

**ROBOT MEDIA PEMBELAJARAN ALGORITMA BERBASIS PENGENALAN  
WARNA DENGAN PENGATURAN KECEPATAN MENGGUNAKAN  
PID CONTROLLER**

**PROYEK AKHIR**

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



Disusun Oleh :

Rahmi Nurhaliza      NIM: 1052152

Andira Mutiara      NIM: 1052133

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ROBOT MEDIA PEMBELAJARAN ALGORITMA BERBASIS PENGENALAN  
WARNA DENGAN PENGATURAN KECEPATAN MENGGUNAKAN  
PID CONTROLLER**

Oleh:

Rahmi Nurhaliza/1052152

Andira Mutiara /1052133

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



Yudhi M.T.

Penguji 1



Aan Febriansyah, M.T.

Penguji 2



Indah Riezky Pratiwi, M.Pd.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Rahmi Nurhaliza NIM: 1052152

Nama Mahasiswa 2 : Andira Mutiara NIM: 1052133

Dengan Judul: : Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis  
Pengenalan Warna Dengan Pengaturan PID *Controller*

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, 27 Agustus 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Rahmi Nurhaliza



2. Andira Mutiara



## ABSTRAK

Rendahnya kemampuan siswa dalam pemecahan masalah menjadi urgensi pentingnya pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Oleh karena itu, pendidik memiliki tanggung jawab untuk mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran di sekolah. Teknologi memainkan peran penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang inovatif dan memotivasi. Salah satu solusinya adalah “Algobot,” sebuah robot sebagai media pembelajaran algoritma yang dilengkapi dengan sistem pengenalan warna dan pengaturan kecepatan menggunakan PID Controller. Penelitian ini mengembangkan robot sebagai solusi pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan mendukung pemecahan masalah bagi pengguna. Robot ini berfungsi dengan memanfaatkan sensor warna dan PID Controller. Sensor TCS3200 berperan sebagai pendeteksi warna pada objek, di mana robot akan mengenali warna untuk menentukan lintasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak optimal antara sensor warna dan objek untuk akurasi terbaik adalah 0,5 cm. PID Controller berfungsi untuk mengendalikan kecepatan motor pada robot, memastikan pergerakan robot sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan setpoint 100 dan konfigurasi  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0012$ , dan  $K_d = 0.00045$ , robot mencapai keseimbangan antara respon cepat dan stabilitas. Dengan setpoint 200 menggunakan  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0002$ , dan  $K_d = 0.0005$ , robot tetap mengutamakan respon cepat dan stabilitas yang baik. Sementara dengan setpoint 300 menggunakan  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.00035$ , dan  $K_d = 0.00070$ , konfigurasi ini memberikan respon seimbang dan mencapai setpoint dengan minimal overshoot. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot ini mampu mengikuti lintasan warna dengan pengaturan kecepatan yang telah ditentukan.

*Kata Kunci: Robot Pembelajaran, Algoritma, Pengenalan Warna, PID Controller, Pengaturan Kecepatan.*

## ABSTRACT

*The low problem-solving ability of students highlights the urgent need for the development of technology-based learning media. Educators, therefore, have a responsibility to integrate technology into the school learning process, as it plays a crucial role in creating innovative and motivating learning environments. One solution is "Algobot," a robot designed as an educational tool for teaching algorithms. This robot is equipped with a color recognition system and speed control using a PID Controller. The study develops this robot as an innovative, interactive learning solution that supports problem-solving for users. The robot operates by utilizing a color sensor and PID Controller. The TCS3200 sensor functions as a color detector, enabling the robot to recognize colors and determine its path. The research findings indicate that the optimal distance between the color sensor and the object for the best accuracy is 0.5 cm. The PID Controller is used to regulate the robot's motor speed, ensuring movement aligns with the desired speed. Analysis shows that with a setpoint of 100 and the configuration of  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0012$ , and  $K_d = 0.00045$ , the robot achieves a balance between quick response and stability. With a setpoint of 200 using  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0002$ , and  $K_d = 0.0005$ , the robot maintains a quick response and good stability. Finally, with a setpoint of 300 using  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.00035$ , and  $K_d = 0.00070$ , the configuration provides a balanced response and reaches the setpoint with minimal overshoot. Testing results demonstrate that the robot can follow the color path with the predetermined speed settings.*

*Keywords: Learning Robot, Algorithm, Color Recognition, PID Controller, Speed*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa syukur yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat, hidayah dan karunia-Nya yang telah memungkinkan penulis untuk menyelesaikan laporan proyek akhir ini dengan judul Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis Pengenalan Warna dengan Pengaturan Kecepatan Menggunakan PID *Controller*. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah ke zaman modern yang penuh dengan ilmu pengetahuan. laporan proyek akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Program Studi Teknik Elektro dan Informatika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penulisan laporan proyek akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga laporan proyek akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Bapak Indra Dwisaputra, S.ST., M.T. selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Elektro dan Informatika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sebagai dosen pembimbing 1 yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi saran-saran dalam pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.
3. Bapak Yudhi, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi saran-saran dalam pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.

4. Orang tua kedua penulis yang bernama Bapak Mahipal dan Almarhumah Anida selaku orang tua dari Andira Mutiara serta Almarhum Yaryadi dan Almarhumah Siti Rokaya selaku orang tua dari Rahmi Nurhaliza yang dengan penuh keikhlasan dan memberikan bantuan moral dan spiritual yang tak ternilai harganya.
5. Dosen serta Staf Pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik, membina dan mengantarkan penulis untuk menempuh kematangan dalam berfikir dan berperilaku.
6. Sahabat-sahabat penulis dan teman-teman lain yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan bantuan dalam berbagai bentuk.

Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan laporan proyek akhir ini di masa mendatang. Semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi para pembaca serta pengembangan ilmu pengetahuan.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih atas perhatian dan waktu yang telah diberikan untuk membaca laporan proyek akhir ini.

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Robot.....	5
2.1.1 <i>Mobile Robot</i> .....	5
2.2 <i>PID Controller</i> .....	6
2.3 Sensor Warna.....	7
2.4 Media Pembelajaran Berbasis Teknologi.....	7
2.5 Algoritma Dalam Robotika.....	8
2.6 Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis Pengenalan Warna Dengan Pengaturan Kecepatan Menggunakan <i>PID Controller</i> .....	9
2.7 Komponen Utama.....	9
2.7.1 Sensor Warna TCS3200.....	10
2.7.2 Mikrokontroler Arduino Nano.....	10

2.7.3	Motor DC .....	11
2.7.4	PID ( <i>Proportional-Integral-Derivative</i> ) <i>Controller</i> .....	11
2.7.5	Modul <i>Bluetooth</i> HC-05 .....	12
2.8	<i>MIT App Inventor</i> .....	12
BAB III .....		14
METODE PELAKSANAAN .....		14
3.1	Studi Literatur .....	15
3.2	Perencanaan Robot.....	15
3.2.1	Rancangan <i>Hardware</i> .....	15
3.2.2	Rancangan <i>Software</i> .....	19
3.3	Pembuatan Robot .....	21
3.4	Pembuatan Program Robot.....	22
3.5	Pengujian Alat .....	23
3.6	Pembuatan Laporan.....	24
BAB IV .....		25
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Hasil Pembuatan Robot Media Pembelajaran .....	25
4.1.1	Pemasangan Sensor Warna TCS3200 .....	26
4.1.2	Pemasangan Sensor HC 020K .....	26
4.1.3	Pemasangan Modul BMS 2S .....	26
4.1.4	Pemasangan dan Perakitan Komponen Elektrik.....	27
4.2	Pengujian Robot Media Pembelajaran .....	27
4.2.1	Pengujian Kalibrasi Sensor Warna .....	28
4.2.2	Pengujian Rotary Encoder .....	32
4.2.3	Pengujian Sistem PID <i>Controller</i> Ke Motor DC .....	34
4.2.4	Pengujian Jarak HC-05 .....	44

4.3	Pengujian Aplikasi.....	47
4.4	Pengujian Keseluruhan Robot.....	49
4.4.1	Implementasi Pengujian Robot.....	53
<b>BAB V</b>	.....	58
<b>PENUTUP</b>	.....	58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	60
<b>LAMPIRAN</b>	.....	62



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pembacaan Nilai RGB .....	30
Tabel 4. 2 Tabel Data Pengujian Deteksi Sensor TCS3200 .....	31
Tabel 4. 3 Pengukuran RPM Motor DC.....	35
Tabel 4. 4 Pengujian Dengan <i>Setpoint</i> 100 .....	36
Tabel 4. 5 Pengujian Dengan <i>Setpoint</i> 200 .....	38
Tabel 4. 6 Pengujian Dengan <i>Setpoint</i> 300 .....	41
Tabel 4. 7 Pengukuran HC-05 Dengan Halangan .....	45
Tabel 4. 8 Pengukuran HC-05 Tanpa Halangan .....	46
Tabel 4. 9 Pengujian Aplikasi Algobot .....	48
Tabel 4. 10 Tabel Pengujian Keseluruhan Robot .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rumus Dasar PID.....	6
Gambar 2. 2 Sensor TCS3200.....	10
Gambar 2. 3 Arduino Nano .....	10
Gambar 2. 4 Motor DC .....	11
Gambar 2. 5 Blok Diagram PID <i>Controller</i> .....	11
Gambar 2. 6 Modul <i>Bluetooth</i> HC-05.....	12
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Proyek Akhir.....	14
Gambar 3. 2 Rancangan <i>Hardware</i> Robot.....	16
Gambar 3. 3 <i>Wiring</i> Diagram <i>Hardware</i> .....	16
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> <i>Hardware</i> Robot.....	18
Gambar 3. 5 Blok Diagram <i>Control</i> PID .....	20
Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan <i>Hardware</i> .....	25
Gambar 4. 2 Pemasangan Sensor Warna TCS3200 .....	26
Gambar 4. 3 Pemasangan Sensor HC 020K .....	26
Gambar 4. 4 Pemasangan Modul BMS 2S .....	27
Gambar 4. 5 Pemasangan Dan Perakitan Komponen Elektrik .....	27
Gambar 4. 6 <i>Wiring</i> Sensor Warna TCS3200 .....	28
Gambar 4. 7 Nilai Data RGB.....	29
Gambar 4. 8 Data RPM.....	32
Gambar 4. 9 <i>Wiring</i> Diagram Pengujian <i>Rotary Encoder</i> .....	33
Gambar 4. 10 Rumus Estimasi RPM, <i>Error Absolut</i> , dan <i>Error</i> Relatif .....	35
Gambar 4. 11 Respon Dengan <i>Setpoint</i> 100 .....	37
Gambar 4. 12 Respon Dengan <i>Setpoint</i> 200 .....	40
Gambar 4. 13 Respon Dengan <i>Setpoint</i> 300.....	43
Gambar 4. 14 Desain Antarmuka Aplikasi.....	47
Gambar 4. 15 <i>Flowchart</i> Pengujian Keseluruhan.....	50
Gambar 4. 16 Gambar Pengujian Respon Robot Terhadap Warna .....	51

Gambar 4. 17 <i>User</i> Sedang Menyusun Strategi Pergerakan Robot .....	54
Gambar 4. 18 <i>User</i> Memasukan Pengaturan Robot Melalui Aplikasi.....	54
Gambar 4. 19 Penyusunan Kartu Warna .....	55
Gambar 4. 20 Gambar Pergerakan Robot .....	56



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	62
--------------------------------------	----



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Pengalaman mengajar di SDN 06 Sungailiat, Bangka Belitung memberikan gambaran yang jelas tentang tantangan yang dihadapi dalam mengajarkan *problem solving* dan pengendalian sistem kepada siswa di sekolah. Selama asistensi mengajar di SDN 6 Sungailiat, Bangka Belitung, ditemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami masalah yang diberikan. Mereka sering kali tidak mampu mengatur strategi untuk menemukan solusi karena perbedaan antara instruksi yang diberikan dan apa yang mereka kerjakan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa tidak memiliki kemampuan yang memadai dalam memahami masalah, merencanakan strategi, mengeksekusi rencana, dan merefleksikan hasilnya.

Observasi mengungkapkan bahwa keterampilan pemecahan masalah siswa masih kurang. Salah satu faktor penyebabnya adalah kurangnya media pembelajaran yang menarik dan inovatif. Guru masih menggunakan metode konvensional dan belum memanfaatkan media yang dapat merangsang eksplorasi dan keterlibatan siswa dalam proses pemecahan masalah. Untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, penting untuk mengembangkan dan menerapkan media pembelajaran yang lebih menarik dan efektif. Pada jenjang pendidikan ini, metode pengajaran yang efektif harus dapat menggabungkan teori dengan praktik yang menarik dan interaktif, sehingga siswa dapat memahami konsep dengan lebih baik melalui pengalaman langsung.

Di Indonesia, data menunjukkan bahwa kecerdasan anak Indonesia masih berada di bawah rata-rata dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia [1]. Hal ini menjadi tantangan bagi para pendidik untuk mencari metode pembelajaran yang

efektif dan menyenangkan guna meningkatkan kecerdasan dan keterampilan siswa dalam bidang teknologi dan pemrograman.

Pada era digital saat ini, teknologi memainkan peran penting dalam menciptakan lingkungan belajar yang inovatif dan memotivasi siswa. Salah satu solusinya adalah pemanfaatan robotika sebagai media pembelajaran. Robotika tidak hanya menyediakan *platform* yang konkret untuk belajar, tetapi juga mengembangkan keterampilan dalam pemecahan masalah, melatih cara berfikir, dan kreativitas.

Selain itu, pengalaman mengajar di SDN 06 Sungailiat menunjukkan bahwa siswa sangat antusias dan lebih mudah memahami materi yang disampaikan melalui metode yang interaktif dan langsung. Oleh karena itu, pengembangan robot ini diharapkan dapat meningkatkan minat belajar siswa terhadap sains dan teknologi, serta memfasilitasi pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang kompleks dengan cara yang menyenangkan dan menarik.

Sebagai salah satu contohnya “Sphero Indi” adalah sebuah robot yang dapat bergerak otomatis mengikuti intruksi kartu berwarna yang diletakkan di jalurnya untuk memprogram tindakannya. Namun biaya yang diperlukan untuk membeli robot tersebut cukup tinggi sekitar U\$\$150 serta hanya terdapat di luar negeri. Padahal, mekanisme kerja “Sphero Indi” sangat berguna untuk dunia pendidikan (<https://sphero.com/pages/sphero-indi>).

Untuk mengatasi tantangan tersebut, dirancanglah sebuah robot otomatis yang mampu bergerak dengan menggunakan komponen yang mudah untuk didapatkan dan lebih hemat untuk biaya yang dikeluarkan sebagai media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan sensor TCS3200. Robot ini dilengkapi dengan sistem pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller* dan dapat terhubung dengan *smartphone* untuk pengaturan navigasi dan warna. Pengguna dapat mengatur pengaturan warna dan arah navigasi robot melalui aplikasi di *smartphone*. Sebelum

robot berjalan, pengguna harus meletakkan robot pada kartu warna terlebih dahulu. Di aplikasi, akan muncul warna yang terdeteksi, dan pengguna dapat mengklik warna yang terdeteksi serta mengatur arah navigasi yang diinginkan. Setelah semua pengaturan warna dan arah navigasi selesai, pengguna dapat mengklik kecepatan robot yang terdiri dari lambat, sedang, dan cepat. Pengaturan ini dapat di-reset sesuai keinginan pengguna ketika ingin mengubah pengaturan warna, navigasi, dan kecepatannya [2].

Selain itu, robot ini juga dilengkapi dengan *rotary encoder* untuk mengatur presisi belokan agar mencapai 90 derajat. Hal ini memastikan bahwa setiap pergerakan robot sesuai dengan instruksi yang diberikan melalui aplikasi, sehingga pembelajaran algoritma dan pemrograman menjadi lebih nyata dan mudah dipahami [3]. Algoritma yang digunakan dalam proyek ini adalah algoritma berpikir, di mana pengguna harus menyusun kartu warna agar robot dapat berjalan dan terhubung dari satu warna ke warna lainnya untuk melatih algoritma berpikirnya [4]. Pengguna dapat membangun rute, memecahkan teka-teki, dan menjalankan robot menggunakan aplikasi dan kartu warna.

Dengan merancang robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan sensor TCS3200, pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*, dan konektivitas *smartphone*. Robot ini menawarkan beberapa solusi inovatif dalam pembelajaran: interaktif dan menarik dengan menggunakan robot yang dapat berinteraksi melalui *smartphone*; pengembangan keterampilan pemrograman melalui pengaturan warna dan arah navigasi robot; pembelajaran yang presisi dengan *rotary encoder* yang memastikan robot dapat berbelok dengan presisi 90 derajat; serta peningkatan kecerdasan dan kreativitas anak-anak Indonesia dalam bidang teknologi dan pemrograman [5].

Secara keseluruhan, proyek ini diharapkan dapat menjadi model yang dapat diadopsi oleh sekolah-sekolah lain dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan di

bidang sains dan teknologi. Dengan demikian, kontribusi ini tidak hanya bermanfaat bagi siswa di SDN 06 Sungailiat, tetapi juga bagi perkembangan pendidikan di Indonesia secara umum.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Adapun perumusan masalah yang diangkat berdasarkan proyek akhir ini antara lain:

1. Bagaimana menggunakan sensor warna pada robot untuk mendeteksi warna?
2. Bagaimana membuat pengaturan kecepatan robot menggunakan *PID Controller*?
3. Bagaimana membuat aplikasi robot yang interaktif untuk memfasilitasi pengguna?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah dalam proyek akhir ini yaitu :

1. Sensor TCS3200 hanya mengenali 4 warna dasar dengan tingkat akurasi yang memadai.
2. Implementasi *PID Controller* harus memungkinkan robot untuk menyesuaikan kecepatan gerakannya berdasarkan input sensor TCS3200.
3. Kecepatan maksimum dan minimum robot harus dalam rentang yang aman dan dapat dikontrol untuk menjaga kestabilan navigasi.

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan penulisan dalam penyusunan proyek akhir yang berjudul Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis Pengenalan Warna dengan Pengaturan Kecepatan Menggunakan *PID Controller* diantaranya sebagai berikut :

1. Menggunakan sensor warna pada robot untuk mendeteksi warna.
2. Membuat pengaturan kecepatan robot menggunakan *PID Controller*.
3. Membuat aplikasi robot yang interaktif untuk memfasilitasi pengguna

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Robot**

Robot adalah perangkat mekanik yang dapat melakukan berbagai tugas secara otomatis atau semi-otomatis. Penggunaan robot dalam dunia pendidikan dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan memperkaya pengalaman belajar [6]. Robot edukatif dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik, memungkinkan siswa untuk berpartisipasi secara aktif dalam proses pembelajaran.

Robot dapat berfungsi sebagai asisten pengajar, membantu siswa memahami materi dengan lebih baik melalui interaksi yang menarik dan interaktif [7]. Robot-robot ini dapat memfasilitasi berbagai kegiatan belajar, mulai dari pengajaran bahasa hingga eksperimen sains. Dengan kemampuan untuk menyesuaikan tingkat kesulitan sesuai dengan kemampuan siswa, robot edukatif dapat memberikan dukungan belajar yang lebih personal dan efektif.

Robot edukatif dapat membantu dalam pengembangan keterampilan STEM (sains, teknologi, teknik, dan matematika) sejak usia dini, meningkatkan pemahaman dan minat siswa di bidang tersebut [8]. Dengan demikian, robot dalam dunia pendidikan tidak hanya memperkaya proses pembelajaran tetapi juga mendukung keberagaman dan inklusivitas dalam pendidikan.

##### **2.1.1 Mobile Robot**

*Mobile* robot merupakan sebuah robot yang dapat bergerak dengan leluasa karena memiliki alat gerak untuk berpindah posisi. Secara umum dan mendasar sebuah *mobile robot* dibedakan oleh *locomotion system* atau sistem penggerak. *Locomotion* merupakan gerakan melintasi permukaan datar. Semua ini disesuaikan

dengan medan yang akan dilalui dan juga oleh tugas yang diberikan kepada robot. Menurut jurnal penelitian dari Universitas Trunojoyo Madura, kestabilan kecepatan *mobile robot* pada lintasan mendatar, tanjakan, dan turunan dapat dijaga menggunakan metode PID. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode tersebut efektif dalam menjaga stabilitas dan akurasi kecepatan *mobile robot* di berbagai kondisi medan[9]. Berbagai jenis *mobile robot* telah dikembangkan, seperti robot beroda, robot berjalan, dan robot berlari. Penelitian dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya juga menggaris bawahi pentingnya sistem kendali kecepatan yang robust menggunakan PID dan *Disturbance Observer* untuk meminimalkan pengaruh gangguan eksternal terhadap kecepatan robot. Selain itu, *rotary encoder* digunakan untuk mendeteksi perubahan posisi dan mengatur belokan [10].

## 2.2 PID Controller

PID (*Proportional-Integral-Derivative*) Controller adalah metode pengendalian yang sering digunakan untuk mengatur kecepatan motor pada robot. PID Controller bekerja dengan menghitung tiga parameter utama: *proportional* (P), *integral* (I), dan *derivative* (D). Rumus dasar PID adalah sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

Gambar 2. 1 Rumus Dasar PID

Penjelasan dasar PID :

- $K_p$  adalah konstanta *proportional*,
- $K_i$  adalah konstanta *integral*,
- $K_d$  adalah konstanta *derivative*,
- $e(t)$  adalah *error* atau selisih antara nilai *setpoint* dan nilai aktual.

Dengan penggunaan PID Controller, robot mampu menyesuaikan kecepatan motor agar selalu mendekati nilai *setpoint*, sehingga menghasilkan pergerakan yang

halus dan responif. Pengendalian PID memungkinkan untuk mengkoreksi nilai *error* dengan mengolahnya menjadi sinyal kendali yang diteruskan ke motor, sehingga kecepatan motor dapat berubah-ubah sesuai dengan pembacaan sensor [12]. Hal ini menunjukkan bahwa *PID Controller* sangat efektif digunakan sebagai alat pembelajaran dalam mengendalikan kecepatan robot.

### **2.3 Sensor Warna.**

Sensor warna TCS3200 mengubah warna menjadi frekuensi menggunakan *array* 8x8 photodiode untuk mendeteksi warna merah, hijau, biru, atau tanpa filter warna. Keluaran sensor berupa gelombang kotak dengan frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang diterima. Dalam kondisi cahaya terang, sensor mendeteksi warna merah dan biru dengan akurasi 100%, namun dalam kondisi gelap, akurasinya menurun menjadi 80% untuk kedua warna tersebut [13]. Kelemahan utama sensor ini adalah ketergantungannya pada pencahayaan dan tantangan integrasi dengan mikrokontroler, yang bisa mempengaruhi kinerja dalam aplikasi robotik [15]. Gambar tambahan tentang konfigurasi dan hasil deteksi sensor dapat membantu dalam memahami kinerjanya lebih baik [16].

### **2.4 Media Pembelajaran Berbasis Teknologi**

Perkembangan teknologi informasi pada abad ini telah mengalami kemajuan pesat yang mempermudah komunikasi baik dalam lingkup regional hingga *multiregional*. Perkembangan ini juga berdampak besar pada sektor pendidikan, memungkinkan pendidik menciptakan pembelajaran yang menarik dan menghibur, serta menghindari atmosfer monoton dalam kelas. Penggunaan teknologi dalam pendidikan sangat diperlukan untuk mengembangkan dan memanfaatkan media pembelajaran yang menarik dan sesuai dengan kemajuan teknologi pendidikan. Hal ini penting untuk menciptakan keaktifan peserta didik dan mendukung *transfer* pengetahuan yang lebih efektif dalam mencapai tujuan pembelajaran [17].

Pendidikan sebagai salah satu bagian yang tidak terpisahkan dari proses pendewasaan manusia harus mampu memanfaatkan kemajuan teknologi agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara efektif dan efisien. Penggunaan teknologi informasi dalam proses pembelajaran di kelas sudah menjadi suatu kebutuhan sekaligus tuntutan di era global ini. Media pembelajaran berbasis teknologi informasi, seperti *internet*, *intranet*, perangkat *mobile*, dan robot pembelajaran, dapat membantu menciptakan proses pembelajaran yang lebih bervariasi dan menarik, sehingga dapat menghindari suasana pembelajaran yang monoton dan membosankan, serta mendukung transfer pengetahuan yang lebih efektif [18].

Kesimpulannya, media pembelajaran berbasis teknologi, termasuk penggunaan robot, memberikan banyak keuntungan bagi dunia pendidikan. Dengan terus berkembangnya teknologi, diharapkan metode-metode baru yang lebih efektif dan efisien dapat terus dikembangkan untuk mendukung proses belajar-mengajar [19].

## **2.5 Algoritma Dalam Robotika**

Algoritma dalam robotika adalah serangkaian instruksi atau prosedur yang dirancang untuk memungkinkan robot melakukan tugas-tugas tertentu secara mandiri. Algoritma ini berfungsi untuk memproses data, membuat keputusan, dan mengontrol tindakan robot berdasarkan informasi yang diterima dari sensor. Penerapan algoritma yang efektif dalam robotika dapat meningkatkan kemampuan robot dalam navigasi, pengenalan objek, dan interaksi dengan lingkungan. Selain manfaat teknis, algoritma dalam robotika juga memberikan dampak signifikan terhadap perkembangan berpikir anak-anak. Melalui kegiatan robotika, anak-anak diajarkan untuk berpikir logis, kreatif, dan sistematis dalam menyelesaikan masalah. Mereka belajar untuk merancang, membangun, dan memprogram robot, yang mengasah keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa kegiatan robotika dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif anak usia dini khususnya usia 5 tahun [20]. Dengan demikian, algoritma dalam robotika tidak

hanya mendorong kemajuan teknologi, tetapi juga berperan penting dalam perkembangan intelektual anak-anak.

## **2.6 Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis Pengenalan Warna Dengan Pengaturan Kecepatan Menggunakan PID Controller**

Robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller* adalah inovasi teknologi yang memanfaatkan kemampuan robot untuk mengenali dan menanggapi berbagai warna sebagai instruksi. Robot ini dilengkapi dengan sensor warna yang memungkinkan untuk mendeteksi berbagai warna pada permukaan dan meresponnya sesuai dengan algoritma yang telah diprogram. Penggunaan *PID Controller* dalam pengaturan kecepatan memastikan bahwa robot dapat bergerak dengan kecepatan yang tepat, menyesuaikan dengan perubahan warna yang terdeteksi. *PID Controller* berfungsi untuk mengurangi kesalahan antara kecepatan yang diinginkan dan kecepatan aktual robot dengan menyesuaikan *output*nya secara proporsional, integral, dan derivatif. Dengan teknologi ini, robot dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang interaktif dan efektif, membantu siswa memahami konsep algoritma, pengenalan warna, dan pengendalian kecepatan secara praktis. Ini tidak hanya meningkatkan pemahaman teknis siswa tetapi juga mengembangkan keterampilan mereka dalam pemecahan masalah dan berpikir kritis.

## **2.7 Komponen Utama**

Dalam merancang robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*, beberapa komponen utama dipilih untuk memastikan efisiensi, responivitas, dan kemudahan pengendalian. Berikut adalah komponen-komponen utama yang digunakan beserta alasan pemilihannya:

### 2.7.1 Sensor Warna TCS3200

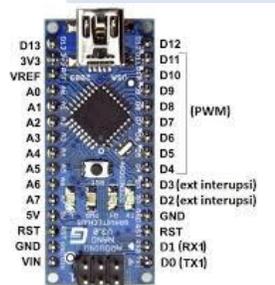
Sensor warna TCS3200 digunakan untuk mendeteksi berbagai warna pada jalur yang dilalui robot. Sensor ini dipilih karena kemampuannya yang tinggi dalam mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek berwarna dan mengonversinya menjadi frekuensi yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Sensitivitas dan akurasi tinggi menjadikannya komponen yang ideal untuk aplikasi pengenalan warna.



Gambar 2. 2 Sensor TCS3200

### 2.7.2 Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler Arduino Nano bertindak sebagai otak dari sistem. Arduino Nano dipilih karena ukurannya yang kecil, konsumsi daya rendah, serta kemudahan dalam pemrograman dan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator. Fleksibilitas dan komunitas pendukung yang besar mempermudah pengembangan dan *debugging*, membuatnya sangat cocok untuk proyek robotika kecil.



Gambar 2. 3 Arduino Nano

### 2.7.3 Motor DC

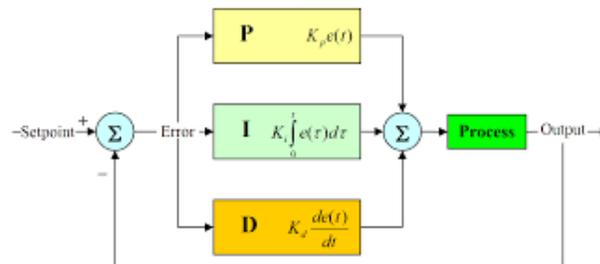
Motor DC digunakan untuk menggerakkan robot. Motor DC dipilih karena kemampuannya dalam memberikan torsi yang cukup untuk menggerakkan robot dengan stabil dan responif terhadap perubahan kecepatan. Pengendalian kecepatan motor dilakukan oleh PID *Controller*, yang memastikan bahwa robot bergerak dengan kecepatan yang diinginkan.



Gambar 2. 4 Motor DC

### 2.7.4 PID (*Proportional-Integral-Derivative*) *Controller*

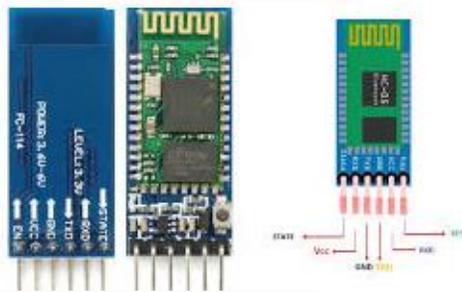
PID *Controller* digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor secara presisi. PID *Controller* dipilih karena kemampuannya dalam memberikan kontrol yang presisi terhadap kecepatan motor, memungkinkan robot untuk menyesuaikan kecepatannya secara akurat sesuai dengan input dari sensor warna. Ini memberikan respon yang cepat dalam mengatur kecepatan motor dalam aplikasi robotik.



Gambar 2. 5 Blok Diagram PID *Controller*

### 2.7.5 Modul *Bluetooth* HC-05

Modul *Bluetooth* HC-05 memungkinkan komunikasi nirkabel antara robot dan perangkat eksternal seperti *smartphone* atau komputer. Modul ini dipilih karena kemampuannya dalam menyediakan koneksi yang stabil dan mudah diimplementasikan, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol robot secara *real-time*.



Gambar 2. 6 Modul *Bluetooth* HC-05

Pemilihan komponen-komponen di atas didasarkan pada kebutuhan untuk menciptakan sistem robot yang efisien, responif, dan mudah dikendalikan. Sensor warna TCS3200 memastikan bahwa robot dapat mendeteksi dan mengikuti jalur warna dengan akurasi tinggi. Mikrokontroler Arduino Nano memberikan fleksibilitas dalam pemrograman dan integrasi sistem. Motor DC yang dikontrol oleh PID *Controller* memastikan bahwa robot bergerak dengan kecepatan yang diinginkan. Modul *Bluetooth* HC-05 memungkinkan interaksi pengguna yang mudah dan *real-time* dengan robot. Kombinasi komponen-komponen ini menghasilkan sistem yang robust dan efektif untuk pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan yang optimal.

### 2.8 *MIT App Inventor*

*MIT App Inventor* adalah *platform* pengembangan berbasis web yang memudahkan pembuatan aplikasi *android* melalui antarmuka grafis yang intuitif. Dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), *MIT App Inventor*

memungkinkan pengguna dengan sedikit atau tanpa pengalaman pemrograman untuk membuat aplikasi yang berfungsi penuh menggunakan bahasa pemrograman berbasis blok yang sederhana. *Platform* ini terdiri dari dua komponen utama: *designer* dan *block editor*. *Designer* digunakan untuk membuat antarmuka pengguna aplikasi, sementara *block editor* menyediakan alat untuk memprogram logika aplikasi secara visual.

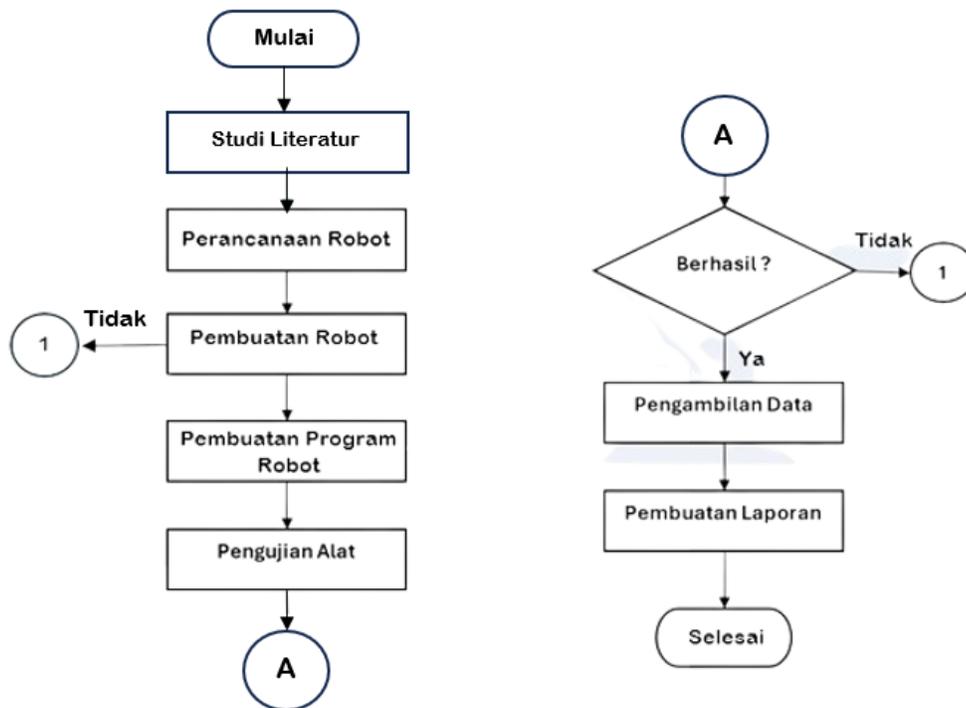
Keunggulan utama menggunakan *MIT App Inventor* untuk *mobile robot* adalah kemudahannya dalam membuat aplikasi kontrol robot berbasis *android*. Pengguna dapat dengan cepat mengembangkan aplikasi yang dapat berinteraksi dengan robot melalui *Bluetooth*, memungkinkan kontrol manual maupun otomatis. Selain itu, *MIT App Inventor* memungkinkan pengembangan aplikasi yang kompatibel dengan berbagai sensor dan modul, yang mempermudah integrasi dengan sistem robotik yang kompleks. Dengan menggunakan *MIT App Inventor*, pengguna juga dapat memanfaatkan berbagai fitur *smartphone* seperti Wi-Fi, *GPS*, dan kamera untuk meningkatkan fungsi dan kinerja robot.

Dalam kesimpulannya, *MIT App Inventor* adalah alat yang sangat berguna untuk pengembangan aplikasi kontrol robot berbasis *android* karena kemudahan penggunaannya, dukungan yang luas untuk berbagai fitur perangkat, dan kemampuan untuk cepat mengembangkan dan menguji aplikasi. *Platform* ini memfasilitasi pembelajaran dan inovasi dalam pengembangan robotik, menjadikannya pilihan ideal untuk proyek pendidikan dan penelitian.

### BAB III

#### METODE PELAKSANAAN

Tahapan pelaksanaan proyek akhir ini dijelaskan dalam beberapa tahap yang mengikuti urutan yang telah ditetapkan, dengan tujuan agar tindakan yang diambil menjadi lebih terarah dan terkontrol, serta sebagai panduan dalam pelaksanaan proyek akhir untuk mencapai target yang diinginkan. Tahap-tahap yang akan dilakukan akan dijelaskan lebih lanjut melalui *flowchart* berikut ini :



Gambar 3. 1 *Flowchart* Pelaksanaan Proyek Akhir

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah awal yang penting dalam proyek akhir ini untuk memahami dan mengkaji teori-teori serta hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan pengembangan robot media pembelajaran berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*.

- Pembahasan tentang robot sebagai media pembelajaran dalam studi literatur merujuk pada jurnal mengenai Pengembangan Media *Trainer* Rekayasa Sistem Robotika Berbasis *Internet of Things*[7] dan Penggunaan Media Robot Edukasi dalam Pembelajaran STEM Bagi Guru Sekolah Dasar di Kota Semarang[8].
- Pembahasan tentang sistem kendali kecepatan *mobile robot* dalam studi literatur merujuk pada jurnal Pengontrolan Kecepatan *Mobile Robot Line Follower*[11] Dan Sistem Kendali Kecepatan Motor Pada *Mobile robot*[12].
- Pembahasan tentang sensor warna dalam studi literatur merujuk pada jurnal Robot Pendeteksi warna dan Aplikasi Sensor Warna TCS3200 dan *Ultrasonic Ping*)) Parallax pada Robot Pencari dan Pengantar Target berbasis Mikrokontroler ATMEGA 32[14].

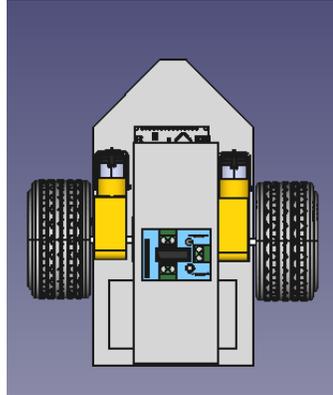
### 3.2 Perencanaan Robot

Pada tahap perencanaan robot merupakan tahapan yang paling penting. Pada tahap ini penulis akan membahas rancangan *hardware* dan rancangan *software*. Kedua komponen ini harus direncanakan dengan seksama untuk memastikan bahwa robot yang dihasilkan dapat bekerja dengan baik.

#### 3.2.1 Rancangan *Hardware*

Tahap rancangan *hardware* bertujuan untuk menentukan dimensi dan skala robot yang akan digunakan dalam konteks pembelajaran. dalam tahapan perencanaan desain penulis menggunakan aplikasi *freeCAD*. Berikut merupakan gambar rancangan *hardware* robot media pembelajaran algoritma berbasis

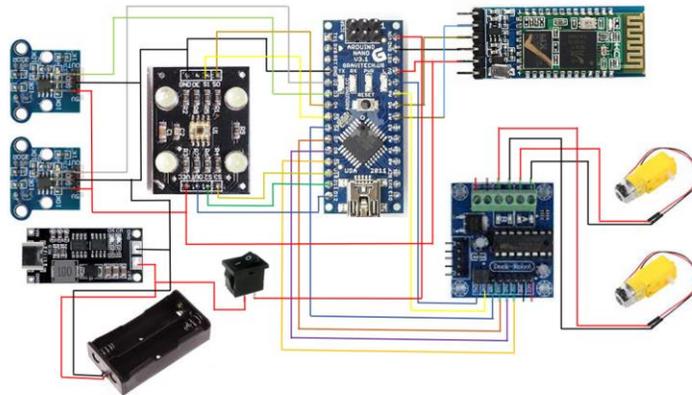
pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*.



Gambar 3. 2 Rancangan *Hardware Robot*

- *Wiring Diagram Hardware Robot*

Berikut merupakan gambar *wiring diagram hardware* robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*.



Gambar 3. 3 *Wiring Diagram Hardware*

Gambar 3.3 menunjukkan *wiring diagram hardware* robot. Di tengah, terdapat Arduino Nano yang berfungsi sebagai mikrokontroler utama. Di sebelah kiri atas, terdapat dua sensor HC 020K yang terhubung ke Arduino, masing-masing

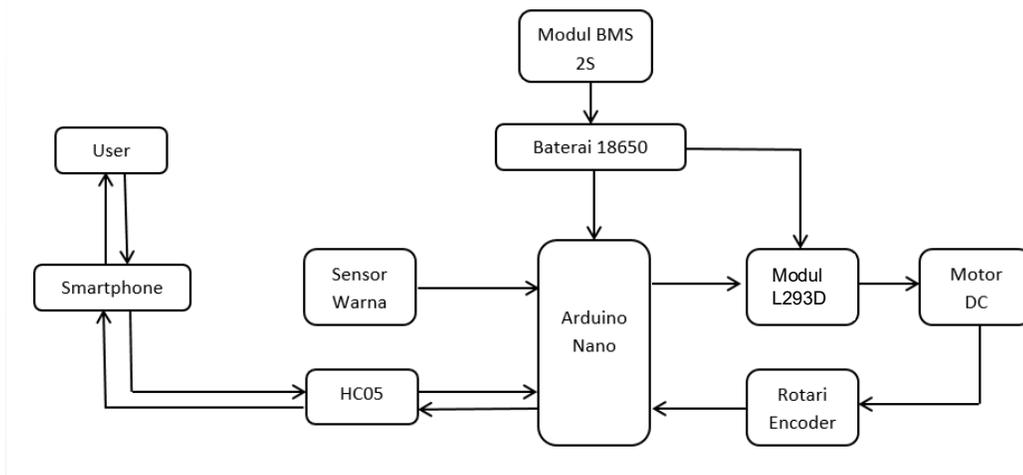
melalui kabel berwarna hijau, kuning, dan hitam untuk komunikasi data dan daya. Di bagian bawah kiri, terdapat modul pengisi daya dan baterai yang juga terhubung ke Arduino untuk suplai daya.

Di bagian tengah atas, ada modul *Bluetooth* HC-05 yang terhubung ke Arduino dengan kabel berwarna kuning, hijau, dan hitam, memungkinkan komunikasi nirkabel dengan *smartphone*. Di bagian kanan, terdapat modul *driver* motor yang terhubung ke dua motor DC. Kabel merah dan hitam dari motor terhubung ke *driver* motor untuk kontrol daya dan arah putaran. Kabel-kabel warna-warni lainnya menghubungkan *driver* motor ke Arduino untuk mengontrol motor melalui sinyal dari mikrokontroler.

Diagram ini menunjukkan bagaimana berbagai komponen dihubungkan untuk membentuk sistem yang terintegrasi, dengan Arduino sebagai pusat kontrol yang mengatur sensor, komunikasi *Bluetooth*, dan *driver* motor berdasarkan program yang diunggah ke mikrokontroler.

- *Flowchart Hardware Robot*

Berikut merupakan gambar *flowchart hardware* robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*.



Gambar 3. 4 *Flowchart Hardware Robot*

Pada gambar 3.4 *flowchart hardware robot* dimulai dari pengguna (*user*) yang berinteraksi dengan robot melalui *smartphone*. *Smartphone* ini terhubung dengan Arduino Nano melalui modul HC-05, yang merupakan modul komunikasi *Bluetooth*. Pengguna mengirim perintah atau data ke *smartphone*, yang kemudian diteruskan ke Arduino Nano melalui HC-05.

Arduino Nano merupakan pusat kendali dari sistem ini. Data dari sensor warna diterima oleh Arduino Nano untuk mendeteksi warna yang akan digunakan sebagai input. Arduino Nano juga mengontrol motor DC melalui modul L293D. Modul L293D adalah *driver* motor yang memungkinkan Arduino mengatur kecepatan dan arah motor DC berdasarkan sinyal kontrol yang diterimanya.

Motor DC dikendalikan oleh sinyal PWM yang dihasilkan oleh *PID Controller* di dalam Arduino Nano. Kecepatan dan respon motor DC dipantau oleh *rotary encoder* yang terpasang pada motor. *Rotary encoder* mengirimkan data kecepatan dan posisi kembali ke Arduino Nano, yang digunakan untuk memperbarui sinyal kontrol *PID* guna menjaga kecepatan motor sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Sistem ini ditenagai oleh baterai 18650 yang diatur oleh modul BMS 2S. Modul BMS (*Battery Management System*) bertanggung jawab untuk mengatur pengisian dan pelepasan daya dari baterai, memastikan bahwa baterai bekerja dengan aman dan efisien. Keseluruhan sistem ini bekerja secara terintegrasi untuk memungkinkan pengguna mengontrol robot berdasarkan warna yang terdeteksi oleh sensor, dengan motor DC yang dikendalikan secara presisi oleh *PID Controller* untuk mencapai kecepatan yang diinginkan.

### **3.2.2 Rancangan Software**

Tahap rancangan *software* mencakup beberapa hal dan penulis membaginya menjadi beberapa aspek penting program yang akan mengontrol robot berdasarkan data dari sensor dan instruksi dari pengguna. Beberapa aspek penting dalam rancangan *software* meliputi:

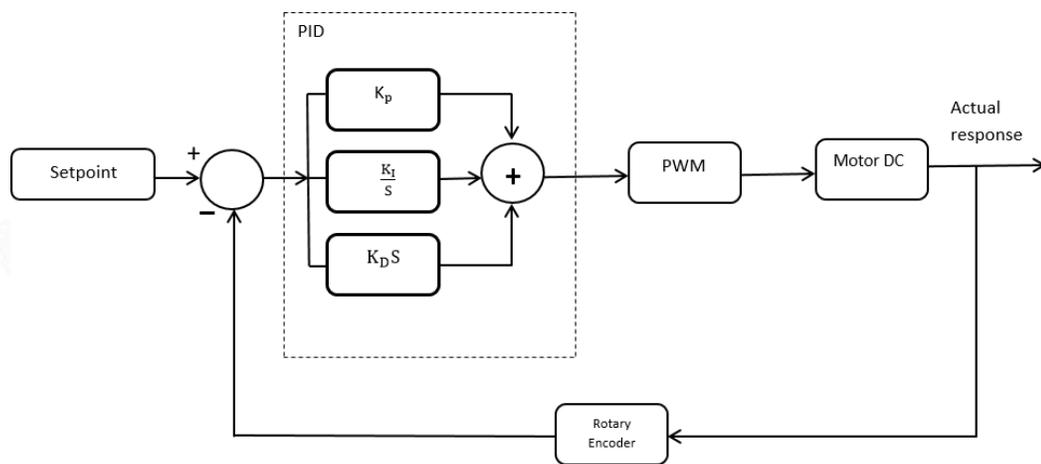
- **Desain Antarmuka Aplikasi**

Desain antarmuka aplikasi ini dirancang dengan tujuan untuk menyediakan kontrol intuitif atas pengaturan kecepatan, warna, dan arah gerak. Pada bagian atas *interface* aplikasi, terdapat judul aplikasi "ALGOBOT" yang ditampilkan dengan huruf kapital. Di bawah judul, terdapat kolom untuk koneksi *Bluetooth* yang menunjukkan status koneksi, yaitu "*Disconnected*" jika *Bluetooth* belum terhubung dan "*Connected*" jika terhubung dalam warna merah. Bagian tengah aplikasi terbagi menjadi beberapa tombol dengan fungsi yang berbeda. Di bagian "*SETTING SPEED*," terdapat tiga tombol berwarna hijau bertuliskan "*SLOW*," "*MEDIUM*," dan "*FAST*" untuk mengatur kecepatan. Di bawahnya, terdapat tombol-tombol navigasi berwarna biru bertuliskan "*LEFT*," "*STRAIGHT*," dan "*RIGHT*" untuk mengarahkan robot. Tombol berwarna merah dengan tulisan "*STOP*" berfungsi untuk menghentikan pergerakan robot. Ada juga tombol "*WARNA*" untuk pengaturan warna. Pada bagian bawah, terdapat dua tombol besar berwarna biru dan kuning bertuliskan "*SAVE*" dan "*RESET*" untuk menyimpan dan mereset pengaturan

aplikasi. Latar belakang aplikasi dihiasi dengan gambar robot dan elemen-elemen grafis yang menarik, menciptakan antarmuka yang interaktif dan ramah pengguna.

- *Flowchart Control PID*

Berikut merupakan gambar *flowchart control PID* robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*.



Gambar 3. 5 Blok Diagram *Control PID*

*Flowchart* pada Gambar 3. 5 menunjukkan diagram blok dari sistem kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) yang digunakan untuk mengontrol kecepatan atau posisi motor DC. Pertama, nilai target yang diinginkan untuk sistem, seperti kecepatan atau posisi yang diinginkan, disebut sebagai *setpoint*. *Setpoint* ini dibandingkan dengan nilai aktual dari sistem (*actual response*) untuk menghasilkan sinyal *error*, yang merupakan selisih antara *setpoint* dan respon aktual.

Sinyal *error* ini kemudian masuk ke dalam *PID Controller* yang terdiri dari tiga komponen: proporsional ( $K_p$ ), integral ( $K_i/S$ ), dan derivatif ( $K_dS$ ). Komponen proporsional menghasilkan sinyal kontrol yang sebanding dengan *error* saat ini, komponen integral memperhitungkan akumulasi *error* dari waktu ke waktu untuk mengurangi *error steady-state*, dan komponen derivatif memperhitungkan laju

perubahan *error* untuk memperbaiki respon dinamis dari sistem. Ketiga komponen ini digabungkan untuk menghasilkan sinyal kontrol total.

Sinyal kontrol total dari *PID Controller* digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang mengontrol motor DC. PWM adalah teknik untuk mengatur daya yang diterapkan pada motor DC dengan mengatur lebar pulsa sinyal yang dikirim ke motor. Motor DC kemudian menerima sinyal PWM dan menghasilkan respon aktual (kecepatan atau posisi). Respon aktual ini diukur oleh *rotary encoder*, yang mengirimkan informasi ini kembali ke sistem kontrol sebagai umpan balik. Respon aktual dibandingkan lagi dengan *setpoint* untuk menghasilkan *error* baru, dan proses ini berulang terus-menerus. Sistem ini memungkinkan kontrol presisi tinggi dari motor DC dengan menggunakan teknik kontrol PID untuk mengurangi *error* dan memastikan bahwa respon aktual sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

- Program Arduino

Pada pemrograman tugas proyek akhir penulis menggunakan menggunakan *software* Arduino IDE untuk melakukan program pada robot. Dimana program yang dilakukan yaitu pada Arduino Nano sebagai *mikrokontroler*, modul HC-05 sebagai penghubung alat ke aplikasi di *smartphone*, sensor warna TCS3200 sebagai penteksi kartu warna, *driver* motor L298D sebagai pengatur arah perputaran motor DC, dan *PID Controller* untuk mengatur kecepatan.

### **3.3 Pembuatan Robot**

Pada pembuatan robot penulis membaginya menjadi dua tahap yaitu tahap pembuatan *hardware* dan *software*. Pada tahap pembuatan *hardware* dilakukan dengan cara mendesain bentuk robot menggunakan aplikasi *FreeCAD*. Setelah desain selesai, pembelian komponen-komponen mekanis diproduksi atau dipilih dari komponen yang sudah ada sesuai dengan spesifikasi desain dan hampir semua komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan *hardware* robot karena

komponen harus di pesan secara *online* yang beresiko rusak dalam ekspedisi. Tahapan dari pembuatan *hardware* meliputi:

- Perakitan komponen berdasarkan hasil perencanaan yang telah dibuat dengan merakit komponen elektronik ke papan PCB dot matrix 9x15 (cm) yang terdiri dari Arduino Nano sebagai mikrokontroler, sensor warna TCS 3200 sebagai pendeteksi warna, modul L293D untuk pengendali motor DC, *rotary encoder*, modul HC-05 untuk komunikasi nirkabel, dan sumber daya berupa baterai 18650 beserta modul BMS 2S untuk manajemen daya. Setiap komponen elektronik ini dihubungkan sesuai dengan diagram blok yang telah dirancang sebelumnya.
- Setelah semua komponen dirakit dilakukan integrasi sistem secara keseluruhan. Integrasi ini meliputi pemasangan komponen meliputi pengkabelan, dan pengaturan posisi sensor agar sesuai dengan desain awal. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian awal untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan terhubung dengan benar.

### **3.4 Pembuatan Program Robot**

Pembuatan *software* dilakukan dengan cara pembuatan aplikasi serta program untuk menjalankan robot media pembelajaran. Pembuatan *software* diawali dengan membuat program agar pada saat pembuatan antarmuka aplikasi lebih mudah dilakukan. Pemrograman antarmuka aplikasi berfungsi untuk mengirim perintah penganturan warna dan arah mengubah beserta kecepatan sesuai keinginan pengguna. Tahap pemrograman dimulai dengan menggunakan *software* Arduino IDE yang menggunakan bahasa C++ sebagai bahasa pemrogramannya dan untuk pembuatan antarmuka aplikasi penulis menggunakan *MIT APP Inventor*. Tahapan pembuatan *software* pada proyek akhir ini sebagai berikut :

Pemrograman Arduino Nano sebagai mikrokontroler berfungsi untuk memproses data dari sensor warna dan menjalankan algoritma yang telah diprogram.

Mikrokontroler ini mengendalikan seluruh operasi robot, mulai dari penerimaan input sensor hingga eksekusi perintah motor.

- Pemrograman *PID Controller* digunakan untuk mengatur kecepatan motor agar robot dapat bergerak dengan responif terhadap perubahan warna. *PID Controller* bekerja dengan menghitung *error* antara nilai yang diinginkan dan nilai yang sebenarnya, kemudian menyesuaikan *output* motor untuk meminimalkan *error* tersebut.
- Pembuatan aplikasi dengan menggunakan *Mit APP Inventor* dengan design yang sederhana dan menarik.

Pembuatan program alat penelitian didasarkan pada data yang diperoleh dari sensor warna dan komponen lainnya. Sensor warna bertindak sebagai pancaindra penglihatan alat tersebut, sehingga semua data yang dihasilkan berasal dari sensor ini. *PID Controller* berfungsi untuk mengatur kecepatan alat.

### **3.5 Pengujian Alat**

Setelah pembuatan program robot dilakukan, maka dilakukan proses uji coba pada proyek akhir. cara melakukan uji coba proyek akhir sesuai dengan tuntutan yang telah diberikan. Proses uji coba yang dilakukan meliputi:

- Uji coba robot mendeteksi warna dengan benar. Uji coba ini dilakukan agar robot dapat menggunakan sensor warna untuk mendeteksi warna dengan optimal.
- Uji coba mengatur kecepatan. Uji coba ini dilakukan untuk apakah robot dapat diatur kecepatannya menggunakan *PID Controller* sesuai tingkat kecepatannya.
- Uji coba aplikasi robot. Uji coba ini dilakukan agar robot dapat memfasilitasi pengguna secara interaktif.
- Uji coba memperlihatkan robot bergerak sesuai perintah yang diisi melalui aplikasi yang telah dibuat. Pada uji coba ini dilakukan input perintah yang akan dilakukan robot melalui antarmuka aplikasi dan kemudian memastikan gerakan robot sesuai

dengan perintah telah diinput. Jika tidak maka dilakukan analisis kembali penyebab dari ketidak sesuaian perintah yang telah diinput.

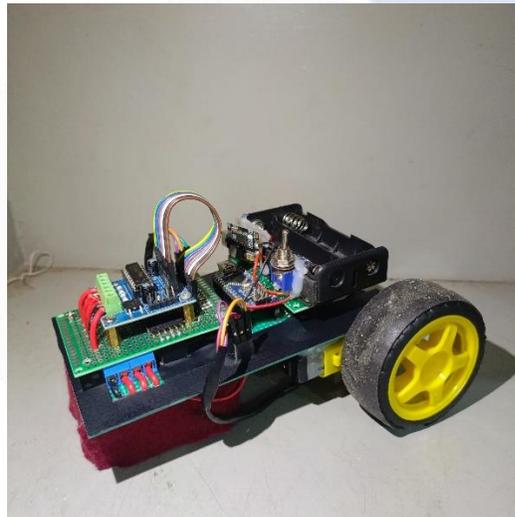
### **3.6 Pembuatan Laporan**

Penyusunan laporan merupakan langkah akhir dalam perancangan dan pengembangan robot media pembelajaran yang menggunakan algoritma warna dengan pengaturan kecepatan melalui *PID Controller*. Tujuan dari laporan ini adalah untuk mendokumentasikan seluruh proses yang telah dilakukan, mulai dari tahap perencanaan, pembuatan, desain, hingga pengujian. Laporan ini mencakup beberapa aspek penting, yaitu: pendahuluan yang menjelaskan latar belakang, tujuan, dan lingkup proyek; tinjauan pustaka yang memaparkan studi literatur yang relevan; metodologi yang merinci langkah-langkah desain dan implementasi robot, termasuk perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan; hasil dan pembahasan yang menampilkan hasil pengujian robot serta analisis performa sistem berdasarkan berbagai skenario pengujian; serta kesimpulan dan saran yang menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya. Setiap bagian laporan ini disusun dengan sistematis dan terstruktur untuk memastikan bahwa informasi yang disajikan jelas dan mudah dipahami, sehingga dapat membantu dalam proses evaluasi dan berfungsi sebagai referensi bagi penelitian atau proyek serupa di masa mendatang.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini penulis membahas mengenai hasil dari rancangan robot serta uraian dan analisis hasil pengambilan data yang telah dilakukan. Dibawah ini terdapat gambar hasil pembuatan "Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis Pengenalan Warna dengan Pengaturan Kecepatan Menggunakan *PID Controller*".



Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan *Hardware*

#### **4.1 Hasil Pembuatan Robot Media Pembelajaran**

Pada tahap pembuatan robot media pembelajaran ini dilakukan pemasangan komponen-komponen pada tubuh robot. Tahapan ini terbagi menjadi beberapa bagian, meliputi :

#### 4.1.1 Pemasangan Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 dipasang pada bagian bawah robot untuk mendeteksi kartu warna yang nantinya akan mengontrol gerakan robot berdasarkan warna yang terdeteksi oleh sensor.



Gambar 4. 2 Pemasangan Sensor Warna TCS3200

#### 4.1.2 Pemasangan Sensor HC 020K

Sensor HC 020K di pasang di bagian bawah motor DC untuk mendeteksi putaran roda menggunakan piringan *encoder* yang terpasang pada motor DC.



Gambar 4. 3 Pemasangan Sensor HC 020K

#### 4.1.3 Pemasangan Modul BMS 2S

Pemasangan modul BMS 2S berfungsi untuk memastikan bahwa setiap sel

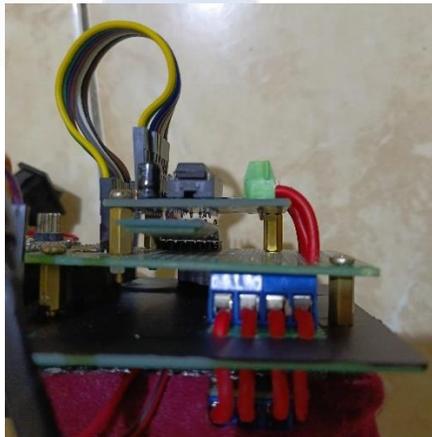
baterai diisi dan dikosongkan dengan aman, mencegah kondisi *overcharging* atau *over-discharging* yang dapat merusak baterai atau menimbulkan risiko kebakaran.



Gambar 4. 4 Pemasangan Modul BMS 2S

#### 4.1.4 Pemasangan dan Perakitan Komponen Elektrik

Komponen ini terdiri dari pemasangan motor *driver*, modul HC-05, kabel-kabel, dll. Komponen ini di pasanag di atas robot.



Gambar 4. 5 Pemasangan Dan Perakitan Komponen Elektrik

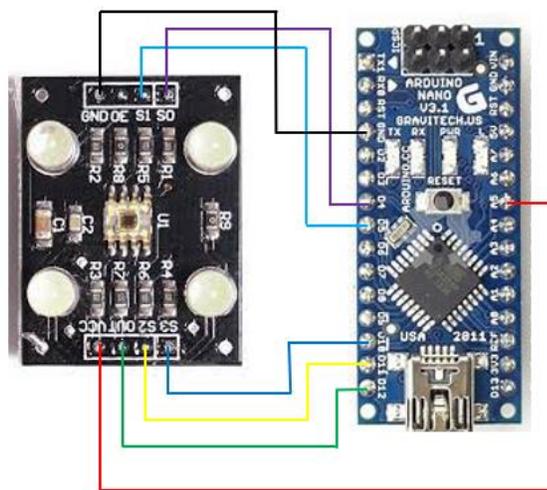
#### 4.2 Pengujian Robot Media Pembelajaran

Pengujian robot dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang digunakan berfungsi dengan baik dan juga fungsi dari keseluruhan robot apakah

bekerja sesuai fungsinya. Pengujian ini dilakukan untuk pengambilan data serta analisis terkait robot dan juga sebagai bahan evaluasi. Dibawah ini terdapat hasil pengujian yang telah penulis lakukan:

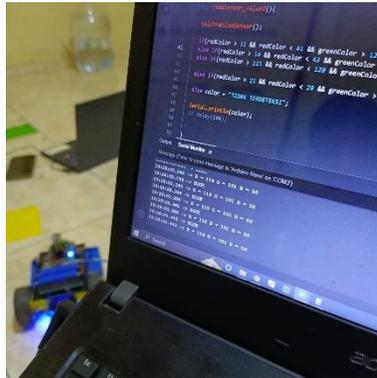
#### 4.2.1 Pengujian Kalibrasi Sensor Warna

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data pada kartu warna menggunakan sensor warna TCS3200. Data yang di didapatkan akan dimasukkan ke program Arduino untuk melakukan kalibrasi agar sensor warna pada robot dapat melakukan pembacaan kartu warna secara akurat. Proses pengujian sensor warna TCS3200 ini dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 6 *Wiring* Sensor Warna TCS3200

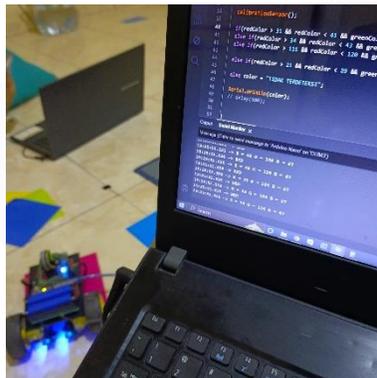
Berdasarkan gambar 4.6 *wiring* pengujian sensor warna TCS3200 berfungsi untuk mengetahui sensor warna TCS3200 dapat membaca kartu warna dengan baik.



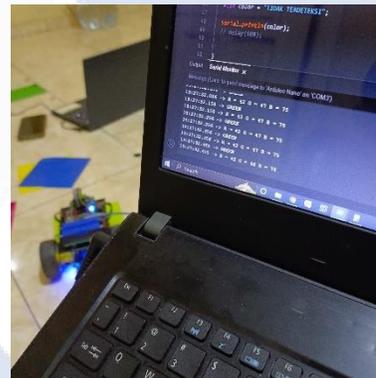
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. 7 Nilai Data RGB

Keterangan :

- (a) Gambar data nilai biru
- (b) Gambar data nilai kuning
- (c) Gambar data nilai merah
- (d) Gambar data nilai hijau

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di dapatkan nilai data RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*) pada gambar 4.7. Gambar tersebut menunjukkan tampilan serial monitor dari perangkat Arduino Nano yang sedang digunakan untuk menguji sensor

warna TCS3200. Pada layar, terdapat serangkaian data yang menunjukkan hasil pembacaan sensor warna dalam format RGB. Setiap baris mencatat waktu, serta nilai R (merah), G (hijau), dan B (biru) yang terdeteksi. Sebagai contoh, baris pertama menunjukkan waktu 19:28:03.066 dengan pembacaan warna R = 119, G = 101, dan B = 50, yang kemudian diidentifikasi sebagai warna biru ("*BLUE*"). Pembacaan ini diulang beberapa kali dengan nilai yang cukup konsisten, menunjukkan bahwa sensor mendeteksi warna biru secara akurat dengan sedikit variasi dalam komponen hijau dan biru. Pembacaan warna ini kan berbeda tergantung intensitas cahaya yang di terima oleh sensor.

Tabel 4. 1 Pembacaan Nilai RGB

No	Kartu Warna	<i>RED</i>	<i>GREEN</i>	<i>BLUE</i>
1	Merah	39	134	67
2	Hijau	42	47	75
3	Biru	119	102	50
4	Kuning	28	40	70

Tabel 4. 2 Tabel Data Pengujian Deteksi Sensor TCS3200

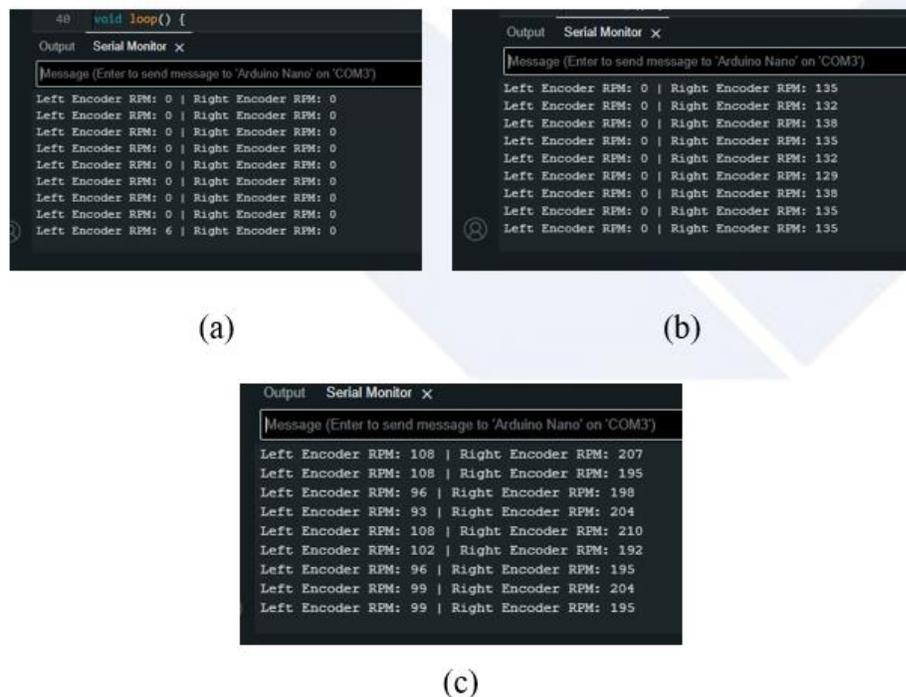
No	Warna Objek	Jarak (cm)	Pembacaan Nilai RGB					
			Pembacaan Nilai Sensor $\geq$			Pembacaan Nilai Sensor $\leq$		
			Merah	Hijau	Biru	Merah	Hijau	Biru
1	Merah	0,5	30	127	65	41	138	75
	Hijau		38	37	80	50	47	85
	Biru		139	53	30	152	63	35
	Kuning		20	25	58	30	38	68
2	Merah	1,5	50	137	80	56	150	90
	Hijau		50	50	90	65	65	99
	Biru		129	60	40	140	90	50
	Kuning		40	40	70	45	55	90
3	Merah	2,5	60	155	100	80	165	110
	Hijau		70	70	100	80	75	105
	Biru		160	100	50	180	110	70
	Kuning		50	65	100	65	80	110

Berdasarkan Tabel 4.2 di atas, dapat disimpulkan bahwa jarak antara sensor warna dan objek mempengaruhi akurasi deteksi warna. Semakin dekat jarak sensor ke objek (dalam batas yang disarankan), semakin akurat deteksi warna yang diperoleh.

Jarak yang paling bagus untuk mendapatkan akurasi terbaik adalah sekitar 0,5 cm. Hal ini disebabkan oleh peningkatan intensitas cahaya yang dipantulkan, pengurangan gangguan cahaya, dan resolusi yang lebih baik. Namun, penting untuk menemukan jarak optimal yang memastikan bahwa sensor bekerja dalam kisaran intensitas cahaya yang dapat diterima untuk mencegah saturasi dan menjaga akurasi tinggi. Optimalisasi ini sangat penting untuk aplikasi yang memerlukan deteksi warna yang presisi, seperti dalam sistem pengendalian perangkat berbasis pengenalan warna.

#### 4.2.2 Pengujian Rotary Encoder

Pengujian ini dilakukan untuk menguji jumlah putaran *encoder* untuk putaran roda kiri dan kanan robot. Dengan dilakukan pengujian ini robot akan bisa berjalan lurus tanpa berbelok sebelum waktunya belok. Dibawah ini merupakan gambar dari nilai RPM :

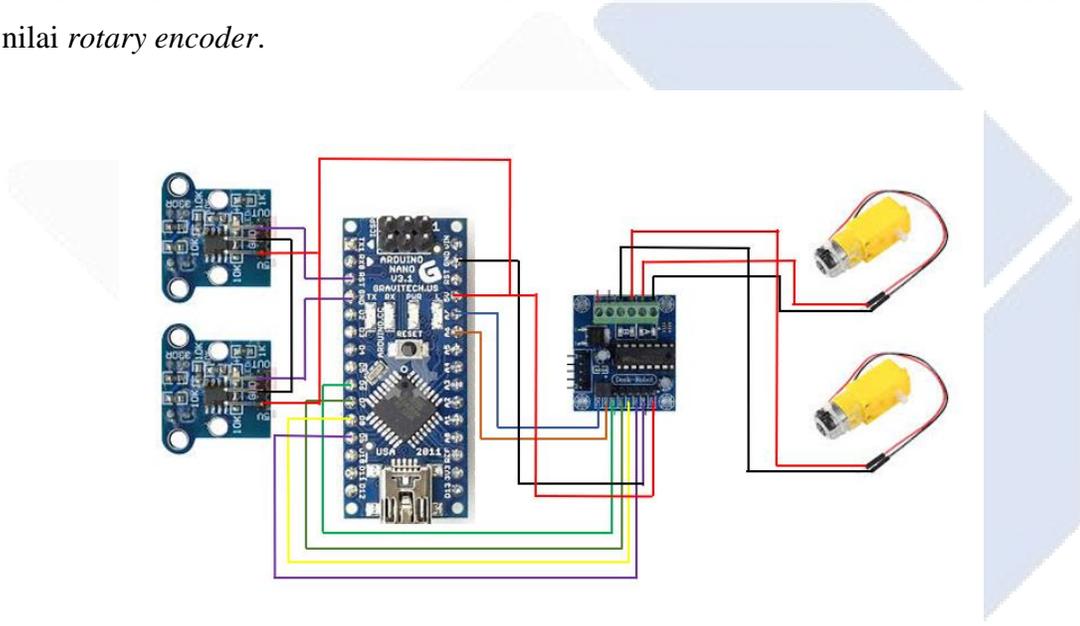


Gambar 4. 8 Data RPM

Keterangan :

- (a) Gambar data awal
- (b) Gambar nilai RPM roda kanan
- (c) Gambar nilai RPM roda kiri

Gambar (a) menunjukkan pembacaan RPM nilai awal sebelum roda kanan dan kiri di putar. Gambar (b) menunjukkan data RPM roda kanan diputar 360 derajat dengan nilai 135 dan gambar (c) menunjukkan data RPM roda kiri di putar 360 derajat dengan nilai 99. Berikut merupakan gambar dari *wiring* diagram pengujian nilai *rotary encoder*.



Gambar 4. 9 *Wiring* Diagram Pengujian *Rotary Encoder*

Gambar 4.9 menunjukkan proses pengkabelan pengujian *rotary encoder* yang menggunakan Arduino Nano, dua sensor HC 020K, dua motor DC, dan sebuah modul motor *driver*. Pada diagram ini, dua sensor HC 020K digunakan untuk mendeteksi lubang pada piringan *rotary encoder*, yang kemudian digunakan untuk mengukur kecepatan dan posisi rotasi.

Dua sensor HC 020K dihubungkan ke pin *input digital* pada Arduino Nano.

Kabel merah dari setiap sensor menunjukkan koneksi ke sumber tegangan (+5V), sementara kabel hitam menunjukkan koneksi ke *ground* (GND). Kabel lainnya menghubungkan pin *output* sensor ke pin digital Arduino, memastikan bahwa sinyal dari sensor dapat diterima dan diproses oleh mikrokontroler. Sensor-sensor ini digunakan untuk mendeteksi lubang pada piringan *rotary encoder* yang berputar bersama motor.

Arduino Nano, yang menjadi pusat kontrol sistem ini, menerima sinyal dari sensor HC 020K dan mengontrol dua motor DC melalui modul motor *driver*. Kabel dari pin *output* digital Arduino dihubungkan ke pin *input* modul motor *driver*, memungkinkan Arduino untuk mengatur kecepatan dan arah rotasi motor. Motor DC terhubung ke modul motor *driver* dengan kabel merah dan hitam, yang masing-masing menghubungkan ke terminal *positif* dan *negatif* motor sehingga memberikan daya dan kontrol.

#### **4.2.3 Pengujian Sistem PID Controller Ke Motor DC**

Pengujian PID *Controller* terhadap motor DC bertujuan untuk memastikan bahwa PID *Controller* dapat mengatur kecepatan motor sesuai dengan nilai *setpoint* yang diinginkan.

- Pengukuran RPM Maksimal Pada Motor DC

Pada pengukuran untuk menentukan RPM maksimal keluaran motor DC menggunakan *rotary encoder* yang diletakkan pada motor DC. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 hasil pengukuran RPM motor DC.

$$\begin{aligned} \text{Estimasi RPM:} \\ \text{RPM\_estimasi} &= \text{PWM} \times 5 \\ \text{Error Absolut:} \\ \text{Error\_abs} &= | \text{RPM\_tachometer} - \text{RPM\_estimasi} | \\ \text{Error Relatif (\%):} \\ \text{Error\_rel} &= ( | \text{RPM\_tachometer} - \text{RPM\_estimasi} | / \text{RPM tachometer} ) \times 100\% \end{aligned}$$

Gambar 4. 10 Rumus Estimasi RPM, *Error Absolut*, dan *Error Relatif*

Tabel 4. 3 Pengukuran RPM Motor DC

PWM	RPM		<i>Error</i>	<i>Persentase</i>
	RPM	<i>Tachometer</i>	<i>Absolute</i>	<i>Error</i>
25	125	121	4	3.3%
50	250	248	2	0.8%
75	375	365	10	2.7%
100	500	498	2	0.4%
125	625	620	5	0.8%
150	750	749	1	0.1%
175	875	851	24	2.8%
200	900	890	10	1.1%
225	1025	1017	8	0.7%
255	1150	1143	7	0.6%

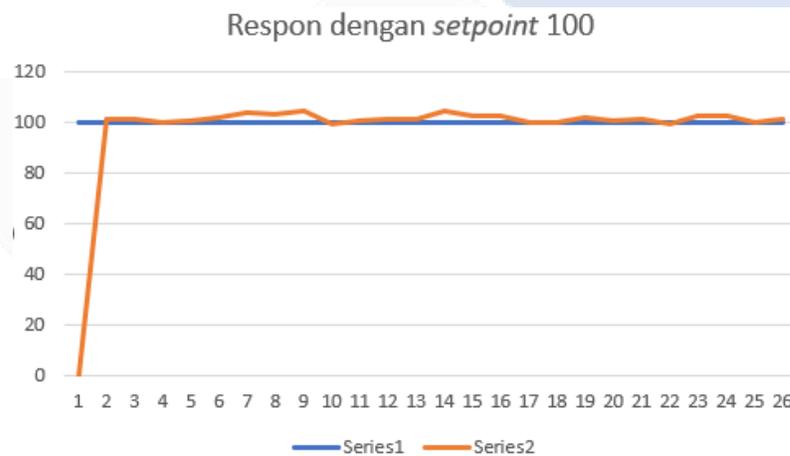
- Pengujian Sistem PID *Controller* dengan *Setpoint* 100

Dari Tabel 4. 4 ini, dapat terlihat bagaimana nilai RPM aktual berusaha untuk mencapai dan mempertahankan *setpoint* 100 dengan bantuan PID *Controller* dengan nilai *double*  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0012$ ,  $K_d = 0.00045$ . *Output* PID akan menyesuaikan secara dinamis untuk mempertahankan kecepatan motor pada nilai *setpoint*.

Tabel 4. 4 Pengujian Dengan *Setpoint* 100

<i>Setpoint</i>	RPM
100	100.84
100	100.9
100	100.13
100	100.41
100	102.1
100	103.65
100	102.87
100	104.05
100	99.45
100	100.73
100	100.98
100	101.19
100	104.4
100	102.36
100	102.61
100	99.72
100	100.11
100	101.52
100	100.76

100	101.16
100	99.43
100	102.5
100	102.6
100	100.1
100	101.14



Gambar 4. 11 Respon Dengan *Setpoint* 100

Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol dengan *setpoint* 100 dan parameter pengendali proporsional-integral-derivatif (PID) yang diberikan, yaitu  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0012$ , dan  $K_d = 0.00045$ . Pengendali PID ini akan berusaha mengatur keluaran sistem agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Dengan nilai  $K_p$  sebesar 1.0, aksi proporsional akan memberikan respon yang cukup kuat terhadap *error* (selisih antara *setpoint* dan keluaran aktual). Nilai ini memungkinkan sistem untuk segera merespon perubahan dalam *error*, tetapi respon yang terlalu kuat dapat menyebabkan *overshoot* (keluaran melebihi *setpoint*).

Nilai  $K_i$  sebesar 0.0012 menunjukkan kontribusi dari aksi integral yang berfungsi untuk mengeliminasi *error* jangka panjang. Nilai ini relatif kecil, yang berarti aksi integral akan bekerja lebih lambat dalam mengoreksi *error* akumulatif. Hal ini dapat bermanfaat dalam mengurangi *overshoot* tetapi bisa memperpanjang waktu untuk mencapai kondisi *steady state* (keadaan mantap).

Nilai  $K_d$  sebesar 0.00045 menunjukkan kontribusi dari aksi derivatif yang bertujuan untuk mengantisipasi perubahan *error* dan memberikan respon untuk mengurangi *overshoot*. Nilai yang sangat kecil ini menandakan bahwa aksi derivatif memiliki pengaruh yang minimal dalam sistem, sehingga pengaruhnya dalam mengurangi *overshoot* dan mempercepat stabilitas sistem juga kecil.

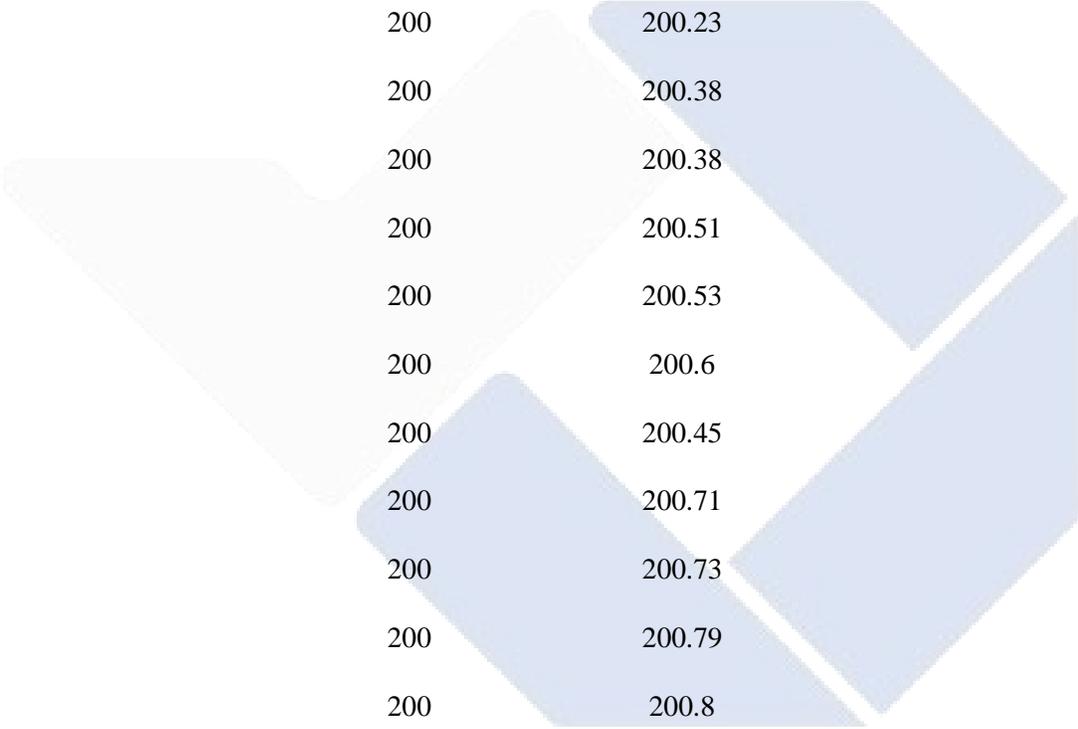
Secara keseluruhan, pengaturan parameter PID ini menunjukkan pendekatan yang hati-hati dengan aksi proporsional yang cukup dominan, sedangkan aksi integral dan derivatif yang lebih lemah. Konfigurasi ini diharapkan mampu memberikan keseimbangan antara respon cepat dan stabilitas, meskipun mungkin akan memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai kondisi *steady state* tanpa *overshoot* yang signifikan.

- Pengujian Sistem PID *Controller* dengan *setpoint* 200

Dari Tabel 4. 5 dibawah ini, dapat terlihat bagaimana nilai RPM aktual berusaha untuk mencapai dan mempertahankan *setpoint* 200 dengan bantuan PID *Controller* dengan nilai *double*  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0002$ ,  $K_d = 0.0005$ . *Output* PID akan menyesuaikan secara dinamis untuk mempertahankan kecepatan motor pada nilai *setpoint*.

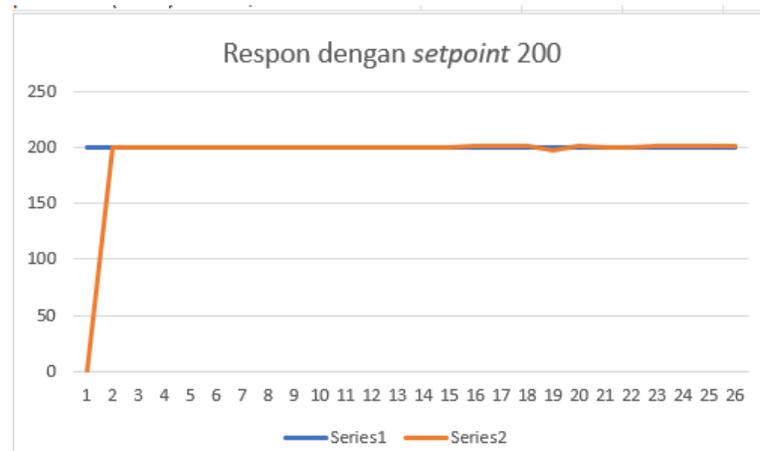
Tabel 4. 5 Pengujian Dengan Setpoint 200

<i>Setpoint</i>	RPM
200	200.16



200	200.07
200	200.12
200	200.16
200	200.2
200	200.2
200	200.29
200	200.23
200	200.38
200	200.38
200	200.51
200	200.53
200	200.6
200	200.45
200	200.71
200	200.73
200	200.79
200	200.8
200	200.86
200	200.2
200	200.5
200	200.97
200	201.03
200	201.03

---



Gambar 4. 12 Respon Dengan Setpoint 200

Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol dengan *setpoint* 200 dan parameter pengendali proporsional-integral-derivatif (PID) yang diberikan, yaitu  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0002$ , dan  $K_d = 0.0005$ . Pengendali PID ini akan berusaha mengatur keluaran sistem agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Dengan nilai  $K_p$  sebesar 1.0, aksi proporsional akan memberikan respon yang kuat terhadap *error* (selisih antara *setpoint* dan keluaran aktual). Ini memungkinkan sistem untuk segera merespon perubahan dalam *error*, namun respon yang terlalu kuat dapat menyebabkan *overshoot*, yaitu keluaran melebihi *setpoint*.

Nilai  $K_i$  sebesar 0.0002 menunjukkan kontribusi dari aksi integral yang berfungsi untuk mengeliminasi *error* jangka panjang. Nilai ini relatif sangat kecil, sehingga aksi integral akan bekerja sangat lambat dalam mengoreksi *error* akumulatif. Hal ini bermanfaat dalam mengurangi *overshoot*, tetapi bisa memperpanjang waktu untuk mencapai kondisi *steady state* (keadaan mantap).

Nilai  $K_d$  sebesar 0.0005 menunjukkan kontribusi dari aksi derivatif yang bertujuan untuk mengantisipasi perubahan *error* dan memberikan respon untuk mengurangi *overshoot*. Nilai ini juga relatif kecil, sehingga aksi derivatif hanya memberikan pengaruh yang minimal dalam sistem, namun tetap membantu dalam

mengurangi *overshoot* dan mempercepat stabilitas sistem sedikit.

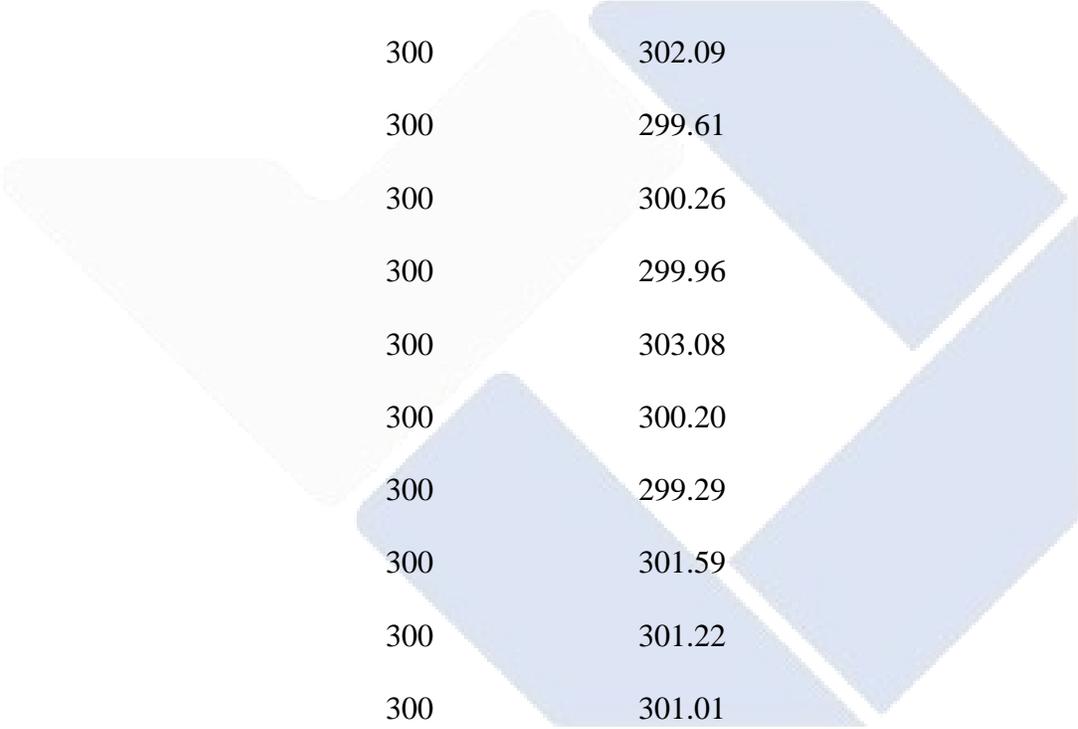
Secara keseluruhan, pengaturan parameter PID ini menunjukkan pendekatan yang sangat hati-hati dengan dominasi aksi proporsional yang cukup besar, sedangkan aksi integral dan derivatif sangat lemah. Konfigurasi ini diharapkan mampu memberikan respon yang cepat dengan sedikit *overshoot*, meskipun mungkin akan memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai kondisi *steady state* tanpa *overshoot* yang signifikan. Tingkat kestabilan sistem diharapkan baik, namun adaptasi terhadap perubahan *error* mungkin tidak secepat jika nilai  $K_i$  dan  $K_d$  lebih besar.

- Pengujian Sistem PID *Controller* dengan *setpoint* 300

Dari Tabel 4. 6 dibawah ini, dapat terlihat bagaimana nilai RPM aktual berusaha untuk mencapai dan mempertahankan *setpoint* 300 dengan bantuan PID *Controller* dengan nilai *double*  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.00035$ ,  $K_d = 0.00070$ . *Output* PID akan menyesuaikan secara dinamis untuk mempertahankan kecepatan motor pada nilai *setpoint*.

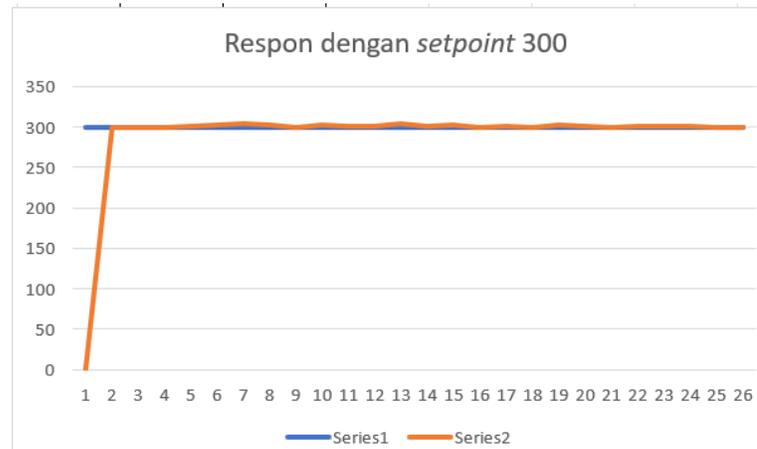
Tabel 4. 6 Pengujian Dengan *Setpoint* 300

<i>Setpoint</i>	RPM
300	299.63
300	299.95
300	298.79
300	301.56
300	302.22
300	303.93
300	302.56



300	299.96
300	303.08
300	300.29
300	300.29
300	303.59
300	301.22
300	302.09
300	299.61
300	300.26
300	299.96
300	303.08
300	300.20
300	299.29
300	301.59
300	301.22
300	301.01
300	299.61
300	300.01

---



Gambar 4. 13 Respon Dengan Setpoint 300

Sistem ini menggunakan metode kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) untuk mencapai *setpoint* sebesar 300. Nilai Kp (konstanta proporsional) sebesar 1.0 berarti bahwa setiap kesalahan antara *setpoint* dan nilai aktual akan dikalikan dengan 1.0 untuk menentukan aksi kontrol proporsional. Nilai Kp ini menunjukkan respon yang seimbang terhadap kesalahan yang ada, tanpa terlalu agresif atau terlalu lemah.

Nilai Ki (konstanta integral) sebesar 0.00035 berarti bahwa setiap kesalahan akan terakumulasi seiring waktu dan kemudian dikalikan dengan konstanta ini untuk menentukan aksi kontrol integral. Nilai Ki yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa kontribusi dari bagian integral akan meningkat secara lambat, membantu mengurangi kesalahan *steady-state* secara bertahap tanpa menyebabkan osilasi atau ketidakstabilan yang signifikan.

Nilai Kd (konstanta derivatif) sebesar 0.00070 menunjukkan bahwa perubahan dalam kesalahan akan dikalikan dengan konstanta ini untuk menentukan aksi kontrol derivatif. Nilai Kd ini dirancang untuk meredam osilasi dan mempercepat respon sistem terhadap perubahan mendadak dalam kesalahan. Meskipun kecil, nilai ini memberikan kontribusi penting dalam stabilisasi sistem.

Secara keseluruhan, dengan *setpoint* 300, konfigurasi nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang dipilih bertujuan untuk memberikan respon yang seimbang dan stabil. Proporsionalitas diatur untuk memberikan aksi kontrol yang langsung terhadap kesalahan, integralitas diatur untuk mengurangi kesalahan jangka panjang, dan derivatif ditetapkan untuk meredam osilasi dan meningkatkan stabilitas sistem. Kombinasi ini diharapkan mampu mencapai *setpoint* dengan minim *overshoot* dan waktu stabilisasi yang efektif.

#### **4.2.4 Pengujian Jarak HC-05**

Pengujian modul *Bluetooth* HC-05 pada robot media pembelajaran bertujuan untuk memastikan kinerja optimal dalam berbagai kondisi. Pengujian ini meliputi penentuan jarak maksimal komunikasi, pengukuran kekuatan sinyal (RSSI) pada berbagai jarak, dan evaluasi keberhasilan transmisi data untuk memastikan integritas data. Selain itu, pengujian ini juga mengidentifikasi pengaruh halangan fisik terhadap performa komunikasi, membantu mengoptimalkan penempatan modul, serta mengukur konsumsi daya untuk efisiensi energi. Dengan memvalidasi spesifikasi modul dan menguji ketahanan serta stabilitas koneksi *Bluetooth*, pengujian ini memastikan bahwa modul HC-05 dapat diandalkan dalam aplikasi robot media pembelajaran yang digunakan dalam berbagai situasi dan lingkungan.

- Pengukuran HC-05 dengan halangan

Pengujian modul *Bluetooth* HC-05 bertujuan untuk menentukan jarak maksimum di mana robot masih dapat berfungsi secara efektif saat terdapat halangan. Pengujian ini dilakukan secara praktis untuk memahami berbagai faktor yang dapat mempengaruhi jangkauan sinyal *Bluetooth*, termasuk jenis dan ketebalan material halangan, interferensi radio dari sumber lain, serta kondisi lingkungan sekitar yang mungkin memengaruhi kualitas sinyal. Dengan melakukan pengujian dalam berbagai

skenario dan kondisi, dapat diperoleh gambaran yang lebih akurat tentang kinerja modul *Bluetooth* HC-05 dalam situasi nyata.

Tabel 4. 7 Pengukuran HC-05 Dengan Halangan

Jarak (m)	Pesan Diterima	Persentase
1	Yes	90%
4	Yes	80%
8	Yes	65%
12	Yes	55%
16	Yes	40%
20	Yes	30%
24	No	20%
28	No	10%

- Pengukuran HC-05 tanpa halangan

Pengujian modul *Bluetooth* HC-05 bertujuan untuk menentukan jarak maksimum di mana robot dapat berfungsi dengan optimal tanpa adanya halangan fisik di antara modul dan perangkat yang terhubung. Pengukuran jarak maksimum ini dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti kekuatan sinyal yang dipancarkan, adanya gangguan elektromagnetik dari sumber lain di sekitarnya, serta kondisi lingkungan yang mungkin memengaruhi transmisi sinyal, seperti kelembapan, suhu, dan hambatan fisik. Meskipun modul HC-05 memiliki spesifikasi jangkauan maksimum yang tertera dalam data teknisnya, pengujian praktis diperlukan untuk memahami seberapa akurat spesifikasi tersebut tercapai dalam kondisi nyata, serta

untuk mengevaluasi performa modul dalam berbagai situasi dan lingkungan yang berbeda.

Tabel 4. 8 Pengukuran HC-05 Tanpa Halangan

Jarak (m)	Pesan Diterima	Persentase
1	Yes	100%
4	Yes	90%
8	Yes	80%
12	Yes	70%
16	Yes	60%
20	Yes	50%
24	Yes	40%
28	Yes	30%
32	Yes	25%

Dari kedua tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul HC-05 memiliki kemampuan untuk mengirimkan pesan dengan baik hingga jarak sekitar 12 meter dengan kondisi terdapat halangan, dimana persentase keberhasilan masih berada di atas 50%. Setelah jarak tersebut, persentase keberhasilan mulai menurun drastis, dan pada jarak 24 meter atau lebih, kemampuan penerimaan pesan sangat rendah, dengan pesan yang tidak diterima sama sekali pada jarak 28 meter. Kedua tabel menunjukkan hasil yang konsisten, menegaskan keakuratan data yang diukur.

### 4.3 Pengujian Aplikasi

Berikut merupakan aplikasi dari robot media pembelajaran algoritma berbasis pengenalan warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan *PID Controller*.



Gambar 4. 14 Desain Antarmuka Aplikasi

Pada Gambar 4.14 desain antarmuka aplikasi bernama ALGOBOT, yang digunakan untuk mengendalikan robot pembelajaran berbasis algoritma warna. Di bagian atas, terdapat tulisan *Bluetooth* untuk menunjukkan status koneksi dengan robot, disertai dengan label status yang saat ini menunjukkan *disconnect*, yang berarti perangkat belum terhubung. Di bawahnya, terdapat tiga tombol *setting speed* yang berfungsi mengatur kecepatan, yaitu *Slow*, *Medium*, dan *Fast* yang memungkinkan pengguna untuk memilih kecepatan operasi robot.

Di tengah antarmuka, terdapat kontrol navigasi dengan empat tombol (*Straight*, *Left*, *Right*, dan *Stop*) yang digunakan untuk menggerakkan robot ke berbagai arah dan berhenti. Di bawah kontrol navigasi, terdapat tombol warna digunakan untuk menampilkan pemilihan warna yang muncul ketika sensor pada robot mendeteksi sensor warna. Di bagian bawah antarmuka, terdapat dua tombol utama, yaitu *save* dan *reset*. Tombol *save* digunakan untuk menyimpan pengaturan atau data saat ini, sementara tombol reset digunakan untuk mengatur ulang semua pengaturan ke kondisi awal. Antarmuka aplikasi ini dirancang dengan tema yang ramah anak, dengan gambar robot dan elemen pendidikan yang menarik untuk meningkatkan keterlibatan pengguna.

Tabel 4. 9 Pengujian Aplikasi Algoritma

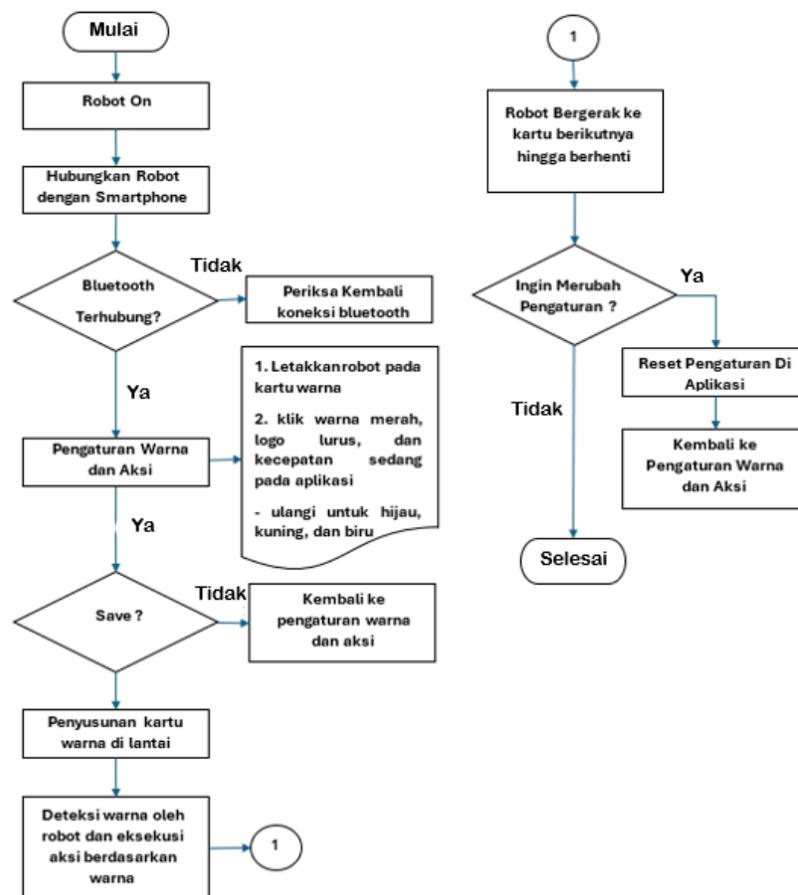
<b>Kecepatan</b>	<b>Warna</b>	<b>Perintah Arah</b>	<b>Deskripsi Pengujian</b>	<b>Hasil</b>
Slow	Red	Right	The application moves right at slow speed with red color detection	Success
Slow	Hijau	Kiri	Aplikasi bergerak ke kiri dengan kecepatan lambat	Berhasil
Slow	Biru	Lurus	Aplikasi bergerak lurus dengan kecepatan lambat	Berhasil
Slow	Kuning	Stop	Aplikasi berhenti dengan kecepatan lambat	Berhasil
Medium	Merah	Kanan	Aplikasi bergerak ke kanan dengan	Berhasil

			kecepatan sedang	
Medium	Hijau	Kiri	Aplikasi bergerak ke kiri dengan kecepatan sedang	Berhasil
Medium	Biru	Lurus	Aplikasi bergerak lurus dengan kecepatan sedang	Berhasil
Medium	Kuning	Stop	Aplikasi berhenti dengan kecepatan sedang	Berhasil
Fast	Merah	Kanan	Aplikasi bergerak ke kanan dengan kecepatan cepat	Berhasil
Fast	Hijau	Kiri	Aplikasi bergerak ke kiri dengan kecepatan cepat	Berhasil
Fast	Biru	Lurus	Aplikasi bergerak lurus dengan kecepatan cepat	Berhasil
Fast	Kuning	Stop	Aplikasi berhenti dengan kecepatan cepat	Berhasil

#### 4.4 Pengujian Keseluruhan Robot

Pengujian keseluruhan robot merupakan tahap yang sangat penting dalam pembuatan robot. Hal ini untuk memastikan bahwa semua komponen dan sistem

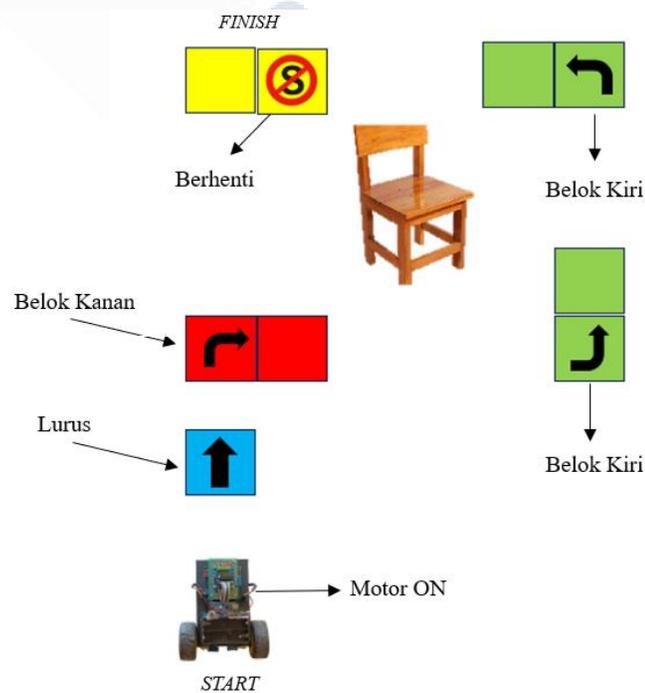
berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Proses ini mencakup serangkaian uji coba yang meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini, setiap modul, seperti sensor, modul komunikasi (seperti *Bluetooth* HC-05), dan unit kontrol, diuji secara individu dan kemudian diintegrasikan untuk memeriksa kompatibilitas dan kinerja keseluruhan sistem. Pengujian ini mencakup simulasi berbagai kondisi operasi, termasuk kondisi normal dan skenario kesalahan, untuk memastikan bahwa sistem dapat menangani berbagai situasi. Selain itu, pengujian keseluruhan juga melibatkan verifikasi keamanan, memastikan bahwa perangkat tidak hanya berfungsi dengan baik tetapi juga aman digunakan. Berikut adalah *flowchart* pengujian dari keseluruhan:



Gambar 4. 15 *Flowchart* Pengujian Keseluruhan

*Flowchart* pada Gambar 4.15 menggambarkan prosedur pengaturan dan operasi robot yang dikendalikan melalui *smartphone*. Proses dimulai dengan menyalakan robot (*Mulai*) dan menghubungkannya ke *smartphone*. Langkah berikutnya adalah memeriksa apakah koneksi *Bluetooth* berhasil. Jika tidak terhubung, pengguna diarahkan untuk melakukan pengaturan warna dan aksi terlebih dahulu. Setelah pengaturan warna dan aksi selesai, pengguna ditanya apakah ingin menyimpan pengaturan tersebut. Jika pengguna memilih untuk menyimpan, proses dilanjutkan dengan menyusun kartu warna di lantai.

Selanjutnya, robot akan mendeteksi warna kartu dan mengeksekusi aksi berdasarkan warna yang terdeteksi. Robot kemudian bergerak ke kartu berikutnya hingga berhenti. Setelah robot berhenti, pengguna diberi pilihan untuk mengubah pengaturan. Jika pengguna ingin mengubah pengaturan, mereka dapat mereset pengaturan di aplikasi dan kembali ke langkah pengaturan warna dan aksi. Jika tidak ada perubahan yang diperlukan, proses berakhir.



Gambar 4. 16 Gambar Pengujian Respon Robot Terhadap Warna

Gambar 4.16 menggambarkan rute yang diikuti oleh robot berdasarkan deteksi kartu warna yang telah ditempatkan di sepanjang jalur. Robot memulai perjalanan dari posisi awal dengan mendeteksi kartu biru yang memiliki simbol panah ke atas, yang menginstruksikan robot untuk bergerak maju. Setelah itu, robot mendeteksi kartu merah dengan simbol panah kanan, yang menandakan bahwa robot harus berbelok ke kanan.

Setelah berbelok ke kanan, robot kemudian mendeteksi kartu hijau dengan simbol panah ke kiri, yang menginstruksikan robot untuk berbelok ke kiri. Lalu robot mendeteksi kartu hijau dengan simbol panah ke kiri lagi, yang menginstruksikan robot untuk berbelok ke kiri hingga akhirnya robot mendeteksi kartu kuning dengan simbol larangan yang menunjukkan bahwa robot harus berhenti.

Tabel 4. 10 Tabel Pengujian Keseluruhan Robot

Pengujian ke-	Deteksi Warna	Navigasi	Keterangan
1	Merah	Stop	Gagal
2	Merah	Stop	Berhasil
3	Merah	Stop	Berhasil
4	Hijau	Lurus	Berhasil
5	Hijau	Lurus	Berhasil
6	Biru	Belok Kanan	Gagal
7	Biru	Belok Kanan	Berhasil
8	Biru	Belok Kanan	Berhasil
9	Kuning	Belok Kiri	Berhasil

Tabel 4.10 menunjukkan hasil pengujian robot berdasarkan deteksi warna, navigasi yang dilakukan, dan keterangan mengenai keberhasilan atau kegagalan setiap pengujian. Pada pengujian pertama, robot mendeteksi warna merah dan seharusnya berhenti, namun hasilnya gagal. Pengujian kedua dan ketiga juga melibatkan deteksi warna merah untuk navigasi berhenti, yang keduanya berhasil.

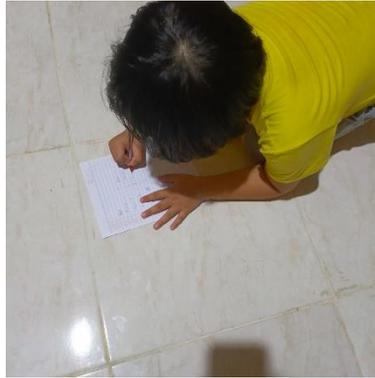
Selanjutnya, pada pengujian keempat dan kelima, robot mendeteksi warna hijau yang menginstruksikan robot untuk bergerak lurus, dan kedua pengujian tersebut berhasil. Pengujian keenam, ketujuh, dan kedelapan melibatkan deteksi warna biru dengan navigasi berbelok ke kanan. Pengujian keenam gagal, tetapi pengujian ketujuh dan kedelapan berhasil.

Pengujian kesembilan dan kesepuluh menguji deteksi warna kuning untuk navigasi berbelok ke kiri. Pengujian kesembilan berhasil, namun pengujian kesepuluh gagal. Dari tabel ini, terlihat bahwa meskipun ada beberapa kegagalan dalam deteksi warna dan navigasi, sebagian besar pengujian menunjukkan hasil yang berhasil, yang menunjukkan bahwa sistem robot sebagian besar dapat mendeteksi warna dan melakukan navigasi sesuai instruksi yang diberikan.

#### **4.4.1 Implementasi Pengujian Robot**

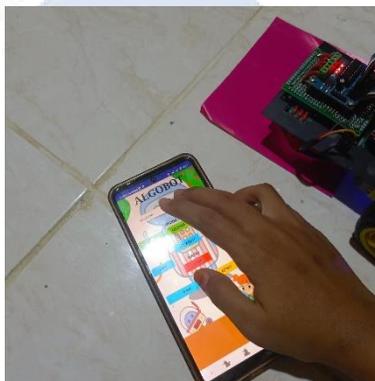
Implementasi alat ini menggunakan Algoritma dengan sensor warna yang dapat mendeteksi dan mengikuti jalur lintasan yang telah disusun menggunakan kertas berwarna. Pertama, pengguna menyusun strategi dan memilih warna kertas yang akan digunakan, lalu menempatkan kertas tersebut di lantai untuk membentuk lintasan. Dengan menggunakan aplikasi pada *smartphone*, pengguna dapat mengatur kecepatan dan pola navigasi robot. Setelah semua pengaturan sesuai, robot diaktifkan untuk mengikuti lintasan yang telah dibuat, memungkinkan pengujian efektivitas

strategi yang telah dirancang. Proses ini menggabungkan elemen perencanaan, pemrograman, dan pengujian langsung untuk mencapai tujuan eksperimen.



Gambar 4. 17 *User* Sedang Menyusun Strategi Pergerakan Robot

Dalam gambar 4.17 *user* sedang duduk di lantai dengan fokus menulis di atas selembar kertas. *User* sedang menyusun strategi dengan cermat untuk membuat jalur lintasan menggunakan kertas warna. Aktivitas ini merupakan bagian dari perencanaan atau eksperimen untuk menguji bagaimana jalur lintasan tersebut dapat digunakan oleh robot.



Gambar 4. 18 *User* Memasukan Pengaturan Robot Melalui Aplikasi

Gambar 4.18 menunjukkan *user* sedang menggunakan aplikasi pada *smartphone* untuk mengatur pengaturan pada robot yang dilengkapi dengan sensor warna. Aplikasi ini bernama Algobot, digunakan untuk memilih kecepatan, warna,

dan navigasi robot sesuai dengan strategi yang telah disusun sebelumnya. *User* memanfaatkan antarmuka aplikasi ini untuk menyesuaikan parameter robot agar dapat mengikuti jalur lintasan berdasarkan kertas warna. Dengan memilih pengaturan yang tepat, pengguna memastikan robot dapat bergerak dengan akurat dan sesuai rencana, menguji kemampuan robot dalam mendeteksi dan menavigasi lintasan berdasarkan warna yang telah diatur.



(a)



(b)

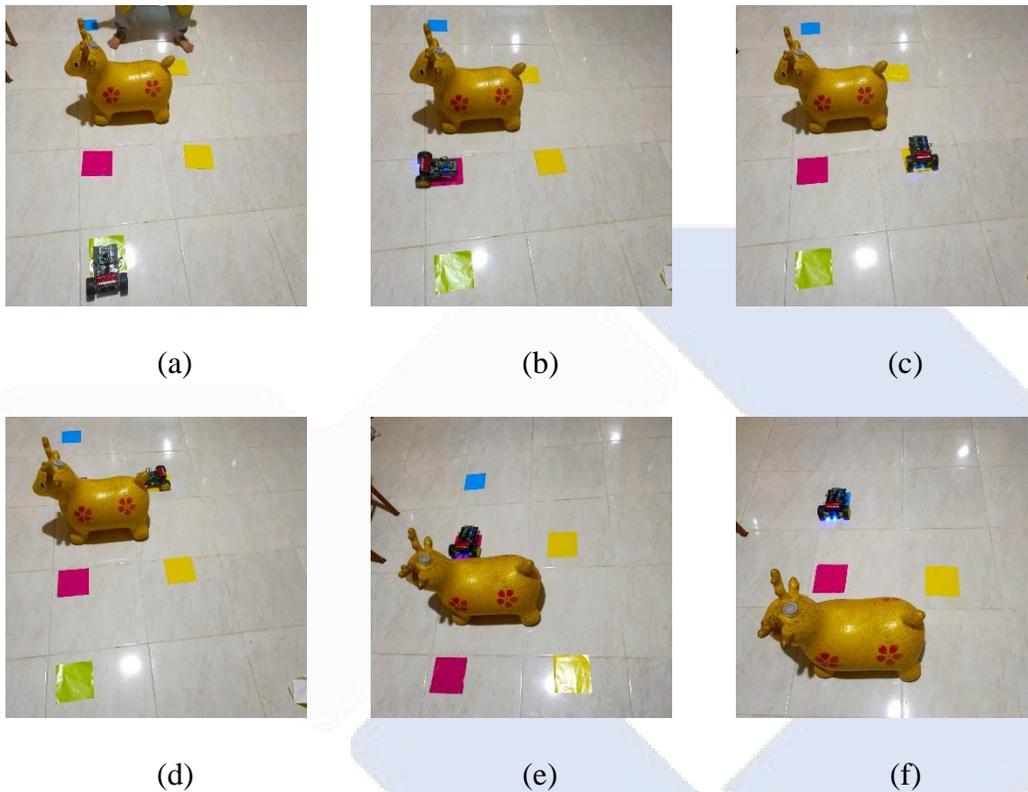
Gambar 4. 19 Penyusunan Kartu Warna

Keterangan :

- (a) Gambar *user* menyusun kartu warna awal
- (b) Gambar *user* menyusun kartu warna kuning

Gambar 4. 19 menunjukkan *user* sedang menyusun kartu warna di lantai untuk lintasan robot. Pada gambar (a), *user* menyusun kartu warna hijau di lantai sebagai kartu awal, menunjukkan *user* fokus dan perhatian terhadap tugas yang dilakukan. Sementara pada gambar (b), *user* menambahkan kartu berwarna kuning agar nanti robot berbelok ke kiri sesuai. Kegiatan ini melibatkan penyusunan strategi dan pemilihan kartu warna melalui aplikasi, yang memungkinkan anak untuk mengikuti instruksi secara interaktif dan meningkatkan keterampilan pengenalan warna serta koordinasi motorik. Kegiatan ini tidak hanya mengasah kemampuan

kognitif anak dalam memahami dan mengatur warna, tetapi juga melibatkan aspek fisik dengan menempatkan kartu di lokasi yang tepat.



Gambar 4. 20 Gambar Pergerakan Robot

Keterangan :

- (a) Gambar robot bergerak maju
- (b) Gambar robot berbelok ke kanan
- (c) Gambar robot berbelok ke kiri
- (d) Gambar robot berbelok ke kiri
- (e) Gambar robot berbelok ke kanan
- (f) Gambar robot berhenti

Setelah proses awal yang dimulai dengan strategi penyusunan kartu warna di atas kertas dan pemilihan kecepatan, warna, serta navigasi, tahap berikutnya melibatkan penyusunan kartu warna di lantai. Pada gambar (a), terdapat kartu warna yang telah disusun di sekitar mainan kuda berwarna kuning sebagai penghalang. Robot, yang dilengkapi dengan sensor warna, mulai bergerak dan mendeteksi warna-warna tersebut. Pada gambar (a) ketika robot mendeteksi warna hijau, ia bergerak lurus ke depan. Pada gambar (b), terlihat robot mendeteksi warna merah dan mulai berbelok ke kanan. pada gambar (c), robot mendeteksi warna kuning dan berbelok ke kiri. pada gambar (d), robot mendeteksi warna kuning dan berbelok ke kiri. pada gambar (e), robot mendeteksi warna merah dan mulai berbelok ke kanan. Dan pada gambar (e), robot mendeteksi warna biru untuk membuat robot berhenti. Proses ini menunjukkan bagaimana robot dapat bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan melalui deteksi warna, yang dikonfigurasi dalam aplikasi, sehingga menciptakan jalur pergerakan yang dinamis dan terprogram berdasarkan warna-warna yang terdeteksi oleh sensornya.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil pengujian yang di peroleh dari analisis proyek akhir dengan judul “Robot Media Pembelajaran Algoritma Berbasis Pengenalan Warna dengan Pengaturan Kecepatan Menggunakan PID *Controller*” dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sensor warna seperti TCS3200 dapat digunakan untuk mendeteksi warna pada robot. Sensor ini bekerja dengan mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek dalam rentang spektrum warna merah, hijau, dan biru, kemudian mengonversi data tersebut menjadi sinyal digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Hasil dari robot yang dibuat disimpulkan jarak optimal antara sensor warna dan objek untuk akurasi terbaik adalah 0,5 cm. Pada jarak ini, intensitas cahaya yang dipantulkan cukup kuat, gangguan cahaya ambient minimal, dan resolusi spasial tinggi, sehingga menghasilkan deteksi warna yang lebih akurat. Optimalisasi jarak ini penting untuk aplikasi seperti pengendalian kualitas industri dan robotika.
2. PID *Controller* efektif dalam mengatur kecepatan motor DC pada robot. Dengan menggunakan umpan balik dari *rotary encoder*, PID *Controller* dapat mengoreksi kecepatan motor secara terus-menerus untuk mencapai nilai *setpoint* yang diinginkan. Hasil analisis dengan *setpoint* 100 menggunakan  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0012$ , dan  $K_d = 0.00045$ , maka konfigurasi ini menyeimbangkan respon cepat dan stabilitas. Dengan *setpoint* 200 menggunakan  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0002$ , dan  $K_d = 0.0005$ , maka konfigurasi ini mengutamakan respon cepat dan stabilitas baik. Dan terakhir dengan *setpoint* 300 menggunakan  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.00035$  dan  $K_d = 0.00070$ , maka konfigurasi ini memberikan respon seimbang dan mencapai *set point* dengan minim *overshoot*.

3. Aplikasi robot yang interaktif sudah dibuat dengan menggunakan *MIT App Inventor* yang intuitif dan mudah digunakan. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol robot melalui perangkat seperti *smartphone*. Nama aplikasinya adalah ALGOBOT, sebuah aplikasi yang mengendalikan robot warna. Di bagian atas, terdapat tulisan "*Bluetooth*" dengan status koneksi saat ini "*disconnect*". Di bawahnya, tiga tombol untuk mengatur kecepatan robot: *Slow*, *Medium*, dan *Fast*. Kontrol navigasi di tengah antarmuka memiliki empat tombol: *Straight*, *Left*, *Right*, dan *Stop*. Di bawahnya, tombol warna menampilkan warna yang terdeteksi sensor. Di bagian bawah, tombol *save* menyimpan pengaturan saat ini, dan tombol *reset* mengatur ulang semua pengaturan ke kondisi awal. Antarmuka dirancang ramah dengan gambar robot dan elemen pendidikan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan data dan hasil penelitian yang telah dilakukan saran untuk pengembangan selanjutnya sebagai berikut :

1. Gunakan sensor warna yang lebih baik dari sensor warna TCS3200 yang bisa beradaptasi dengan segala intensitas cahaya
2. Buat modul pembelajaran dan panduan pengguna yang jelas untuk memaksimalkan manfaat robot sebagai alat bantu pengajaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Untari, S., Rahayu, R., & Nuraini, C. (2020). Implementasi Literasi Digital di Kalangan Mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* , 4(2), 50-60.
- [2] Anggareni, E. Y., Suyono, & Wati, R. (2022). Aplikasi Pengenalan Warna Pada PAUD Kasih Ibu Gisting Berbasis Android. *Jurnal PkM Pemberdayaan Masyarakat*
- [3] Rahman, A. (2018). Peran *Mobile Learning* sebagai Inovasi dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pembelajaran di Sekolah. *Jurnal Teknologi Pendidikan* , 6(1), 23-34.
- [4] Sugiyono. (2010). Implementasi Algoritma Genetika Pada Perancangan Aplikasi Android Untuk Memprediksi Buta Warna. *Jurnal Teknik Komputer* , 5(1), 83-88.
- [5] Arifianto, T. (2011). *Membuat Interface Aplikasi Android Lebih Keren dengan LWUIT*. Yogyakarta:
- [6] Adinda Arly, Nanda Dwi, Rea Andini. (2023). “Implementasi Penggunaan *Artifisial Intelligence* Dalam Proses Pembelajaran Mahasiswa Ilmu Komunikasi” Universitas Negeri Surabaya.
- [7] Wahyudi, Edi Sabara, Muhammad Fajar B. (2023). “Pengembangan Media Trainer Rekayasa Sistem Robotika Berbasis *Internet of Things*”. Universitas Negeri Makassar.
- [8] Riza Arifudin, Endang Sugiharti, Zaenal Abidin, Abas Setiawan. (2024) “Pengguna Media Robot Edukasi dalam Pembelajaran STEM Bagi Guru Sekolah Dasar di Kota Semarang”. Universitas Negeri Semarang Sekaran Gunungpati Semarang.
- [9] Umam, F., Wahyuni, S., & Budiarto, H. (2023). Kestabilan Kecepatan *Mobile Robot* pada Lintasan Mendatar, Tanjakan Serta Turunan. *Jurnal Rekayasa*, 12(2), 45-58.

- [10] Marta, B.S., Ferdiansyah, I., & Ardila, F. (2018). Sistem Kendali Kecepatan Motor pada *Mobile Robot* Menggunakan PID dan Analisis *Disturbance* Berbasis *Disturbance Observer*. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 6(2).
- [11] Susanti, M. dan Pratama, A., 2018. "Pengontrolan Kecepatan *Mobile Robot line follower*." *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*.
- [12] Suryadi, Y., 2019. "Sistem Kendali Kecepatan Motor Pada *Mobile Robot*." *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*.
- [13] As Mohammad. (2017). "Rancang Bangun Sistem Kotak Sampah Berhadiah Menggunakan Arduino Uno dengan *Output* Suara dan Cokelat Butir sebagai Hadiah Secara Otomatis". Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [14] Tomy. (2016). "Aplikasi Sensor Warna TCS3200 dan Ultrasonic Ping))) Parallax pada Robot Pencari dan Pengantar Target berbasis Mikrokontroler ATMEGA 32" . Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [15] Ahmad, Riadi. (2009). "Tipe dan Jenis pada Robot Beroda dan Berkaki dengan Konfigurasi H-BRIDGE MOSFET". Manado: UNSRAT.
- [16] Arya, Winoto. (2008). "Perancangan dan Pengenalan Sistem Gerak Robot Line Follower Menggunakan Motor DC Berbasis Mikro *Controller ATmega8535* dengan *Sensor Photodiode*". Semarang: Universitas Diponegoro.
- [17] Thoriq Aji Silmi, Abdulloh hamid. (2023). "Urgensi Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi". UIN Sunan Ampel Surabaya
- [18] Ali Muhson. (2010). "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi" Universitas Negeri Yogyakarta
- [19] Mariatul Kiftiyah, Santoso, Munsyi. 2015. Robot Pendeteksi Warna. *Jurnal Sains dan Informatika*, Volume 1, Nomor 2, Nopember 2015.
- [20] Nufiari, Muthia Putri. 2022. "Kegiatan Robotika dan Dampaknya terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Anak Usia Dini". Universitas Sriwijaya.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

#### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Rahmi Nurhaliza  
Tempat & Tanggal lahir : Sungailiat, 3 Maret 2003  
Alamat Rumah : Jln Nelayan II. Sungailiat  
RT/RW.006/000  
Telp : 082135176817  
Email : [rahmirainer03@gmail.com](mailto:rahmirainer03@gmail.com)  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam



#### 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 06 Sungailiat Tahun 2009-2015  
SMP Negeri 01 Sungailiat Tahun 2015-2018  
SMK Negeri 01 sungailiat Tahun 2018-2021

Sungailiat, 27 Agustus 2024

Penulis 1

Rahmi Nurhaliza

## 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Andira Mutiara  
Tempat & Tanggal lahir : Labu, 05 Juni 2002  
Alamat Rumah : Jln Olahraga, Desa Labu  
RT/RW.007/003  
Telp : 083199183455  
Email : [andiramutiara@gmail.com](mailto:andiramutiara@gmail.com)  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam



## 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 05 Labu Tahun 2009-2015  
SMP Negeri 01 Puding Besar Tahun 2015-2018  
SMK Negeri 01 Bakam Tahun 2018-2021

Sungailiat, 27 Agustus 2024

Penulis 2

Andira Mutiara