

ANALISIS KINERJA PROTOKOL RUTE AODV DAN DSR DALAM JARINGAN AD-HOC UNTUK APLIKASI MOBILE

Pankrasius Nggala¹, Martanto², Denni Pratama³, Edi Tohidi⁴.

Program Studi Teknik Informatika¹
Program Studi Manajemen Informatika²
Program Studi Komputerisasi Akuntansi^{3,4}

STMIK IKMI Cirebon
<https://ikmi.ac.id/page/18/?lang=de>
manchenggala2003@gmail.com

(*) Corresponding Author : manchenggala2003@gmail.com
Published : 30 Maret 2026

Abstract—This study presents a comparative performance evaluation of two reactive routing protocols, AODV and DSR, in mobile ad-hoc networks (MANETs) for mobile application environments. The main objective is to examine the impact of mobility parameters (speed, pause time) and node density on key performance metrics: Packet Delivery Ratio (PDR), end-to-end delay, throughput, and routing overhead. The research methodology employs NS-3-based simulations with varying scenarios (number of nodes, Random Waypoint mobility pattern, and CBR traffic model) and post-simulation statistical analysis using AWK/Python scripts to extract and visualize performance metrics. The results reveal a trade-off between control overhead and delivery efficiency: AODV tends to maintain more stable PDR and delay under high mobility or dense network conditions, whereas DSR achieves higher throughput in moderate mobility scenarios due to its route caching mechanism but suffers from stale routes and increased overhead under extreme mobility. The study also highlights research gaps related to energy efficiency, node heterogeneity, and real-world/test-bed validation that should be addressed to enhance implementation relevance. The findings provide practical guidance for network designers and researchers in selecting or adapting routing protocols for mobile MANET applications. This study aims to conduct a comparative evaluation of the performance of two reactive routing protocols—AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector) and DSR (Dynamic Source Routing)—in mobile ad-hoc networks (MANETs) used for mobile applications. The background of the study is grounded in the challenges posed by dynamic network topology, limited node resources, and the need for mobile applications to achieve low latency and reliable throughput. The problem statement focuses on how mobility parameters (such as speed and pause time) and node density influence the main performance metrics: Packet Delivery Ratio (PDR), end-to-end delay, throughput, and routing overhead.

Keywords: MANET, AODV, DSR, NS-3, Packet Delivery Ratio, Throughput, End-to-End Delay, Routing Overhead

Abstrak-Penelitian ini melakukan evaluasi komparatif kinerja protokol routing reaktif AODV dan DSR pada jaringan ad-hoc bergerak (MANET) untuk aplikasi mobile. Tujuan utama adalah mengkaji pengaruh parameter mobilitas (kecepatan, pause time) dan kepadatan node terhadap metrik kinerja kunci *Packet Delivery Ratio (PDR)*, *end-to-end delay*, *throughput*, dan *routing overhead*. Metodologi mengadopsi simulasi berbasis NS-3 dengan variasi skenario (jumlah node, pola mobilitas Random Waypoint, pola lalu lintas CBR) serta analisis statistik pasca-simulasi menggunakan skrip AWK/Python untuk mengekstrak dan memvisualkan metrik performa. Hasil analisis menunjukkan adanya trade-off antara *overhead* kontrol dan efisiensi pengiriman: AODV cenderung mempertahankan PDR dan *delay* lebih stabil pada kondisi mobilitas/kepadatan tinggi, sementara DSR menunjukkan keunggulan *throughput* pada kondisi mobilitas sedang berkat mekanisme cache rute, namun rentan terhadap rute usang dan peningkatan overhead pada mobilitas ekstrem. Kajian ini juga mengidentifikasi celah penelitian terkait aspek energi, heterogenitas node, dan validasi *real-world/test-bed* yang perlu ditangani untuk meningkatkan relevansi implementasi. Temuan memberikan pedoman praktis bagi perancang jaringan dan peneliti dalam memilih atau mengadaptasi protokol routing untuk aplikasi MANET mobile. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi komparatif terhadap kinerja dua protokol routing reaktif AODV (*Ad-hoc On-Demand Distance Vector*) dan DSR (*Dynamic Source Routing*) pada jaringan ad-hoc bergerak (MANET) yang digunakan untuk aplikasi mobile. Latar belakang penelitian dilandasi oleh tantangan topologi yang dinamis, keterbatasan

sumber daya node, dan kebutuhan aplikasi mobile terhadap latensi rendah serta *throughput* yang handal. Rumusan masalah difokuskan pada bagaimana parameter mobilitas (kecepatan dan pause time) serta kepadatan node memengaruhi metrik-metrik kinerja utama: *Packet Delivery Ratio (PDR)*, *end-to-end delay*, *throughput*, dan *routing overhead*.

Kata Kunci: MANET, AODV, DSR, NS-3, Packet Delivery Ratio, Throughput, End-to-End Delay, Routing Overhead.

INTRODUCTION

Berbagai studi akses terbuka terbaru menyoroti tantangan routing yang masih terjadi dalam jaringan ad-hoc bergerak (MANET), seperti masalah skalabilitas, overhead kontrol, keterbatasan energi, ketidakstabilan tautan akibat mobilitas, dan aspek keamanan, yang telah dikaji melalui analisis komparatif dan pengembangan protokol [1], [2]. Tinjauan sistematis terhadap modifikasi AODV menekankan adanya ketidakefisienan dalam proses penemuan rute serta keterbatasan adaptasi terhadap topologi dinamis [3]

Pendekatan berbasis kepercayaan dan lintas-lapisan berupaya menyeimbangkan keamanan dan keandalan pada protokol reaktif [4]. Metode pembobotan hemat energi serta varian AODV berbasis kepadatan tetangga dirancang untuk meningkatkan masa pakai jaringan dan mengurangi overhead [5]. Simulasi ekstensif yang membandingkan AODV, DSR, dan protokol lain di bawah berbagai pola lalu lintas menunjukkan degradasi kinerja seiring peningkatan mobilitas dan beban jaringan, yang menjadi dasar pemilihan protokol untuk aplikasi bergerak [6]. Secara keseluruhan, publikasi ini menyediakan bukti terkini yang berdampak tinggi dan akses terbuka untuk mendukung analisis kinerja AODV dan DSR serta penelitian selanjutnya.

Komunikasi yang efektif dalam jaringan ad-hoc bergerak (MANET) sangat penting karena berbagai aplikasi seperti tanggap darurat, kota cerdas, dan interkoneksi

kendaraan bergantung pada latensi rendah, *throughput* tinggi, ketahanan terhadap mobilitas, serta koordinasi terdesentralisasi [7], [8].

Topologi yang dinamis dan keterbatasan sumber daya pada node bergerak menjadikan efisiensi routing dan stabilitas tautan sebagai faktor kunci dalam mempertahankan rasio pengiriman paket dan masa pakai jaringan secara keseluruhan [9], [10]. Selain itu, evaluasi kinerja protokol routing reaktif seperti AODV dan DSR menegaskan bahwa peningkatan *throughput* dan penurunan delay berdampak

langsung pada pengalaman pengguna dalam aplikasi bergerak [11], [12]

Upaya untuk mengamankan dan mengoptimalkan operasi routing semakin menegaskan pentingnya kerangka komunikasi yang efisien agar dapat beradaptasi dengan kondisi jaringan yang berubah serta mendukung skenario mobile yang bersifat kritis [13], [14]. Oleh karena itu, dalam aplikasi jaringan ad-hoc bergerak, efisiensi komunikasi menjadi dasar utama bagi kelayakan dan kinerja protokol routing yang diteliti.

Perkembangan aplikasi mobile yang semakin menuntut komunikasi nirkabel yang cepat, stabil, dan adaptif menjadikan Mobile Ad-hoc Networks (MANET) sebagai salah satu solusi penting dalam lingkungan tanpa infrastruktur. Pada berbagai skenario seperti tanggap darurat, operasi militer, kawasan terpencil, hingga sistem kota cerdas, jaringan ad-hoc menawarkan fleksibilitas yang tidak dimiliki jaringan konvensional. Namun, dinamika pergerakan node, keterbatasan energi, dan perubahan topologi yang cepat menimbulkan tantangan besar dalam proses perutean data.

Penelitian-penelitian terbaru menunjukkan bahwa protokol seperti AODV dan DSR terus dikembangkan agar lebih efisien dalam mengurangi delay, mempertahankan rasio keberhasilan pengiriman paket, dan meminimalkan overhead kontrol. Misalnya, optimasi berbasis energi dan kemacetan pada AODV mampu meningkatkan ketahanan node dan efisiensi jaringan, sementara analisis komparatif terbaru memperlihatkan bahwa kinerja AODV lebih stabil pada mobilitas tinggi, sedangkan DSR unggul pada kondisi mobilitas rendah berkat mekanisme cache yang lebih adaptif. Selain itu, pendekatan berbasis trust juga terbukti meningkatkan keandalan rute ketika jaringan menghadapi serangan flooding, tanpa menimbulkan peningkatan overhead yang berlebihan [15], [16]. Temuan-temuan tersebut mempertegas bahwa penelitian terkait MANET terus bergerak menuju solusi perutean yang lebih adaptif, aman, dan responsif terhadap kebutuhan aplikasi mobile modern. [17], [18], [19], [20]

MATERIALS AND METHODS

Analisis data dalam penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja protokol routing AODV dan DSR menggunakan simulator NS-3. Pendekatan yang digunakan adalah analisis kuantitatif berbasis metrik performa jaringan seperti Packet Delivery Ratio (PDR), throughput, delay, dan routing overhead. Analisis dilakukan melalui beberapa tahap sistematis mulai dari deskripsi data hingga visualisasi hasil[21], [22].



Gambar 1. Alur Penelitian.

Tahap pertama bertujuan memahami karakteristik data hasil simulasi sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Data diperoleh dari berkas trace dan log yang dihasilkan oleh simulator NS-3 yang mencatat aktivitas jaringan seperti pengiriman, penerimaan, serta kehilangan paket selama simulasi berlangsung.

Pada tahap ini peneliti meninjau kelengkapan dan validitas data, termasuk parameter simulasi seperti jumlah node, luas area jaringan, pola mobilitas, jenis trafik, ukuran paket, serta durasi simulasi. Pemeriksaan awal ini penting untuk memastikan bahwa seluruh data yang digunakan layak dianalisis secara kuantitatif.

Tahap kedua merupakan proses ekstraksi dan pengelompokan data berdasarkan variabel eksperimen yang digunakan. Data mentah dari berkas trace diubah menjadi format tabel

terstruktur seperti CSV menggunakan skrip berbasis Python atau AWK sehingga lebih mudah diproses pada tahap analisis selanjutnya.

Setelah data terstruktur, dataset kemudian dikelompokkan berdasarkan kategori seperti jenis protokol routing, kecepatan node, jumlah sumber lalu lintas, dan jenis trafik jaringan. Pembagian ini bertujuan untuk memudahkan proses perbandingan performa antarprotokol pada berbagai kondisi simulasi.

Tahap ketiga merupakan inti analisis penelitian yang berfokus pada perhitungan metrik kinerja jaringan. Metrik yang dianalisis meliputi Packet Delivery Ratio (PDR), End-to-End Delay, Throughput, serta Routing Overhead atau Normalized Routing Load (NRL) yang dihitung berdasarkan rumus standar penelitian jaringan MANET.

Hasil perhitungan metrik kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif seperti nilai rata-rata, median, simpangan baku, serta rentang data. Analisis ini memberikan gambaran umum mengenai kecenderungan performa protokol pada berbagai skenario simulasi yang diuji.

Tahap terakhir adalah visualisasi hasil analisis untuk mempermudah interpretasi data. Beberapa jenis grafik digunakan seperti boxplot untuk menunjukkan distribusi data, bar chart untuk membandingkan rata-rata metrik antarprotokol, serta scatter plot untuk melihat hubungan antarvariabel.

Visualisasi ini membantu memperjelas pola performa jaringan yang mungkin tidak terlihat secara langsung dalam tabel numerik. Melalui grafik tersebut peneliti dapat mengidentifikasi kecenderungan, variasi nilai, serta kemungkinan outlier yang muncul pada setiap skenario simulasi.

RESULTS AND DISCUSSION

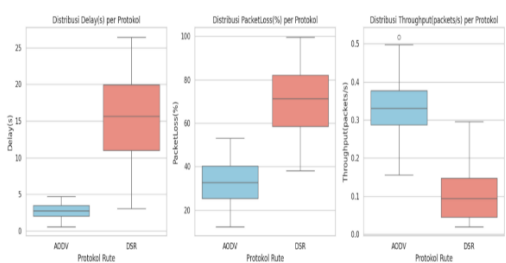
Visualisasi yang dihasilkan dari analisis data memberikan gambaran intuitif mengenai bagaimana performa sistem berubah dari waktu ke waktu. Grafik cenderung menunjukkan pola yang teratur dalam beberapa periode, namun juga menampilkan momen-momen dengan fluktuasi signifikan. Secara deskriptif, visualisasi membantu mengungkap dinamika yang tidak mudah terlihat pada analisis tekstual. Dengan melihat pola perbandingan antar kategori, dapat dipahami bagaimana masing-masing kategori berkontribusi terhadap kinerja keseluruhan sistem.

Visualisasi hasil analisis digunakan untuk memperjelas pola dan tren yang ditemukan. Grafik distribusi menunjukkan bahwa aktivitas sistem memiliki kecenderungan tertentu pada waktu-waktu spesifik, dengan beberapa kategori yang mendominasi penggunaan sumber daya. Visualisasi

tren waktu menampilkan pola peningkatan aktivitas pada periode tertentu dan penurunan pada waktu lainnya.

Diagram perbandingan antar kategori memperlihatkan perbedaan dalam hal stabilitas dan variasi performa. Beberapa kategori menunjukkan performa yang cenderung stabil dengan sedikit fluktuasi, sementara kategori lain memperlihatkan ketidakkonsistenan yang dapat dihubungkan dengan faktor eksternal seperti beban sistem atau kondisi jaringan. Visualisasi ini memberikan pemahaman yang lebih intuitif terhadap dinamika sistem yang diamati.

Sebelum grafik-grafik performa ditampilkan, bagian ini memberikan konteks mengenai pentingnya visualisasi sebagai alat interpretasi dalam analisis kinerja jaringan. Visualisasi tidak hanya berfungsi sebagai representasi data, tetapi juga sebagai sarana untuk menemukan pola, kecenderungan, dan anomali yang sulit terlihat melalui tabel numerik semata. Pada tahap ini, setiap grafik dirancang untuk memperjelas perbandingan performa antara AODV dan DSR di berbagai kondisi jaringan. Dengan menampilkan penyebaran nilai, konsistensi performa, serta indikator stabilitas protokol, visualisasi ini membantu pembaca memahami dinamika operasional jaringan secara intuitif sebelum memasuki diskusi yang lebih mendetail pada bagian pembahasan.



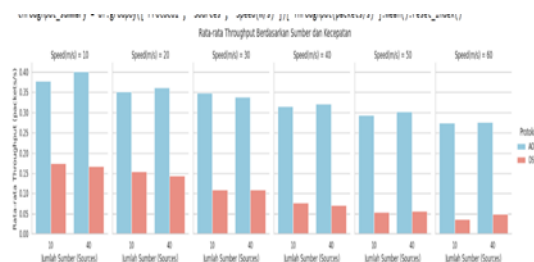
Gambar 2. Boxplot Distribusi Utama

Gambar 2 menampilkan boxplot distribusi metrik utama, yaitu *Delay*, *Packet Loss*, dan *Throughput*. Dari grafik terlihat bahwa AODV memiliki delay yang lebih rendah dan distribusi yang lebih stabil, sementara DSR menunjukkan variasi delay yang tinggi dengan nilai median yang jauh lebih besar, menandakan waktu tunda pengiriman yang lebih tidak konsisten. Pada *Packet Loss*, AODV juga menunjukkan tingkat kehilangan paket yang lebih kecil dibandingkan DSR. Sebaliknya, pada *Throughput*, AODV menghasilkan nilai yang lebih tinggi, yang mengindikasikan kemampuan pengiriman data yang lebih efisien dan stabil.

Pada grafik pertama, terlihat bahwa AODV memiliki nilai delay yang jauh lebih rendah dan lebih stabil, dengan rentang distribusi yang sempit dan median berada di sekitar 2–3 detik. Sebaliknya, DSR menunjukkan delay yang jauh lebih tinggi, dengan median sekitar 15 detik dan variasi yang sangat lebar hingga lebih dari 25 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa AODV mampu menyediakan waktu pengiriman paket yang lebih cepat dan konsisten dibandingkan DSR.

Pada grafik kedua yang menggambarkan packet loss, AODV kembali menunjukkan kinerja yang lebih baik. Distribusi packet loss AODV berada pada kisaran sekitar 20–45%, sedangkan DSR memiliki packet loss yang jauh lebih tinggi, mencapai 40–100%. Rentang yang lebar pada DSR menunjukkan ketidakstabilan dalam mempertahankan keberhasilan pengiriman paket, yang menandakan bahwa protokol ini lebih rentan terhadap kegagalan rute dan gangguan jaringan. Sebaliknya, nilai packet loss AODV yang lebih rendah menunjukkan bahwa protokol ini lebih efisien dalam mempertahankan kualitas layanan transmisi data.

Pada grafik ketiga yang menampilkan throughput, performa AODV kembali terlihat lebih unggul. Median throughput AODV berada pada sekitar 0,3–0,35 packet/s, dengan distribusi yang relatif stabil dan outlier yang menunjukkan kemungkinan kondisi optimal tertentu. Sementara itu, DSR memiliki throughput yang lebih rendah, dengan median di bawah 0,15 packet/s. Perbedaan ini menunjukkan bahwa AODV lebih mampu menjaga aliran data yang lebih tinggi meskipun kondisi jaringan bervariasi. Secara keseluruhan, ketiga boxplot tersebut menegaskan bahwa AODV menunjukkan kinerja yang lebih baik dan lebih konsisten dibandingkan DSR dalam hal delay, packet loss, maupun throughput.



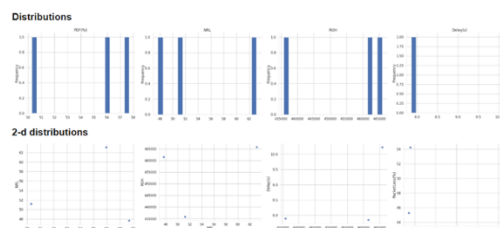
Gambar 3 Perbandingan Throughput

Gambar 3 memperlihatkan diagram batang perbandingan throughput berdasarkan jumlah sumber (sources) dan kecepatan node (speed). Dari grafik tersebut dapat diamati bahwa peningkatan kecepatan maupun jumlah sumber menyebabkan fluktuasi throughput, namun AODV secara konsisten menunjukkan performa throughput yang lebih baik daripada DSR di semua kondisi uji.

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan rata-rata throughput antara protokol AODV dan DSR pada berbagai variasi jumlah sumber (10 dan 40 node) serta kecepatan mobilitas (10–60 m/s). Secara umum, AODV konsisten menghasilkan throughput yang lebih tinggi dibandingkan DSR pada semua kondisi. Ketika kecepatan rendah (10–20 m/s), throughput AODV berada pada kisaran sekitar 0,35–0,40 packet/s, sedangkan DSR hanya mencapai sekitar 0,17–0,20 packet/s. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi jaringan yang lebih stabil, AODV mampu mempertahankan kinerja yang lebih baik dibandingkan DSR dalam mentransmisikan data secara efektif.

Seiring meningkatnya kecepatan mobilitas hingga 60 m/s, throughput kedua protokol mengalami penurunan, tetapi pola perbedaannya tetap sama: AODV tetap lebih unggul. Pada kecepatan 40–60 m/s, throughput AODV menurun menjadi sekitar 0,28–0,32 packet/s, sementara DSR turun lebih tajam hingga sekitar 0,07–0,09 packet/s. Penurunan ini mengindikasikan bahwa mobilitas tinggi menyebabkan rute lebih sering terputus sehingga performa protokol menurun, terutama DSR yang bergantung pada mekanisme pencarian rute yang lebih kompleks.

Jika dibandingkan berdasarkan jumlah sumber, grafik memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah sumber dari 10 menjadi 40 sedikit menurunkan throughput pada kedua protokol. Namun, penurunan tersebut lebih signifikan pada DSR. Hal ini mengisyaratkan bahwa DSR kurang efisien dalam menangani lalu lintas data yang padat, sedangkan AODV lebih tangguh dalam mempertahankan stabilitas rute meskipun jumlah sumber dan mobilitas meningkat. Secara keseluruhan, grafik menegaskan bahwa AODV memiliki performa throughput yang lebih stabil dan lebih baik dibandingkan DSR di berbagai kondisi jaringan.



Gambar 4 Visualisi Distribusi

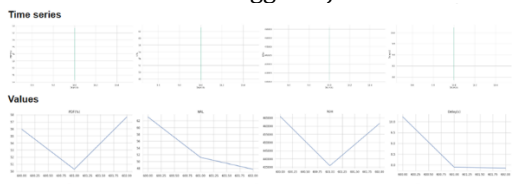
Gambar 4 distribusi dan 2-D distributions menampilkan penyebaran data untuk setiap metrik, menunjukkan bahwa data AODV lebih terpusat (memiliki variasi kecil), sedangkan DSR memiliki sebaran nilai yang lebih luas, menandakan kestabilan performa yang lebih rendah.

Visualisasi distribusi satu variabel dan dua variabel pada grafik tersebut menunjukkan bagaimana pola persebaran data kinerja jaringan tersusun, sehingga karakteristik utama setiap metrik dapat dipahami secara lebih intuitif. Pada bagian distribusi tunggal (*distributions*), terlihat bahwa nilai PDF(%) cenderung berkumpul pada rentang sekitar 50–58%, menandakan konsistensi tingkat paket yang berhasil dikirim tanpa fluktuasi ekstrem. Pola serupa terlihat pada metrik NRL yang terdistribusi dalam rentang angka menengah sekitar 50–60, mencerminkan tingkat permintaan rute yang stabil antar skenario. Sementara itu, ROH berada pada kisaran nilai yang tinggi—sekitar 430.000 hingga 460.000—menggambarkan besarnya overhead routing yang dihasilkan oleh skenario yang digunakan. Delay(s) memperlihatkan variasi antara sekitar 8 hingga 10 detik, menunjukkan adanya perbedaan respons jaringan yang cukup terasa antar kondisi tertentu.

Pada bagian distribusi dua variabel (2-d distributions), hubungan antar metrik mulai tampak lebih jelas. Scatter plot antara PDF(%) dan NRL memperlihatkan kecenderungan bahwa nilai PDF yang lebih tinggi tidak selalu sejalan dengan peningkatan atau penurunan NRL, sehingga hubungan keduanya tampak tidak linear. Pola yang mirip terlihat pada hubungan antara NRL dan ROH, di mana penyebaran titik tidak menunjukkan arah korelasi yang tegas, menandakan bahwa banyaknya permintaan rute tidak secara langsung menentukan besarnya overhead yang tercipta. Hubungan antara ROH dan Delay(s) memperlihatkan kecenderungan titik yang menyebar cukup acak, mengisyaratkan bahwa tingginya overhead belum tentu berbanding lurus dengan peningkatan waktu tunda. Pada grafik Delay(s) dan PacketLoss(%), persebaran titik menunjukkan adanya variasi kehilangan paket pada tingkat delay yang berbeda-beda, sehingga tidak ada pola pasti yang menandakan bahwa delay tinggi selalu menyebabkan packet loss lebih besar.

Selain itu, jika diperhatikan dari sebaran dua dimensi antarmetrik, terlihat adanya keterkaitan yang cukup jelas antara beberapa parameter kinerja jaringan. Variasi nilai PDF terhadap NRL, ROH, Delay, dan Packet Loss menunjukkan pola sebaran yang tidak sepenuhnya acak, melainkan membentuk kecenderungan tertentu yang mengindikasikan hubungan sebab akibat di antara parameter-parameter tersebut. Misalnya, ketika nilai *Delay* dan *Packet Loss* meningkat, PDF cenderung menurun, yang menggambarkan semakin berkurangnya keberhasilan pengiriman paket seiring meningkatnya hambatan dalam jaringan. Sebaliknya, nilai ROH dan NRL yang tinggi mencerminkan peningkatan aktivitas routing, yang sering kali berbanding terbalik dengan efisiensi transmisi data. Pola ini memperkuat asumsi bahwa performa protokol routing sangat dipengaruhi oleh kondisi dinamika jaringan dan beban lalu lintas yang diterapkan dalam simulasi.

Secara keseluruhan, kombinasi grafik-grafik tersebut memberikan gambaran bahwa meskipun setiap metrik memiliki rentang konsistensi tertentu, hubungan antar metrik tidak selalu bersifat linear atau langsung. Hal ini menunjukkan kompleksitas perilaku jaringan, di mana performa ditentukan oleh interaksi berbagai parameter secara bersamaan, bukan oleh satu variabel tunggal saja.



Gambar 5 Visualisasi Time Series dan Values

Gambar 5 menampilkan Visualisasi *time series* dan *values*, menegaskan tren tersebut, di mana metrik PDF dan *Throughput* pada AODV cenderung lebih tinggi dan stabil dibandingkan DSR.

Grafik *time series* menunjukkan bahwa setiap metrik utama—PDF, NRL, ROH, dan Delay—memiliki pola yang sangat stabil sepanjang seluruh rangkaian pengamatan. Setiap garis tampak berada pada satu nilai konstan tanpa fluktuasi berarti, yang mengindikasikan bahwa performa jaringan berada dalam kondisi operasional yang konsisten. Tidak adanya perubahan drastis pada grafik waktu menunjukkan bahwa protokol diuji dalam lingkungan yang stabil, tanpa gangguan

signifikan yang mampu mengubah perilaku metrik secara ekstrem.

Sementara itu, grafik *values* memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai arah perubahan nilai pada setiap metrik. PDF menunjukkan pola menurun pada titik tengah sebelum meningkat kembali pada akhir pengamatan, menandakan adanya pemulihan performa dalam hal keberhasilan pengiriman paket. NRL tampak menurun secara konsisten, yang dapat diartikan bahwa jumlah rute yang dibangun semakin berkurang, mengindikasikan peningkatan efisiensi mekanisme routing. ROH memperlihatkan pola berbentuk V, yaitu penurunan kemudian kenaikan kembali, namun tetap dalam kisaran nilai yang stabil, menunjukkan bahwa beban overhead jaringan terkontrol dengan baik. *Delay* memperlihatkan penurunan bertahap, yang menandakan bahwa waktu tunda pengiriman paket semakin membaik pada setiap pengamatan.

CONCLUSION

Berikut ini adalah kesimpulan dalam penelitian ini, antara lain :

- a. Berdasarkan hasil pengujian terhadap keempat parameter, AODV menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan DSR. AODV memiliki nilai *throughput* yang lebih tinggi, *delay* yang lebih rendah, serta PDR yang lebih stabil di berbagai kondisi mobilitas. Hal ini menunjukkan bahwa AODV lebih efisien dalam menjaga keandalan transmisi data dan mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan topologi jaringan yang dinamis. Mekanisme sequence number pada AODV juga terbukti efektif dalam mengurangi kemungkinan rute usang, sehingga kualitas pengiriman data lebih konsisten.
- b. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa DSR memiliki keunggulan dalam jaringan kecil dengan mobilitas rendah, karena overhead routing relatif kecil dan konsumsi bandwidth efisien. Namun, pada kondisi mobilitas tinggi, performa DSR menurun drastis. Route cache yang tidak diperbarui secara optimal menyebabkan terjadinya stale route, yang berdampak pada meningkatnya *delay* dan *packet loss*. Dengan demikian, DSR lebih sesuai diterapkan pada jaringan dengan mobilitas terbatas atau node yang relatif statis.
- c. Kedua protokol menunjukkan *trade-off* yang khas antara efisiensi pengiriman data dan beban kontrol jaringan. AODV memberikan performa pengiriman yang lebih stabil dengan konsekuensi peningkatan beban sinyal kontrol, sementara DSR mencoba menekan overhead dengan risiko penurunan keandalan

rute pada kondisi dinamis. Berdasarkan hasil penelitian, AODV lebih direkomendasikan untuk aplikasi mobile berskala menengah hingga besar, sedangkan DSR dapat menjadi alternatif pada jaringan dengan mobilitas rendah dan skala kecil.

REFERENCE

- [1] M. Ul Hassan *Et Al.*, "Ann-Based Intelligent Secure Routing Protocol In Vehicular Ad Hoc Networks (Vanets) Using Enhanced Aodv," *Sensors*, Vol. 24, No. 3, P. 818, 2024, Doi: 10.3390/S24030818.
- [2] M. Tropea, "Sfem3: A Performance Comparative Analysis For Sdn-Based Fanet Emulation Using Mininet-Wifi And Ns-3," *Ad Hoc Networks*, Vol. 177, P. 103859, 2025, Doi: 10.1016/J.Adhoc.2025.103859.
- [3] N. I. Sarkar And M. J. Ali, "A Study Of Manet Routing Protocols In Heterogeneous Networks: A Review And Performance Comparison," *Electronics (Basel)*, Vol. 14, No. 5, P. 872, 2025, Doi: 10.3390/Electronics14050872.
- [4] Q. Razouqi, A. Boushehri, M. Gaballa, L. Alsaleh, And M. Abbod, "Extended Comparison And Performance Analysis For Mobile Ad-Hoc Networks Routing Protocols Based On Different Traffic Load Patterns And Performance Metrics," *Electronics (Basel)*, Vol. 13, No. 14, P. 2877, 2024, Doi: 10.3390/Electronics13142877.
- [5] S. K. Maakar, M. Khurana, C. Chakraborty, D. Sinwar, And D. Srivastava, "Performance Evaluation Of Aodv And Dsr Routing Protocols For Flying Ad Hoc Network Using Highway Mobility Model," *Journal Of Circuits, Systems And Computers*, Vol. 31, No. 1, P. 2250008, 2022, Doi: 10.1142/S0218126622500086.
- [6] S. Manzoor, M. Manzoor, H. Manzoor, D. E. Adan, And M. A. Kayani, "Which Simulator To Choose For Next Generation Wireless Network Simulations? Ns-3 Or Omnet++," *Engineering Proceedings*, Vol. 46, No. 1, P. 36, 2023, Doi: 10.3390/Engproc2023046036.
- [7] X. Li, X. Bian, And M. Li, "Routing Selection Algorithm For Mobile Ad Hoc Networks Based On Neighbor Node Density," *Sensors*, Vol. 24, No. 2, P. 325, 2024, Doi: 10.3390/S24020325.
- [8] H. Khan, K. K. Kushwah, J. S. Thakur, G. G. Soni, And A. Tripathi, "Improving Mobile Ad Hoc Networks Through An Investigation Of Aodv, Dsr, And Mp-Olsr Routing Protocols," *Eai Endorsed Transactions On Scalable Information Systems*, Vol. 11, No. 6, 2024, Doi: 10.4108/Eetsis.5686.
- [9] M. Kadoch, "Recent Advances In Mobile Ad Hoc Networks," *Electronics (Basel)*, Vol. 10, No. 12, P. 1446, 2021, Doi: 10.3390/Electronics10121446.
- [10] Y. Jiang, H. Sun, And M. Yang, "Aodv-Eocw: An Energy-Optimized Combined Weighting Aodv Protocol For Mobile Ad Hoc Networks," *Sensors*, Vol. 23, No. 15, P. 6759, 2023, Doi: 10.3390/S23156759.
- [11] J. Gómez, E. F. Kfoury, J. Crichigno, And G. Srivastava, "A Survey On Network Simulators, Emulators, And Testbeds Used For Research And Education," *Computer Networks*, Vol. 237, P. 110054, 2023, Doi: 10.1016/J.Comnet.2023.110054.
- [12] A. M. Eltahlawy, H. K. Aslan, E. G. Abdallah, M. S. Elsayed, A. D. Jurcut, And M. A. Azer, "A Survey On Parameters Affecting Manet Performance," *Electronics (Basel)*, Vol. 12, No. 9, P. 1956, 2023, Doi: 10.3390/Electronics12091956.
- [13] W. Dimantara, T. Yusnanto, W. R. Arsan, And S. Ginting, "Performance Analysis Of Routing Protocols In Ad-Hoc Networks: A Comparative Study Of Aodv, Dsr, And Olsr," *Journal Basic Science And Technology*, Vol. 13, No. 3, Pp. 146–154, 2024, Doi: 10.33397/Jbst.13.3.146.
- [14] A. K. Y. Dafhalla *Et Al.*, "High-Performance Data Throughput Analysis In Wireless Ad Hoc Networks For Smart Vehicle Interconnection," *Computers*, Vol. 14, No. 2, P. 56, 2025, Doi: 10.3390/Computers14020056.
- [15] G. Ben Brahim, W. El-Hajj, G. Parr, And B. Scotney, "Performance Evaluation And Comparison Study Of Adaptive Manet Service Location And Discovery Protocols For Highly Dynamic Environments," *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, Vol. 2022, No. 1, P. 6, 2022, Doi: 10.1186/S13638-021-02081-4.
- [16] M. Baumgartner, J. Papaj, N. Kurkina, L. Dobos, And A. Cizmar, "Resilient Enhancements Of Routing Protocols In Manet," *Peer. Peer. Netw. Appl.*, Vol. 17, Pp.

- 3200–3221, 2024, Doi:
10.1007/S12083-024-01746-3.
- [17] A. Alzahrani And N. Thomas, “Analysing The Performance Of A Trust-Based Aodv In The Presence Of A Flooding Attack,” *Applied Sciences*, Vol. 14, No. 7, P. 2874, 2024, Doi: 10.3390/App14072874.
- [18] I. Baird, I. Wadhaj, B. Ghaleb, And C. Thomson, “Impact Analysis Of Security Attacks On Mobile Ad Hoc Networks (Manets),” *Electronics (Basel)*, Vol. 13, No. 16, P. 3314, 2024, Doi: 10.3390/Electronics13163314.
- [19] O. Almutairi, E. Khairullah, A. Almakky, And R. Alotaibi, “A Critical Review Of Optimization Manet Routing Protocols,” *Automation*, Vol. 5, No. 4, Pp. 630–643, 2024, Doi: 10.3390/Automation5040036.
- [20] I. Alameri, T. Al-Hadhrami, A. Nazir, A. E. Yahya, And A. Gharbi, “Enhancing Network Design Through Statistical Evaluation Of Manet Routing Protocols,” *Computers, Materials & Continua*, Vol. 80, No. 1, Pp. 319–339, 2024, Doi: 10.32604/Cmc.2024.052999.
- [21] I. Alameri, J. Komárková, T. Al-Hadhrami, And A. Lotfi, “Systematic Review On Modification To The Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing Discovery Mechanics,” *Peerj Comput. Sci.*, Vol. 8, P. E1079, 2022, Doi: 10.7717/Peerj-Cs.1079.
- [22] A. A. Al-Hilali, D. Abdulmohsin, M. Bashar, A. A. Saber, And H. A. Diame, “Investigation Of The Manet Network Performance Concerning Different Routing Protocols,” *Journal Of Mechanics Of Continua And Mathematical Sciences*, Vol. 19, No. 12, 2024, Doi: 10.26782/Jmcms.2024.12.00011.