

**PENGEMBANGAN PURWARUPA PERANGKAT MOUSE UNTUK TUNA
DAKSA DENGAN MENGGUNAKAN JOYSTICK**

TUGAS AKHIR



**UNIVERSITAS
MA CHUNG**

**ALBERT HANS SOESENO
312010001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN DESAIN
UNIVERSITAS MA CHUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN PURWARUPA PERANGKAT MOUSE UNTUK TUNA DAKSA DENGAN MENGGUNAKAN JOYSTICK

Oleh:

ALBERT HANS SOESENO

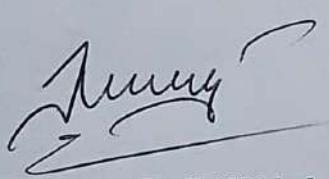
NIM. 312010001

dari

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN DESAIN
UNIVERISTAS MA CHUNG**

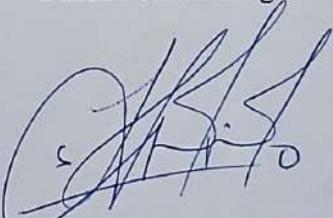
Telah dinyatakan lulus dalam melaksanakan Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan
dan berhak mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Dosen Pembimbing 1



Prof. Dr. Eng. Romy Budhi Widodo
NIP. 2007035

Dosen Pembimbing 2



Mochamad Subianto, S.KOM., M.Cs
NIP. 20100002

Dekan Fakultas Teknologi dan Desain



Prof. Dr. Eng. Romy Budhi Widodo
NIP. 2007035

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi Sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “PENGEMBANGAN PURWARUPA MOUSE UNTUK TUNA DAKSA DENGAN MENGGUNAKAN JOYSTICK” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Agustus 2024



Albert Hans Soeseno

312010001

PENGEMBANGAN PURWARUPA PERANGKAT MOUSE UNTUK TUNA DAKSA DENGAN MENGGUNAKAN JOYSTICK

Albert Hans Soeseno, Romy Budhi Widodo, Mochamad Subianto
Universitas Ma Chung

Abstrak

Tuna daksa adalah suatu kelainan yang terjadi pada sistem saraf yang mengganggu kemampuan seseorang untuk mengontrol gerakan. Statistik dari hasil Long Form Sensus tahun 2020 menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 2,976,763 jiwa di Indonesia yang memiliki kesulitan dalam menggunakan jari dan tangan. Oleh karena itu penelitian mengenai mouse bagi tuna daksa dimulai. Pada penelitian sebelumnya prototipe mouse dengan menggunakan sensor gyroscope memiliki dua modul yaitu arm module dan foot module. Arm module dilengkapi dengan sensor gyroscope untuk menggerakan kursor dan foot module dilengkapi dengan lima buah footswitch untuk menggunakan fungsi klik pada mouse, namun prototipe ini memiliki kekurangan yaitu lengan yang terus terangkat membuat pengguna mudah lelah. Pada penelitian ini mouse memiliki dua modul yaitu joystick module dan foot module. Joystick module memiliki fungsi yang sama dengan arm module yaitu untuk menggerakan kursor, perbedaan pada foot module penelitian ini adalah mengurangi footswitch yang digunakan menjadi empat buah. Komunikasi antara dua modul menggunakan protocol ESP-NOW yang tidak membutuhkan WiFi eksternal. Hasil pengujian dengan multi directional tapping task menunjukkan throughput sebesar 0,477; 0,656; dan 5,92; pada mouse dengan menggunakan joystick, mouse dengan IMU(diambil dari penelitian sebelumnya) dan mouse standar. Pengujian tingkat kelelahan pada skala 7 menunjukkan hasil 4.25 untuk mouse dengan joystick dan 5.66 untuk mouse dengan IMU

Kata kunci: Joystick, Mouse, ESP-NOW, Bluetooth

DEVELOPMENT OF A MOUSE PROTOTYPE FOR INDIVIDUALS WITH DISABILITIES USING A JOYSTICK

Albert Hans Soeseno, Romy Budhi Widodo, Mochamad Subianto

Universitas Ma Chung

Abstract

Disability is a disorder in the nervous system that disrupts a person's ability to control movements. Statistics from the 2020 Sensus Long Form show that 2,976,763 people in Indonesia have difficulty using their fingers and hands. Therefore, research on mouse for people with disabilities began. Previous research on a mouse prototype using a gyroscope sensor had two modules: the arm module and the foot module. The arm module was equipped with a gyroscope sensor to move the cursor, and the foot module was equipped with five footswitches for mouse click functions. However, this prototype had a drawback: the raised arm position caused user fatigue. In this study, the mouse has two modules: a joystick module and a foot module. The joystick module functions similarly to the arm module for moving the cursor, while the foot module in this study uses four footswitches instead of five. Communication between the two modules uses the ESP-NOW protocol, which does not require external WiFi. Testing with the multi-directional tapping task showed throughput of 0.477, 0.656, and 5.92 for the mouse using the joystick, the mouse with IMU (from the previous study), and the standard mouse, respectively. Fatigue testing on a scale of 7 showed a result of 4.25 for the joystick mouse and 5.66 for the IMU mouse.

Key word: *Joystick, Mouse, ESP-NOW*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Laporan ini ditulis untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir (TA) bagi Mahasiswa dari Program Studi Teknik Informatika Universitas Ma Chung Malang.

Atas dukungan moral dan materi yang telah diberikan dalam penulisan laporan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Romy Budhi, ST, MT. Dosen program studi Teknik Informatika selaku pembimbing 1.
2. Bapak Mochamad Subianto, S.Kom., M.Cs. Dosen program studi Teknik Informatika selaku pembimbing 2.
3. Bapak Windra Swastika, Ph.D. Dosen program studi Teknik Informatika selaku penguji Tugas Akhir.
4. Keluarga yang telah mendukung dalam pelaksanaan Tugas Akhir.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pembaca.

Malang, Agustus 2024

Albert Hans Soeseno

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
Abstrak	iii
Abstract	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
Bab I. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Luaran Penelitian	4
1.8 Sistematika Penulisan	4
Bab II. Kajian Pustaka	5
2.1 Disabilitas	5
2.2 Perangkat Tetikus	5
2.3 ESP32	5
2.4 Joystick	6
2.5 Arduino IDE	7

2.6 ESP-NOW	8
2.7 Bluetooth	10
2.8 ISO 9241-411	11
2.9 Uji T	14
Bab III Analisis dan Perancangan Sistem	16
3.1 Blok Diagram	16
3.2 Rancangan Eksperimen	18
3.3 Evaluasi	22
Bab IV Hasil dan Pembahasan	27
4.1. Joystick Module	27
4.2. Foot Module	27
4.3. Program Mac Address Joystick Module	28
4.4. Program Foot Module	29
4.5. Program Joystick Module	32
4.6. Program Python	34
4.7. Data	38
4.8 Uji Statistik	40
BAB V Kesimpulan	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
Daftar Pustaka	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mouse	5
Gambar 2.2 ESP32	6
Gambar 2.3 Joystick	6
Gambar 2.4 Wiring joystick	7
Gambar 2.5 Arduino IDE	8
Gambar 2.6 ESP-NOW komunikasi satu arah	8
Gambar 2.7 ESP-NOW komunikasi dua arah	9
Gambar 2.8 ESP-NOW many to one	9
Gambar 2.9 ESP-NOW one to many	10
Gambar 2.10 Bluetooth	10
Gambar 2.11 One-direction tapping test (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)	13
Gambar 2.12 Multi-directional test (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)	14
Gambar 3.1 Block diagram penelitian sebelumnya	16
Gambar 3.2 Blok diagram penelitian (Sumber: Perancangan)	17
Gambar 3.3 Tingkat kesulitan : very low	20
Gambar 3.4 Tingkat kesulitan : low	20
Gambar 3.5 Tingkat kesulitan : Medium	21
Gambar 3.6 Tingkat kesulitan : High	21
Gambar 3.7 Contoh hasil tes dengan Go-Fitts	22
Gambar 3.8 Kuesioner (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)	24
Gambar 3.9 Borg scale (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)	25
Gambar 3.10 Flowchart uji statistik	26
Gambar 4.1 Joystick Module	27
Gambar 4.2 Foot Module	28
Gambar 4.3 Kode lihat mac address	29
Gambar 4.4 Library foot module	29
Gambar 4.5 Struct pengiriman data	30
Gambar 4.6 Fungsi OnDataSent	30
Gambar 4.7 Kode setup pada foot module	31

Gambar 4.8 Kode loop pada foot module	32
Gambar 4.9 Library joystick module	32
Gambar 4.10 Struct penerimaan data	33
Gambar 4.11 Fungsi OnDataRecv	33
Gambar 4.12 Kode setup pada joystick module	34
Gambar 4.13 Import library	34
Gambar 4.14 Fungsi receiveData	35
Gambar 4.15 Fungsi mouseMovement	35
Gambar 4.16 Fungsi mouseClicked	36
Gambar 4.17 Menggunakan fungsi	36
Gambar 4.18 Hasil hardware	37
Gambar 4.19 Boxplot TP	39
Gambar 4.20 Hasil tes normalitas	40
Gambar 4.21 Hasil tes Levene	41
Gambar 4.22 Hasil T tes	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Latin Square	18
Tabel 3.2 Desain tingkat kesulitan	19
Tabel 3.3 Rancangan tabel hasil multi directional test	23
Tabel 4.1 Rata rata hasil multi-directional tes	38
Tabel 4.2 Hasil Kuesioner kedua perangkat	39

Bab I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tuna daksa adalah suatu kelainan yang terjadi pada sistem saraf yang mengganggu kemampuan seseorang untuk mengontrol gerakan, seperti kesulitan untuk menggerakan otot-otot tubuh, kesulitan untuk mengontrol gerakan atau posisi tubuh, dan masalah dalam menggerakkan tangan atau kaki (Kusumaningsih et al., 2022). Keterbatasan fisik pada bagian tubuh tertentu dapat mempengaruhi kemampuan seseorang untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti berjalan, mengambil barang, menulis, atau melakukan tugas-tugas lain yang membutuhkan kemampuan fisik. Namun, penting untuk diingat bahwa orang dengan keterbatasan fisik juga memiliki potensi yang sama seperti orang lain, dan bahwa mereka dapat mempelajari cara untuk melakukan tugas-tugas tersebut dengan cara yang berbeda atau dengan menggunakan alat bantu. Statistik dari hasil Long Form Sensus tahun 2020 menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 2,976,763 jiwa di Indonesia yang memiliki kesulitan dalam menggunakan jari dan tangan.

Komputer adalah sebuah perangkat elektronik yang dapat menerima, memproses, menyimpan, dan menghasilkan informasi berdasarkan program atau instruksi yang diberikan kepadanya. Komputer dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti pemrosesan data, pengolahan gambar dan suara, pemrograman, desain grafis, pengolahan kata, komunikasi, dan hiburan. Komputer telah menjadi bagian penting dalam dunia pekerjaan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kemampuan pekerjaan, memperluas kemampuan bisnis, meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas komunikasi, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik. Komputer memiliki beberapa komponen utama seperti prosesor, memori, hard drive, motherboard, dan input/output devices (seperti keyboard, mouse, monitor, dan printer).

Mouse adalah perangkat keras input yang digunakan untuk mengontrol pergerakan kursor di layar komputer. *Mouse* biasanya terdiri dari sebuah bola kecil atau sensor optik, tombol klik kiri dan kanan, serta sebuah scroll wheel. Ketika digunakan,

mouse dioperasikan dengan cara digerakkan pada permukaan datar yang rata, seperti meja atau mousepad. Gerakan mouse yang dilakukan akan menggerakkan kursor pada layar komputer, yang memungkinkan pengguna untuk memilih dan mengklik menu atau ikon yang diinginkan. Selain tombol klik kiri dan kanan yang digunakan untuk memilih dan mengklik, scroll wheel pada mouse juga digunakan untuk menggulirkan halaman atau dokumen secara vertikal pada layar komputer. Mouse menjadi perangkat input yang sangat populer karena kemampuannya yang intuitif dan mudah digunakan.

Penelitian mengenai mouse untuk penyandang disabilitas dimulai pada tahun 2021 hasil dari penelitian ini adalah mouse yang berupa sensor Inertial Measurement Unit (IMU) yang membaca data yaw, pitch, dan roll (Giovanno et al., 2021). Sensor tersebut diletakkan pada lengan atas yang digunakan untuk menyimulasikan gerakan naik turun, kiri kanan kursor, selain sensor IMU juga dilengkapi dengan satu footswitch yang digunakan untuk menyimulasikan klik kiri dan bluetooth yang digunakan untuk mengirim data dari sensor IMU kepada komputer user. Pada penelitian ini memiliki kekurangan yaitu berupa hanya memiliki satu footswitch yang digunakan untuk klik kiri saja, tidak memiliki fungsi klik lainnya seperti pada mouse biasa seperti klik kanan, scroll up, scroll down, dan hold. Pada penelitian berikutnya yang dilakukan pada tahun 2022, peneliti menambah footswitch menjadi lima untuk menambah fungsi klik yang sebelumnya tidak ada (Utomo et al., 2022). Pada penelitian ini tetap menggunakan sensor IMU untuk menggerakkan kursor dan bluetooth untuk mengirim data, selain itu menggunakan sinyal radio untuk mengirim data dari kelima footswitch ke alat di tangan yang dilengkapi oleh sensor IMU. Kekurangan dari penelitian ini adalah daya tahan baterai yang digunakan pada modul di tangan yang dikarenakan terdapat alat komunikasi antar modul di tangan dan kaki yang berupa sinyal radio. Pada penelitian berikutnya yang dilakukan pada tahun 2023 peneliti mengubah komunikasi antar modul dan komunikasi mouse ke komputer user, dengan menggunakan ESP-NOW untuk komunikasi antar modul, modul pada tangan hanya memerlukan mikrokontroler esp32, sensor IMU, dan baterai yang bertujuan untuk memperpanjang penggunaan mouse sebelum isi ulang baterai. Komunikasi antara komputer dan mouse tidak

menggunakan sinyal bluetooth hanya menggunakan kabel usb yang menyambung dari modul kaki ke komputer user(Soeseno et al., 2023). Ada berbagai masukan untuk mouse ini salah satunya adalah kelelahan saat menggunakan mouse ini dikarenakan tangan yang terus menerus terangkat untuk menggerakan kursor, menyarankan untuk mengganti cara menggerakan kursor menggunakan joystik.

1.2 Identifikasi Masalah

Pada versi mouse sebelumnya penggunaan sensor IMU untuk menyimulasikan gerakan kursor membuat lengan harus tetap terangkat yang membuat pengguna mudah lelah. Sehingga diperlukan jenis kendali kursor yang lain.

1.3 Batasan Masalah

- Menggunakan joystick yang menggantikan sensor IMU
- Menggunakan joystick Arduino
- Menggunakan empat buah footswitch sebagai fungsi klik, yaitu klik kiri, klik kanan, scroll up, dan scroll down.

1.4 Perumusan Masalah

Bagaimana membuat prototipe perangkat mouse dengan menggunakan joystick sebagai penggerak kursor mouse dan menguji tingkat kenyamanan penggunaannya.

1.5 Tujuan Penelitian

Mengembangkan perangkat mouse dengan menggunakan joystick sebagai penggerak kursor mouse dan menguji tingkat kenyamanan penggunaannya.

1.6 Manfaat Penelitian

Menghasilkan pengembangan perangkat tetikus dengan menggunakan joystick untuk tuna daksa yang lebih tidak mudah lelah dan dapat digunakan bagi tuna daksa di lingkungan pekerjaan.

- Bagi Pembaca: Dapat mengetahui prototipe mouse dengan menggunakan joystick
- Bagi Pengguna: Dapat mengetahui kinerja dari mouse dengan menggunakan joystick
- Bagi Peneliti: Dapat mengetahui kekurangan dan kelebihan dari mouse dengan menggunakan joystick

1.7 Luaran Penelitian

Luaran berupa simulasi pengoperasian purwarupa dalam menggunakan excel

1.8 Sistematika Penulisan

Bab I berisikan pendahuluan penelitian dari latar belakang, identifikasi masalah hingga luaran penelitian.

Bab II berisikan kajian pustaka yang mencangkup semua yang digunakan dalam penelitian.

Bab III berisikan perancangan sistem prototipe mouse dengan menggunakan joystick dan data yang ingin diambil. Pada bab ini juga perancangan uji statistic yang akan dilakukan setelah data telah didapatkan

Bab IV berisikan hasil prototipe yang telah dirancang, data yang telah diambil, dan analisa data dengan menggunakan uji statistic. Pada bab ini juga berisikan potongan-potongan kode yang penting dalam membuat mouse dengan joystick

Bab V berisikan kesimpulan dari data yang telah diuji statistic dan saran untuk penelitian berikutnya.

Bab II. Kajian Pustaka

2.1 Disabilitas

Tuna daksa adalah suatu kelainan yang terjadi pada sistem saraf yang mengganggu kemampuan seseorang untuk mengontrol gerakan, seperti kesulitan untuk menggerakan otot-otot tubuh, kesulitan untuk mengontrol gerakan atau posisi tubuh, dan masalah dalam menggerakkan tangan atau kaki (Kusumaningsih et al., 2022). Statistik dari hasil Long Form Sensus tahun 2020 menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 2,976,763 jiwa di Indonesia yang memiliki kesulitan dalam menggunakan jari dan tangan.

2.2 Perangkat Tetikus

Perangkat tetikus (*mouse*) merupakan sebuah perangkat keras (*hardware*) sebagai sebuah *input* komputer yang bekerja untuk menggerakan kursor pada sebuah computer (Wijanto et al., 2016).



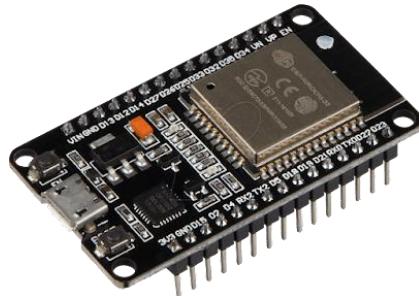
Gambar 2.1 Mouse

Mouse pada umumnya digunakan dengan cara dipegang dengan menggunakan tangan dominan seperti pada gambar 2.1. Mouse memiliki beberapa fungsi antaranya klik kiri, klik kanan, *scroll up*, *scroll down*, dan klik pada mouse dapat ditahan.

2.3 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang sangat populer dan kuat yang dikembangkan oleh Espressif Systems. ESP32 dapat disambungkan dengan berbagai

inputan seperti button dan sensor. ESP32 juga telah dilengkapi dengan sinyal Bluetooth dan WiFi yang membuat ESP32 ini dapat dengan mudah berkomunikasi antar ESP32 dengan menggunakan protocol yang disebut ESP-NOW.

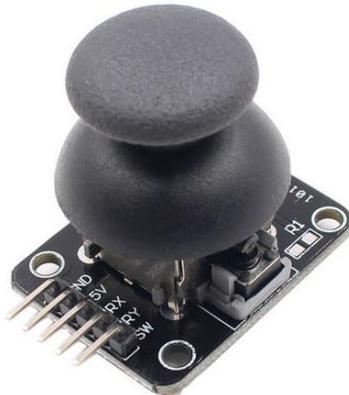


Gambar 2.2 ESP32

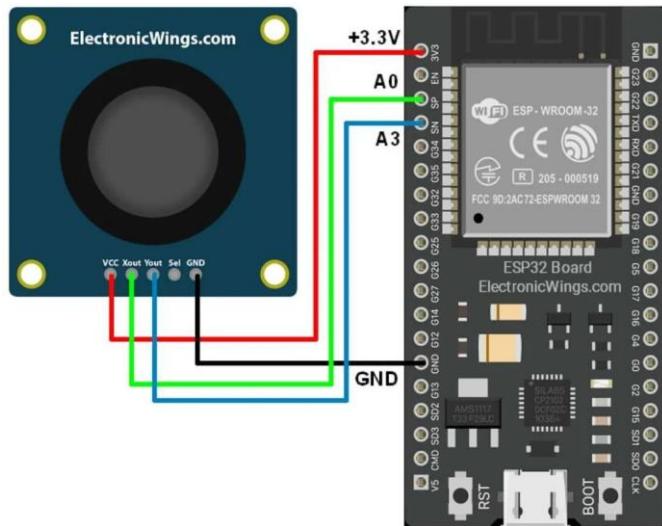
Dalam penelitian ini akan menggunakan dua buah ESP32 yang akan digunakan untuk menerima input dari button yang digunakan untuk simulasikan fungsi klik pada mouse, dan menerima input untuk simulasikan pergerakan mouse yaitu naik turun dan kiri kanan.

2.4 Joystick

Joystick adalah sebuah perangkat input yang digunakan untuk control gerakan. Joystick terdiri dari dua buah potensiometer yang digunakan untuk sumbu x dan sumbu y.



Gambar 2.3 Joystick



Gambar 2.4 Wiring joystick

Joystick memiliki lima buah pin yaitu, GND, VCC, VRX, VRY, dan SW. Pada gambar 2.4 merupakan wiring joystick ke ESP32 dengan pin GND akan disambungkan ke pin GND yang terdapat pada ESP32, pin VCC akan disambungkan ke pin 3.3V pada ESP32, VRX disambungkan pada pin analog untuk membaca input sumbu x, VRY disambungkan pada pin analog untuk membaca input sumbu y, dan SW disambungkan pada pin digital untuk membaca input tekanan. Hasil input VRX dan VRY bertipe data integer dengan range data dari 0 hingga 1023, dan SW bertipe data Boolean yang akan membaca satu jika ditekan dan kosong saat tidak ditekan.

2.5 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah lingkungan pengembangan perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram dan mengembangkan program untuk mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32.



Gambar 2.5 Arduino IDE

Arduino IDE memiliki library yang sangat beragam, salah satu library yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah library ESP-NOW yang akan digunakan untuk komunikasi antar ESP32.

2.6 ESP-NOW

ESP-NOW adalah protokol komunikasi tanpa kabel yang dirancang khusus untuk komunikasi *peer-to-peer* antara perangkat ESP32 tanpa memerlukan infrastruktur jaringan Wi-Fi seperti router atau titik akses.



Gambar 2.6 ESP-NOW komunikasi satu arah (Sumber: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp32-arduino-ide/>)



Gambar 2.7 ESP-NOW komunikasi dua arah (Sumber: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp32-arduino-ide/>)

ESP-NOW dapat digunakan untuk komunikasi satu arah seperti pada gambar 2.6 maupun komunikasi dua arah seperti pada gambar 2.7, yang dibutuhkan agar ESP32 dapat saling berkomunikasi adalah Mac Address yang terdapat pada setiap ESP32.



Gambar 2.8 ESP-NOW many to one (Sumber: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp32-arduino-ide/>)



Gambar 2.9 ESP-NOW one to many (Sumber: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-esp32-arduino-ide/>)

Selain bisa komunikasi antar dua buah ESP32, ESP-NOW juga dapat digunakan untuk satu ESP32 menerima data dari lebih dari satu ESP32 seperti pada gambar 2.8 dan sebaliknya satu ESP32 mengirim data ke lebih dari satu ESP32 seperti pada gambar 2.9.

2.7 Bluetooth

Bluetooth adalah teknologi nirkabel yang digunakan untuk pertukaran data jarak pendek antara perangkat elektronik. Bluetooth dirancang untuk menggantikan kabel yang menghubungkan perangkat, memudahkan komunikasi antar perangkat seperti ponsel, komputer, headset, dan perangkat lainnya.



Gambar 2.10 Bluetooth

ESP32 dapat menggunakan dua jenis Bluetooth yaitu Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR) dan Bluetooth Low Energy (BLE). Bluetooth BR/EDR dirancang untuk aplikasi dengan kebutuhan transfer data yang lebih tinggi sedangkan BLE dirancang untuk memerlukan konsumsi daya rendah.

2.8 ISO 9241-411

Tujuan dari ISO 9241-411 adalah untuk menjelaskan metode uji kinerja untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas perangkat input yang sudah ada atau baru, juga termasuk memberikan informasi tentang potensial pengujian perangkat input. Pengujian akan mengukur throughput. Karena tidak memungkinkan untuk mendefinisikan satu prosedur uji kinerja tunggal yang akan mencakup semua perangkat input dan situasi penggunaan, ISO 9241-411 menyediakan beberapa prosedur

Perangkat input harus diuji untuk tugas-tugas yang dimaksudkan untuk digunakan. Pengujian yang dirancang untuk mengevaluasi tugas primitif meliputi menunjuk, memilih, menarik, melacak, dan free-hand input. Sebuah perangkat input tidak perlu untuk diuji pada semua tugas kecuali jika semuanya dianggap sebagai komponen penting dari sebuah perangkat input tersebut. Perbandingan yang valid antara dua atau lebih perangkat input yang berbeda hanya dapat dicapai dengan cara pengujian yang sama.

Karena adanya potensi kurang lazim dengan desain perangkat input yang baru, subjek mungkin memerlukan pelatihan sebelum pengujian kinerja dapat dilakukan dengan dapat diandalkan. Dalam kasus di mana pelatihan diperlukan, setiap subjek harus diizinkan untuk mempelajari penggunaan perangkat input hingga kecepatan dan akurasi tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Subjek harus diberikan sesi latihan yang cukup untuk memastikan bahwa efek pembelajaran

$$Tp = \frac{I_{De}}{t_m}$$

(1)

Perhitungan throughput perangkat input memerlukan beberapa variabel. Variabel yang diperlukan adalah *effective index of difficulty* (I_{De}) dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas (t_m) yang memiliki rumus yang terlihat pada rumus (1).

$$I_D = \log_2 \frac{d+w}{w}$$

(2)

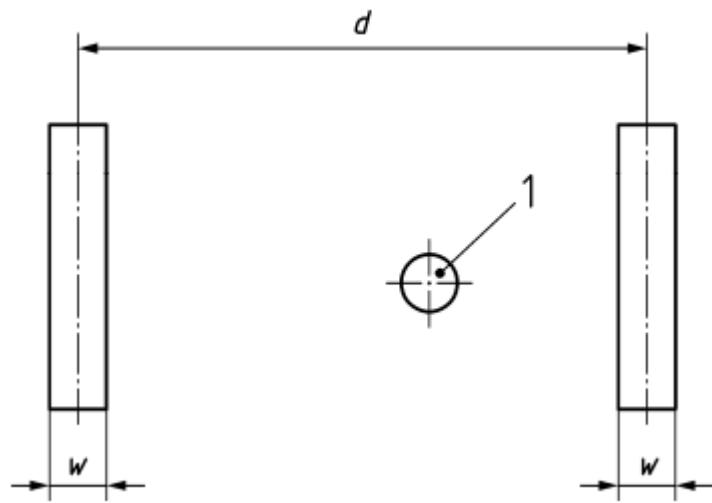
$$I_{De} = \log_2 \frac{d+w_e}{w_e}$$

(3)

Variabel lainnya adalah index of difficulty (I_D) yang memiliki rumus (2) dimana d adalah jarak antar target dan w adalah lebar dari target, dan effective index of difficulty (I_{De}) yang memiliki rumus (3) dimana W_e adalah efektifitas jarak yang didapat dari 4.133 dikali dengan standard deviasi.

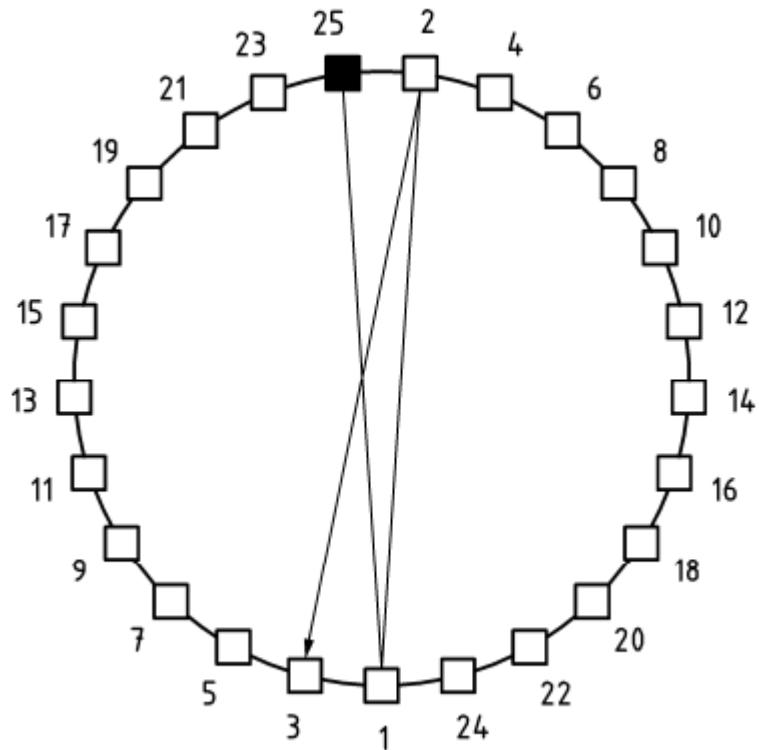
Tugas yang memiliki I_D lebih dari enam maka akan tergolong level high, I_D yang berada di antara empat dan enam akan termasuk level medium, I_D antara tiga dan empat akan termasuk level low, dan I_D dibawah 3 akan termasuk level very low.

Ada dua macam jenis tes yang dapat digunakan untuk perangkat input yang bertujuan untuk menggerakan kursor yaitu, one-direction tapping test dan multi-directional tapping test.



Gambar 2.11 One-direction tapping test (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)

Gambar 2.11 merupakan gambar dari tes one direction. Tes dilakukan dengan subjek menggerakan kursor menuju arah persegi panjang dan meneklik pada persegi panjang kemudian bergerak ke arah berlawanan menuju persegi panjang lainnya dan menekliknya. Tes ini dilakukan hingga setiap persegi panjang telah diklik sebanyak 25 kali. Tingkat kesulitan dalam tes ini dipengaruhi oleh jarak antara persegi panjang dan lebar dari persegi panjang.



Gambar 2.12 Multi-directional test (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)

Gambar 2.12 merupakan gambar dari tes multi directional. Tes dilakukan dengan subjek menggerakan kursor menuju lingkaran yang bertanda dan mengeklik, kemudian menuju lingkaran yang bertanda berikutnya. Tes ini berakhir ketika semua lingkaran sudah terklik. Tingkat kesusahan dari tes ini dipengaruhi oleh jarak antar lingkaran dan diameter lingkaran.

2.9 Uji T

Uji t adalah uji statistik yang membandingkan rata rata dari dua kelompok sampel. Tujuan dari uji t adalah mengetahui apakah ada perbedaan signifikan antara dua kelompok sampel. Uji t memiliki berbagai macam jenis yaitu Uji t berpasangan, Uji t tidak berpasangan, dan Uji t satu sampel. Proses uji t dimulai dari menentukan H_0 dan H_1 dengan:

H null: Tidak ada perbedaan rata rata yang signifikan antara dua kelompok

H1: Ada perbedaan rata rata yang signifikan antara dua kelompok

Setelah membuat H null dan H1 berikutnya adalah menghitung nilai t. Setiap jenis uji t memiliki rumus yang berbeda beda.

$$t = \frac{\text{mean1} - \text{mean2}}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

$$t = \frac{\text{mean1} - \text{mean2}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2)$$

$$t = \frac{\text{mean} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3)$$

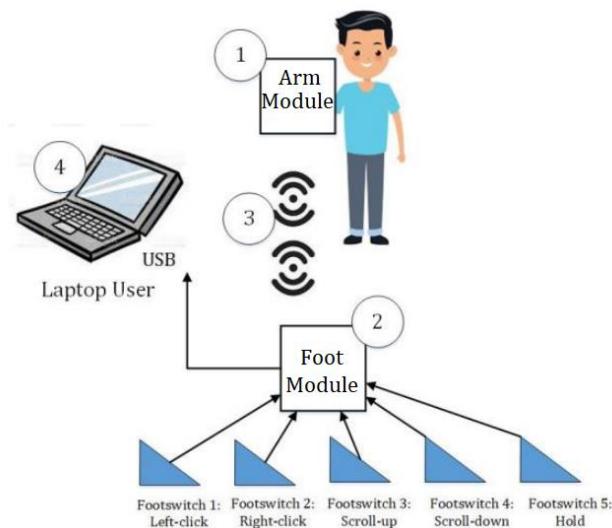
Uji t berpasangan memiliki rumus (1) dengan s adalah standar deviasi dan n adalah jumlah sampel. Rumus (2) adalah rumus uji t tidak berpasangan. Dengan s_1 adalah standar deviasi kelompok satu dan s_2 adalah standar deviasi kelompok dua. Dengan n_1 adalah jumlah sampel kelompok satu dan n_2 adalah jumlah sampel kelompok dua. Uji t satu sampel memiliki rumus (3) dengan μ adalah rata rata populasi yang dihipotesiskan.

Setelah t telah dihitung selanjutnya adalah menentukan derajat kebebasan (df). Derajat kebebasan dapat diketahui dengan cara menjumlahkan jumlah kedua sampel kemudian kurangi dengan satu. Setelah mengetahui df t akan dibandingkan dengan nilai kritis yang terdapat pada tabel t dengan memperhatikan df yang sesuai. Jika t lebih besar dari nilai kritis maka tolak H null, sebaliknya jika t lebih kecil dari nilai kritis maka gagal tolak H null.

Bab III Analisis dan Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram

Pada penelitian ini merubah berbagai bagian dalam perangkat tetikus untuk tunadaksa, yang pada mulanya menggunakan sensor IMU untuk mengsimulasikan gerakan kursor dan lima buah footswitch yang mengsimulasikan fungsi klik pada mouse menjadi menggunakan joystick yang digunakan untuk mengsimulasikan gerakan mouse dan mengurangi jumlah footswitch menjadi empat.



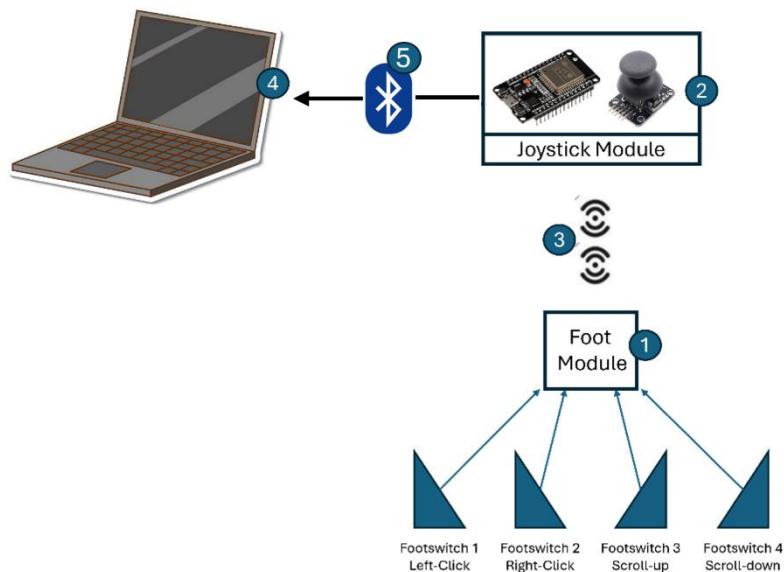
Gambar 3.1 Block diagram penelitian sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya memiliki empat komponen yaitu :

1. **Arm Module.** Arm Module dilengkapi dengan ESP32 dan sensor IMU. Sensor IMU adalah sensor yang membaca akselerometer dan giroskop yang akan membaca data yaw, pitch, dan roll yang bertipe data float. ESP32 pada Arm Module akan mengirim data yang telah diperoleh dan mengirimnya pada Foot Module.
2. **Foot Module.** Foot Module dilengkapi dengan ESP32 dan lima buah footswitch. Fungsi dari lima buah footswitch adalah mengsimulasikan fungsi pada mouse yang terdiri dari klik kiri, klik kanan, scroll up, scroll down, dan hold. Data lima footswitch bertipe data Boolean yang akan

memberi angka satu(1) jika footswitch ditekan dan akan memberikan angka kosong(0) jika footswitch tidak ditekan. ESP32 pada Foot Module akan menerima data yang telah dikirimkan oleh Arm Module dan menggabungkan data dari sensor IMU dan lima buah footswitch dengan format “pitch; roll; footswitch1; footswitch2; footswitch3; footswitch4; footswitch5;” dan akan mengirimnya ke laptop menggunakan kabel USB.

3. ESP-NOW. Komunikasi antar modul menggunakan ESP-NOW yang dimiliki oleh ESP32. Komunikasi dimulai dengan cara memasukan mac address ESP32 penerima kedalam ESP32 pengirim, dalam kasus ini ESP32 pengirim adalah ESP32 yang terdapat pada Arm Module dan ESP32 penerima adalah ESP32 yang terdapat pada Foot Module.
4. Software. Dalam komputer user terdapat software yang membaca data yang dikirim oleh Foot Module dan mengubah data tersebut menjadi gerakan mouse dan fungsi klik mouse. Ada juga beberapa fungsi tambahan seperti memunculkan soft keyboard saat klik kiri dan klik kanan ditekan secara bersamaan



Gambar 3.2 Blok diagram penelitian (Sumber: Perancangan)

Dalam penelitian ini akan memiliki lima komponen yaitu:

1. Foot Module. Module ini sama seperti Foot module pada penelitian sebelumnya, hanya yang membedakan ialah hanya ada empat buah footswitch. Footswitch untuk hold ditiadakan dikarenakan dalam software fungsi hold sama seperti menekan terus klik kiri.
2. Joystick Module. Fungsi module ini sama seperti Arm module yaitu mengsimulasikan gerak kursor, yang membuatnya berbeda +adalah mengganti sensor IMU dengan joystick. Sensor IMU yang diletakan di tangan diganti dengan joystick dikarenakan faktor kelelahan saat menggunakan bagian atas tangan.
3. ESP-NOW. Komunikasi antar module tetap menggunakan ESP-NOW, hanya yang membedakan adalah arah dari data tersebut. Jika dari penelitian sebelumnya ARM module mengirim data pada Foot Module, sekarang dari Click Module mengirim data ke Joystick module.
4. Software. Software dari penelitian sebelumnya akan dimodifikasi dikarenakan inputan data yang berbeda.
5. Bluetooth. Bluetooth akan digunakan untuk mengirim data dari joystick module menuju komputer user.

3.2 Rancangan Eksperimen

Dalam penelitian ini akan melakukan eksperimen dengan empat orang yang akan mencoba mouse pada umumnya dan prototipe mouse dengan menggunakan joystick.

Tabel 3.1 Latin Square

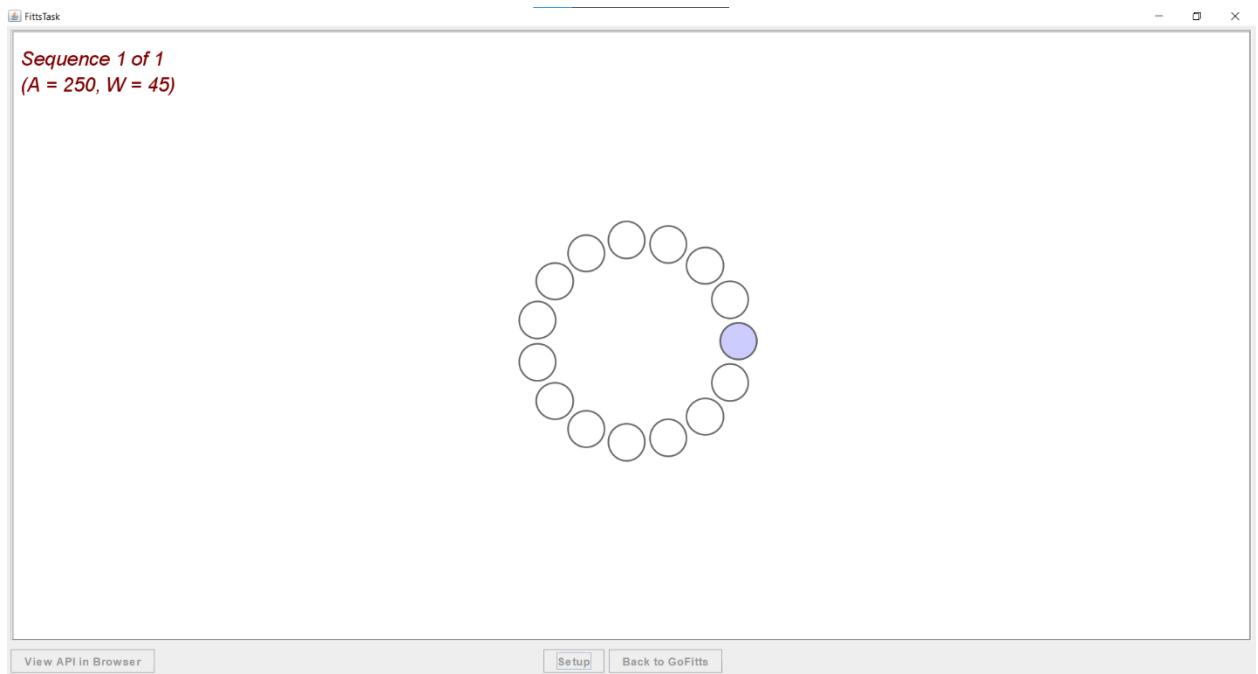
Latin Square		
1	A	B
2	B	A

Tabel 3.1 adalah latin square yang akan digunakan untuk eksperimen ini, dari empat orang akan dibagi menjadi dua grup yaitu grup 1 dan 2. Masing masing grup akan melakukan tugas yang sama yaitu tugas ISO 9241-411 multi directional test, yang membedakan grup 1 dan 2 adalah urutan penggunaan perangkat tetikus. Grup 1 akan menyelesaikan tes A terlebih dahulu kemudian menyelesaikan tes B. Tes A adalah mengerjakan multi directional tes dengan menggunakan mouse, sedangkan tes B adalah mengerjakan multi directional tes dengan menggunakan joystick, Grup 2 akan melakukan tes B terlebih dahulu kemudian akan mengerjakan tes A. Pada saat sebelum melakukan semua tugas subjek diberi waktu lima belas hingga dua puluh menit yang digunakan untuk pembiasaan dalam pengoperasian mouse. Setelah melakukan salah satu tugas subjek diberi waktu istirahat sebanyak dua puluh menit.

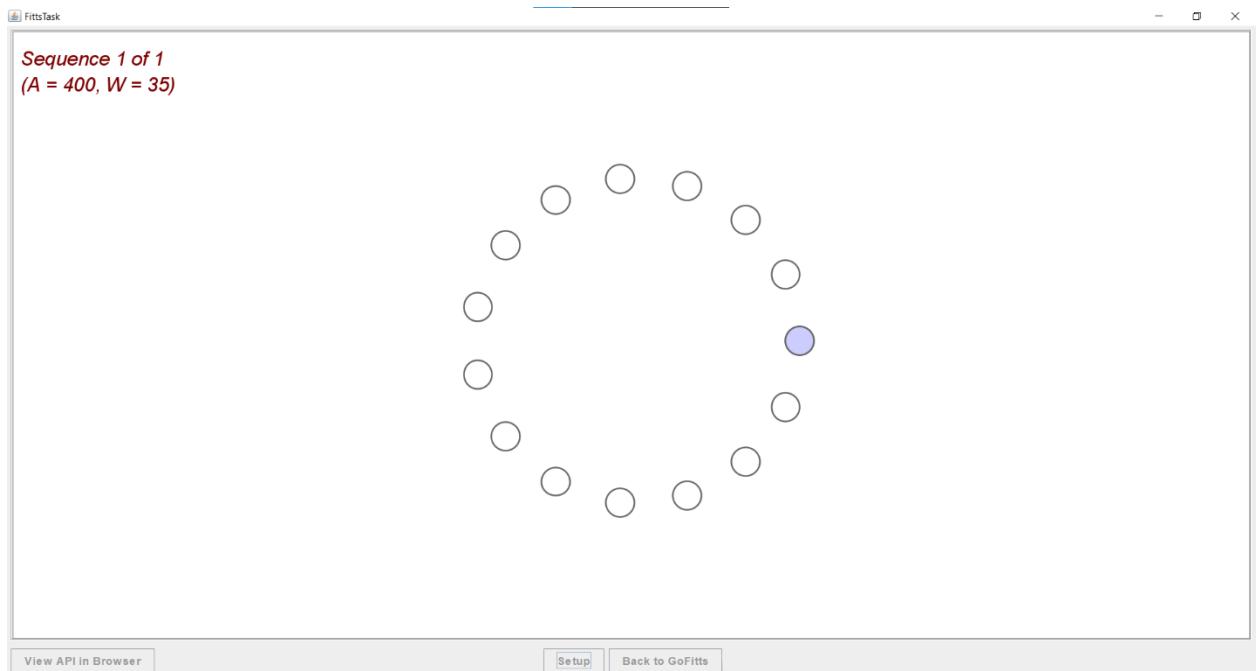
Tabel 3.2 Desain tingkat kesulitan

ID Desain			
d (pixel)	w (pixel)	ID (bits)	ID Level
675	10	6.098032	High
550	25	4.523562	Medium
400	35	3.635589	Low
250	45	2.712718	Very Low

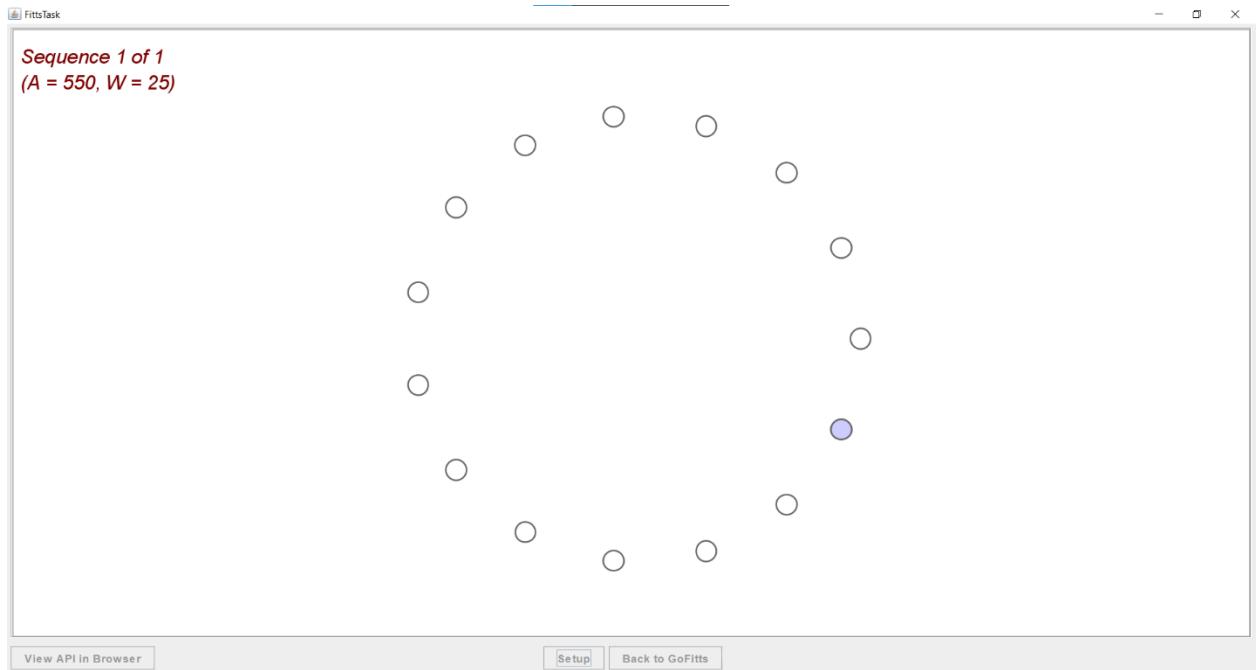
Pada tabel 3.2 adalah tingkat kesulitan pada multi directional tes. Subjek akan melakukan multi directional test dengan tiga tingkat kesulitan yaitu very low, low, medium, dan high sebanyak masing masing empat kali. Subjek akan melakukan tes dengan menggunakan aplikasi Go Fitt's yang menyediakan berbagai tes untuk mengukur efektifitas dan efisiensi perangkat input.



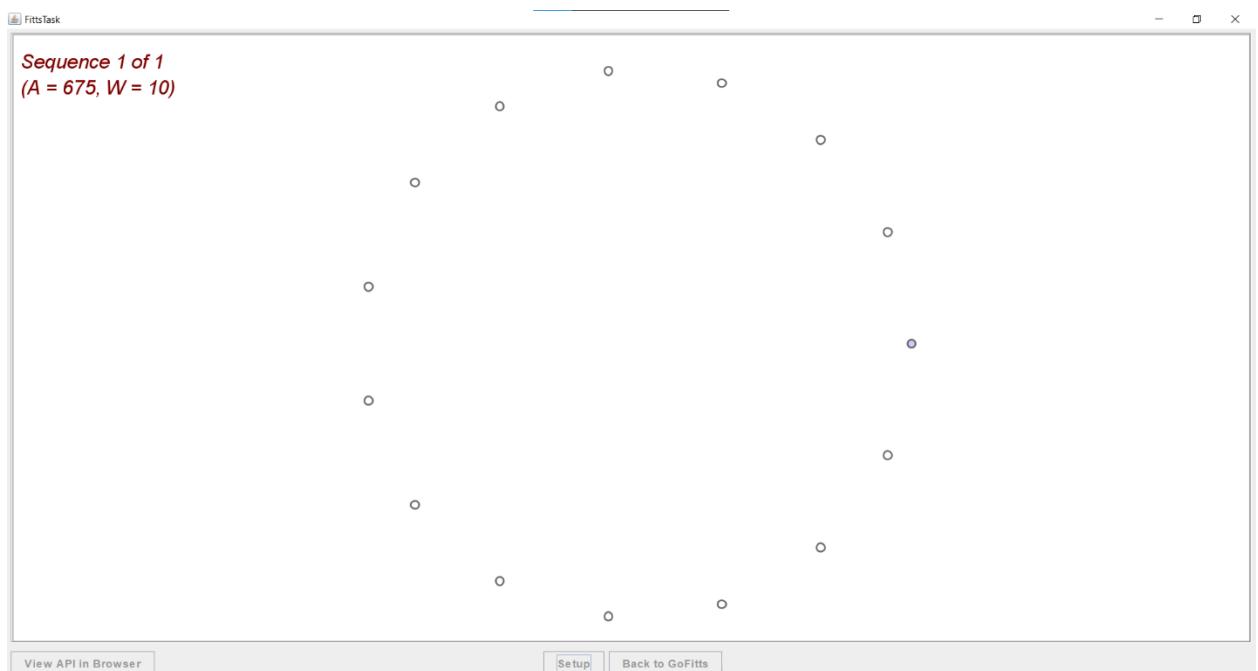
Gambar 3.3 Tingkat kesulitan : very low



Gambar 3.4 Tingkat kesulitan : low

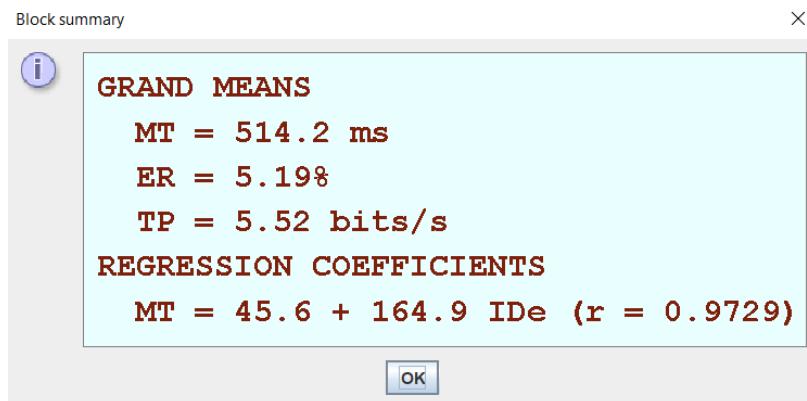


Gambar 3.5 Tingkat kesulitan : Medium



Gambar 3.6 Tingkat kesulitan : High

Gambar 3.3 adalah gambar tes yang kan dilakukan oleh subjek dengan tingkat kesusahan very low dengan ukuran lingkaran sebesar 45 pixel dan jarak sebesar 250 pixel. Gambar 3.4 adalah tes dengan tingkat kesulitan low dengan ukuran lingkaran sebesar 35 pixel dan jarak sebesar 400 pixel. Gambar 3.5 adalah tes dengan tingkat kesulitan medium dengan ukuran lingkaran sebesar 25 pixel dan jarak sebesar 550 pixel. Gambar 3.6 adalah tes dengan tingkat kesulitan high dengan ukuran lingkaran sebesar 10 pixel dan jarak sebesar 675 pixel. Cara kerja tes ini adalah dengan mengeklik pada lingkaran yang berwarna biru kemudian lingkaran berwarna biru akan berubah warna menjadi warna putih dan mengubah satu buah lingkaran yang berwarna putih menjadi warna biru yang menandakan target lingkaran yang perlu diklik berikutnya.



Gambar 3.7 Contoh hasil tes dengan Go-Fitts

Dari multi directional test akan menghasilkan nilai kecepatan dan throughput seperti pada gambar 3.7.

3.3 Evaluasi

Evaluasi mouse akan menggunakan hasil yang telah didapat dari multi directional tes dan ditambahi dengan menggunakan kuesioner sebagai hasil kualitatif.

Tabel 3.3 Rancangan tabel hasil multi directional test

Blok	d (pixel)	w (pixel)	ID (bits)	Mouse		Joystick	
				t	TP	t	TP
1	675	10	6.098032				
	550	25	4.523562				
	400	35	3.635589				
	250	45	2.712718				
2	675	10	6.098032				
	550	25	4.523562				
	400	35	3.635589				
	250	45	2.712718				
3	675	10	6.098032				
	550	25	4.523562				
	400	35	3.635589				
	250	45	2.712718				
4	675	10	6.098032				
	550	25	4.523562				
	400	35	3.635589				
	250	45	2.712718				
				mean			

Pada tabel 3.3 adalah tabel untuk menyimpan hasil tes multi directional dari subjek. Subjek akan melakukan tes sebanyak empat kali.

1. Force required for actuation:						
1	2	3	4	5	6	7
Very uncomfortable				Very comfortable		
2. Smoothness during operation:						
1	2	3	4	5	6	7
Very rough				Very smooth		
3. Effort required for operation:						
1	2	3	4	5	6	7
Very high				Very low		
4. Accuracy:						
1	2	3	4	5	6	7
Very inaccurate				Very accurate		
5. Operation speed:						
1	2	3	4	5	6	7
Unacceptable				Acceptable		
6. General comfort:						
1	2	3	4	5	6	7
Very uncomfortable				Very comfortable		
7. Overall operation of input device:						
1	2	3	4	5	6	7
Very difficult (to use)				Very easy (to use)		
8. Finger fatigue:						
1	2	3	4	5	6	7
Very high				None		
9. Wrist fatigue:						
1	2	3	4	5	6	7
Very high				None		
10. Arm fatigue:						
1	2	3	4	5	6	7
Very high				None		
11. Shoulder fatigue:						
1	2	3	4	5	6	7
Very high				None		
12. Neck fatigue:						
1	2	3	4	5	6	7
Very high				None		

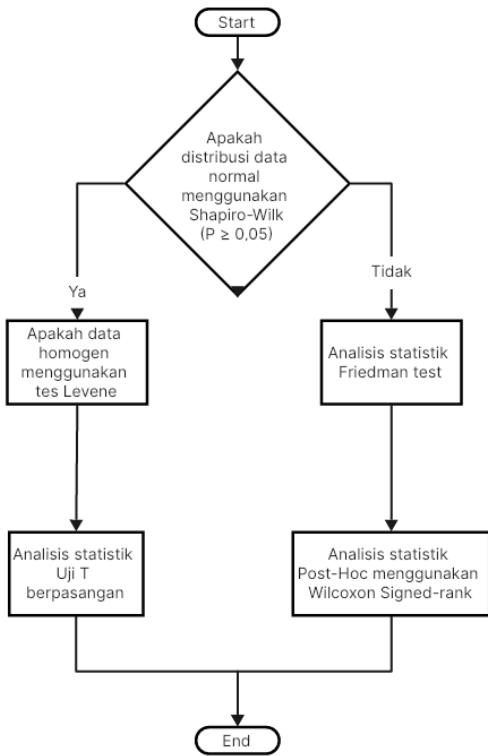
Gambar 3.8 Kuesioner (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)

Setiap subjek setelah menyelesaikan multi directional tes akan diwawancara mengenai kenyamanan dan kelelahan dalam pengoperasian perangkat tetikus dengan menggunakan kuesioner seperti pada gambar 3.8. Setiap subjek akan diwawancara kuesioner sebanyak dua kali yang dikarenakan subjek menggunakan dua macam perangkat tetikus.

Effort			Effort
Arm	Shoulder	Neck	
() 10	() 10	() 10	Very, very strong (almost max.)
() 9	() 9	() 9	
() 8	() 8	() 8	
() 7	() 7	() 7	Very strong
() 6	() 6	() 6	
() 5	() 5	() 5	Strong (heavy)
() 4	() 4	() 4	Somewhat strong
() 3	() 3	() 3	Moderate
() 2	() 2	() 2	Weak (light)
() 1	() 1	() 1	Very weak
() 0,5	() 0,5	() 0,5	Very, very weak (just noticeable)
() 0	() 0	() 0	Nothing at all

Gambar 3.9 Borg scale (Sumber: dokumentasi ISO 9421-411)

Setiap subjek juga akan mengisi borg scale pada akhir tes seperti pada gambar 3.9, tujuan dari borg scale adalah untuk mengetahui seberapa banyak upaya yang digunakan untuk menggunakan perangkat tetikus. Setiap subjek akan mengisi sebanyak dua kali.



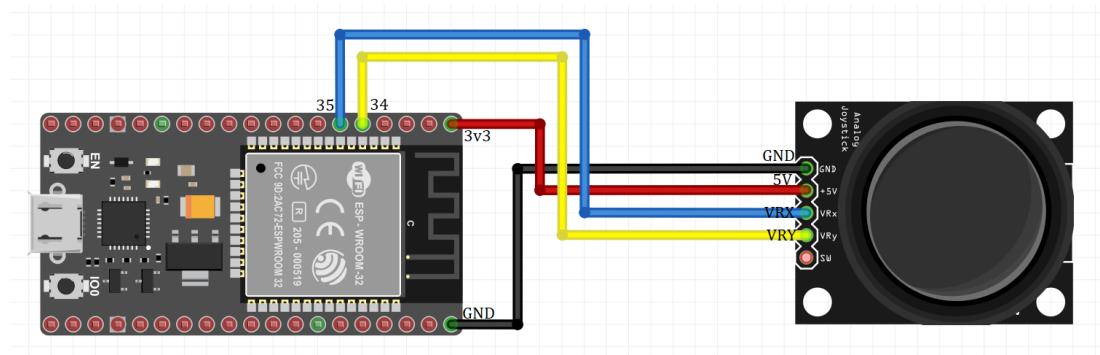
Gambar 3.10 Flowchart uji statistik

Data yang telah didapatkan berikutnya dengan menggunakan flowchart pada gambar 3.10 akan melakukan tes Shapiro-Wilk untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal jika hasil p lebih besar sama dengan 0,05 maka akan analisis statistic Levene kemudian menggunakan uji T berpasangan, sedangkan jika p kurang dari 0,05 maka akan menggunakan tes Friedman dikarenakan eksperimen ini menggunakan within subjek, setelah itu akan menggunakan Wilcoxon.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

4.1. Joystick Module

Pada modul joystick terdapat ESP32(*ESP32 Series, 2021*) dan joystick arduino, dimana pin GND pada joystick dihubungkan dengan pin GND pada ESP32, pin 5V pada joystick dihubungkan dengan pin 3v3 pada ESP32, pin VRX pada joystick dapat dihubungkan ke pin input manapun; pada prototipe ini dihubungkan dengan pin 35(GPIO18) pada ESP32. Pin VRY pada joystick dihubungkan ke pin input manapun; pada prototipe ini dihubungkan dengan pin 34(GPIO5) pada ESP32, dan pin SW tidak digunakan seperti pada gambar 4.1. Modul joystick akan membaca data joystick, menerima data yang diterima dari foot module, memformat data menjadi x;y;btn1;btn2;btn3;btn4; kemudian mengirim data menggunakan Bluetooth.



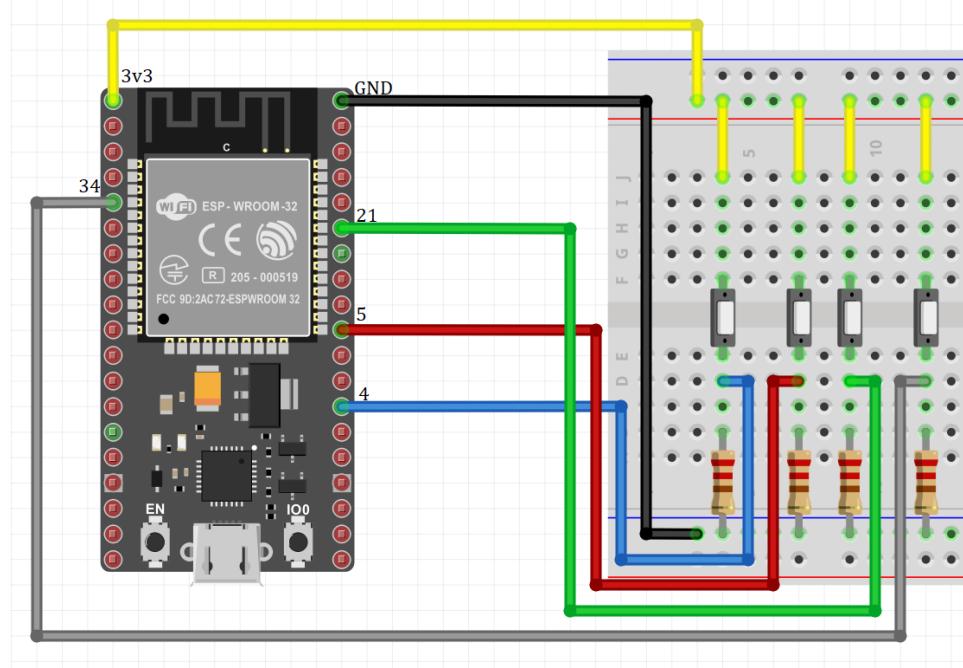
Gambar 4.1 Joystick Module

Pada gambar 4.1 merupakan wiring yang terdapat pada joystick module kabel berwarna hitam adalah ground, warna merah adalah 3v3, warna biru adalah VRX dan kabel kuning adalah VRY.

4.2. Foot Module

Pada modul foot terdapat ESP32-WROOM dan 4 buah footswitch dimana akan terhubung di pin 4, 5, 21, dan 34. Footswitch tidak harus terhubung pada pin yang sama, pastikan saja pin merupakan GPIO. Perbedaan foot module baru dan foot module versi sebelumnya hanya terdapat di jumlah footswitch yang digunakan dan program dalam

ESP32 foot module. Modul foot digunakan untuk membaca data dari empat buah footswitch kemudian mengirim data ke modul joystick dengan menggunakan protocol ESP-NOW.



Gambar 4.2 Foot Module

Pada gambar 4.2 merupakan wiring pada foot module. Kabel berwarna hitam terhubung dengan pin GND pada ESP32-WROOM(Esp32- Wroom-32, 2023). Kabel berwarna kuning terhubung dengan pin 3v3 yang digunakan untuk menyediakan daya. Kabel berwarna biru, merah, hijau, dan abu abu terhubung dengan pin yang memiliki fungsi sebagai GPIO, dalam penelitian ini menggunakan pin 4(GPIO4), 5(GPIO5), 21(GPIO21), dan 34(GPIO34).

4.3. Program Mac Address Joystick Module

Hal pertama yang diperlukan untuk melakukan komunikasi antar ESP32 menggunakan ESP-NOW adalah dengan cara mengenali *mac address* tujuan yaitu *mac address* ESP32 yang terdapat pada modul joystick.

```
1 #include "WiFi.h"
2
3 void setup(){
4     Serial.begin(115200);
5     WiFi.mode(WIFI_MODE_STA);
6 }
7
8 void loop(){
9     Serial.println(WiFi.macAddress());
10 }
```

Gambar 4.3 Kode lihat mac address

Pada gambar 4.3 memperlihatkan kode yang digunakan untuk menampilkan mac address ESP32 pada serial monitor. Pada baris satu menggunakan library “WiFi” yang menyediakan fungsi untuk mengendalikan WiFi pada ESP32. Pada baris tiga hingga lima merupakan kode setup yang akan dilakukan sekali saja saat ESP32 menyala, pada bagian ini membuka komunikasi serial dengan baudrate 115200 dan mengatur WiFi kedalam mode station. Pada baris delapan hingga sepuluh merupakan bagian loop yang akan dijalankan terus menerus menampilkan mac address pada serial monitor. Mac address yang tertampil di serial monitor disimpan dikarenakan akan digunakan dalam program ESP32 yang terdapat di foot module.

4.4. Program Foot Module

Program pada foot module membaca footswitch dan mengirim data dengan menggunakan ESP-NOW menuju ESP32 yang mac addressnya telah disimpan, dalam hal ini ESP32 yang terletak di joystick module.

```
1 #include <esp_now.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include "Wire.h"
4 #define BTN1 4
5 #define BTN2 5
6 #define BTN3 21
7 #define BTN4 34
8 uint8_t broadcastAddress[] = {0x24, 0x0A, 0xC4, 0xC1, 0x21, 0x14};
9 esp_now_peer_info_t peerInfo;
```

Gambar 4.4 Library foot module

Gambar 4.4 merupakan potongan kode pada foot module bagian import library dan mendefinisikan beberapa variable yang diperlukan. Pada baris satu hingga tiga import library yang digunakan untuk komunikasi antar ESP32 dan library yang digunakan untuk mengatur WiFi pada ESP32. Pada baris empat hingga tujuh mendefinisikan pin yang akan digunakan untuk membaca footswitch. Pada baris delapan adalah letak menaruh mac address yang telah disimpan dengan format 0x kemudian diikuti mac address.

```
1 | typedef struct struct_message {
2 |     int btn1;
3 |     int btn2;
4 |     int btn3;
5 |     int btn4;
6 | } struct_message;
7 | struct_message myData;
```

Gambar 4.5 Struct pengiriman data

Gambar 4.5 membuat struct yang akan digunakan untuk menaruh data yang akan dikirim melalui ESP-NOW. Data yang akan dimasukan kedalam struct adalah empat buah footswitch dengan nama btn1, btn2, btn3, dan btn4.

```
1 | void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
2 |     Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
3 |     Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" : "Delivery Fail");
4 | }
```

Gambar 4.6 Fungsi OnDataSent

Gambar 4.6 membuat fungsi OnDataSent yang akan menampilkan pesan pada serial monitor apakah pengiriman berhasil atau tidak.

```
1 void setup() {
2     Serial.begin(115200);
3     pinMode(BTN1, INPUT);
4     pinMode(BTN2, INPUT);
5     pinMode(BTN3, INPUT);
6     pinMode(BTN4, INPUT);
7
8     Wire.begin();
9
10    WiFi.mode(WIFI_STA);
11
12    if (esp_now_init() != ESP_OK) {
13        Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
14        return;
15    }
16
17    esp_now_register_send_cb(OnDataSent);
18
19    memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
20    peerInfo.channel = 0;
21    peerInfo.encrypt = false;
22
23    if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
24        Serial.println("Failed to add peer");
25        return;
26    }
27}
```

Gambar 4.7 Kode setup pada foot module

Gambar 4.7 merupakan kode setup pada foot module. Pada baris dua membuka komunikasi serial dengan baudrate 115200. Pada baris tiga hingga enam mendefinisikan bahwa BTN1 hingga BTN4 adalah sebuah input. Pada baris delapan memulai wire. Pada baris sepuluh mengubah WiFi menjadi station. Pada baris dua belas hingga enam belas memastikan ESP-NOW berhasil diinisialisasi. Pada baris tujuh belas hingga dua belas menggunakan fungsi OnDataSent pada setiap pengiriman data. Pada baris sembilan belas hingga 21 melakukan peer terhadap ESP32 dengan mac address yang telah dimasukan. Pada baris 23 hingga 26 menampilkan pada serial monitor jika peer gagal dilakukan.

```

1 void loop() {
2     if((millis()-timer)>10){
3         myData.btn1 = digitalRead(BTN1);
4         myData.btn2 = digitalRead(BTN2);
5         myData.btn3 = digitalRead(BTN3);
6         myData.btn4 = digitalRead(BTN4);
7         timer = millis();
8     }
9
10    esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *) &myData, sizeof(myData));
11
12    if (result == ESP_OK) {
13        Serial.println("Sent with success");
14    }
15    else {
16        Serial.println("Error sending the data");
17    }
18 }

```

Gambar 4.8 Kode loop pada foot module

Gambar 4.8 merupakan bagian loop dalam foot module. Pada baris dua hingga delapan membaca dan memasukan footswitch kedalam struct. Pada baris sepuluh mengirim data struct dengan tujuan mac address. Pada baris dua belas hingga tujuh belas memberikan informasi mengenai pengiriman apakah berhasil dikirim atau tidak.

4.5. Program Joystick Module

Program pada joystick module akan menerima data dari foot module dan mengirim data ke komputer user menggunakan Bluetooth.

```

1 #include <esp_now.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include "BluetoothSerial.h"
4 String data;
5 #define VRX 35
6 #define VRY 34
7 BluetoothSerial SerialBT;

```

Gambar 4.9 Library joystick module

Gambar 4.9 adalah potongan kode import library. Pada baris satu import library komunikasi ESP-NOW. Pada baris dua import library yang digunakan untuk mengatur WiFi. Pada baris tiga import library Bluetooth. Pada baris empat menyiapkan variable data yang digunakan untuk menyimpan dan mengirim data melalui Bluetooth. Pada

baris lima dan enam mendefinisikan pin yang digunakan untuk membaca joystick. Pada baris tujuh menggunakan library Bluetooth.

```
1  typedef struct myData {  
2      int btn1;  
3      int btn2;  
4      int btn3;  
5      int btn4;  
6  } myData;  
7  myData dataFoot;
```

Gambar 4.10 Struct penerimaan data

Pada gambar 4.10 membuat struct yang akan menyimpan data yang telah diterima dari foot module.

```
1  void OnDataRecv(const uint8_t * mac, const uint8_t *incomingData, int len) {  
2      memcpy(&dataFoot, incomingData, sizeof(dataFoot));  
3      data = analogRead(VRX);  
4      data += ':';  
5      data += analogRead(VRY);  
6      data += ':';  
7      data += dataFoot.btn1;  
8      data += ':';  
9      data += dataFoot.btn2;  
10     data += ':';  
11     data += dataFoot.btn3;  
12     data += ':';  
13     data += dataFoot.btn4;  
14     data += ':';  
15     SerialBT.println(data);  
16 }
```

Gambar 4.11 Fungsi OnDataRecv

Pada gambar 4.11 membuat fungsi OnDataRecv yang akan menaruh data yang diterima dari foot module kedalam struct yang telah disediakan dan menggabungkannya dengan data dari joystick kedalam format VRX;VRY;btn1;btn2;btn3;btn4; dan mengirim ke komputer user melalui Bluetooth.

```
1 void setup() {  
2     Serial.begin(115200);  
3     WiFi.mode(WIFI_STA);  
4     SerialBT.begin("JoystickBluetooth");  
5  
6     if (esp_now_init() != ESP_OK) {  
7         Serial.println("Error initializing ESP-NOW");  
8         return;  
9     }  
10  
11     esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);  
12 }
```

Gambar 4.12 Kode setup pada joystick module

Gambar 4.12 adalah bagian setup pada joystick module. Pada baris dua membuka komunikasi serial dengan baudrate 115200. Pada baris tiga mengubah WiFi menjadi mode station. Pada baris empat mulai Bluetooth dengan nama JoystickBluetooth. Pada baris enam hingga delapan memastikan bahwa ESP-NOW telah diinisialisasi. Pada baris sebelas menggunakan fungsi OnDataRecv setiap kali menerima data. Pada joystick module bagian loop tidak diperlukan karena akan mengirim data setiap kali menerima data.

4.6. Program Python

Program python menerima data dari joystick module melalui Bluetooth, program akan mengontrol gerakan mouse dan fungsi klik pada mouse seperti klik kiri, klik kanan, scroll up, dan scroll down.

```
1 import serial  
2 import pyinput  
3 from pyinput.mouse import Button, Controller  
4 ser = serial.Serial('COM9', 115200)
```

Gambar 4.13 Import library

Gambar 4.13 adalah program mengimport library yang dibutuhkan yaitu serial dan pyinput. Serial menggunakan COM9 dan baudrate 115200. Bluetooth memiliki dua buah port COM, yaitu incoming dan outgoing. Untuk mengambil data dari Bluetooth menggunakan outgoing.

```
1  def receiveData(ser):  
2      data = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()  
3      dataSplit = data.split(';')  
4      x = int(dataSplit[0])  
5      y = int(dataSplit[1])  
6      btn1 = int(dataSplit[2])  
7      btn2 = int(dataSplit[3])  
8      btn3 = int(dataSplit[4])  
9      btn4 = int(dataSplit[5])  
10     print(data)  
11     return x, y, btn1, btn2, btn3, btn4
```

Gambar 4.14 Fungsi receiveData

Pada gambar 4.14 membuat fungsi receiveData yang digunakan untuk mengambil data dari port COM dan memisahkan data dan menyimpannya pada variabel. Fungsi ini memiliki input serial dan akan mengembalikan data yang telah dipisah.

```
1  def mouseMovement(x, y):  
2  
3      #kanan atas  
4      if(x > 2500 and y > 2500):  
5          mouse.move(10, -10)  
6  
7      #kiri atas  
8      if(x > 2500 and y < 800):  
9          mouse.move(-10, -10)  
10  
11     #kanan bawah  
12     if(x < 800 and y > 2500):  
13         mouse.move(10, 10)  
14  
15     #kiri atas  
16     if(x < 800 and y < 800):  
17         mouse.move(-10, 10)  
18  
19     #atas  
20     if(x > 2500 and (y < 2500 and y > 800)):  
21         mouse.move(0, -10)  
22  
23     #bawah  
24     if(x < 800 and (y < 2500 and y > 800)):  
25         mouse.move(0, 10)  
26  
27     #kanan  
28     if(y > 2500 and (x < 2500 and x > 800)):  
29         mouse.move(10, 0)  
30  
31     #kiri  
32     if(y < 800 and (x < 2500 and x > 800)):  
33         mouse.move(-10, 0)
```

Gambar 4.15 Fungsi mouseMovement

Gambar 4.15 merupakan fungsi untuk menggerakan mouse kiri, kanan, atas, dan bawah hingga diagonal seperti kiri atas, kiri bawah, kanan atas, dan kanan bawah. Fungsi ini memiliki input x dan y.

```
1  def mouseClicked(btn1, btn2, btn3, btn4):  
2  
3      #klik kiri  
4      if(btn1 == 1):  
5          mouse.click(Button.left)  
6  
7      #klik kanan  
8      if(btn2 == 1):  
9          mouse.click(Button.right)  
10  
11     #scroll down  
12     if(btn3 == 1):  
13         mouse.scroll(0, 2)  
14  
15     #scroll up  
16     if(btn4 == 1):  
17         mouse.scroll(0, -2)
```

Gambar 4.16 Fungsi mouseClicked

Gambar 4.16 adalah fungsi untuk menggunakan fungsi klik mouse seperti klik kiri, klik kanan, scroll up, dan scroll down. Fungsi ini memiliki input btn1, btn2, btn3, dan btn4.

```
1  mouse = Controller()  
2  while True:  
3      x, y, btn1, btn2, btn3, btn4 = receiveData(ser)  
4      mouseMovement(x, y)  
5      mouseClicked(btn1, btn2, btn3, btn4)
```

Gambar 4.17 Menggunakan fungsi

Gambar 4.17 adalah menggunakan semua fungsi yang telah dibuat dari menerima data menggunakan receiveData, menggerakan mouse menggunakan mouseMovement, dan menggunakan fungsi klik pada mouse menggunakan mouseClicked.

Terdapat beberapa kendala dalam pengiriman data dari joystick module menggunakan Bluetooth, program python terdapat delay yang tidak menentu yang membuat gerakan kursor menjadi terputus putus. Jika dibandingkan dengan pengiriman menggunakan kabel USB program python dapat menerima data dengan bagus tidak ada delay yang membuat gerakan mouse terputus putus.



Gambar 4.18 Hasil hardware

Hasil hardware foot module dan joystick module dapat dilihat pada gambar 4.18. perangkat sebelah kanan adalah joystick module, sedangkan sebelah kiri adalah foot module. Nomor 1 adalah footswitch yang digunakan untuk klik kiri, nomor 2 adalah footswitch yang digunakan untuk klik kanan, nomor 3 adalah footswitch yang digunakan untuk scroll up, nomor 4 adalah footswitch yang digunakan untuk scroll down, nomor 5 adalah ESP32 yang terdapat di modul foot, nomor 6 adalah joystick pada modul joystick, nomor 7 adalah ESP32 yang terletak di modul joystick, dan nomor 8 adalah kabel yang digunakan untuk power supply. Cara penggunaannya adalah joystick module dapat diletakan sesuai keinginan pengguna, bisa ditaruh diatas meja maupun diatas paha kaki. Foot module diletakan di lantai. Sedangkan untuk hubungan ke komputer menggunakan Bluetooth yang dipancarkan melalui joystick module

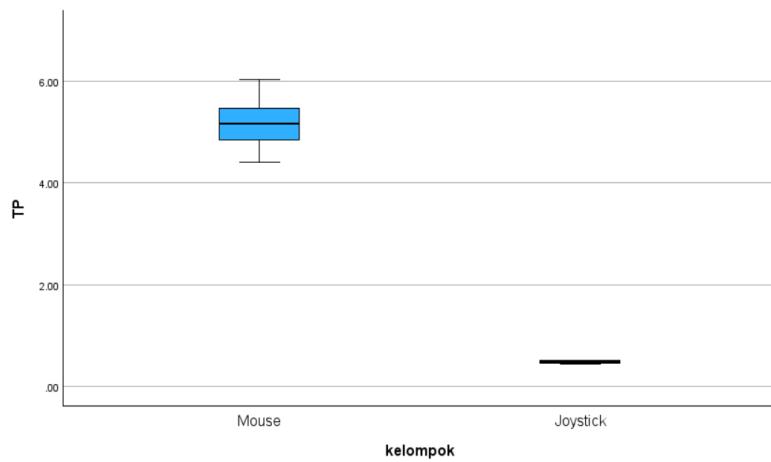
4.7. Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi GoFitts. Total subjek penelitian sebanyak empat subjek dimana setiap subjek akan melakukan empat tingkat kesusahan multidirectional tes. Setelah pengambilan data menggunakan aplikasi GoFitts subjek akan diwawancara kuesioner pada gambar 3.8 untuk mendapatkan tingkat kelelahan dan tingkat kenyamanan dalam menggunakan mouse joystick. Mouse joystick akan digunakan dengan cara menggunakan bagian sikut untuk menggerakan kursor.

Tabel 4.1 Rata rata hasil multi-directional tes

Blok	d (pixel)	w (pixel)	ID (bits)	Mouse		Joystick	
				t	TP	t	TP
1	675	10	6.098032	23.4925	4.4025	207.4075	0.455
	550	25	4.523562	13.9025	5.1725	156.52	0.5075
	400	35	3.635589	11.0125	5.4025	122.295	0.4275
	250	45	2.712718	8.4325	5.185	83.635	0.4525
2	675	10	6.098032	20.8325	4.6075	206.815	0.455
	550	25	4.523562	13.955	5.435	150.31	0.5075
	400	35	3.635589	10.5275	5.285	114.365	0.475
	250	45	2.712718	8.2475	5.5825	80.2425	0.485
3	675	10	6.098032	20.7925	4.575	194.4125	0.445
	550	25	4.523562	13.51	5.495	146.8775	0.505
	400	35	3.635589	10.7375	5.15	109.82	0.51
	250	45	2.712718	8.02	6.045	80.665	0.4975
4	675	10	6.098032	20.5975	4.725	202.5275	0.485
	550	25	4.523562	13.4825	5.16	149.4025	0.515
	400	35	3.635589	10.48	5.8925	118.945	0.4325
	250	45	2.712718	8.385	4.9725	80.355	0.4825
				mean	13.52547	5.192969	137.7872
							0.477344

Tabel 4.1 adalah rata rata hasil empat subjek penelitian dimana t adalah waktu dengan satuan detik dan TP adalah throughput dengan satuan bits/t. Terlihat rata rata TP mouse sebesar 5.193 dan rata rata TP joystick 0.477.



Gambar 4.19 Boxplot TP

Gambar 4.19 adalah visualisasi data dari tabel 4.1 dengan menggunakan boxplot. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Utomo et al., 2022) rata rata TP joystick 0.477 masih berada dibawah TP IMU yang memiliki rata rata sebesar 0.656 dengan enam orang subjek.

Tabel 4.2 Hasil Kuesioner kedua perangkat

	Mouse	Joystick
Tingkat kenyamanan	7	3.4275
Tingkat kelelahan	6.9	4.25

Tabel 4.2 adalah rata rata hasil kuesioner tingkat kelelahan dan kenyamanan dalam menggunakan mouse dan joystick. Nilai 7 adalah nilai terbaik sedangkan 1 adalah nilai terburuk. Mouse terlihat memiliki tingkat kenyamanan yang sangat baik sedangkan joystick hanya 3.4275. Dalam tingkat kenyamanan mouse memiliki nilai mendekati 7 dan joystick berada di 4.25. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Utomo et al., 2022) memiliki rata rata tingkat kenyamanan sebesar 5.69 dan tingkat kelelahan sebesar 5.66, prototipe mouse dengan menggunakan joystick memiliki tingkat kenyamanan dan tingkat kelelahan dibawah prototipe mouse dengan IMU.

4.8 Uji Statistik

Data yang telah diperoleh akan dilakukan uji statistik dengan tujuan akhir mengetahui apakah mouse dan joystick memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga H_0 nya adalah tidak ada perbedaan yang signifikan antara mouse dengan joystick. H_1 nya adalah ada perbedaan yang signifikan antara mouse dengan joystick.

Uji statistic diawali dengan uji normalitas dengan menggunakan Shapiro-Wilk, dengan

H_0 : data tidak berdistribusi normal.

H_1 : data berdistribusi normal

Tests of Normality							
kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
TP	Mouse	.150	16	.200 [*]	.970	16	.839
	Joystick	.153	16	.200 [*]	.918	16	.156

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4.20 Hasil tes normalitas

Gambar 4.20 adalah hasil dari tes normalitas menggunakan Shapiro-Wilk. Terlihat di bawah kolom Shapiro-Wilk pada bagian Sig pada gambar menunjukkan bahwa tolak hipotesis null data mouse dan joystick berdistribusi normal. Kemudian akan dilakukan tes Levene dengan

H_0 : data tidak bersifat homogen.

H_1 : data bersifat homogen.

Tests of Homogeneity of Variances					
TP		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	Based on Mean	20.072	1	30	<.001
	Based on Median	19.783	1	30	<.001
	Based on Median and with adjusted df	19.783	1	15.096	<.001
	Based on trimmed mean	19.949	1	30	<.001

Gambar 4.21 Hasil tes Levene

Gambar 4.21 merupakan hasil tes Levene terlihat dalam bagian sig memiliki nilai kurang dari 0,001 maka gagal tolak hipotesis null data tidak bersifat homogen. Berikutnya akan menggunakan T tes dependen dengan

H null: tidak terdapat perbedaan throughput yang signifikan antara mouse dan joystick.

H1: terdapat perbedaan throughput antara mouse dan joystick

Paired Samples Test										
		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference			Significance		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	Mouse - Joystick	4.71562	.45673	.11418	4.47225	4.95900	41.299	15	<.001	<.001

Gambar 4.22 Hasil T tes

Gambar 4.22 adalah hasil dari T tes. Dari hasil tes yang ditampilkan bagian paling penting adalah di bagian sig, jika sig dibawah 0,05 maka tolak H null, sebaliknya jika sig lebih besar dari 0,05 maka gagal tolak H null. Hasil tes menunjukkan bahwa sig kurang dari 0,05 maka tolak hipotesis null. Sehingga terdapat perbedaan signifikan terhadap dua kelompok throughput data antara mouse dan joystick.

BAB V Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan perangkat mouse dengan menggunakan joystick sebagai penggerak kursor mouse dan menguji tingkat kenyamanan penggunaannya. Ditemukan adanya kelemahan kelemahan dibagian tingkat kelelahan yang masih lebih buruk jika dibandingkan dengan mouse dengan IMU. Mouse dengan joystick memiliki tingkat kelelahan 4,25 sedangkan mouse dengan IMU memiliki tingkat kelelahan sebesar 5,66. Prototipe mouse dengan joystick masih memiliki kelelahan dibagian lengan.

Prototipe mouse dengan menggunakan joystick memiliki akurasi yang cukup baik namun memiliki masalah dibagian tingkat kemulusan gerak kursor. Jika dibandingkan dengan mouse pada umumnya, prototipe mouse dengan joystick memiliki perbedaan throughput yang signifikan. Mouse dengan joystick hanya memiliki throughput sebesar 0,477, mouse dengan IMU memiliki throughput sebesar 0,656, sedangkan mouse memiliki throughput sebesar 5,19

5.2 Saran

Prototipe mouse dengan menggunakan joystick masih banyak memiliki kekurangan salah satunya koneksi Bluetooth yang masih memiliki delay, selain itu penggunaan bahasa pemrograman python yang membuat gerak kursor menjadi kasar. Saran menggunakan bahasa pemrograman C# dibandingkan dengan python, karena C# adalah bahasa yang berjalan langsung pada CPU sedangkan python merupakan bahasa yang diinterpretasi yang membuat kode akan dieksekusi baris per baris.

Daftar Pustaka

ESP32 Series. (2021). Esp32.

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s2_datasheet_en.pdf

Esp32-*Wroom-32*. (2023). Espressif.

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf

Giovanno, Y., Widodo, R. B., Kelana, O. H., Studi, P., Machine, H., & Teknik, I. (2021). *Rancang Bangun Perangkat Keras Penunjuk Menggunakan Lengan Atas Dengan Konektivitas Bluetooth*. 81–90.

Kusumaningsih, D. A., Husaen, A. A. N., Muttaqin, M. Z. H., & Baroroh, D. K. (2022). Design of Difable Care (DC) mouse as the accessibility of people with hand disabilities. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 14(1). <https://doi.org/10.28989/angkasa.v14i1.1082>

Soeseno, A. H., Widodo, R. B., Dewangga, S. A., Subianto, M., Kelana, O. H., & Irawan, P. L. T. (2023). Communication Between Control Modules on the Mouse for the Disabled. *Proceeding - IEEE 9th Information Technology International Seminar, ITIS 2023*. <https://doi.org/10.1109/ITIS59651.2023.10420074>

Utomo, Y. C., Widodo, R. B., & Subianto, M. (2022). *Pengembangan Perangkat Penggerak Kursor bagi Tunadaksa Berbasis Wireless dengan Konektivitas Sinyal Radio dan Bluetooth*. 89–98.

Wijanto, E., Kirawan, M., Saputra, K. J., Chiasman, C., & Septya, A. (2016). *Design of Alternative Mouse for the Disabled*. November, 1–7.