

Analisis Kinerja Komunikasi Wireless NRF24L01 pada Sistem Wireless Calling Berbasis Arduino Melalui Uji Tekan Berulang.

Raffelo Sapatria¹, Muhammad Gald Teary²

*Program Studi Sistem Komputer Universitas Indo Global Mandiri
Jl. Jend Sudirman No. 629, Palembang 30129, Sumatera Selatan
2024310053@student.uigm.ac.id m.gald@uigm.ac.id*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana komunikasi nirkabel berjalan menggunakan modul NRF24L01 pada sistem panggilan nirkabel yang menggunakan Arduino. Masalah utama yang sering terjadi dalam komunikasi radio adalah kesalahan dalam pengiriman data ketika terdapat input yang cepat dan berulang. Uji coba dilakukan dengan menekan tombol berulang di unit pengirim untuk mengukur konsistensi respons pada buzzer di unit penerima. Alat yang digunakan terdiri dari dua buah Arduino, modul NRF24L01, buzzer 5 volt, dan diberi catu daya adaptor agar tegangan tetap stabil. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data serta dampak dari jarak antar penekanan tombol terhadap keterlambatan sistem. Penelitian ini juga memberikan saran mengenai efektivitas modul NRF24L01 dalam aplikasi seperti sistem antrian atau pelayan restoran yang membutuhkan keandalan tinggi. Penggunaan komponen pendukung seperti kabel jumper berkualitas dan konsistensi daya menjadi faktor penting dalam mengurangi kehilangan data selama proses komunikasi nirkabel berlangsung.

Kata kunci: NRF24L01, Arduino, Wireless Calling, Uji Tekan, Transmisi Data.

Abstract

This research looks at how well the NRF24L01 module works for wireless communication in a system that uses Arduino for making calls. A common problem in radio frequency communication is that data can fail to send when there are quick or repeated signals. To test this, the system was subjected to a test where the transmitter button was pressed repeatedly to check how stable the buzzer response was on the receiver. The setup included two Arduino boards, two NRF24L01 modules, a 5V buzzer, and a power adapter was used to keep the voltage steady during testing. The results showed how successful data transfer was and how the time between button presses affected the delay in the system. This study suggests that the NRF24L01 module is effective for use in systems like call systems in a queue or restaurant where reliability is important. Using good quality jumper wires and keeping power stable are important for reducing data loss during wireless communication.

Keywords: NRF24L01, Arduino, Wireless Calling, Stress Testing, Data Transmission.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada masa transformasi digital saat ini, efisiensi dalam proses pelayanan di bidang publik atau komersial seperti restoran dan pusat logistik sangat bergantung pada kecepatan dalam berkomunikasi. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mendorong otomatisasi layanan adalah sistem panggil nirkabel atau wireless calling system. Sistem ini berfungsi sebagai alat pengambilan pesanan yang menghubungkan pelanggan dengan petugas secara langsung. Penggunaan kabel konvensional mulai

ditinggalkan karena instalasinya rumit, biaya perawatan yang mahal, serta keterbatasan fleksibilitas dalam penggunaan ruangan. Sebagai solusi alternatif, teknologi frekuensi radio (RF) memberikan pilihan yang lebih dinamis dan murah [1].

Modul nirkabel NRF24L01 yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz ISM menjadi pilihan favorit para pengembang sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino.

Keunggulan utama modul ini adalah penggunaan energi yang irit, ukuran kecil, serta kemampuan menerima dan mengirim data dengan kecepatan

hingga 2 Mbps. Meski demikian, modul NRF24L01 tergolong sensitif terhadap gangguan gelombang elektromagnetik dan fluktuasi kualitas listrik. Dalam praktiknya, sistem ini sering menghadapi situasi di mana pengguna memberikan input secara berulang dan cepat, seperti menekan tombol panggil berkali-kali dalam waktu singkat. Situasi seperti itu sering menyebabkan sistem gagal dalam mengirim atau menerima data, sehingga instruksi penting bisa hilang.

Pengujian terhadap kegagalan transmisi yang terjadi saat penggunaan sekaligus intensif menjadi isu penting yang perlu diperbaiki.

Masalah ini terjadi karena kapasitas buffer atau penyimpanan sementara di modul RF terbatas, serta mekanisme otomatis konfirmasi (auto-acknowledgment) yang membutuhkan jeda waktu untuk proses sinkronisasi. Tanpa memahami batas optimal waktu penekanan tombol dan kestabilan pasokan listrik secara menyeluruh, sistem panggil nirkabel yang dibuat tidak akan mampu menjamin kinerja yang handal untuk penggunaan profesional. Oleh karena itu, penelitian ini fokus pada pengujian performa komunikasi modul NRF24L01 melalui metode uji stres, untuk mengamankan keutuhan data meskipun dalam kondisi penggunaan yang ekstrem [2].

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh frekuensi penekanan tombol yang sangat cepat terhadap tingkat keberhasilan pengiriman data pada modul NRF24L01?
2. Seberapa efektif power adaptor dalam menjaga stabilitas operasional buzzer 5 volt pada receiver saat menerima data secara terus-menerus?
3. Apa saja hambatan teknis yang muncul pada komunikasi melalui jalur SPI antara Arduino dan modul tanpa kabel selama pengujian berulang dalam waktu yang lama?

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dibuat agar dapat memberikan manfaat baik secara teori maupun praktis, antara lain:

1. Kontribusi Teknis:

Memberikan informasi nyata mengenai batas waktu penekanan tombol yang aman agar sistem panggilan nirkabel tidak mengalami buffer overflow.

2. Optimasi Sistem:

Menjadi panduan bagi peneliti dan praktisi dalam menentukan konfigurasi perangkat keras yang tepat, khususnya dalam penggunaan kapasitor penjernih dan pilihan sumber daya untuk modul RF.

3. Pengembangan Literatur:

Menambah referensi ilmiah di jurnal JINIG mengenai analisis kinerja jaringan sensor nirkabel berbiaya rendah yang diterapkan pada alat deteksi pesanan berbasis Arduino [3].

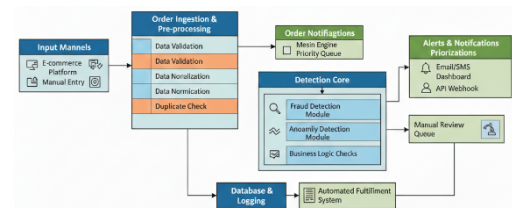
II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dibuat untuk menguji seberapa baik komunikasi nirkabel pada modul NRF24L01 bekerja melalui eksperimen. Metode ini fokus pada kemampuan modul dalam mengirimkan data secara stabil meskipun ada beban input yang besar, yang diuji dengan cara mengirimkan sinyal secara berulang. Langkah-langkah dalam penelitian ini mencakup merancang sistem, memilih komponen fisik, dan melakukan uji coba untuk mengukur performa [4].

2.1. Rancangan dan Struktur Sistem Sistem detektor

pesan ini dirancang dengan struktur titik ke titik, yang membagi perangkat menjadi dua bagian utama: bagian pengirim (Transmitter) dan bagian penerima (Receiver).

Bagian pengirim berfungsi sebagai titik masuk, menangkap sinyal fisik dari tombol tekan. Mikrokontroler Arduino Uno di bagian pengirim mengubah sinyal dari tombol menjadi paket data digital yang kemudian dikirimkan melalui modul NRF24L01.



Gambar 1. Diagram Blok Alur Kerja Sistem Order Detector.

Di bagian penerima, mikrokontroler Arduino Uno selalu dalam mode mendengarkan untuk menerima data yang memiliki alamat sesuai.

Setelah data diterima dan diperiksa, mikrokontroler menghasilkan sinyal listrik untuk mengaktifkan buzzer 5 volt sebagai tanda suara. Pembagian fungsi ini bertujuan untuk mengurangi keterlambatan dan memastikan setiap proses bisa dilakukan secara terpisah antara pengirim dan penerima [5].

2.2. Spesifikasi Komponen Fisik dan Perangkat Keras

Kinerja sistem sangat bergantung pada spesifikasi teknis komponen yang digunakan. Komponen dipilih berdasarkan kemampuan dan kesesuaian dengan protokol komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface). Berikut adalah daftar komponen fisik yang digunakan:

- 1 Arduino Uno (2 Unit): Mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P ini menjadi bagian utama dalam sistem. Fungsi utamanya adalah mengatur logika program, mengatur waktu, serta mengelola daya komponen yang berkomunikasi secara nirkabel.
- 2 Modul NRF24L01: Modul ini berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal nirkabel yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Modul ini dipilih karena memiliki fitur Auto-Acknowledge (AA) yang penting agar data bisa sampai dengan baik saat melakukan pengujian tekan berulang.
- 3 Tombol Tekan: Sebagai komponen input yang menyebabkan pengiriman sinyal, tombol ini dirancang dengan baik agar tidak menyebabkan gangguan pada data. Penekanan yang tidak terkontrol bisa membuat hasil pengujian tidak akurat.
- 4 Buzzer 5 Volt: Komponen ini berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi bunyi, sebagai tanda bahwa data berhasil dikirim ke pihak penerima.
- 5 Adaptor Daya: Untuk menghindari masalah pada tegangan, kami menggunakan adaptor daya eksternal.
- 6 Modul NRF24L01 sangat peka terhadap perubahan arus, sehingga adaptor memberikan energi yang lebih konsisten dibandingkan dengan koneksi USB. Dengan begitu, ketika buzzer dan

komunikasi RF bekerja bersamaan, tegangan tidak akan turun secara tiba-tiba.

- 7 Kabel Jumper: Jenis kabel male-female dipakai untuk menghubungkan pin SPI dan pin daya. Kabel harus tetap terhubung dengan baik untuk mengurangi gangguan elektromagnetik pada jalur sinyal [6].

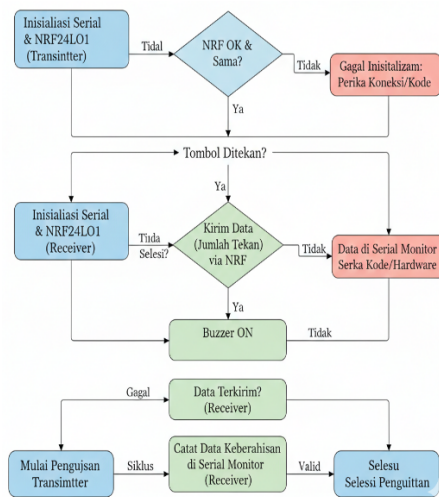
2.3. Prosedur dan Langkah Pengujian Uji Tekan Berulang

Tahap pengujian merupakan bagian penting dalam penelitian ini untuk mengetahui batas kemampuan komunikasi nirkabel.

Pengujian dilakukan dengan metode stres testing dengan menekan tombol secara terus-menerus. Parameter yang diukur mencakup:

- 1 Analisis Kemampuan Transmisi: Uji coba dilakukan dengan menekan tombol sebanyak 100 kali beruntut dalam beberapa sesi. Tujuannya adalah menghitung tingkat keberhasilan pengiriman paket data, yaitu persentase data yang sampai ke unit penerima tanpa ada kehilangan data atau instruksi.
- 2 Variasi Waktu Antar Pencetakan (Latensi): Untuk menguji kecepatan respons serta kemampuan buffer modul NRF24L01, tekanan tombol dilakukan dengan dua interval waktu berbeda yaitu 0,5 detik (500 ms) dan 1 detik (1000 ms). Perbedaan interval tersebut digunakan untuk menilai seberapa baik sistem mampu mengatasi lalu lintas data yang padat tanpa mengalami kegagalan dalam proses handshaking.
- 3 Pemeriksaan Stabilitas Respons Sistem: Tahap terakhir adalah mencatat konsistensi suara yang dikeluarkan buzzer.

Penelitian memantau apakah suara yang dihasilkan tetap stabil dan selaras dengan setiap pencetakan tombol, atau ada penundaan (delay) yang terus bertambah seiring dengan meningkatnya frekuensi pencetakan [7].



Gambar 2. Flowchart Skenario Pengujian Tekan Berulang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Keandalan Transmisi Data

Pengujian performa dilakukan untuk menilai seberapa efektif dan stabil sistem dalam mengirim data nirkabel menggunakan modul transceiver NRF24L01 yang dikendalikan oleh dua unit mikrokontroler Arduino Uno.

Fokus utama dalam pengujian ini adalah mengukur sejauh mana sistem mampu menjaga integritas data dalam kondisi beban kerja yang berat melalui skenario tekan tombol berulang (stress testing). Metode pengujian ini sangat penting karena kondisi nyata di lapangan, di mana perangkat bisa menerima input yang cepat dan terus-menerus dari pengguna.

Hasil pengujian diperoleh dengan mengulangi penekanan tombol sebanyak 100 kali per sesi, dengan variasi jarak waktu atau interval antar penekanan.

Parameter keberhasilan ditentukan secara kualitatif dan kuantitatif melalui aktifnya komponen buzzer 5 volt pada unit penerima, yang memberikan suara saat paket data berhasil didekode. Dari pengamatan selama eksperimen, ditemukan bahwa konsistensi sinyal dan keberhasilan transmisi tergantung pada kualitas dan stabilitas catu daya adaptor. Penggunaan adaptor yang stabil mampu mengurangi risiko penurunan tegangan, yang sering menyebabkan kegagalan inisialisasi modul nirkabel saat menangani beban data berat [8].

3.2. Data Hasil Pengujian dan Perhitungan Akurasi

Untuk menyampaikan hasil penelitian secara jujur dan terukur, semua data yang didapat selama proses percobaan transmisi nirkabel dicatat secara rapi dan objektif. Langkah ini sangat penting dalam sebuah penelitian ilmiah karena menjadi dasar bukti empiris untuk mengecek kemampuan modul NRF24L01 dalam menghadapi beban kerja tinggi yang diuji melalui skenario pengujian tekanan. Setiap sesi uji dilakukan dengan mengatur jumlah tekan tombol sebanyak 100 kali, kemudian dianalisis hubungannya

dengan perubahan jarak waktu antar tekan untuk mengetahui batas ketahanan sistem.

Data disajikan dalam bentuk tabel yang terstruktur dan mencakup parameter-parameter penting seperti jumlah tekanan (n), jumlah transmisi yang berhasil diterima (S), jumlah kegagalan sinyal (F), serta perhitungan persentase keberhasilan (success rate). Berikut adalah hasil pengujian yang lengkap dan disajikan dalam bentuk tabel.

Sesi	Jumlah Tekanan	Interval (ms)	Berhasil	Gagal	Success Rate (%)
1	100	1000	100	0	100%
2	100	500	97	3	97%
3	100	250	88	12	88%
Total	300	-	285	15	95%

3.3. Perhitungan Persentase Keberhasilan

Untuk mengetahui nilai akurasi pada tabel di atas, digunakan perhitungan matematis yang sederhana berdasarkan rasio jumlah transmisi yang berhasil terhadap total jumlah penekanan tombol.

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = \left(\frac{S}{n} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase keberhasilan (Success Rate)

S : Jumlah sinyal yang berhasil diterima (Success)

n : Total jumlah penekanan tombol (Total Press)

3.4. Pembahasan Analisis Data

Berdasarkan data yang tertera di Tabel 2, kita bisa melakukan analisis lebih lanjut mengenai karakteristik komunikasi nirkabel menggunakan modul NRF24L01 dalam berbagai kondisi beban kerja. Ditemukan fenomena teknis penting yaitu, ketika interval penekanan tombol adalah 1000 ms, sistem mampu beroperasi dengan tingkat keberhasilan 100%. Performa terbaik ini menunjukkan kondisi ideal di mana modul NRF24L01 memiliki waktu yang cukup untuk menyelesaikan seluruh siklus handshaking dan mekanisme auto-acknowledgment (AA) sebelum data berikutnya dikirimkan oleh unit pengirim. Keberhasilan transmisi pada tahap ini menunjukkan bahwa dalam penggunaan normal, sistem panggil nirkabel berbasis Arduino memiliki integritas data yang sangat baik [9].

Namun, performa perlu diwaspadai ketika interval penekanan tombol dipercepat menjadi 250 ms. Pada skenario pengujian beban tinggi, terjadi penurunan kinerja yang cukup signifikan dengan tingkat keberhasilan turun menjadi 88%.

Secara teknis, kegagalan transmisi ini disebabkan oleh keterbatasan memori buffer internal modul NRF24L01 ketika dipaksa memproses aliran data dengan kecepatan tinggi. Hal ini menyebabkan data yang masuk tumpang

tindih dan menimpa data lama yang belum sempurna diproses oleh mikrokontroler.

Selain masalah pada manajemen data di sisi perangkat lunak, faktor fisik eksternal juga memengaruhi kegagalan ini.

Kualitas kabel jumper yang menghubungkan pin SPI antara Arduino dan modul nirkabel berpengaruh terhadap kestabilan sinyal. Selain itu, fluktuasi arus pada adaptor saat beban tinggi bisa menciptakan noise elektromagnetik yang mengganggu frekuensi 2.4 GHz. Fenomena ini membuktikan bahwa stabilitas daya dan kualitas koneksi fisik sangat penting dalam merancang sistem komunikasi nirkabel yang handal untuk penggunaan profesional.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian penelitian, perancangan, sampai proses pengujian yang intensif yang telah dilakukan pada sistem order detector atau sistem panggilan nirkabel yang menggunakan Arduino Uno dan modul NRF24L01, beberapa kesimpulan yang dalam dapat ditarik, baik dari segi teknis maupun fungsi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara mikrokontroler Arduino dengan modul komunikasi nirkabel NRF24L01 merupakan solusi yang sangat efektif, ekonomis, dan efisien untuk digunakan sebagai alat panggil nirkabel dalam skala operasional menengah hingga profesional. Dengan melakukan pengujian stres secara sistematis, keandalan sistem telah diuji melebihi batas penggunaan normal sehingga mampu memberikan gambaran kinerja nyata ketika sistem menghadapi beban input yang tinggi dari pengguna [10].

Pertama, dari segi keandalan transmisi data, penelitian ini menyimpulkan bahwa modul NRF24L01 menunjukkan performa yang sangat stabil dalam kondisi penggunaan biasa.

Hasil data empiris menunjukkan bahwa pada jeda waktu penekanan tombol sebesar 1000 ms, sistem mampu mencapai tingkat keberhasilan mutlak 100% tanpa ada kegagalan dalam pengiriman paket data. Hal ini mengonfirmasi bahwa mekanisme pengakuan otomatis (auto-acknowledgment) dan proses pengakuan tangan (handshaking) yang dimiliki oleh modul NRF24L01 bekerja dengan baik jika diberi jeda waktu yang cukup untuk memproses satu paket data sebelum paket berikutnya dikirimkan. Kondisi ini sangat cocok untuk aplikasi seperti restoran atau rumah sakit, di mana frekuensi panggilan antar pelanggan atau pasien biasanya memiliki jeda waktu yang cukup lebar.

Namun demikian, penelitian ini juga menemukan bahwa sistem memiliki batas kemampuan saat

menghadapi skenario penekanan tombol yang sangat cepat. Degradasi performa hingga mencapai 86% pada interval 250 ms menjadi temuan penting yang menjelaskan keterbatasan teknis pada memori buffer internal modul nirkabel. Secara teknis, masalah ini tidak disebabkan oleh kerusakan perangkat keras, melainkan karena terjadinya tabrakan data atau data collision di dalam sirkuit modul. Paket data baru cenderung menimpa (overwrite) paket data lama yang sedang diverifikasi oleh mikrokontroler, sehingga menyebabkan hilangnya perintah atau instruksi yang dikirim ke penerima. Temuan ini menjadi dasar bagi para pengembang sistem untuk memperhatikan waktu tunggu (delay) yang tepat dalam pemrograman agar data tetap utuh meskipun digunakan dengan frekuensi tinggi [11].

Aspek kedua yang sangat penting untuk keberhasilan sistem ini adalah stabilitas pasokan daya. Kesimpulan penting lainnya adalah bahwa penggunaan adaptor daya eksternal pada unit Arduino jauh lebih penting daripada hanya memakai daya dari kabel USB komputer. Hal ini karena modul NRF24L01 dan komponen buzzer 5 volt membutuhkan tegangan yang stabil saat bekerja. Fluktuasi tegangan sekecil apa pun dapat menyebabkan modul nirkabel tidak berfungsi atau bahkan menyebabkan mikrokontroler restart mendadak. Oleh karena itu, penggunaan sumber daya yang berkualitas serta penambahan kapasitor pada jalur pasokan daya merupakan rekomendasi standar untuk meningkatkan ketahanan dan keandalan sistem komunikasi nirkabel berbasis frekuensi radio.

REFERENSI

- [1] Cho, Y. (2015). *A Study on DID Implementation for Wireless Calling System using Smart-device*. 11(1), 19–25. <https://doi.org/10.17662/KSDIM.2015.11.1.019>
- [2] Bai, X., & Fu, Y. (2009). *Design of pressure test system based on wireless communication technology*. 2-154-2–158. <https://doi.org/10.1109/ICEMI.2009.5274636>
- [3] Degirmenci, G., Kharoufeh, J. P., & Baldwin, R. O. (2013). On the performance evaluation of query-based wireless sensor networks. *Performance Evaluation*, 70(2), 124–147.
- [4] Vaz, F. A. J., Sangeetha, T., Leksmi, S. U. S., & Dhanusha, A. (2024). *Performance Analysis of nRF24L01 Wireless Module*. 216–222.
- [5] Cao, R. (2011). *Wireless signal arbitration system based on microcontroller*. 3, 525–528.
- [6] Clewes, A. B. (1987). RFI/EMC shielding in cable connector assemblies. *Electronics and Power*, 33(11), 741–744. <https://doi.org/10.1049/EP.1987.0433>
- [7] Kim, E.-Y., Lee, Y.-J., & Lee, S.-K. (2012). Design of Sound Quality Index for Laser Printers and Its

Application for Improvement Study. *Transactions of The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 22(6), 509–523.
<https://doi.org/10.5050/KSNVE.2012.22.6.509>

- [8] Chowdhury, A. S. M. S. S. (2016). *Long Distance, Low Data Rate Packet Transmission at 868 MHz: Protocol Design and Implementation*.
- [9] Yudhana, A., Kurniawan, I. C., Anshori, I., & Mufandi, I. (2022). Performance evaluation of communication methods on electric wheelchairs as assistive technology for persons with disabilities. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 15(1).
- [10] Kartika, W., Santoso, I., & Supriyadi, K. (2021). *Simple Wireless Nurse Call on Distance Measurement*. 2(3), 145–147.
- [11] Paidi, Z., Haliza, H. E., Zain, N. M., & Othman, M. (2022). Development of a Notification System Using a Wearable Concept that Allows Hearing-impaired Person to Detect that their Doorbell has been Pressed using the nRF24L01 Wireless Module. *International Journal of Academic Research in Business & Social Sciences*, 12(12).