



Rancang Bangun Robot 4WD Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Uno dan RF24L01+PA/LNA

Tessy Ocharina Br Pinem^{*}, Gogor Christmass Setyawan, Haeni Budiati

Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Informatika, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹*tessy@mail.ukrim.ac.id, ²masgogor@gmail.com, ³heni@ukrimuniversity.ac.id

Email Penulis Korespondensi: tessy@mail.ukrim.ac.id

Abstract—Remote-controlled robots often face challenges related to communication stability and limited signal range. This study aims to design and develop a 4WD (Four Wheel Drive) robot based on Arduino Uno using NRF24L01+PA/LNA wireless communication and to evaluate system performance in terms of control responsiveness and communication reliability. The research method includes system design, hardware and software implementation, and performance testing under various distance conditions. The evaluated parameters include response time, data transmission success rate, and maximum communication range. The results show that the system achieves a communication success rate of 100% at 1 meter, 99% at 10 meters, and 96% at 50 meters. At the maximum distance of 200 meters, the system maintains a success rate of 75%. The response time is relatively low, enabling real-time control performance. This study contributes to the evaluation of NRF24L01 wireless communication performance in a 4WD robot system for remote control applications.

Keywords: 4WD Robot; Arduino Uno; NRF24L01 + PA/LNA; Remote Control

1. PENDAHULUAN

Pengembangan robot kendali jarak jauh terus mengalami peningkatan, khususnya pada sistem *mobile robot* berbasis roda seperti *robot Four Wheel Drive* (4WD). Robot jenis ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti eksplorasi lingkungan berbahaya, pengawasan area, hingga pengiriman logistik pada lokasi yang sulit dijangkau manusia. Salah satu aspek penting dalam pengembangan robot kendali jarak jauh adalah sistem komunikasi nirkabel yang mampu memberikan respons cepat, stabil, dan memiliki jangkauan yang memadai.

Pada sistem robot kendali jarak jauh, permasalahan utama yang sering dihadapi adalah keterbatasan jangkauan komunikasi serta penurunan kualitas sinyal seiring bertambahnya jarak. Selain itu, interferensi pada frekuensi 2.4 GHz yang banyak digunakan oleh perangkat lain seperti *WiFi* dan *Bluetooth* juga dapat mempengaruhi kestabilan komunikasi. Oleh karena itu, diperlukan sistem komunikasi yang tidak hanya mampu menjangkau jarak yang lebih jauh, tetapi juga memiliki tingkat keandalan yang tinggi dalam mentransmisikan data secara *real-time*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan robot 4WD dengan berbagai metode komunikasi. Penelitian oleh (Purnahar & Arhami, 2019) mengembangkan robot berbasis Arduino Uno dengan komunikasi *Bluetooth* yang memiliki keunggulan pada kemudahan implementasi, namun memiliki keterbatasan pada jangkauan yang relatif pendek. Sementara itu, penelitian lain menggunakan modul RF konvensional seperti RF 433 MHz yang memiliki jangkauan lebih luas, namun memiliki keterbatasan pada kecepatan transmisi data dan kestabilan komunikasi (Bagenda et al., 2022). Selain itu, penelitian oleh (Jalil, 2020) mengembangkan robot kendali jarak jauh berbasis jaringan *WLAN*, yang memberikan fleksibilitas tinggi namun bergantung pada infrastruktur jaringan yang tersedia.

Modul NRF24L01 merupakan salah satu alternatif komunikasi nirkabel yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dan mendukung komunikasi dua arah dengan kecepatan data yang tinggi. Versi yang dilengkapi dengan *Power Amplifier* (PA) dan *Low Noise Amplifier* (LNA) mampu meningkatkan jangkauan komunikasi serta memperbaiki kualitas sinyal yang diterima. Dengan keunggulan tersebut, modul ini berpotensi digunakan sebagai solusi komunikasi pada robot kendali jarak jauh yang membutuhkan respons cepat dan jangkauan yang lebih luas (Prasetyo et al., 2018).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang menggunakan modul NRF24L01 masih berfokus pada tahap implementasi sistem tanpa melakukan evaluasi performa komunikasi secara mendalam. Penelitian sebelumnya umumnya hanya menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan, tanpa menyajikan data kuantitatif terkait hubungan antara jarak komunikasi dan tingkat keberhasilan pengiriman data (Pengaruh & Dan, 2024). Hal ini menyebabkan kurangnya referensi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan batas optimal penggunaan modul NRF24L01 dalam sistem robot kendali jarak jauh.

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang dapat diidentifikasi, yaitu kurangnya evaluasi mendalam terhadap kinerja komunikasi modul NRF24L01+PA/LNA pada sistem robot 4WD, khususnya dalam hal hubungan antara jarak komunikasi dan tingkat keberhasilan pengiriman data. Selain itu, sebagian penelitian sebelumnya belum mengukur parameter performa seperti persentase keberhasilan komunikasi dan respons sistem secara sistematis. Hal ini menyebabkan belum adanya acuan yang jelas mengenai batas optimal penggunaan modul NRF24L01 + PA/LNA dalam aplikasi robot kendali jarak jauh.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun robot 4WD berbasis Arduino Uno dengan sistem komunikasi nirkabel menggunakan modul NRF24L01+PA/LNA, serta melakukan evaluasi kinerja sistem berdasarkan parameter jarak komunikasi, tingkat keberhasilan pengiriman data, dan respons sistem. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan variasi jarak untuk mengetahui batas maksimum komunikasi serta penurunan performa yang terjadi.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah memberikan analisis kinerja komunikasi nirkabel pada robot 4WD berbasis NRF24L01+PA/LNA secara kuantitatif, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem robot

kendali jarak jauh yang lebih optimal. Selain itu, penelitian ini juga menyajikan hubungan antara jarak komunikasi dan tingkat keberhasilan sistem, yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan desain sistem komunikasi pada aplikasi robotik serupa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk merancang, membangun, serta menguji kinerja sistem robot 4WD kendali jarak jauh berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan modul komunikasi RF24L01+ PA/LNA. Kerangka dasar penelitian dimulai dari identifikasi kebutuhan sistem, dilanjutkan dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, serta tahap pengujian dan evaluasi kinerja robot. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat bekerja secara optimal sesuai dengan tujuan penelitian (Hakim, A. R., Nehru, & Fuady, 2021).

Jenis penelitian ini termasuk dalam penelitian rekayasa (*engineering research*) yang berfokus pada pengembangan prototipe sistem robotik. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel independen berupa penggunaan modul RF24L01+ PA/LNA sebagai media komunikasi nirkabel dan konfigurasi sistem robot 4WD, serta variabel dependen berupa kinerja sistem yang diukur berdasarkan kecepatan respons, kestabilan gerakan, dan jangkauan komunikasi. Pengujian dilakukan pada lingkungan terbuka dengan gangguan sinyal minimal untuk memperoleh hasil yang lebih akurat (Syafika et al., 2024).

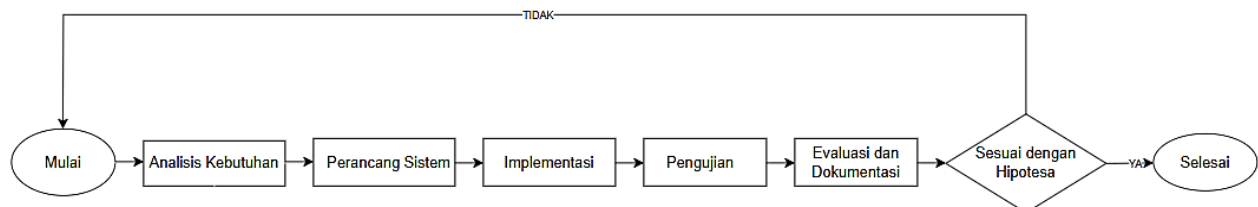
Kerangka pemikiran dalam penelitian ini didasarkan pada integrasi antara sistem kendali, komunikasi nirkabel, dan aktuator motor. Proses dimulai dari input berupa perintah yang dikirimkan oleh pengguna melalui perangkat pengendali. Perintah tersebut dikirim menggunakan modul RF24L01+ PA/LNA sebagai sinyal nirkabel menuju modul penerima yang terhubung dengan Arduino Uno. Selanjutnya, Arduino Uno memproses data yang diterima dan menerjemahkannya menjadi sinyal kontrol yang dikirim ke motor driver. Motor driver kemudian mengatur arah dan kecepatan putaran motor DC sehingga robot dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Alur ini berlangsung secara real-time sehingga memungkinkan sistem bekerja secara responsif.

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa penggunaan Arduino Uno yang dikombinasikan dengan modul RF24L01+ PA/LNA mampu menghasilkan sistem kendali robot jarak jauh yang stabil, responsif, dan memiliki jangkauan komunikasi yang luas. Selain itu, penggunaan sistem penggerak empat roda (4WD) diperkirakan mampu meningkatkan stabilitas dan kemampuan manuver robot pada berbagai kondisi medan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengujian langsung terhadap prototipe robot yang telah dirancang. Data yang dikumpulkan meliputi waktu respons robot terhadap perintah, kestabilan pergerakan, serta jarak maksimal komunikasi yang dapat dicapai oleh modul RF. Selanjutnya, teknik analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengujian terhadap parameter yang telah ditentukan. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem serta mengetahui tingkat keberhasilan dari perancangan robot kendali jarak jauh yang telah dikembangkan (Leksono et al., 2020).

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis yang bertujuan untuk menghasilkan prototipe robot 4WD kendali jarak jauh berbasis Arduino Uno dan modul komunikasi RF24L01+ PA/LNA. Tahapan penelitian dimulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi sistem, dengan pendekatan iteratif untuk memastikan hasil yang optimal sesuai dengan tujuan penelitian (Yusuf et al., 2024).



Gambar 1. Flowchart

Gambar 1 menunjukkan alur tahapan penelitian yang dimulai dari analisis kebutuhan untuk menentukan spesifikasi sistem. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem dan implementasi, kemudian dilakukan pengujian untuk memastikan kinerja sistem sesuai dengan yang diharapkan. Setelah itu, dilakukan evaluasi dan dokumentasi hasil pengujian. Jika hasil evaluasi belum sesuai dengan hipotesis, maka proses kembali ke tahap perancangan. Proses ini berlangsung secara iteratif hingga sistem mencapai hasil yang optimal dan penelitian dinyatakan selesai.

2.2.1 Tahap 1: Analisis Kebutuhan

Tahap ini bertujuan untuk menentukan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan. Komponen utama yang digunakan meliputi:

- Arduino Uno sebagai mikrokontroler
- Modul NRF24L01+PA/LNA sebagai komunikasi nirkabel
- Motor driver L9110S sebagai pengendali motor
- Motor DC sebagai aktuator
- Joystick sebagai input kendali

Selain itu, ditentukan kebutuhan fungsional seperti pergerakan maju, mundur, belok kiri, dan kanan, serta kebutuhan non-fungsional seperti kestabilan komunikasi dan respons sistem.

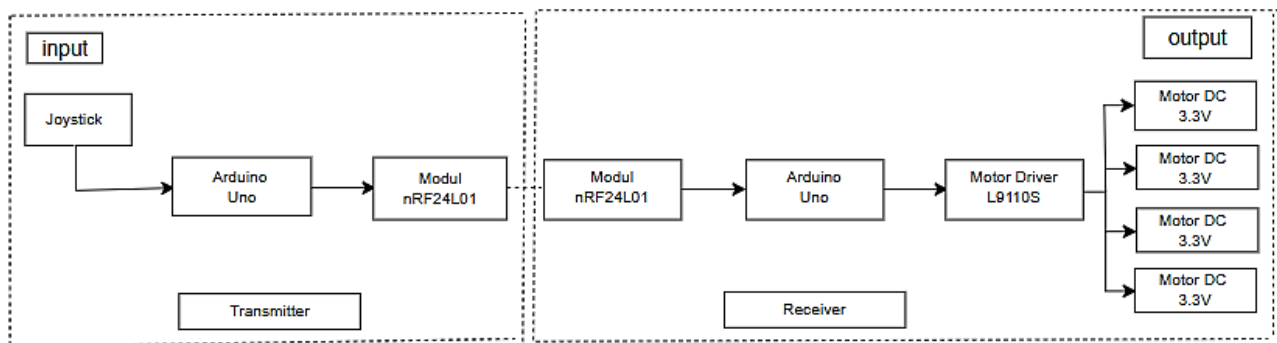
2.2.2 Tahap 2: Perancang Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan alur kerja sistem robot 4WD yang dikendalikan secara jarak jauh menggunakan komunikasi nirkabel. Sistem ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian pengirim (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*) yang saling terhubung melalui modul komunikasi NRF24L01.

Pada bagian pengirim, joystick digunakan sebagai perangkat input untuk memberikan perintah gerakan. Data input dari joystick akan dibaca oleh mikrokontroler Arduino Uno, kemudian diproses menjadi sinyal digital yang mewakili arah pergerakan robot seperti maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan. Selanjutnya, data tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui modul NRF24L01 + PA/LNA sebagai transmitter (Saptiadi et al., 2020).

Pada bagian penerima, modul NRF24L01 berfungsi menerima data yang dikirimkan dari transmitter. Data tersebut kemudian diteruskan ke mikrokontroler Arduino Uno untuk diproses lebih lanjut. Arduino Uno akan mengubah data yang diterima menjadi sinyal kontrol untuk mengendalikan motor melalui motor driver L9110S.

Motor driver L9110S berfungsi sebagai penguat arus dan pengatur arah putaran motor DC. Sinyal dari Arduino Uno akan mengatur logika *HIGH* dan *LOW* pada driver sehingga motor dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Sistem robot menggunakan konfigurasi empat roda (4WD), di mana dua motor digunakan untuk sisi kiri dan dua motor untuk sisi kanan yang dihubungkan secara paralel (Ariman, Fivit. M, 2020).

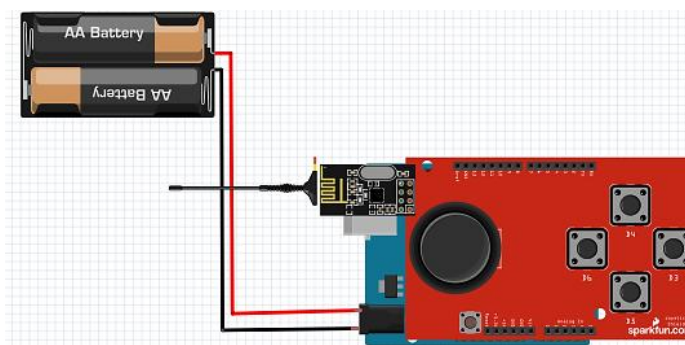


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Gambar 2 sistem dimulai dari input berupa joystick yang digunakan oleh pengguna untuk mengendalikan arah gerakan robot. Data dari joystick diproses oleh Arduino Uno dan dikirimkan melalui modul NRF24L01 + PA/LNA secara nirkabel ke bagian receiver. Selanjutnya, Arduino Uno menerima dan memproses data tersebut untuk mengendalikan motor melalui motor driver sehingga robot dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan.

2.2.3 Tahap 3: Perancangan Elektrik

Dalam penelitian ini, perancangan elektrik dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu bagian pengirim (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*). Perancangan ini bertujuan untuk memastikan setiap komponen dapat terhubung dengan baik sehingga sistem robot 4WD dapat bekerja secara optimal dalam menerima dan mengeksekusi perintah dari pengguna.



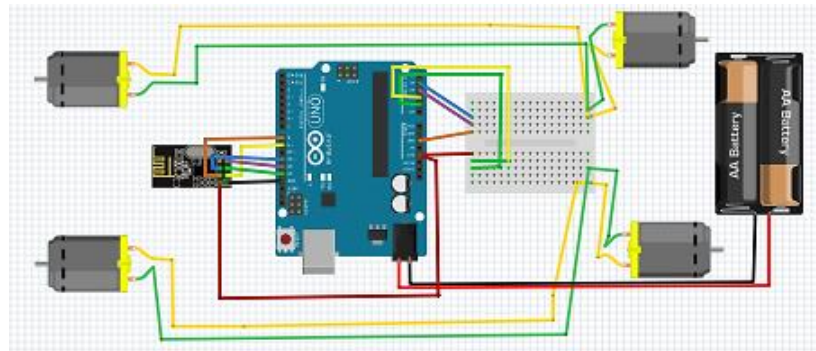
Gambar 3. Rangkaian Transmitter (Pengirim)

Gambar 3 menunjukkan rangkaian transmitter yang digunakan sebagai perangkat pengirim sinyal kendali pada robot 4WD. Sistem ini terdiri dari baterai sebagai sumber daya, Arduino Uno sebagai mikrokontroler, modul NRF24L01 + PA/LNA sebagai media komunikasi nirkabel, serta joystick sebagai input kendali. Joystick berfungsi untuk memberikan perintah arah gerakan seperti maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan. Sinyal dari joystick diproses oleh Arduino Uno dan kemudian dikirimkan melalui modul NRF24L01 + PA/LNA ke bagian receiver secara nirkabel. Dengan demikian, rangkaian transmitter ini berperan sebagai pengendali utama yang mengirimkan perintah ke sistem robot (Candra & Busran, 2025).

Tabel 1. Hubungan antara Arduino Uno dan modul nRF24L01 + PA/LNA

Arduino Uno	Modul NRF24L01 + PA/LNA
3.3V	VCC
GND	GND
Pin 9	CE
Pin 10	CSN (CS)
Pin 13	SCK
Pin 11	MOSI
Pin 12	MISO

Tabel 1 menunjukkan hubungan antara pin Arduino Uno dengan modul NRF24L01 + PA/LNA yang digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel. Pin 3.3V dan GND pada Arduino Uno dihubungkan ke VCC dan GND pada modul sebagai sumber daya. Sementara itu, pin digital 9 dan 10 digunakan sebagai pin kontrol, yaitu CE (*Chip Enable*) dan CSN (*Chip Select*). Pin 13, 11, dan 12 digunakan sebagai jalur komunikasi SPI, yaitu SCK (*Serial Clock*), MOSI (*Master Out Slave In*), dan MISO (*Master In Slave Out*). Konfigurasi ini memungkinkan pertukaran data antara Arduino Uno dan modul NRF24L01 secara stabil.



Gambar 4. Rangkaian Receiver (Penerima)

Gambar 4 menunjukkan rangkaian receiver yang berfungsi sebagai penerima sinyal kendali pada robot 4WD. Sistem ini terdiri dari Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, modul NRF24L01 sebagai penerima data nirkabel, motor driver L9110S sebagai pengendali motor, serta motor DC sebagai aktuator. Data yang dikirimkan dari transmitter diterima oleh modul NRF24L01, kemudian diproses oleh Arduino Uno menjadi sinyal kendali. Sinyal tersebut diteruskan ke motor driver L9110S untuk mengatur arah dan kecepatan putaran motor DC, sehingga robot dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Sumber daya sistem berasal dari baterai yang terhubung ke rangkaian untuk mendukung seluruh komponen.

Tabel 2. Hubungan antara Arduino Uno dan modul Wireless Nrf24L01

Arduino Uno	Modul Nrf24L01
3.3V	VCC
GND	GND
Pin 9	CE
Pin 10	CSN
Pin 13	SCK
Pin 11	MOSI
Pin 12	MISO

Tabel 2 menunjukkan hubungan antara pin Arduino Uno dengan modul Wireless NRF24L01 pada bagian receiver. Pin 3.3V dan GND pada Arduino Uno dihubungkan ke VCC dan GND pada modul sebagai sumber daya. Pin 9 dan pin 10 digunakan sebagai pin kontrol, yaitu CE (*Chip Enable*) dan CSN (*Chip Select*). Sementara itu, pin 13, 11, dan 12 digunakan sebagai jalur komunikasi SPI, yaitu SCK (*Serial Clock*), MOSI (*Master Out Slave In*), dan MISO (*Master In Slave Out*). Konfigurasi ini memungkinkan modul NRF24L01 menerima data dari transmitter secara stabil untuk diproses lebih lanjut oleh Arduino Uno.



Tabel 3. Hubungan antara Arduino Uno dan Motor Driver L9110S

Arduino Uno	Motor Driver L9110S
D5	A-1A
D6	A-1B
D9	B-1A
D10	B-1B
3.3V	VCC
GND	GND

Tabel 3 menunjukkan hubungan antara pin Arduino Uno dengan motor driver L9110S yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan motor DC pada robot 4WD. Pin D5 dan D6 digunakan untuk mengontrol motor sisi kiri melalui jalur A-1A dan A-1B, sedangkan pin D9 dan D10 digunakan untuk mengontrol motor sisi kanan melalui jalur B-1A dan B-1B. Selain itu, pin 3.3V dan GND pada Arduino Uno dihubungkan ke VCC dan GND pada motor driver sebagai sumber daya. Konfigurasi ini memungkinkan pengaturan arah putaran motor melalui logika sinyal yang dikirimkan dari Arduino Uno.

2.2.4 Tahap 4: Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan proses realisasi dari perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini seluruh komponen perangkat keras dirakit menjadi satu kesatuan sistem robot 4WD yang dapat dikendalikan secara jarak jauh menggunakan komunikasi nirkabel berbasis modul RF24L01+PA/LNA.

Implementasi perangkat keras meliputi pemasangan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama pada bagian penerima (receiver), motor driver L9110S sebagai pengendali motor DC, serta modul RF24L01 sebagai media komunikasi. Robot menggunakan empat motor DC yang terpasang pada masing-masing roda untuk menghasilkan sistem penggerak empat roda (4WD) yang stabil (Shobari et al., 2021).

Pada bagian pengirim (transmitter), digunakan Arduino Uno yang terhubung dengan modul RF24L01 + PA/LNA serta joystick sebagai input kendali. Data input dari joystick diproses menjadi sinyal digital yang merepresentasikan perintah gerakan robot, yaitu maju, mundur, belok kiri, belok kanan, dan berhenti. Selanjutnya, data tersebut dikirimkan secara nirkabel ke bagian receiver untuk diproses oleh Arduino Uno dan diteruskan ke motor driver.

Tahap implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat terintegrasi dengan baik sehingga robot dapat berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

2.2.5 Tahap 5: Pengujian dan Evaluasi Sistem

Tahap pengujian dan evaluasi dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem robot 4WD yang telah dibangun. Pengujian dilakukan secara langsung pada prototipe robot dengan mengukur beberapa parameter utama, yaitu waktu respons sistem, kesesuaian arah gerak, dan performa komunikasi nirkabel (Pratama et al., 2025).

a. Pengujian Respon Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan robot dalam merespons perintah dari pengguna. Waktu respons diukur sejak perintah diberikan melalui joystick hingga robot mulai bergerak.

b. Pengujian Arah Gerak Robot

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian antara perintah yang diberikan dengan arah gerak robot. Parameter ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem kendali bekerja dengan akurat.

c. Pengujian Komunikasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengiriman data antara transmitter dan receiver pada beberapa variasi jarak. Parameter yang diamati meliputi jumlah data yang berhasil dikirim dan tingkat keberhasilan komunikasi.

Hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui tingkat performa sistem. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian terhadap parameter yang telah ditentukan. Apabila sistem belum memenuhi kriteria yang diharapkan, maka dilakukan perbaikan pada tahap perancangan hingga diperoleh hasil yang optimal.

2.3 Pengukuran Kinerja dan Analisis Sistem

Evaluasi kinerja sistem dilakukan untuk mengukur tingkat efisiensi dan responsivitas robot 4WD dalam menerima serta mengeksekusi perintah kendali jarak jauh. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik sistem bekerja berdasarkan parameter yang telah ditentukan, seperti waktu respons, kestabilan gerakan, dan jangkauan komunikasi nirkabel. Pengukuran waktu respons dilakukan dengan menghitung selang waktu antara perintah yang diberikan melalui joystick hingga robot mulai bergerak. Nilai waktu respons diperoleh dari beberapa kali pengujian, kemudian dihitung nilai rata-ratanya untuk mengetahui performa sistem secara umum. Semakin kecil nilai waktu respons, maka sistem dianggap semakin baik dalam merespons perintah secara real-time. Pengujian jangkauan komunikasi dilakukan dengan mengukur kemampuan sistem dalam mengirimkan data pada berbagai variasi jarak. Pengujian dilakukan secara bertahap hingga sistem tidak lagi dapat menerima sinyal secara stabil. Selain itu, keberhasilan komunikasi diukur

berdasarkan jumlah perintah yang berhasil diterima dan dieksekusi oleh robot (Viona Veliza & Rangga Saputra, 2025). Persentase keberhasilan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$p = \frac{\text{Jumlah data berhasil}}{\text{Total data}} \times 100\% \quad (1)$$

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk melihat pola performa sistem pada berbagai kondisi jarak. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi apakah sistem telah memenuhi kriteria responsivitas dan kestabilan komunikasi yang diharapkan.

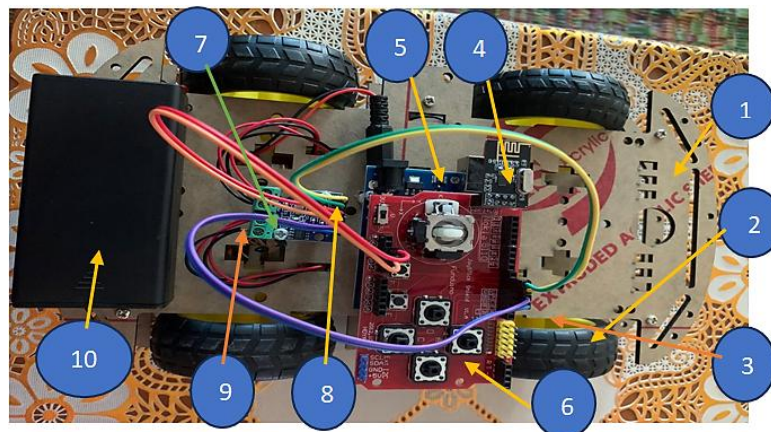
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian dan evaluasi kinerja sistem. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa robot 4WD yang dikembangkan mampu bekerja sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sistem kendali jarak jauh yang stabil, responsif, dan memiliki jangkauan komunikasi yang luas (Integrated & Environment, 2023).

Meskipun sistem yang dikembangkan berbasis komunikasi nirkabel sederhana, aspek keandalan dan responsivitas tetap menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Oleh karena itu, pengujian dilakukan untuk mengukur performa komunikasi, waktu respons sistem, serta kestabilan transmisi data antara transmitter dan receiver.

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Hasil implementasi sistem menunjukkan bahwa robot 4WD berhasil dirancang dan direalisasikan dalam bentuk prototipe yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem pengendali (*transmitter*) dan sistem robot (*receiver*). Kedua bagian ini terhubung melalui komunikasi nirkabel menggunakan modul NRF24L01+PA/LNA (Juni & Setiawan, 2024).

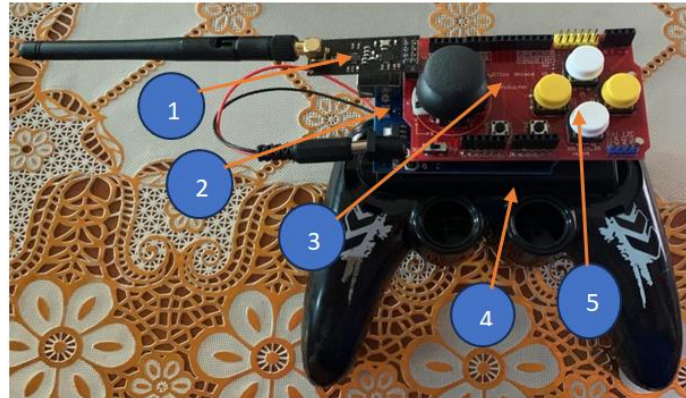


Gambar 5. Rangkaian Penggerak Robot 4WD

Gambar 5 menunjukkan rangkaian penggerak robot 4WD yang terdiri dari Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, modul NRF24L01 sebagai penerima data, motor driver L9110S sebagai pengendali motor DC, serta baterai sebagai sumber daya sistem. Arduino Uno berfungsi untuk memproses data yang diterima dari modul komunikasi dan mengubahnya menjadi sinyal kontrol untuk menggerakkan motor. Motor driver L9110S kemudian mengatur arah dan putaran motor DC sehingga robot dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan.

Berdasarkan implementasi yang dilakukan, sistem penggerak robot mampu bekerja dengan baik pada seluruh fungsi dasar, yaitu bergerak maju, mundur, belok kiri, belok kanan, dan berhenti. Integrasi antara Arduino Uno, modul komunikasi, dan motor driver menunjukkan bahwa sistem dapat merespons perintah secara *real-time* dengan delay yang relatif kecil pada jarak dekat (Nurraharjo et al., 2021). Keterangan Gambar 5 diatas:

1. Rangka/chassis.
2. Roda robot (wheel) yang terhubung dengan motor DC.
3. DC motor.
4. Modul komunikasi nRF24L01 yang terhubung ke Arduino Uno.
5. Arduino Uno.
6. Joystick shield hanya untuk pelindung arduino uno saja.
7. L9110S Motor Driver (pengendali motor DC).
8. Pin A-1A, A-1B, B-1A, B-1B, VCC, GND motor Driver ke Arduino Uno.
9. Kabel penghubung motor DC ke motor driver (Motor A dan Motor B).
10. Baterai 2000mAh sebagai sumber energi sistem.



Gambar 6. Sistem Pengendali

Selanjutnya, Gambar 6 menunjukkan sistem pengendali (*transmitter*) yang terdiri dari Arduino Uno, modul NRF24L01+PA/LNA, joystick, tombol kontrol, dan baterai. Joystick digunakan sebagai input utama untuk menentukan arah pergerakan robot, sedangkan tombol tambahan digunakan untuk memberikan perintah tertentu. Data input yang diterima oleh Arduino Uno kemudian diproses menjadi sinyal digital dan dikirimkan melalui modul NRF24L01+PA/LNA ke sistem robot. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem pengendali mampu mengirimkan perintah secara stabil pada jarak dekat hingga menengah. Respons sistem terhadap input joystick cukup cepat dan akurat, sehingga robot dapat mengikuti perintah pengguna dengan baik. Namun, pada jarak yang lebih jauh, mulai terlihat adanya keterlambatan respons yang disebabkan oleh penurunan kualitas sinyal komunikasi (Hidayat & Khattami, 2024). Keterangan Gambar 6 diatas:

1. Modul komunikasi nRF24L01 + PA/LNA.
2. Arduino Uno sebagai mikrokontroler pengolah input.
3. Joystick sebagai input utama kendali arah gerakan robot.
4. Baterai 2000mAh sebagai sumber energi sistem.
5. Tombol kontrol tambahan sebagai input perintah Maju, Kanan, Kiri, Mundur.

Secara keseluruhan, hasil implementasi sistem menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak telah terintegrasi dengan baik dan mampu bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Sistem yang dikembangkan berhasil memenuhi fungsi dasar sebagai robot kendali jarak jauh berbasis komunikasi nirkabel.

3.2 Hasil Pengujian Komunikasi

Pengujian komunikasi dilakukan untuk mengetahui performa sistem dalam mengirimkan data antara transmitter dan receiver pada berbagai variasi jarak. Pengujian dilakukan dengan total 200 percobaan pada setiap jarak untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Dapat dilihat pada Tabel 3 hasil pengujian jarak komunikasi (Purnamasari, 2026).

Tabel 3. Hasil Pengujian Komunikasi

No.	Jarak (M)	Jumlah Data	Data Berhasil	Data Gagal	Data Gagal	Keberhasilan
1	1	200	200	0	0	100%
2	10	200	198	2	2	99%
3	50	200	192	8	8	96%
4	100	200	185	15	15	92.5%
5	150	200	170	30	30	85%
6	200	200	150	50	50	75%

Berdasarkan Tabel 3, tingkat keberhasilan komunikasi menurun seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 1–50 meter, sistem masih menunjukkan performa yang sangat baik dengan tingkat keberhasilan di atas 95%. Namun, pada jarak di atas 100 meter, terjadi penurunan signifikan hingga 75% pada jarak 200 meter. Penurunan ini disebabkan oleh pelemahan sinyal (*path loss*) serta interferensi pada frekuensi 2.4 GHz dari perangkat lain seperti WiFi. Selain itu, keterbatasan daya pancar modul NRF24L01 juga mempengaruhi kestabilan komunikasi pada jarak jauh.

3.3 Hasil Pengujian Arah Gerak Robot

Pengujian arah gerak dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara perintah yang diberikan melalui kontroler dengan respon gerakan robot. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa perintah dasar seperti maju, mundur, belok kiri, belok kanan, dan berhenti.

Tabel 4. Hasil Pengujian Arah Gerak Robot

No.	Printah	Respon Robot	Kondisi
1	Maju	Robot maju	Sesuai



No.	Printah	Respon Robot	Kondisi
2	Mundur	Robot mundur	Sesuai
3	Belok kiri	Robot belok kiri	Sesuai
4	Belok kanan	Robot belok kanan	Sesuai
5	Berhenti	Robot berhenti	sesuai

Berdasarkan Tabel 4, seluruh perintah dasar seperti maju, mundur, belok kiri, belok kanan, dan berhenti dapat dijalankan dengan baik oleh robot. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam menerjemahkan perintah dari pengguna menjadi gerakan robot. Keberhasilan ini dipengaruhi oleh integrasi yang baik antara Arduino Uno, modul NRF24L01, dan motor driver L9110S, sehingga sistem mampu merespons perintah secara cepat dan tepat.

3.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem robot 4WD yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam aspek komunikasi, responsivitas, dan akurasi pergerakan. Modul RF24L01+PA/LNA mampu mentransmisikan data dengan tingkat keberhasilan yang tinggi pada jarak dekat hingga menengah. Pada jarak 1–50 meter, sistem menunjukkan performa yang sangat stabil dengan tingkat keberhasilan di atas 95%. Namun, seiring dengan bertambahnya jarak hingga 200 meter, terjadi penurunan kualitas komunikasi yang ditandai dengan meningkatnya jumlah data yang gagal diterima. Hal ini disebabkan oleh adanya interferensi sinyal dan keterbatasan daya transmisi modul RF.

Penurunan performa ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain interferensi sinyal pada frekuensi 2.4 GHz, hambatan lingkungan, serta keterbatasan daya transmisi modul nRF24L01. Meskipun demikian, sistem masih mampu mempertahankan komunikasi hingga jarak 200 meter dengan tingkat keberhasilan sebesar 75%, yang menunjukkan bahwa sistem masih dapat digunakan dalam kondisi tertentu meskipun tidak optimal.

Dari sisi perangkat keras, penggunaan motor driver L9110S terbukti mampu mengendalikan motor DC dengan baik pada berbagai kondisi pengujian. Namun, respons sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas sinyal yang diterima, sehingga pada jarak jauh terjadi sedikit keterlambatan dalam pergerakan robot.

Pengujian arah gerak robot menunjukkan bahwa seluruh perintah yang diberikan, seperti maju, mundur, belok kiri, belok kanan, dan berhenti, dapat dijalankan dengan baik oleh sistem. Hal ini membuktikan bahwa sistem kendali memiliki tingkat akurasi yang tinggi serta mampu mengontrol pergerakan robot secara stabil.

Secara keseluruhan, sistem robot 4WD yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sistem kendali jarak jauh yang responsif dan stabil. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada penurunan kualitas komunikasi pada jarak jauh serta belum adanya sistem navigasi otomatis. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan sensor seperti ultrasonic atau kamera untuk meningkatkan kemampuan robot dalam menghindari rintangan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan robot 4WD kendali jarak jauh berbasis Arduino Uno dengan komunikasi nirkabel menggunakan modul NRF24L01+PA/LNA, di mana sistem terdiri dari dua bagian utama yaitu transmitter dan receiver yang terintegrasi secara *real-time*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu berfungsi dengan baik pada seluruh perintah dasar seperti maju, mundur, belok kiri, belok kanan, dan berhenti dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dari sisi komunikasi, diperoleh bahwa performa sistem sangat dipengaruhi oleh jarak, di mana pada jarak dekat hingga menengah sistem menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi, namun mengalami penurunan pada jarak yang lebih jauh akibat pelemahan sinyal. Hasil ini menunjukkan bahwa modul NRF24L01+PA/LNA efektif digunakan untuk komunikasi jarak menengah pada sistem robot kendali. Selain itu, integrasi antara Arduino Uno, motor driver L9110S, dan modul komunikasi mampu menghasilkan respons sistem yang cukup cepat dan stabil dalam kondisi pengujian. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada aspek kestabilan komunikasi pada jarak jauh yang dipengaruhi oleh interferensi frekuensi 2.4 GHz dari perangkat lain seperti WiFi dan Bluetooth, serta keterbatasan daya pancar modul yang digunakan. Selain itu, pengujian masih dilakukan pada lingkungan terbuka dengan gangguan minimal, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi nyata pada lingkungan dengan tingkat interferensi tinggi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode peningkatan kualitas komunikasi, seperti optimasi daya transmisi, penggunaan antena yang lebih baik, atau penerapan teknik komunikasi yang lebih robust agar sistem dapat bekerja lebih stabil pada berbagai kondisi lingkungan.

REFERENCES

- Ariman, Fivit. M., M. febriansyah. (2020). Alat Ambulatory Blood Pressure Monitor dan Pengukur Suhu Via Aplikasi Android. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 30, 35–41. doi: 10.37277/stch.v30i2.794
- Bagenda, D. N., Sukmana, I. F., Hong, T. S., & Kunci, K. (2022). IoT Gateway RF433 dan IR Pada Home Automation. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar, 13*, 123–129. doi: 10.35313/irwns.v13i01.4325



- Candra, R., & Busran, B. (2025). Implementasi Jaringan Wsn Pada Sistem Deteksi Banjir Menggunakan Modul Nrf24L01 Pa + Na. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3S1), 390–397. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.7624>
- Hakim, A. R., Nehru, & Fuady, S. (2021). Rancang Bangun Pengendalian Robot Mobil dengan Wireless Joystick PS2 Menggunakan Modul nRF24L01 (pp. 72–79). <https://doi.org/10.22437/jurnalengineering.v3i2.15299>
- Hidayat, H., & Khattami, M. R. (2024). Perancangan dan Implementasi Sistem Pengendalian Navigasi Mobile Robot Memanfaatkan Sensor Akselerometer dan Sensor Ultrasonik. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 13(2), 223–231. <https://doi.org/10.34010/komputika.v13i2.13490>
- Integrated, A., & Environment, D. (2023). Rancang Bangun Robot Pemotong Rumput Nirkabel Berbasis Esp32-Cam Menggunakan. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 7(2), 127–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.46491/approach.v7i2.1823>
- Jalil, A. (2020). Sistem Kendali Perangkat Elektronik Jarak Jauh Berbasis Jaringan Nirkabel Menggunakan Secure Shell (SSH) dan robot Operating System (ROS). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(6), 1205–1212. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020722737>
- Juni, N., & Setiawan, D. (2024). Desain dan Implementasi Robot Mobile 4WD dan Aplikasi Smartphone Sebagai Media Pembelajaran Robotik. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 2(3), 56–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.124>
- Leksono, J. W., Samudra, A., Yannuansa, N., & Fauzi, A. (2020). Kendali Mobil Robot menggunakan Isyarat Tangan Berbasis Arduino. *Electro Luceat*, 6(2), 228–235. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v6i2.253>
- Nurraharjo, E., Budiarmo, Z., & Listiyono, H. (2021). Rekayasa Robot Mobil Dengan Empat Motor Penggerak Menggunakan Metode Pengacakan Delay Time Value Berbasis Arduino. *Jurnal Dinamika Informatika*, 13(1), 36–43. <https://doi.org/10.35315/informatika.v13i1.8438>
- Pengaruh, A., & Dan, J. (2024). Komunikasi Antar Kendaraan Berbasis Nrf24L01. *Jurnal SPEKTRUM*, 11(1), 197–203.
- Prasetyo, R. E., Akbar, S. R., & Maulana, R. (2018). Rancang Bangun Low Power Pada Wireless Sensor Node Berbasis NRF24L01+. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(10), 3843–3850.
- Pratama, B. A., Caniago, D. P., Masril, M. A., Hernando, L., & Jufri, M. (2025). Pengembangan Kontrol Robot Omnidirectional Menggunakan Sensor Gerakan Mpu 6050 Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Quancam*, 3(1), 38–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.62375/jqc.v3i1.395>
- Purnahar, F., & Arhami, M. (2019). Rancang Bangun Mobil Pengintai Berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(1), 1–6.
- Purnamasari, D. N. (2026). Evaluasi Latensi , Jangkauan , dan Redundansi Jalur Komunikasi Multihop Menggunakan Modul NRF24L01 Evaluation of Latency , Range , and Path Redundancy in Multihop Communication Using the NRF24L01 Module. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 8, 55–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.37905/jjee.v8i1.33470>
- Saptiadi, I., Minggu, D., & Darmawan, Y. (2020). Rancang Bangun Sistem Kendali pada Robot Tempur Menggunakan Joystick Berbasis Arduino The Design and Implementation Control Systems on Combat Robots Using Joysticks Based on Arduino. *Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, Dan Kontrol*, 6(1), 49–55.
- Shobari, I., Mp, I., Sulistyono, J. B., & Gunawan, U. S. (2021). Implementasi Mikrokontroler Berbasis Arduino Sebagai Kunci (Dongle) Aplikasi Perangkat Lunak. *Journal Article // Prima: Aplikasi Dan Rekayasa Dalam Bidang Iptek Nuklir*, 18, 29–38.
- Syafika, N., Huda, Y., Anwar, M., & Irfan, D. (2024). Rancang Bangun Sistem Kendali Robot Menggunakan Joystick NRF24L01 Berbasis Arduino. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 11(4), 493–500. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v11i4.125716>
- Viona Veliza, & Rangga Saputra. (2025). Analisa Sistem Operasi Real-Time pada Pengendalian Robot Industri: Evaluasi Performa dan Stabilitas. *Polygon : Jurnal Ilmu Komputer Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(6), 60–72. <https://doi.org/10.62383/polygon.v3i6.818>
- Yusuf, I., Maulita, Y., & Saragih, R. (2024). Design of an Automatic Trash Can Wheel Robot with Bluetooth Navigation Control Through Smartphone Application. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications Website*., 4(1), 323–331. <https://doi.org/https://doi.org/10.59934/jaiea.v4i1.631>