

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan dan pembuat alat telah di bahas di bab sebelumnya, maka tahapan selanjutnya membahas mengenai hasil penelitian untuk mengetahui seperti apa hasil yang didapatkan sehingga dapat dilakukan analisa mengenai percobaan tersebut.

4.1. Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan membuat *source code* dan dieksekusi untuk melihat hasil tampilan pada LCD. Hasil tampilan ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Output Hasil Pengujian LCD

Dengan mengunggah program yang telah dibuat, maka LCD akan menampilkan karakter seperti yang dituliskan pada program dan ditampilkan pada LCD sesuai yang ditunjukkan pada gambar 4.1 yaitu “AzEl Controller” pada baris pertama, “Ver 1.0” pada baris kedua, “Teknik Elektro” pada baris ketiga dan “ 2019” pada baris keempat. Berdasarkan hasil tampilan LCD diatas, dapat dipastikan LCD dapat bekerja sesuai dengan program yang telah dieksekusi oleh arduino.

4.2. Pengujian Joystick

Pengujian dilakukan untuk mengetahui posisi *joystick*, dimana posisi horizontal dan posisi vertikal. Hasil pengujian joystick dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Joystick pada Tampilan LCD

Posisi <i>Joystick</i>	Tampilan LCD
Tidak Digerakan /Posisi Tengah	
Posisi Kiri	
Posisi Kanan	
Posisi Naik	
Posisi Turun	

Berdasarkan hasil pengujian yang telah ditunjukkan pada tabel 4.1. Untuk mengetahui kontrol posisi *joystick* dilakukan pengecekan dengan input analog untuk mengetahui pengecekan axis x dan axis y. Input analog berkisar antara 0 hingga 1023, oleh karena itu nilai yang ditampilkan pada tabel menunjukkan nilai

sesuai dengan rentang tersebut. Hasil tersebut menunjukkan indikasi arah x dan y selain itu memberikan indikasi bagaimana output akan merespon ketika *joystick* di dorong ke berbagai arah. Ketika *joystick* pada posisi tengah, nilai ADC yang ditampilkan yaitu $v_x = 503$ dan $v_y = 520$, kemudian ketika *joystick* digerakan ke arah horizontal yaitu ke kiri nilai ADC yang ditampilkan $v_x = 504$ dan $v_y = 1023$, dan saat digerakan ke kanan nilai ADC menunjukkan $v_x = 503$ dan $v_y = 0$. Pada saat *joystick* digerakan ke arah vertikal yaitu naik, nilai yang ditampilkan $v_x = 0$ dan $v_y = 520$ sedangkan ke arah bawah $v_x = 1023$ dan $v_y = 520$. Nilai yang ditampilkan pada LCD sedikit berbeda dengan nilai ADC yang biasa ditampilkan. Seharusnya ketika *joystick* dalam posisi ditengan nilai ADC yang dihasilkan 512 karena nilai max ADC yaitu $1023/2$ menghasilkan nilai tersebut. Begitu saat kondisi *joystick* digerakan ke berbagai arah, terdapat sedikit perbedaan namun, hal tersebut tidak mengurangi kinerja *joystick*. Joystick masih dalam keadaan baik.

4.3. Pengujian Motor AC Antena

4.3.1. Pengujian Rotator (Azimut)

Pada pengujian ini dilakukan percobaan arah putaran motor (azimut). Pada pengujian ini pin yang mengatur putaran motor yaitu pin 2 dan pin 3 dengan diberikan input HIGH dan LOW. Berikut adalah tabel percobaan motor (azimut).

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Motor (Azimut)

Port		Arah Putaran	Waktu (s)	Sudut Putaran
Pin 2 = HIGH	Pin 3 = LOW	CCW	1 Menit 6 Detik	360°
Pin 2 = LOW	Pin 3 = HIGH	CW	1 Menit 5 Detik	360°
Pin 2 = LOW	Pin 3 = LOW	OFF	-	-

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa ketika pin 2 diberikan logika HIGH (bertegangan) dan pin 3 diberi logika LOW (tidak bertegangan) motor bergerak ke arah CCW (berlawanan arah jarum jam) dan ketika motor bergerak, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh sudut 360° adalah 1 menit 6 detik. Sebaliknya, ketika

pin 2 diberi logika LOW dan pin 3 diberi logika HIGH maka motor akan bergerak CW (searah jarum jam) dan ketika motor bergerak ke kanan, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh sudut 360° hampir sama dengan waktu tempuh ketika motor bergerak ke kiri yaitu 1 menit 5 detik. Namun ketika kedua pin diberi logika LOW maka motor akan diam. Dari data tersebut, dapat dikatakan bahwa motor dapat berfungsi sebagai penggerak antena dalam keadaan horizontal.

4.3.2. Pengujian Aktuator (Elevasi)

Pada pengujian ini dilakukan percobaan arah putaran motor (elevasi). Pada pengujian ini pin yang mengatur putaran motor yaitu pin 4 dan pin 5 dengan diberikan input HIGH dan LOW. Berikut adalah tabel percobaan motor (elevasi).

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Motor (Elevasi)

Port		Arah Putaran	Waktu (s)	Sudut Putaran
Pin 4 = HIGH	Pin 5 = LOW	↑ (Naik)	50 Detik	360°
Pin 4 = LOW	Pin 5 = HIGH	↓ (Turun)	53 Detik	360°
Pin 4 = LOW	Pin 5 = LOW	OFF	-	-

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa ketika pin 4 diberikan logika HIGH (bertegangan) dan pin 5 diberi logika LOW (tidak bertegangan) motor bergerak ke arah naik dan ketika motor bergerak naik, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh sudut 360° adalah 50 detik. Sebaliknya, ketika pin 4 diberi logika LOW dan pin 5 diberi logika HIGH maka motor akan bergerak kebawah dan ketika motor bergerak turun, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh sudut 360° hampir sama dengan waktu tempuh ketika motor bergerak ke naik yaitu 53 detik. Namun ketika kedua pin diberi logika LOW maka motor akan diam. Dari data tersebut, dapat dikatakan bahwa motor dapat digunakan sebagai penggerak antena pada posisi vertikal.

4.4. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem disini adalah pengujian yang dilakukan terhadap penggerak antena. Pengujian ini dilakukan dengan 2 tahap pengujian yaitu pengujian motor pada posisi horizontal dan pengujian motor pada posisi vertikal. Posisi horizontal sendiri merupakan implementasi dari sudut azimuth sedangkan vertikal merupakan implementasi dari sudut elevasi. Pengujian dilakukan dengan menguji beberapa parameter seperti pengujian motor (azimut) dengan sensor kompas, pengujian motor (elevasi) dengan sensor rotari enkorder/ sensor sudut, dan yang terakhir pengujian keakurasian pergerakan antena. Berikut pengujian yang dilakukan terhadap keseluruhan sistem.

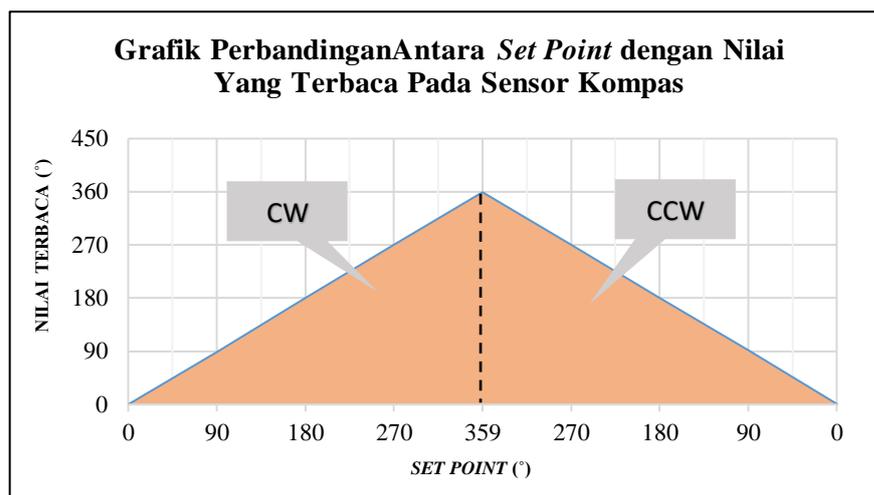
4.4.1. Pengujian Rotator/Motor (Azimut) dengan Sensor Kompas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon motor terhadap program, selain itu untuk mengetahui perbandingan nilai sudut dengan pembacaan sensor kompas yang terdapat pada antena penjejak. Pada rotator, sudut yang dapat dibentuk dari 0° hingga 360° . Pengujian ini dilakukan dengan menentukan *set point*, kemudian program akan memerintahkan motor bergerak dan berhenti pada sudut tersebut. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali, agar diperoleh hasil yang lebih akurat. Selain melihat *error* dari pencapaian sudut tempuh motor terhadap *set point*, dapat dilihat juga waktu tempuh rotator dalam mencapai sudut tersebut. Berikut adalah tabel pengujian rotator dengan sensor kompas.

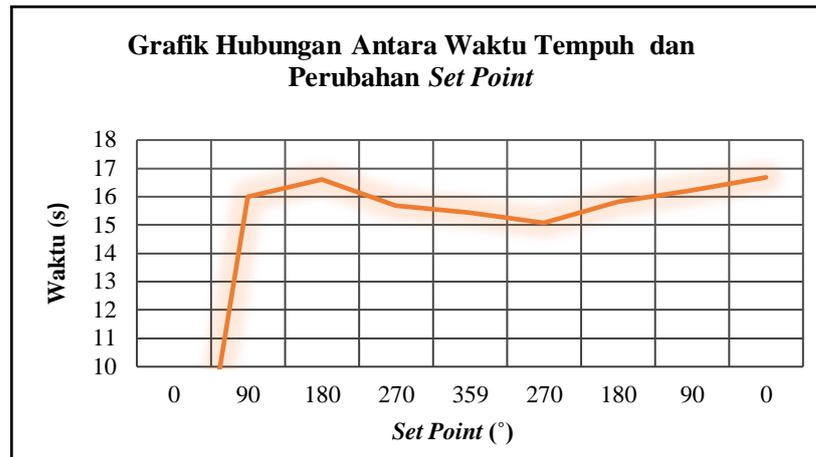
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Rotator dengan Sensor Kompas

No	Set Point (°)	Nilai Sudut (°)	Selisih (°)	Waktu (s)	Error	Kecepatan Sudut (rad/s)
1	90	89	1	16,00	1%	5,54
2	180	180	0	16,61	0%	5,50
3	270	271	1	15,68	0%	5,78
4	359	359	0	15,43	0%	5,75
5	270	270	0	15,09	0%	5,92
6	180	180	0	15,83	0%	5,67
7	90	92	2	16,22	2%	5,47
8	0	1	1	16,68	1%	5,41
Rata-rata Nilai				15,94	0%	5,63

Dari data diatas dapat juga disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan antara *set point* dengan nilai sudut yang terbaca dari sensor ditunjukkan pada Gambar 4.2 di bawah ini :



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Antara *Set Point* dengan Nilai yang Baca Sensor Kompas Pada Rotator



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Waktu Tempuh dan Perubahan *Set Point* Pada Rotator

Dapat dilihat dari Gambar 4.2, grafik berupa segitiga yang berarti nilai yang terbaca oleh sensor pada saat pencapaian pergerakan motor dengan sudut putar dari 0° - 360° dan 360° - 0° menghasilkan nilai *output* yang sama dengan *set point*. Selain itu dari data diatas nilai pencapaian pergerakan motor per 90° dilihat dari Gambar 4.3 grafik menghasilkan waktu yang konstan, rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap penambahan sudut 90° adalah 15,94 detik. Kecepatan angular setiap sudut juga dapat diketahui dengan menggunakan rumus $\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$. Setiap kenaikan sudut juga berpengaruh terhadap perubahan kecepatan angular. Namun, karena setiap pertambahan sudut *set point* selalu konstan dengan nilai pertambahan sudut 90° maka nilai kecepatan angular yang dihasilkan juga konstan dengan rata-rata nilai yaitu 5,63 rad/s. Selain itu dari pengujian tersebut dapat diketahui *error* dengan perhitungan sebagai berikut :

- Nilai *error* 0° - 90°

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{90 - 89}{90} \right| \times 100\% \\ &= 1,11\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 90° - 180°

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{180-180}{180} \right| \times 100\%$$

$$= 0\%$$

- Nilai *error* 180° - 270°

$$Error = \left| \frac{Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ terbaca}{Nilai\ sebenarnya} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{270-271}{270} \right| \times 100\%$$

$$= 0,4\%$$

- Nilai *error* 270° - 359°

$$Error = \left| \frac{Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ terbaca}{Nilai\ sebenarnya} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{359-359}{359} \right| \times 100\%$$

$$= 0\%$$

- Nilai *error* 359° - 270°

$$Error = \left| \frac{Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ terbaca}{Nilai\ sebenarnya} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{270-270}{270} \right| \times 100\%$$

$$= 0\%$$

- Nilai *error* 270° - 180°

$$Error = \left| \frac{Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ terbaca}{Nilai\ sebenarnya} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{180-180}{180} \right| \times 100\%$$

$$= 0\%$$

- Nilai *error* 180° - 90°

$$Error = \left| \frac{Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ terbaca}{Nilai\ sebenarnya} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{90-92}{90} \right| \times 100\%$$

$$= 2\%$$

- Nilai *error* 90° - 0°

$$Error = \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{1-0}{1} \right| \times 100\%$$

$$= 1\%$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat persentase nilai *error* rata-rata pada rotator ini adalah 0%. Walaupun rata-rata nilai *error* secara keseluruhan dapat dikatakan baik, namun pada saat pencapaian sudut dari 180°-90° nilai *error* mencapai 2%. Hal tersebut dapat disebabkan motor tidak dapat membentuk sudut sesuai dengan *set point* yang ditentukan. Perbedaan nilai antara *set point* dengan nilai yang terbaca juga tidak melebihi nilai toleransi yang telah ditentukan yaitu berada < 5°.

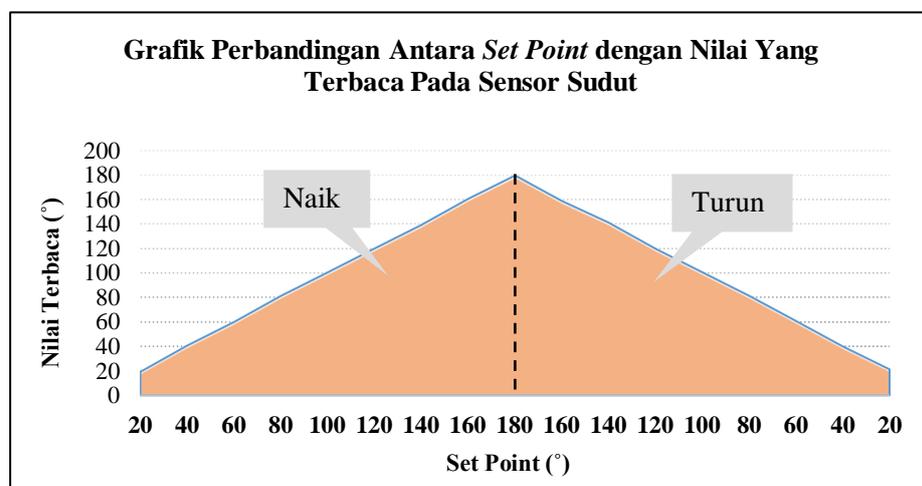
4.4.2. Pengujian Aktuator/Motor (Elevasi) dengan Sensor Sudut

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon motor terhadap program, selain itu untuk mengetahui perbandingan nilai sudut dengan pembacaan sensor sudut yang telah terpasang pada antena penjejak. Pada aktuator, sudut yang dapat dibentuk dari 0° hingga 180°. Pengujian ini dilakukan dengan menentukan *set point*, kemudian program akan memerintahkan motor bergerak dan berhenti pada sudut tersebut. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali perulangan per setiap pengukuran untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Selain melihat *error* dari pencapaian sudut tempuh motor terhadap *set point*, dapat dilihat juga waktu tempuh aktuator dalam mencapai sudut tersebut. Berikut adalah tabel pengujian aktuator dengan sensor sudut.

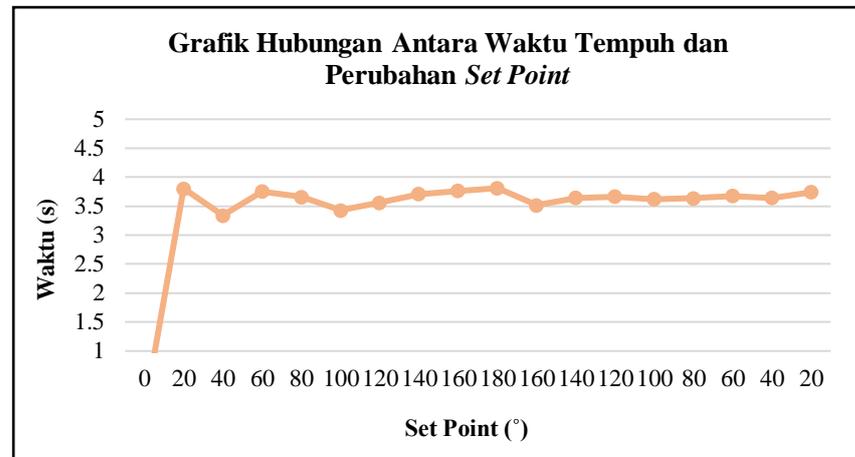
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Aktuator dengan Sensor Sudut

No	Set Point (°)	Sudut Terbaca (°)	Selisih (°)	Waktu (s)	Error	Kecepatan Sudut (rad/s)
1	20	19	1	3,80	5%	5,00
2	40	41	1	3,34	2%	6,67
3	60	60	0	3,75	0%	5,43
4	80	81	1	3,66	1%	6,06
5	100	100	0	3,43	0%	5,38
6	120	120	0	3,56	0%	5,29
7	140	139	1	3,71	0%	5,05
8	160	160	0	3,76	0%	5,24
9	180	180	0	3,81	0%	4,72
10	160	159	1	3,51	1%	5,90
11	140	141	1	3,64	1%	4,71
12	120	120	0	3,67	0%	5,77
13	100	100	0	3,62	0%	5,12
14	80	81	1	3,64	1%	5,02
15	60	61	1	3,68	2%	4,71
16	40	40	0	3,64	0%	5,88
17	20	21	1	3,74	5%	4,59
Rata-rata Nilai				3,64	1%	5,33

Dari data diatas dapat juga disajikan dalam bentuk grafik. Grafik perbandingan antara *set point* dengan nilai sudut yang terbaca dari sensor ditunjukkan pada Gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Antara *Set Point* dengan Nilai Baca Sensor Sudut Pada Aktuator



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Waktu Tempuh dan Perubahan *Set Point* Pada Aktuator

Dapat dilihat dari Gambar 4.4, grafik berupa segitiga yang berarti nilai yang terbaca oleh sensor pada saat pencapaian pergerakan motor dengan sudut putar dari 0° - 180° dan 180° - 0° menghasilkan nilai output yang sama dengan *set point*. Selain itu dapat dilihat dari Gambar 4.5 nilai pencapaian pergerakan motor per 20° dilihat dari grafik memiliki waktu yang konstan, rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap penambahan sudut 20° adalah 3,64 detik. Kecepatan anguler setiap sudut juga dapat diketahui dengan menggunakan rumus $\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$. Setiap kenaikan sudut juga berpengaruh terhadap perubahan kecepatan anguler. Namun, karena setiap pertambahan sudut *set point* selalu konstan yaitu dengan pertambahan sudut per 20° maka nilai kecepatan anguler yang dihasilkan juga konstan dengan rata-rata nilai yaitu 5,33 rad/s. Selain itu dari pengujian tersebut dapat diketahui *error* dengan perhitungan sebagai berikut :

- Nilai *error* 20°

$$\begin{aligned}
 Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{20 - 19}{20} \right| \times 100\% \\
 &= 5\%
 \end{aligned}$$

- Nilai *error* 40°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{40 - 41}{40} \right| \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 60°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{60 - 61}{60} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 80°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{80 - 81}{80} \right| \times 100\% \\ &= 1\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 100°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{100 - 100}{100} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 120°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{120 - 120}{120} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 140°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{140 - 139}{140} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 160°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{160 - 160}{160} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 180°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{180 - 180}{180} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 160°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{160 - 159}{160} \right| \times 100\% \\ &= 1\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 140°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{140 - 141}{140} \right| \times 100\% \\ &= 1\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 120°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{120 - 120}{120} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 100°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{100 - 100}{100} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 80°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{80 - 81}{80} \right| \times 100\% \\ &= 1\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 60°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{60 - 61}{60} \right| \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 40°

$$\begin{aligned} \backslash \quad Error &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{40 - 40}{40} \right| \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- Nilai *error* 20°

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \left| \frac{\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai terbaca}}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{20 - 21}{20} \right| \times 100\% \\ &= 5\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat persentase nilai *error* rata-rata pada rotator ini adalah 1%. Walaupun rata-rata nilai *error* secara keseluruhan dapat dikatakan baik, namun pada saat *set point* 20° nilai *error* mencapai 5%. Selisih antara *set point* dengan nilai yang terbaca masih terbilang kecil. Setelah pengujian 4.4.1 dan 4.4.2 dilakukan, diperoleh tingkat akurasi motor dalam mencapai *set point* yang ditentukan. Kedua nilai tersebut akan digunakan sebagai nilai koreksi pada data selanjutnya.