

Desain dan Implementasi Robot Mobile 4WD dan Aplikasi Smartphone Sebagai Media Pembelajaran Robotik

Dwi Setiawan

Sekolah Tinggi Multi Media (MMTC) Yogyakarta

Mufadhhol

Sekolah Tinggi Multi Media (MMTC) Yogyakarta

Alamat: Jl. Magelang No.6, Kutu Patran, Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

Korespondensi penulis: dwisetiawan@mmtc.ac.id

Abstract. *Technological advancements have significantly contributed to the robotics industry, yet mobility remains a challenge that can be addressed with mobile robots. In education, it is crucial to understand the basic principles of robotics and the use of related software and hardware. This research focuses on using a 4WD mobile robot as a learning tool. This robot offers flexibility and is easily controlled via a smartphone with built-in sensors. A smartphone application was developed using App Inventor, an open-source web-based development platform. The HC-05 Bluetooth module was used to connect the smartphone application with the 4WD robot. The goal of this research is to design innovative learning media to aid in understanding the concepts and control of the 4WD robot, as well as to increase students' interest and motivation in learning robotic systems. The results of the research demonstrated success in creating a 4WD robot prototype controllable via an Android smartphone. The distance between the Arduino and smartphone did not significantly affect the robot's movement, although communication was disrupted if the distance exceeded 10 meters. Directional control was achieved through the rotation of the right and left wheels, and sufficient power supply was needed to drive all wheels. Programming with C/C++ and Bluetooth communication functioned as planned. This innovative learning media is expected to help students understand and operate the 4WD mobile robot more effectively.*

Keywords: 4WD mobile robot, robotic system, innovative learning media.

Abstrak. Perkembangan teknologi telah memberikan kontribusi besar dalam industri robotika, namun mobilitas robot masih menjadi tantangan yang dapat diatasi dengan robot mobile. Dalam pendidikan, penting untuk memahami prinsip dasar robotika serta penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras terkait. Penelitian ini menyoroti penggunaan robot mobile 4WD sebagai alat pembelajaran. Robot ini fleksibel dan mudah dikendalikan melalui smartphone dengan sensor bawaan. Aplikasi smartphone Android dikembangkan menggunakan App Inventor, sebuah platform pengembangan aplikasi berbasis web open-source. Modul Bluetooth HC-05 digunakan untuk menghubungkan aplikasi smartphone dengan robot 4WD. Tujuan penelitian adalah merancang media pembelajaran inovatif untuk membantu pemahaman konsep dan pengendalian robot 4WD, serta meningkatkan minat dan motivasi siswa dalam belajar sistem robotik. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan dalam menciptakan prototipe robot 4WD yang dapat dikendalikan melalui smartphone Android. Jarak antara Arduino dan smartphone tidak mempengaruhi pergerakan robot secara signifikan, meskipun komunikasi terganggu jika jarak melebihi 10 meter. Kontrol arah dilakukan melalui putaran roda kanan dan kiri, dan daya yang cukup diperlukan untuk menggerakkan semua roda. Pemrograman menggunakan bahasa C/C++ dan komunikasi Bluetooth berfungsi sesuai rencana. Media pembelajaran inovatif ini diharapkan dapat membantu siswa memahami dan mengoperasikan robot mobile 4WD dengan lebih efektif.

Kata kunci: robot mobile 4wd, sistem robotik, media pembelajaran inovatif

LATAR BELAKANG

Kemajuan teknologi yang pesat telah memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, termasuk dalam sektor industri robot. Robotika telah menjadi elemen kunci dalam industri ini, namun mobilitas robot sering kali menjadi kendala yang perlu diatasi. Kehadiran robot mobile menawarkan solusi untuk masalah ini. Agar sistem robotik dapat berfungsi dengan optimal, dibutuhkan pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip dasar robotika serta keterampilan dalam menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras yang terkait.

Pendidikan memiliki peran penting dalam mendukung pengembangan sumber daya manusia untuk kemajuan bangsa. Dalam Program Keahlian Teknik Elektronika, mata pelajaran Pengendali Sistem Robotik adalah salah satu yang memberikan wawasan tentang dasar-dasar teknik robotika. Namun, pembelajaran tentang sistem robotik seringkali menantang karena kompleksitas media pembelajaran yang diperlukan (Hanafi, 2012).

Untuk mengatasi tantangan ini, dibutuhkan media pembelajaran yang efektif dan inovatif guna membantu siswa memahami konsep dasar dan praktik pengendalian sistem robotik. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan media pembelajaran inovatif seperti video animasi dan simulasi komputer (Samad et al., 2019). Meski demikian, media pembelajaran tersebut memiliki kelemahan, seperti kurangnya interaksi yang mampu memotivasi siswa untuk berpartisipasi secara aktif.

Penelitian ini fokus pada penggunaan robot mobile 4WD sebagai alat bantu dalam pembelajaran sistem robotik. Robot mobile 4WD memiliki fleksibilitas gerak yang memungkinkan pergerakan tidak terbatas pada satu lokasi saja. Sistem penggerak empat roda pada robot ini memberikan kontrol yang lebih leluasa dan mudah dioperasikan oleh siswa. Pengendalian robot dilakukan melalui smartphone yang dilengkapi dengan sensor dan perangkat bawaan. Dalam penelitian ini, aplikasi smartphone Android dirancang menggunakan App Inventor untuk mempermudah siswa dalam mengoperasikan robot 4WD (Priyambudi et al., 2018).

Dalam pengembangan media pembelajaran inovatif ini, peneliti memanfaatkan App Inventor, sebuah aplikasi web sumber terbuka yang memungkinkan pengguna memprogram aplikasi perangkat lunak untuk sistem operasi Android. Aplikasi ini menggunakan antarmuka grafis, sehingga pengguna dapat dengan mudah menempatkan objek visual untuk membuat aplikasi yang dapat dijalankan pada perangkat Android (Top & Gökbulut, 2022). Modul bluetooth

HC-05 digunakan untuk menghubungkan aplikasi smartphone Android dengan robot mobile 4WD.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan media pembelajaran inovatif yang dapat membantu siswa memahami konsep dasar dan praktik pengendalian robot 4WD(ST, 2000). Diharapkan dengan adanya media pembelajaran ini, siswa dapat lebih mudah memahami konsep dan prinsip dasar sistem robotik serta mampu mengoperasikan robot 4WD dengan lebih efektif. Selain itu, penggunaan media pembelajaran inovatif ini juga diharapkan dapat meningkatkan minat dan motivasi siswa dalam mempelajari sistem robotik.

KAJIAN TEORITIS

Media Pembelajaran

Media pembelajaran adalah alat atau perantara yang digunakan oleh guru atau pengajar untuk menyampaikan informasi dan pembelajaran kepada peserta didik. Media pembelajaran dapat berupa benda nyata, gambar, audio, video, dan simulasi. Media pembelajaran yang efektif dapat membantu peserta didik memahami materi pembelajaran dengan lebih baik dan meningkatkan motivasi belajar(Kustandi & Darmawan, 2020).

App Inventor

App Inventor adalah platform pengembangan aplikasi Android berbasis blok yang dikembangkan oleh Google. App Inventor memungkinkan pengguna tanpa latar belakang pemrograman untuk membuat aplikasi Android dengan mudah. App Inventor menggunakan sistem blok visual yang dapat disusun dan dihubungkan untuk membuat berbagai fungsi aplikasi(Gaddis & Halsey, 2015; Matalata & Johar, 2018a).

Robot Mobile 4WD

Robot Mobile 4WD adalah robot yang dilengkapi dengan empat roda penggerak yang memungkinkannya bergerak di berbagai medan. Robot Mobile 4WD biasanya digunakan untuk penelitian, edukasi, dan hiburan. Robot Mobile 4WD dapat dikendalikan secara manual atau otomatis menggunakan mikrokontroler(Widiyanto & Nuryanto, 2016).

Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang populer digunakan untuk berbagai proyek elektronik, termasuk robotika. Arduino Uno mudah digunakan dan memiliki banyak

komunitas online yang dapat membantu pengguna dalam belajar dan menyelesaikan proyek. Arduino Uno dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman C++ dan Arduino IDE.

Modul Bluetooth HC-05

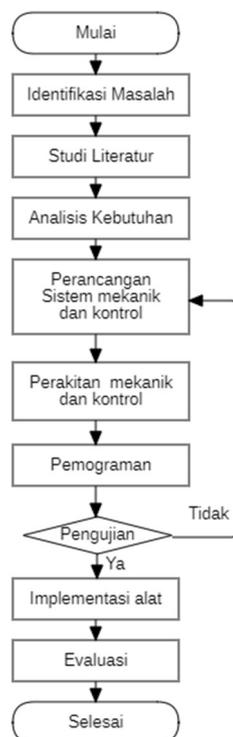
Modul Bluetooth HC-05 adalah modul komunikasi nirkabel yang dapat digunakan untuk menghubungkan dua perangkat elektronik secara Bluetooth. Modul Bluetooth HC-05 mudah digunakan dan memiliki jangkauan komunikasi hingga 10 meter. Modul Bluetooth HC-05 dapat digunakan untuk mengendalikan robot, mentransfer data, dan berbagai aplikasi lainnya (HC-05 Bluetooth Datasheet, 2021).

Smartphone

Smartphone adalah telepon seluler yang memiliki banyak fungsi dan kemampuan, seperti komputasi, internet, kamera, dan multimedia. Smartphone dapat digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk pembelajaran, komunikasi, hiburan, dan bisnis.

METODE PENELITIAN

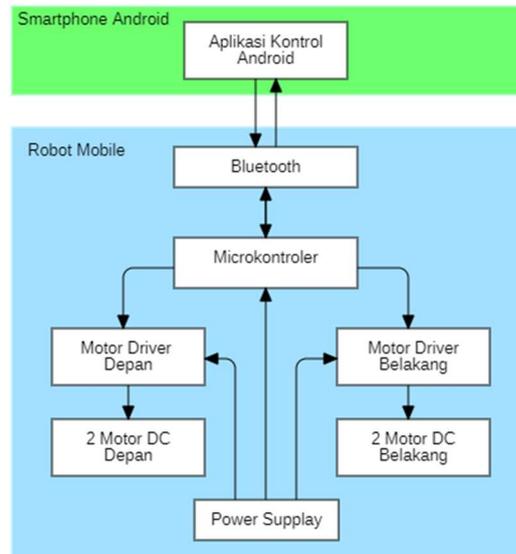
Dalam penelitian ini, proses terdiri dari beberapa tahapan, yakni analisis kebutuhan, desain media pembelajaran, pengembangan, implementasi, dan evaluasi, sebagaimana dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Gambaran Umum Sistem Robot Mobile

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memusatkan perhatian pada kemampuan pergerakan robot mobile yang dilengkapi dengan empat roda penggerak yang dapat diatur secara independen. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mendukung komunikasi antara perangkat smartphone dan mikrokontroler Arduino melalui koneksi Bluetooth, yang nantinya akan digunakan untuk mengendalikan perangkat mekanik motor pada robot. Rencana penghubungan antara perangkat Android dan robot mobile telah dirancang dalam suatu skema peralatan, sebagaimana yang diilustrasikan dalam Gambar 2.

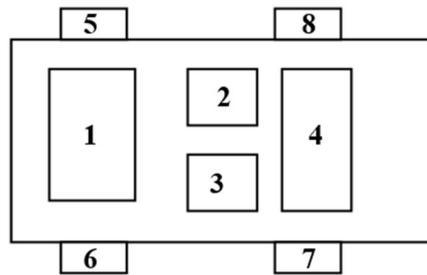


Gambar 2. Diagram Blok Koneksi antara Android dan robot mobile

Indikator performa robot mobile terletak pada kemampuan gerakannya, di mana desain robot yang digunakan terdiri dari empat roda yang ditenagai oleh motor DC. Motor DC beroperasi secara analog, sedangkan Arduino berfungsi dalam sistem digital. Oleh karena itu, digunakan perangkat elektronik tambahan yang dikenal sebagai driver motor DC untuk mengubah sinyal digital dari Arduino menjadi sinyal analog yang dapat mengontrol putaran motor DC. Dalam penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno dan driver motor yang dipilih adalah L298N yang menggerakkan empat motor DC dalam konfigurasi 4WD, dengan dua motor di bagian depan dan dua motor di bagian belakang. Beberapa peralatan yang diperlukan meliputi Arduino Uno, modul Bluetooth HC-05, driver motor L298N, motor DC dan roda, baterai 1500mAh 3,7V, smartphone Android, serta perangkat lunak Arduino IDE 16.9 dan App Inventor.

Komunikasi antara Android dan robot mobile dilakukan melalui koneksi Bluetooth. Pada tahap awal, dilakukan proses pairing antara Android dan Arduino pada robot mobile menggunakan password otentikasi untuk memastikan bahwa hanya smartphone tertentu yang dapat terhubung. Setelah proses pairing berhasil, Arduino siap menerima perintah dari Android melalui koneksi Bluetooth. Data yang diterima oleh Arduino kemudian diinterpretasikan untuk menggerakkan motor DC, sehingga robot mobile dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan Android. Proses pengendalian akan terganggu jika komunikasi dengan Android

terputus karena diputus atau karena berada di luar jangkauan. Tata letak robot mobile dengan empat roda penggerak dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Tata letak robot mobile

Keterangan :

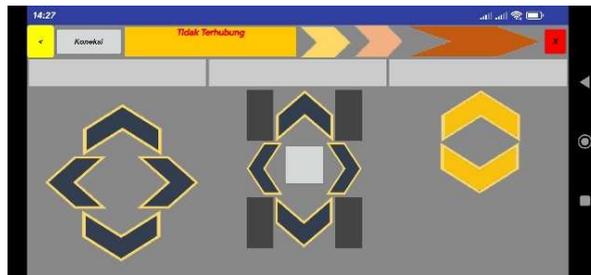
1. Arduino Uno
2. Motor Driver L298N Depan
3. Motor Driver L298N Belakang
4. Battre Lipo
5. Roda Belakang Kiri
6. Roda Belakang Belakang
7. Roda Depan Kanan
8. Roda Depan Kiri

Mengacu pada input dari pin digital Arduino, kondisi pin-pin digital digunakan sebagai pemicu untuk mengaktifkan motor DC(Matalata & Johar, 2018a). Driver motor L298N kiri mengatur roda depan, sementara driver motor L298N kanan mengatur roda belakang. Berikut ini adalah pengaturan gerakan dan kecepatan roda yang terjadi:

- a. Ketika dua pasang roda di sisi kiri dan kanan berputar searah jarum jam (putar kanan), robot mobil akan bergerak maju.
- b. Ketika dua pasang roda di sisi kiri dan kanan berputar berlawanan jarum jam (putar kiri), robot mobil akan bergerak mundur.
- c. Ketika satu pasang roda di sisi kiri berputar searah jarum jam (putar kanan) dan satu pasang roda di sisi kanan berputar berlawanan jarum jam (putar kiri), robot mobil akan berputar ke kanan (searah jarum jam).
- d. Ketika satu pasang roda di sisi kanan berputar searah jarum jam (putar kanan) dan satu pasang roda di sisi kiri berputar berlawanan jarum jam (putar kiri), robot mobil akan berputar ke kiri (berlawanan jarum jam).

B. Desain Aplikasi Android

Aplikasi pengendali robot dirancang menggunakan App Inventor yang dibuat secara online dalam bentuk puzzle programming. Rancangan aplikasi pengendali robot terdapat 1 layar kontrol Pada layar ini terdapat tombol untuk mengatur gerakan robot mobile. Gambar 4 menunjukkan antarmuka layar Kontrol dan blok logika



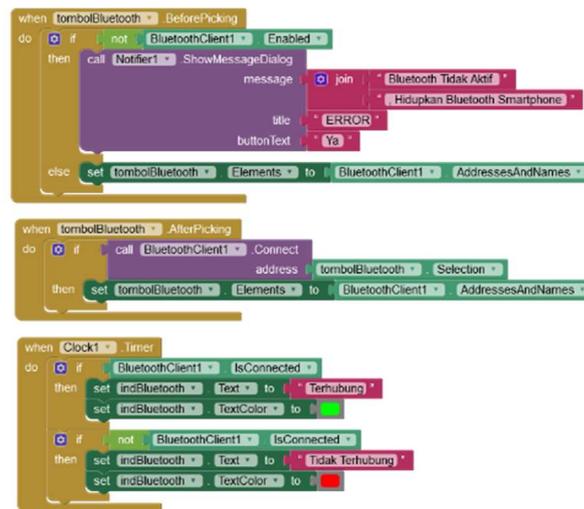
(a)



(b)

Gambar 4. (a)Antarmuka layar Kontrol dan (b)blok logika

Aplikasi ini berkomunikasi dengan robot menggunakan protokol bluetooth. Oleh karena itu, pengguna harus mengetahui alamat bluetooth perangkat dan status koneksi. Pada Gambar 5, terdapat blok-blok yang melakukan alur ini.

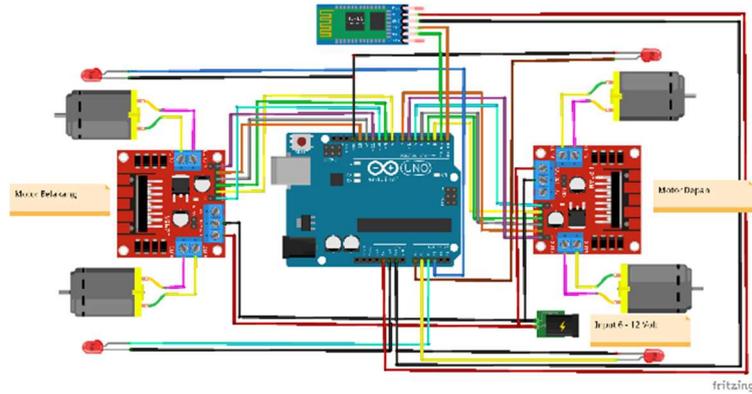


Gambar 5. Blok-blok koneksi bluetooth

HASIL DAN PEMBAHASAN

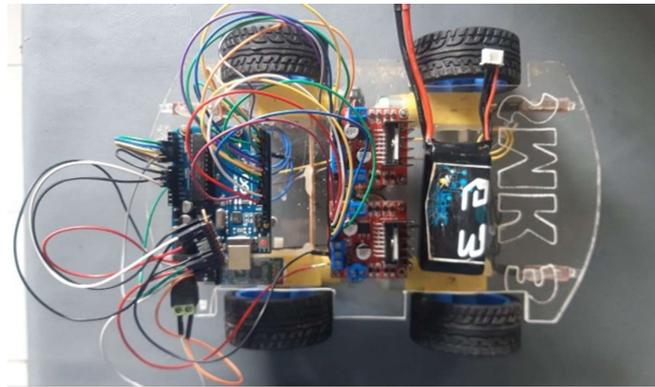
A. Implementasi Perakitan Alat Implementasi

Skema perakitan peralatan mengacu pada panduan Smartphone Controlled Arduino 4WD Robot Car yang digunakan untuk merakit robot mobil 4WD dengan penggerak 4 motor sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan peralatan yang ada (Andriy Baranov, 2017). Tujuannya adalah untuk memfasilitasi pengguna agar dapat memahami konsep dan prinsip dasar sistem robotik, dalam mengendalikan robot 4WD melalui kode perintah android. Setelah perintah dikirimkan dari perangkat android, Arduino Uno menerima perintah tersebut dan menggerakkan motor melalui 2 buah modul motor driver L298N yang terhubung dengan bluetooth HC-05. Modul motor driver L298N dihubungkan ke pin digital 2 sampai 13 untuk mengontrol gerakan motor. Sedangkan lampu led dihubungkan melalui pin analog A1 dan A2. Dengan sistem kerja ini, pengguna dapat mengendalikan gerakan robot mobil 4WD sesuai dengan perintah yang dikirimkan dari perangkat android dan direspon oleh komponen sistem yang telah dirakit. Skema perakitan komponen sistem robot mobile 4 WD dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema perakitan komponen sistem robot mobile 4 WD

Berdasarkan desain sistem perangkat keras, termasuk Arduino Uno Microcontroller, Motor Driver L298N, Module Bluetooth HC-05, dan satu set Chassis Robot Car 4WD, kami telah menyusunnya menjadi satu rangkaian yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber: Peneliti(2023)

Gambar 7. Implementasi perakitan komponen sistem robot mobile 4 WD

Setelah semua komponen terhubung menggunakan kabel, langkah berikutnya adalah melakukan pengaturan awal pin Arduino dengan modul, motor dan perangkat lainnya sesuai dengan ilustrasi pada gambar 7.

```
// Motor Depan
#define IN1_m1 2
#define IN2_m1 3
#define ENA_m1 5
#define ENB_m1 6
#define IN3_m1 4
#define IN4_m1 7
// Motor Belakang
#define IN1_m2 8
#define IN2_m2 9
#define ENA_m2 10
#define ENB_m2 11
```

Gambar 8. Pengaturan program pin Arduino

Sketch atau coding arduino untuk mengendalikan gerakan robot dibagi menjadi 4 fungsi void, yaitu maju, mundur, belok kanan, dan belok kiri. Fungsi-fungsi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

```
void Maju() {
  //Roda Depan
  digitalWrite(IN1_m1, HIGH);
  digitalWrite(IN2_m1, LOW);
  analogWrite(ENA_m1, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m1, HIGH);
  digitalWrite(IN4_m1, LOW);
  analogWrite(ENB_m1, kecepatan);
  //Roda Belakang
  digitalWrite(IN1_m2, LOW);
  digitalWrite(IN2_m2, HIGH);
  analogWrite(ENA_m2, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m2, LOW);
  digitalWrite(IN4_m2, HIGH);
  analogWrite(ENB_m2, kecepatan);
}
a

void Mundur() {
  //Roda Depan
  digitalWrite(IN1_m1, LOW);
  digitalWrite(IN2_m1, HIGH);
  analogWrite(ENA_m1, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m1, LOW);
  digitalWrite(IN4_m1, HIGH);
  analogWrite(ENB_m1, kecepatan);
  //Roda Belakang
  digitalWrite(IN1_m2, HIGH);
  digitalWrite(IN2_m2, LOW);
  analogWrite(ENA_m2, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m2, HIGH);
  digitalWrite(IN4_m2, LOW);
  analogWrite(ENB_m2, kecepatan);
  //led belakang menyala
  digitalWrite(led_BR, HIGH);
  digitalWrite(led_BL, HIGH);
}
b

void Bkanan() {
  //Roda Depan
  digitalWrite(IN1_m1, HIGH);
  digitalWrite(IN2_m1, LOW);
  analogWrite(ENA_m1, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m1, LOW);
  digitalWrite(IN4_m1, HIGH);
  analogWrite(ENB_m1, kecepatan);
  //Roda Belakang
  digitalWrite(IN1_m2, LOW);
  digitalWrite(IN2_m2, HIGH);
  analogWrite(ENA_m2, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m2, HIGH);
  digitalWrite(IN4_m2, LOW);
  analogWrite(ENB_m2, kecepatan);
}
c

void Bkiri() {
  //Roda Depan
  digitalWrite(IN1_m1, LOW);
  digitalWrite(IN2_m1, HIGH);
  analogWrite(ENA_m1, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m1, HIGH);
  digitalWrite(IN4_m1, LOW);
  analogWrite(ENB_m1, kecepatan);
  //Roda Belakang
  digitalWrite(IN1_m2, HIGH);
  digitalWrite(IN2_m2, LOW);
  analogWrite(ENA_m2, kecepatan);
  digitalWrite(IN3_m2, LOW);
  digitalWrite(IN4_m2, HIGH);
  analogWrite(ENB_m2, kecepatan);
}
d
```

Gambar 8. Fungsi (a) Maju, (b) Mundur, (c) Belok Kanan dan (d)Belok Kiri

Setiap fungsi yang disebutkan membutuhkan pengaturan kecepatan dan arah putaran motor. Arah putaran motor dapat diubah dengan memodifikasi aliran arus pada kabel positif (+) dan negatif (-) pada motor. Sebagai contoh, jika arus positif mengalir melalui kabel merah dan arus negatif mengalir melalui kabel hitam, motor akan berputar maju. Namun, jika arus pada kabel merah diubah menjadi negatif dan arus pada kabel hitam diubah menjadi positif, motor akan berputar mundur.

Pengendalian kecepatan mengacu pada perubahan kecepatan motor DC sebagai respons terhadap perubahan nilai tegangan. Kecepatan motor akan sebanding dengan tegangan yang diberikan, sehingga jika tegangan ditingkatkan, putaran motor DC juga akan meningkat. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor DC adalah melalui modulasi lebar pulsa (PWM). PWM merupakan teknik yang memanipulasi lebar pulsa pada sebuah sinyal. Sinyal PWM umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, tetapi lebar pulsa sinyal tersebut dapat bervariasi. Lebar pulsa PWM berkorelasi dengan amplitudo sinyal asli sebelum dimodulasi. Dalam hal ini, sinyal PWM memiliki frekuensi yang tetap namun duty cycle (rasio siklus aktif) berubah antara 0% hingga 100%. Duty cycle adalah persentase durasi sinyal aktif dalam satu periode sinyal. Ketika duty cycle bernilai 0% atau sinyal berada pada level rendah, tegangan yang dihasilkan adalah 0V. Sebaliknya, ketika duty cycle bernilai 100% atau sinyal berada pada level tinggi, tegangan yang dihasilkan adalah 5V. Arduino dapat menghasilkan sinyal PWM dengan resolusi 8 bit, yang berarti terdapat 256 variasi nilai yang dapat menggambarkan duty cycle mulai dari 0 hingga 100%(Matalata & Johar, 2018b).

Tabel 1. Linearitas Duty Cycle

Nilai Analog Arduino	Nilai Duty Cycle	Nilai Tegangan
0	0%	0 Volt
64	25%	1.25 Volt
172	50%	2.5 Volt
191	75%	3.7 Volt
255	100%	5 Volt

Pada penelitian ini, kecepatan motor dibagi menjadi 3 kategori, yaitu lambat dengan nilai analog 172, cepat dengan nilai analog 191, dan sangat cepat dengan nilai analog 255. Jika tidak ada perubahan pengaturan kecepatan pada aplikasi Android, maka dalam program Arduino, kecepatan motor secara default diatur pada nilai 64 untuk semua motor DC.

Gerakan robot mobile dikendalikan melalui kode-kode yang diterima dari aplikasi Android. Dalam fungsi tersebut, digunakan struktur pengontrol Switch-case untuk membandingkan suatu variabel dengan beberapa konstanta. Variabel yang dibandingkan merupakan parameter yang diterima dari aplikasi Android, sementara konstanta merupakan parameter yang telah ditentukan di Arduino. Perintah Switch akan membandingkan nilai

variabel "pin input" dengan beberapa konstanta atau dengan kata lain, membandingkan data masukan pada pin Arduino dengan beberapa konstanta. Setiap konstanta dimulai dengan kata kunci "case" dan diakhiri dengan "break". Jika nilai variabel sama dengan suatu konstanta, maka pernyataan yang terkait dengan blok case tersebut akan dieksekusi. Namun, jika nilai variabel tidak sama dengan konstanta mana pun, maka pernyataan pada blok "default" akan dieksekusi. Penggunaan blok "default" bersifat opsional, artinya dapat ada atau tidak. Gambar 6 menunjukkan parameter-parameter yang akan dibandingkan dengan data yang diterima dari aplikasi Android.

```

switch (perintah) {
    case 'F': Maju(); break;
    case 'B': Mundur(); break;
    case 'R': Bkanan(); break;
    case 'L': Bkiri(); break;
    case '1': kecepatan = 172; break;
    case '2': kecepatan = 191; break;
    case '3': kecepatan = 255; break;
    case 'A': ledDepan = true; break;
    case 'C': ledBelakang = true; break;
    default: Stop();
}
    
```

Gambar 9. Parameter struktur pengontrol Switch-case

Dalam rangka melakukan pengujian, kami melaksanakan pengujian kinerja perangkat dan melakukan analisis terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi apakah perangkat yang telah dirancang dapat beroperasi sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk membandingkan kesesuaian antara teori yang ada dengan hasil pengujian yang diperoleh.

Pengujian pertama dilakukan untuk menguji keberhasilan program Void yang telah dibuat, dengan mengamati respons gerakan robot seperti maju, mundur, belok kanan, dan belok kiri. Hasil pengujian ini memberikan informasi mengenai arah gerakan robot berdasarkan perintah yang diberikan.

Tabel 2. Pengujian fungsi Void dengan Output Driver Motor L298N

P	Driver Motor Depan				Driver Motor Belakang				Hasil				
	1	2	3	4	M1R	M2L	1	2		3	4	M3R	M4L
F	1	0	1	0	F	F	0	1	0	1	F	F	Maju
B	0	1	0	1	B	B	1	0	1	0	B	B	Mundur
R	1	0	0	1	F	B	0	1	1	0	B	F	Kanan
L	0	1	0	1	B	F	1	0	0	1	F	B	Kiri

Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh koneksi Bluetooth terhadap pergerakan dan kecepatan robot. Pengujian ini melibatkan pengujian koneksi Bluetooth dengan mengirimkan perintah yang relevan.

Tabel 3. Pengujian koneksi bluetooth

Jarak (Meter)	Status	Pairing Time(ms)	Gerak Robot
1~5	Terhubung	200~300	Bergerak
6~10	Terhubung	400~500	Bergerak
11>	Terputus	-	Stop

Pengujian selanjutnya dirancang untuk menentukan rentang tegangan yang dapat digunakan untuk menggerakkan sistem robot mobile 4WD. Pengujian ini menggunakan baterai Lipo dengan kapasitas 1500mAh dan tegangan yang bervariasi, yaitu 3.1V, 7.4V, dan 11.1V. Hasil pengujian ini memberikan informasi mengenai tegangan yang optimal untuk operasi sistem robot mobile.

Tabel 4. Pengujian tegangan pada sistem robot mobile 4 WD

Komponen	Batree		
	3.1V	7.4V	11.1V
Bluetooth	Tidak Bekerja	Bekerja	Bekerja
M1 L298	Dingin	Dingin	Panas
M1R	LOW	LOW	HIGHT
M2R	LOW	LOW	HIGHT
M2 L298	Dingin	Dingin	Panas
M1L	LOW	LOW	HIGHT
M2L	LOW	LOW	HIGHT
Hasil Robot	Tidak Bergerak	Tidak Bergerak	Berherak

Terakhir, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi fungsi tombol arah pada aplikasi smartphone yang digunakan sebagai pengendali robot mobile.

Tabel 5. Pengujian input layar sentuh smartphone dengan robot mobile 4 WD

No	Tombol Arah (Smartphone)	Input	Output Robot	Hasil Uji	Delay (detik)
1	Panah Atas	Klik	Maju	Berhasil	1
2	Panah Bawah	Klik	Mundur	Berhasil	1~3
3	Panah Kanan	Klik	Kanan	Berhasil	1~2
4	Panah Kiri	Klik	Kiri	Berhasil	1~2

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menciptakan prototipe model robot mobil 4WD yang dapat dikendalikan melalui smartphone Android. Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan inovatif pembelajaran jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi smartphone sebagai pengganti kendali robot. Tujuan dari pengembangan media pembelajaran ini adalah agar peserta didik dapat dengan mudah memahami konsep dan prinsip dasar sistem robotik, serta dapat mengoperasikan robot mobil 4WD secara efektif. Berdasarkan penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat diambil, yaitu:

1. Jarak antara perangkat Arduino dan smartphone Android tidak mempengaruhi pergerakan robot mobil, namun jika jaraknya melebihi 10 meter, proses komunikasi antara kedua perangkat dapat terganggu. Meskipun demikian, kecepatan pergerakan robot tetap konstan.
2. Arah pergerakan robot mobil dengan 4 roda penggerak dan 2 modul driver dapat dikendalikan dengan mengatur putaran roda sisi kanan dan sisi kiri.
3. Agar robot dapat bergerak dengan kecepatan yang konstan, diperlukan catu daya yang mencukupi untuk menggerakkan keempat roda mobil.
4. Pemrograman bahasa C/C++ sederhana dengan memanfaatkan komunikasi bluetooth dengan aplikasi berbasis android dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

Dengan demikian, penggunaan media pembelajaran inovatif ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik kepada peserta didik mengenai sistem robotik dan membantu mereka dalam mengoperasikan robot mobil 4WD secara efektif.

DAFTAR REFERENSI

- Andriy Baranov. (2017, May 28). *Smartphone Controlled Arduino 4WD Robot Car*. <https://www.hackster.io/>. <https://www.hackster.io/andriy-baranov/smartphone-controlled-arduino-4wd-robot-car-14d239>
- Gaddis, T., & Halsey, R. (2015). *Starting out with App Inventor for Android global edition*.
- Hanafi, I. (2012). *Pendidikan Teknik dan Vokasional (Menggali Pengalaman Sukses Institusi Bi-Nasional di Negeri Jiran, dari Konsep hingga Implementasi)*. Deepublish. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=8Hk6DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=permintaan+pendidikan&ots=S-pojJh2Kn&sig=BqCR2xJpgXZF1BO63qjZ7pURdF4>
- HC-05 Bluetooth Datasheet. (2021). Components101. <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>

- Kustandi, C., & Darmawan, D. (2020). *Pengembangan Media Pembelajaran: Konsep & Aplikasi Pengembangan Media Pembelajaran bagi Pendidik di Sekolah dan Masyarakat*. Kencana.
- Matalata, H., & Johar, L. W. (2018a). *ANALISA BUCK CONVERTER DAN BOOST CONVERTER PADA PERUBAHAN DUTY CYCLE PWM DENGAN MEMBANDINGKAN FREKUENSI PWM 1,7 Khz DAN 3,3 Khz*. *18*(1), 42–50.
- Matalata, H., & Johar, L. W. (2018b). *ANALISA BUCK CONVERTER DAN BOOST CONVERTER PADA PERUBAHAN DUTY CYCLE PWM DENGAN MEMBANDINGKAN FREKUENSI PWM 1,7 Khz DAN 3,3 Khz*. *18*(1), 42–50.
- Priyambudi, A., Firman, B., & Kristiyana, S. (2018). Kendali Kecepatan Motor Pada Robot Dengan Empat Roda Omni Menggunakan Metode Pid. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, *10*(2), 209–217.
- Samad, R., Syarif, S., Syam, R., -, A., Setiawan, A., & AlQadri, S. (2019). Robot Penggerak Dua Roda Sebagai Media Pembelajaran Robotik bagi Siswa SMA 05 Barru. *JURNAL TEPAT : Applied Technology Journal for Community Engagement and Services*, *2*(2), 120–128. https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v2i2.85
- ST. (2000). L298 Data Sheet. *Current*, *October*.
- Top, A., & Gökbulut, M. (2022). Android Application Design with MIT App Inventor for Bluetooth Based Mobile Robot Control. *Wireless Personal Communications*, *126*(2), 1403–1429. <https://doi.org/10.1007/s11277-022-09797-6>
- Widiyanto, A., & Nuryanto, N. (2016). Rancang Bangun Mobil Remote Control Android dengan Arduino. *Creative Information Technology Journal*, *3*(1), 50. <https://doi.org/10.24076/citec.2015v3i1.65>

