

ANALISIS PENGARUH JARAK DAN KECEPATAN TERHADAP KINERJA SISTEM KOMUNIKASI ANTAR KENDARAAN BERBASIS NRF24L01

I Md. Anggar Dwi A.¹, Ngurah Indra ER², Nyoman Pramaita³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

anggardwiadnyana@gmail.com, indra@unud.ac.id, pramaita@unud.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menyelidiki dampak jarak dan kecepatan pada jaringan komunikasi nirkabel, khususnya pada komunikasi antar kendaraan memanfaatkan modul rendah biaya NRF24L01. Evaluasi indikator kinerja, seperti latensi dan kehilangan data, dilakukan untuk mengetahui pengaruh kedua faktor ini. Pemahaman terhadap pengaruh jarak dan kecepatan pada jaringan nirkabel sangat penting seiring perkembangan komunikasi antar kendaraan yang dinamis. Studi ini menggunakan beberapa variasi evaluasi, termasuk pengukuran mulai dari 5 hingga 100 meter dalam skenario stasioner, serta pengujian tambahan yang dilakukan dalam kondisi bergerak. Hasil pengujian dapat memberikan gambaran untuk kemajuan sistem transportasi cerdas, meningkatkan keamanan, efisiensi, dan komunikasi umum dalam interaksi antar kendaraan. Ini akan mengoptimalkan implementasi hasil akhir dari teknologi yang dihasilkan oleh pihak-pihak yang terkait.

Kata kunci: Sistem Transportasi Cerdas (ITS), Komunikasi Antar Kendaraan (V2V), NRF24L01, Evaluasi Performa, Delay, Packet Loss

ABSTRACT

The study investigates the impact of distance and speed on wireless communication networks, on vehicle-to-vehicle communication using the low-cost module NRF24L01. Evaluation of performance indicators, such as latency and data loss, is carried out to determine the impact of both of these factors. Understanding the impact of distance and speed on wireless networks is vital as dynamic vehicle-to-vehicle communication develops. The study used several evaluation variations, including measurements ranging from 5 to 100 metres in a stationary scenario, as well as additional tests performed in moving conditions. The test results can provide insight into the advancement of intelligent transportation systems, improving safety, efficiency, and general communication in vehicle-to-vehicle interaction. This will optimize the implementation of the end result of the technology generated by the parties involved.

Key Words: Intelligent Transportation System (ITS), Vehicle-to-Vehicle (V2V) Communications, NRF24L01, Performance Evaluation, Delay, Packet Loss

1. PENDAHULUAN

Di era digitalisasi yang semakin mengalami kemajuan, kebutuhan akan teknologi di berbagai lini kehidupan menjadi sebuah hal yang penting. Seiring dengan hal tersebut, sektor transportasi terutama bagi transportasi darat juga memiliki kebutuhan akan teknologi yang dapat menunjang informasi, guna memberikan efisiensi di dalam berkendara, serta

keselamatan pengendara. Umumnya kecelakaan disebabkan oleh misinformasi atau ketidakmampuan pengendara untuk mengidentifikasi situasi pengendara lainnya, selain dari faktor internal yang ada [1]. Oleh karena itu, faktor eksternal mampu untuk diminimalisir dengan pemanfaatan teknologi seperti komunikasi antar kendaraan. Melalui penerapan teknologi seperti komunikasi antar kendaraan

maupun jaringan antar kendaraan (VANET), dapat mengurangi hingga 88% kecelakaan yang disebabkan oleh faktor eksternal [2].

Komunikasi kendaraan sendiri mengacu pada pertukaran informasi antar kendaraan dan antara kendaraan dan infrastruktur pinggir jalan, meningkatkan keselamatan jalan raya, efisiensi lalu lintas, dan sistem transportasi secara keseluruhan [3]. Vehicle Ad-Hoc Networks (VANETs) mewakili subset spesifik dari komunikasi kendaraan, yang menggunakan teknologi komunikasi nirkabel untuk memungkinkan kendaraan berkomunikasi satu sama lain dan dengan komponen infrastruktur [4]. VANET memfasilitasi pertukaran informasi real-time, seperti kondisi lalu lintas, bahaya di jalan raya, dan peringatan darurat, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan arus lalu lintas dan pengurangan kecelakaan. Beberapa skenario yang menunjukkan efektivitas penggunaan komunikasi kendaraan untuk dapat mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas seperti pada pengereman mendadak dan perubahan lajur jalan [5] [6], serta perannya dalam mengumpulkan data pada kota cerdas [7]. Karenanya, diperlukan sistem komunikasi antar kendaraan yang handal, yang memiliki delay yang kecil sehingga informasi yang disalurkan dapat secara riil, kemudian juga didukung dengan packet loss yang kecil sehingga informasi penting tidak terlewatkan menjadi sebuah keharusan di dalam sistem komunikasi antar kendaraan.

Beberapa hal yang menjadi perhatian dalam pengujian terhadap penelitian yang dilakukan berupa variasi terhadap jarak dan juga kecepatan beserta pengaruhnya terhadap nilai *delay* dan *packet loss*, sehingga bisa didapatkan hasil bagaimana jarak dan kecepatan berpengaruh terhadap dua parameter tersebut.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Komunikasi Antar Kendaraan

Komunikasi antar kendaraan merupakan sebuah sistem yang memungkinkan kendaraan untuk saling berkomunikasi satu sama lain melalui gelombang radio dengan mengirim dan menerima informasi data [8]. Sistem komunikasi antar kendaraan diterapkan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam berlalu lintas. Sistem komunikasi ini merupakan bentuk

implementasi dari sistem transportasi cerdas atau Intelligent Transportation System (ITS). Sistem komunikasi antar kendaraan menggunakan konsep sistem komunikasi nirkabel bergerak yang dapat mentransmisikan data secara real-time. Sistem komunikasi yang lebih dikenal dengan istilah VANET (Vehicular Ad-Hoc Network) ini memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi dengan semuanya (V2X), baik itu dengan kendaraan lain (V2V), infrastruktur yang ada di sekitarnya (V2I), maupun dengan manusia (V2P) [9].

Konsep Vehicle-to-Everything (V2X) atau komunikasi kendaraan dengan semuanya memiliki potensi yang signifikan untuk menurunkan angka kecelakaan dan kemacetan lalu lintas [10]. Penggunaan konsep komunikasi antar kendaraan pada penelitian ini adalah dalam cakupannya sebagai cara melakukan pengujian terhadap purwarupa yang dihasilkan. Komunikasi antar kendaraan yang merupakan perpaduan antara komunikasi diam dan komunikasi bergerak, sehingga penelitian ini mengujikan kedua hal tersebut, untuk memahami variasi nilai dari delay dan packet loss.

2.2 Sistem Transportasi Cerdas

Sistem Transportasi Cerdas (ITS) adalah pendekatan komprehensif yang memanfaatkan teknologi mutakhir untuk meningkatkan efisiensi transportasi. Ini mengintegrasikan data real-time, jaringan komunikasi, dan sistem kontrol untuk mengoptimalkan arus lalu lintas dengan, meningkatkan keselamatan jalan raya, dan meminimalkan dampak lingkungan [11]. ITS menggabungkan fitur-fitur canggih seperti pemantauan lalu lintas, kontrol sinyal adaptif, dan sistem kendaraan otomatis, sehingga mendorong jaringan transportasi yang lebih cerdas dan saling terhubung. Integrasi cerdas ini bertujuan untuk mengurangi kemacetan, meningkatkan keselamatan komuter, dan berkontribusi terhadap mobilitas perkotaan yang berkelanjutan, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem transportasi secara keseluruhan.

2.3 NRF24L01

NRF24L01 adalah salah satu jenis modul transceiver 2.4GHz yang banyak digunakan dalam aplikasi komunikasi nirkabel. NRF24L01 menggunakan protokol IEEE 802.15.4 dan membutuhkan konsumsi daya rendah dengan jangkauan hingga 100 meter [12]. Umumnya

digunakan dalam proyek seperti sistem kendali jarak jauh, jaringan sensor nirkabel, dan perangkat IoT, ini memungkinkan komunikasi antar perangkat yang andal dan hemat biaya. Ukurannya yang ringkas, kebutuhan daya yang rendah, dan kemudahan penggunaan.

2.4 ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler serbaguna dan system-on-chip (SoC) yang banyak digunakan di bidang IoT dan sistem tertanam [13]. Dikembangkan oleh Espressif Systems, ini mengintegrasikan prosesor dual-core, Wi-Fi, Bluetooth, dan serangkaian periferil yang kaya. Dengan konsumsi daya yang rendah, daya komputasi yang tinggi, dan pilihan konektivitas, ESP32 ideal untuk beragam aplikasi, termasuk perangkat rumah pintar, perangkat yang dapat dikenakan, dan otomasi industri. Sifatnya yang open source dan dukungan komunitas yang luas berkontribusi pada popularitasnya di kalangan pengembang dalam menciptakan solusi IoT yang kuat dan kaya fitur.



Gambar 1. ESP 32 [13]

2.5 Delay

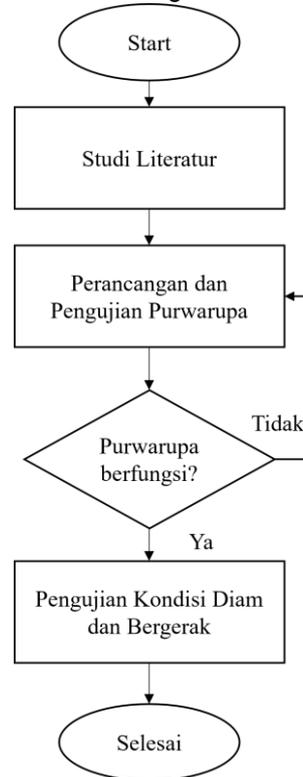
Delay merupakan suatu parameter yang menunjukkan latensi temporal yang dialami selama propagasi sinyal dari pengirim ke penerima. Kesenjangan temporal ini mencakup banyak faktor, termasuk penundaan propagasi, penundaan pemrosesan, dan penundaan antrian dalam elemen jaringan [14]. Penundaan propagasi muncul karena kecepatan perjalanan sinyal yang terbatas, penundaan pemrosesan akibat penanganan data dalam node jaringan, dan penundaan antrian muncul dari waktu tunggu dalam antrian jaringan. Penundaan ini secara kolektif berkontribusi terhadap waktu transmisi secara keseluruhan, sehingga berdampak pada efisiensi sistem komunikasi.

2.6 Packet Loss

Packet loss mengacu pada kegagalan paket data yang dikirimkan untuk mencapai tujuannya [14]. Fenomena ini dapat terjadi karena kemacetan jaringan, kegagalan perangkat keras, atau perutean yang kurang optimal. Kehilangan paket dapat menurunkan kualitas aplikasi real-time dan menghambat integritas data. Ini diukur sebagai persentase paket yang hilang dibandingkan dengan total yang terkirim. Meminimalkan kehilangan paket sangat penting untuk menjaga komunikasi yang andal dan efisien.

3. METODE PENELITIAN

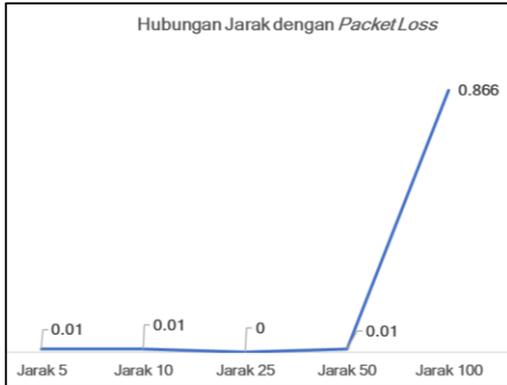
Penelitian dilakukan dengan mengikuti serangkaian tahapan yang dituangkan dalam Gambar 2. Diagram Alir Penelitian:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.1 Perancangan dan Integrasi Perangkat

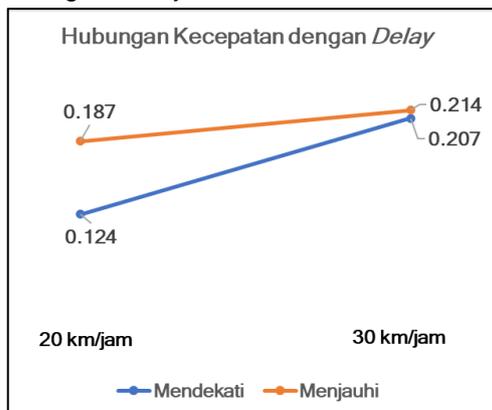
Dalam rangkaian perangkat yang dirancang. Dibutuhkan sebanyak 2 buah NRF24L01, 2 buah ESP 32 dan 2 buah OLED, yang masing-masing berfungsi sebagai penerima dan pengirim informasi, pembangkit dan pengolah bit informasi serta OLED yang digunakan untuk menampilkan informasi yang dikirimkan.



Gambar 6. Hubungan Jarak dengan Packet Loss

4.3 Pengaruh Kecepatan Terhadap Delay

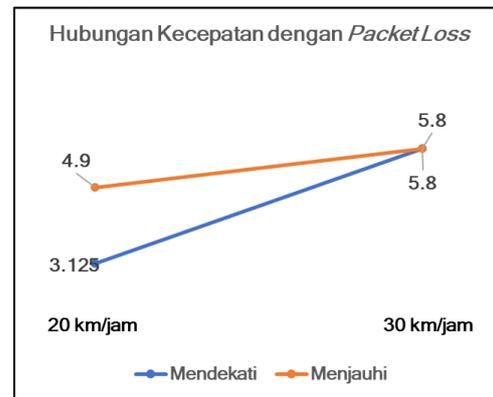
Pengujian terhadap pengaruh nilai *delay* pada variasi kecepatan ditemukan bahwa, kecepatan berpengaruh terhadap nilai *delay*, semakin tinggi kecepatannya, berpotensi juga untuk memberikan nilai *delay* yang semakin tinggi. Berbeda dengan kondisi diam yang mengirimkan 600 *packet*, pada kondisi bergerak jumlah yang dikirimkan adalah sebanyak 112 *packet* dengan besaran data per *packet* sebesar 32 *byte*. Didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan terhadap *delay* ketika berada pada kondisi menjauhi dengan kecepatan 20km/jam nilai *delay* ada pada 0,187 milidetik yang kemudian meningkat pada kecepatan 30km/jam menjadi 0,214 milidetik. Kemudian untuk pengujian kondisi mendekati nilai *delay* pada kecepatan 20km/jam sebesar 0,124 milidetik yang kemudian pada kecepatan 30km/jam meningkat menjadi 0,207 milidetik.



Gambar 7. Hubungan Kecepatan dengan Delay

4.4 Pengaruh Kecepatan Terhadap Packet Loss

Pada pengaruh kecepatan terhadap parameter *packet loss*, didapatkan bahwa nilai *packet loss* meningkat terhadap kecepatan dengan peningkatan yang terjadi pada dua kondisi, baik kondisi mendekati maupun kondisi menjauhi. Untuk kondisi menjauhi pada kecepatan 20km/jam didapatkan nilai 4,9% *packet loss*, kemudian meningkat pada kecepatan 30km/jam menjadi sebesar 5,8%. Kemudian untuk kondisi mendekati, didapatkan *packet loss* sebesar 3,125% untuk kecepatan 20km/jam yang kemudian meningkat menjadi 5,8% untuk kecepatan 30km/jam, seperti yang ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Kecepatan dengan Packet Loss

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil pengujian terhadap dua kondisi yaitu kondisi diam dan kondisi bergerak, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jarak dan kecepatan terhadap parameter *delay* dan *packet loss* didapatkan beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Hasil pengujian kondisi diam dengan tujuan untuk mengetahui nilai *delay* dan *packet loss* terhadap variasi jarak menunjukkan bahwa, peningkatan terhadap jarak berpengaruh terhadap peningkatan nilai *delay* dan *packet loss*.
2. Hasil pengujian kondisi bergerak dengan tujuan mengetahui nilai *delay* dan *packet loss* terhadap variasi kecepatan menunjukkan bahwa, peningkatan

terhadap kecepatan berpengaruh terhadap peningkatan terhadap nilai *delay* dan nilai *packet loss*, baik pada kondisi mendekati maupun menjauhi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J. Rolison, S. Regev, S. Moutari, and A. Feeney, "What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 115, pp. 11–24, Jun. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.025>.
- [2] Q. Wu, L. Chi, Cheuk Yu Yeung, and Tat Wing Chim, "Early car collision prediction in VANET," 2015 International Conference on Connected Vehicle and Expo (ICCVE), Oct. 2015, doi: <https://doi.org/10.1109/iccve.2015.55>.
- [3] J. J. Lee and Woongsoo Na, "A Survey on Vehicular Communication Methods," 2022 13th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.1109/ictc55196.2022.9952866>.
- [4] R. B. Koti and M. S. Kakkasageri, "Intelligent Safety Information Dissemination Scheme for V2V Communication in VANETs," 2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN), Mar. 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/icscan.2019.8878862>.
- [5] S. Darbha, S. Konduri, and P. R. Pagilla, "Benefits of V2V Communication for Autonomous and Connected Vehicles," arXiv.org, Mar. 07, 2018. <https://arxiv.org/abs/1803.02900> (accessed Sep. 15, 2023).
- [6] H. A. Ameen et al., "A Deep Review and Analysis of Data Exchange in Vehicle-to-Vehicle Communications Systems: Coherent Taxonomy, Challenges, Motivations, Recommendations, Substantial Analysis and Future Directions," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 158349–158378, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2949130>.
- [7] Er, N. I., Singh, K. D., Couturier, C., & Bonnin, J.-M. (2023). Towards a simple and efficient vehicular delay tolerant networks routing protocol for data collection in smart cities. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 22(1), 65. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v22i1.24801>
- [8] C. He, G. Qu, and S. Wei, "A Vehicular Communication Routing Algorithm Based on Graph Theory," 2021 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC), Jun. 2021, doi: <https://doi.org/10.1109/iwcmc51323.2021.9498901>.
- [9] G. Naik, B. Choudhury, and J.-M. Park, "IEEE 802.11bd & 5G NR V2X: Evolution of Radio Access Technologies for V2X Communications," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 70169–70184, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2919489>.
- [10] Azizulrahman Shafiqurrahman, Vinod Khadkikar, and Akshay Kumar Rathore, "Vehicle-to-Vehicle (V2V) Power Transfer: Electrical and Communication Developments," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, pp. 1–1, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.1109/tte.2023.3345738>.
- [11] L. Dong, "Research on the Industrial Development of Intelligent Transportation System in China," 2020 5th International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation (ICECTT), May 2020, doi: <https://doi.org/10.1109/icectt50890.2020.00141>.

- [12] A. M. Bento, E. Cordeiro, and Edson, "An Experiment with NRF24L01+ and Arduino Pro Micro Data Transmission for IoT," Jul. 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/iccncnt45670.2019.8944813>.
- [13] E. W. Pratama and A. Kiswantono, "Electrical Analysis Using ESP-32 Module in Realtime," JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences), vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v7i2.21>
- [14] M. Yan, Y. Tang, and P. Yang, "Consensus based control algorithm for nonlinear vehicle platoons in the presence of time delays and packet losses," Nov. 2018, doi: <https://doi.org/10.1109/cac.2018.8623770>