

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Teknologi merupakan salah satu bagian penting dalam kehidupan manusia, maka perubahan zaman taidak akan secanggih dan secepat saat sekarang ini, bidang robotika. Seiring dengan naiknya kebutuhan manusia dan teknologi yang semakin hari semakin canggih, maka dibuatlah suatu sistem yang dapat membantu pekerjaan manusia yang disebut dengan robot. Salah satu faktor lambatnya perkembangan teknologi robot Indonesia adalah minat masyarakat Indonesia yang masih sangat minim dengan teknologi robot (Fahmizal, Mayub and Arrofiq, 2018).

Dengan kemajuan teknologi zaman sekarang, berdampak pada segala bidang kehidupan. Teknologi sangat membantu dalam perkembangan inovasi yang terus bermunculan. Tak terkecuali dengan banyaknya pembuatan robot mulai dari robot mainan sampai pada robot keamanan, robot-robot tempur, robot roda *mecanum* menggunakan *Accelerometer*. Salah satu komponen yang baru dikembangkan misalnya teknologi display oled. Display oled merupakan pengembangan dari teknologi led dengan resolusi yang lebih tinggi (Saniman, Ramadhan and Zulkarnain, 2020).

Oleh karena itu penelitian ini membahas **“Sistem Navigasi Robot Mobil Roda Mecanum Berbasis Accelerometer Menggunakan Komunikasi**

**Bluetooth**". Robot roda mecanum merupakan suatu alat penggabungan mekanik dan elektronika yang dirancang untuk mengendalikan robot dengan menggunakan *Accelerometer* untuk memudahkan pengguna untuk mengontrol pergerakan robot secara jarak jauh. Untuk penelitian ini terfokus pada komunikasi *Accelerometer* berbasis *bluetooth* dengan robot melalui operasi wireless sehingga gerakan robot akan bergerak sesuai dengan gerakan *Accelerometer* yang telah di program.

### **B. Rumusan Masalah**

Dengan mengacu pada latar belakang diatas maka disusun sebuah rumusan masalah yang akan dibahas yakni:

1. Bagaimana merancang accelerometer sebagai remot control atau navigator untuk pergerakan roda pada robot.
2. Bagaimana merancang sistem kendali pergerakan roda robot mecanum

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang diperoleh dalam perancangan alat ini yaitu dengan mengembangkan alat dalam bentuk mobil roda *mecanum* berbasis *accelerometer* untuk memudahkan pengguna dalam mengontrol pergerakan robot secara wireless dengan komunikasi *bluetooth*

### **D. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Ada empat pergerakan Mobil Robot *Roda Mecanum*
2. Batas maksimal koneksi remot dengan robot 10 Meter

### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penulisan ini adalah dengan memberikan pengetahuan bagaimana sebuah sistem bekerja dalam proses kendali mengatur pergerakan robot roda mecanum dengan menggunakn *Accelerometer*, serta dapat menjadi bahan referensi dalam pengembangan mahasiswa dalam bidang robotika.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

Untuk membuat rancangan sistem kendali robot *mobile Mekanum* untuk pemindah barang menggunakan *sensor Accelerometer*, sebelumnya dapat dijelaskan tinjauan pustaka dan sistem yang terkait didalamnya yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

##### 1. Mobile Robot

Robot Mobil (*mobile robot*) adalah sebuah mesin otomatis yang mampu bergerak pada suatu kondisi tertentu. Robot *mobile* di klarifikasikan menjadi dua, yaitu menurut lingkungan tempat robot tersebut bekerja dan alat navigasi yang digunakan untuk bergerak. Berdasarkan lingkungan tempat robot tersebut bekerja robot *mobile* terbagi menjadi empat macam yaitu: robot yang bekerja diatas permukaan tanah (*land robot*), Robot mobil merupakan bentuk robot yang dapat secara dinamis berpindah tempat dari satu titik ke titik lainnya (Amin, Ananda and Eska, 2019).

Robot Mobile tersebut merupakan Wahana Nir Awak (WaNA) yang telah menjadi sarana yang sering digunakan oleh pihak militer maupun pihak sipil untuk melakukan pengintaiyan, penjelajahan, dan pengawasan ke tempat-tempat yang berbahaya bagi manusia. Mobile robot mempunyai ciri khas yaitu pergerakannya

secara otomatis yang didukung oleh sensor-sensor elektronik. Agar tidak salah dalam menentukan arah maka robot harus dilengkapi dengan sistem navigasi. Sehingga robot dapat mengambil arah yang benar (Ma'arif, 2022).

## 2. Roda Mecanum

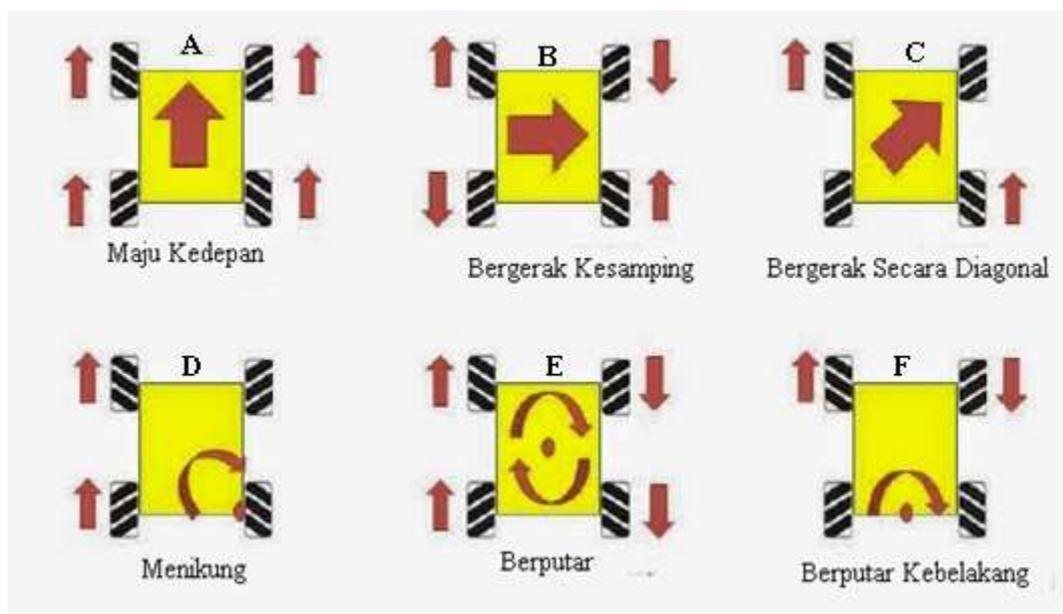
Roda mecanum menggunakan desain roda yang dikelilingi oleh roller dengan membentuk sudut  $45^\circ$ . Arah dan kecepatan masing-masing roda menghasilkan resultan gaya yang menerjemahkan pergerakan mobilitas tanpa mengubah arah hadap robot (Fahmizal, Priyatmoko and Mayub, 2022). Meskipun banyak kelebihan yang dimiliki roda mecanum, kendaraan yang menggunakan roda ini harus memiliki cukup tenaga atau daya untuk menggerakkan 4 motor sekaligus. Roda mecanum juga memerlukan landasan atau trek yang cukup kuat karena intensitas gesekan yang tinggi antara roda dan trek. Roda mecanum memiliki serangkaian rol yang melekat pada roda dan masing-masing rol memiliki sumbu rotasi dengan kemiringan  $45$  derajat. (Amin, Ananda and Eska, 2019)



**Gambar 2. 1** Roda Mecanum

### a. Cara Kerja Roda Mecanum

Jika digunakan pada kendaraan yang langsung dikendalikan oleh manusia maka harus ada fungsi khusus yang mampu menggerakkan tiap-tiap roda secara terpisah. Setiap roda harus mampu bergerak dengan arah berlawanan (maju dan mundur). Jika roda mecanum digunakan pada sebuah robot, maka sebelumnya harus diprogram agar masing-masing roda memiliki kemampuan untuk bergerak secara terpisah. Sedangkan untuk prinsip gerakannya sama dengan gambar di bawah. Teknologi roda mecanum akan sangat berguna untuk mengatasi keterbatasan trek yang harus dilalui oleh sebuah kendaraan, misalnya jalur labirin yang cukup sempit. (Cahyadi *et al.*, 2023)



**Gambar 2. 2** Cara kerja roda mecanum

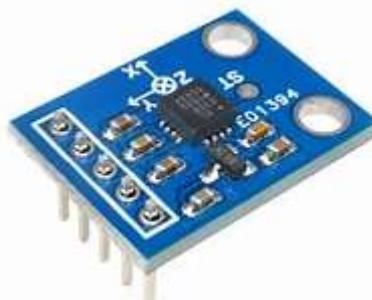
Cara kerja roda mecanum secara sederhana:

- a. Ketika kendaraan akan bergerak maju maka setiap roda bergerak kedepan.
- b. Ketika kendaraan bergeser ke arah kanan maka 2 pasang roda di sisi kanan harus bergerak secara berlawanan. Roda bagian depan bergerak mundur sedangkan roda bagian belakang bergerak maju. Sementara itu, roda pada sisi kiri juga harus melakukan hal yang sama namun dengan arah yang berbeda dari roda di sisi kanan. Roda depan di sisi kiri harus bergerak maju sedangkan roda bagian belakang harus bergerak mundur.
- c. Ketika kendaraan bergerak secara diagonal sebelah kanan roda depan bagian kiri bergerak ke atas sementara roda belakang sebelah kiri tetap pada posisinya atau tidak bergerak, untuk roda depan sebelah kanan juga tetap pada posisi sementara yang bergerak ke atas adalah roda belakang sebelah kiri.
- d. Ketika kendaraan hendak bergerak secara menikung sepasang roda sebelah kiri secara bersamaan bergerak maju sementara sepasang roda sebelah kanan tetap pada posisi atau tidak bergerak.
- e. Ketika mobil hendak berputar sepasang roda sebelah kiri bergerak ke depan sementara sepasang roda sebelah kanan bergerak mundur atau kebelakang
- f. Ketika mobil hendak berputar kebelakang roda depan sebelah kiri bergerak maju sementara roda belakang sebelah kiri tetap pada posisinya sedangkan roda depan di sebelah kanan bergerak mundur sementara roda belakang sebelah kanan tetap pada posisinya.

### 3. Sensor Accelerometer ADXL335

Accelerometer modern tidak lain adalah MEMS (micro electro mechanical system) berskala kecil. Accelerometer adalah suatu alat untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, atau untuk mengukur percepatan gravitasi (inklinasi). Pengukurannya bisa secara analog maupun digital. Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur percepatan baik statis maupun dinamis. Accelerometer akan mengalami percepatan dalam kisaran dari -1g sampai +1g (9.8m/s), dan hingga kemiringan 180° (Utomo, Dwi Setyaningsih and Iqbal, 2020)

Sensor accelerometer ADXL335, tidak lepas dari kinerja sensor yang unggul, ukuran yang kecil, dan berdaya rendah namun dengan biaya yang murah. Sensor ADXL335 terdiri dari 3 axis (sumbu) X, Y dan Z. Sensor ini mampu mengukur percepatan dengan range sebesar  $\pm 3g$  (gravitasi) (Mustar and Ardiyanto, 2018).



**Gambar 2. 3** Sensor Accelerometer ADXL335

ADXL335 adalah akselerometer 3-sumbu kecil, tipis, berdaya rendah, lengkap dengan output tegangan terkondisi sinyal. Produk mengukur akselerasi dengan rentang skala penuh minimum  $\pm 3$  g. Ini dapat mengukur percepatan

gravitasi statis dalam aplikasi penginderaan miring, serta akselerasi dinamis yang dihasilkan dari gerakan, guncangan, atau getaran (Mustar and Ardiyanto, 2018).

#### **4. ESP32**

ESP32 adalah modul mikrokontroler terintegrasi yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi. Modul ini merupakan pengembangan dari ESP8266, yang merupakan modul WiFi populer. ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai periferal. Chip ini menggunakan mikroprosesor 32 bit Xtensa LX6 dual-core (Wagyana, 2019)

ESP32 juga memiliki dukungan untuk konektivitas Bluetooth. Dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat yang terhubung dengan Bluetooth. ESP32 sangat cocok untuk digunakan dalam proyek-proyek IoT (Internet of Things). Modul ini mampu menyambungkan perangkat ke jaringan Internet dengan mudah. ESP32 dapat digunakan dalam proyek-proyek yang membutuhkan pemrosesan sinyal analog dan perangkat I/O digital. Modul ini mudah digunakan dan tersedia dalam bentuk modul terpisah atau papan sirkuit terpadu (PCB) yang siap digunakan. SP32 adalah modul WiFi yang dikembangkan oleh Espressif Systems yang memiliki fitur lengkap dan kinerja yang baik. Modul ini merupakan pengembangan dari modul WiFi ESP8266. Terdapat dua CPU yang masing-masing memiliki tingkat kecepatan 80 MHz dan 160 MHz. Selain itu, ESP32 juga memiliki banyak perangkat tambahan seperti ADC, DAC, I2C, I2S, SPI, dan UART untuk berbagai macam aplikasi (Wagyana, 2019)

Salah satu fitur yang paling menonjol dari ESP32 adalah mudah terhubung dengan internet. Modul ini dapat terhubung ke jaringan WiFi dengan menggunakan protokol TCP/IP yang memungkinkan. ESP32 berkomunikasi dengan perangkat lain. Selain itu, ESP32 juga memiliki fitur Bluetooth untuk menghubungkan perangkat lain. ESP32 sangat cocok digunakan dalam proyek Internet of Things (IoT). Modul ini dapat digunakan untuk aplikasi lain seperti kontrol sistem, monitoring, dan lainnya. ESP32 memiliki fitur deep sleep untuk menghemat daya dengan mematikan modul saat tidak digunakan. ESP32 juga memiliki modul DSP untuk melakukan pemrosesan sinyal secara cepat dan efisien. Terdapat memori sebesar 520 KB untuk menyimpan program dan data yang diperlukan. Mudah digunakan dan tersedia library yang dapat digunakan untuk memudahkan mengembangkan aplikasi. Modul ini dapat diprogram dengan bahasa pemrograman C atau C++ (Herlambang *et al.*, 2023).



**Gambar 2. 4** ESP32

Secara keseluruhan, ESP32 adalah modul WiFi yang lengkap dan berkualitas untuk berbagai macam proyek IoT. Dengan fitur lengkap dan harga terjangkau, ESP32 pilihan tepat untuk kebutuhan komunikasi wireless. ESP32 memiliki banyak keunggulan seperti kemampuan *multitasking* yang luar biasa,

konsumsi daya rendah, dan harga yang terjangkau. Dengan demikian, ESP32 merupakan pilihan tepat bagi yang ingin membuat proyek IoT dengan biaya yang terjangkau (Imran and Rasul, 2020).

## 5. Oled Display

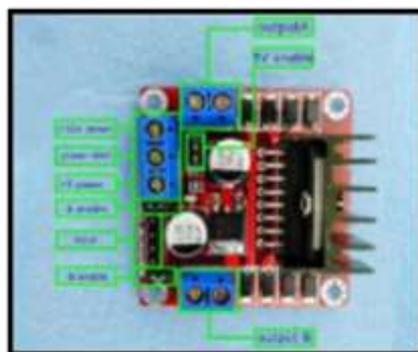
OLED adalah singkatan dari Organic Light Emitting Diode. Layar OLED merupakan layar yang memiliki panel. Panel tersebut bukan sembarang panel melainkan panel yang memiliki kandungan elemen-elemen organik yang mampu memancarkan cahaya saat dialiri listrik. LCD OLED SSD1306 merupakan salah satu driver OLED/PLED yang berbasis single-chip dengan sistem pengontrol untuk memancarkan cahaya organik/polimer yang menggunakan sistem tampilan grafis dot-matrix diode. SSD1306 sudah dilengkapi dengan pengontrol kontras, RAM tampilan, dan osilator yang akan mengurangi jumlah dari komponen eksternal dan konsumsi daya yang berlebih. SSD1306 ini juga menawarkan kontrol kecerahan yang tinggi sehingga tampilan layar yang dihasilkan lebih cerah (Uno, Oled and Untuk, 2024).



**Gambar 2. 5** Oled Display  
Sumber: (Dedy Ismail)

## 6. Motor Driver L298N

Motor Driver L298N menggunakan sumber komponen yaitu Integrated Circuit (IC) L298. IC L298 memiliki tipe H-bridge yang bermanfaat mengendalikan beban-beban induktif transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang logika NAND seperti pada relay, solenoid, motor DC dan motor stepper yang terdiri dari. Fungsi dari komponen ini adalah untuk menentukan arah perputaran motor DC dan motor stepper. Driver motor L298N memiliki keunggulan dalam hal presisi untuk mengontrol motor agar lebih mudah untuk dikontrol (Sirmayanti *et al.*, 2021). Berikut konfigurasi dari *L298N Driver*. *L298N Driver* memiliki IC (*intergrated circuit*) yang terdiri dari TTL (*transistor-transistor logic*) dengan gerbang nand yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor DC maupun motor stepper. Spesifikasi dari motor *driver* L298N yaitu terdapat ic l298n, tegangan minimal untuk masukan power antara 5-35 V, terdapat tegangan operasional 5 V, arus untuk masukan 0-36 mA, arus maksimal untuk keluaran outputnya 2 A, daya maksimal 25 W, dimensi modul  $43 \times 43 \times 26$  mm (Khairil, dkk, 2019).



**Gambar 2. 6** Motor Driver L298N  
Sumber: (Khairil 2019)

## 7. Motor DC

Motor dc adalah jenis motor yang dikendalikan searah atau DC (direct current). motor ini memiliki dua kabel, satu kabel dihubungkan ke tegangan positif, dan kabel kedua dihubungkan ke ground. kabel yang ketegangan positif boleh yang mana saja. Arah putaran rotor (bagian motor yang berputar) ditentukan oleh kabel yang terhubung ke tegangan positif (Amin, Ananda and Eska, 2019). Motor dc atau sering disebut motor arus searah yang, lebih sering digunakan untuk keperluan yang membutuhkan pengaturan kecepatan dibandingkan dengan motor ac. Alasan utama penggunaan motor dc terutama pada industri-industri modern adalah karena kecepatan kerja motor-motor dc mudah diatur dalam suatu rentang kecepatan yang luas, di samping banyaknya metode-metode pengaturan kecepatan yang dapat digunakan (Radi Birdayansyah, dkk, 2015).



**Gambar 2. 7** Motor DC

Prinsip kerja motor motor DC adalah motor listrik yang menggunakan arus DC ini cukup mudah kita temukan di keseharian. Kerena memang alat yang satu ini banyak digunakan sebagai komponen penyusun dari berbagai perlengkapan elektronik. Prinsip kerja motor DC sendiri yaitu mengubah energi listrik yang didapatkan dari sumber utama menjadi energi gerak yang digunakan oleh peralatan listrik. Fungsi motor DC yaitu motor menggunakan arus DC biasanya

sering diaplikasikan pada penggerak pimtut putar, motor DC ini juga biasa di aplikasikan pada jenis rangkaian jenis robot sederhana, dan dapat juga digunakan sebagai penggerak pada berbagai komponen elektronika (Prawira Negara and Laksono, 2017).

### **A. Kajian Hasil Penelitian**

Penelitian terdahulu yang menjadi acuan penulisan dalam penelitian ini yaitu:

Penelitian yang pertama yaitu penelitian yang dilakukan oleh Indra Feriadi pada tahun 2017 Dengan Judul *Analisis Sistem Pengukuran Getaran MEMS Accelerometer ADXL345*. Analisis terhadap hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengukuran getaran *MEMS Accelerometer ADXL345* dapat mengukur, mengolah dan menampilkan data getaran hasil pengukuran lebih besar 3 persen dari *Piezoelectric Accelerometer* dan memberikan akurasi pengukuran terbaik pada lama waktu pengukuran 20 detik.

Penelitian yang kedua yaitu penelitian yang dilakukan oleh Mochammad Fajar Wijaksono pada tahun 2020 yang berjudul *Implementasi Ardiuno dan ESP32 CAME Untuk Smart Home*. Dari hasil pengujian alat sudah berjalan dengan baik dimana data semua sensor terkirim dan dapat tersimpan di data base, pengaktifan dan penonaktifan secara manual dapat dilakukan, gambar yang di ambil terkirim ke aplikasi line pengguna dengan persentase 100%.

Penelitian yang ketiga yaitu penelitian yang dilakukan oleh Yunus Suprianto pada tahun 2018 yang berjudul *Desain Mecanum Wheel Sistem Pada Kendaraan Robot Tempur Kota*. Berdasarkan hasil analisis kekuatan pada beberapa komponen utama dari *Mecanum Wheel Sistem* masih memenuhi syarat desain yang aman karena batas tegangan kerja yang diterima oleh komponen-komponen tersebut lebih kecil dari nilai tegangan ijin bahan (Cahyadi *et al.*, 2023).



### C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

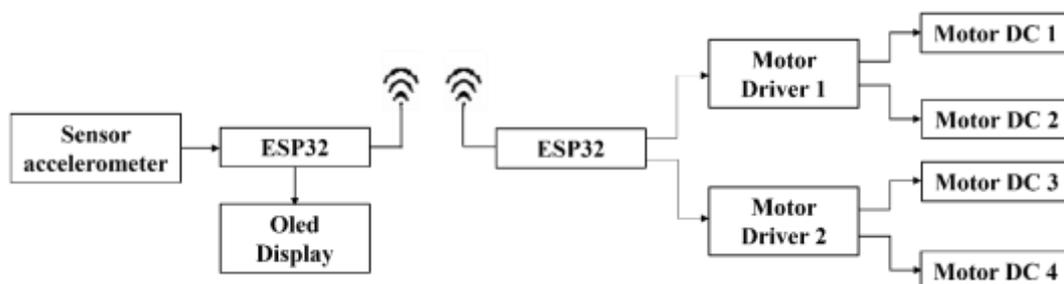
**Tabel 3. 2** Alat dan bahan beserta fungsinya

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Sensor <i>Accelererometer ADXL335</i>	Berfungsi mengukur percepatan gravitasi statis dalam aplikasi penginderaan miring, serta akselerasi dinamis yang dihasilkan dari gerakan, guncangan, atau getaran. Produk mengukur akselerasi dengan rentang skala penuh minimum $\pm 3$ g.
2	Bluetoth ESP32	Sebagai penghubung antar perangkat
3	Oled Display	Menampilkan sumbu pergerakan kontrol
4	Roda Mecanum	Berfungsi untuk mengatasi keterbatasan trek yang harus dilalui oleh sebuah kendaraan, misalnya jalur labirin yang cukup sempit
5	Motor DC	Sebagai penggerak roda
6	Motor <i>Driver</i>	Mengendalikan arus searah yaitu motor DC

### D. Rancangan Alat Penelitian

#### 1. Perancangan elektronik

Pada bagian ini akan dibahas suatu pernyataan rangkaian alat yang akan dirancang. Berikut blok diagram dari prerancangan system nafigasi robot mobil roda *mecanum* berbasis *acceleramometer* sebagai berikut:



**Gambar 3. 1** Blok Diagram

Blok diagram sistem keseluruhan dari alat ini terdiri dari tiga bagian yang meliputi: navigasi mikrokontroler menggunakan ESP32, pergerakan mobil robot dan roda *Mecanum*. Adapun keterangan pada blok diagram menggunakan komponen seperti *accelerometer* yang berfungsi sebagai kendali pada robot, esp32 sebagai penghubung antara remot dengan robot, *oled display* berfungsi sebagai tempat menampilkan kecepatan pada robot, motor driver sebagai modul untuk menggerakkan motor DC, dan motor DC berfungsi sebagai penggerak roda pada robot

#### **E. Teknik pengumpulan data**

Setelah melalui tahap perancangan hardware, software dan mekanik selanjutnya dilakukan pengujian. pengujian tahap pertama dimulai dari pengujian kelayakan pada masing-masing komponen seperti kelayakan pakai pada sensor *Accelerometer*, dan motor DC pada roda *Mecanum*. Pengujian tahap dua yaitu pengujian yang dilakukan sistem secara keseluruhan untuk mengetahui apakah semua komponen yang digunakan dapat berfungsi secara normal. Pengujian tahap ketiga dilakukan dengan menguji ketetapan pergerakan roda *Mecanum* terhadap instruksi yang di berikan melalui *Accelerometer* dengan mengukur eror sudut pergerakan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

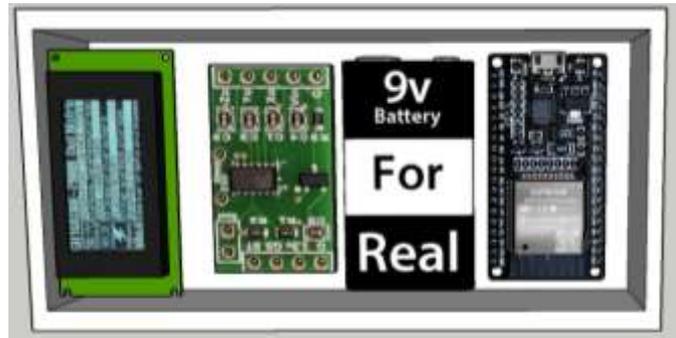
#### A. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan sistem terbagi atas dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak, dari sistem yang di gunakan dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

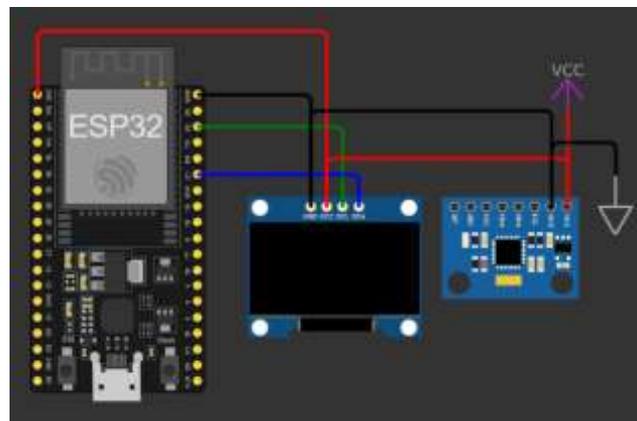
##### 1. Rangkaian Navigasi

###### a. Rangkain pengirim (TX)

Pada rangkaian pengirim atau TX (*transmitter*) menggunakan akselerometer dan jarak koneksi 15 m. dalam akselerometer terdapat teknologi *wireless* untuk koneksi ke rangkaian penerima atau RX (*resiver*) yang ada pada robot dengan koneksi otomatis. Adapun spesifikasi dari akselerometer yaitu, menggunakan ADXL345, baterai, *support mode digital* dan *analog*, koneksi *wireless* dengan jarak 15 m, menggunakan ESP32, *power switch on/off*, dengan *game oled display*, serta pemrograman bahasa C sebagai perintah yang telah di tentukan agar dapat terhubung satu sama lain sehingga dapat bekerja seperti yang diharapkan,



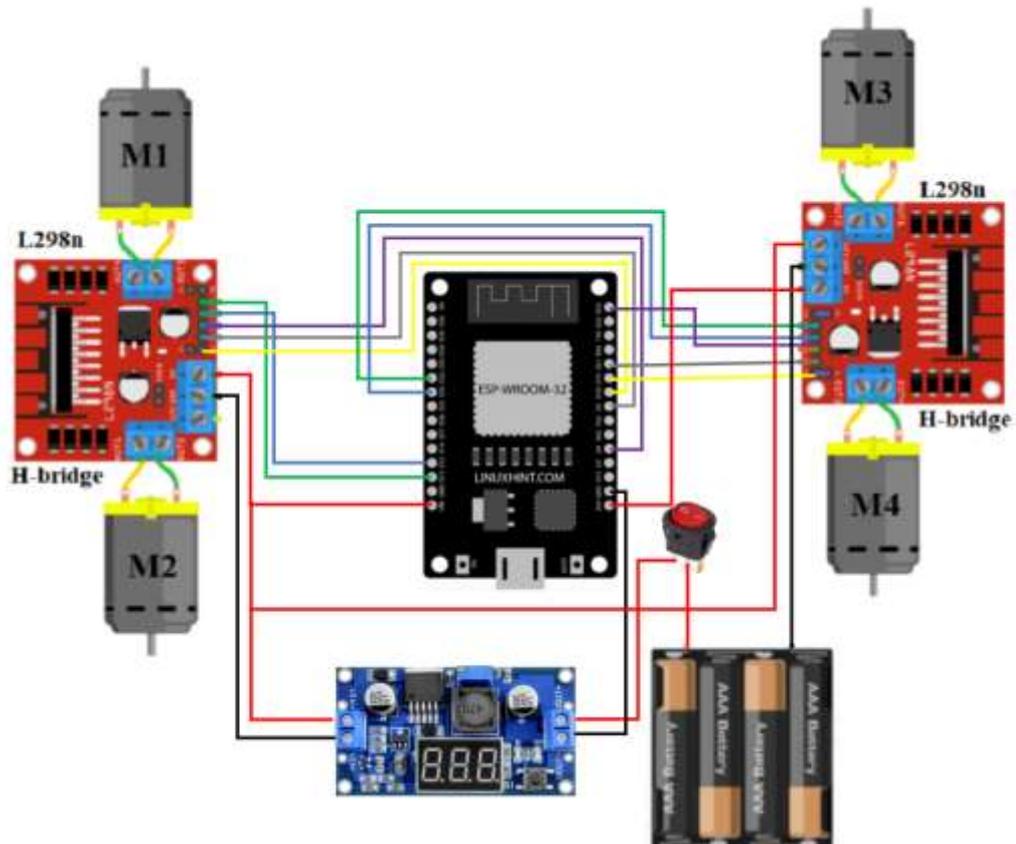
**Gambar 4. 1** gambar kontrol akselerometer



**Gambar 4. 2** rangkaian akselerometer

b. Rangkaian penerima (RX)

Pada rangkaian penerima atau RX (*resiver*) menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan koneksi *bluetooth* berfungsi menerima data dari akselerometer.



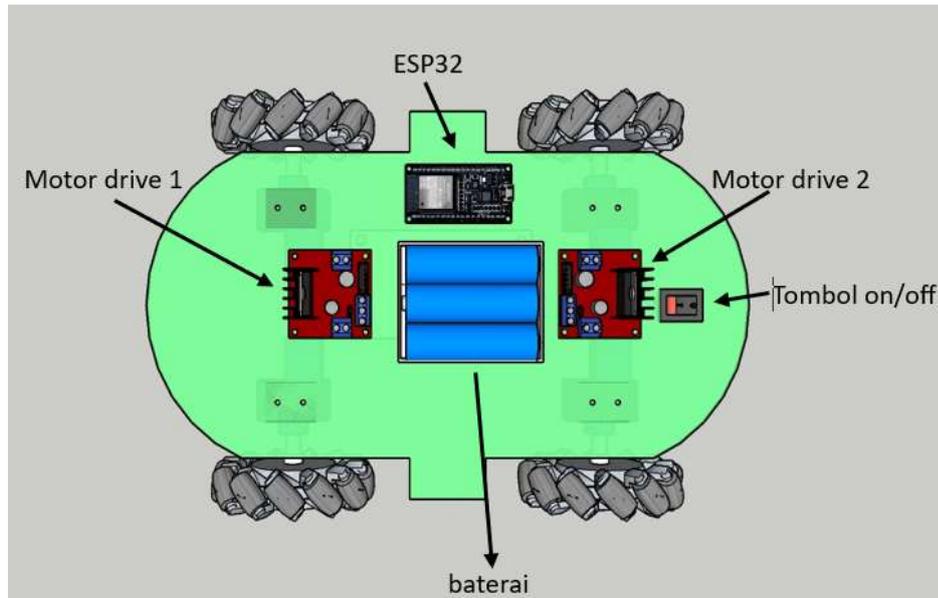
**Gambar 4.3** Rangkaian Keseluruhan Robot Mecanum

**A. Rancangan Mekanik**

Perancangan ini dapat kita lihat dengan dengan tinggi satu 8 cm dan luas 20 cm x 26 cm dengan menggunakan rangka yang bahannya dari besi, karet, dan terdapat beberapa komponen di dalamnya yaitu:

### 1. Bagian atas

Rancangan mekanik pada bagian atas yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar perancangan mekanik di bawah ini.

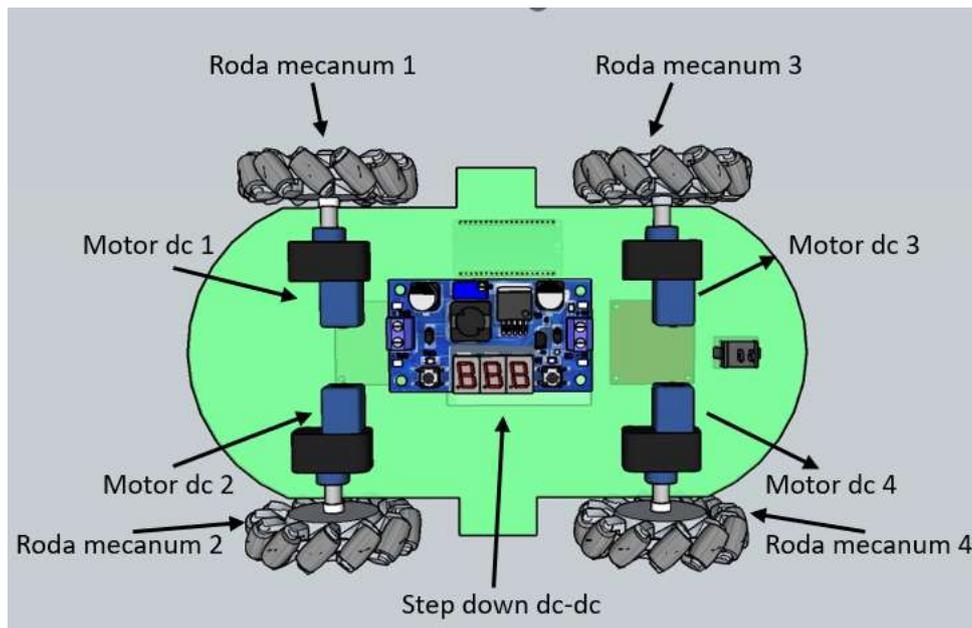


**Gambar 4. 4** Bagian atas rancangan mekanik

Pada bagian rangkaian ini terdapat Mikrokontroler Tombol *on/off* berfungsi untuk menyalakan dan mematikan mobil, ESP32 sebagai penerima perintah dari kontrol untuk mengendalikan pergerakan mobil, motor *driver 1* untuk menjalankan motor dc roda depan, motor *driver 2* untuk menjalankan motor dc roda belakang, Baterai sebagai power *saplay* dari rangkaian elektronik yang digunakan.

## 2. Bagian bawah

Rancangan mekanik pada bagian atas yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar perancangan mekanik di bawah ini.



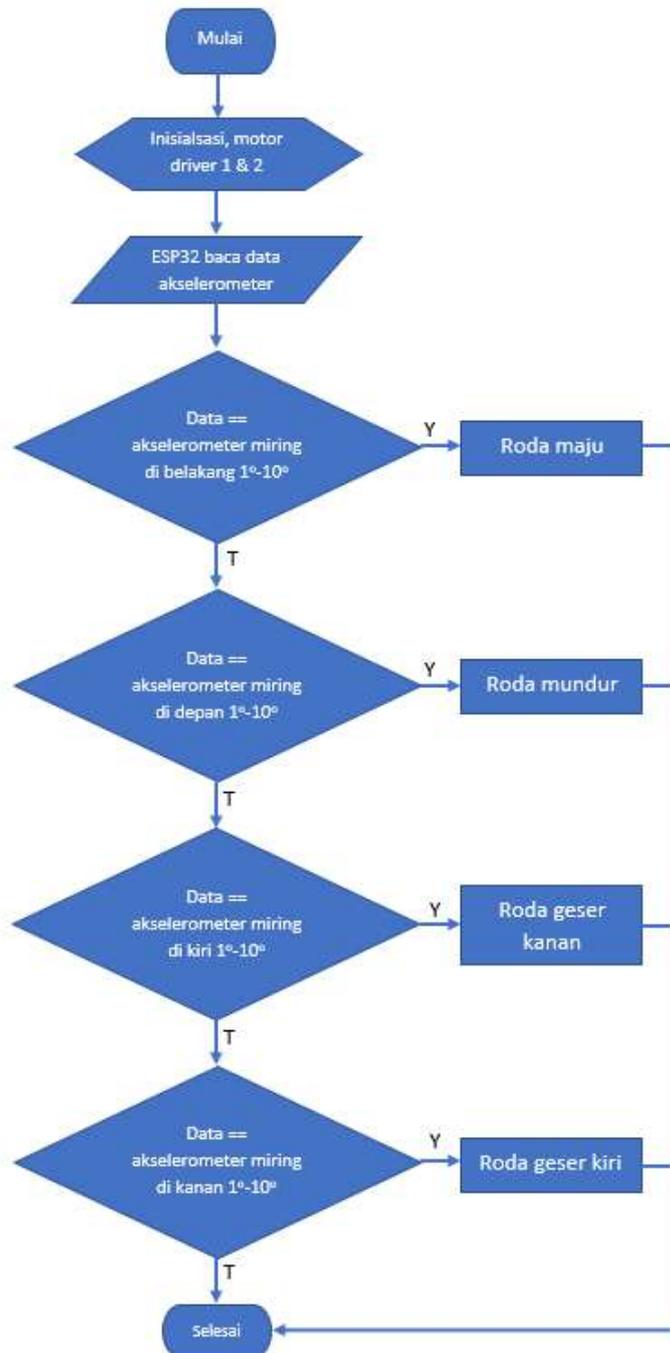
**Gambar 4. 5** Bagian bawah perancangan mekanik

Pada rangkaian ini terdapat komponen yang memiliki fungsi pada alat seperti: *step down dc to dc* yang berfungsi sebagai penurun tegangan power supply, Motor DC yang berfungsi untuk menggerakkan roda mecanum, roda mecanum berfungsi untuk bergerak ke setiap arah

### **B. Perancangan Perangkat Lunak**

Dalam tugas akhir ini menggunakan aplikasi *IDE Arduino* yang mengontrol bagian perangkat lunak ini adalah merupakan bagian pembuatan program yang akan dimasukkan ke mikrokontroler yaitu berupa perintah untuk mengolah data masukan untuk diaplikasikan. Disini akan digunakan software pendukung.

### 1. Flowchart



**Gambar 4.6** Flowchart

Prinsip kerja pada diagram alir di atas adalah pada saat perangkat diaktifkan, maka semua mendapat perintah dari akselerometer, pada pembacaan

data pada saat akselerometer diangkat miring ke belakang maka roda pada robot berputar maju, pada pembacaan data pada saat akselerometer diangkat miringkan ke depan maka roda pada robot berputar mundur, pada pembacaan data pada saat akselerometer diangkat miring ke kiri maka 2 pasang roda disisi kanan harus bergerak secara berlawanan, Roda kiri bagian depan bergerak mundur sedangkan roda bagian belakang bergerak maju sehingga pergerakan robot bergeser ke kanan, pada pembacaan data pada saat akselerometer diangkat miring ke kanan maka 2 pasang roda disisi kiri harus bergerak secara berlawanan. Roda kanan bagian depan bergerak mundur sedangkan roda bagian belakang bergerak maju sehingga pergerakan robot bergeser ke kiri,

## **2. Uraian program**

Adapun *softwer* yang digunakan dalam membuat *sketch* pemrograman dan berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board, dan meng-*coding* program tertentu.

Adapun program dari cara kerja sistem perintah untuk pergerakan lengan robot dan roda *tank* sebagai berikut:

a. Menentukan *library* control yang akan dipakai.

```

#include <ADXL345_lib.h>

ADXL345; // create PS2 Controller Class
#include <Servo.h>
Servo myservo[4];

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_ADXL345_U.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

float X1,Y1,Z1;
String X,Y,Z;
char Cmd, lastData='Z';
String Arah[5]={" Stop "," Maju "," Mundur"," GKir "," GKan
"};
byte i;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  startOLED();
  bool connected;
  SerialBT.begin(myName, true);
  connected = SerialBT.connect(slaveName);
  if(connected) terkoneksi();
  else { while(!SerialBT.connected(5000)) gagalKonek(); }
  /*
  if (SerialBT.disconnect()) disKonek();
  SerialBT.connect();
  if(connected) terkoneksi();
  else { while(!SerialBT.connected(5000)) gagalKonek(); }
  */
  accel.begin();
  /*
  Set the range to whatever is appropriate for your project
  if(X1>-1.0 & X1<1.0 & Y1>-2.0 & Y1<2.0){Cmd='S'; i=0;} //Stop
  else if (X1> 1.0 & Y1>-2.0 & Y1< 2.0){Cmd='F'; i=1;} //Maju
  else if (X1<-2.0 & Y1>-2.0 & Y1< 2.0){Cmd='B'; i=2;} //Mundur
  else if (X1>-2.0 & X1< 0.0 & Y1<-1.5){Cmd='L'; i=3;} //Geser
  Kiri
  else if (X1>-2.0 & X1< 0.0 & Y1> 2.0){Cmd='R'; i=4;} //Geser
  Kanan
  */
}

```

Adapun *library* yang dipakai untuk menjalankan alat penelitian yaitu *library* pada akselerometer dan *library* pada oled display yang terhubung ke ADXL335 dan terdapat konfigurasi pada ESP32 untuk koneksi ke alat.

b. Program penggerak roda *mecanum*.

```

#include <BluetoothSerial.h>
#if !defined(CONFIG_BT_ENABLED) ||
!defined(CONFIG_BLUEDROID_ENABLED)
#error Bluetooth is not enabled! Please run `make menuconfig`
to and enable it
#endif
BluetoothSerial SerialBT; // Bluetooth Serial Object (Handle)
String bluetooth_name = "ESP32-BT-Slave";
// Bluetooth Received Byte & Message Buffer Array
String dataBTH = "";

//=== Motor depan
#define kiriDpn_M 32 //in1
#define kiriDpn_H 33 //in2
#define kananDpn_H 23 //in3
#define kananDpn_M 21 //in4

//=== Motor belakang
#define kiriBlk_H 13 //in4
#define kiriBlk_M 12 //in3
#define kananBlk_M 4 //in2
#define kananBlk_H 5 //in1

#define pwm_Dpn 19
#define pwm_Blak 18

// setting PWM properties
const int freq = 5000;
const int ledChannel = 0;
const int resolution = 8;
byte Speed=255;
char charBT;
unsigned long lastRX;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Nama Bluetooth : "+ String(bluetooth_name));
  SerialBT.begin(bluetooth_name);

  // configure LED PWM functionalites
  ledcSetup(ledChannel, freq, resolution);
  // attach the channel to the GPIO to be controlled
  ledcAttachPin(pwm_Dpn, ledChannel);
  ledcAttachPin(pwm_Blak, ledChannel);

  if (charBT == 'F') {motor(1,0,1,0, 1,0,1,0);} //Maju
  if (charBT == 'B') {motor(0,1,0,1, 0,1,0,1);} //Mundur
  if (charBT == 'L') {motor(0,1,1,0, 1,0,0,1);} //Kiri
  if (charBT == 'R') {motor(1,0,0,1, 0,1,1,0);} //Kanan
  if (charBT == 'S') {motor(0,0,0,0, 0,0,0,0);} //stop
}

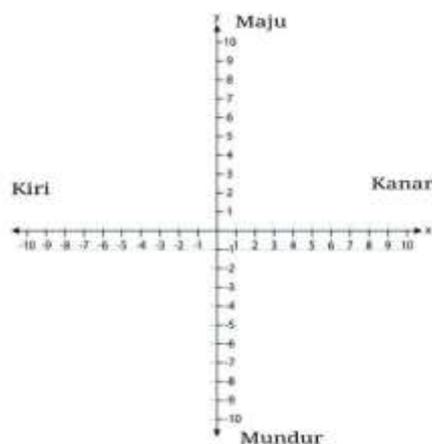
```

Skrip yang digunakan dalam program penggerak roda *mecanum* bertujuan untuk menjalankan roda mekanum pada robot sesuai dengan data yang dikirim dari *accelerometer*. Seperti pada miring belakang data yang terkirim yaitu data F yang berarti perintah maju, Pada miring depan data yang terkirim yaitu data B yang berarti perintah ke belakang, Pada miring kiri data yang terkirim yaitu data R yang berarti perintah ke kanan, Pada miring kanan data yang terkirim yaitu data L yang berarti perintah ke kiri, Pada akselerometer datar data yang terkirim yaitu data S yang berarti perintah untuk berhenti.

### C. Pengujian Alat

Pengujian sistem kontrol roda mobil mecanum menggunakan akselerometer dilakukan beberapa langkah untuk memastikan bahwa sistem kontrol dan roda berfungsi dengan baik. Mecanum memungkinkan kendaraan untuk bergerak dalam berbagai arah tanpa perlu mengubah orientasi roda. dilakukan beberapa tahap percobaan sebagai berikut:

#### 1. Pengujian sistem kontrol roda mobil mecanum menggunakan akselerometer



**Gambar 4. 6** Garis sumbu

Pada sistem kendali robot mobil ditentukan arah pergerakannya yaitu maju, mundur, geser kiri, dan geser kanan maka dari itu dibuatlah jalur seperti pada gambar di atas.



**Gambar 4. 7** kontrol akselerometer

Pada kontrol akselerometer terdapat *oled display* untuk menampilkan sumbu pergerakan kontrol yang apabila dimiringkan ke depan, belakang, atau kesamping maka akan mengirimkan perintah pergerakan pada robot mobil mekanum.

#### 1. Pengujian Sistem Kontrol Maju

**Tabel 4. 1** Pengujian sistem kontrol maju

Pengujian 1				Pengujian 2			
NO	SUDUT	SUMBU X	KLB	NO	SUDUT	SUMBU X	KLB
1	10°	+1,49	6,71	1	10°	+1,39	7,19
2	20°	+3,14	4,83	2	20°	+3,20	6,25
3	30°	+4,79	6,26	3	30°	+4,78	6,27
4	40°	+6,24	6,41	4	40°	+6,28	6,36
5	50°	+7,57	6,60	5	50°	+7,51	6,65
6	60°	+8,33	7,20	6	60°	+8,35	7,18
7	70°	+9,22	7,59	7	70°	+9,25	7,56
8	80°	+9,77	8,18	8	80°	+9,70	8,29
9	90°	+10,05	8,95	9	90°	+10,05	8,95

Pada percobaan pengujian sistem kontrol maju di atas dapat kita lihat bahwa ada dua hasil data pengujian, pengujian 1 dan pengujian 2. Data pada pengujian 1 dan 2 memiliki hasil yang hampir sama, dari percobaan pertama sampai sembilan, tidak jauh berbeda sumbu kontrol yang dikendalikan oleh remot cukup stabil. Sumbu X dapat dilihat pada lcd remot kontrol, sudut diambil dari pengukuran pergerakan robot pada saat kontrol maju dan kalibrasi diambil dari perhitungan antara sudut dan sumbu X.

## 2. Pengujian Sistem Kontrol Mundur

**Tabel 4. 2 Pengujian sistem kontrol mundur**

Pengujian 1				Pengujian 2			
NO	SUDUT	SUMBU X	KLB	NO	SUDUT	SUMBU X	KLB
1	10°	-2,67	3,74	1	10°	-2,61	3,83
2	20°	-4,31	4,64	2	20°	-4,33	4,61
3	30°	-5,77	5,19	3	30°	-5,75	5,21
4	40°	-7,06	5,66	4	40°	-7,11	5,62
5	50°	-8,37	5,97	5	50°	-8,36	5,98
6	60°	-9,30	6,45	6	60°	-9,37	6,40
7	70°	-10,04	6,97	7	70°	-10,06	6,95
8	80°	-10,43	7,67	8	80°	-10,39	7,69
9	90°	-10,55	8,53	9	90°	-10,53	8,54

Pada percobaan pengujian sistem kontrol mundur di atas dapat kita lihat bahwa ada dua hasil data pengujian, pengujian 1 dan pengujian 2. Data pada pengujian 1 dan 2 memiliki hasil yang hampir sama, dari percobaan pertama sampai sembilan, tidak jauh berbeda sumbu kontrol yang dikendalikan oleh remot cukup stabil. Sumbu X dapat dilihat pada lcd remot kontrol, sudut diambil

dari pengukuran pergerakan robot pada saat kontrol mundur dan kalibrasi diambil dari perhitungan antara sudut dan sumbu X.

### 3. Pengujian Sistem Kontrol Geser Kanan

**Tabel 4. 3 Pengujian sistem kontrol geser kanan**

Pengujian 1				Pengujian 2			
NO	SUDUT	SUMBU Y	KLB	NO	SUDUT	SUMBUY	KLB
1	10°	+2,71	3,69	1	10°	+2,69	3,71
2	20°	+3,04	6,57	2	20°	+3,09	6,47
3	30°	+5,92	5,06	3	30°	+5,88	5,10
4	40°	+7,14	5,60	4	40°	+7,09	5,64
5	50°	+8,43	5,93	5	50°	+8,44	5,92
6	60°	+9,41	6,37	6	60°	+9,43	6,36
7	70°	+10,02	6,98	7	70°	+10,05	6,96
8	80°	+10,51	6,61	8	80°	+10,48	7,63
9	90°	+10,59	8,49	9	90°	+10,59	8,49

Pada percobaan pengujian sistem kontrol kanan di atas dapat kita lihat bahwa ada dua hasil data pengujian, pengujian 1 dan pengujian 2. Data pada pengujian 1 dan 2 memiliki hasil yang hampir sama, dari percobaan pertama sampai sembilan, tidak jauh berbeda sumbu kontrol yang dikendalikan oleh remot cukup stabil. Sumbu Y dapat dilihat pada lcd remot kontrol, sudut diambil dari pengukuran pergerakan robot pada saat kontrol geser kanan dan kalibrasi diambil dari perhitungan antara sudut dan sumbu Y.

#### 4. Pengujian Sistem Kontrol Geser Kiri

**Tabel 4. 4** Pengujian sistem kontrol geser kiri

Pengujian 1				Pengujian 2			
NO	SUDUT	SUMBU Y	KLB	NO	SUDUT	SUMBU Y	KLB
1	10°	-1,53	6,53	1	10°	-1,57	6,36
2	20°	-2,90	6,89	2	20°	-2,89	6,92
3	30°	-5,41	5,54	3	30°	-5,37	5,58
4	40°	-6,20	6,45	4	40°	-6,25	6,04
5	50°	-7,16	6,98	5	50°	-7,17	6,94
6	60°	-8,15	7,36	6	60°	-8,14	7,37
7	70°	-9,14	7,05	7	70°	-9,15	7,65
8	80°	-10,04	7,96	8	80°	-10,07	7,94
9	90°	-10,24	8,78	9	90°	-10,31	8,72

Pada percobaan pengujian sistem kontrol geser kiri di atas dapat kita lihat bahwa ada dua hasil data pengujian, pengujian 1 dan pengujian 2. Data pada pengujian 1 dan 2 memiliki hasil yang hampir sama, dari percobaan pertama sampai sembilan, tidak jauh berbeda sumbu kontrol yang dikendalikan oleh remot cukup stabil. Sumbu Y dapat dilihat pada lcd remot kontrol, sudut diambil dari pengukuran pergerakan robot pada saat kontrol geser kiri dan kalibrasi diambil dari perhitungan antara sudut dan sumbu Y.

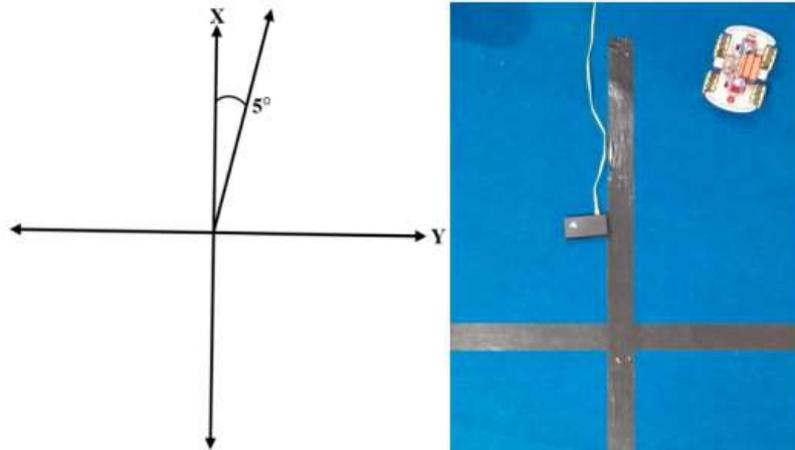
## 2. Pengujian sistem pergerakan roda mobil mecanum menggunakan kontrol accelerometer

### 1. Pergerakan Maju

**Tabel 4. 5 Pengujian sistem pergerakan maju**

NO	PERGERAKAN	SUDUT	X (+)	Y (+)	JARAK
1	Maju	5°	2,90	0,24	1 METER
2	Maju	6°	2,47	0,35	
3	Maju	6°	2,75	0,20	
4	Maju	1°	2,59	0,35	
5	Maju	2°	2,71	0,31	

Tabel di atas menunjukkan bahwa pengujian sistem pergerakan maju diuji sebanyak lima kali percobaan. Percobaan pertama dengan sumbu X 2,90 dan sumbu Y 0,24 dengan jarak maju 1 meter mendapatkan sudut 5°, Percobaan kedua dengan sumbu X 2,47 dan sumbu Y 0,35 dengan jarak maju 1 meter mendapatkan sudut 6°, Percobaan ketiga dengan sumbu X 2,75 dan sumbu Y 0,20 dengan jarak maju 1 meter mendapatkan sudut 6°, Percobaan keempat dengan sumbu X 2,59 dan sumbu Y 0,35 dengan jarak maju 1 meter mendapatkan sudut 1°, Percobaan kelima dengan sumbu X 2,71 dan sumbu Y 0,31 dengan jarak maju 1 meter mendapatkan sudut 2°. Pembacaan sumbu X dan Y dilihat pada lcd remot kontrol dan sudut ditentukan oleh pergerakan robot sejauh 1 meter.



**Gambar 4. 8** Sumbu pergerakan maju

Pada gambar di atas menunjukkan pergerakan maju robot sejauh satu meter yang dimulai dari titik tengah atau titik awal dan mendapatkan sudut  $5^\circ$  yang diukur menggunakan penggaris busur.

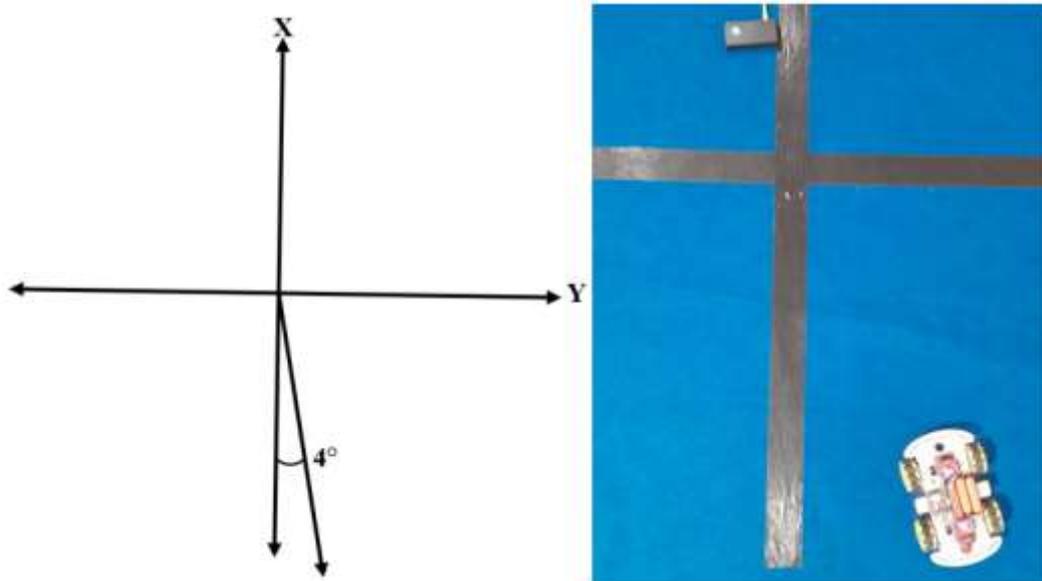
## 2. Pergerakan Mundur

**Tabel 4. 6** Pengujian sistem pergerakan mundur

NO	PERGEAKAN	SUDUT	X (-)	Y (+)	JARAK
1	Mundur	$6^\circ$	5,06	0,71	1 METER
2	Mundur	$3^\circ$	5,14	0,65	
3	Mundur	$8^\circ$	5,33	0,61	
4	Mundur	$4^\circ$	4,51	0,67	
5	Mundur	$7^\circ$	4,60	0,67	

Tabel di atas menunjukkan bahwa pengujian sistem pergerakan mundur diuji sebanyak lima kali percobaan. Percobaan pertama dengan sumbu X 5,06 dan sumbu Y 0,71 dengan jarak maju 1 meter mendapatkan sudut  $6^\circ$ , Percobaan kedua dengan sumbu X 5,14 dan sumbu Y 0,65 dengan jarak mundur 1 meter mendapatkan sudut  $3^\circ$ , Percobaan ketiga dengan sumbu X 5,33 dan sumbu Y 0,61

dengan jarak mundur 1 meter mendapatkan sudut  $8^\circ$ , Percobaan keempat dengan sumbu X 4,51 dan sumbu Y 0,67 dengan jarak mundur 1 meter mendapatkan sudut  $4^\circ$ , Percobaan kelima dengan sumbu X 4,60 dan sumbu Y 0,67 dengan jarak mundur 1 meter mendapatkan sudut  $7^\circ$ . Pembacaan sumbu X dan Y dilihat pada lcd remot kontrol dan sudut ditentukan oleh pergerakan robot sejauh 1 meter.



**Gambar 4. 9** Sumbu pergerakan mundur

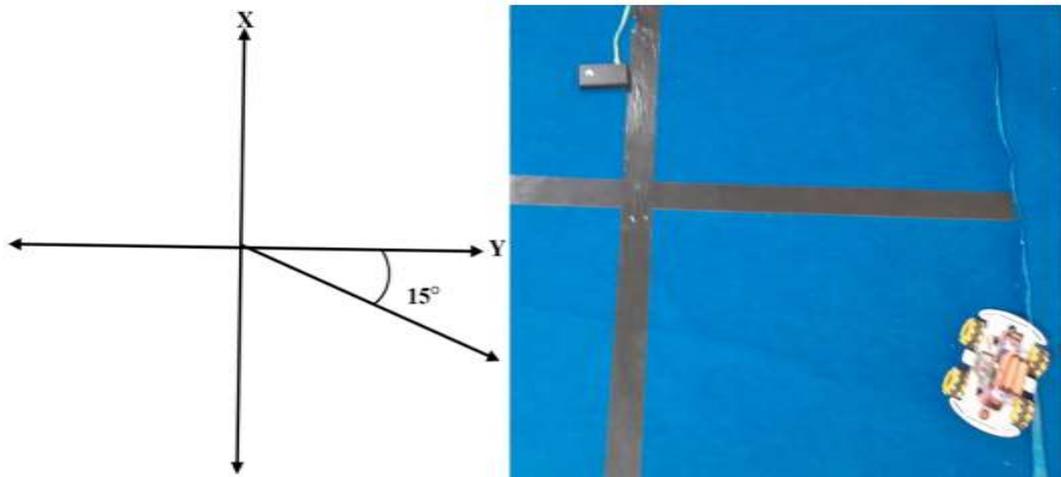
Pada gambar di atas menunjukkan pergerakan mundur robot sejauh satu meter yang dimulai dari titik tengah atau titik awal dan mendapatkan sudut  $4^\circ$  yang diukur menggunakan penggaris busur.

### 3. Pergerakan Geser Kanan

**Tabel 4. 7 Pengujian sistem pergerakan geser kanan**

NO	PERGEAKAN	SUDUT	Y (+)	X (-)	JARAK
1	Geser Kanan	15°	7,37	0,47	1 METER
2	Geser Kanan	16°	7,10	0,41	
3	Geser Kanan	15°	7,34	0,24	
4	Geser Kanan	15°	7,41	0,27	
5	Geser Kanan	15°	7,41	0,27	

Tabel di atas menunjukkan bahwa pengujian sistem pergerakan geser kanan diuji sebanyak lima kali percobaan. Percobaan pertama dengan sumbu Y 7,37 dan sumbu X 0,47 dengan jarak geser kanan 1 meter mendapatkan sudut 15°, Percobaan kedua dengan sumbu Y 7,10 dan sumbu X 0,41 dengan jarak geser kanan 1 meter mendapatkan sudut 16°, Percobaan ketiga dengan sumbu Y 7,34 dan sumbu X 0,24 dengan jarak geser kanan 1 meter mendapatkan sudut 15°, Percobaan keempat dengan sumbu Y 7,41 dan sumbu X 0,27 dengan jarak geser kanan 1 meter mendapatkan sudut 15°, Percobaan kelima dengan sumbu Y 7,41 dan sumbu X 0,27 dengan jarak geser kanan 1 meter mendapatkan sudut 15°. Pembacaan sumbu Y dan X dilihat pada lcd remot kontrol dan sudut ditentukan oleh pergerakan robot sejauh 1 meter.



Pada gambar di atas menunjukkan pergerakan geser kanan robot sejauh satu meter yang dimulai dari titik tengah atau titik awal dan mendapatkan sudut  $15^\circ$  yang diukur menggunakan penggaris busur.

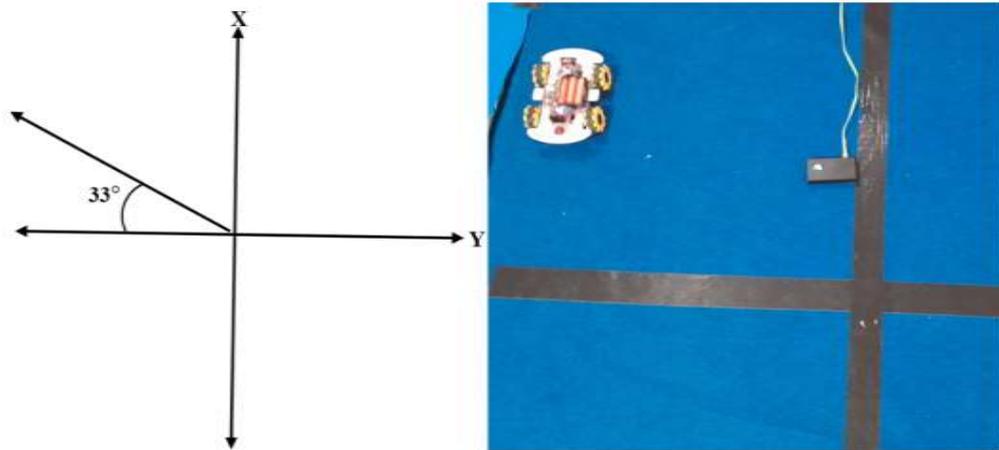
#### 4. Pergerakan Geser Kiri

**Tabel 4. 8 Pengujian sistem pergerakan geser kiri**

NO	PERGEAKAN	SUDUT	Y (-)	X (-)	JARAK
1	Geser Kiri	$35^\circ$	7,34	0,71	1 METER
2	Geser Kiri	$32^\circ$	7,37	0,71	
3	Geser Kiri	$37^\circ$	7,75	0,71	
4	Geser Kiri	$33^\circ$	7,81	0,71	
5	Geser Kiri	$28^\circ$	8,00	0,71	

Tabel di atas menunjukkan bahwa pengujian sistem pergerakan geser kiri diuji sebanyak lima kali percobaan. Percobaan pertama dengan sumbu Y 7,34 dan sumbu X 0,71 dengan jarak geser kiri 1 meter mendapatkan sudut  $35^\circ$ , Percobaan kedua dengan sumbu Y 7,37 dan sumbu X 0,71 dengan jarak geser kiri 1 meter mendapatkan sudut  $32^\circ$ , Percobaan ketiga dengan sumbu Y 7,75 dan sumbu X 0,71 dengan jarak geser kiri 1 meter mendapatkan sudut  $37^\circ$ , Percobaan keempat

dengan sumbu Y 7,81 dan sumbu X 0,71 dengan jarak geser kiri 1 meter mendapatkan sudut  $33^\circ$ , Percobaan kelima dengan sumbu Y 8,00 dan sumbu X 0,71 dengan jarak geser kiri 1 meter mendapatkan sudut  $28^\circ$ . Pembacaan sumbu Y dan X dilihat pada lcd remot kontrol dan sudut ditentukan oleh pergerakan robot sejauh 1 meter.



**Gambar 4. 10** Sumbu pergerakan geser kiri

Pada gambar di atas menunjukkan pergerakan geser kiri robot sejauh satu meter yang dimulai dari titik tengah atau titik awal dan mendapatkan sudut  $33^\circ$  yang diukur menggunakan penggaris busur.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan dan Saran**

Setelah melakukan penelitian pada Sistem Kendali Mobil Roda mekanum, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada percobaan pengujian sistem kontrol maju di atas dapat kita lihat bahwa ada dua hasil data pengujian, pengujian 1 dan pengujian 2. Data pada pengujian 1 dan 2 memiliki hasil yang hampir sama, dari percobaan pertama sampai sembilan, tidak jauh berbeda sumbu kontrol yang dikendalikan oleh remot cukup stabil. Sumbu X dapat dilihat pada lcd remot kontrol, sudut diambil dari pengukuran pergerakan robot pada saat kontrol maju dan kalibrasi diambil dari perhitungan antara sudut dan sumbu X
2. Dalam lima kali pengujian pada saat maju sudut pergerakannya yang dihasilkan adalah  $5^{\circ}, 6^{\circ}, 6^{\circ}, 1^{\circ}, 2^{\circ}$  dengan nilai rata-rata yang dihasilkan  $4^{\circ}$  pada saat mundur sudut pergerakannya yang dihasilkan adalah  $6^{\circ}, 3^{\circ}, 8^{\circ}, 4^{\circ}, 7^{\circ}$  dengan nilai rata-rata yang dihasilkan  $5,6^{\circ}$ , pada saat mundur geser kanan pergerakannya yang dihasilkan adalah  $15^{\circ}, 16^{\circ}, 15^{\circ}, 15^{\circ}, 15^{\circ}$  dengan nilai rata-rata yang dihasilkan  $15,2^{\circ}$  pada saat geser kiri sudut pergerakannya yang dihasilkan adalah  $35^{\circ}, 32^{\circ}, 37^{\circ}, 33^{\circ}, 38^{\circ}$  dengan nilai rata-rata yang dihasilkan  $35^{\circ}$ . Tabel pengujian pergerakan mobil roda mekanum menunjukkan bahwa pengujian sistem pergerakan maju, mundur geser kanan dan geser kiri dapat bergerak sesuai arah yang ditentukan, Roda mobil mekanum dapat bergerak sesuai arah

yang ditentukan namun tidak terlalu presisi disebabkan beban pada mobil mecanum tidak diperhitungkan keseimbangannya serta dipengaruhi pula dengan medan yang dilaluinya.

### **B. Saran**

1. Masih dibutuhkan penelitian lanjutan untuk bisa menambah pergerakan memutar dan serong pada roda mobil mecanum.
2. Dibutuhkan penelitian lanjutan untuk mampu mengendalikan mobil mecanum secara otomatis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Ananda, R. and Eska, J. (2019) 'Analisis Penggunaan Driver Mini Victor L298N Terhadap Mobil Robot Dengan Dua Perintah Android Dan Arduino Nano', *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, 6(1), pp. 51–58. Available at: <https://doi.org/10.33330/jurteksi.v6i1.396>.
- Cahyadi, W. *et al.* (2023) 'Pengendali Wireless Mobile Robot Arm (WMRA) Berdasarkan Gestur Lengan Menggunakan Sensor Accelerometer dan Logika Fuzzy', *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 13(2), p. 195. Available at: <https://doi.org/10.22146/ijeis.77125>.
- Fahmizal, F., Mayub, A. and Arrofiq, M. (2018) 'Sistem Gerak Robot Mainland Surveillance menggunakan Mecanum Wheel sebagai Militer Robot', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(2), p. 205. Available at: <https://doi.org/10.24843/mite.2018.v17i02.p07>.
- Fahmizal, F., Priyatmoko, A. and Mayub, A. (2022) 'Implementasi Kinematika Trajectory Lingkaran pada Robot Roda Mecanum', *Jurnal Listrik Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 3(1), pp. 25–30. Available at: <https://doi.org/10.22146/juliet.v3i1.74760>.
- Herlambang, T. *et al.* (2023) 'Sosialisasi Pengembangan Software Sistem Navigasi dan Panduan Mobile Robot di PT Abisakti Surya Megakon', *Indonesia Berdaya*, 4(4), pp. 1585–1592. Available at: <https://doi.org/10.47679/ib.2023607>.
- Imran, A. and Rasul, M. (2020) 'Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32', *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), pp. 2721–9100. Available at: <https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/view/14193>.
- Ma'arif, M.M.H. (2022) 'Sistem Navigasi Pada Mobile Robot Menggunakan Sensor Kompas', 9(September), pp. 129–134.
- Mustar, M.Y. and Ardiyanto, Y. (2018) 'Perancangan Kendali Navigasi Robot Tank Secara Nirkabel Berbasis Sensor Accelerometer Berdasarkan Gerakan Tangan', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(1), pp. 87–98. Available at: <https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.1866>.
- Prawira Negara, M.A. and Laksono, D.S. (2017) 'Perancangan Kendali Robot pada Smartphone Menggunakan Sensor Accelerometer Berbasis Metode Fuzzy Logic', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(2), p. 76. Available at: <https://doi.org/10.17529/jre.v13i2.7766>.
- Saniman, \*, Ramadhan, M. and Zulkarnain, I. (2020) 'J-SISKO TECH Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD Rancang

Bangun Smart Glass Telemetry Tegangan Menggunakan Teknik Simplex Berbasis Arduino Nano', □, 12(1), pp. 12–18.

Sirmayanti, S. *et al.* (2021) 'Rekayasa Sistem Kendali Gripper melalui Robot Transporter menggunakan WiFi Module ESP8266', *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, 11(1), p. 51. Available at: <https://doi.org/10.22441/incomtech.v11i1.10091>.

Uno, A., Oled, D.A.N. and Untuk, D. (2024) 'SISTEM DETEKSI DETAK JANTUNG BERBASIS SENSOR', 12(3).

Utomo, B., Dwi Setyaningsih, N.Y. and Iqbal, M. (2020) 'Kendali Robot Lengan 4 Dof Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Mpu-6050', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), pp. 89–96. Available at: <https://doi.org/10.24176/simet.v11i1.3699>.

Wagyana, A. (2019) 'Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)', *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 8(2), p. 238. Available at: <https://doi.org/10.36055/setrum.v8i2.6561>.