BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dijelaskan tentang proses pengujian dari sistem yang sudah dirancang sebelumnya. Dimana dalam pengujian yang akan dilakukan ini nantinya berupa pengukuran terhadap komponen dari setiap perangkat secara keseluruhan. Setelah melakukan proses pengujian komponen, berikutnya menganalisis setiap hasil pengamatan dan pengukuran. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan agar dapat mengetahui dan memastikan bahwa sistem yang selesai dirancang dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan.

4.1. Pengujian dan Analisis Komponen Masukan

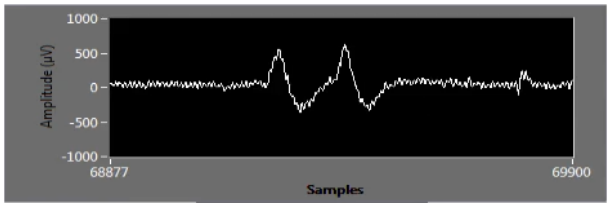
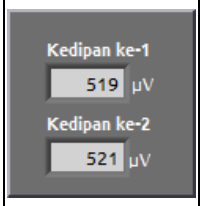
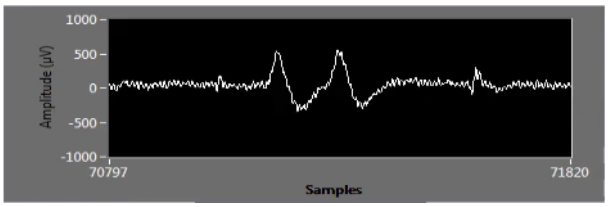
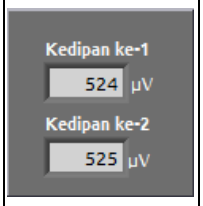
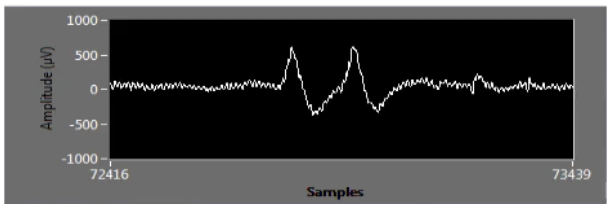
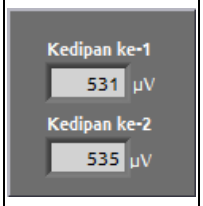
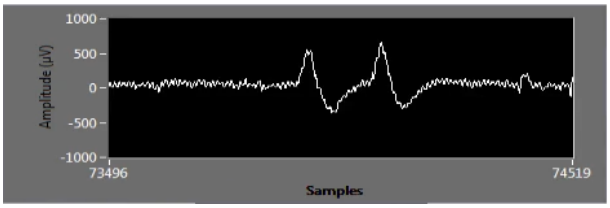
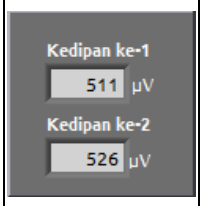
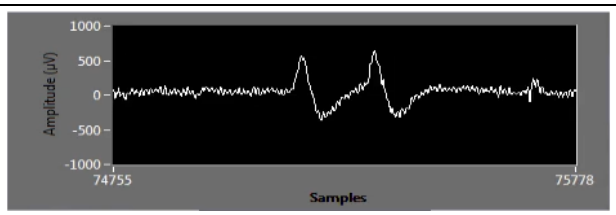
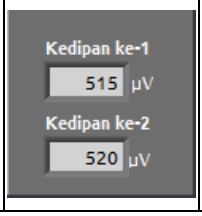
Merupakan pengujian dan analisis dari beberapa komponen masukan yang sudah dirancang, terdiri dari pengujian dan pengamatan masing-masing komponen sensor EEG, Modul Analog *Joystick* dan Sensor Jarak *Ultrasonic*, untuk diperoleh parameter dari keluaran komponen-komponen masukan tersebut. Nilai parameter ini difungsikan sebagai acuan apakah komponen masukan tersebut dapat digunakan sebagai kendali untuk sistem pada penelitian ini.

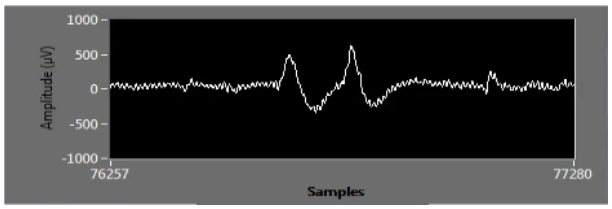
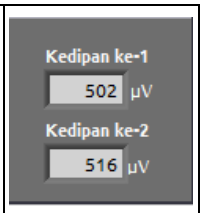
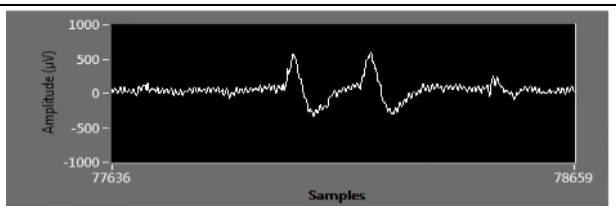
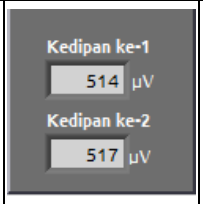
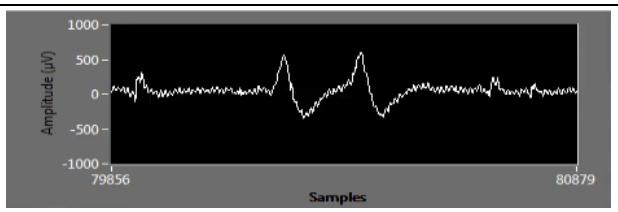
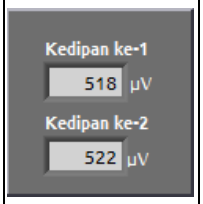
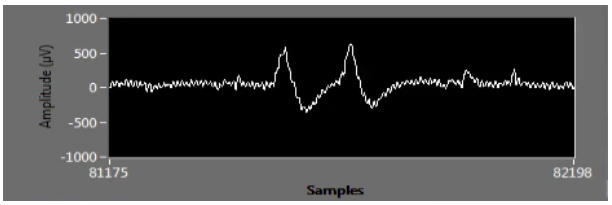
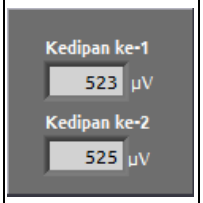
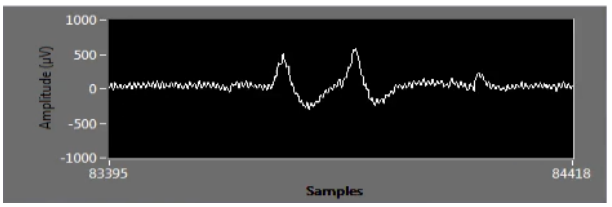
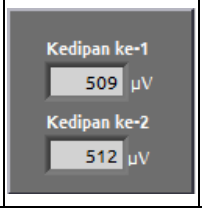
4.1.1 Pengujian Dan Analisis Sensor EEG

Sensor EEG ini merupakan komponen utama untuk menggerakkan kendali arah kursi roda, menggunakan sensor EEG *NeuroSky Mindwave Mobile*, sensor ini difungsikan untuk mendeteksi parameter kedipan 2 kali dan kedipan 3 kali yang dilakukan oleh pengguna. Untuk berpindah mode pergerakkan (maju, belok kanan/kiri, mundur) maka jumlah kedipan yang harus dilakukan adalah sebanyak 2 kali dalam rentang waktu 1 detik, lalu jika akan berpindah ke mode

stasioner (diam) maka pengguna melakukan kedipan sebanyak 3 kali dalam rentang waktu kurang dari 2 detik, dimana besar amplitudo kedipan harus lebih dari 400 µV. Pengujian ini diamati dan dianalisis melalui tampilan pada pemrograman LabVIEW. Berikut adalah tabel pengujian dan analisis dari masing-masing parameter yang diketahui.

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor EEG Terhadap 2 kali kedipan.

Uji Coba ke-	Bentuk Data EEG Pada LabVIEW	Nilai Amplitudo Kedipan	Respon Pindah Mode
1			Berhasil
2			Berhasil
3			Berhasil
4			Berhasil
5			Berhasil

6			Berhasil
7			Berhasil
8			Berhasil
9			Berhasil
10			Berhasil

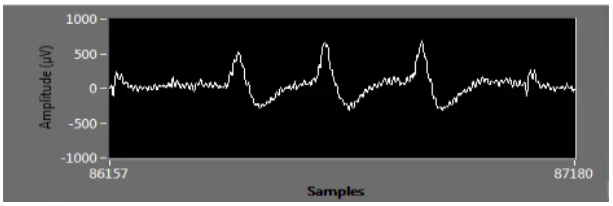
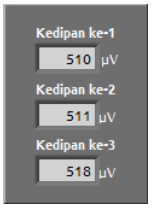
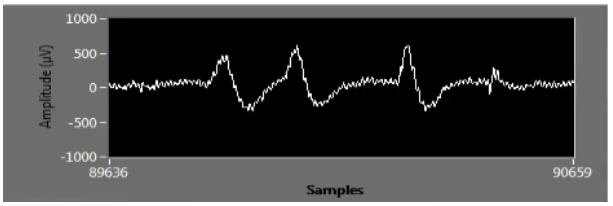
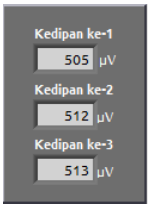
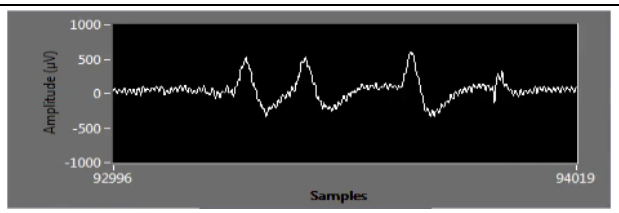
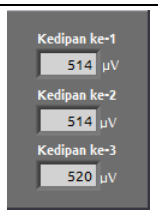
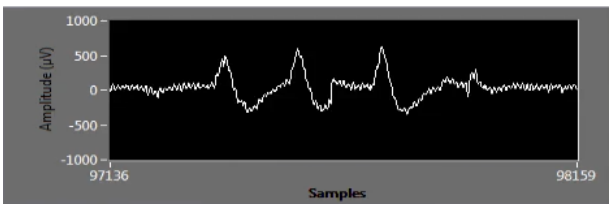
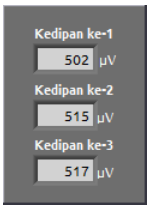
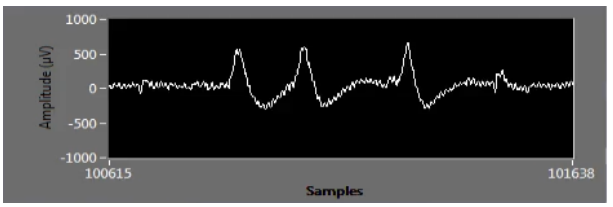
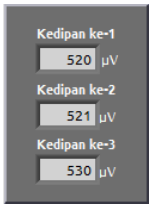
$$\textbf{Persentase (\%)} = \frac{\boldsymbol{Jumlah\ Percobaan - Hasil\ Kegagalan}}{\boldsymbol{Jumlah\ Percobaan}} \times \mathbf{100}\ \% \qquad (4.1)$$

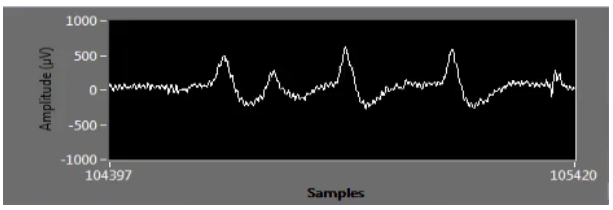
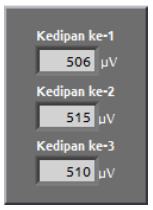
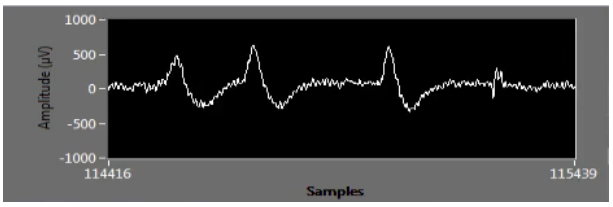
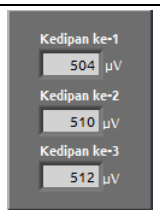
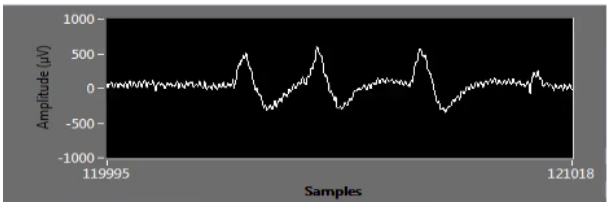
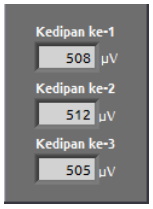
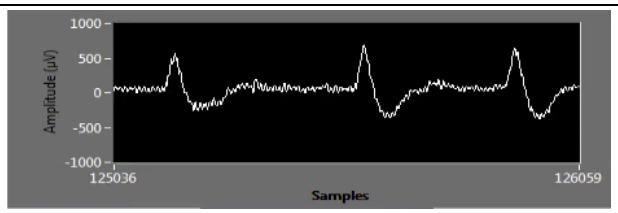
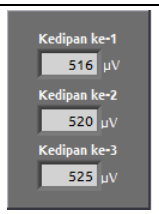
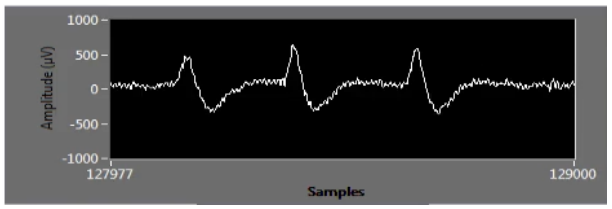
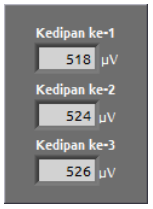
% keberhasilan pindah mode pergerakan = $\frac{10-0}{10} \times 100\ \% = 100\ \%$

Pada **Tabel 4.1** di atas merupakan hasil pengujian untuk melakukan 2 kali kedipan yang dilakukan oleh subjek menggunakan sensor EEG sebanyak 10 kali percobaan, ditinjau untuk melakukan perpindahan mode respon yang dihasilkan berdasarkan hasil pengujian sudah berhasil, dengan Persentase keberhasilan yang dapat dihitung berdasarkan perhitungan adalah 100%, karena sinyal dua kali

kedipan > 400µV dan waktu pendeteksian kedua sinyal < 2 detik, sehingga sistem dapat merespon perpindahan mode. Dilihat dari hasil plot sinyal yang muncul dari beberapa percobaan diatas, terdapat berbedaan bentuk sinyal, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya karena konsentrasi subjek yang tidak stabil, kekuatan kelopak mata subjek dalam melakukan kedipan dan adanya perbedaan kecepatan subjek dalam berkedip yang memengaruhi bentuk sinyal.

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor EEG Terhadap 3 Kali Kedipan.

Uji Coba ke-	Bentuk Sinyal Pada LabVIEW	Nilai Amplitudo Kedipan	Respon Pindah Mode
1			Berhasil
2			Berhasil
3			Berhasil
4			Berhasil
5			Berhasil

6			Berhasil
7			Berhasil
8			Berhasil
9			Tidak Berhasil
10			Berhasil

Berdasarkan hasil uji coba respon perpindahan mode terhadap 3 kali kedipan diatas, maka nilai Persentase keberhasilan dapat dihitung berdasarkan persamaan rumus (4.1) sebagai berikut.

% keberhasilan pindah mode pergerakan = $\frac{10-1}{10} \times 100\ \% = 90\ \%$

Pada **Tabel 4.2** di atas merupakan hasil pengujian untuk melakukan 3 kali kedipan yang dilakukan oleh subjek menggunakan sensor EEG sebanyak 10 kali percobaan, ditinjau untuk melakukan perpindahan dari mode pergerakan ke mode stasioner (diam), maka Persentase respon yang dihasilkan berdasarkan hasil

perhitungan diatas adalah sebesar 90 %. Kegagalan dalam perpindahan mode ke stasioner terjadi, karena kedipan yang dilakukan subjek sebanyak 3 kali pada percobaan ke-9, melebihi batas waktu pendeteksian yakni kurang dari dua detik, walaupun amplitudo dari ketiga sinyal kedipan sudah lebih dari 400µV, sehingga sistem pemrograman tidak merespon sebagai 3 kali kedipan.

4.1.2 Pengujian Sensor Jarak *Ultrasonic*

Pengujian sensor *ultrasonic* pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi halangan terhadap sistem dan untuk mengetahui tingkat ketelitian dari sensor *ultrasonic* yang digunakan untuk mengukur posisi jarak kursi roda terhadap dinding. Untuk memperoleh data yang akurat dilakukan pengujian sebanyak 15 kali dengan tingkat jarak bervariasi dengan objek pengukuran berupa dinding *solid* yang permukaannya datar. Hasil pengujian ditampilkan pada UI pemrograman LabVIEW, berikut adalah tabel pengukuran perbandingan antara jarak yang dideteksi sensor terhadap jarak aktualnya.

Tabel 4. 3 Perbandingan Pengujian Sensor Jarak Terhadap Jarak Aktualrnya.

Uji Coba	Jarak Aktual (cm)	Pembacaan Jarak Pada LabVIEW	
		Sensor Jarak Depan (cm)	Sensor Jarak Belakang (cm)
ke-1	5	4,72	4,84
ke-2	6	5,63	5,64
ke-3	7	6,81	6,73
ke-4	8	7,74	7,81
ke-5	9	8,61	8,53
ke-6	10	9,81	9,71
ke-7	12	11,87	11,93
ke-8	14	13,77	13,72
ke-9	16	15,61	15,55

ke-10	18	17,21	17,57
ke-11	20	19,41	19,36
ke-12	30	29,10	29,34
ke-13	40	38,52	38,71
ke-14	50	48,51	48,67
ke-15	60	59,21	58,37

Berdasarkan pengujian pada **Tabel 4.3** diketahui adanya selisih perbedaan antara jarak aktual dengan jarak yang dideteksi oleh sensor *ultrasonic*. Hal ini dikarenakan keterbatasan yang dimiliki sensor jarak HCSR-04 dalam hal ketelitian pengukuran, untuk mengetahui rata-rata selisih antara jarak aktual dengan sensor jarak depan/belakang, maka perlu dihitung nilai masing-masing penyimpangannya (deviasi), adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan deviasi jarak aktual terhadap jarak yang dideteksi sensor depan

d_1 = 5 - 4,72 = 0,28 cm
d_2 = 6 - 5,63 = 0,37 cm
d_3 = 7 - 6,81 = 0,19 cm
d_4 = 8 - 7,74 = 0,26 cm
d_5 = 9 - 8,61 = 0,39 cm
d_6 = 10 - 9,81 = 0,19 cm
d_7 = 12 - 11,87 = 0,13 cm
d_8 = 14 - 13,77 = 0,23 cm
d_9 = 16 - 15,61 = 0,39 cm
d_{10} = 18 - 17,21 = 0,79 cm
d_{11} = 20 - 19,41 = 0,59 cm
d_{12} = 30 - 29,10 = 0,9 cm
d_{13} = 40 - 38,52 = 1,48 cm
d_{14} = 50 - 48,51 = 1,49 cm
d_{15} = 60 - 59,21 = 0,79 cm

Dari hasil diatas maka rata-rata penyimpangan-nya dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut

$$\mathbf{D} = \frac{|\boldsymbol{d_1}|+|\boldsymbol{d_2}|+|\boldsymbol{d_3}|+\cdots+|\boldsymbol{d_n}|}{\boldsymbol{n-percobaan}} \quad (4.2)$$

$$D = \frac{|d1|+|d2|+|d3|+|d4|+|d5|+|d6|+|d7|+|d8|+|d9|+|d10|+|d11|+|d12|+|d13|+|d14|+|d15|}{n}$$

$$D = \frac{|0,28|+|0,37|+|0,19|+|0,26|+|0,39|+|0,19|+|0,13|+|0,23|+|0,39|+|0,79|+|0,59|+|0,9|+|1,48|+|1,49|+|0,79|}{15}$$

= 0,56 cm

Jadi berdasarkan perhitungan selisih penyimpangan pada sensor jarak bagian depan terhadap pengukuran aktual, maka nilai rata-rata penyimpanganya adalah sebesar 0,56 cm

2. Perhitungan deviasi jarak aktual terhadap jarak yang dideteksi sensor belakang.

d_1 = 5 - 4,84 = 0,16 cm
d_2 = 6 - 5,64 = 0,36 cm
d_3 = 7 - 6,73 = 0,27 cm
d_4 = 8 - 7,81 = 0,19 cm
d_5 = 9 - 8,53 = 0,47 cm
d_6 = 10 - 9,71 = 0,29 cm
d_7 = 12 - 11,93 = 0,07 cm
d_8 = 14 - 13,72 = 0,28 cm
d_9 = 16 - 15,55 = 0,45 cm
d_{10} = 18 - 17,57 = 0,43 cm
d_{11} = 20 - 19,36 = 0,64 cm
d_{12} = 30 - 29,34 = 0,66 cm
d_{13} = 40 - 38,71 = 1,29 cm
d_{14} = 50 - 48,67 = 1,33 cm
d_{15} = 60 - 59,37 = 0,63 cm

Dari hasil diatas maka rata-rata penyimpangan-nya adalah sebagai berikut

$$D = \frac{|d1|+|d2|+|d3|+|d4|+|d5|+|d6|+|d7|+|d8|+|d9|+|d10|+|d11|+|d12|+|d13|+|d14|+|d15|}{n}$$

$$= \frac{|0,16|+|0,36|+|0,27|+|0,19|+|0,47|+|0,29|+|0,07|+|0,28|+|0,45|+|0,43|+|0,64|+|0,66|+|1,29|+|1,33|+|0,63|}{15}$$

= 0,5 cm

Jadi berdasarkan perhitungan selisih penyimpangan pada sensor jarak bagian belakang terhadap pengukuran aktual, maka nilai rata-rata penyimpanganya adalah sebesar 0,5 cm.

4.1.3 Pengujian Analog *Joystick*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa komponen *Joystick* dalam keadaan baik untuk memberikan data analog ketika tuas kendali *Joystick* digerakkan kearah depan, kanan, kiri dan belakang. Pengujiannya dilakukan dengan menggerakkan tuas kearah yang sudah ditentukan dan mengukur tegangan dari keluaran pin *Joystick* yakni VRx dan VRy, dimana pin VRy merupakan tegangan sumbu vertikal antara 0V - 5V, dan pin VRx adalah tegangan sumbu

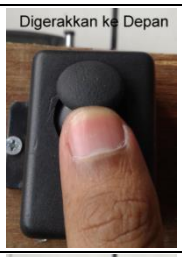
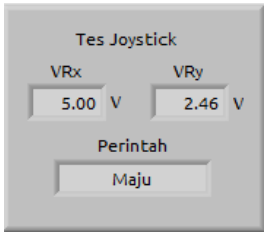
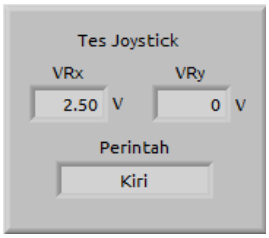
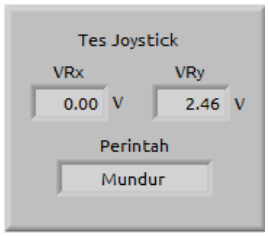
horizontal antara 0V - 5V, tegangan keluaran dari *Joystick* ini kemudian difungsikan sebagai masukan ke pin I/O analog mikrokontroler Arduino dan diproses oleh pemrograman LabVIEW. Berikut adalah tabel pengukuran tegangan output dari *Joystick*.

Tabel 4. 4 Pengukuran Tegangan Keluaran Analog *Joystick*.

Kondisi Tuas *Joystick*	**Tegangan yang Terukur**	
	VRy (V)	**VRx (V)**
Posisi Awal	2,42	2,38
Digerakkan ke Depan	4,82	2,38
Digerakkan ke Kanan	2,24	4,72
Digerakkan ke Kiri	2,35	0
Digerakkan ke Belakang	0	2,34

Dari **Tabel 4.4** diatas, diketahui jika tuas dalam posisi awal dan tidak digerakkan maka tegangan yang terukur pada VRy dan VRx adalah 2,42 V dan 2,38 V, hal ini karena kedua sumbu tersebut berada di tengah-tengah (dimana nilai tengah pada rentang antara 0V – 5V adalah 2,5V), jika digerakkan ke arah depan tegangan pada VRy menjadi nilai maksimal yakni 4,82 V nilai tegangan VRy ini akan bernilai tegangan sebaliknya jika diarahkan kebelakang yakni bernilai 0 V, hal ini sama dengan kondisi tuas pada sumbu x, tegangan VRx akan bernilai maksimal (4,72V) jika digerakkan ke kanan dan akan bernilai minimal (0V) jika tuas digerakkan ke kiri. Kondisi tegangan analog inilah yang akan dibaca oleh pemrograman LabVIEW melalui pin I/O Analog mikrokontroler, dan difungsikan sebagai kendali kursi roda secara manual dengan *Joystick.* Adapun proses pengujian Analog *Joystick* untuk menggerakkan kursi roda pada **Tabel 4.5** Berikut ini.

Tabel 4. 5 Pengujian Modul *Joystick* pada pemrograman LabVIEW.

Proses Pergerakkan Tuas	Perintah pada LabVIEW	Pergerakkan Kursi Roda
		Diam
		Bergerak Maju
		Berbelok ke Kanan
		Berbelok ke Kiri
		Bergerak Mundur

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa modul Analog *Joystick* yang digunakan pada penelitian ini teruji dengan baik, pemrograman LabVIEW juga dapat membaca tegangan analog sesuai dengan hasil pengukuran, logika data analog yang terbaca ini digunakan untuk mengerakkan kursi roda. Berikut adalah tabel hasil pengujian pergerakkan kursi roda dengan *Joystick*.

Tabel 4. 6 Hasil Uji Coba Pergerakkan Kursi Roda dengan *Joystick*

Pergerakkan Kursi Roda	Banyak Percobaan	Keterangan		Persentase Keberhasilan
		Berhasil	Gagal	
Maju	5	5	0	100 %
Kanan	5	5	0	100 %
Kiri	5	5	0	100 %
Mundur	5	5	0	100 %

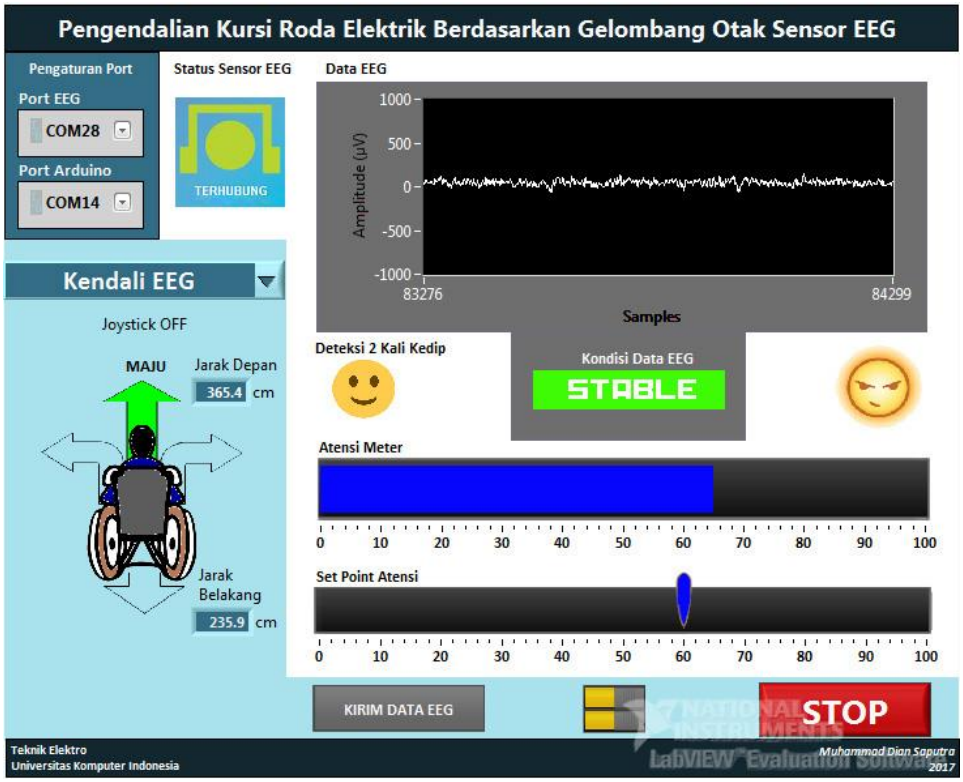
Persentase keberhasilan pada ujicoba pergerakkan kursi roda menggunakan *Joystick*, dapat dihitung berdasarkan rumus (4.1) sebagai berikut.

- Maju $= \frac{5-0}{5} \times 100\% = 100\%$
- Kiri $= \frac{5-0}{5} \times 100\% = 100\%$
- Kanan $= \frac{5-0}{5} \times 100\% = 100\%$
- Mundur $= \frac{5-0}{5} \times 100\% = 100\%$

Bedasarkan hasil perhitungan diatas, pergerakkan arah kursi roda pada pengujian ini sudah sesuai dengan arah tuas analog *Joystick*, dengan persentase keseluruhan pergerakkan sebesar 100%.

4.2. Pengujian dan Analisis pada Pemrograman LabVIEW (Proses)

Pengujian ini adalah bertujuan untuk menguji apakah keseluruhan algoritma yang dibangun pada pemrograman LabVIEW sudah sesuai dan dapat diaplikasikan untuk sistem pergerakkan kursi roda elektrik, pengujian diawali dengan melakukan *pairing* antara *Bluetooth Dongle* yang ter-*install* pada Laptop dengan perangkat sensor EEG sehingga diketahui *Port* Komunikasi (*COM Port*) serial sensor EEG sebagai inisialisasi masukan pada pemrograman LabVIEW. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian pertukaran data antara Arduino UNO dengan LabVIEW, penghubung antara LabVIEW dengan Arduino UNO agar dapat berkomunikasi satu sama lain secara *real time* dengan menggunakan *interface* Makerhub LINX.



Gambar 4. 1 Tampilan *Interface* Pengujian Keseluruhan pada LabVIEW.

Pada **Gambar 4.1** diatas yang merupakan *interface* pengolahan data dari sensor EEG, telah diketahui dengan hasil yang baik dan dapat berkomunikasi dengan Arduino dalam bertukar data secara akurat terhadap komponen masukan dan keluaran. Berikut ini adalah data hasil uji coba pergerakkan terhadap nilai *attention* dari sensor EEG *Neurosky Mindwave.*

Tabel 4. 7 Data Hasil Uji Coba Pergerakkan Terhadap Nilai *Attention*.

Mode Pemilihan	Percobaan ke-	Set Point *Attention*	Nilai *Attention*	Pergerakan Alat	Persentase Berhasil
MAJU	1	60	74	Maju	100 %
	2		64	Maju	
	3		60	Maju	
	4		66	Maju	
	5		70	Maju	
KANAN	1	60	68	Belok Kanan	80 %
	2		62	Belok Kanan	
	3		50	Diam	
	4		78	Belok Kanan	
	5		64	Belok Kanan	

KIRI	1	60	82	Belok Kiri	80 %
	2		62	Belok Kiri	
	3		66	Belok Kiri	
	4		58	Diam	
	5		66	Belok Kiri	
MUNDUR	1	60	68	Mundur	60 %
	2		52	Diam	
	3		70	Mundur	
	4		54	Diam	
	5		62	Mundur	

1. % MAJU $= \frac{5-0}{5} \times 100\ \% = 100\ \%$
2. % KANAN $= \frac{4-1}{5} \times 100\ \% = 80\ \%$
3. % KIRI $= \frac{4-1}{5} \times 100\ \% = 80\ \%$
4. % MUNDUR $= \frac{3-2}{5} \times 100\ \% = 60\ \%$

Berdasarkan hasil percobaan pada **Tabel 4.7** diatas, dapat diketahui bahwa alat akan bergerak apabila nilai *Attention* melebihi atau sama dengan nilai *Set Point*. Dimana nilai *Set Point* dapat diatur secara manual, sesuai kondisi konsentrasi subjek.

Tingkat keberhasilan berdasarkan tiap-tiap pergerakkan uji coba diatas diketahui nilai persentase terkecil yakni 60% hingga yang terbesar adalah 100%, kegagalan untuk bergerak pada uji coba ini dipengaruhi oleh nilai *Attention* yang tidak mencapai *Set Point,* ketika pengguna mencoba untuk berkonsentrasi penuh.

4.3. Pengujian dan Analisis Komponen Keluaran

Pada penelitian ini perangkat keluaran yang diuji antara lain rangkaian driver motor dan motor DC. Pengujian dan analisis ini bertujuan agar mengetahui apakah rangkaian driver motor DC dapat berfungsi sebagai kendali arah putar motor DC sesuai dengan logika yang diberikan oleh pin mikrokontroler, dan

mengetahui pergerakkan arah putar Motor DC, *Driver* motor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan MOSFET dengan konstruksi rangkaian *H-Bridge* yang di *supply* oleh Baterai aki 12VDC sebagai pen-catu daya bagi Motor DC. Pengujian ini dilakukan dengan cara memeberikan Logika ke masing-masing masukan driver motor *H-Bridge*, lalu dihubungkan ke Motor DC agar diketahui arah pergerakkannya. Berikut adalah tabel pengujiannya.

Tabel 4. 8 Hasil Uji Coba Rangkaian *Driver* Terhadap Arah Putaran Motor DC.

Logika *Input*				**Arah Putaran**	
Motor Kanan		**Motor Kiri**		**Motor Kanan**	**Motor Kiri**
A	**B**	**A**	**B**		
high	*high*	*high*	*high*	Diam	Diam
high	*low*	*high*	*low*	Searah jarum jam	Searah jarum jam
low	*high*	*low*	*high*	Berlawanan arah Jarum Jam	Berlawanan arah Jarum Jam
low	*low*	*low*	*low*	Diam	Diam

4.4. Pengujian Keseluruhan Alat

Setelah melakukan pengujian terhadap beberapa komponen masukan, proses dan keluaran yang digunakan pada penelitian ini, langkah selanjutnya adalah pengujian keseluruhan alat. Pengujian ini dilakukan secara bertahap mulai dari pengujian beban daya angkut kursi roda, pengujian respon pergerakkan terhadap halangan dinding, serta pengujian perbandingan pergerakkan kursi roda dengan sensor EEG dan *Joystick* terhadap respon waktu. Dari pengujian ini dapat diketahui tujuan dari alat yang telah dirancang apakah sudah tercapai atau tidak.

4.4.1 Pengujian Daya Angkut Beban Kursi Roda

Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui kemampuan kursi roda terhadap daya angkut beban subjek pengguna. Berikut adalah tabel pengujiannya.

Tabel 4. 9 Hasil Uji Coba Daya Angkut Beban dan Kondisi Kursi Roda

Percobaan ke-	Beban yang diuji	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh	Kecepatan	Keterangan
1	40-60 kg	1 meter	6,25 detik	0.16 m/s	Bergerak
2	61-80 kg		7,62 detik	0,13 m/s	Bergerak
3	81- 110 kg		8,87 detik	0,11 m/s	Bergerak
4	111-130 kg		10,31 detik	0,09 m/s	Bergerak
5	>130 kg		-	-	Tidak Bergerak

Pengujian pergerakkan kursi roda ini dilakukan dengan beban yang bervariasi, mulai dari beban 40-60 kg, 61-80 kg, 81-110 kg, 111-130 kg dan >130 kg dengan jarak tempuh sejauh 1 meter, jarak ini dipilih agar dapat mengetahui kecepatan kursi roda terhadap waktu tempuh yang diukur dengan *stopwatch*, pada masing-masing benda yang diuji. Berikut adalah perhitungan kecepatan kursi roda terhadap masing-masing beban yang diuji, berdasarkan rumus.

$$\boldsymbol{Kecepatan}\ (\boldsymbol{v}) = \frac{\boldsymbol{Jarak\ Tempuh}\ (\boldsymbol{S})}{\boldsymbol{Waktu\ Tempuh}\ (\boldsymbol{t})} \qquad (4.3)$$

- Percobaan ke-1, beban yang diuji adalah 40-60 kg

  Kecepatan = $\frac{1}{6,25}$ = 0,16 m/s

- Percobaan ke-2, beban yang diuji adalah 61-80 kg

  Kecepatan = $\frac{1}{7,62}$ = 0,13 m/s

- Percobaan ke-3, beban yang diuji adalah 81- 110 kg

  Kecepatan = $\frac{1}{8,87}$ = 0,11 m/s

- Percobaan ke-4, beban yang diuji adalah 111-130 kg

Kecepatan = $\frac{1}{10,31}$ = 0,10m/s

Berdasarkan perhitungan kecepatan diatas, dapat disimpulkan kemampuan kursi roda saat beban yang diangkut kurang dari 130 kg masih dapat bergerak, namun dengan kecepatan yang semakin melambat, dan saat di uji coba dengan memberi beban sebesar > 130 kg kursi roda tidak bergerak. Hal ini karena keterbatasan pada torsi *gearbox* motor DC yang digunakan pada penelitian ini.

4.4.2 Pengujian Respon Pergerakkan Terhadap Halangan Dinding

Pengujian ini dilakukan dengan menggerakkan kursi roda elektrik dari jarak 2,5 meter hingga mendekati dinding penghalang, dan kursi roda akan berhenti bergerak apabila jarak antara kursi roda dengan dinding kurang dari atau sama dengan 50 cm, kondisi ini diterapkan untuk sensor jarak bagian depan maupun belakang. Berikut adalah hasil pengujian sensor jarak terhadap pergerakkan kursi roda.

Tabel 4. 10 Uji Coba Respon Pergerakkan Kursi Roda Terhadap Halangan.

Bagian Sensor	Uji Coba ke-	Jarak Berhenti	Titik Berhenti Terhadap Dinding	Deviasi Jarak
Depan	1	50 cm	47,2 cm	2,8 cm
	2		46,7 cm	3,3 cm
	3		44,5 cm	5,5 cm
	4		44,8 cm	5,2 cm
	5		45,7 cm	4,3 cm
Belakang	1	50 cm	46,8 cm	2,8 cm
	2		45,5 cm	4,5 cm
	3		43,7 cm	6,3 cm
	4		46,8 cm	3,2 cm
	5		44,3 cm	5,7 cm

Berdasarkan **Tabel 4.10** diatas, dapat diketahui bahwa respon pergerakkan agar berhenti jika ada halangan yang terdeteksi oleh sensor bagian

depan/belakang, kondisi kursi roda saat keseluruhan pengujian dapat berhenti dengan baik sesuai jarak yang ditentukan, namun dengan adanya nilai penyimpangan (deviasi) jarak kursi roda terhadap dinding, yang dapat diketahui berdasarkan perhitungan deviasi sebagai berikut.

1. Perhitungan deviasi jarak kursi roda terhadap dinding untuk sensor bagian depan.

   $d_1 = 50 - 47{,}2 = 2{,}8$ cm

   $d_2 = 50 - 46{,}7 = 3{,}3$ cm

   $d_3 = 50 - 44{,}5 = 5{,}5$ cm

   $d_4 = 50 - 44{,}8 = 5{,}2$ cm

   $d_5 = 50 - 45{,}7 = 4{,}3$ cm

   Dari hasil diatas maka rata-rata penyimpangan-nya dapat diketahui berdasarkan rumus (4.2) sebagai berikut.

$$D = \frac{|d1|+|d2|+|d3|+|d4|+|d5||}{n}$$

$$D = \frac{|2{,}8|+|3{,}3|+|5{,}5|+|5{,}2|+|4{,}3|}{5} = 4{,}2 \text{ cm}$$

   Diketahui nilai rata-rata penyimpangan untuk sensor jarak bagian depan dalam mendeteksi halangan tembok adalah sebesar 4,2 cm.

2. Perhitungan deviasi jarak kursi roda terhadap dinding untuk sensor bagian belakang.

   $d_1 = 50 - 46{,}8 = 2{,}8$ cm

   $d_2 = 50 - 45{,}5 = 4{,}5$ cm

   $d_3 = 50 - 43{,}7 = 6{,}3$ cm

   $d_4 = 50 - 46{,}8 = 3{,}2$ cm

$d_5 = 50 - 44{,}3 = 5{,}7$ cm

Dari hasil diatas maka rata-rata penyimpangan-nya dapat diketahui berdasarkan rumus (4.2) sebagai berikut.

$$D = \frac{|d1|+|d2|+|d3|+|d4|+|d5||}{n}$$

$$D = \frac{|2{,}8|+|4{,}5|+|6{,}3|+|3{,}2|+|5{,}7|}{5} = 4{,}5 \text{ cm}$$

Diketahui nilai rata-rata penyimpangan untuk sensor jarak bagian belakang dalam mendeteksi halangan tembok adalah sebesar 4,5 cm.

Berdasarkan perhitungan rata-rata deviasi diatas, dapat diketahui bahwa terjadi penyimpangan pengukuran saat pengujian. Hal ini dikarenakan beberapa faktor, diantaranya terdapat toleransi pengukuran jarak oleh sensor *ultrasonic* dan efek dari gaya kelembaman dari pergerakkan kursi roda elektrik saat melaju.

4.4.3 Pengujian Waktu Tempuh Pergerakkan Kursi Roda dengan Sensor EEG dan *Joystick*.

Pada pengujian ini, adalah melakukan perbandingan waktu tempuh pergerakkan kursi roda, yang dikendalikan dengan sensor EEG dan *Joystick*, dengan tujuan agar mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing komponen kendali. Percobaan kali ini, ditentukan berdasarkan pergerakkan dasar kursi roda dan pergerakkan keseluruhan dengan lintasan berjarak 10 m, yang diukur menggunakan *Stopwatch*. Berikut adalah uji coba perbandingan antara sensor EEG dan *Joystick*.

1. Pergerakkan Dasar Kursi Roda dengan sensor EEG dan *Joystick*.

Percobaan kali ini yakni membandingkan waktu tempuh terhadap respon pergerakkan dasar kursi roda, diantaranya bergerak lurus dengan jarak yang

ditentukan yakni 2 m, berbelok ke kanan dan kiri dengan sudut 90°, mundur dengan jarak 2 m dan putar balik 180°. Berikut adalah tabel pengujiannya.

Tabel 4. 11 Uji Coba Perbandingan Waktu Tempuh Pergerakkan Kursi Roda.

Uji Coba Pergerakkan	**Percobaan Ke-**	**Waktu Tempuh (detik)**	
		Kendali EEG	**Kendali *Joystick***
Maju (jarak 2 m)	1	16,44	10,06
	2	22,94	09,77
	3	28,81	10,37
	4	32,94	10,07
	5	28,25	11,05
Waktu Tempuh (Avg)		25,87	10,26
Belok Kanan (90°)	1	5,38	4,87
	2	5,95	4,32
	3	7,34	5,57
	4	5,76	5,49
	5	8,41	5,77
Waktu Tempuh (Avg)		6,56	5,20
Belok Kiri (90°)	1	6,48	4,45
	2	7,05	4,28
	3	6,98	4,56
	4	8,37	4,31
	5	8,87	5,12
Waktu Tempuh (Avg)		7,55	4,54
Mundur (jarak 2 m)	1	18,13	5,74
	2	10,29	6,83
	3	13,14	6,43
	4	8,38	6,11
	5	9,15	6,51
Waktu Tempuh (Avg)		11,81	6,32
Putar Balik (180°)	1	17,34	12,04
	2	15,25	11,47
	3	19,29	11,61
	4	18,73	11,85
	5	20,31	12,21
Waktu Tempuh (Avg)		18,18	11,83

Berdasarkan **Tabel 4.11** diatas dapat diketahui hasil waktu tempuh dalam satuan detik dari masing-masing percobaan yang telah dilakukan, untuk mengetahui selisih waktu, pengendalian menggunakan EEG dengan *Joystick*,

maka perlu diketahui terlebih dahulu rata-rata waktu tempuh dengan sensor EEG dan *Joystick* dari masing-masing percobaan dengan rumus berikut ini.

$$\textbf{\textit{Waktu Tempuh}}_{\textbf{\textit{(Avg)}}} = \frac{\Sigma\, \textbf{\textit{Waktu Tempuh}}}{\textbf{\textit{N}}-\textbf{\textit{Percobaan}}} \quad (4.4)$$

Berdasarkan dari persamaan (4.4) diatas, maka dapat diperoleh rata-rata waktu tempuh sebagai berikut.

- Pergerakkan lurus dengan EEG

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{16{,}44+22{,}94+28{,}81+32{,}94+28{,}25}{5} = \frac{129{,}38}{5}$ = 25,87 Detik

- Pergerakkan lurus dengan *Joystick*

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{10{,}06+09{,}77+10{,}37+10{,}07+11{,}05}{5} = \frac{51{,}32}{5}$ = 10,26 Detik

Jadi, Selisih waktu antara keduanya untuk pergerakkan lurus adalah 24,28 detik.

- Pergerakkan belok kanan 90° dengan EEG

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{5{,}38+5{,}95+7{,}34+5{,}76+8{,}41}{5} = \frac{32{,}84}{5}$ = 6,56 Detik

- Pergerakkan belok kanan 90° dengan *Joystick*

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{4{,}87+4{,}32+5{,}57+5{,}49+5{,}77}{5} = \frac{26{,}02}{5}$ = 5,20 Detik

Jadi, Selisih waktu antara keduanya untuk belok kanan 90° adalah 1,36 detik.

- Pergerakkan belok kiri 90° dengan EEG

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{6{,}48+7{,}05+6{,}98+8{,}37+8{,}87}{5} = \frac{37{,}75}{5}$ = 7,55 Detik

- Pergerakkan belok kiri 90° dengan *Joystick*

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{4{,}45+4{,}28+4{,}56+4{,}31+5{,}12}{5} = \frac{22{,}72}{5}$ = 4,54 Detik

Jadi, Selisih waktu antara keduanya untuk belok kiri 90° adalah 2,98 detik.

- Pergerakkan mundur dengan EEG

Waktu Tempuh $_{(Avg)}$ $= \frac{18,13+10,29+13,14+8,38+9,15}{5} = \frac{59,09}{5}$ = 11,81 Detik

- Pergerakkan mundur dengan *Joystick*

Waktu Tempuh $_{(Avg)}$ $= \frac{5,74+6,83+6,43+6,11+6,51}{5} = \frac{31,62}{5}$ = 6,32 Detik

Jadi, Selisih waktu antara keduanya untuk pergerakkan mundur adalah 5,49 detik.

- Pergerakkan putar balik 180° dengan EEG

Waktu Tempuh $_{(Avg)}$ $= \frac{17,34+15,25+19,29+18,73+20,31}{5} = \frac{90,92}{5}$ = 18,18 Detik

- Pergerakkan putar balik 180° dengan *Joystick*

Waktu Tempuh $_{(Avg)}$ $= \frac{12,04+11,47+11,61+11,85+12,21}{5} = \frac{59,18}{5}$ = 11,83 Detik

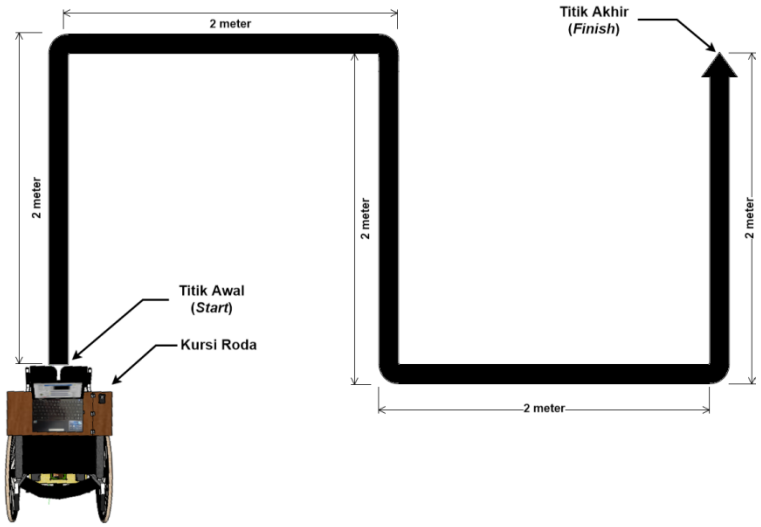
Jadi, Selisih waktu antara keduanya untuk pergerakkan mundur adalah 6,35 detik.

Berdasarkan hasil uji coba diatas, pergerakkan kursi roda sudah dilakukan dengan baik menggunakan kendali sensor EEG maupun kendali *Joystick*, terlihat pengendalian menggunakan sensor EEG lebih lambat dalam mencapai tujuan sedangkan pengendalian menggunakan *Joystick* waktunya cendrung konstan dan lebih cepat sampai tujuan, hal ini dikarenakan pengendalian menggunakan sensor EEG dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi pengguna sensor yang fluktuatif, sedangkan kendali dengan *Joystick* responnya sesuai dengan pergerakkan tuas kendalinya.

2. Pergerakkan Kursi Roda berdasarkan Lintasan dengan sensor EEG dan *Joystick*.

Dari hasil pengujian sebelumnya yang telah dilakukan, pengujian tahap ini adalah pengujian terakhir yang juga dilakukan untuk mengetahui perbandingan

pergerakkan kursi roda menggunakan sensor EEG dan kendali dengan *Joystick* namun dengan lintasan yang sudah diatur dari *start* hingga *finish* berjarak 10 meter, Berikut ini adalah lintasan yang akan di lalui dan diuji coba menggunakan Kursi Roda.



Gambar 4. 2 Lintasan Uji Coba Pergerakkan Kursi Roda.

Lintasan diatas adalah jalur yang akan diuji coba pada kursi roda terdiri dari 2 tikungan ke kanan dan 2 tikungan ke kiri, dengan jarak lurus sepanjang 2 meter sebanyak 5 buah, total panjang lintasan ini adalah 10 meter. Berikut adalah tabel perbandingan antara waktu tempuh Kursi Roda yang dikendalikan oleh sensor EEG dan *Joystick.*

Tabel 4. 12 Uji Coba Perbandingan Waktu Tempuh Pergerakkan Kursi Roda Terhadap Lintasan.

Percobaan ke-	Waktu Tempuh (detik)	
	Kendali EEG	Kendali *Joystick*
1	227,31	79,24
2	229,48	80,54
3	404,88	79,31
4	175,29	80,44
5	164,65	81,24
Waktu Tempuh $_{(Avg)}$	204,32	80,15

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa untuk pengujian pergerakkan kursi roda berdasarkan lintasan pada **Gambar 4.12** sudah dilakukan, baik mulai dari titik awal hingga titik akhir menggunakan kendali sensor EEG maupun kendali *Joystick*. Kemudian disini terdapat selisih perbedaan waktu tempuh rata-rata antara kedua komponen kendali yang diuji, Berdasarkan persamaan (4.4) diatas, nilai rata-rata waktu antara keduanya diperoleh dari perhitungan sebagai berikut

- Pergerakkan kursi roda melewati lintasan dengan EEG

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{227,31+229,48+404,88+175,29+164,65}{5} = \frac{1201,53}{5} = 240,32$ Detik

- Pergerakkan kursi roda melewati lintasan dengan *Joystick*

Waktu Tempuh $_{(Avg)} = \frac{79,24+80,54+79,31+80,44+81,24}{5} = \frac{400,73}{5} = 80,15$ Detik

Jadi, Selisih waktu antara keduanya untuk pergerakkan kursi roda mengikuti lintasan adalah 160,17 detik, dengan nilai perbandingan pergerakkan menggunakan *Joystick* terhadap sensor EEG adalah 1:3, perbedaan waktu tempuh ini dikarenakan oleh beberapa kemungkinan, terutama kendali menggunakan sensor EEG, faktor utama yang memengaruhi adalah konsentrasi pengguna yang sering tidak stabil, sehingga sangat memengaruhi keterlambatan waktu sampai titik akhir, selain itu faktor teknis lainnya adalah dari sistem penggerak roda, sumber tegangan kursi roda yang tidak stabil, dan permukaan lintasan tidak sepenuhnya datar sehingga menggangu kinerja pergerakkan kursi roda.

Adapun kelebihan dari pengendalian kursi roda menggunakan sensor EEG adalah dapat menggerakkan kursi roda elektrik tanpa bantuan otot tangan, hal ini ditujukan bagi penderita difabel yang tidak memiliki kedua kaki maupun tangan yang bekerja secara normal. Sedangkan pergerakkan menggunakan *Joystick*, masih memerlukan tenaga tangan untuk menggerakkan tuas kendali.