RANCANG BANGUN ROBOT MOBIL 4WD BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 MENGGUNAKAN KOMUNIKASI BLUETOOTH PADA SMARTPHONE ANDROID

Djoko Iman S.[1)] , Kasiyanto[2)*], R. H. Eka Anggara[3)], Ninar Rizki S.R.[4)], Badrus S.[5)]
Alamat: Jln. Raya Anggrek No.1, Ds. Pendem, Kec. Junrejo, Kota Batu
E – mail : djokoiman304@gmail.com[1)] , kasiyanto@poltekad.ac.id[2)*]
iyananggara512@gmail.com[3)], ramadhannizar210@gmail.com[4)],
badrus.2118@gmail.com[5)]

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A 4WD MOBILE ROBOT BASED ON ESP32 MICROCONTROLLER USING BLUETOOTH COMMUNICATION VIA ANDROID SMARTPHONE

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, Mikrokontroller.

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 catu 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, Mikrokontroller

PENDAHULUAN

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 (Putra et al., 2024). 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.

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 (Kustandi & Darmawan, 2020). 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 (Setiawibawa et al., 2023).

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.*

METODE PENELITIAN

A. Flowchart Sistem

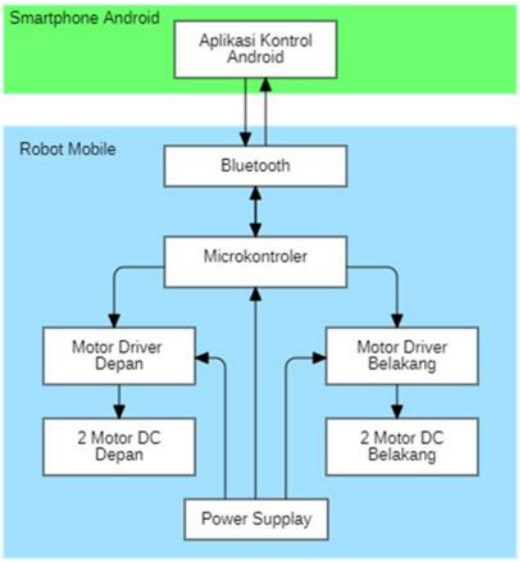
Dalam penelitian ini, alur system dijelaskan melalui diagram alur (Flowchart), sebagaimana dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Sistem

B. Diagram Blok

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.



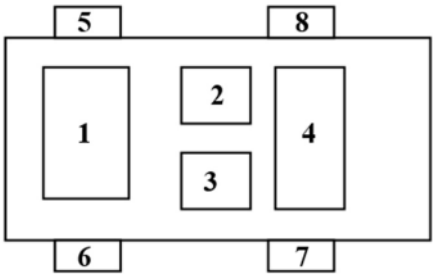
Gambar 2. Diagram Blok

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.

C. Tata Letak

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.



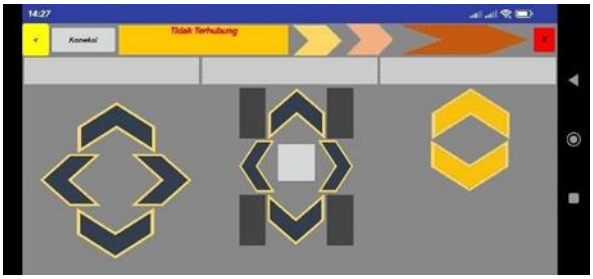
Gambar 3. Tata letak robot mobile

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

D. Desain Aplikasi

Aplikasi pengendali robot dirancang menggunakan App Inventor yang dibuat secara online dalam bentuk puzzle programing. 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.

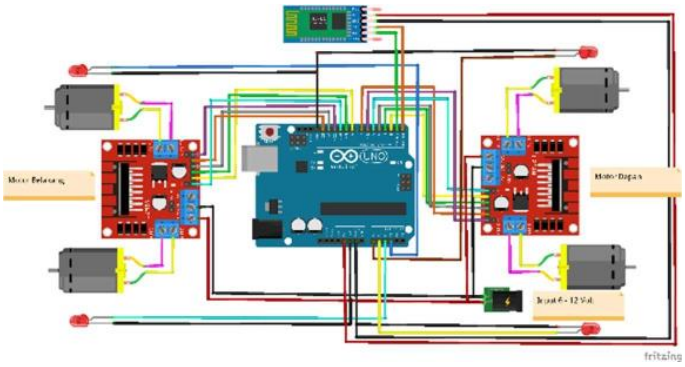


Gambar 4. Antarmuka layar Kontrol

Aplikasi ini berkomunikasi dengan robot menggunakan protokol bluetooth. Oleh karena itu, pengguna harus mengetahui alamat bluetooth perangkat dan status koneksi.

E. Skema Rangkaian

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. Skema perakitan komponen sistem robot mobile 4 WD dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema Rangkaian

F. *Sketch/Coding* Program

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 6.

```
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 6. Sketch/Coding sistem

HASIL PENELITIAN

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).

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.

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 bluethooth

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**

PEMBAHASAN

Pengujian linearitas duty cycle dilakukan untuk memastikan efektivitas sistem modulasi lebar pulsa (PWM) dalam mengendalikan kecepatan motor DC pada robot mobil 4WD. Data pada Tabel 1 menunjukkan adanya hubungan proporsional antara nilai input analog mikrokontroler dengan tegangan output yang dihasilkan, dimulai dari nilai analog 0 dengan luaran 0 Volt (0%) hingga mencapai nilai maksimal 255 dengan luaran 5 Volt (100%). Karakteristik linearitas ini terlihat melalui transisi nilai analog 64 yang menghasilkan 1,25 Volt (25%), nilai 172 untuk 2,5 Volt (50%), serta nilai 191 yang menghasilkan 3,7 Volt (75%), di mana setiap peningkatan nilai analog diikuti oleh kenaikan tegangan output secara bertahap. Konsistensi tren kenaikan tegangan terhadap persentase duty cycle ini membuktikan bahwa mekanisme pengiriman perintah melalui Bluetooth dapat diterjemahkan secara presisi oleh ESP32 menjadi variasi daya motor, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengatur percepatan robot secara dinamis dan stabil sesuai dengan input dari aplikasi Android.

Pengujian koneksi Bluetooth pada Tabel 3 menunjukkan bahwa efektivitas kendali nirkabel robot 4WD ini memiliki batasan jarak jangkau yang sangat dipengaruhi oleh kekuatan transmisi sinyal antara perangkat Android dan ESP32. Pada rentang jarak 1 hingga 5 meter, koneksi berada pada kondisi paling optimal dengan pairing time yang sangat responsif di kisaran 200–300 ms, yang kemudian mengalami peningkatan latensi menjadi 400–500 ms saat robot menjauh ke rentang 6 hingga 10 meter. Fenomena peningkatan waktu respon ini mengindikasikan mulai terjadinya pelemahan sinyal (signal attenuation) seiring bertambahnya jarak, meskipun sistem tetap mampu mempertahankan konektivitas dan menggerakkan robot secara stabil. Namun, ketika jarak melebihi 11 meter, koneksi Bluetooth terputus sepenuhnya yang menyebabkan robot berhenti beroperasi secara otomatis sebagai bentuk kegagalan sistem dalam menerima instruksi data. Dengan demikian, pengujian ini menyimpulkan bahwa jangkauan operasional efektif untuk pengendalian robot secara real-time berada pada radius maksimal 10 meter demi menjaga stabilitas kendali dan minimalisasi jeda waktu perintah.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa level tegangan input sangat menentukan fungsionalitas sistem kontrol dan mekanik robot 4WD ini, di mana pada tegangan 3.1V sistem gagal beroperasi secara keseluruhan karena berada di bawah ambang batas minimal operasional mikrokontroler dan modul Bluetooth. Saat tegangan dinaikkan menjadi 7.4V, sistem mulai menunjukkan aktivitas pada lapisan logika yang ditandai dengan aktifnya koneksi Bluetooth, namun robot tetap tidak mampu bergerak karena torsi yang dihasilkan motor DC tidak mencukupi akibat adanya voltage drop internal pada driver L298N yang menghambat penyaluran daya kinetik ke empat roda secara simultan. Keberhasilan pergerakan robot secara optimal baru tercapai pada tegangan 11.1V dengan status motor berada pada level tinggi (HIGH), yang membuktikan bahwa daya tersebut mampu mengatasi beban gesek statis robot meskipun berdampak pada peningkatan suhu (panas) pada komponen L298N sebagai konsekuensi dari disipasi energi yang besar selama proses penggerakan beban 4WD. Dengan demikian, penggunaan baterai dengan total tegangan 11.1V merupakan syarat mutlak untuk menjamin stabilitas komunikasi nirkabel sekaligus efisiensi gerak mekanis pada rancang bangun robot ini.

PENUTUP

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 penelitian ini adalah agar Mahasiswa dapat dengan mudah memahami konsep dan prinsip dasar sistem robotik, serta dapat mengoperasikan robot mobil 4WD secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

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.

Top, A., & Gökbulut, M. (202ss2). 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

Kustandi, C., & Darmawan, D. (2020). *Pengembangan Media Pembelajaran: Konsep & Aplikasi Pengembangan Media Pembelajaran bagi Pendidik di Sekolah dan Masyrakat*. Kencana.

Putra, S. P., Widiatmoko, D., Syafaat, M., & Maulana, R. (2024). *Design of the pistol P1 weapon storage system shelf using fingerprint electronic system in the TNI-AD units*. *11*(2), 238–244.

Setiawibawa, R., Dekki Widiatmoko, Mt., Kasiyanto, Mt., Heri Setiawan, M., & Aguk Sridaryono, Mt. (2023). *Elektronika Dasar Penerbit Cv.Eureka Media Aksara*.