik respon dengan *setpoint* sudut 40° down (18° menuju 40°) ditunjukkan dalam Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Hasil Respon dengan *Setpoint* sudut 40° down (18° menuju 40°)

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun dengan pembacaan sensor potensiometer linier yang tidak sesuai dengan jarak sebenarnya, maka *error* pada *setpoint* sudut 40° down (18° menuju 40°) adalah :

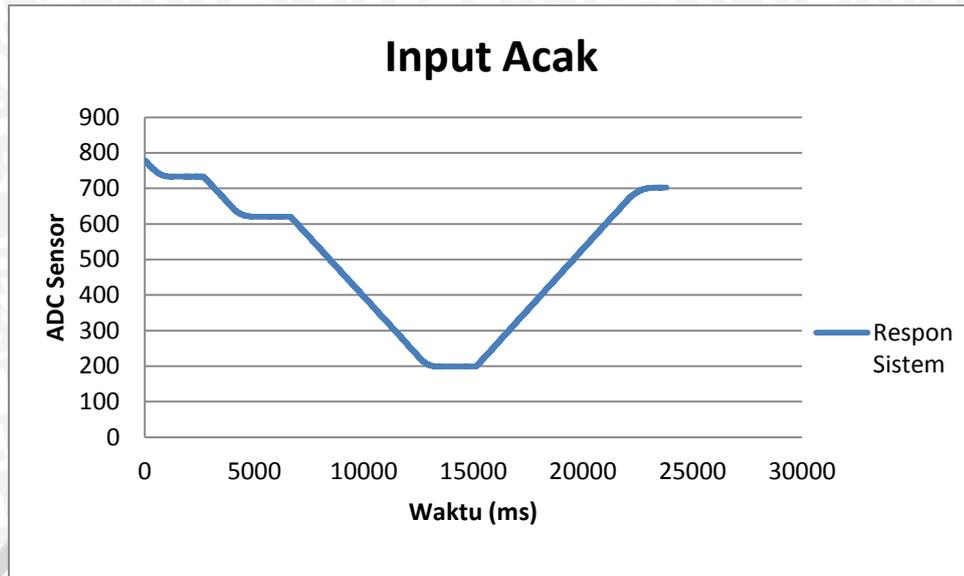
$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|197 - 180|}{180} \times 100\% \\
 &= 0.0944 \times 100\% \\
 &= 9.44\%
 \end{aligned}$$

Keterangan: SP = *Setpoint* (masukan)

PV = *Preset value* (keluaran sensor)

- Pengujian dengan *Setpoint* Acak (0° - 6° - 18° - 40° - 6°)

Grafik respon dengan *setpoint* Acak (0° - 6° - 18° - 40° - 6°) ditunjukkan dalam Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Hasil Respon dengan Setpoint Acak (0° - 6° - 18° - 40° - 6°)

Dari seluruh pengujian keseluruhan sistem di atas, dapat dibuat tabel hasilnya di bawah ini.

Tabel 5.5 Hasil 4 pengujian

| No. | Setpoint | Settling time (ts) | Error |
|-----|----------|--------------------|--------|
| 1. | 0° | 108.6 detik | 2.832% |
| 2. | 6° | 15.93 detik | 2.93% |
| 3. | 18° | 47.85 detik | 3% |
| 4. | 40° | 108.6 detik | 9.44% |

Berdasarkan tabel di atas, error rata-rata sebesar 4.55%. Dikarenakan error-nya di bawah 5% maka termasuk dalam toleransi error steady state (ess).