BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat dan pembahasannya. Adapun pengujian yang dilakukan untuk menguji alat ini adalah sebagai berikut:

4.1 Pengujian Jari

Pengujian ini akan menguji apakah gerak replika jari persis meniru gerak sarung tangan yang dipasangi sensor gerak (sensor *flex*).

4.1.1 Ibu Jari

- Data hasil kalibrasi pada tabel 3.4

  Nilai ADC untuk Jari Membuka:

  $$= \frac{(ADC\ max - ADC\ min)}{1.25} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(636-498)}{1.25} + 44 = 154$$

  Nilai ADC untuk Jari Mengepal:

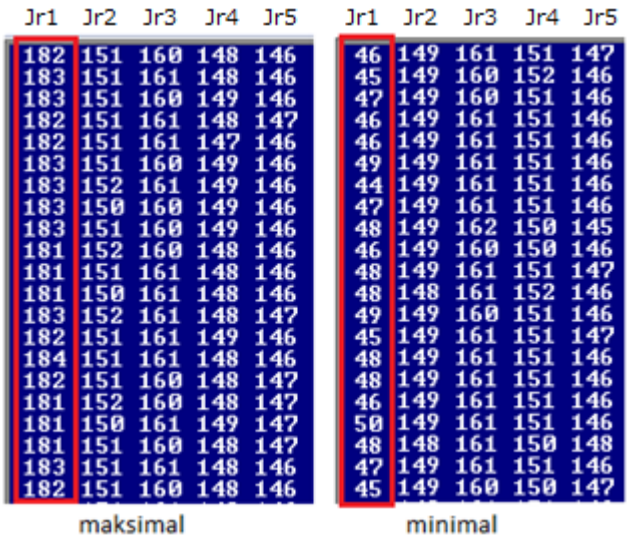
  $$= \frac{(ADC\ min - ADC\ min)}{1.25} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(498-498)}{1.25} + 44 = 44$$



Gambar 4.1. Percobaan Tekuk Ibu Jari

Gambar di atas menunjukkan ibu jari yang ditekuk pada sarung tangan akan diikuti oleh ibu jari pada replika. Nilai ADC maksimal dari sensor *flex* yang dibaca mikrokontroler yaitu antara 181 – 184, sedangkan untuk nilai ADC minimumnya yaitu antara 45 – 50. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2. Nilai ADC Sensor Flex Ibu Jari

4.1.1 Jari Telunjuk

- Data hasil kalibrasi pada tabel 3.4

  Nilai ADC untuk Jari Membuka:

  $$= \frac{(ADC\ max - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(625-445)}{1.75} + 44 = 146$$

  Nilai ADC untuk Jari Mengepal:

  $$= \frac{(ADC\ min - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(445-445)}{1.75} + 44 = 44$$



Gambar 4.3. Percobaan Tekuk Jari Telunjuk

Gambar di atas menunjukkan jari Telunjuk yang ditekuk pada sarung tangan akan diikuti oleh jari pada replika. Nilai ADC maksimal dari sensor *flex* yang dibaca mikrokontroler yaitu antara 150 – 152. Untuk nilai ADC minimumnya yaitu antara 44 – 47. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Jr1	Jr2	Jr3	Jr4	Jr5
182	151	160	148	146
183	151	161	148	146
183	151	160	149	146
182	151	161	148	147
182	151	161	147	146
183	151	160	149	146
183	152	161	149	146
183	150	160	149	146
183	151	160	149	146
181	152	160	148	146
181	151	161	148	146
181	150	161	148	146
183	152	161	148	147
182	151	161	149	146
184	151	161	148	146
182	151	160	148	147
181	152	160	148	147
181	150	161	149	147
181	151	160	148	147
183	151	161	148	146
182	151	160	148	146

maksimal

Jr1	Jr2	Jr3	Jr4	Jr5
175	46	91	102	124
177	45	92	103	124
175	46	91	102	124
175	47	94	103	123
177	46	91	102	123
179	46	91	102	123
176	46	92	101	124
177	46	91	103	124
177	45	91	102	124
177	44	91	102	124
177	46	91	101	124
174	46	93	102	124
176	46	91	102	124
176	47	91	102	124
178	46	92	102	124
176	46	92	102	124
179	47	91	103	123
175	46	91	103	124
177	46	92	102	124
175	47	92	102	124
175	47	92	102	125

minimal

Gambar 4.4. Nilai ADC Sensor Flex Jari Telunjuk

4.1.2 Jari Tengah

- Data hasil kalibrasi pada tabel 3.4

  Nilai ADC untuk Jari Membuka:

  $= \frac{(ADC\ max - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$

  $\frac{(622-419)}{1.75} + 44 = 160$

Nilai ADC untuk Jari Mengepal:

$$= \frac{(ADC\ min - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

$$\frac{(419-419)}{1.75} + 44 = 44$$



Gambar 4.5. Percobaan Tekuk Jari Tengah

Gambar di atas menunjukkan jari Tengah yang ditekuk pada sarung tangan akan diikuti oleh jari pada replika. Nilai ADC maksimal dari sensor *flex* yang dibaca mikrokontroler yaitu antara 160 – 161, sedangkan untuk nilai ADC minimumnya yaitu antara 48 – 51. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Jr1	Jr2	Jr3	Jr4	Jr5
182	151	160	148	146
183	151	161	148	146
183	151	160	149	146
182	151	161	148	147
182	151	161	147	146
183	151	160	149	146
183	152	161	149	146
183	150	160	149	146
183	151	160	149	146
181	152	160	148	146
181	151	161	148	146
181	150	161	148	146
183	152	161	148	147
182	151	161	149	146
184	151	161	148	146
182	151	160	148	147
181	152	160	148	147
181	150	161	149	147
181	151	160	148	147
183	151	161	148	146
182	151	160	148	146

maksimal

Jr1	Jr2	Jr3	Jr4	Jr5
176	133	49	122	138
176	133	49	122	136
175	134	49	122	137
174	134	48	122	137
174	133	50	122	136
176	134	49	122	138
175	134	48	122	137
176	133	49	122	137
175	134	49	122	137
176	133	50	121	137
176	133	48	122	137
174	133	49	122	137
175	134	50	122	137
177	134	49	122	137
174	133	50	122	136
174	134	50	122	137
177	134	51	121	137
176	134	50	121	137
177	133	52	122	137
176	134	51	123	137
178	134	49	122	137

minimal

Gambar 4.6. Nilai ADC Sensor Flex Jari Tengah

4.1.3 Jari Manis

- Data hasil kalibrasi pada tabel 3.4

  Nilai ADC untuk Jari Membuka:

  $$= \frac{(ADC\ max - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(643-452)}{1.75} + 44 = 153$$

  Nilai ADC untuk Jari Mengepal:

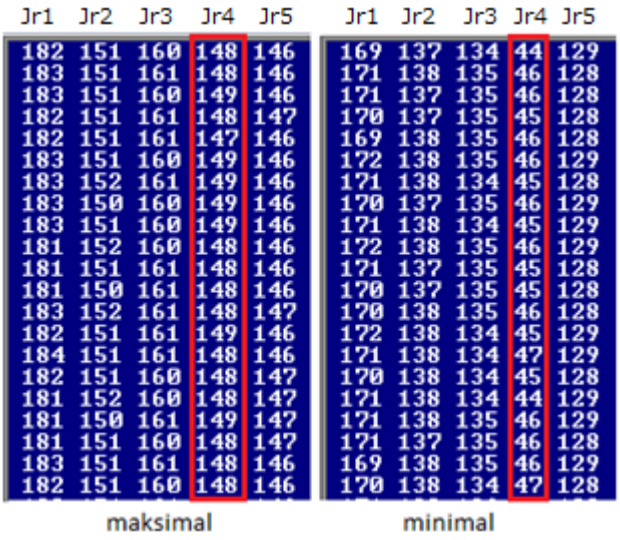
  $$= \frac{(ADC\ min - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(452-452)}{1.75} + 44 = 44$$



Gambar 4.7. Percobaan Tekuk Jari Manis

Gambar di atas menunjukkan jari Manis yang ditekuk pada sarung tangan akan diikuti oleh jari pada replika. Nilai ADC maksimal dari sensor *flex* yang dibaca mikrokontroler yaitu antara 148 – 149, sedangkan untuk nilai ADC minimumnya yaitu antara 44 – 47. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8. Nilai ADC Sensor Flex Jari Manis

4.1.4 Jari Kelingking

- Data hasil kalibrasi pada tabel 3.4

  Nilai ADC untuk Jari Membuka:

  $$= \frac{(ADC\ max - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(659-453)}{1.75} + 44 = 161$$

  Nilai ADC untuk Jari Mengepal:

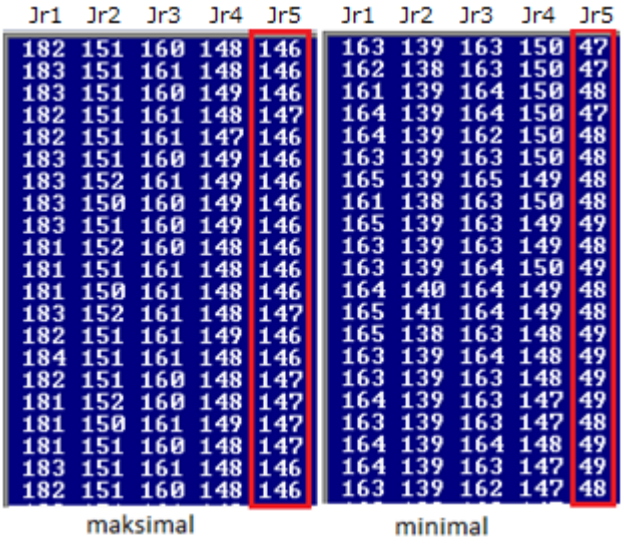
  $$= \frac{(ADC\ min - ADC\ min)}{1.75} + pulseout\ servo\ min$$

  $$\frac{(453-453)}{1.75} + 44 = 44$$



Gambar 4.9. Percobaan Tekuk Jari Kelingking

Gambar di atas menunjukkan jari kelingking yang ditekuk pada sarung tangan akan diikuti oleh jari pada replika. Nilai ADC maksimal dari sensor *flex* yang dibaca mikrokontroler yaitu antara 146 – 147, sedangkan untuk nilai ADC minimumnya yaitu antara 47 – 49. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.10. Nilai ADC Sensor Flex Jari Kelingking

Tabel 4.1. Selisih Nilai ADC Pengujian dengan Kalibrasi

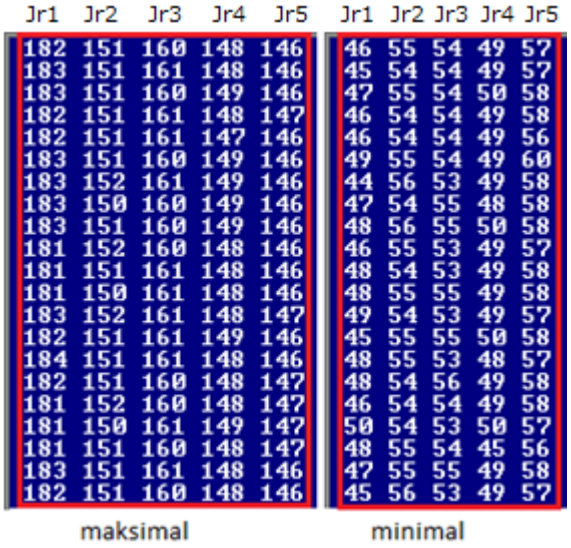
		Hasil Pengujian	Hasil Kalibrasi	Selisih
Telapak Membuka	Sensor Ibu Jari	183	154	29
	Sensor Jari Telunjuk	152	146	6
	Sensor Jari Tengah	161	160	1
	Sensor Jari Manis	149	153	4
	Sensor Jari Kelingking	147	161	14
Telapak Mengepal	Sensor Ibu Jari	47	44	3
	Sensor Jari Telunjuk	44	44	0
	Sensor Jari Tengah	48	44	4
	Sensor Jari Manis	44	44	0
	Sensor Jari Kelingking	47	44	3

4.1.5 Jari Mengepal



Gambar 4.11. Percobaan Mengepal

Gambar di atas menunjukkan seluruh jari yang mengepal pada sarung tangan akan diikuti oleh seluruh jari pada replika. Namun tingkat kepalan pada replika hanya terbatas dan tidak mengepal penuh seperti kepalan sarung tangan. Ketika semua jari sarung tangan mengepal maka semua sensor *flex* memberikan *output* sinyal rendah, keterangan dapat lihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.12. Nilai ADC Sensor Flex Semua Jari

Kepalan tangan rangka replika tangan ternyata tidak sempurna seperti kepalan tangan dari sarung tangan pengontrol, sehingga replika tangan tidak bisa menggenggam atau mencengkram benda, ini dikarenakan bentuk dari replika

tangan sendiri yang tidak memungkinkan untuk menggenggam benda karena alat tersebut membeli yang sudah jadi.

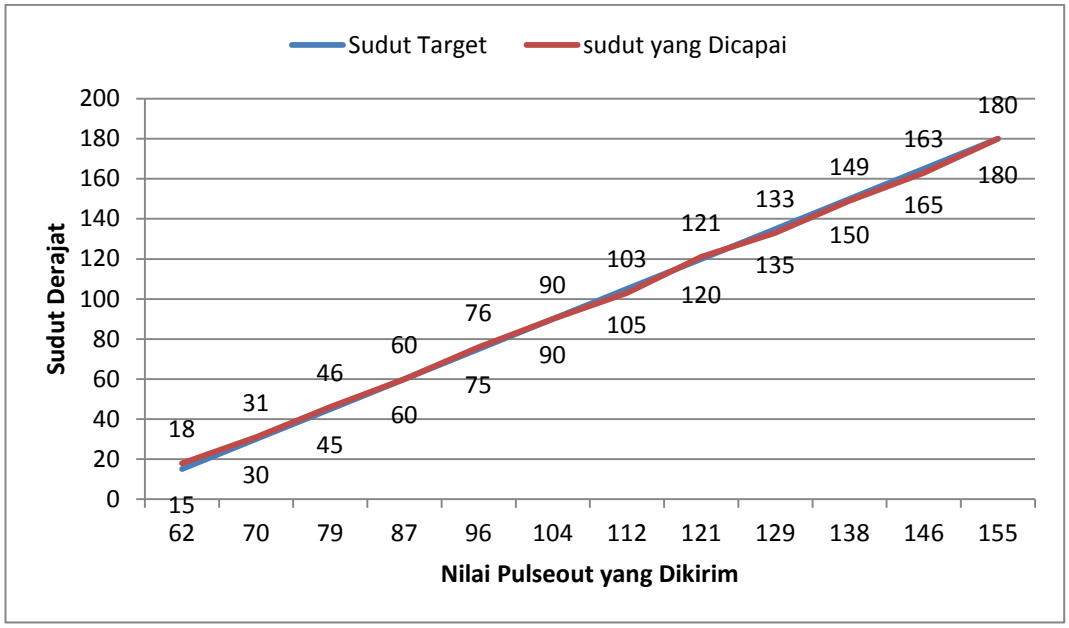
4.2 Pengujian Persendian1 Motor Servo

Pengujian persendian1 yaitu pengujian alat pada bagian titik poros dengan penggerak motor servo torsi ±3.5 kg/cm dengan pergerakan sudut searah sumbu X. Maksimal sudut yang dibentuk adalah 180^0 sedangkan minimal sudut yang dibentuk adalah 0^0. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian persendian1:

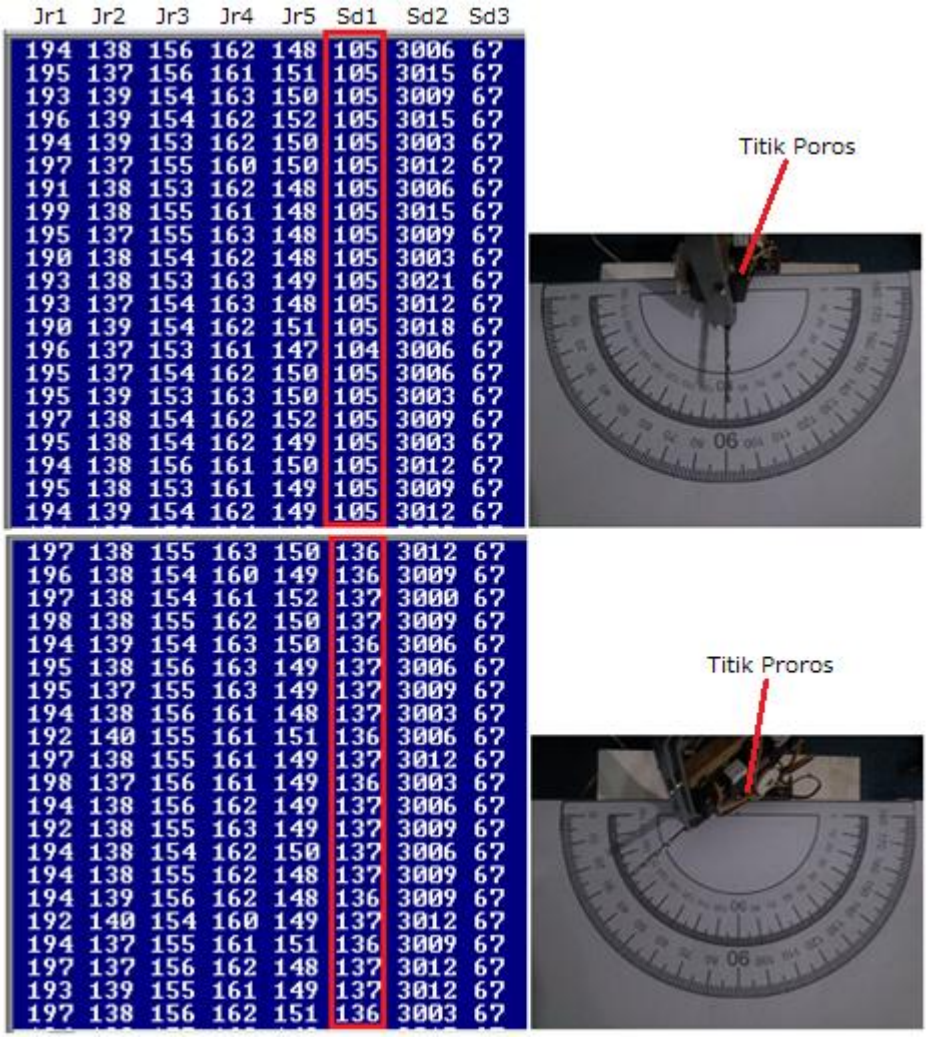
Tabel 4.2. Hasil Percobaan Sudut Persendian1

No.	Nilai yang dikirim	Target Sudut	Sudut yang dicapai	Deviasi Sudut	% Deviasi
1	62	15^0	18^0	3^0	20%
2	70	30^0	31^0	1^0	3.33%
3	79	45^0	46^0	1^0	2.22%
4	87	60^0	60^0	0^0	0%
5	96	75^0	76^0	1^0	1.33%
6	104	90^0	90^0	0^0	0%
7	112	105^0	103^0	2^0	1.9%
8	121	120^0	121^0	1^0	0.83%
9	129	135^0	133^0	2^0	1.48%
10	138	150^0	149^0	1^0	0.66%
11	146	165^0	163^0	2^0	1.21%
12	155	180^0	180^0	0^0	0%

Tabel Hasil pengujian Persendian1 di atas menunjukkan bahwa pergerakan persensian1 disetiap sudut terdapat selisih dengan target sudut yang seharusnya yaitu pada tabel 3.10, dimana persentase deviasi tiap-tiap sudut bervariasi. Berikut adalah grafik Hasil Pengujian Persendian1:



Gambar 4.13. Grafik Hasil Percobaan Sudut Persendian1



Gambar 4.14. Contoh Pengambilan Data Persendian1

Dari data hasil percobaan di atas titik poros persendian1 sebagian besar telah bergerak sesuai dengan pergerakan sudut yang ditargetkan. Namun terlihat bahwa terdapat beberapa nilai yang kurang presisi rentang nilai yang dikirimkan oleh potensiometer. Hal ini dikarenakan data sinyal yang dikirim potensiometer cenderung sulit untuk ditentukan karena rentan tuas potensiometer yang terbatas harus merepresentasikan sudut 0^0 sampai 180^0, sehingga terdapat kesulitan dalam menentukan tingkat kepresisian sudut yang sangat tepat. Perhitungan tingkat deviasi adalah sebagai berikut:

$$\%deviasi = \frac{[target - pengukuran]}{target} \times 100\%$$

$$\%deviasi = \frac{[15-18]}{15} \times 100\% = 20\%$$

$$\%deviasi = \frac{[30-31]}{30} \times 100\% = 3.33\%$$

$$\%deviasi = \frac{[45-46]}{45} \times 100\% = 2.22\%$$

$$\%deviasi = \frac{[75-76]}{75} \times 100\% = 1.33\%$$

$$\%deviasi = \frac{[105-103]}{105} \times 100\% = 1.9\%$$

$$\%deviasi = \frac{[120-121]}{120} \times 100\% = 0.83\%$$

$$\%deviasi = \frac{[135-133]}{135} \times 100\% = 1.48\%$$

$$\%deviasi = \frac{[150-149]}{150} \times 100\% = 0.66\%$$

$$\%deviasi = \frac{[165-163]}{165} \times 100\% = 1.21\%$$

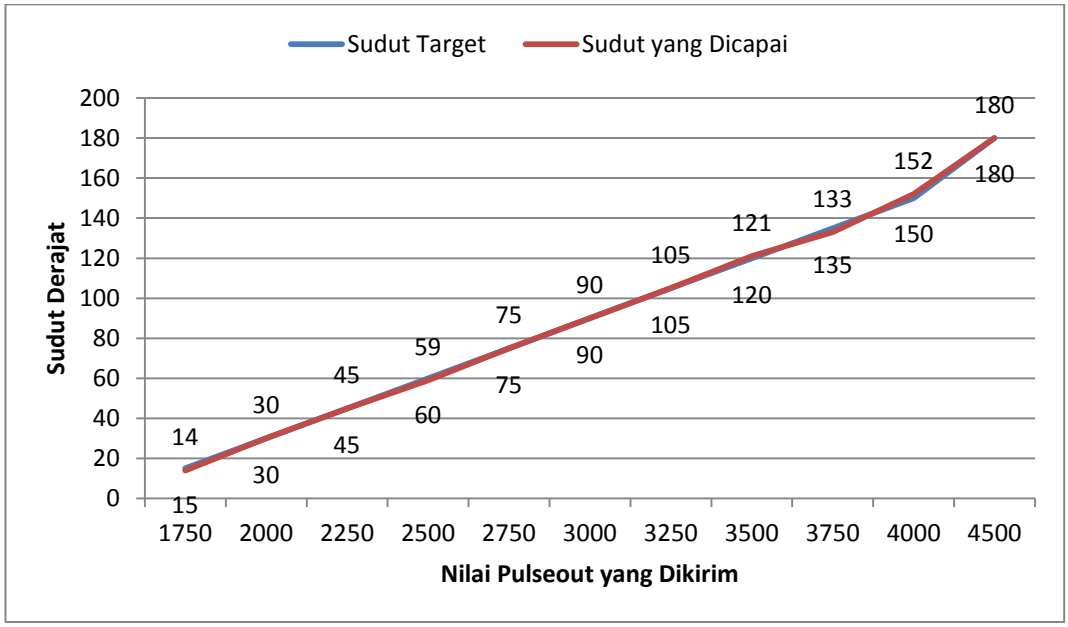
4.3 Pengujian persendian2 Motor Servo

Pengujian persendian2 yaitu pengujian alat pada bagian titik poros dengan penggerak motor servo torsi 14 – 17 kg/cm dengan pergerakan sudut searah sumbu Y. Maksimal sudut yang dibentuk adalah 180^0 sedangkan minimal sudut yang dibentuk adalah 0^0. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian persendian2:

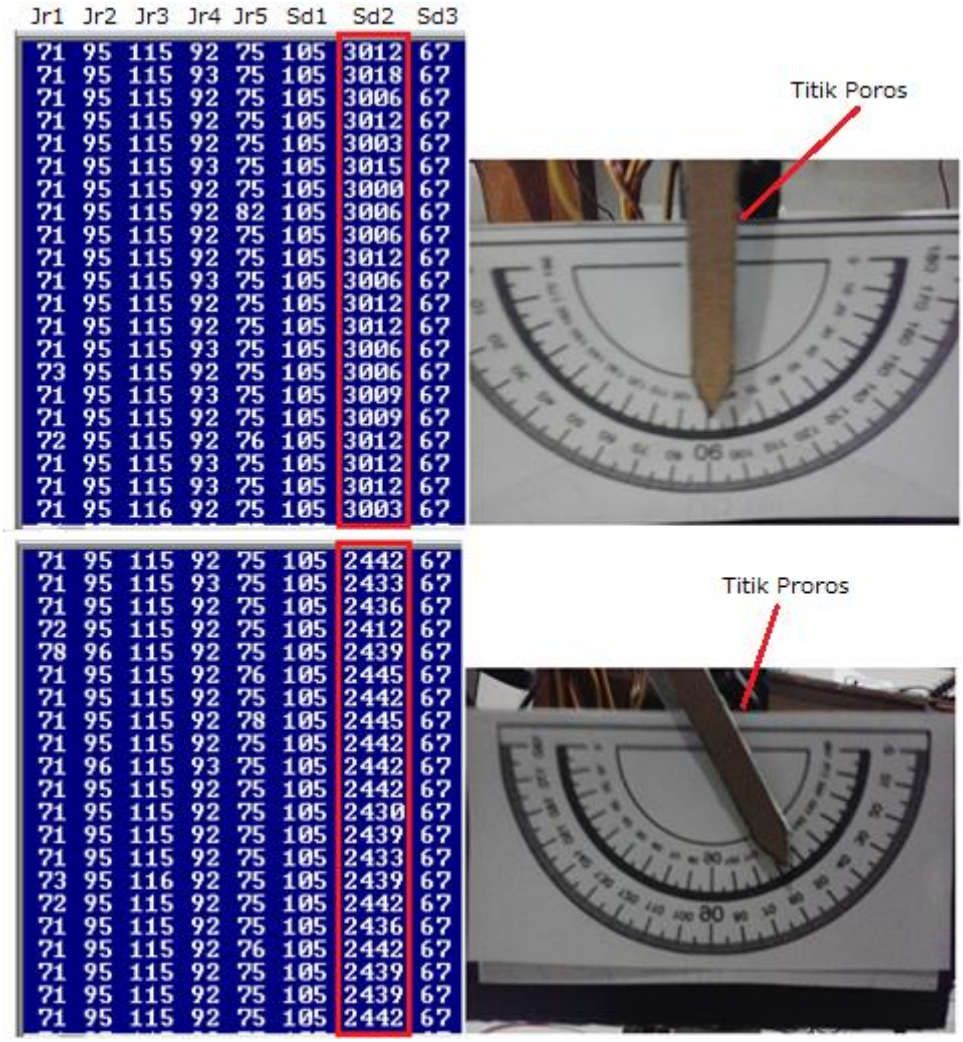
Tabel 4.3. Hasil Percobaan Sudut Persendian2

No.	Rentang nilai yang dikirim	Target Sudut	Sudut yang dicapai	Deviasi Sudut	% Deviasi
1	1750	15^0	14^0	1^0	6.66%
2	2000	30^0	30^0	0^0	0%
3	2250	45^0	45^0	0^0	0%
4	2500	60^0	59^0	1^0	1.66%
5	2750	75^0	75^0	0^0	0%
6	3000	90^0	90^0	0^0	0%
7	3250	105^0	105^0	0^0	0%
8	3500	120^0	121^0	1^0	0.83%
9	3750	135^0	133^0	2^0	1.48%
10	4000	150^0	152^0	2^0	1.33%
11	4500	165^0	180^0	0^0	0%

Tabel Hasil pengujian Persendian2 di atas menunjukkan bahwa pergerakan persensian2 disetiap sudut terdapat selisih dengan target sudut yang seharusnya yaitu pada tabel 3.11, dimana persentase deviasi tiap-tiap sudut bervariasi. Berikut adalah grafik Hasil Pengujian Persendian2:



Gambar 4.15. Grafik Hasil Percobaan Sudut Persendian2



Gambar 4.16. Contoh Pengambilan Data Persendian2

Dari hasil percobaan di atas, titik poros persendian2 sebagian besar telah bergerak sesuai dengan target pergerakan sudut yang diharapkan. Namun terlihat bahwa data yang dikirim dari potensiometer cenderung bergerak tidak konstan, terdapat rentang nilai yang dikirimkan potensiometer untuk mencapai setiap sudut yang diinginkan. tingkat deviasi pada setiap sudut pun berbeda, namun ada juga beberapa sudut yang akurat sesuai dengan target pencapaiannya. Hal ini dikarenakan rentang antara maksimal dan minimal tuas potensiometer yang kecil sehingga untuk merepresentasikan rentang data nilai ADC sangat sulit untuk mencapai tingkat presisi yang tinggi. Perhitungan deviasi adalah sebagai berikut:

$$\%deviasi = \frac{target - tercapai}{target} \times 100\%$$

$$\%deviasi = \frac{[15-14]}{15} \times 100\% = 6.66\%$$

$$\%deviasi = \frac{[60-59]}{60} \times 100\% = 1.66\%$$

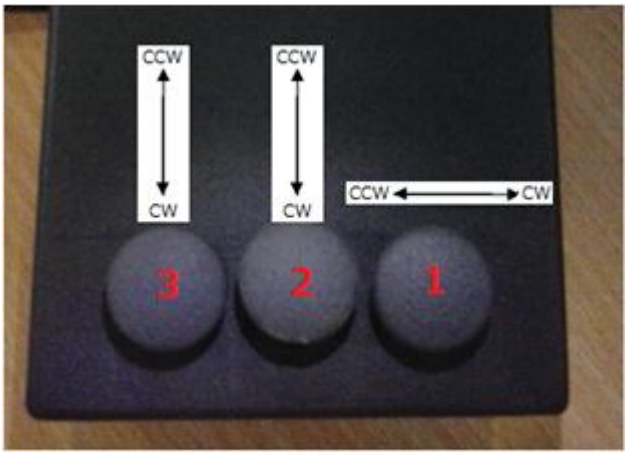
$$\%deviasi = \frac{[120-121]}{120} \times 100\% = 0.83\%$$

$$\%deviasi = \frac{[135-133]}{135} \times 100\% = 1.48\%$$

$$\%deviasi = \frac{[150-152]}{150} \times 100\% = 1.33\%$$

4.4 Pengujian Persendian3 Motor DC

Pengujian bagian persendian3 yaitu titik poros dengan penggerak motor DC. Pengujian pergerakan persendian ini tidak berdasarkan pada sudut, ini dikarenakan pergerakannya dilakukan secara kontrol *on/off*. Terdapat tiga kondisi pergerakan motor DC ini, yaitu bergerak maju (*CW*), mundur (*CCW*) dan berhenti (*stop*). Dibawah ini adalah gambar keterangan arah kendali persendian:



Gambar 4.17. Keterangan Arah Kendali Persendian

Tabel 4.4. Hasil Percobaan Gerak Persendian3

No.	Nilai ADC	Gerak Motor DC
1	0	*CCW*
2	484	*CCW*
3	489	*CCW*
4	490	*Stop*
5	503	*Stop*
6	566	*CW*
7	1023	*CW*



Gambar 4.18. Contoh Pengambilan Data Persendian3(CW)



Gambar 4.19. Contoh Pengambilan Data Persendian3 (CCW)

Dari data hasil pengujian di atas, pergerakan persendian3 motor DC ini sesuai dengan data yang dikirim dari potensiometer pengontrol. ketiga kondisi pergerakan motor DC berhasil dilakukan.