

# **ROBOT KERANJANG PENGIKUT MANUSIA DENGAN KONTROL PID**

## **PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan Oleh

Franky                      NIM                      1052112

Nova Amanda              NIM                      1052122

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ROBOT KERANJANG PENGIKUT MANUSIA DENGAN KONTROL PID

Oleh:  
Franky NIM 1052112  
Nova Amanda NIM 1052122

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

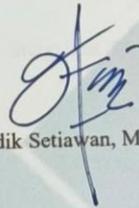
Menyetujui,

Pembimbing 1



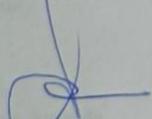
( Indra Dwisaputra, M.T )

Pembimbing 2



( I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D )

Penguji 1



( Oesirendi, M.T )

Penguji 2



( Aan Febriansyah, M.T )

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Franky

NIM : 1052112

Nama Mahasiswa 2 : Nova Amanda

NIM : 1052122

Dengan Judul : Robot Keranjang Pengikut Manusia Dengan Kontrol PID

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 24 Juli 2024

Nama Mahasiswa

Tanda tangan

1. Franky

(..........)

2. Nova Amanda

(..........)

## **ABSTRAK**

*Globalisasi mendorong perpustakaan modern untuk terus berevolusi dalam meningkatkan layanan dan pengelolaan koleksinya. Robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID, hadir sebagai inovasi untuk membantu pustakawan dalam proses pemindahan buku dengan jumlah cukup banyak. Robot ini menggunakan sensor jarak TF Luna LIDAR dengan teknologi TOF (Time of Flight) yang dapat mengikuti pergerakan objek dengan presisi. Kontrol PID diterapkan untuk menjaga kestabilan navigasi robot, mengurangi kesalahan (error), dan memastikan robot dapat bergerak dengan akurat mengikuti penggunanya. Hasil yang didapatkan dalam proyek akhir ini adalah robot keranjang dapat mengikuti manusia menggunakan sensor TF Luna LIDAR sebagai pendeteksi jarak, beban yang dibawa mempengaruhi kecepatan motor DC pada robot, dan hasil tuning kontrol PID dengan penentuan nilai  $K_p=0.08$ ,  $K_i=0.075$ ,  $K_d=0.01$ , setpoint kecepatan 200 RPM menunjukkan kestabilan yang cukup baik.*

**Kata Kunci:** Robot, TF Luna LIDAR sensor, Kontrol PID, motor DC

## **ABSTRACT**

*Globalization encourages modern libraries to continue to evolve in improving their services and managing their collections. The human follower basket robot with PID control is present as an innovation to assist librarians in the process of moving books in large quantities. This robot uses a TF Luna LIDAR distance sensor with TOF (Time of Flight) technology that can follow the movement of objects with precision. PID control is applied to maintain the stability of the robot's navigation, reduce errors, and ensure that the robot can move accurately following its users. The results obtained in this final project are that the basket robot can follow humans using the Luna LIDAR TF sensor as a distance detector, the load carried affects the speed of the DC motor on the robot, and the results of PID control tuning with the determination of values  $K_p=0.08$ ,  $K_i=0.075$ ,  $K_d=0.01$ , the speed setpoint of 200 RPM shows quite good stability.*

**Keywords:** Robot, TF Luna LIDAR sensor, PID control, DC motor

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan Syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Robot Keranjang Pengikut Manusia Dengan Kontrol PID”.

Adapun maksud serta tujuan dari penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Terapan Jurusan Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Penulis menyadari bahwa dalam proses pembuatan sampai dengan menyelesaikan tugas akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama dari berbagai pihak, maka laporan ini dapat diatasi dan diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih dan rasa hormat setinggi-tingginya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, rezeki dan hidayah yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik secara moral maupun materil sehingga penulis dapat memberikan hasil yang terbaik.
3. Bapak Indra Dwisaputra, M.T selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi pengarahan dalam pembuatan dan penulisan Laporan Proyek Akhir.
4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan saran dan solusi selama proses perencanaan dan pembuatan alat serta penyusunan laporan ini.
5. Bapak Catur Pebriandani, S.Tr. Selaku dosen yang telah rela meluangkan waktunya untuk membatu penulis dalam memberikan saran dan solusi dalam pembuatan program sampai dengan alat jadi.

6. Semua rekan dan teman-teman penulis yang bersedia membatu serta memberikan suport penulis selama menjalani perkuliahan sampai dengan pengerjaan tugas akhir ini.
7. Seluruh staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pembuatan dan penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bentuk perbaikan untuk tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.



Sungailiat, 24 Juli 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan .....	2
BAB II.....	3
DASAR TEORI .....	3
2.1 Perpustakaan .....	3
2.2. Robot Pengikut Manusia.....	4
2.3. Sensor LIDAR.....	5
2.5 Sensor Ultrasonik .....	7
2.5. Motor DC .....	7
2.6. Kontroler PID ( <i>Proportional Integral Derivatif</i> ).....	9
BAB III .....	11
METODE PELAKSANAAN .....	11
3.1. Studi Literatur .....	12
3.2. Perancangan Desain Alat .....	12
3.3. Kalibrasi dan Pengujian Komponen .....	16
3.4. Pembuatan Kontruksi Alat.....	16
3.5. Rangkaian Elektrik.....	16

3.6. Pembuatan Program Robot .....	18
3.7. Pengujian Keseluruhan Alat.....	18
3.8. Pengumpulan dan Analisa Data .....	18
3.9. Pembuatan Laporan Proyek Akhir .....	19
BAB IV .....	20
PEMBAHASAN .....	20
4.1. Deskripsi Alat .....	20
4.2. Proses Pembuatan Robot.....	21
4.3. Pengujian Pada Elektrik Robot .....	24
4.3.1 Pengujian Persamaan Linear antara PWM dan RPM .....	25
4.3.2 Pengujian Sistem Kontrol PID Te Motor DC .....	28
4.3.3 Pengujian Sensor TF Luna LIDAR.....	34
4.3.4 Pengujian Sensor Ultrasonik.....	36
4.4. Pengujian Keseluruhan.....	38
BAB V.....	40
KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1. Kesimpulan.....	40
5.2. Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan Data antara PWM dan RPM .....	25
Tabel 4.2 Pengujian PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 100 .....	28
Tabel 4.3 Pengujian PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 200 .....	30
Tabel 4.4 Pengujian PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 300 .....	32
Tabel 4.5 Perbandingan Data Pengujian sensor TF Luna LIDAR.....	34
Tabel 4. 6 Data Pengujian sensor TF Ultrasonik .....	36
Tabel 4.7 Uji Robot Tanpa Beban.....	38
Tabel 4.8 Uji Alat Dengan Beban .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Layout Perpustakaan POLMAN .....	3
Gambar 2.2 Layout Perpustakaan POLMAN BABEL .....	4
Gambar 2.3 Robot pengikut manusia [8] .....	5
Gambar 2.4 Cara Kerja TF Luna LIDAR Sensor [4] .....	6
Gambar 2.5 TF Luna LIDAR Sensor [4] .....	6
Gambar 2.6 Ultrasonik HCSR04 .....	7
Gambar 2.7 Motor DC PG36 24VDC .....	8
Gambar 2.8 Driver Motor IBT-2 BTS7960 .....	8
Gambar 2.9 Blok Diagram Kontrol PID [5] .....	10
Gambar 3.1 Flowchart Metode Pelaksanaan .....	11
Gambar 3.2 Desain Robot Tampak Samping .....	12
Gambar 3.3 Desain Robot Tampak Atas dan depan .....	12
Gambar 3.4 Desain Kontrol Utama .....	13
Gambar 3.5 Blok Diagram Robot .....	13
Gambar 3.6 Blok Diagram Kontrol Robot .....	14
Gambar 3.7 Flowchart Kerja Robot .....	14
Gambar 3.8 Flowchart Proses Kerja Robot .....	15
Gambar 3.9 Skematik Rangkain Elektrik Robot .....	17
Gambar 3.10 Skematik Rangkain Elektrik Kontrol Robot .....	17
Gambar 4.1 Kontruksi Kontrol Utama .....	20
Gambar 4.2 Kontruksi Robot Keranjang Pengikut Manusia .....	21
Gambar 4.3 Kerangka Robot .....	22
Gambar 4.4 Kerangka Robot Setelah Dipasangkan Triplek .....	22
Gambar 4.5 Pemasangan Roda Robot .....	23
Gambar 4.6 Perakitan Komponen .....	24
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Data PWM dan RPM .....	26
Gambar 4.8 Pengujian Persamaan Linear PWM dan RPM .....	27
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Kontrol PID Dengan Setpoint = 100 .....	29

Gambar 4.10 Grafik Pengujian Kontrol PID Dengan Setpoint = 200 .....	31
Gambar 4.11 Grafik Pengujian Kontrol PID Dengan Setpoint = 300 .....	33
Gambar 4.12 Program Pengujian Snsor TF Luna LIDAR.....	35
Gambar 4.13 Pengujian Sensor TF luna LIDAR .....	36
Gambar 4.14 Program Pengujian Sensor Ultrasonik .....	37
Gambar 4.15 Pengujian Sensor Ultrasonik .....	37
Gambar 4.16 Coba Robot Pengikut Manusia Dengan Beban .....	39



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Program



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era saat ini, globalisasi membuat perpustakaan harus terus berevolusi, baik dalam hal layanan maupun pengolahan koleksi. Perpustakaan modern terus berkembang dan berinovasi untuk meningkatkan layanannya kepada pengguna agar membangun minat dan niat dalam membaca buku [1]. Proses pemindahan dan pengambilan buku serta barang-barang pasti sering terjadi dalam perpustakaan. Untuk barang yang berjumlah sedikit dapat diangkat dengan menggunakan tangan, namun jika jumlah barang yang akan dibawa cukup banyak dan berat, maka manusia perlu menggunakan alat bantu dalam proses pembawaannya.

Keranjang menjadi salah satu wadah untuk membantu manusia dalam membawa barang dengan jumlah yang cukup banyak. Karena dengan keranjang, barang yang dibawa akan lebih mudah dipegang menggunakan tangan, hal ini sangat membantu dalam proses pemindahan barang maupun buku yang ada didalam perpustakaan. Oleh karena itu, pustakawan dituntut untuk berperan aktif dalam penyediaan dan pelayanan informasi berbasis teknologi secara cepat, tepat, dan akurat, agar meningkatkan minat baca pengguna pada saat di perpustakaan [2].

Sebagai pengguna perpustakaan aktif yang sering memanfaatkan sumber informasi pengetahuan dan fasilitas didalam perpustakaan, kami sebagai penulis ingin mengembangkan penelitian yang dilakukan oleh Juliansyah Surya Putra, 2019, yang telah merancang dan membuat sebuah robot troli pengikut manusia otomatis dengan kamera mengikuti bentuk [3]. Penelitian yang akan dilakukan adalah mengembangkan robot keranjang pengikut menggunakan sensor jarak TF Luna LIDAR dengan kontrol PID untuk pendeteksian keberadaan pengguna. Sistem ini menggunakan teknologi seperti *Time-of-Flight* (ToF) untuk mengukur jarak ke suatu objek dengan TF Luna LIDAR sensor [4]

Robot keranjang pengikut manusia ini menggunakan kontrol PID atau *Proportional Integral Derivative*, untuk menjaga kestabilan navigasi pada robot

keranjang. PID sendiri merupakan suatu metode pengontrolan yang digunakan untuk menstabilkan suatu sistem [5]. Pengembangan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan minat baca dan kunjungan pengguna untuk datang ke perpustakaan. Sehingga perpustakaan mendapatkan peningkatan kualitas layanan dan citranya sebagai institusi modern lebih berkembang dan inovatif.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pembahasan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah pada proses pembuatan proyek akhir Robot Keranjang Pengikut Manusia, antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang robot yang dapat mengikuti suatu objek dengan menggunakan sensor jarak TF Luna LIDAR.
2. Bagaimana menggunakan sensor TF Luna LIDAR sebagai peroses navigasi keberadaan objek pada robot.
3. Bagaimana robot dapat menjaga jarak dengan stabil menggunakan kontrol PID.

## **1.3. Batasan Masalah**

Agar penelitian pada proyek akhir ini tidak terjadi penyimpangan dan lebih terarah dalam pembahasannya, maka perlu diberikan batasan masalah, antara lain:

1. Kapasitas beban yang dapat di bawa robot seberat 5 kilogram.
2. Permukaan lantai yang dilalui robot harus rata dan tidak licin.
3. Proses belok kanan dan kiri robot menggunakan kontrol utama.

## **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan dari pembuatan proyek akhir ini, antara lain sebagai berikut:

1. Mendapatkan rancangan alat yang dapat mengikuti suatu objek dengan menggunakan sensor jarak TF Luna LIDAR.
2. Dapat menggunakan sensor TF Luna LIDAR sebagai proses navigasi rintangan pada robot.
3. Robot yang dibuat dapat menjaga jarak menggunakan kontrol PID.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Perpustakaan**

Perpustakaan merupakan sumber dari informasi yang menjadi penunjang dan penggerak majunya suatu institusi pendidikan. Dengan adanya keberadaan perpustakaan, ia memberikan banyak pengaruh besar pada dunia pendidikan, terutama dalam memajukan kualitas bangsa. [6]. Pada saat ini globalisasi membuat perpustakaan harus terus berevolusi, baik dalam hal layanan maupun pengolahan koleksi. Perpustakaan modern terus berkembang dan berinovasi untuk meningkatkan layanannya kepada pengguna agar membangun minat dan niat dalam membaca buku [1].

Perpustakaan yang ada pada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung menjadi salah satu tempat bagi mahasiswa untuk mendapatkan sumber informasi yang ada di POLMAN BABEL. Seiring berjalannya waktu perpustakaan POLMAN BABEL terus melakukan usaha pengembangan melalui penambahan sarana dan prasarana, pelayanan, koleksi, penambahan kapasitas serta kenyamanan pada pengunjung. Adapun denah layout pada perpustakaan POLMAN BABEL yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Layout Perpustakaan POLMAN

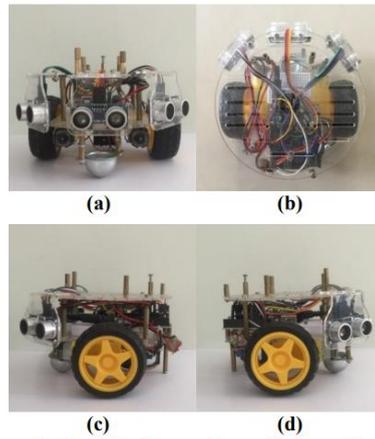


Gambar 2.2 Layout Perpustakaan POLMAN BABEL

## 2.2. Robot Pengikut Manusia

Robot pengikut manusia merupakan salah satu dari implementasi perkembangan pengolahan ilmu teknologi digital yang dimana robot dapat mendeteksi objek dan secara otomatis mengikuti objek tersebut. Permasalahan yang ada pada robot pengikut manusia menjadi kompleks, karena meliputi *human detection, tracking, navigasi*, pengendalian posisi, serta pengendalian pergerakan objek [7]. Pendeteksian objek menjadi bagian yang sangat penting, karena merupakan sistem kinerja robot agar dapat mengikuti manusia. Jika proses pendeteksian tidak berjalan sebagai mana mestinya, maka robot pengikut manusia tidak akan dapat mengikuti objeknya dengan baik [8]. Pendeteksian objek pada robot pengikut manusia meliputi beberapa parameter, seperti berikut:

- Pendeteksian berbasis penglihatan: Parameter ini biasanya dideteksi menggunakan kamera untuk menangkap dan mengidentifikasi bentuk objek dalam gambar kamera.
- Pendeteksian berbasis laser: Parameter ini biasanya dideteksi dengan sensor jarak seperti, ultrasonik dan LIDAR untuk memindai lingkungan sekitar dan mendeteksi keberadaan objek berdasarkan jarak dan sudutnya.
- Pendeteksian berbasis frekuensi radio (RF): Parameter ini biasanya dideteksi menggunakan sinyal untuk memperkirakan jarak robot dengan arah objek. Parameter ini memungkinkan robot untuk melacak objek di luar jangkauan penglihatan, seperti di balik tembok, tetapi akurasi tergantung pada kekuatan sinyal.



Gambar 2.3 Robot pengikut manusia [8]

### 2.3. Sensor LIDAR

Sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*) merupakan sebuah teknologi yang berfungsi untuk mendeteksi jarak dengan memancarkan sinar *infrared* atau cahaya pada suatu objek. Energi cahaya yang dipancarkan dari sensor LIDAR biasanya dikenal sebagai *pulsa* dan cahaya yang dipantulkan dari objek disebut *return*. Prinsip kerja sensor LIDAR adalah dengan memancarkan cahaya pada objek yang dituju, kemudian cahaya yang dipantulkan dari objek tersebut akan kembali ditangkap pada sistem LIDAR [9]. Waktu yang didapatkan dari hasil pancaran dan pantulan pengukuran sensor tersebut menggunakan metode TOF (*Time Of Flight*), yang merupakan metode untuk mengkonversikan waktu menjadi jarak. Hasil metode inilah yang digunakan dalam proses pengukuran jarak antara sensor dengan objek [10].

Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung jarak pada sensor LIDAR, sebagai berikut:

$$d = \frac{c \times t}{2} \quad (2.1)$$

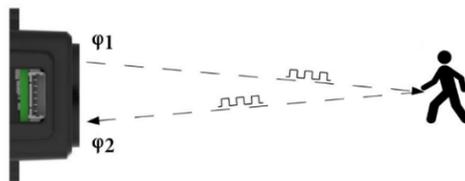
Keterangan :

d = Jarak antara sensor LIDAR dengan objek yang diukur (m)

c = Kecepatan Cahaya (  $3 \times 10^8$  m/s )

t = Waktu memancarkan dan memancarkan cahaya (s)

Pada robot keranjang pengikut manusia yang akan dibuat, kami menggunakan sensor LIDAR dengan tipe TF Luna. TF Luna sendiri merupakan bagian dari sensor LIDAR dengan jangkauan Cahaya yang menggunakan prinsip TOF (*Time Of Flight*) untuk mengukur jarak dan secara berkala memancarkan cahaya *infrared* atau inframerah. Waktu perbedaan fase bolak-balik inilah yang menghitung jarak relatif antara LIDAR dan objek yang terdeteksi. Kecepatan cahaya diketahui tiga kali sepuluh sampai 8meter perdetik yang dapat digunakan untuk menghitung jarak dari sensor dengan objek. Sensor ini dapat mengukur *range*: 0,2m (7,8 inc) sampai dengan 8m (26ft) dan memiliki resolusi satu sentimeter atau 0,4 inc [4]. Ilustrasi Cara kerja TF Luna LIDAR sensor dapat dilihat pada Gambar 2.3 Dibawah ini :



Gambar 2.4 Cara Kerja TF Luna LIDAR Sensor [4]



Gambar 2.5 TF Luna LIDAR Sensor [4]

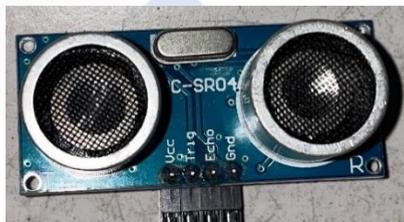
TF Luna LIDAR sendiri terdiri dari 6 pin dengan fungsi dan guna yang berbeda-beda. Berikut penjelasan tentang urutan dan fungsi pin TF Luna LIDAR.

- Pin 1 : Berfungsi sebagai sumber daya listrik dengan tegangan 5V.
- Pin 2 : Menjadi RXD/SDA yang pada dasarnya menerima data.
- Pin 3 : Menjadi TDx/SCL keterangan transmisi atau jam.
- Pin 4 : GND / *ground*.

- Pin 5 : *Input* konfigurasi, pada dasarnya jika terhubung dengan *ground* maka sensor akan jalan dalam *mode I2C* dan jika terputus 3.3V *serial port* akan berada dalam *mode serial*.
- Pin 6 : *Output* multiplex, keluaran dengan *mode on/off* untuk keluaran atau *mode I2C* ketersediaan data [4].

## 2.4 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan salah satu sensor yang menggunakan pantulan gelombang suara untuk mendeteksi jarak keberadaan objek yang ada didepannya, sensor ini menerima frekuensi kerja gelombang suara dari 20 kHz hingga 2 MHz. Prinsip kerja dari sensor ultrasonik HCSR04 adalah sebagai *transmitter* yang memancarkan sinyal ultrasonik (20 KHz) dalam bentuk *pulsa*, kemudian jika didepannya terdapat objek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal tersebut dan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan objek serta selisih waktu pemancaran, dari hasil pengukuran tersebutlah jarak objek yang didepan sensor ultrasonik HCSR04 dapat diketahui [11].



Gambar 2.6 Ultrasonik HCSR04

## 2.5. Motor DC

Motor DC merupakan salah satu motor elektrik yang digerakkan dari sumber tegangan dengan arus kumparan searah atau DC (*Direct Current*), yang dimana energi listrik diubah menjadi energi kinetik. Motor DC terdiri dari 2 komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang tidak berputar, ia terdiri dari kumparan magnet dan rangka yang berfungsi sebagai sirkuit magnet. Kemudian bagian lain dari motor DC yaitu rotor, rotor adalah bagian yang berputar dengan mengubah energi Listrik menjadi energi gerak berfungsi sebagai jangkar [12].



Gambar 2.7 Motor DC PG36 24VDC

Selain motor DC kami juga menggunakan motor driver, yang dimana motor driver merupakan komponen penting dalam rangkaian kontrol motor, berfungsi untuk mengubah sinyal kontrol yang arusnya rendah menjadi arus tinggi sesuai yang diperlukan untuk menggerakkan kecepatan motor. Sinyal kontrol yang umumnya memiliki arus rendah tidak cukup kuat untuk menggerakkan motor, di sinilah peran motor driver, yaitu mengubah sinyal kontrol menjadi arus yang lebih tinggi sehingga motor dapat berputar dengan baik.

Dalam proyek akhir ini, motor driver IBT-2 BTS7960 dipilih karena memiliki beberapa keunggulan. Motor driver ini dapat bekerja pada tegangan hingga 27V, mampu mengalirkan arus lebih dari 43A, mudah dipasang, dan memiliki ukuran yang cukup kecil sehingga mudah ditempatkan [13].



Gambar 2.8 Driver Motor IBT-2 BTS7960

## 2.6. Kontroler PID (*Proportional Integral Derivatif*)

Kontroler PID atau *Proportional Integral Derivative controller* adalah salah satu sistem kontrol yang biasa digunakan untuk menentukan kepresisian dalam sistem instrumentasi dengan adanya umpan balik (*feedback*). Sistem ini secara *kontinyu* menghitung nilai kesalahan (*error*) sebagai selisih antara *set point* yang diinginkan dan variabel proses yang terukur, kemudian menggunakan nilai kesalahan tersebut untuk menentukan tindakan koreksi. Dengan adanya kontrol PID proses kecepatan putaran motor DC akan lebih stabil, karena nilai *error* pada setiap waktu dapat diminimalisir sesuai dengan penyetelan variable kontrol yang diinginkan[5]. Sinyal keluaran dari PID dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.2)$$

Keterangan :

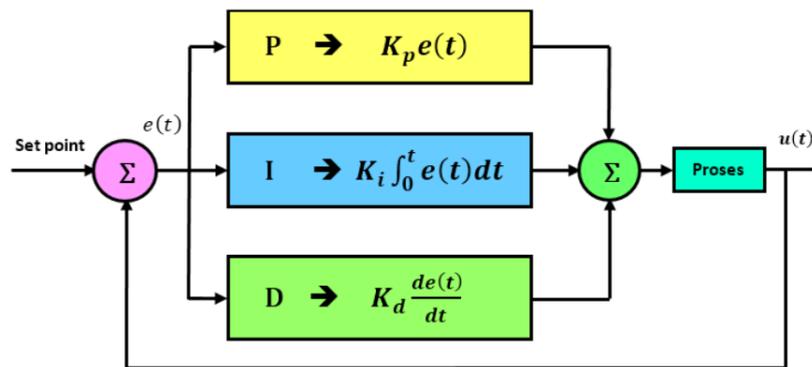
- $m(t)$  = Keluaran PID
- $K_p$  = Konstanta *proportional*
- $K_i$  = Konstanta *integral*
- $K_d$  = Konstanta *derivative*
- $e(t)$  = Nilai *error* sekarang
- $de(t)$  = Nilai *error* lama – nilai *error* baru
- $dt$  = *Time sampling*

Prinsip kerja Kontroller PID didasarkan pada tiga komponen utama, yaitu :

- *Proportional* (P) =  $K_p$  adalah kontrol *proporsional* yang cukup mampu untuk memperbaiki kesalahan (*error*) respon transien khususnya *rise time* dan *seetling time*, hal ini akan memberikan efek mengurangi waktu naik tetapi tidak memberi perubahan pada *setting time*.
- *Integral* (I) =  $K_i$  adalah kontrol *integral* yang dapat memperbaiki sekaligus menghilangkan *respon steady state*. Pemilihan  $K_i$  menjadi pengaruh kerja sistem, karena jika nilai  $K_i$  tidak tepat maka akan menyebabkan respon transien menjadi tinggi sehingga kestabilan sistem akan terganggu.

- *Derivative (D) = Kd* adalah kontrol *derivatif* akan berubah hanya saat terjadi perubahan *error*, yang membantu meningkatkan stabilitas sistem serta mengurangi *overshoot* dan waktu pengaturan (*setting time*) pada sistem.[14].

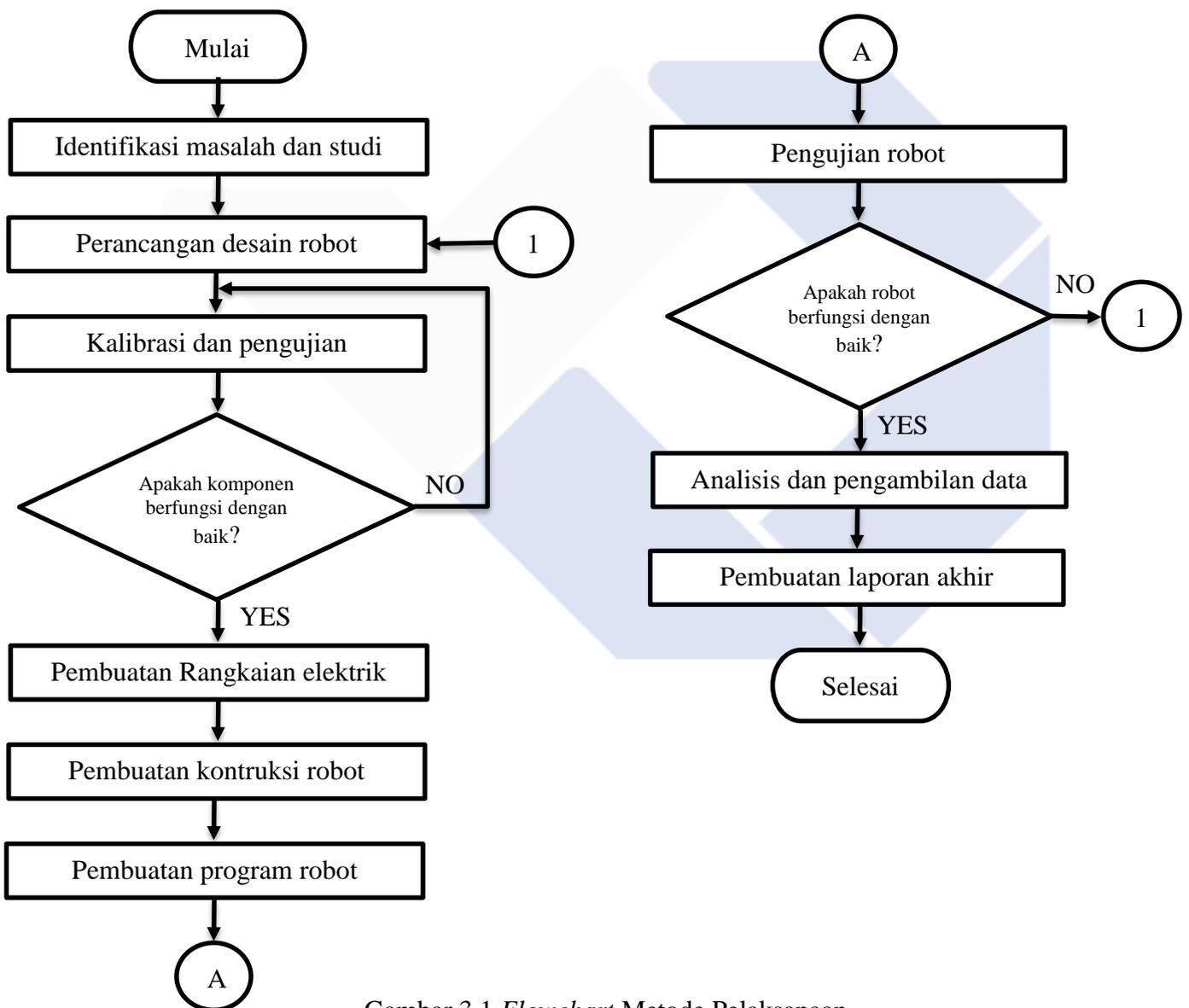
Ketiga komponen ini bekerja bersama-sama untuk mencapai pengendalian yang optimal. Berikut pada Gambar 2.2 merupakan blok diagram kontroler PID.



Gambar 2.9 Blok Diagram Kontrol PID [5]

### BAB III METODE PELAKSANAAN

Pada bab ini untuk memudahkan proses pengerjaan proyek akhir yang berjudul “Robot Keranjang Pengikut Manusia Dengan Kontrol PID”, maka dirancanglah langkah-langkah atau tahapan dalam proses pengerjaannya. Metode pelaksanaan dari pembuatan proyek akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1:



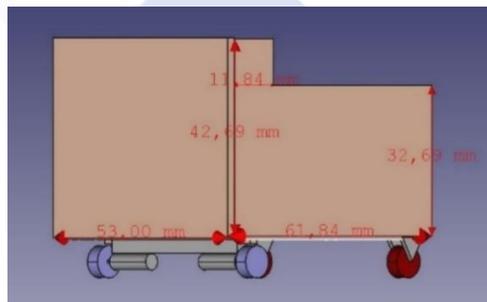
Gambar 3.1 *Flowchart* Metode Pelaksanaan

### 3.1. Studi Literatur

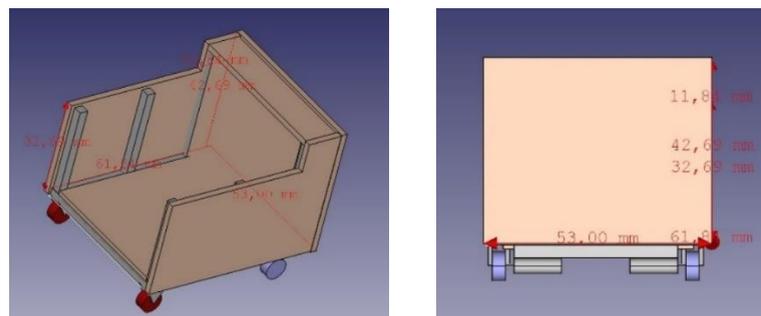
Studi literatur pada proyek akhir ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang data-data referensi yang diperlukan dan digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan Proyek Akhir. Adapun metode dalam pengerjaannya, yaitu dengan mengumpulkan informasi serta data-data yang bersumber dari buku, internet, jurnal, serta laporan tugas akhir terdahulu yang berkaitan dengan Proyek Akhir kami dengan judul “Robot Keranjang Pengikot Manusia Dengan Kontrol PID”. Setelah sekumpulan informasi digabungkan maka hasil data tersebut akan dijadikan referensi dasar acuan untuk prosedur pembuatan proyek akhir ini.

### 3.2. Perancangan Desain Alat

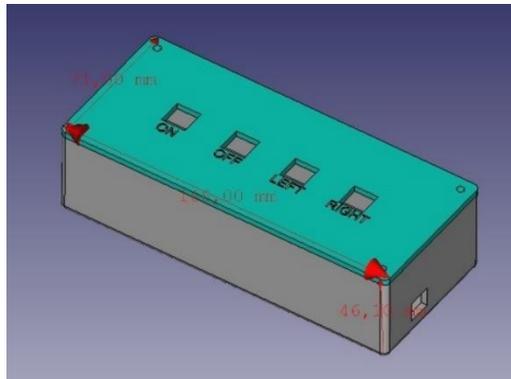
Pada tahap perancangan konstruksi kami mulai dengan membuat desain alat melalui software, serta menentukan komponen-komponen apa saja yang sesuai untuk digunakan dalam proses pembuatan alat secara keseluruhan. Pada dasarnya tahap ini memberikan gambaran tentang bentuk dan desain alat yang akan dibuat. Desain alat terdiri dari 2 bagian yaitu pada bagian konstruksi robot dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan bagian kontrol utama robot dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.2 Desain Robot Tampak Samping

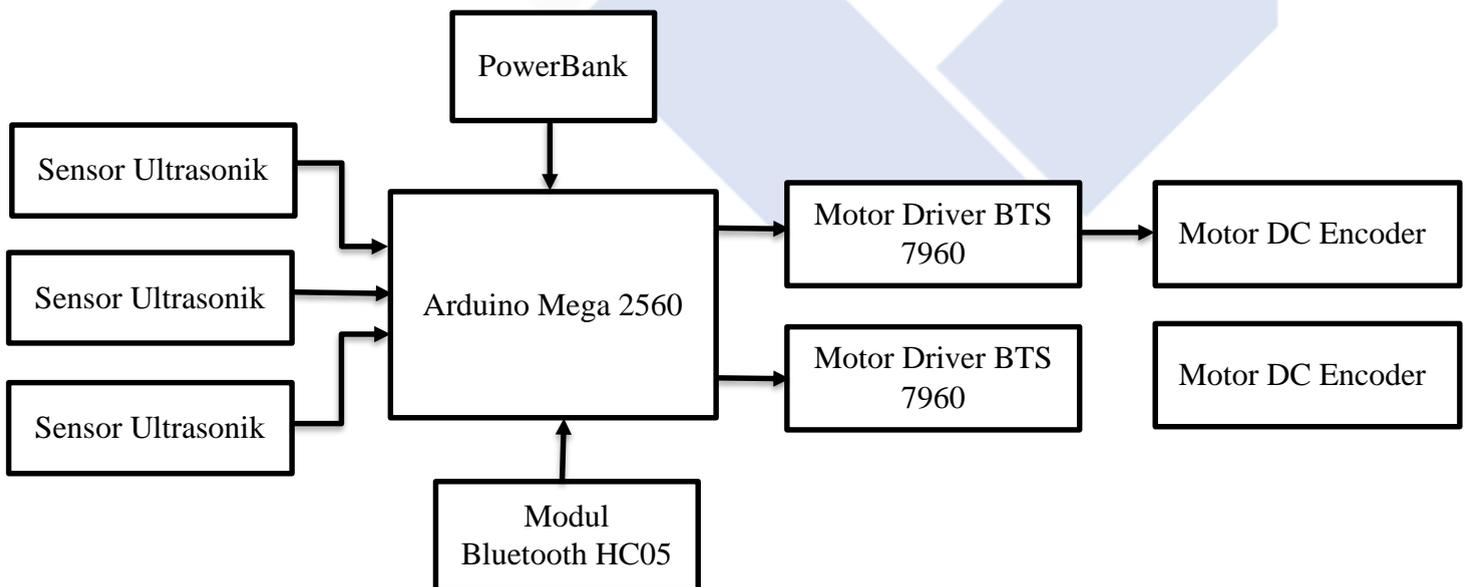


Gambar 3.3 Desain Robot Tampak Atas dan depan

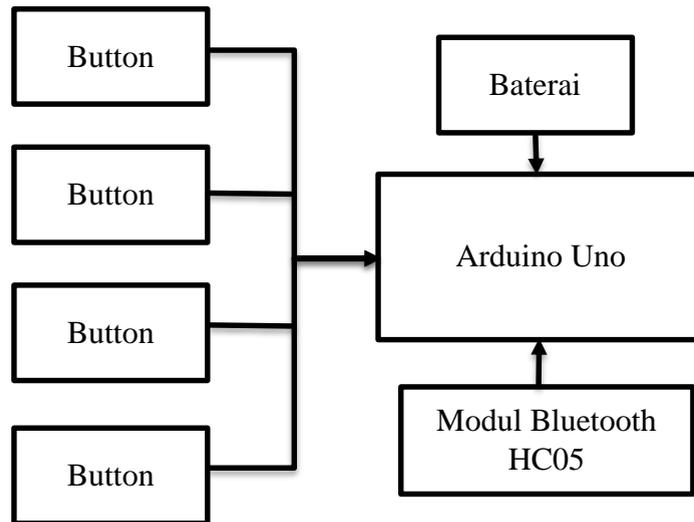


Gambar 3.4 Desain Kontrol Utama

Berdasarkan hasil pembuatan desain alat diatas, didapatkan ukuran kontruksi robot dengan Panjang 61cm, lebar 53cm, tinggi depan 42cm dan tinggi belakang 32cm. Adapun ukuran pada kontrol utama yaikni Panjang 166mm, lebar 71mm, dan tinggi 46mm. Kemudian beralih ke langkah selanjutnya, yaitu membuat blok diagram alat, dari blok diagram inilah yang akan menjadi pedoman untuk mengetahui bagaimana sistem kerja robot. Sama halnya dengan desain alat, blok diagram juga dibagi menjadi 2 bagian, yaitu blok diagram robot yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan blok diagram kontrol utama pada Gambar 3.6.

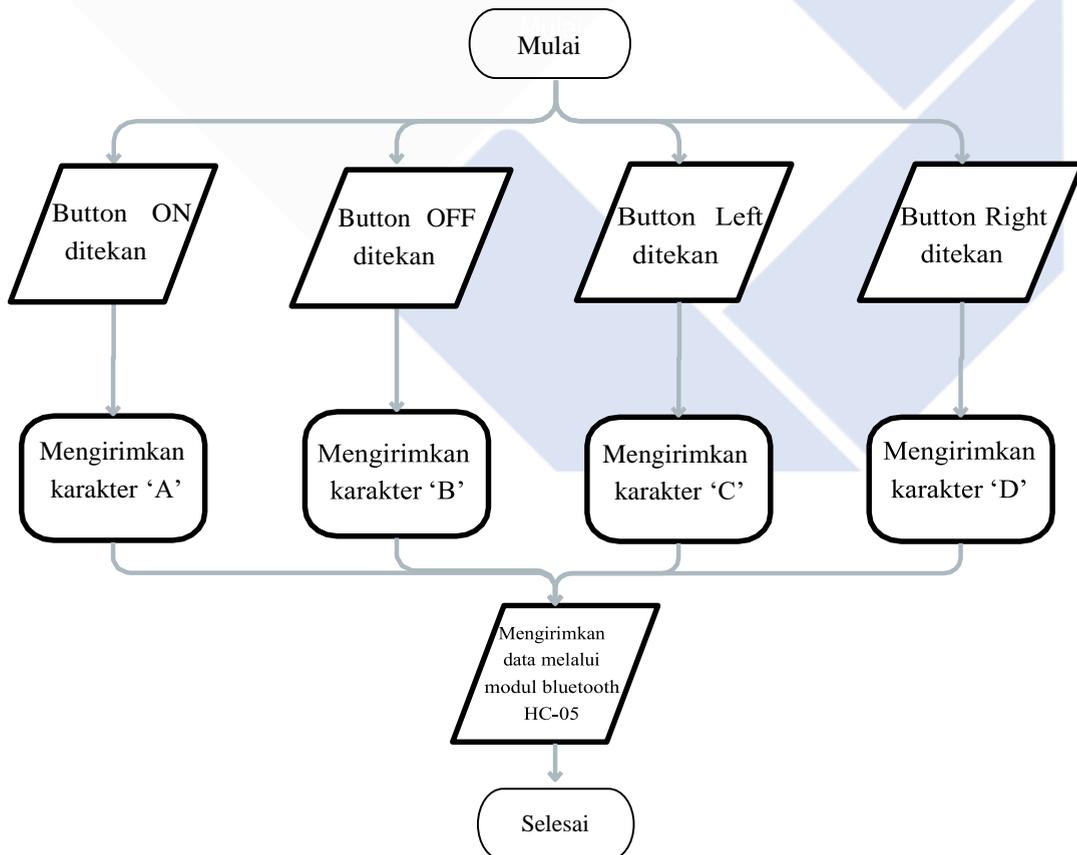


Gambar 3.5 Blok Diagram Robot

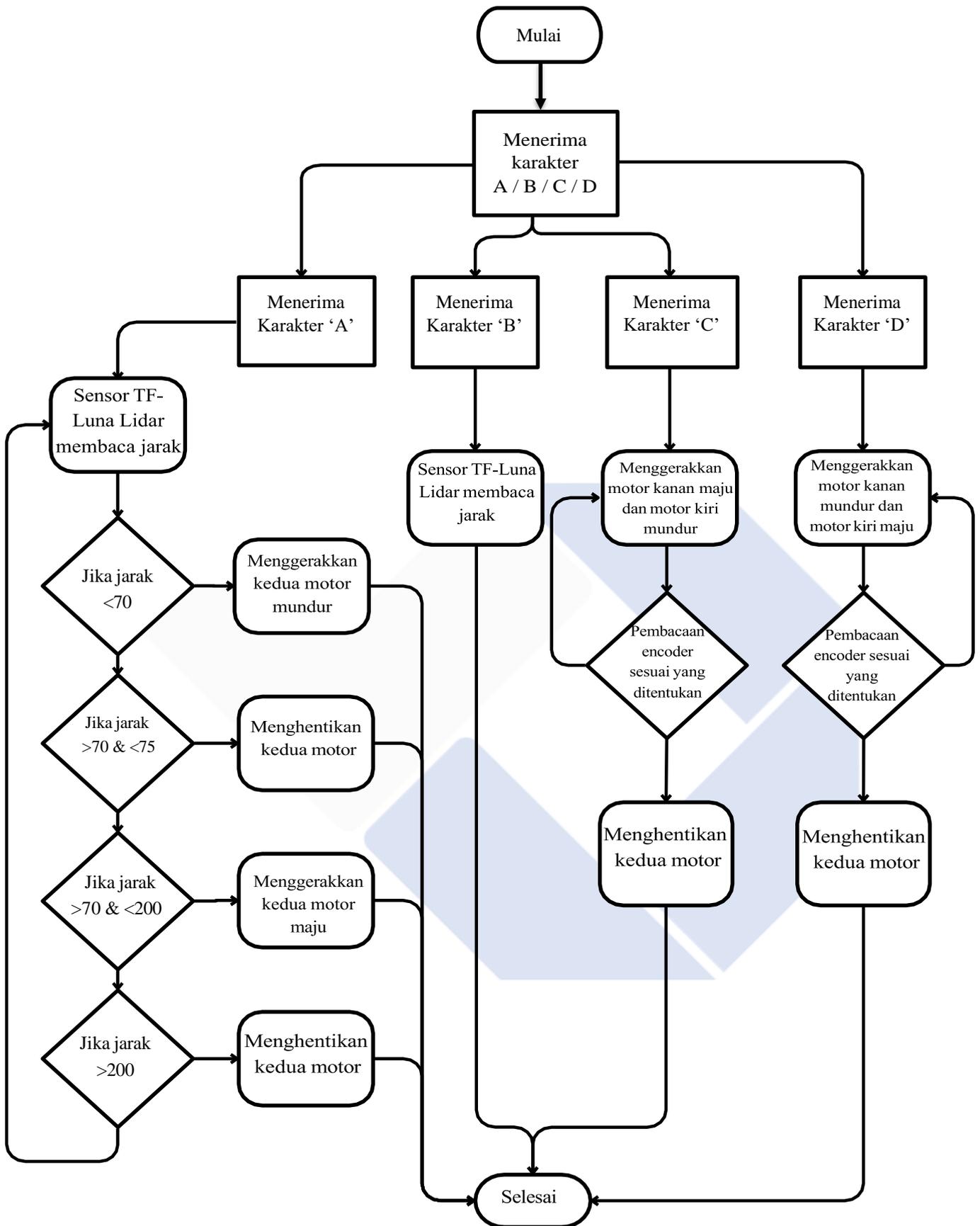


Gambar 3.6 Blok Diagram Kontrol Robot

Adapun Flowchart dalam sistem kerja robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID dapat dilihat pada Gambar 3.7. *Flowchart* ini dibuat untuk memberikan gambaran tentang proses sistem kerja robot.



Gambar 3.7 *Flowchart* Kerja Robot



Gambar 3.8 Flowchart Proses Kerja Robot

### 3.3. Kalibrasi dan Pengujian Komponen

Pada tahap ini dilakukan pengkalibrasian serta pengujian agar mengetahui komponen yang akan digunakan dapat bekerja dengan baik dan sesuai pada fungsinya masing-masing. Adapun beberapa komponen yang diuji coba seperti, TF Luna LIDAR sensor, Arduino mega, Arduino uno, *Module Bluetooth HC-05*, driver motor dan motor DC. Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung nilai akurasi dari pembacaan sensor.

$$Error = \frac{(\text{Pembacaan Sensor} - \text{Pembacaan Alat Ukur})}{\text{Pembacaan Sensor}} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Error}$$

Setelah melalui tahap pengujian dan komponen dapat berfungsi dengan baik, maka komponen siap digunakan untuk tahap selanjutnya, yaitu perakitan seluruh komponen agar saling terhubung sesuai dengan desain yang telah dibuat.

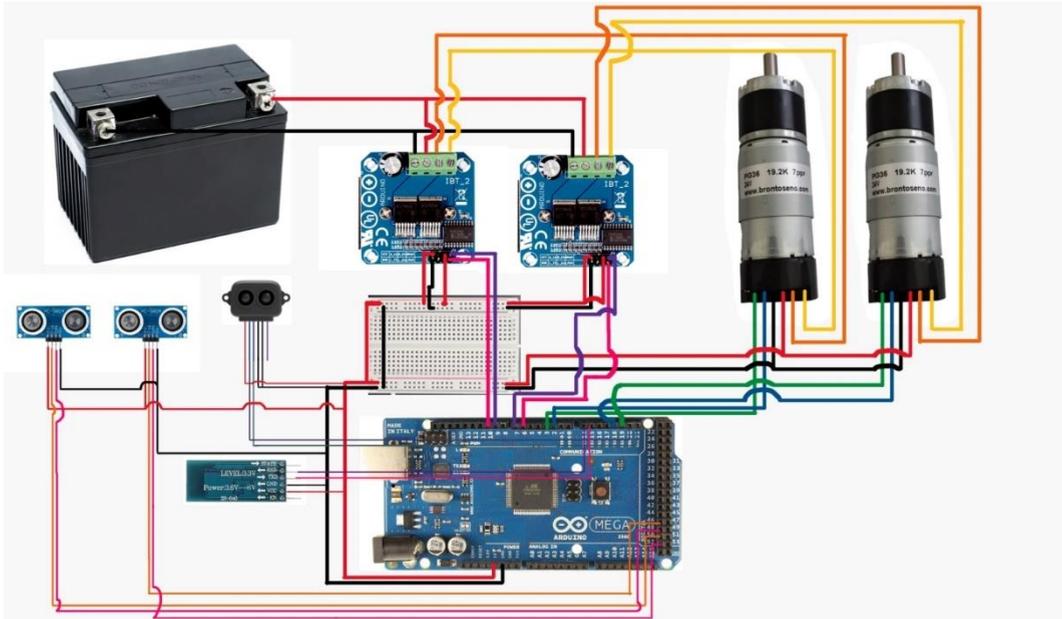
### 3.4. Pembuatan Kontruksi Alat

Pada tahap ini, konstruksi alat dilakukan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya menggunakan perangkat lunak sebagai acuan. Proses pembuatan konstruksi dimulai dengan membangun dasar (*base*) robot yang kokoh, berfungsi sebagai pondasi untuk seluruh komponen. Kemudian dilanjutkan dengan membangun kerangka kontruksi menggunakan bahan holo yang dirakit sesuai dengan desain untuk membentuk struktur utama robot. Setelah kerangka kontruksi sudah jadi Langkah terakhir yang perlu dilakukan adalah menambahkan dinding menggunakan triplek.

### 3.5. Rangkaian Elektrik

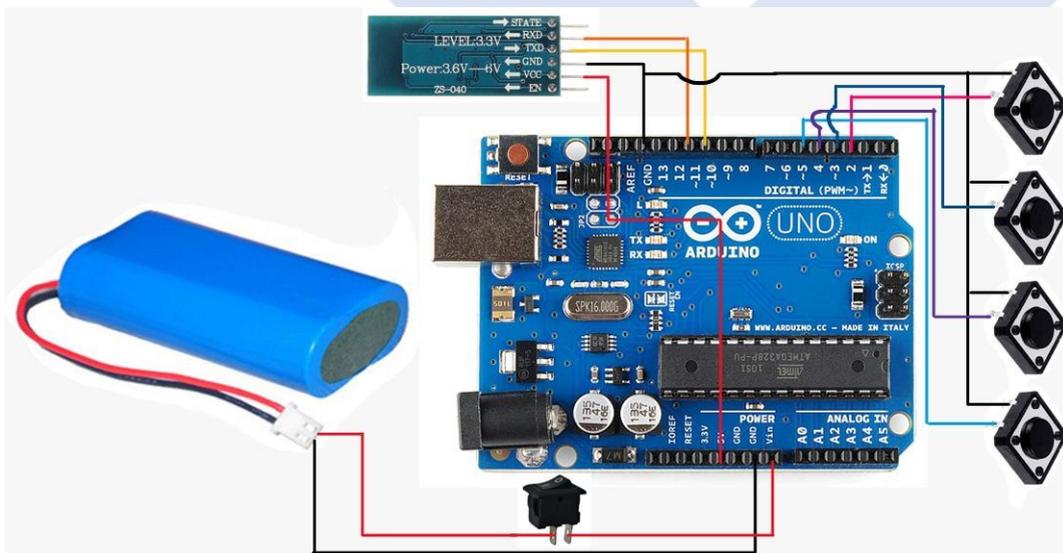
Tahap pembuatan rangkaian elektrik ini dilakukan dengan membuat skema rangkaian elektronik menggunakan software simulasi. Skema rangkaian elektrik merupakan bagian penting dari robot keranjang pengikot manusia dengan kontrol PID, karena berfungsi untuk mengendalikan dan menunjukkan hubungan antar komponen elektronik yang digunakan serta bagaimana mereka dapat terhubung satu

sama lain. Untuk desain rangkaian elektrik robot dapat dilihat pada Gambar 3.9 dan desain rangkaian elektrik kontrol robot dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Skematik Rangkain Elektrik Robot

Pada Gambar 3.9 menunjukkan rangkaian robot yang menggunakan sensor TF Luna LIDAR dan Ultrasonik untuk mengukur jarak, modul Bluetooth HC-05 untuk menerima data dari control yang outputnya berupa menggerakkan motor DC encoder menggunakan motor driver bts7960 dan sumber Aki 12 V



Gambar 3.10 Skematik Rangkain Elektrik Kontrol Robot

Pada Gambar 3.10 menunjukkan angkaian kontrol terdapat 4 buah pushbutton dengan fungsi sebagai tombol on, off, belok kiri, dan belok kanan data dari push button akan dikirimkan melalui modul Bluetooth hc-05 dengan sumber berupa baterai 3.7 V yang dirangkai seri.

### **3.6. Pembuatan Program Robot**

Tahap ini dilakukan pembuatan program yang digunakan untuk mengendalikan robot sesuai dengan konsep awal perencanaan, yaitu agar robot dapat mengikuti manusia secara otomatis. Program ini diimplementasikan pada mikrokontroler yang dibuat meliputi sensor serta algoritma PID dengan menggunakan software Arduino IDE. Algoritma PID digunakan dalam sistem kontrol robot untuk mengendalikan kestabilan motor pada robot.

### **3.7. Pengujian Keseluruhan Alat**

Pengujian keseluruhan robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID merupakan bagian penting untuk memastikan apakah robot dapat berfungsi dengan baik dan sesuai pada konsep yang direncanakan dalam pembuatan robot. Pengujian ini dilakukan secara menyeluruh mencakup aspek fungsionalitas serta pengumpulan data-data yang digunakan untuk hasil akhir dari pembuatan proyek akhir ini, yaitu kesimpulan dan saran.

### **3.8. Pengumpulan dan Analisa Data**

Tahap pengumpulan dan Analisa data menjadi bagian penting dalam proses pembuatan robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID, karena hasil data yang dikumpulkan inilah yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja robot, mengidentifikasi masalah, serta meningkatkan algoritma kontrol pada robot. Metode pengumpulan data yang dilakukan dapat digunakan untuk menganalisis hasil kinerja robot.

### **3.9. Pembuatan Laporan Proyek Akhir**

Tahap pembuatan makalah ini merupakan langkah akhir dalam keseluruhan proses proyek akhir. Laporan proyek akhir ini bertujuan untuk mendokumentasikan secara lengkap dan mendetail setiap aspek yang telah dikerjakan selama pembuatan robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID. Laporan ini mencakup semua penjelasan langkah-langkah perancangan, serta pengujian robot. Data-data pengujian, analisis dan hasil tuning kontrol PID disajikan untuk menjelaskan pada pembaca secara terperinci agar mudah dipahami.

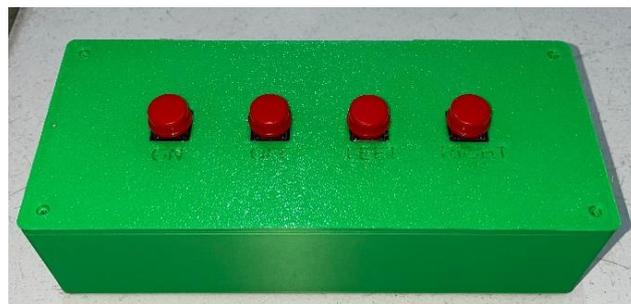


## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Deskripsi Alat

Robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk membawa buku secara otomatis. Sistem ini menggunakan teknologi seperti *Time-of-Flight* (ToF) untuk mengukur jarak ke suatu objek dengan TF Luna LIDAR sensor. TF Luna LIDAR sensor membantu robot keranjang pengikut manusia dalam proses navigasi yang dimana sensor LIDAR akan menjadi kontrol utama pada pengguna yang akan diikuti robot. Dari proses tersebut Informasi posisi dan pergerakan pengguna digunakan untuk mengontrol robot agar mengikuti mereka. kontrol PID digunakan untuk mengurangi persentase *error* dan menjaga kestabilan navigasi pada robot keranjang.

Konstruksi robot keranjang pengikut manusia dibuat menggunakan kerangka dengan bahan holo dan dinding triplek. Robot ini dilengkapi dengan sensor TF Luna LIDAR dan Ultrasonik untuk mengukur jarak, modul Bluetooth HC-05 untuk menerima data dari kontrol utama, aktuator, yaitu 2 motor DC yang dihubungkan dengan 2 buah roda karet, 2 motor driver bts7960, sumber Aki 12 V dan baterai 7,4V pada kontrol utama. Kontrol utama terdiri dari mikrokontroler Arduino uno, modul Bluetooth dan button yang digunakan untuk mengirim data antar robot dengan pengguna agar saling terhubung. Sistem ini dibuat agar proses navigasi robot dengan pengguna dapat dideteksi dengan presisi dan akurat.



Gambar 4.1 Kontruksi Kontrol Utama

Berikut merupakan gambar dari konstruksi Robot Keranjang Pengikut Manusia Dengan Kontrol PID tampak dari depan dan belakang dapat dilihat pada Gambar4.2



Gambar 4.2 Kontruksi Robot Keranjang Pengikut Manusia

Dari hasil pembuatan kontruksi alat, didapatkan ukuran asli robot yang telah jadi yakni Panjang 51cm, lebar 54 cm, tinggi bagian depan 50cm, dan tinggi bagian belakang 38cm. Untuk ukuran kontrol utama setelah dicetak 3d Printing yakni panjang 16,6cm, lebar 7,1cm, dan tinggi 4,6. Terjadi sedikit perbedaan ukuran pada desain software dan hasil jadi, hal ini dikarenakan penyesuaian manual yang dilakukan untuk mengatasi ketidak sempurnaan dari alat.

#### **4.2. Proses Pembuatan Robot**

Dalam proses pembuatan robot dilakukan beberapa tahap. Tahap pertama melibatkan pembuatan dasar kerangka robot keranjang pengikut manusia. Tahap kedua mencakup pembuatan kerangka robot. Tahap ketiga adalah pemasangan roda motor pada robot. Tahap keempat melibatkan pemasangan seluruh komponen dan alat tambahan seperti sensor dan lainnya. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan robot keranjang pengikut manusia:

- Pembuatan Kerangka Robot

Tahap pertama dalam pembuatan robot keranjang adalah membuat base untuk robot tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kerangka robot yang berfungsi sebagai penopang beban yang akan ditempatkan pada robot.

Kerangka ini dirakit menggunakan besi *hollow* yang dibentuk sesuai dengan desain konstruksi yang diinginkan, kemudian ditutupi dengan triplek berukuran 3mm. Dalam pembuatan kerangka ini, diperlukan perhitungan dan pertimbangan yang tepat agar robot dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Adapun Kerangka Robot Keranjang Pengikut Manusia dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebelum ditutup dengan triplek dan Gambar 4.4 kerangka setelah ditutup dengan triplek.



Gambar 4.3 Kerangka Robot



Gambar 4.4 Kerangka Robot Setelah Dipasangkan Triplek

- Pemasangan Roda pada robot

Pada tahap ini roda akan dipasangkan pada *base* robot, sebanyak 4 roda yang terdiri dari 2 roda bebas (*free wheels*) di bagian depan dan 2 roda karet yang dilengkapi dengan motor DC di bagian belakang. Proses pemasangan roda ini harus dilakukan dengan presisi dan hati-hati agar robot dapat bergerak dengan lancar tanpa hambatan. Penempatan dan penyesuaian yang tepat sangat penting agar robot memiliki stabilitas yang baik saat dijangkan. Dengan memastikan roda terpasang dengan benar, kita dapat menghindari masalah yang mungkin timbul selama pergerakan robot, seperti roda yang tidak sejajar atau hambatan dalam bergerak. Gambar 4.5 memperlihatkan gambar pemasangan roda robot pada *base*.

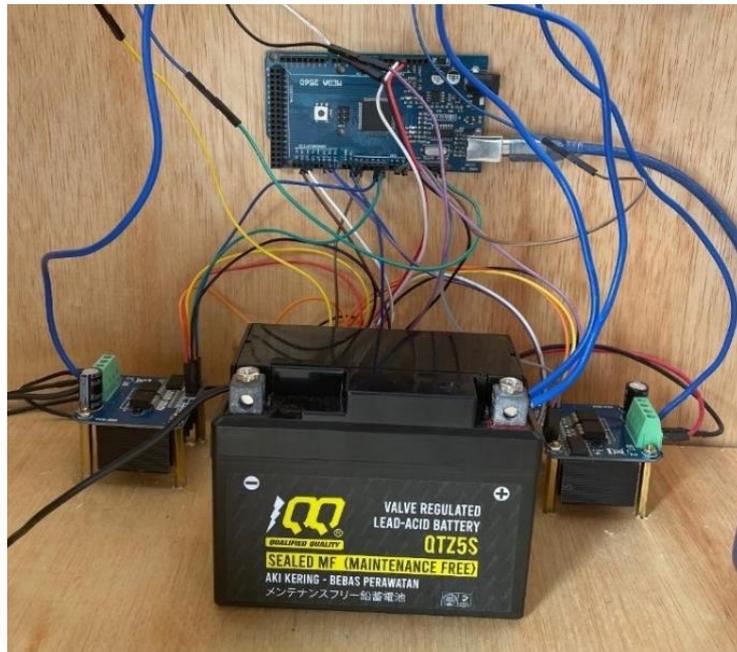


Gambar 4.5 Pemasangan Roda Robot

- Pemasangan Seluruh Komponen Pada Robot

Dalam tahap ini, setiap komponen robot dipasang pada posisinya masing-masing dengan hati-hati. Komponen-komponen yang digunakan telah melalui serangkaian pengujian untuk memastikan bahwa setiap bagian berfungsi sesuai dengan kebutuhan spesifik robot. Proses pemasangan ini dilakukan secara bertahap, mengikuti urutan yang diperlukan untuk membangun robot yang sesuai dengan desain dan fungsi yang diinginkan. Setiap komponen, mulai dari sensor TF Luna LIDAR, ultrasonik motor driver, motor DC, Arduino, modul Bluetooth hingga aki,

dipasang sesuai dengan rangkaian elektrik yang telah diuji melalui software. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sistem dapat berjalan dengan lancar, untuk tahap-tahap dalam pembuatan robot pengikut manusia dengan kontrol PID dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perakitan Komponen

### 4.3. Pengujian Pada Elektrik Robot

Tujuan dalam pengujian elektrik robot adalah untuk memastikan bahwa seluruh komponen dan perangkat robot berfungsi dengan baik. Adapun program di Arduino digunakan untuk melakukan serangkaian uji coba. Misalnya, dilakukan pengujian untuk menentukan hubungan linier antara sinyal PWM dan kecepatan RPM, serta menguji kinerja sensor TF Luna LIDAR Prosegas ini penting untuk memastikan bahwa semua sistem beroperasi sesuai dengan yang diharapkan, dan untuk mengidentifikasi serta memperbaiki potensi masalah sebelum robot digunakan secara penuh. Pengujian ini juga memungkinkan untuk penyesuaian dan kalibrasi komponen agar robot dapat berfungsi dengan optimal dalam berbagai kondisi.

### 4.3.1 Pengujian Persamaan Linear antara PWM dan RPM

Pengujian persamaan linear antara PWM dan RPM motor DC pada robot keranjang pengikot manusia dengan kontrol PID dilakukan untuk memberi informasi tentang karakteristik motor dan memungkinkan kontroler robot untuk menentukan kecepatan motor yang diinginkan dengan lebih akurat.

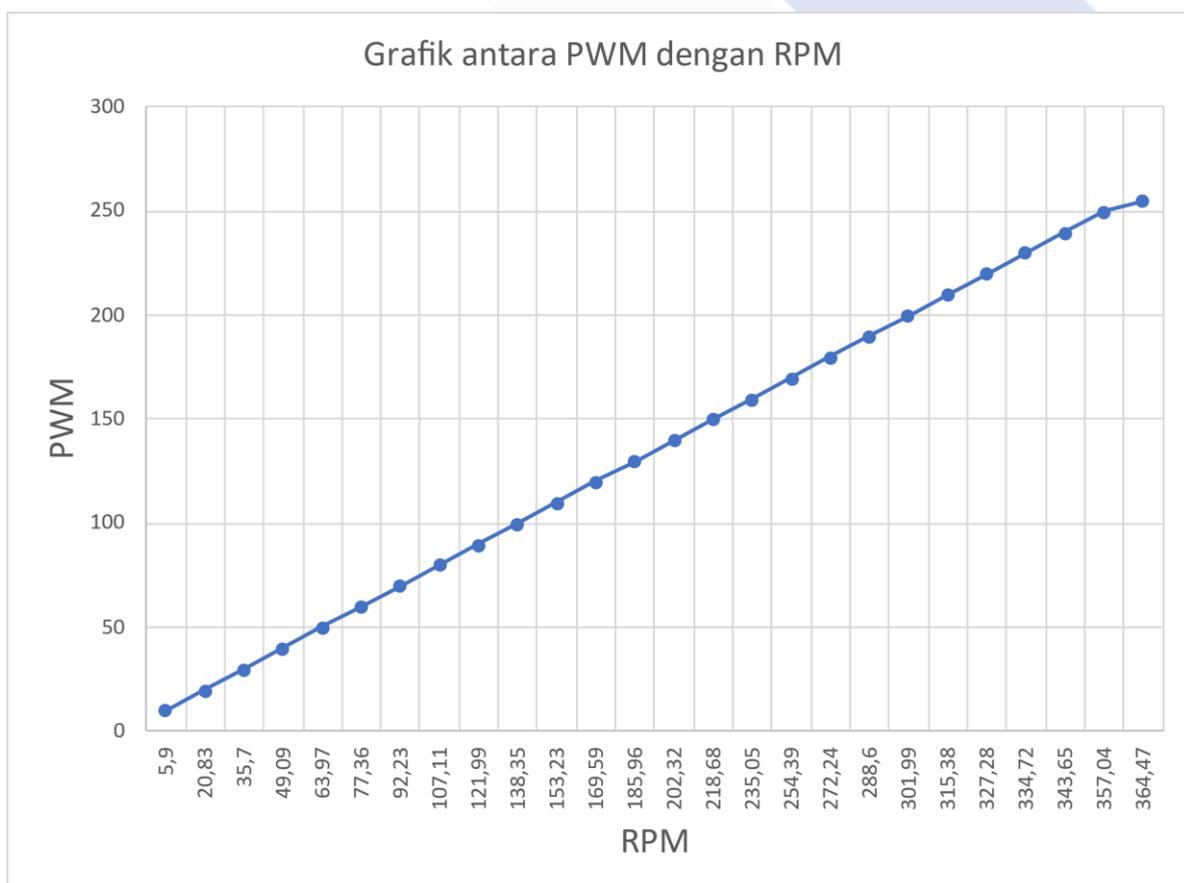
Pengujian ini dimulai dengan melihat perbandingan antara nilai RPM yang ada pada Tachometer dengan nilai RPM dari hasil pembacaan sensor pada serial monitor. Hasil uji perbandingan data antara PWM dan RPM dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan Data antara PWM dan RPM

PWM	RPM	RPM Tachometer	Persentase <i>Error</i> (%)
10	5,12	5,3	3%
20	19,35	20,4	5%
30	32,74	34,4	5%
40	46,13	48	4%
50	59,52	61,9	4%
60	72,92	73,4	1%
70	84,31	85,6	2%
80	99,7	99,7	0%
90	113,1	115,1	2%
100	124,22	125,4	1%
110	139,88	143,5	3%
120	151,79	160,7	6%
130	166,67	173,8	4%
140	181,55	188,4	4%
150	193,45	204,4	5%
160	206,85	226,6	9%
170	221,73	240,9	8%
180	236,61	257,4	8%
190	250	274	9%

200	264,88	281,5	6%
210	279,76	294,2	5%
220	293,15	303,2	3%
230	306,55	315,4	3%
240	319,94	323,4	1%
250	330,31	332,2	1%
255	334,82	337,6	1%
<b>Rata-rata Error</b>			<b>2,08%</b>

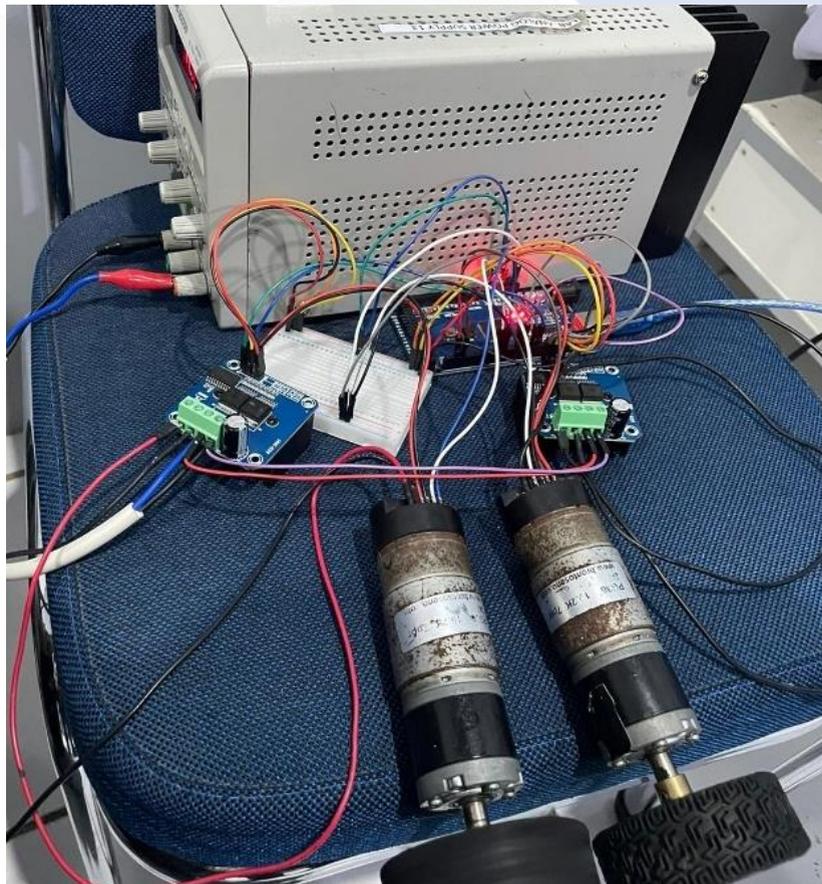
Dari hasil data pada Tabel 4.1 didapatkan grafik linear dari hasil uji perbandingan data antara PWM dan RPM dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Data PWM dan RPM

Setelah melakukan percobaan dalam upaya mengetahui besaran RPM pada motor DC *encoder*, diambil data sampling PWM dari 0 - 255 dengan kelipatan 10 dan hasil yang didapatkan berupa grafik yang linear dapat dilihat pada Gambar 4.4. Persentase *error* pengukuran didapatkan dari pembagian nilai selisih RPM pada sensor dengan nilai Tachometer kemudian dikalikan 100 %, rata-rata persentase *error* yang dihasilkan dari data pengujian cukup kecil, yaitu 2,08%. Persamaan linear yang diperoleh tanpa adanya beban, pengujian ini juga membantu dalam memahami efek beban pada kinerja kontrol robot.

Dapat dilihat pada Gambar 4.8 pengujian kami lakukan dengan menggunakan 2 motor DC, 2 *driver* motor, Arduino mega dan Tachometer dengan sumber tegangan 12.5 Volt dari *power supply*.



Gambar 4.8 Pengujian Persamaan Linear PWM dan RPM

### 4.3.2 Pengujian Sistem Kontrol PID Te Motor DC

Pengujian sistem kontrol PID pada motor DC bertujuan untuk memastikan bahwa kontrol PID berfungsi secara efektif dalam mengelola kinerja motor. Kontrol PID diketahui dapat mengurangi tingkat kesalahan (*error*) sehingga stabilitas kecepatan motor DC dapat terjaga. Dalam pengujian ini, tiga kali percobaan dilakukan dengan variasi nilai parameter Kp (*proportional*), Ki (*integral*), Kd (*derivative*), dan setpoint yang berbeda-beda, agar dapat menghasilkan tingkat akurasi kecepatan motor yang stabil

- Pengujian Kontrol PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 100

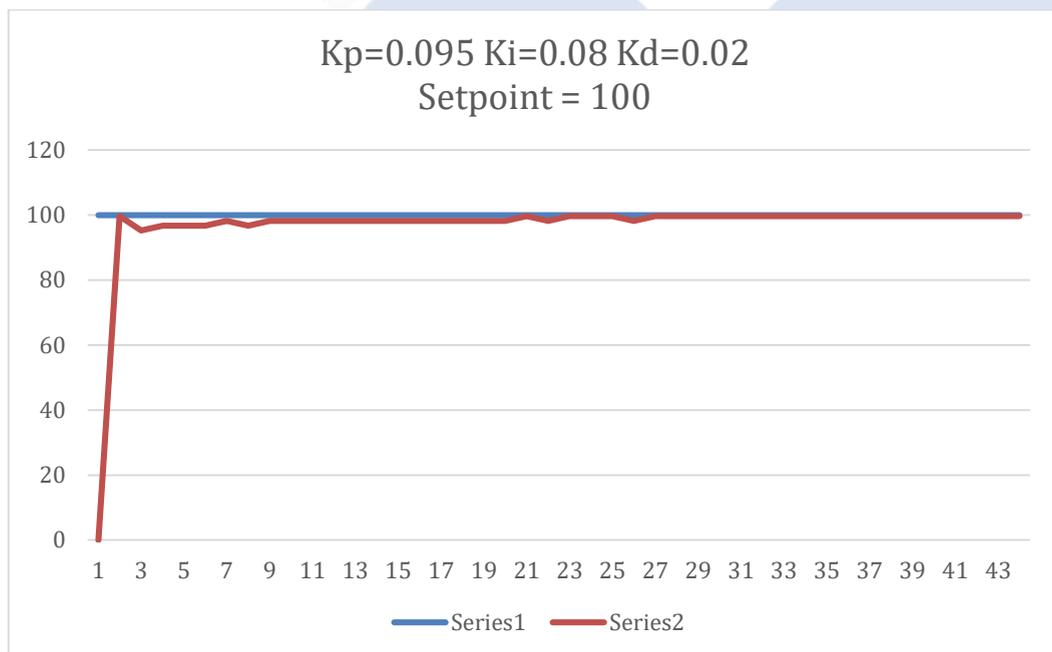
Data dari hasil pengujian pertama dengan nilai Kp=0.095 Ki=0.08 Kd=0.02, dan Setpoint = 100, diambil 30 sampel data yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Kontrol PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 100

Setpoint	RPM	PWM
100	0	0
100	99,7	72
100	95,24	72
100	96,73	72
100	96,73	72
100	96,73	72
100	98,21	72
100	96,73	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72

Setpoint	RPM	PWM
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	98,21	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72
100	99,7	72

Dari hasil data pada Tabel 4.2 didapatkan grafik dari pengujian kontrol PID terhadap Motor DC dengan setpoint = 100 dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Kontrol PID Dengan Setpoint = 100

Berdasarkan hasil data pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.9, dapat dilihat bahwa kurva kecepatan aktual (*Series1*) mendekati kurva *setpoint* (*Series2*) dengan cukup baik. Terdapat fluktuasi kecil pada kurva kecepatan aktual saat robot dinyalakan, namun fluktuasi tersebut relatif kecil dan tidak berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol PID bekerja dengan cukup baik dalam menjaga jarak antara robot dan manusia. Dapat disimpulkan bahwa Parameter kontroler PID dengan nilai ( $K_p = 0.095$ ,  $K_i = 0.08$ ,  $K_d = 0.02$ , dan *setpoint* 100) menghasilkan kinerja sistem yang cukup baik dan mampu mengendalikan motor DC dengan stabil dan cukup akurat.

- Pengujian Kontrol PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 200

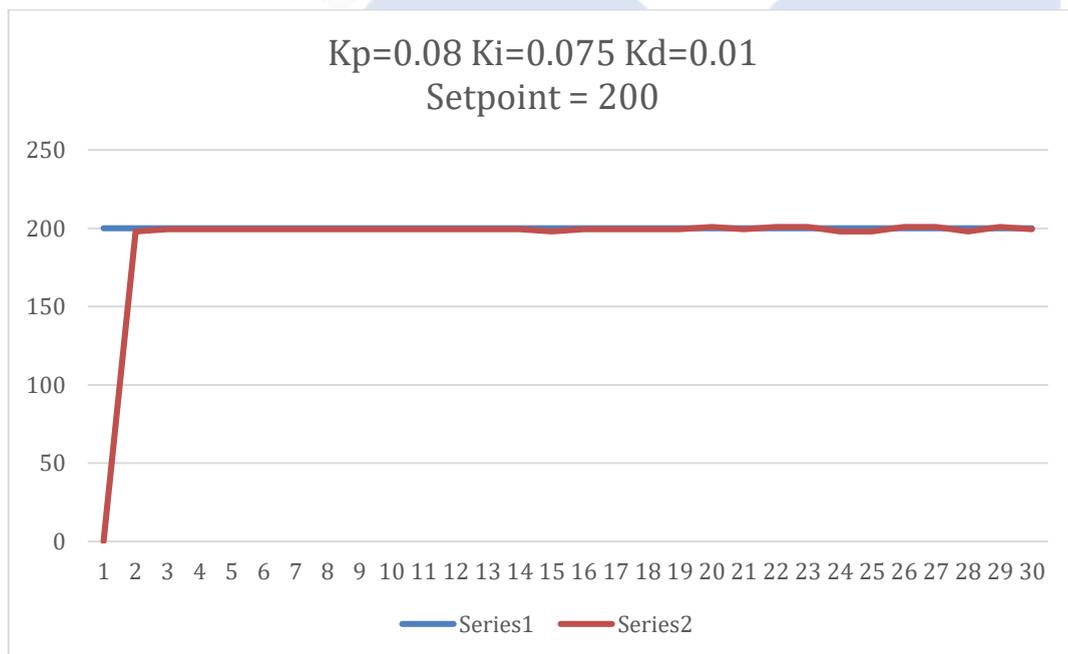
Data dari hasil pengujian kedua dengan nilai  $K_p=0.08$   $K_i=0.075$   $K_d=0.01$ , dan Setpoint = 200, diambil 30 sampel data yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Kontrol PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 200

Setpoint	RPM	PWM
200	0	0
200	197,92	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	197,92	137

Setpoint	RPM	PWM
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	199,4	137
200	200,89	137
200	199,4	137
200	200,89	137
200	200,89	137
200	197,92	137
200	197,92	137
200	200,89	137
200	200,89	137
200	200,89	137

Dari hasil data pada Tabel 4.3 didapatkan grafik dari pengujian kontrol PID terhadap Motor DC dengan setpoint = 200 dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Pengujian Kontrol PID Dengan Setpoint = 200

Berdasarkan hasil data pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.10, dapat dilihat bahwa kurva kecepatan aktual (*Series1*) mendekati kurva *setpoint* (*Series2*) dengan sangat baik. Fluktuasi yang terjadi pada saat robot dinyalakan sangat kecil karena kurva kecepatan aktual dapat mengikuti kurva setpoint dengan stabil secara berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol PID bekerja sangat baik dalam menjaga jarak antara robot dan manusia. Dari pengujian kedua ini dapat disimpulkan bahwa Parameter kontroler PID dengan nilai ( $K_p=0.08$   $K_i=0.075$   $K_d=0.01$ , dan Setpoint = 200) menghasilkan kinerja sistem yang sangat baik dan mampu mengendalikan motor DC dengan stabil dan akurat.

- Pengujian Kontrol PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 300

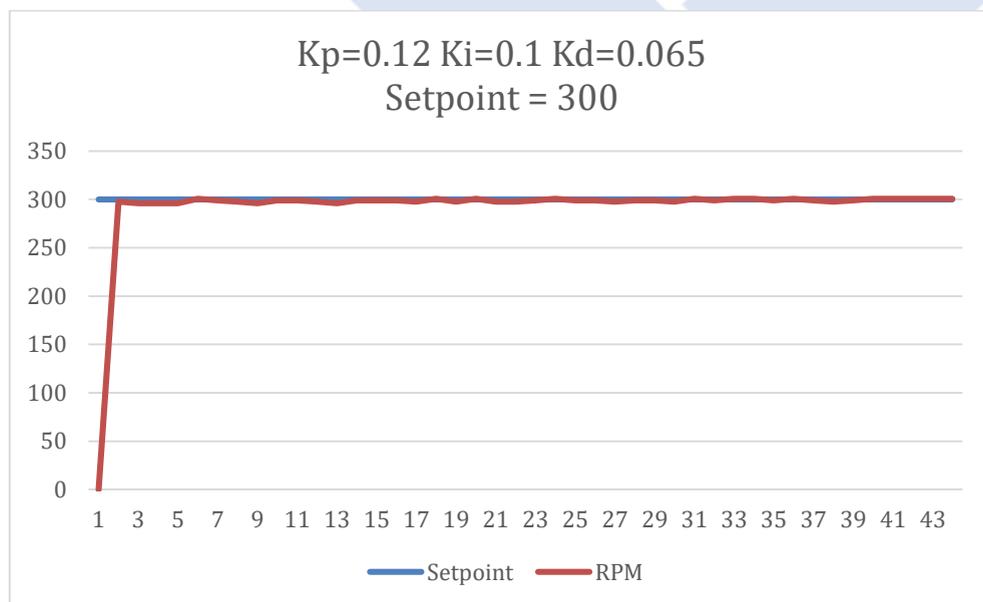
Data dari hasil pengujian ketiga dengan  $K_p=0.12$   $K_i=0.1$   $K_d=0.065$ , dan Setpoint = 300, diambil 30 sampel data yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Pengujian Kontrol PID Terhadap Motor DC Dengan Setpoint = 300

<b>Setpoint</b>	<b>RPM</b>	<b>PWM</b>
300	0	0
300	297,62	201
300	296,13	201
300	296,13	201
300	296,13	201
300	300,6	201
300	299,11	201
300	297,62	201
300	296,13	201
300	299,11	201
300	299,11	201
300	297,62	201
300	296,13	201
300	299,11	201

Setpoint	RPM	PWM
300	299,11	201
300	299,11	201
300	297,62	201
300	300,6	201
300	297,62	201
300	300,6	201
300	297,62	201
300	297,62	201
300	299,11	201
300	299,11	201
300	299,11	201
300	297,62	201
300	299,11	201
300	299,11	201

Dari hasil data pada Tabel 4.3 didapatkan grafik dari pengujian kontrol PID terhadap Motor DC dengan setpoint = 300 dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Pengujian Kontrol PID Dengan Setpoint = 300

Berdasarkan hasil data pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.11, dapat dilihat bahwa kurva kecepatan aktual (*Series1*) mendekati kurva *setpoint* (*Series2*) dengan cukup baik. Terdapat fluktuasi kecil pada kurva kecepatan aktual saat robot dinyalakan, namun fluktuasi tersebut relatif kecil dibandingkan dengan pengujian pertama pada nilai setpoint 100. Dapat disimpulkan bahwa Parameter kontroler PID dengan nilai ( $K_p=0.12$   $K_i=0.1$   $K_d=0.065$ , dan Setpoint = 300) menghasilkan kinerja sistem yang cukup baik dan menunjukkan bahwa kontrol PID cukup membantu dalam proses navigasi dan menjaga jarak antara robot dengan manusia.

### 4.3.3 Pengujian Sensor TF Luna LIDAR

Pada tahap ini sensor TF Luna LIDAR dilakukan pengujian data untuk memastikan bahwa kinerjanya baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah kalibrasi sensor dan pengambilan data sensor. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan Data Pengujian sensor TF Luna LIDAR

Jarak	Sensor TF Luna LIDAR	Persentase <i>Error</i> (%)
10	9	10 %
20	19	5 %
30	30	0 %
40	40	0 %
50	50	0 %
60	60	0 %
70	70	0 %
80	80	0 %
90	90	0 %
100	100	0 %
110	110	0 %
120	120	0 %
130	130	0 %

140	140	0 %
150	150	0 %
160	160	0 %
170	170	0 %
180	180	0 %
190	190	0 %
200	200	0 %
<b>Rata-rata Error</b>		<b>0,75%</b>

Dari hasil pengujian data pada Tabel 4.5 bisa dilihat bahwa rata – rata persentase *error* yang didapat dari selisih nilai jarak sebenarnya dengan data yang ditampilkan oleh sensor TF Luna LIDAR sebesar 0,75%. Hal ini menunjukan bahwa sensor TF Luna LIDAR dapat berfungsi dengan baik dengan Tingkat persentase *error* yang kecil dan dapat digunakan pada robot keranjang pengikut manusia.

Adapun program yang digunakan dalam pengujian sensor TF Luna LIDAR ini dapat dilihat pada Gambar 4.12.

```

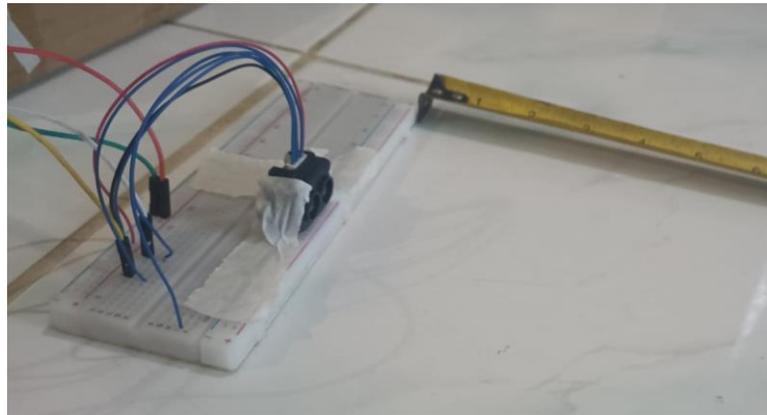
void loop() {
  distance();
}
void distance() {

  if(tflI2C.getData(tfDist, tfAddr)){
    Serial.println(String(tfDist)+" cm ");
    delay(200);
  }
}

```

Gambar 4.12 Program Pengujian Snsor TF Luna LIDAR

Dapat dilihat pada Gambar 4.13 pengujian sensor TF Luna LIDAR dilakukan dengan menghubungkannya pada papan sirkuit dan mikrokontroler. Adapun meteran digunakan untuk menghitung jarak sebenarnya antara sensor dengan objek.



Gambar 4.13 Pengujian Sensor TF luna LIDAR

#### 4.3.4 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pada tahap ini sensor ultrasonik dilakukan pengujian data untuk memastikan bahwa kinerjanya baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah kalibrasi sensor dan pengambilan data sensor. Data hasil pengujian dapat dilihat pada table 4.6.

Tabel 4. 6 Data Pengujian sensor TF Ultrasonik

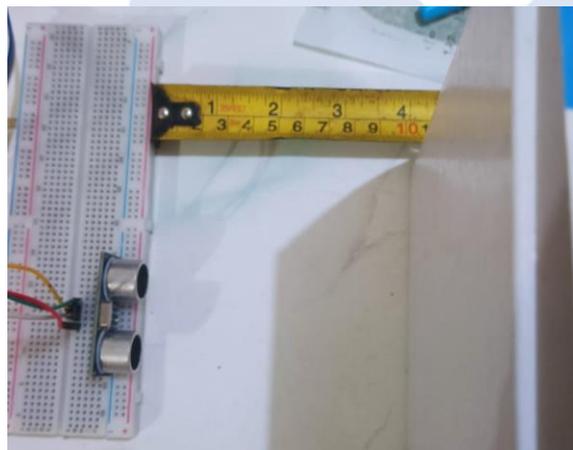
Jarak	Sensor Ultrasonik	Persentase <i>Error</i> (%)
10	10	0%
20	19	5%
30	29	3%
40	38	5%
50	49	2%
60	58	3%
70	69	1%
80	78	3%
90	89	1%
100	97	3%
<b>Rata-rata Error</b>		<b>3%</b>

Dari hasil data pada Tabel 4.6 bisa dilihat bahwa rata – rata persentase *error* yang didapat dari selisih nilai jarak sebenarnya dengan data yang ditampilkan oleh sensor ultrasonik sebesar 3%. Hal ini menunjukan bahwa sensor ultrasonic dapat berfungsi dengan baik dengan Tingkat persentase *error* yang kecil dan dapat digunakan pada robot keranjang pengikut manusia otomatis. Adapun program yang digunakan dalam pengujian sensor ultrasonik ini dapat dilihat pada Gambar 4.14.

```
13
14 void loop(void)
15 {
16
17     digitalWrite(trigPin, LOW);
18     delayMicroseconds(2);
19     digitalWrite(trigPin, HIGH);
20     delayMicroseconds(10);
21     digitalWrite(trigPin, LOW);
22
23     duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
24     distance = duration * SOUND_SPEED / 2;
25     Serial.print("Distance (cm): ");
26     Serial.println(distance);
27     delay(200);
28 }
29
```

Gambar 4.14 Program Pengujian Sensor Ultrasonik

Gambar 4.15 menunjukan pada saat proses pengujian sensor ultrasonik dilakukan yang dimana sensor dapat mendeteksi jarak objek yang ada didepannya.



Gambar 4.15 Pengujian Sensor Ultrasonik

Dapat dilihat pada Gambar 4.15 pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan menghubungkannya pada papan sirkuit dan mikrokontroler. Adapun meteran digunakan untuk menghitung jarak sebenarnya antara sensor dengan objek.

#### 4.4. Pengujian Keseluruhan

Tahap pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat beroperasi dan berfungsi sebagaimana yang diinginkan pada saat awal pembuatan perancangan alat. Hasil dari Pengujian keseluruhan robot keranjang pengikut manusia otomatis dengan kontrol PID dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.8:

Tabel 4.7 Uji Robot Tanpa Beban

Setpoint RPM	Beban (Kg)	Motor kiri	Motor kanan
80	-	62,48	63,99
80	-	60,99	61,01
80	-	60,99	59,52
80	-	58,02	61,01
80	-	58,02	59,52

Tabel 4.8 Uji Alat Dengan Beban

Setpoint RPM	Beban (Kg)	Motor kiri	Motor kanan
80	5	44,64	47,62
80	5	41,65	44,64
80	5	41,65	47,62
80	5	53,57	50,58
80	5	47,62	41,65

Dalam pengujian alat ini kami melakukan 2 kali percobaan dengan menambahkan beban dan tanpa beban. Pada Tabel 4.7 pengujian dilakukan tanpa menambahkan beban pada robot, dengan settingan setpoint 80 RPM. Hasil menunjukkan kecepatan putaran motor kiri berkisar antara 58,02-62,48 RPM dan kecepatan motor kanan berkisaran antara 59,52-63,99 RPM, terdapat sedikit perbedaan yang terjadi. Pada Tabel 4.8 pengujian dilakukan dengan menambahkan beban buku seberat 5kg pada robot, dengan settingan setpoint 80 RPM. Hasil menunjukkan kecepatan putaran motor kiri berkisar antara 41,65-53,57 RPM dan kecepatan motor kanan berkisaran antara 41,65-50,58 RPM.

Hasil menunjukkan perbedaan kecepatan motor yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan pengujian tanpa beban, hal ini menunjukkan bahwa beban berpengaruh pada kinerja motor.



Gambar 4.16 Coba Robot Pengikut Manusia Dengan Beban

Gambar 4.16 menunjukkan proses pengujian robot ditambahkan beban buku seberat 5kg. Robot dapat mengenali dan mengikuti manusia yang ada didepannya, meskipun beban yang ditampung robot cukup berat tetapi ia tetap bisa berjalan walaupun beban tersebut mempengaruhi kecepatan RPM.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pembuatan dan pengujian proyek akhir yang berjudul "Robot Keranjang Pengikut Manusia Dengan Kontrol PID" diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Robot dirancang menggunakan sensor TF Luna LIDAR untuk mendeteksi jarak keberadaan dan posisi objek dengan akurat
2. Sistem robot dapat mendeteksi jarak pengguna mulai dari 0,2cm sampai dengan 200cm menggunakan sensor TF Luna LIDAR. Sensor ini memberikan data jarak yang digunakan oleh sistem robot untuk mengikuti objeknya.
3. Hasil tuning kontrol PID didapatkan sistem pada robot dapat berjalan cukup stabil dengan setpoint kecepatan motor DC 80 RPM dan setpoint jarak antara robot dengan pengguna 70 cm.
4. Penggunaan dua motor DC menjadi salah satu pengaruh kecepatan robot tidak seimbang, maka dari itu perlu dilakukan proses kalibrasi nilai PWM agar kecepatan dua motor dapat seimbang dan stabil.
5. Beban yang mampu ditampung robot setidaknya 5kg, beban yang lebih berat akan mempengaruhi kinerja motor DC, yang berdampak pada kecepatan pergerakan robot.
6. Robot dilengkapi kontrol utama sebagai alat bagi pengguna untuk mengontrol gerak arah kanan, kiri, menghidupkan dan mematikan sistem robot.
7. Dalam proses belok kiri dan kanan dengan beban 5kg, agar robot dapat bergerak dengan baik maka diberikan nilai PWM 100 pada kecepatan motor.

## **5.2.Saran**

Dari serangkaian proses selama pembuatan proyek akhir ini terdapat berbagai macam kekurangan serta keterbatasan. Oleh karena itu, perlu dilakukan sebuah pengembangan sistem agar robot dapat menjadi lebih baik lagi, berikut saran yang direkomendasikan penulis:

1. Robot keranjang pengikut manusia dengan kontrol PID dapat dikembangkan mulai dari, meningkatkan sistem navigasi dan penambahan sensor jarak yang lebih akurat. Hal ini agar robot dapat mengikuti manusia dengan stabil dan menghindari rintangan yang ada didekatnya.
2. Untuk mengetahui berapa kapasitas baterai dan beban yang mampu dibawa robot, maka perlu ditambahkan sensor berat serta tampilan LCD agar dapat meningkatkan fungsional robot keranjang
3. Sistem jalan dan belok kanan kiri pada robot dapat dikembangkan agar dapat mengikuti objek secara otomatis dan lebih stabil lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mulyadi, I. Zulkarnain, and N. Laugu, "Adaptasi pustakawan dalam menghadapi kemajuan teknologi," *Berkala Ilmu Perpustakaan dan Informasi*, vol. 15, no. 2, p. 163, Nov. 2019, doi: 10.22146/bip.39843.
- [2] K. Salim, "Peningkatan Minat Baca Melalui Perpustakaan," 2014. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/271204961>
- [3] J. I. Surya Putra Eng Komang Somawirata and E. Aryuanto Soetedjo, "Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang Tahun Akademik Ganjil/ Pengembangan Robot Troli Pengikut Manusia Otomatis Dengan Kamera Mengikuti Bentuk," 2018.
- [4] T.-L. Lidar, "TF-Luna Instruction Manual." [Online]. Available: <http://benewake.com/en/mfeedback.html>
- [5] K. Joni, M. Ulum, Z. Abidin, T. Elektro, U. Trunojoyo Madura, and J. P. Raya Telang BOX, "Robot Line Follower Berbasis Kendali Proportional-Integral-Derivative (PID) Untuk Lintasan Dengan Sudut Ekstrim," *Jurnal Infotel*, vol. 8, no. 2, 2016.
- [6] "Iztihana, A., & Arfa, M. Peran pustakawan MTs N 1 Jepara dalam upaya mengembangkan minat kunjungan siswa pada perpustakaan. jurnal ilmu perpustakaan, 9(1), 93-103. 2020.
- [7] Radimas Putra Muhammad Davi Labib, "Perancangan Robot Troli Pengikut Manusia Otomatis Dengan Metode Kendali Pid (Proportional Integral Derivative)," 2019.
- [8] D. R. Palupi, D. Syauqy, and A. S. Budi, "Object Following Robot berbasis Pembacaan Jarak menggunakan Metode PID Controller," 2020. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] W. Krisna and E. Putra, "Sistem Kerja Sensor Laser pada LIDAR," 2016.
- [10] S. M. Tsubasa *et al.*, "Robot Pengikut Manusia Menggunakan Kamera Termal Dan Single Board Computer Lattepanda."
- [11] "Arsada, B., & Suprianto, B. Aplikasi sensor ultrasonik untuk deteksi posisi jarak pada ruang menggunakan arduino uno. Jurnal Teknik Elektro, 6(2), 1-8. 2017.
- [12] M. Reza, A. N. Putera, R. Hidayat, and S. Karawang, "STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Kendali Kecepatan Motor Dc Menggunakan Pengendali Pid Dengan Encoder Sebagai Feedback."
- [13] V. T. Montela Sony, "Optimasi Sistem Navigasi Pada Robot Pengantar Makanan," 2023.
- [14] I. Putu, A. Mas Pratama, I. Nengah Suweden, and I. B. A. Swamardika, Sistem Kontrol Pergerakan Pada Robot Line Follower Berbasis Hybrid PID-Fuzzy Logic. 2013.



**LAMPIRAN 1**  
**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Nova Amanda  
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat, 12 Oktober 2003  
Alamat Rumah : Lingkungan Kp.Pasir No.11A  
Kuday. Kec, Sungailiat  
Kab, Bangka  
Prov.Kep. Bangka Belitung  
No Hp : 089515729264  
Email : [novaamanda292@gmail.com](mailto:novaamanda292@gmail.com)  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 18 Sungailiat (2009 - 2015)  
SMP Negeri 1 Sungailiat (2015 – 2018)  
SMA Negeri1 Sungailiat (2018 – 2021)

### 3. Pendidikan Non Formal

- Pertukaran Mahasiswa Merdeka 3 Inbound PNJ
- Ikatan Sport Sepeda Indonesia (ISSI) Bangka
- Persatuan Atletik Seluruh Indonesia (PASI) Bangka

Sungailiat, 24 Juli 2024

Nova Amanda

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 4. Data Pribadi

Nama Lengkap : Franky  
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat , 10 April 2003  
Alamat Rumah : Jl. Panjang  
Kec, Sungailiat  
Kab, Bangka  
Prov.Kep. Bangka Belitung  
No Hp : 087720700668  
Email : [franky456@gmail.com](mailto:franky456@gmail.com)  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Buddha



### 5. Riwayat Pendidikan

SD Harapan Sungailiat (2009 - 2015)  
SMP Harapan Sungailiat (2015 – 2018)  
SMA Negeri1 Sungailiat (2018 – 2021)

### 6. Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 24 Juli 2024

Franky



**LAMPIRAN 2**  
**PROGRAM**

```

#include <TimerOne.h>
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h> // Instantiate the Wire library
#include <TFLI2C.h> // TFLuna-I2C Library v.0.1.1
TFLI2C tflI2C;
int16_t tfDist; // distance in centimeters
int16_t tfAddr = TFL_DEF_ADR; // Use this default I2C address

//motor kanan
#define enA_1 2 // Encoder A connected to pin 2
#define enB_1 3 // Encoder B connected to pin 3
#define Backward_1 9 // PWM Right
#define Forward_1 10 // PWM Left
//motor kiri
#define enA_2 18 // Encoder A connected to pin 18
#define enB_2 19 // Encoder B connected to pin 19
#define Backward_2 6 // PWM Left
#define Forward_2 7 // PWM Right

int pulsa_1=0;
float rps_1, rpm_1;
int jumlahPulsa_1;
int pwmOutput_1;

int pulsa_2=0;
float rps_2, rpm_2;
int jumlahPulsa_2;
int pwmOutput_2;

// PID variables

```

```
float setpoint = 300; // Kecepatan setpoint dalam RPM
float Kp = 0.01;      // Konstanta proporsional
float Ki = 0.0;       // Konstanta integral
float Kd = 0.0;       // Konstanta derivatif
```

```
float error_1;
float lastError_1 = 0;
float integral_1 = 0;
float derivative_1;
float output_1;
```

```
float error_2;
float lastError_2 = 0;
float integral_2 = 0;
float derivative_2;
float output_2;
```

```
int8_t indexOfA, indexOfB, indexOfC, indexOfD;
String data1, data2, data3, data4;
String dataIn;
char button;
int saved_distance;
```

```
// Definisikan pin yang digunakan untuk sensor ultrasonik
const int trigPinL = 50;
const int echoPinL = 52 ;
// Variabel untuk menyimpan waktu pengukuran
long durationL;
int distanceL;
```

```

// Definisikan pin yang digunakan untuk sensor ultrasonik
const int trigPinR = 46;
const int echoPinR = 48 ;
// Variabel untuk menyimpan waktu pengukuran
long durationR;
int distanceR;

void setup() {

  Serial3.begin(9600); // Inisialisasi komunikasi Bluetooth
  Timer1.initialize(300000); // Initialize Timer1 with 1 second period (in
microseconds)
  Timer1.attachInterrupt(timerCallback); // Attach timer callback function
  Serial.begin(115200); // Initialize serial communication
  pinMode(enA_1, INPUT_PULLUP); // Set encoder A pin as input with internal
pull-up
  pinMode(enB_1, INPUT_PULLUP); // Set encoder B pin as input with internal
pull-up
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(enA_1), encoder_1, RISING); // Attach
interrupt for encoder A changes
  pinMode(enA_2, INPUT_PULLUP); // Set encoder A pin as input with internal
pull-up
  pinMode(enB_2, INPUT_PULLUP); // Set encoder B pin as input with internal
pull-up
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(enA_2), encoder_2, RISING); // Attach
interrupt for encoder A changes
// motor
  pinMode(Forward_1, OUTPUT);
  pinMode(Backward_1, OUTPUT);
  pinMode(Forward_2, OUTPUT);

```

```

    pinMode(Backward_2, OUTPUT);
    Wire.begin(); // Inisialisasi I2
//Ultrasonic
    pinMode(trigPinL, OUTPUT);
    pinMode(echoPinL, INPUT);
    pinMode(trigPinR, OUTPUT);
    pinMode(echoPinR, INPUT);
}
void loop() {
    bt();
}

void timerCallback() {
    rps_1 = jumlahPulsa_1 / 134.4; // Rotasi per detik
    rpm_1 = rps_1 * 200.0; // Rotasi per menit
    // Menghitung error
    error_1 = setpoint - rpm_1;

    // Integral term
    integral_1 += error_1;

    // Derivative term
    derivative_1 = error_1 - lastError_1;
    lastError_1 = error_1;

    // Output kontrol PID
    output_1 = (Kp * error_1) + (Ki * integral_1) + (Kd * derivative_1);

    // Output harus dibatasi agar tidak melebihi batas PWM

```

```
pwmOutput_1 = (setpoint + output_1)*0.64 +7.72; //rumus mengubah RPM  
menjadi PWM
```

```
//Membatasi nilai PWM agar di range 0 - 255 saja
```

```
if (pwmOutput_1 > 255) {  
    pwmOutput_1 = 255;  
} else if (pwmOutput_1 < 0) {  
    pwmOutput_1 = 0;  
}
```

```
pulsa_1 = 0;
```

```
jumlahPulsa_1 = 0;
```

```
rps_2 = jumlahPulsa_2 / 134.44; // Rotasi per detik
```

```
rpm_2 = rps_2 * 200.0; // Rotasi per menit
```

```
// Menghitung error
```

```
error_2 = setpoint - rpm_2;
```

```
// Integral term
```

```
integral_2 += error_2;
```

```
// Derivative term
```

```
derivative_2 = error_2 - lastError_2;
```

```
lastError_2 = error_2;
```

```
// Output kontrol PID
```

```
output_2 = (Kp * error_2) + (Ki * integral_2) + (Kd * derivative_2);
```

```
// Output harus dibatasi agar tidak melebihi batas PWM
```

```
pwmOutput_2 = (setpoint + output_2)*0.64 +7.72; //rumus mengubah RPM  
menjadi PWM
```

```

//Membatasi nilai PWM agar di range 0 - 255 saja
  if (pwmOutput_2 > 255) {
    pwmOutput_2 = 255;
  } else if (pwmOutput_2 < 0) {
    pwmOutput_2 = 0;
  }
  pulsa_2 = 0;
  jumlahPulsa_2 = 0;
}

void encoder_1() {
  int b_1 = digitalRead(enB_1);
  if (b_1==0) {
    pulsa_1++;
  } else {
    pulsa_1--;
  }
  jumlahPulsa_1 = pulsa_1; // Jumlah pulsa per putaran (misalnya 360 pulsa per
putaran)
}

void encoder_2() {
  int b_2 = digitalRead(enB_2);
  if (b_2==0) {
    pulsa_2++;
  } else {
    pulsa_2--;
  }
  jumlahPulsa_2 = pulsa_2; // Jumlah pulsa per putaran (misalnya 360 pulsa per
putaran)
}

```

```

void distance(){
  if(tfII2C.getData(tfDist, tfAddr)){
    Serial.println(String(tfDist)+" cm ");
    delay(100);
  }
}

void bt(){
  if (Serial3.available()>0){
    button = Serial3.read();

    if(button == 'B'){
      pulsa_1 = 0;
      jumlahPulsa_1 = 0;
      pulsa_2 = 0;
      jumlahPulsa_2 = 0;
      analogWrite(Backward_1,0);
      analogWrite(Backward_2,0);
      analogWrite(Forward_1,0);
      analogWrite(Forward_2,0);
      Serial.println("OFF");
    }
  }

  if(button == 'A'){
    if (tfII2C.getData(tfDist, tfAddr)){
      Serial.println(String(tfDist)+" cm ");
      delay(20);
      if(tfDist<70)
      {
        Serial.println("Mundur");
      }
    }
  }
}

```

```
    analogWrite(Backward_1,pwmOutput_1);
    analogWrite(Backward_2,pwmOutput_2);
    analogWrite(Forward_1,0);
    analogWrite(Forward_2,0);
}
if(tfDist>74 && tfDist<200)
{
    Serial.println("Maju");
    analogWrite(Backward_1,0);
    analogWrite(Backward_2,0);
    analogWrite(Forward_1,pwmOutput_1);
    analogWrite(Forward_2,pwmOutput_2);
}
if(tfDist>=70 && tfDist<=74)
{
    Serial.println("Stop");
    analogWrite(Backward_1,0);
    analogWrite(Backward_2,0);
    analogWrite(Forward_1,0);
    analogWrite(Forward_2,0);
}
if(tfDist>=200)
{
    Serial.println("Stop");
    analogWrite(Backward_1,0);
    analogWrite(Backward_2,0);
    analogWrite(Forward_1,0);
    analogWrite(Forward_2,0);
}
}
```

```

ultrasonicKanan();
ultrasonicKiri();
}
if(button == 'C'){
    Timer1.detachInterrupt();
    Serial.println("Timer interrupt dinonaktifkan");
    Serial.println(button);
    if(jumlahPulsa_1 < 240){
        Serial.println("encoder terbaca");
        analogWrite(Forward_1,100);
        analogWrite(Backward_2,100);
        analogWrite(Backward_1,0);
        analogWrite(Forward_2,0);
    }
    else if(jumlahPulsa_1 >240){
        Serial.println("tercapai");
        analogWrite(Forward_1,0);
        analogWrite(Forward_2,0);
        analogWrite(Backward_1,0);
        analogWrite(Backward_2,0);
    }
}
if(button == 'D'){
    Timer1.detachInterrupt();
    Serial.println("Timer interrupt dinonaktifkan");
    Serial.println(button);
    if(jumlahPulsa_1 > -260){
        Serial.println("encoder terbaca");
        analogWrite(Backward_1,100);
        analogWrite(Forward_2,100);
    }
}

```

```

        analogWrite(Backward_2,0);
        analogWrite(Forward_1,0);
    }
    else if(jumlahPulsa_1 < -260){
        Serial.println("tercapai");
        analogWrite(Forward_1,0);
        analogWrite(Forward_2,0);
        analogWrite(Backward_1,0);
        analogWrite(Backward_2,0);
    }
}

indexOfA = dataIn.indexOf("A");
indexOfB = dataIn.indexOf("B");
indexOfC = dataIn.indexOf("C");
indexOfD = dataIn.indexOf("D");

data1 = dataIn.substring (0, indexOfA);
data2 = dataIn.substring (indexOfA+1, indexOfB);
data3 = dataIn.substring (indexOfB+1, indexOfC);
data4 = dataIn.substring (indexOfC+1, indexOfD);

}

void ultrasonicKanan(){
    long durationR;
    int distanceR;
    // Clear the trigPin
    digitalWrite(trigPinR, LOW);
    delayMicroseconds(2);

```

```
// Set the trigPin HIGH for 10 microseconds
digitalWrite(trigPinR, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPinR, LOW);

// Read the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
durationR = pulseIn(echoPinR, HIGH);

// Calculate the distance
distanceR = durationR * 0.034 / 2;

while(distanceR<10){
  Serial.println("okey kanan");
  analogWrite(Backward_1,50);
  analogWrite(Backward_2,50);
  delay(1000);
  analogWrite(Forward_1,50);
  analogWrite(Backward_2,50);
  delay(1000);
  analogWrite(Backward_1,0);
  analogWrite(Backward_2,0);
  analogWrite(Forward_1,0);
  analogWrite(Forward_2,0);
  digitalWrite(trigPinR, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPinR, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPinR, LOW);
  durationR = pulseIn(echoPinR, HIGH);
  distanceR = durationR * 0.034 / 2;
```

```

    }

}

void ultrasonicKiri(){

    long durationL;
    int distanceL;
    // Clear the trigPin
    digitalWrite(trigPinL, LOW);
    delayMicroseconds(2);

    // Set the trigPin HIGH for 10 microseconds
    digitalWrite(trigPinL, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPinL, LOW);

    // Read the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
    durationL = pulseIn(echoPinL, HIGH);

    // Calculate the distance
    distanceL = durationL * 0.034 / 2;

    while(distanceL<10){
        Serial.println("okey kiri");
        analogWrite(Backward_1,50);
        analogWrite(Backward_2,50);
        delay(1000);
        analogWrite(Forward_2,50);
        analogWrite(Backward_1,50);
        delay(1000);
    }
}

```

```
analogWrite(Backward_1,0);  
analogWrite(Backward_2,0);  
analogWrite(Forward_1,0);  
analogWrite(Forward_2,0);
```

```
digitalWrite(trigPinL, LOW);  
delayMicroseconds(2);  
digitalWrite(trigPinL, HIGH);  
delayMicroseconds(10);  
digitalWrite(trigPinL, LOW);  
durationL = pulseIn(echoPinL, HIGH);  
distanceL = durationL * 0.034 / 2;  
}  
}
```