

Evaluasi Kinerja Perutean Broadcast Vehicular Ad Hoc Network (Vanet)

Aziz Yulianto Pratama¹

Agung Budi Prasetyo²

Aghus Sofwan³

Program Studi Magister Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Semarang

Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Kampus Tembalang
Semarang 50239

E-mail: pratamaaziz08@gmail.com¹; agungprasetyo@gmail.com²;
asofwan@elektro.undip.ac.id³



Notifikasi Penulis

29 Mei 2023

Akhir Revisi

17 Juli 2023

Terbit

15 Juli 2023

Pratama, A. Y., Prasetyo, A. B., & Sofwan, A. (2023). Evaluasi Kinerja Perutean Broadcast Vehicular Ad Hoc Network (Vanet). *Technomedia Journal*, 8(2SP).

<https://doi.org/10.33050/tmj.v8i2SP.2079>

ABSTRAK

Ad-Hoc Networks (VANET) merupakan pengembangan teknologi jaringan wireless dari MANET. VANET terdiri dari kelompok kendaraan bergerak yang dihubungkan oleh jaringan nirkabel. Hal ini memungkinkan mobil mengirim dan menerima informasi satu sama lain. Penggunaan utama VANET adalah untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi khususnya untuk kendaraan mobil. Dalam beberapa tahun ini terdapat peningkatan jumlah kendaraan otonom khususnya mobil, sehingga kebutuhan akan VANET menjadi sangat penting. Jaringan VANET dalam mengirimkan control packet menggunakan broadcast routing dan tidak semua broadcast routing mengirimkan data paket. Broadcast routing ini dapat menimbulkan permasalahan berupa Broadcast Storm Problem (BSP). Hal ini yang menjadi dasar dalam melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja perutean broadcast routing pada VANET. Kinerja dari broadcast routing pada VANET dapat dinilai berdasarkan metrik secara umum seperti average end-to-end delay yang menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk bergerak pada jalur dari node sumber ke node tujuan dan packet delivery ratio yang digambarkan sebagai rasio paket data yang diterima di tujuan akhir dengan total paket yang dihasilkan oleh sumbernya. Penelitian ini direncanakan dengan simulasi dengan algoritma no underlying topology khususnya yang menggunakan protokol Fixed Transmission Range (FTR) dengan penilaian kinerja average end-to-end delay dan packet delivery ratio dengan variasi pada jumlah node yang disimulasikan pada perangkat lunak Simulasi Urban Mobility.



Kata kunci: VANET, Broadcast Routing, Kinerja, Routing Protocol

ABSTRACT

Ad-Hoc Networks (VANET) is a wireless network technology development from MANET. VANET consists of groups of mobile vehicles connected by a wireless network. This allows cars to send and receive information from each other. The main use of VANET is to provide safety and comfort for drivers, especially for cars. In recent years there has been an increase in the number of autonomous vehicles, especially cars, so the need for VANETs is very important. The VANET network in sending control packets uses broadcast routing and not all broadcast routing sends data packets. Broadcast routing can cause problems in the form of Broadcast Storm Problem (BSP). This is the basis for conducting research on evaluating broadcast routing performance in VANETs. The performance of broadcast routing in VANET can be assessed based on general metrics such as average end-to-end delay which shows the average time it takes for a packet to move on the path from the source node to the destination node and the packet delivery ratio which is described as the ratio of data packets received at the final destination with the total packets generated by the source. This research is planned by simulating the no underlying topology algorithm, especially using the Fixed Transmission Range (FTR) protocol with average end-to-end delay and packet delivery ratio performance assessments with variations in the number of nodes simulated in the Urban Mobility Simulation software.

Keywords: VANET, Broadcast Routing, Performance, Routing Protocol

PENDAHULUAN

Mobile Ad Hoc Network (MANET) adalah sebuah jaringan nirkabel yang memiliki node yang dapat bertukar data secara dinamis[1]. Keamanan, keandalan, ketersediaan, skalabilitas, kualitas layanan merupakan persyaratan dari MANET [2]. Vehicular Adhoc Networks (VANET) merupakan bentuk pengembangan dari MANET [3]. VANET bergerak mengikuti infrastruktur jalan dan khususnya kendaraan roda empat (mobil) (Chen, Zheng, & Wu, 2017) [4]. Sistem VANET memungkinkan komunikasi antar kendaraan (Vehicle-to-Vehicle) dan dengan infrastruktur (Vehicle-to- Infrastructure) di sekitar jalan [5]. Vehicular Ad Hoc Network (VANET) memungkinkan terjadinya pertukaran data dan pengambilan keputusan secara cepat dan efisien [6]. Proses berkendara yang tidak aman di jalan raya cenderung meningkatkan resiko kecelakaan, untuk itu teknologi VANET dikembangkan dengan tujuan dapat memperkecil resiko kecelakaan sehingga meningkatkan kenyamanan dan keamanan berkendara serta dapat digunakan sebagai system informasi trafik lalu lintas yang cerdas [7]. VANET dapat membentuk jaringan multi-hop antar node yang dapat digunakan untuk mengirimkan data kepada node lain ataupun road side unit [8]. Pergerakan pada VANET terbatas pada jalan (road) yang telah ditentukan dari peta (map)[9]. Salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan pada pengiriman paket data di jaringan VANET adalah mobilitas yang tinggi dengan perubahan topologi yang sangat cepat [10]. Komunikasi antar kendaraan menyediakan berbagai aplikasi keamanan dan kenyamanan [11].

VANET memiliki karakteristik khusus, antara lain topologi jaringan sering berubah (dinamis), ukuran jaringan tidak terbatas, mobilitas node tinggi dan sumber tenaga penyimpanan (baterai) tidak terbatas [12]. Teknik berkomunikasi antar kendaraan dan menentukan rute ke tujuan merupakan salah satu peran teknologi protokol routing [13]. Komunikasi bisa berjalan dengan baik dengan cara saling mengirim data antar kendaraan sehingga data dapat sampai ke kendaraan tujuan dengan baik [14]. Vehicular Ad Hoc Networks merupakan alat transportasi kendaraan cerdas yang memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi [15]. VANET dikembangkan dengan tujuan dapat memperkecil resiko kecelakaan sehingga meningkatkan kenyamanan berkendara [16]. Dalam proses pengiriman data bisa saja terjadi overhead dan mungkin perlu beberapa node untuk mengirimkan data melalui saluran jaringan secara berbeda, agar tidak menyebabkan tabrakan data [17].

PERMASALAHAN

Jaringan VANET dalam mengirimkan control packet menggunakan broadcast routing dan tidak semua broadcast routing mengirimkan data paket [18]. Broadcast routing memerlukan perhatian karena dapat menimbulkan broadcast storm problem (BSP) [19]. Metode ini membuat node mentransmisi ulang yang diterima paket ke semua node, menyebabkan masalah dalam jaringan: tabrakan data dan benturan [20]. Dengan rujukan pada paper dan referensi masing-masing penelitian sebelumnya dan permasalahannya, maka peneliti bertujuan memperbaiki permasalahan pada jaringan VANET khususnya permasalahan broadcast storm [21]. Hal ini yang menjadi dasar dalam melakukan penelitian mengenai evaluasi kinerja broadcast routing pada VANET [22]. Kinerja dari broadcast routing pada VANET dapat dinilai berdasarkan metrik secara umum seperti rata-rata penundaan dari ujung ke ujung (average end-to-end delay) dan rasio pengiriman paket (packet delivery ratio) [23]. Rata-rata penundaan merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk bergerak pada jalur dari node sumber ke node tujuan, dan rasio pengiriman paket merupakan rasio paket data yang diterima di tujuan akhir dengan total paket yang dihasilkan oleh sumbernya [24]. Parameter rata-rata penundaan dari ujung ke ujung penting sebagai penilaian dari jaringan VANET, hal ini karena dengan nilai yang semakin sedikit maka jaringan VANET tersebut dikatakan mampu memberikan keamanan pada pengguna mobil [25]. Hal yang sama pentingnya pada pengukuran kinerja dari VANET adalah rasio pengiriman paket dimana pengukuran ini penting karena dapat menunjukkan keberhasilan pengiriman data dari jaringan VANET [26]. Penelitian ini direncanakan dengan simulasi dengan algoritma tanpa topologi khususnya yang menggunakan protokol jangkauan transmisi tetap (Fixed Transmission Range) untuk memperbaiki permasalahan broadcast storm yang ada [27]. Pemilihan ini berdasarkan pada tujuan utama dalam menyusun sebuah protokol; yaitu mengurangi jumlah siaran ulang (rebroadcast) dan sumber daya jaringan serta mengurangi jangkauan transmisi [28]. Bergantung pada aplikasinya, manfaat memiliki struktur virtual di atas topologi jaringan nyata tidak selalu sebanding dengan biaya pembuatan dan pemeliharaannya [29]. Dalam kasus tersebut, untuk melakukan sebaran yang efisien, keputusan penerusan node ditingkatkan oleh beberapa informasi tentang situasi saat ini (context-aware) atau oleh beberapa pengetahuan tentang tetangga (neighbour knowledge) [30]. Namun demikian, ada juga pendekatan context-oblivious yang mengandalkan keputusan penerusan probabilistik.

Protokol yang direncanakan untuk digunakan adalah Speed Adaptive Probabilistic Flooding (SAPF) dan Minimum Connected Dominating Set (MCDS). Kedua protokol ini diambil dengan pertimbangan yang pertama, protokol tersebut termasuk dalam klasifikasi algoritma tanpa topologi (No Underlying Topology) dan jangkauan transmisi tetap (Fixed Transmission Range). Pertimbangan yang kedua adalah SAPF memutuskan untuk menyiarkan ulang pesan didasarkan pada probabilitas, dievaluasi menggunakan kecepatan kendaraan. Algoritma ini memiliki beberapa manfaat dibandingkan dengan pendekatan lain: sederhana untuk diterapkan dan tidak menimbulkan beban komunikasi tambahan karena hanya memerlukan informasi lokal, tidak bergantung pada keberadaan sistem penentuan posisi yang mungkin tidak selalu tersedia, dan di atas segalanya, mengurangi efek dari masalah broadcast storm, yang biasa terjadi saat menggunakan blind flooding. MCDS berdasarkan pendekatan dinamis tidak memerlukan informasi posisi untuk menjamin faktor aproksimasi konstan. Hal ini berkaitan dengan kemampuan algoritma siaran lokal dalam mengurangi jumlah total transmisi yang diperlukan untuk mencapai pengiriman penuh. Penelitian ini direncanakan dengan simulasi dengan penilaian kinerja yang disimulasikan pada perangkat lunak SUMO. Hal ini dapat memungkinkan untuk membuat topologi jalan dengan gerakan kendaraan sesuai dengan kebutuhan serta dapat menentukan jalur yang digunakan, kecepatan, atau posisi dapat ditentukan sehingga dapat meminimalisir adanya tabrakan data sebagai akibat dari node yang mentransmisi ulang paket ke semua node. Target dari penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki kinerja protokol broadcast pada VANET dengan packet delivery ratio diatas 75% dan average end-to-end delay dibawah 100 ms. Tujuan penelitian ini adalah untuk menggambarkan hasil simulasi VANET pada algoritma kelompok no underlying topology yang menggunakan radius pengiriman/penerimaan Fixed Transmission Range (FTR). Selain itu, juga untuk mengevaluasi dan memperbaiki kinerja protocol broadcast pada VANET. Serta memperoleh kinerja protokol menggunakan algoritma Speed Adaptive Probabilistic Flooding (SAPF) dan Minimum Connected Dominating Set (MCDS).

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode dari penelitian yang akan diambil berupa studi literatur, peralatan yang digunakan, tahapan pelaksanaan sistem dan implementasi sistem dari penelitian, diagram alir penelitian dan waktu penelitian.

Metode Informatika yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja perutean broadcast pada jaringan VANET adalah dengan menggunakan model simulasi yang memungkinkan untuk mensimulasikan jaringan VANET.

Perlengkapan yang Digunakan

Adapun perlengkapan yang digunakan untuk melaksanakan proses simulasi VANET ini sebagai berikut:

1. Perangkat Keras yaitu Personal Computer (PC) dan Laptop Lenovo Core i3.
2. Perangkat Lunak yaitu SUMO dan NS2

Tahap-Tahap Pelaksanaan Perancangan Sistem dan Implementasi sistem

Pada tahap-tahap pelaksanaan perancangan sistem tahap ini akan dilakukan pembuatan simulasi dan evaluasi menggunakan aplikasi SUMO. Proses perancangan sistem ini dilakukan

dengan metode simulasi dan analisis, tahapan perancangan sistem adalah sebagai berikut:

Model Perancangan Sistem

Pada saat melakukan proses perancangan sistem simulasi untuk menganalisis dari routing protokol Fixed Transmission Range (FTR) pada algoritma broadcast pada VANET dengan menggunakan SUMO sebagai media simulasi. Algoritma broadcast yang digunakan adalah Speed Adaptive Probabilistic Flooding Algorithm (SAPF) sebagai context aware protocol dan algoritma Minimum Connected Dominating Set (MCDS) sebagai neighbour knowledge protocol. Kedua algoritma tersebut termasuk dalam algoritma tanpa topologi dengan fixed transmission range. Analisis perancangan sistem dari kedua routing protocol berdasarkan pada skenario variasi jumlah node.

Perancangan skenario

Perancangan skenario mobilitas uji coba VANET dimulai dari perancangan peta pergerakan node, pembuatan rute lalu lintas dan pengimplementasian pergerakan. Penelitian ini merancang peta pergerakan node menggunakan dua skenario peta, yakni peta grid dan peta riil. Peta grid merupakan peta yang berupa serangkaian jalan saling berpotongan dan membentuk persegi. Peta grid ini menggambarkan simulasi lapangan dalam bentuk yang sederhana. Peta ini digunakan sebagai tes awal implementasi karena peta grid seimbang dan stabil. Sedangkan pada peta riil, digambarkan sebuah lingkungan lalu lintas yang nyata. Pada penelitian ini menggunakan lingkungan lalu lintas serta wilayah secara rural dan urban sebagai peta riil.

Perancangan sistem dan simulasi menggunakan NS 2.34

Perancangan sistem simulasi dan komunikasi antar kendaraan dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Wilayah penelitian menggunakan simulasi secara rural dan urban.
- b. Teknologi yang digunakan menggunakan standar 802.11 p Wi-Fi, dengan kelengkapan library pada Sumo.
- c. Simulasi dijalankan dengan skenario perubahan variasi jumlah node dan perubahan variasi kecepatan.
- d. Pergerakan tiap node di-generate pada tujuan dan arah tertentu, kondisi ini disesuaikan dengan kondisi dilalui kendaraan roda empat khususnya mobil.
- e. Perubahan variasi jumlah tiap node didesain sesuai dengan skenario simulasi.
- f. Traffic yang digunakan adalah CBR yang saling berkomunikasi melalui TCP dengan routing protocol yang digunakan adalah broadcast.

Desain Jaringan

Proses desain jaringan menggunakan simulasi dengan menggambarkan vehicle sebagai node yang saling berkomunikasi. Proses komunikasi berlangsung secara infrastruktur tambahan dan tidak membutuhkan access point. Jarak antar kendaraan dan kecepatan masing-masing node dalam simulasi dibuat secara variasi dengan tujuan menyerupai kondisi real rural dan urban pada umumnya.

Pemodelan Pergerakan Node

Pergerakan node dirancang dengan menentukan titik keberangkatan dan tujuan, arah pergerakan menggunakan .rou script sebagai alur pergerakan node yang kemudian akan diamati pergerakannya melalui SUMO. Selain itu, pada .rou script dapat menginisialisasi model mobil dan depart speed dari masing-masing flow. Kecepatan setiap node diatur secara random sesuai skenario perubahan variasi kecepatan node menggunakan JOSM Editor pada setiap edge.

Skenario Simulasi

Proses skenario simulasi dilaksanakan sebelum proses simulasi dimulai, dengan cara menentukan parameter metrik kinerja dan skenario simulasi yang disesuaikan dengan ruang lingkup jalan urban dan rural. Terdapat dua skenario proses simulasi dalam penelitian ini, yaitu perubahan variasi kecepatan node dan perubahan variasi jumlah node yang kemudian akan diuji sesuai parameter pengujian yang dibutuhkan.

Parameter Simulasi

Proses simulasi dibutuhkan parameter simulasi yang mendukung dan sesuai dengan routing protocol broadcast yang dikaji. Parameter simulasi dibagi menjadi 2, yaitu: parameter input dan parameter output yang dijalankan menggunakan Network Simulator/SUMO.

Tabel 1. Parameter input

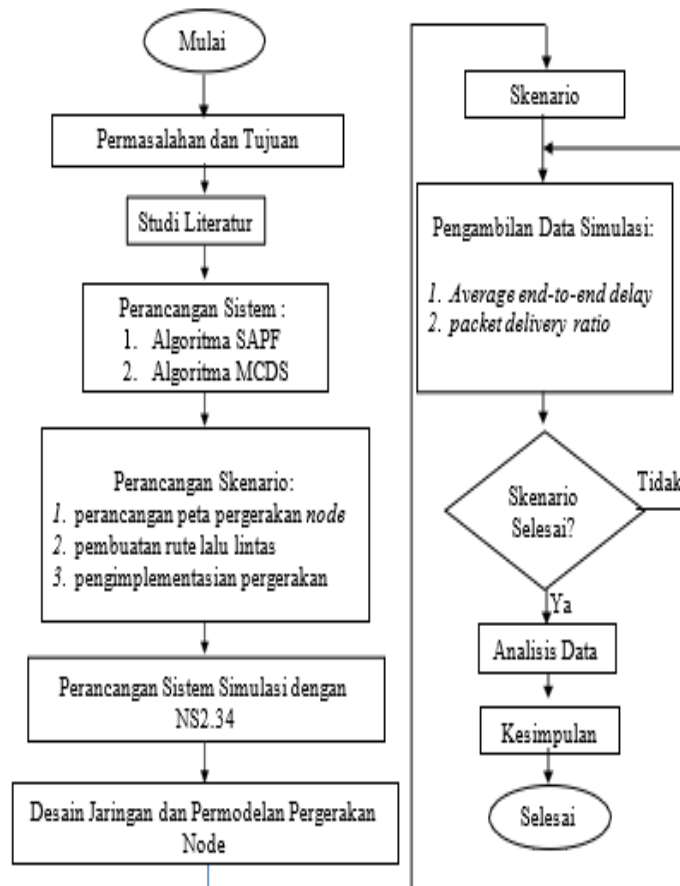
Parameter	Nilai
Area Simulasi	3000 x 3000 m
Kanal	<i>Wireless</i>
Protokol <i>Routing</i>	<i>Broadcasting Fixed Transmission Range (FTR)</i>
Transport Protocol	<i>TCP</i>
Antenna Model	<i>Omnidirectional</i>
<i>Traffic</i>	<i>Constant Bit Rate</i>
Standard Teknologi	802.11 p
Packet Size	1024 <i>byte</i>
Packet Rate	64 kbps
Jumlah node	70,100, 130, 160
Kecepatan node (km/jam)	20,30,40,50
Durasi simulasi	120 detik
Ruang lingkup simulasi	Rural dan Urban

Parameter output merupakan hasil uji performansi berdasarkan QoS, yaitu penilaian kinerja average end-to-end delay, dan packet delivery ratio dengan variasi pada jumlah node yang disimulasikan pada perangkat lunak SUMO dan MobiSim dari routing protocol Broadcasting type algoritma no underlying topology khususnya yang menggunakan protokol Fixed Transmission Range (FTR). Target dari penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki kinerja protokol broadcast pada VANET dengan packet delivery ratio diatas 75% dan average end-to-end delay dibawah 100 ms.

Proses Simulasi

Proses pelaksanaan simulasi dilakukan menggunakan SUMO yang dilengkapi dengan software pendukung jaringan VANET. Berikut ini proses simulasi :

- a. Pemilihan peta area simulasi dilakukan menggunakan JOSM Editor. Setelah area simulasi ditetapkan, kecepatan variasi pada area tersebut diatur sesuai dengan skenario yang ditentukan. Inisialisasi kecepatan dilakukan dengan cara menentukan kecepatan minimum dan kecepatan maksimum dari setiap edge pada area simulasi.
- b. Melakukan konfigurasi dan visualisasi mobilitas, konfigurasi dilakukan menggunakan script .rou.xml dengan melakukan set jumlah node dan alur pergerakan dari masing-masing node, kemudian visualisasi mobilitas dilakukan dengan run script SUMO.cfg pada SUMO.
- c. Mengamati pergerakan node menggunakan SUMO.
- d. Melakukan konfigurasi Static Traffic.
- e. Generate .tcl script menggunakan Move.
- f. Menggunakan Network Animator untuk melihat visualisasi dari pergerakan node dan transmisi data.
- g. Pengukuran uji performansi Average End to End Delay menggunakan AWK script dengan perintah AWK -f pada terminal Ubuntu.
- h. Melihat rute yang ditempuh oleh node sumber dalam proses pengiriman data menuju node tujuan menggunakan aplikasi NS2 Visual Trace Analyzer/ SUMO



Gambar 1. GDiagram alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Coba dan Evaluasi

Hasil uji coba dari skenario grid dapat dilihat sebagai berikut :

Pengujian dan Evaluasi Terhadap scenario kepadatan kendaraan

Pengujian dilakukan berdasarkan skenario kepadatan node-kendaraan dengan jumlah variasi node-kendaraan sebanyak 70, 100, 130 dan 160 node-kendaraan dan berdasarkan variasi kecepatan 20 m/s, 30 m/s, 40 m/s dan 50 m/s. Hasil yang didapatkan dari proses pengujian akan dihitung dengan menggunakan parameter pengujian yaitu PDR dan end-to-end delay, Hasil pengujian data Packet Delivery Ratio, dan average end to end delay pada skenario grid ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Packet Delivery Ratio skenario Grid Pada Node 70

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	449.814	49.2125
30 m/s	415.8947	49.2153
40 m/s	365.8958	49.2153
50 m/s	371.7043	49.2153

Tabel 3. Hasil Packet Delivery Ratio skenario Grid Pada Node 100

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	659.3896	49.2042
30 m/s	657.0582	49.2125
40 m/s	567.808	49.2153
50 m/s	585.8966	49.2125

Tabel 4. Hasil Packet Delivery Ratio skenario Grid Pada Node 130

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	914.3516	48.7125
30 m/s	901.498	49.2070
40 m/s	788.2965	49.2097
50 m/s	806.0672	47.7320

Tabel 5. Hasil Packet Delivery Ratio skenario Grid Pada Node 160

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	1121.739	48.7070
30 m/s	1109.6094	49.2014
40 m/s	1049.925	49.2097
50 m/s	1128.3946	49.2070

Hasil yang ditunjukkan pada gambar pada skenario variasi kecepatan yang menunjukkan hasil yang cenderung mengalami penurunan pada nilai packet delivery ratio pada setiap penambahan jumlah variasi kecepatan kendaraan, hal ini disebabkan karena pada FTR-protocol semakin cepatnya kendaraan maka semakin kecil routing packet yang dikirimkan. Namun hal itu berbeda Ketika semakin banyak node semakin banyak pula node tersebut memperbarui tabel lokasinya selain itu semakin banyak node semakin banyak pula routing packet yang dikirimkan hal ini juga menyebabkan meningkatnya traffic pada jaringan, traffic jaringan yang lebih padat meningkatkan kemungkinan terjadinya collision hal ini menyebabkan lebih banyak paket yang hilang.

Tabel 6. Hasil Delay skenario Grid Pada Node 70

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	957.221 m	502.508 ms
30 m/s	870.891 ms	502.532 ms
40 m/s	751.037 ms	502.481 ms
50 m/s	760.986 ms	502.467 ms

Tabel 7. Hasil Nilai Average end to end Delay skenario Grid Pada Node 100

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	1422.86 ms	502.623 ms
30 m/s	1345.23 ms	502.555 ms
40 m/s	1221.72 ms	502.494 ms

50 m/s	1058.16 ms	502.488 ms
--------	------------	------------

Tabel 8. Hasil average end to end Delay skenario Grid Pada Node 130

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	1747.81 ms	503.663 ms
30 m/s	1721.56 ms	502.644 ms
40 m/s	1371.64 ms	502.568 ms
50 m/s	1365.88 ms	503.967 ms

Tabel 9. Hasil average end-to-end delay skenario Grid Pada Node 160

Kecepatan	SAPF	MCDS
20 m/s	2152.57 ms	503.383 ms
30 m/s	1665.36 ms	502.666 ms
40 m/s	1757.7 ms	502.626 ms
50 m/s	2001.22 ms	502.658 ms

Hasil yang ditunjukkan pada tabel. hasil pengujian nilai end-to-end delay pada metode SAPF dan MCDS disetiap penambahan variasi kecepatan -kendaraan adanya penurunan nilai end-to-end delay artinya semakin kecilnya kecepatan maka end-to-end delay tinggi , namun pada peningkatan kecepatan maka end-to-end delay rendah. Akan tetapi jika semakin bertambah nya variasi jumlah node maka nilai end-to-end delay semakin bertambah.

KESIMPULAN

Penelitian direncanakan dengan simulasi dengan algoritma no underlying topology khususnya yang menggunakan protokol Fixed Transmission Range (FTR) dengan algoritma yang digunakan dalam pengujian menggunakan Speed Adaptive Probabilistic Flooding (SAPF) dan Minimum Connected Dominating Set (MCDS) dengan penilaian kinerja average end-to- end delay dan packet delivery ratio dengan variasi pada jumlah node yang disimulasikan pada perangkat lunak Simulasi Urban Mobility dan Network Simulasian 2 (NS-2) dalam berdasarkan simulasi sementara berdasarkan scenario jumlah node baik dalam kondisi normal/ terjadinya insiden protokol routing Fixed Transmission Range (FTR) lebih unggul untuk diterapkan pada VANET dalam skenario lingkungan perkotaan (urban) karena protocol ini memutuskan untuk menyiarkan ulang pesan didasarkan pada probabilitas, dievaluasi menggunakan kecepatan kendaraan.

SARAN

Penelitian ini menawarkan kesempatan untuk lebih mendalam memahami kinerja algoritma routing tanpa topologi dasar pada jaringan kendaraan bergerak (VANET). Simulasi direncanakan menggunakan protokol Fixed Transmission Range (FTR) dengan algoritma Speed Adaptive Probabilistic Flooding (SAPF) dan Minimum Connected Dominating Set (MCDS). Evaluasi kinerja dilakukan dengan mengukur average end-to-end delay dan packet

delivery ratio, dengan variasi pada jumlah node yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak Simulasi Urban Mobility dan Network Simulation 2 (NS-2). Hasil dari penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih baik tentang keefektifan dan keandalan algoritma routing yang diuji, terutama dalam lingkungan perkotaan (urban) dengan kendaraan yang bergerak dengan kecepatan bervariasi. Selain itu, saran penelitian meliputi perluasan pengujian dengan skala yang lebih besar, perbandingan dengan berbagai skenario, analisis faktor-faktor yang memengaruhi kinerja, serta pertimbangan aspek keamanan dan privasi. Di masa depan, implementasi di lingkungan nyata dan evaluasi dengan metrik lain juga dapat meningkatkan pemahaman tentang potensi penerapan algoritma ini dalam dunia nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. B. Günay, E. Öztürk, T. Çavdar, Y. S. Hanay, and A. ur R. Khan, "Vehicular ad hoc network (VANET) localization techniques: a survey," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, pp. 3001–3033, 2021.
- [2] S. Arif Putra, "Virtual Reality's Impacts on Learning Results in 5.0 Education : a Meta-Analysis," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 1, no. 1, pp. 10–18, 2022.
- [3] N. M. Nila Febrianti and G. S. Darma, "Millennials' Intention to Invest through Securities Crowdfunding Platform," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 1, pp. 19–30, Jan. 2023, doi: 10.34306/att.v5i1.280.
- [4] Zulham, Z. Lubis, M. Zarlis, and M. R. Aulia, "Performance Analysis of Oil Palm Companies Based on Barcode System through Fit Viability Approach: Long Work as A Moderator Variable," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 1, pp. 40–52, Jan. 2023, doi: 10.34306/att.v5i1.288.
- [5] O. S. Al-Heety, Z. Zakaria, M. Ismail, M. M. Shakir, S. Alani, and H. Alsariera, "A comprehensive survey: Benefits, services, recent works, challenges, security, and use cases for sdn-vanet," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 91028–91047, 2020.
- [6] D. S. Wuisan and T. Handra, "Maximizing Online Marketing Strategy with Digital Advertising," *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.34306/sabda.v2i1.275.
- [7] L. Sari, S. D. Nugroho, and N. Yuliati, "Penerapan Hazard Analysis Critical Control Point pada Proses Produksi Udang Cooked Peeled Tail On Di PT. X," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 381–398, Dec. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i3.1916.
- [8] U. Rahardja, "Penerapan Teknologi Blockchain Dalam Pendidikan Kooperatif Berbasis E-Portfolio," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 354–363, Dec. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i3.1957.
- [9] Hendriyati Haryani, S. M. Wahid, A. Fitriani, and M. faris Ariq, "Analisa Peluang Penerapan Teknologi Blockchain dan Gamifikasi pada Pendidikan," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 163–174, Jan. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.250.
- [10] S. N. Kugali and S. Kadadevar, "Vehicular ADHOC Network (VANET):-A Brief Knowledge," *International Journal of Engineering and Technical Research*, vol. 9, no. 06, p. 2020, 2020.

-
- [11] I. Hidayat and F. O. S. Dewi, "Effect of Liquidity, Leverage, and Working Capital Turn on Profitability," *APTISI Transactions on Management (ATM)*, vol. 7, no. 1, pp. 60–68, Feb. 2022, doi: 10.33050/atm.v7i1.1832.
- [12] Z. Kedah, "Use of E-Commerce in The World of Business," *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.34306/sabda.v2i1.273.
- [13] N. P. A. Mentayani, I. P. Satwika, I. G. A. Pramesti Dwi Putri, A. A. I. I. Paramitha, and T. Tiawan, "Analisis Dan Perancangan User Interface Sistem Informasi Pembayaran Mahasiswa STMIK Primakara Berbasis Web," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 78–89, Apr. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i1.1850.
- [14] R. Abassi, "VANET security and forensics: Challenges and opportunities," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science*, vol. 1, no. 2, p. e1324, 2019.
- [15] K. Arora, M. Faisal, and I. Artikel, "The Use of Data Science in Digital Marketing Techniques: Work Programs, Performance Sequences and Methods," *Startupreneur Business Digital (SABDA)*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: 10.34306/s.
- [16] W. A. Nurasniar, "Employee Performance Improvement Through Competence and Organizational Culture with Work Motivation as A Mediation Variable," *APTISI Transactions on Management (ATM)*, vol. 6, no. 2, pp. 121–131, Nov. 2021, doi: 10.33050/atm.v6i2.1743.
- [17] D. S. S. Wuisan and T. Mariyanti, "Analisa Peran Triple Helik dalam Mengatasi Tantangan Pendidikan di Era Industri 4.0," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 123–132, Jan. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.258.
- [18] I. Utomo, P. H. Trisnawan, and R. A. Siregar, "Simulasi dan Evaluasi Kinerja Protokol Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (DREAM) Pada Vehicular Ad-hoc Network (VANET) Untuk Komunikasi Kendaraan dengan Infrastruktur," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 12, pp. 10939–10948, 2019.
- [19] N. Lutfiani and L. Meria, "Utilization of Big Data in Educational Technology Research," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 1, no. 1, pp. 73–83, 2022.
- [20] Gleny and I. Bernardo, "Research on the Intention to Purchase of Fabric Saints : Based on the Theory of Consumption Value, Green Purchase Intention, and Green Purchase Behaviour," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 1, pp. 31–39, Jan. 2023, doi: 10.34306/att.v5i1.287.
- [21] T. Widiastuti, K. Karsa, and C. Juliane, "Evaluasi Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap Pelayanan Akademik Menggunakan Metode Klasifikasi Algoritma C4.5," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 364–380, Dec. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i3.1932.
- [22] N. D. K. P. D. Dewi, "Penerapan Algoritma Semut pada Protokol Routing AOMDV untuk Optimasi Pencarian Rute di Jaringan VANET," *Publikasi Tugas Akhir S-1 PSTI FT-UNRAM*, 2020.
- [23] A. Singh Bist, "The Importance of Building a Digital Business Startup in College," *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.34306/sabda.
-

- [24] H. Seliem, R. Shahidi, M. H. Ahmed, and M. S. Shehata, "On the end-to-end delay in a one-way VANET," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 68, no. 9, pp. 8336–8346, 2019.
- [25] R. A. Pratama, L. Rosselina, D. Sulistyowati, R. F. Sari, and R. Harwahyu, "Performance evaluation on vanet routing protocols in the way road of central jakarta using ns-3 and sumo," in *2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, IEEE, 2020, pp. 280–285.
- [26] A. Chinnasamy, B. Sivakumar, P. Selvakumari, and A. Suresh, "Minimum connected dominating set based RSU allocation for smartCloud vehicles in VANET," *Cluster Comput*, vol. 22, pp. 12795–12804, 2019.
- [27] M. A. R. Abdeen, A. Beg, S. M. Mostafa, A. AbdulGhaffar, T. R. Sheltami, and A. Yasar, "Performance Evaluation of VANET Routing Protocols in Madinah City," *Electronics (Basel)*, vol. 11, no. 5, p. 777, 2022.
- [28] U. Rahardja, N. Lutfiani, E. P. Harahap, and L. Wijayanti, "iLearning: Metode Pembelajaran Inovatif di Era Education 4.0," *Technomedia J*, vol. 4, no. 2, pp. 261–276, 2021.
- [29] R. Hardjosubroto, U. Rahardja, N. A. Santoso, and W. Yestina, "Penggalangan Dana Digital Untuk Yayasan Disabilitas Melalui Produk UMKM Di Era 4.0," *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, 2020.
- [30] R. E. Santoso, F. P. Oganda, E. P. Harahap, and N. I. Permadi, "Pemanfaatan Penggunaan Hyperlocal Marketing bagi Startup Bidang Kuliner di Tangerang," *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, vol. 2, no. 2, pp. 60–65, 2021.