

Implementasi Protokol *Routing Ad-Hoc On Demand Distance Vector* (AODV) Pada Jaringan VANETS di JL. Jend. Sudirman Purwokerto

1st Abdul Fatah Amrulloh
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
abdulfatah2660502@gmail.com

2nd Daffa Akhdan Afif
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
daffadan33@gmail.com

3rd Yusril Ardanis
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
yusrilardanis7@gmail.com

4th Eko Fajar Cahyadi, S.T.,M.T.,Ph.D.
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
ekofajarcahyadi@ittelkom-pwt.ac.id

5th Jafarudin Gusti Amri Ginting,
S.T.,M.T.
Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
jafargustiamri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Kemacetan dan kecelakaan lalu lintas yang terus meningkat di kawasan perkotaan akibat pertambahan jumlah kendaraan menjadi isu serius yang membutuhkan solusi teknologi cerdas. Salah satu pendekatan efektif adalah penerapan komunikasi antar kendaraan (V2V) melalui jaringan *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANETS) dengan protokol routing AODV yang bersifat reaktif. Penelitian ini mensimulasikan performa protokol AODV menggunakan dua perangkat lunak, yaitu SUMO untuk memodelkan lalu lintas dan OMNeT++ untuk menganalisis komunikasi jaringan. Pengujian dilakukan pada peta nyata Jl. Jend. Sudirman Purwokerto dengan variasi jumlah kendaraan dan kecepatan. Parameter evaluasi mencakup *Throughput*, *Packet Delivery Ratio* (PDR), dan *End-to-End Delay* (EED). Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan mampu meningkatkan *throughput* hingga titik optimal, tetapi PDR menurun dari 4,85% menjadi 4,19% saat kepadatan tinggi. Selain itu, kecepatan kendaraan juga berdampak pada kestabilan rute, dengan EED meningkat dari 94,7 ms menjadi 119,2 ms. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun AODV cukup adaptif, performanya masih dipengaruhi oleh dinamika mobilitas dan kondisi topologi jaringan, sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut untuk skenario lalu lintas perkotaan.

Kata kunci — *aodv, vanets, sumo, omnet++, throughput, pdr*

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di wilayah perkotaan setiap tahun menyebabkan meningkatnya tingkat kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Hal ini menjadi tantangan serius yang memerlukan solusi berbasis teknologi cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan transportasi. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET), yang memungkinkan komunikasi antar kendaraan (V2V) dan antara kendaraan dengan infrastruktur (V2I) secara *real-time*. Dalam sistem ini, setiap kendaraan berperan sebagai *node* dalam jaringan nirkabel yang bersifat dinamis dan terdistribusi. Untuk mendukung efisiensi komunikasi

tersebut, protokol routing *Ad-Hoc On Demand Distance Vector* (AODV) digunakan karena bersifat reaktif, yakni membentuk rute hanya saat dibutuhkan [1]. Studi terdahulu telah mengevaluasi berbagai protokol routing, namun masih terbatas pada lingkungan simulasi acak atau jalan tol. Penelitian ini menghadirkan pendekatan berbasis peta nyata kawasan Jl. Jend. Sudirman Purwokerto, yang merepresentasikan lalu lintas perkotaan sesungguhnya. Simulasi dilakukan dengan integrasi SUMO sebagai pemodel lalu lintas dan OMNeT++ sebagai simulator komunikasi jaringan. Tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi performa AODV dalam skenario perkotaan dinamis dengan parameter evaluasi berupa *throughput*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *end-to-end delay* (EED), guna mengetahui sejauh mana efektivitas AODV dalam mendukung konektivitas stabil dalam kondisi lalu lintas yang padat dan berubah-ubah.

II. KAJIAN TEORI

A. Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)

VANET merupakan jaringan komunikasi nirkabel yang memungkinkan kendaraan saling berkomunikasi secara langsung tanpa infrastruktur tetap. Setiap kendaraan dalam jaringan berfungsi sebagai *node* yang dapat bertukar informasi terkait lalu lintas, kecelakaan, maupun peringatan dini secara *real-time*. VANET memiliki karakteristik mobilitas tinggi dan topologi jaringan yang selalu berubah, sehingga menuntut penggunaan protokol komunikasi yang tangguh dan adaptif. Teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan lalu lintas, serta menjadi bagian dari pengembangan sistem transportasi cerdas (ITS) [2].

B. Protokol Routing AODV

Ad-Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) adalah protokol routing reaktif yang hanya membentuk jalur komunikasi ketika dibutuhkan. Protokol ini menggunakan tiga jenis pesan utama: *Route Request* (RREQ), *Route Reply* (RREP), dan *Route Error* (RERR). AODV mencari rute

secara dinamis saat permintaan komunikasi terjadi, dan mempertahankan jalur tersebut hanya selama sesi komunikasi berlangsung. Karakteristik ini membuat AODV efisien untuk jaringan dengan perubahan topologi yang cepat seperti pada lingkungan VANET [3].

C. Simulator SUMO dan OMNeT++

Simulation of Urban Mobility (SUMO) adalah simulator lalu lintas mikroskopik *open-source* yang digunakan untuk memodelkan pergerakan kendaraan berdasarkan data peta nyata. SUMO memungkinkan pengguna untuk menyimulasikan kondisi lalu lintas aktual, termasuk persimpangan, kecepatan kendaraan, dan kepadatan [4]. OMNeT++ merupakan simulator jaringan modular yang digunakan untuk mensimulasikan komunikasi antar *node* kendaraan. Dengan dukungan pustaka seperti Veins, OMNeT++ dapat diintegrasikan dengan SUMO untuk mensimulasikan skenario VANET secara lengkap, baik dari sisi mobilitas maupun komunikasi [5].

D. Parameter Evaluasi (*Throughput*, PDR, EED)

Penelitian ini mengevaluasi performa protokol AODV menggunakan tiga parameter utama, yaitu:

1. *Throughput* adalah ukuran jumlah data yang berhasil diterima oleh penerima dalam satuan waktu, mencerminkan efisiensi jaringan dalam memproses lalu lintas data [6]. Perhitungan *throughput* bisa dilakukan dengan perumusan:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data diterima}}{\text{Waktu pengiriman data}}$$

2. *Packet Delivery Ratio* (PDR) merupakan perbandingan antara jumlah paket yang berhasil diterima dengan jumlah paket yang dikirim, mencerminkan tingkat keberhasilan pengiriman data [7]. Perhitungan PDR dapat dilakukan dengan menggunakan perumusan:

$$\text{PDR} = \frac{\text{Jumlah Paket diterima}}{\text{Jumlah Paket dikirim}}$$

3. *End-to-End Delay* (EED) adalah waktu rata-rata yang diperlukan sebuah paket untuk dikirim dari pengirim ke penerima, mencerminkan latensi dalam jaringan [8]. Perhitungan *end-to-end delay* dapat dilakukan dengan menggunakan perumusan:

$$\text{End-to-end delay} = t_{\text{arrival}} - t_{\text{send}}$$

dimana:
 t_{arrival} : Waktu Pengiriman Paket
 t_{send} : Waktu Paket diterima

Ketiga parameter ini digunakan untuk mengukur kualitas layanan (QoS) dan kinerja protokol dalam kondisi jaringan kendaraan yang dinamis.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja protokol *Ad-Hoc On-Demand Distance Vector* (AODV) pada jaringan komunikasi kendaraan atau *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) menggunakan pendekatan berbasis simulasi. Studi dilakukan pada wilayah Jl. Jend. Sudirman, Purwokerto, yang merupakan jalan utama dengan tingkat kepadatan lalu lintas tinggi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental melalui simulasi perangkat lunak untuk mendapatkan hasil berbasis data numerik dan grafik.

Langkah-langkah penelitian dimulai dari pengumpulan data geografis berupa peta jalan menggunakan

OpenStreetMap (OSM), lalu dilakukan proses simulasi lalu lintas dengan *Simulation of Urban Mobility* (SUMO). Setelah itu, skenario jaringan diuji menggunakan OMNeT++, yaitu simulator komunikasi jaringan yang telah dikonfigurasi dengan *library* Veins untuk mendukung simulasi *vehicle-to-vehicle* (V2V) dan *vehicle-to-infrastructure* (V2I). Visualisasi hasil dilakukan melalui website berbasis *Flask* dan *SocketIO* pada server Replit.

Sumber data yang digunakan adalah data sekunder, yaitu data simulasi yang diperoleh dari perangkat lunak. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan eksperimen simulasi. Variabel yang dimodifikasi adalah jumlah kendaraan (10, 25, dan 50) serta kecepatan kendaraan (30 km/h hingga 50 km/h), sedangkan variabel tetap adalah protokol yang digunakan, yaitu AODV, serta jumlah Road Side Unit (RSU) yang diset tetap satu unit.

Waktu penelitian dilakukan selama lima bulan, dimulai dari Oktober 2024 hingga April 2025, mencakup tahap persiapan, perencanaan skenario simulasi, pengujian, dan analisis hasil. Evaluasi dilakukan terhadap tiga parameter utama: *Throughput*, *Packet Delivery Ratio* (PDR), dan *End-to-End Delay* (EED).

Simulasi dilakukan secara berulang untuk tiap skenario guna memperoleh hasil yang valid dan reliabel. Hasil simulasi disimpan dan diolah dalam bentuk grafik dan tabel untuk dianalisis secara komparatif. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran performa aktual dari AODV dalam kondisi lalu lintas yang padat dan dinamis.

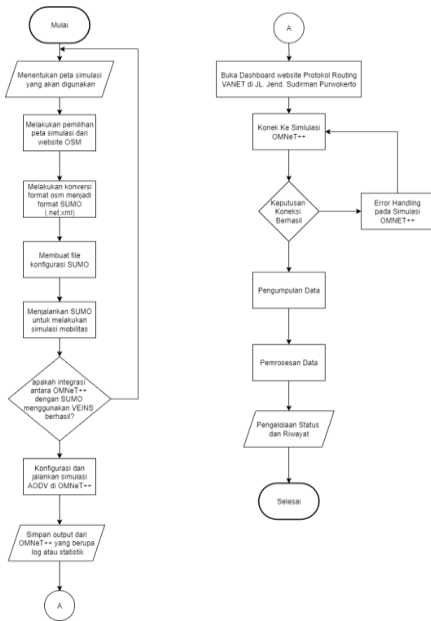
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil simulasi dan analisis performa protokol AODV pada jaringan VANET berdasarkan dua skenario utama: variasi jumlah kendaraan dan variasi kecepatan kendaraan. Simulasi dilakukan menggunakan peta nyata Jl. Jend. Sudirman Purwokerto melalui integrasi perangkat lunak SUMO dan OMNeT++, serta menggunakan pustaka Veins sebagai penghubung antara simulasi lalu lintas dan jaringan.

A. Alur Sistem Simulasi

GAMBAR 1

ALUR KERJA SISTEM menunjukkan alur kerja sistem simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini. Proses dimulai dari pengambilan peta menggunakan *OpenStreetMap* (OSM), konversi peta ke format SUMO, simulasi lalu lintas di SUMO, integrasi ke OMNeT++ menggunakan Veins, hingga analisis performa jaringan dan visualisasi hasil.



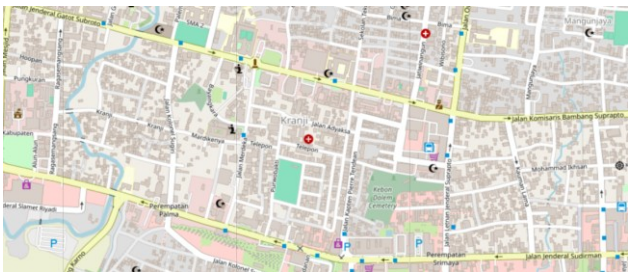
GAMBAR 1
ALUR KERJA SISTEM

Sistem simulasi VANET dalam penelitian ini dirancang secara terintegrasi untuk mencerminkan kondisi lalu lintas perkotaan yang realistis. Proses simulasi dimulai dari pengambilan data peta wilayah Jl. Jend. Sudirman, Purwokerto menggunakan *OpenStreetMap* (OSM), kemudian diekstrak dan dikonversi ke format *.net.xml* menggunakan Python dan pustaka *OSMnx*. Peta lalu dikonfigurasi dan dimasukkan ke dalam *Simulation of Urban Mobility* (SUMO) untuk menyimulasikan pergerakan kendaraan berdasarkan parameter jumlah dan kecepatan kendaraan.

SUMO dihubungkan ke OMNeT++ melalui *middleware* Veins. Protokol routing AODV kemudian dijalankan di dalam OMNeT++ untuk mengatur komunikasi antar *node* kendaraan. Hasil dari OMNeT++ direkam dalam bentuk *log*, yang kemudian ditampilkan secara *real-time* melalui website monitoring yang dibangun menggunakan *framework* *Flask*, *SocketIO*, dan *React.js*. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau *throughput*, *packet delivery ratio* (PDR), dan *end-to-end delay* (EED) secara langsung.

B. Tampilan Peta dan Hasil Simulasi

TAMPILAN PETA *SIMULASI* memperlihatkan peta wilayah yang digunakan dalam simulasi. Peta tersebut diambil dari *OpenStreetMap* (OSM) dan menampilkan area Jl. Jend. Sudirman, Purwokerto yang merupakan salah satu jalur tersibuk di pusat kota. Jalur simulasi membentuk lintasan melingkar yang dimulai dari Jl. Jend. Gatot Subroto, kemudian menyusuri Jl. Suprpto, dilanjutkan ke Jl. Jend. Sudirman, dan kembali melalui Jl. Masjid hingga ke titik awal. Panjang total lintasan yang digunakan dalam skenario simulasi ini sekitar 4,2 km. Jalur tersebut dipilih karena mencerminkan kondisi lalu lintas perkotaan yang kompleks, dengan banyak persimpangan dan variasi kepadatan kendaraan.

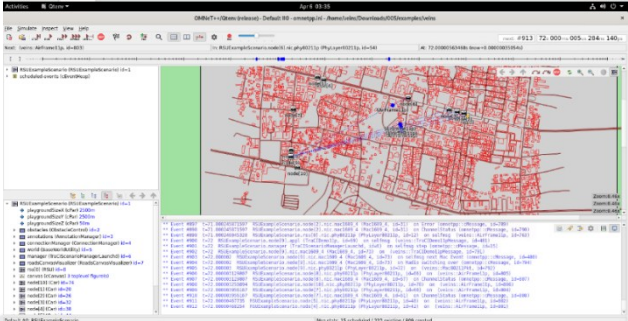


GAMBAR 2
TAMPILAN PETA SIMULASI

GAMBAR 3

HASIL SIMULASI OMNeT++ menunjukkan hasil visualisasi simulasi jaringan komunikasi menggunakan OMNeT++ yang terintegrasi dengan data mobilitas dari SUMO. Tampilan ini dibagi menjadi dua bagian utama: bagian atas menunjukkan topologi jalan dengan node komunikasi berwarna biru yang tersebar di sepanjang Jl. Sudirman, sedangkan bagian bawah menampilkan log aktivitas komunikasi antar node dalam bentuk teks. Panel kiri pada tampilan OMNeT++ memperlihatkan struktur modul simulasi secara hierarkis, termasuk node kendaraan dan RSU yang terlibat.

Visualisasi ini memberikan gambaran nyata bagaimana komunikasi kendaraan-ke-kendaraan (V2V) dan kendaraan-ke-infrastruktur (V2I) berlangsung dalam lingkungan lalu lintas dinamis. Warna dan simbol berbeda pada log menunjukkan jenis pesan yang dipertukarkan, seperti Route Request (RREQ), Route Reply (RREP), dan Route Error (RERR), yang penting untuk analisis performa protokol routing AODV dalam VANETs.



GAMBAR 3
HASIL SIMULASI OMNeT++

Tabel Skenario Simulasi

Penelitian ini menggunakan dua skenario pengujian untuk mengukur pengaruh variasi parameter terhadap performa protokol AODV.

TABEL
SKENARIO 1

Jumlah Node	Kecepatan (Km/jam)	Jumlah RSU	Parameter Pengujian
10	35	1	Throughput, EED, dan PDR
25	35	1	Throughput, EED, dan PDR
50	35	1	Throughput, EED, dan PDR

Skenario 1 bertujuan mengukur dampak jumlah kendaraan terhadap parameter kualitas layanan jaringan.

Jumlah kendaraan divariasikan menjadi 10, 25, dan 50 dengan kecepatan tetap 35 km/jam, serta hanya menggunakan satu RSU.

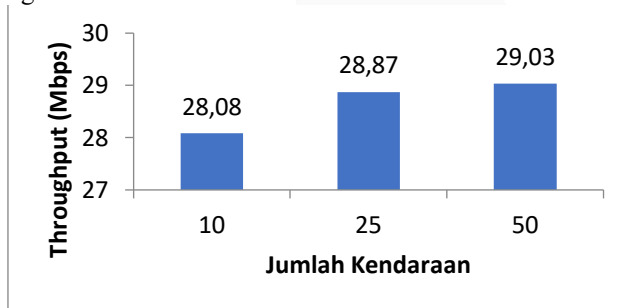
TABEL
SKENARIO 2

Jumlah Node	Kecepatan (Km/jam)	Jumlah RSU	Parameter Pengujian
35	30	1	Throughput, EED, dan PDR
35	40	1	Throughput, EED, dan PDR
35	50	1	Throughput, EED, dan PDR

Skenario 2 bertujuan mengukur dampak kecepatan kendaraan terhadap performa jaringan. Dalam skenario ini, jumlah kendaraan tetap sebanyak 35 unit, namun kecepatan divariasikan ke 30, 40, dan 50 km/jam, dengan tetap menggunakan satu RSU.

D. Pengaruh Jumlah Kendaraan terhadap *Throughput*

Berdasarkan hasil simulasi, *throughput* mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah kendaraan, terutama dari 10 ke 25 node. Namun, pada jumlah 50 node, *throughput* mulai menunjukkan penurunan akibat meningkatnya interferensi dan tabrakan sinyal dalam jaringan.



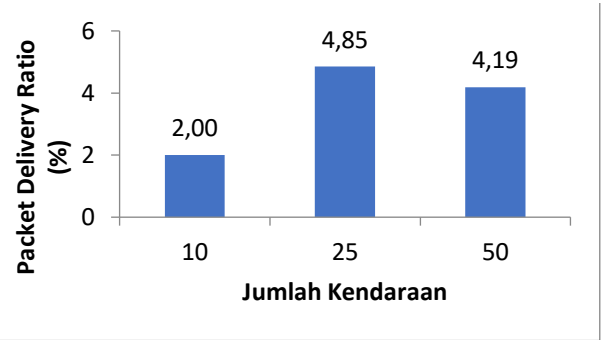
GAMBAR 4

GRAFIK PENGUJIAN *THROUGHPUT* SKENARIO 1

Peningkatan *throughput* pada jumlah node menengah (25 kendaraan) menunjukkan titik optimal dalam kapasitas jaringan untuk memproses data. Namun, ketika beban jaringan terlalu tinggi, efisiensi jaringan menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa VANET memiliki keterbatasan pada tingkat densitas tertentu sebelum performa menurun drastis.

E. Pengaruh Jumlah Kendaraan terhadap *Packet Delivery Ratio* (PDR)

Simulasi menunjukkan bahwa PDR menurun dari 4,85% menjadi 4,19% ketika jumlah kendaraan meningkat dari 10 ke 50. Penurunan ini terjadi karena kepadatan node menyebabkan banyak paket data hilang akibat kemacetan jalur komunikasi atau kegagalan routing dinamis AODV.



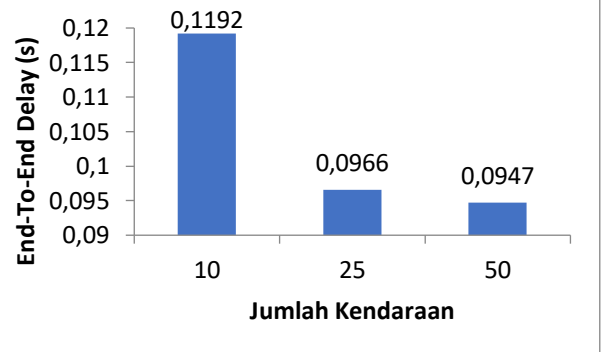
GAMBAR 5

PENGUJIAN *PACKET DELIVERY RATIO* SKENARIO 1

Hal ini menunjukkan bahwa protokol AODV memiliki keterbatasan dalam mempertahankan keandalan pengiriman data pada kondisi sangat padat, terutama karena topologi jaringan berubah sangat cepat.

F. Pengaruh Jumlah Kendaraan terhadap *End-to-End Delay* (EED)

Hasil menunjukkan bahwa nilai EED meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan, karena proses penemuan rute menjadi lebih kompleks dan waktu tunggu pada antrian paket bertambah.



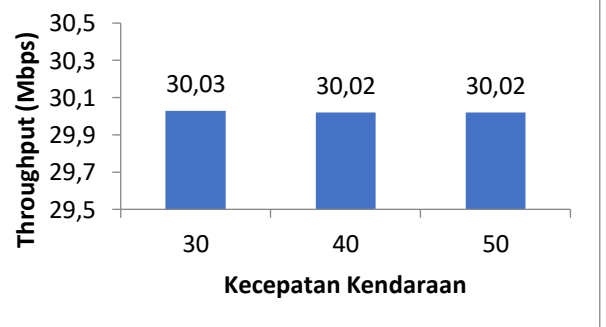
GAMBAR 6

PENGUJIAN *END-TO-END DELAY* SKENARIO 1

EED meningkat dari 94,7 ms menjadi 119,2 ms, mengindikasikan adanya keterlambatan transmisi yang signifikan pada kondisi padat. Ini berdampak pada aplikasi real-time seperti peringatan tabrakan, yang membutuhkan latensi rendah.

G. Pengaruh Kecepatan Kendaraan terhadap *Throughput*

Berdasarkan hasil simulasi pada Skenario 2, *throughput* relatif stabil pada ketiga variasi kecepatan kendaraan. Nilai *throughput* tercatat sebesar 30,03 Mbps pada kecepatan 30 km/jam, dan sedikit menurun menjadi 30,02 Mbps saat kecepatan meningkat ke 40 dan 50 km/jam. Penurunan ini sangat kecil dan dapat dianggap tidak signifikan secara praktis.



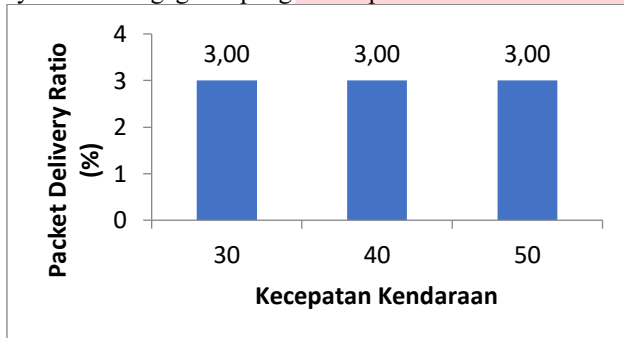
GAMBAR 7

PENGUJIAN *THROUGHPUT* SKENARIO 2

Stabilitas nilai *throughput* ini menunjukkan bahwa perubahan kecepatan kendaraan dalam rentang yang diuji (30–50 km/jam) tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kemampuan jaringan untuk mengirimkan data. Hal ini dapat dikaitkan dengan efektivitas protokol AODV dalam menjaga jalur komunikasi tetap aktif selama durasi transmisi, serta dukungan dari RSU yang membantu mengurangi potensi pemutusan jalur komunikasi.

H. Pengaruh Kecepatan Kendaraan terhadap *Packet Delivery Ratio* (PDR)

PDR menunjukkan penurunan seiring meningkatnya kecepatan kendaraan. Pada kecepatan 30 km/jam, nilai PDR tercatat relatif lebih tinggi dibanding saat kendaraan bergerak dengan kecepatan 50 km/jam. Penurunan ini menunjukkan bahwa laju mobilitas yang lebih tinggi meningkatkan kemungkinan terjadinya pemutusan jalur (*link break*) yang menyebabkan kegagalan pengiriman paket data.



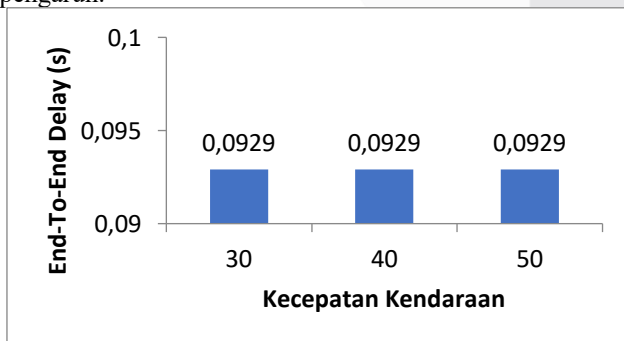
GAMBAR 8

PENGUJIAN *PACKET DELIVERY RATIO* SKENARIO 2

Protokol AODV yang bersifat reaktif cenderung membutuhkan waktu lebih lama untuk membentuk kembali jalur komunikasi saat terjadi perubahan topologi mendadak akibat kendaraan berpindah dengan cepat. Akibatnya, beberapa paket tidak sempat mencapai tujuan sebelum rute komunikasi berubah, sehingga menurunkan nilai PDR.

I. Pengaruh Kecepatan Kendaraan terhadap *End-to-End Delay* (EED)

End-to-End Delay (EED) pada skenario ini tercatat sama untuk semua variasi kecepatan, yaitu sebesar 0,0929 detik (atau 92,9 ms). Nilai yang konstan ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi perubahan kecepatan, waktu rata-rata pengiriman paket dari sumber ke tujuan tidak banyak terpengaruh.



GAMBAR 9

PENGUJIAN *END-TO-END DELAY* SKENARIO 2

Konsistensi nilai EED dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya kestabilan jumlah node (tetap 25 kendaraan) dan ketersediaan jalur alternatif dalam jaringan, sehingga ketika satu rute putus, node masih memiliki opsi jalur lain yang tidak terlalu menambah waktu

delay. Hal ini menunjukkan bahwa AODV masih mampu mengelola jalur komunikasi dengan baik dalam kondisi kecepatan yang bervariasi, selama jumlah node tidak terlalu besar.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini mengevaluasi performa protokol routing Ad-Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) dalam jaringan komunikasi kendaraan atau Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) menggunakan pendekatan simulasi berbasis peta nyata Jl. Jend. Sudirman Purwokerto. Simulasi dilakukan dengan mengintegrasikan SUMO sebagai pemodel lalu lintas dan OMNeT++ sebagai simulator jaringan komunikasi, yang dikombinasikan melalui pustaka Veins. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kendaraan dari 10 ke 25 node dapat meningkatkan *throughput*, namun performa jaringan mulai menurun pada kepadatan 50 kendaraan, sebagaimana terlihat dari penurunan *Packet Delivery Ratio* (PDR) dan peningkatan *End-to-End Delay* (EED). Sementara itu, variasi kecepatan kendaraan dari 30 hingga 50 km/jam tidak memberikan dampak signifikan terhadap *throughput* dan EED, namun memengaruhi PDR secara negatif akibat meningkatnya mobilitas dan ketidakstabilan rute komunikasi. Secara keseluruhan, AODV masih dapat diandalkan pada kondisi lalu lintas dengan mobilitas dan kepadatan sedang, namun memiliki keterbatasan dalam mempertahankan performa optimal pada kondisi ekstrem. Temuan ini menjadi dasar penting bagi pengembangan sistem komunikasi kendaraan cerdas yang lebih adaptif di masa depan.

REFERENSI

- [1] F. Aisya, P. H. Trisnawan, and R. A. Siregar, "Rekayasa Traffic Pada MANET Berdasarkan Tingkat Energi Di Suatu Node," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [2] R. Marten, D. P. Kartikasari, and F. A. Bakhtiar, "Analisis Pengaruh Node Density pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET) dengan menggunakan Protokol Routing Dynamic Source Routing (DSR) di Model Jalan Perkotaan," vol. 6, no. 11, pp. 5123–5128, 2022, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [3] st Fahmi, nd Yulita Salim, and rd Ramdan Satra, "Analisis Quality of Service Menggunakan Delay, Packet Loss, Jitter dan Mean Opinon Score pada Voice Over IP," *Pros. SAKTI (Seminar Ilmu Komput. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 2, pp. 93–96, 2018, [Online]. Available: <https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/SAKTI/article/view/1828>
- [4] R. Aji Pratama, L. Rosselina, D. Sulistyowati, R. Fitri Sari, and R. Harwahyu, "Performance Evaluation on VANET Routing Protocols in the Way Road of Central Jakarta using NS-3 and SUMO," *Proc. - 2020 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. IT Challenges Sustain. Scalability, Secur. Age Digit. Disruption, iSemantic 2020*, pp.280–285,2020, doi: 10.1109/iSemantic50169.2020.9234202.
- [5] C. Sommer *et al.*, *Veins: The open source vehicular network simulation framework*. 2019. doi: 10.1007/978-3-030-12842-5_6.
- [6] A. Ananda, F. W. Ginting, K. Putri, K. Lahagu, and S. K. Halawa, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet Wireless Lan Pada Layanan Indihome," *J. Ilm. Multidisiplin Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–30, 2023, doi:

10.61674/jimik.v1i1.111.

[7] A. J. T. Segara, A. Wijayanto, M. A. Gustalika, and A. D. Ramadhani, "Implementasi Mobile Ad-Hoc Network Pada Daerah Pasca Bencana Dengan Protokol DSR," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 4, p. 834, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i4.4508.

[8] M. H. Ridwan, A. Solehudin, and C. Rozikin, "Analisis Quality of Service (Qos) Jaringan Wireless Dengan Penerapan Pcq (Studi Kasus : Kantor Kecamatan Kemang)," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3293–3309, 2024.

