



Analisis Performa Protokol Routing Proaktif dan Reaktif pada MANET dengan Menggunakan OMNeT++

Zefanya L. G. Lala ^{1*}, Indrastanti R. Widiyanti ²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Kota Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia.

article info

Article history:

Received 7 June 2023

Received in revised form

11 September 2023

Accepted 20 November 2023

Available online January 2024

DOI:

<https://doi.org/10.35870/jtik.v8i1.1256>

Keywords:

Protocol Routing; MANET; OMNeT++; AODV; DSDV.

Kata Kunci:

Protokol Routing; MANET; OMNeT++; AODV; DSDV.

abstract

Mobile Ad-hoc Network (MANET) technology is a wireless network consisting of a random and dynamic set of nodes. Free flow and ever-changing nodes lead to unpredictable routes throughout the network, so a routing protocol is required to determine the path of each node. Therefore, a study was conducted to analyze the performance of routing protocols based on their characteristics, namely proactive and reactive. The proactive routing protocol tested is DSDV and the reactive routing protocol uses AODV. Based on the research conducted, it can be concluded that the reactive routing protocol, AODV, has better performance than the proactive routing protocol, DSDV, measured by three Quality of Service (QoS) parameters, namely Packet Delivery Ratio (PDR), throughput, and average delay.

abstrak

Teknologi Mobile Ad-hoc Network (MANET) adalah jaringan nirkabel yang terdiri dari sekumpulan node yang acak dan dinamis. Aliran bebas dan node yang selalu berubah mengarah ke rute yang tidak dapat diprediksi di seluruh jaringan, sehingga diperlukan routing protocol untuk menentukan jalur setiap node. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk menganalisis performa protokol routing berdasarkan karakteristiknya yaitu proaktif dan reaktif. Protokol routing proaktif yang diuji adalah DSDV dan protokol routing reaktif menggunakan AODV. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa protokol routing reaktif yaitu AODV memiliki performa kinerja yang lebih baik dari pada protokol routing proaktif yaitu DSDV, diukur dari tiga parameter Quality of Service (QoS) yaitu Packet Delivery Ratio (PDR), throughput, dan rata-rata delay.

Corresponding Author. Email: 672019100@student.uksw.edu ^{1}.

© E-ISSN: 2580-1643.

Copyright © 2024 by the authors of this article. Published by Lembaga Otonom Lembaga Informasi dan Riset Indonesia (KITA INFO dan Riset). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Association for Computing Machinery
ACM Computing Classification System (CCS)

EBSCOhost

Communication and Mass Media Complete (CMC)

1. Latar Belakang

Kemajuan dunia membuat banyak perubahan terjadi dalam bidang teknologi, khususnya dalam teknologi jaringan. Salah satu perubahan besar yang terjadi pada struktur jaringan dalam beberapa tahun terakhir yaitu dengan adanya jaringan nirkabel (*wireless*). Teknologi *wireless* menjadi salah satu solusi yang diciptakan untuk menjawab kebutuhan masyarakat, salah satunya adalah *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) [1]. Teknologi *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari kumpulan node yang dinamis dan acak. Pergerakan node secara bebas dan selalu berubah menyebabkan rute pada jaringan tidak dapat diprediksi, sehingga dibutuhkan protokol routing untuk menentukan rute setiap node [2]. Tujuan utama *routing protocol* adalah menemukan sebuah jalur dari sumber ke tujuan. Pada MANET, mobilitas secara acak dari node yang ada dapat dengan mudah menyebabkan rusaknya jalur yang telah terbentuk, dikarenakan node bergerak keluar dari jangkauan sinyal transmisi yang menyebabkan link antar node terputus [3]. Maka menentukan sebuah mekanisme routing yang dapat menjamin stabilitas rute pengiriman paket data dari sumber ke tujuan merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan apabila ingin membentuk jaringan yang stabil [4]. Saat ini ada tiga *routing protocol* yang bekerja pada MANET, yaitu model *proactive*, *reactive*, dan *hybrid*. *Proactive routing* akan terus melakukan evaluasi rute ke semua node untuk mempertahankan konsistensi informasi routing yang up-to-date, contohnya yaitu DSDV dan OLSR. *Reactive routing* hanya akan melakukan pencarian jalur untuk pengiriman data apabila diperlukan, contohnya yaitu AODV dan DSR. *Hybrid routing protocol* gabungan antara dua sifat yang ada pada *routing protocol* sebelumnya untuk mengatasi kekurangan-kekurangan yang dimiliki, contohnya yaitu ZRP [5]. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengetahui perbandingan dari protokol routing proaktif dan reaktif pada MANET berdasarkan hasil performa kedua protokol routing tersebut. Penelitian ini menggunakan OMNeT++ sebagai simulator untuk menganalisa performa protokol routing proaktif dan reaktif. OMNeT++ adalah sebuah tool yang biasa digunakan untuk mensimulasikan perilaku dan performa segala jenis jaringan [6].

Pada penelitian yang dilaksanakan oleh Sarah Devi Anggraini *dkk* (2017), terdapat beberapa hal yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian tersebut. Penelitian dilaksanakan untuk melihat perbandingan kemampuan dari protokol routing reaktif yaitu Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV) dan Dynamic Source Routing (DSR), sehingga dapat diketahui protokol routing reaktif yang paling efektif digunakan pada MANET [7]. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Nazibullah *dkk* (2017), latar belakang yang diangkat yaitu mengenai permasalahan di jalan raya seperti kemacetan dan kecelakaan lalu lintas yang sering terjadi di banyak kota. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variasi model propagasi pada Ad-Hoc On Demand Multipath Distance Vector (AOMDV) sebagai protokol routing reaktif, Optimized Link State Routing (OLSR) sebagai protokol routing proaktif, dan *Zone Routing protocol* (ZRP) sebagai protokol routing hybrid [8].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Alamsyah *dkk* (2018), membahas tentang kinerja protokol routing Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV), Dynamic Source Routing (DSR), Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV), dan Optimized Link State Routing (OLSR) pada MANET berdasarkan Quality of Service (QoS). Penelitian ini membandingkan kinerja empat protokol routing pada MANET dengan menggunakan NS2 sebagai simulator dan menghasilkan kesimpulan bahwa OLSR mempunyai performa lebih baik daripada DSR, AODV, dan DSDV [9]. Selain itu, pada penelitian oleh Miftaqul Novandi *dkk* (2019), dapat dilihat bahwa penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas kinerja antara dua protokol routing pada MANET dalam hal pengaruh topologi node yang digunakan dengan kondisi area yang luas. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, penelitian ini menyimpulkan bahwa protokol routing ZRP lebih mendominasi pada ruang lingkup topologi dinamis, sedangkan topologi statis didominasi oleh HWMP [10].

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, protokol routing dianalisa secara langsung berdasarkan pada jenis-jenis protokol routing yang ada. Penelitian dengan fokus pembahasan karakteristik protokol routing proaktif dan reaktif secara spesifik masih sedikit ditemukan, padahal karakteristik protokol routing yang digunakan pada MANET merupakan

faktor yang berpengaruh terhadap performa dari MANET. Hal tersebut menjadi latar belakang dilakukannya penelitian dengan fokus pada karakteristik protokol routing pada MANET yaitu proaktif dan reaktif.

Routing protocol

Menjadi sangat menantang untuk merancang strategi perutean yang andal dan efisien untuk MANET karena kelangkaan sumber daya. Untuk menggunakan sumber daya yang terbatas secara efisien, ada kebutuhan untuk memiliki kecerdasan strategi perutean [11]. Lebih dari itu, strategi routing cerdas harus mampu beradaptasi dengan jaringan dinamis kondisi seperti kepadatan lalu lintas, ukuran jaringan dan partisi jaringan. ini berarti bahwa perutean protokol mungkin diperlukan untuk menyediakan pengguna dan aplikasi yang berbeda dengan tingkat QoS yang berbeda [12].

MANET

Mobile Ad hoc NETWORKs (MANETs) adalah jenis komunikasi nirkabel baru yang beroperasi dalam komunikasi yang sangat dinamis dan lingkungan yang tidak dapat diprediksi. Jaringan ini menjadi semakin populer dan lebih penting untuk komunikasi nirkabel di beberapa tahun terakhir karena kemudahan penyebaran dan semakin populernya perangkat seluler [13]. Oleh karena itu, menyediakan komunikasi bahkan tanpa adanya infrastruktur tetap atau administrasi terpusat, MANET menjadi menarik teknologi untuk banyak aplikasi [14].

2. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian, terdapat beberapa proses dan tahapan yang dilaksanakan dari awal sampai akhir untuk mencapai tujuan penelitian dan menghasilkan kesimpulan yang akurat. Proses dan tahapan penelitian dilakukan secara berurutan dan berkesinambungan seperti berikut.

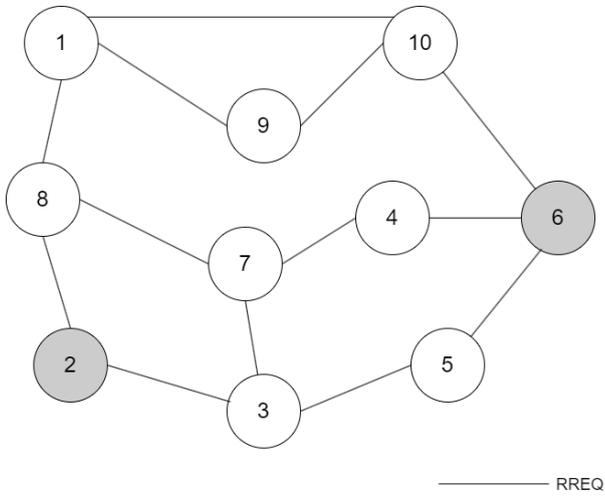


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada tahap pertama dilakukan pengumpulan referensi untuk memahami protokol routing yang akan dianalisa. Berdasarkan hasil studi literatur, skenario pengujian protokol routing yang digunakan dalam simulasi menggunakan parameter sebagai berikut:

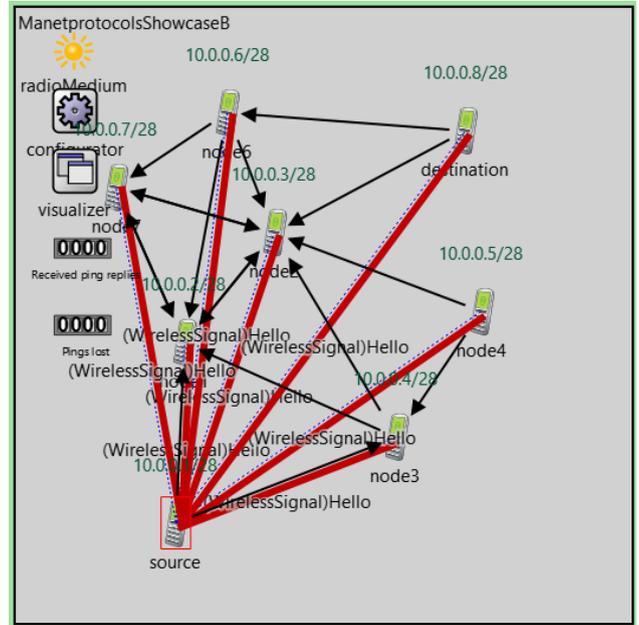
Tabel 1. Skenario Pengujian

Parameter	Value
Sistem Operasi	Windows 11
<i>Network Simulator</i>	OMNET++
Luas Area Jaringan	750m x 750m
Protokol MAC	IEEE 802.11
Traffic Source	UDP
Waktu simulasi	100s
Kecepatan Simulasi	24m/s
Ukuran Paket	512 bytes
Model Mobilitas	Random Way Point
Jumlah Node	10, 20, 40
Model Propagasi Radio	Two Ray Ground



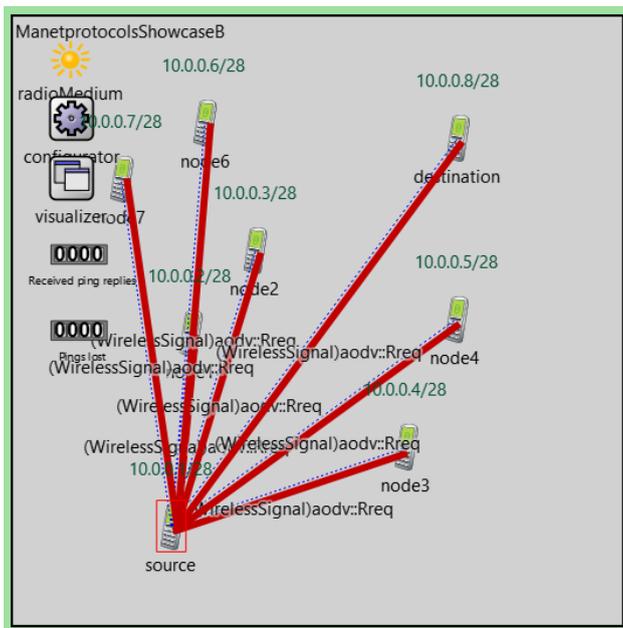
Gambar 2. Proses Pencarian Rute

Dalam upaya menemukan jalur rute dari node sumber ke node tujuan, sebuah Route Request (RREQ) dikirim ke node-node di sekitar sumber yang kemudian melanjutkan pengiriman ke node-node selanjutnya hingga mencapai node tujuan. Gambar 2 menunjukkan bagaimana proses pencarian rute terjadi, dimana node 2 yang merupakan node sumber, melakukan broadcast kepada semua node tetangga di sekitarnya. Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan proses broadcast pencarian rute yang merupakan implementasi dari gambaran proses pencarian rute pada gambar 2. Gambar 3 menunjukkan proses RREQ yang terjadi saat menggunakan protokol routing AODV dan gambar 4 menunjukkan proses RREQ dari protokol routing DSDV.

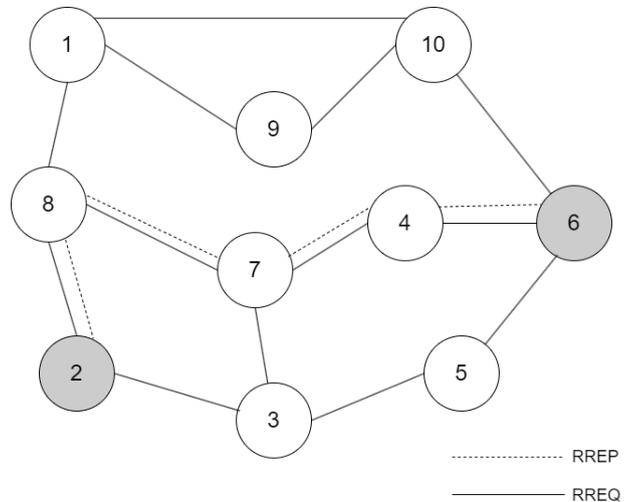


Gambar 4. Simulasi Route Request DSDV

Setelah RREQ yang dikirimkan dari node 2 sampai ke node tujuan yaitu node 6, maka node tujuan akan mengirimkan pesan balasan dengan Route Reply (RREP) yaitu pesan untuk memberitahu bahwa rute dari node sumber ke node tujuan telah ditemukan, seperti yang terdapat pada Gambar 5. Jalur yang dipilih saat proses RREP adalah rute dengan jarak terpendek dan cost yang lebih rendah dibandingkan dengan jalur lain.



Gambar 3. Simulasi Route Request AODV



Gambar 5. Proses Penemuan Rute

Setelah simulasi selesai dilakukan, performa protokol routing diuji dengan menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS). Untuk menguji performa jaringan dari protokol *routing* proaktif dan reaktif, digunakan tiga parameter *Quality of Service* sebagai tolak ukur

pengujian yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Throughput*, dan *Delay* [15].

Packet Delivery Ratio (PDR)

Packet Delivery Ratio (PDR) merupakan salah satu faktor penting dalam mengukur performa protokol *routing* dalam jaringan. *Packet Delivery Ratio* bisa didapatkan dengan melihat jumlah paket yang diterima di node tujuan dengan total paket yang dikirim dari node sumber. Dengan kata lain, *Packet Delivery Ratio* merupakan perbandingan dari jumlah paket yang berhasil diterima di tujuan dari total jumlah paket yang dikirimkan dari sumber.

$$PDR = \frac{\Sigma(\text{Total paket yang diterima node tujuan})}{\Sigma(\text{Total paket yang dikirim node sumber})} \quad (1)$$

Throughput

Throughput merupakan kecepatan pengiriman data dalam suatu jaringan, dengan menghitung jumlah total paket data yang berhasil diterima dalam satu waktu. Protokol *routing* dengan hasil *throughput* yang semakin tinggi berarti memiliki performa yang lebih baik.

$$\text{Throughput} = \frac{\Sigma(\text{Total paket yang diterima})}{\text{Waktu simulasi}} \quad (2)$$

Rata-rata Delay

Delay adalah waktu yang digunakan paket untuk melewati sebuah rute dari node sumber sampai node tujuan. Secara singkat, *delay* merupakan penundaan waktu pada semua paket yang berhasil dikirim dari sumber ke tujuan.

$$\text{Delay} = \text{waktu paket diterima} - \text{waktu paket dikirim} \quad (3)$$

$$\text{Rata-rata Delay} = \frac{\Sigma(\text{Total delay})}{\Sigma(\text{Total paket yang diterima})} \quad (4).$$

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan simulasi terhadap dua jenis protokol routing dengan karakteristik yang berbeda, yaitu AODV sebagai protokol routing reaktif dan DSDV sebagai protokol routing proaktif, didapatkan hasil pengujian masing-masing parameter berdasarkan jumlah node yang diuji. Hasil pengujian dan simulasi dirangkum dalam bentuk tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Simulasi Protokol Routing AODV

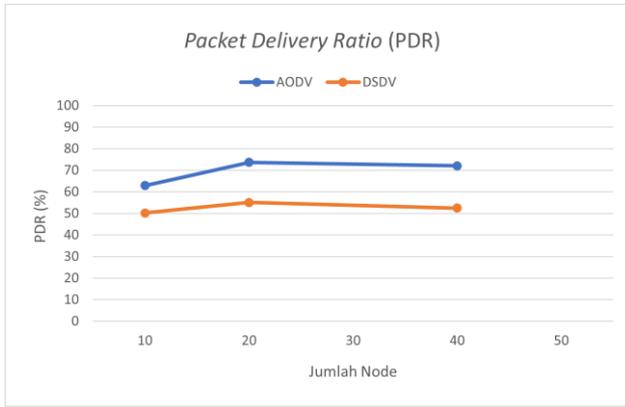
Jumlah Node	<i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR)	<i>Throughput</i>	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
10	62,92	5682,16	335,96
20	73,67	9406,13	111,43
40	72,08	17678,92	57,95

Tabel 2 merupakan hasil pengujian dari simulasi protokol routing reaktif, yaitu AODV. Hasil simulasi yang ditampilkan dalam Tabel 2 berisi total perhitungan dari tiga parameter yang menjadi tolak ukur dalam menentukan performa kerja protokol routing, yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR) yang terdapat pada kolom kedua, *Throughput* pada kolom ketiga, dan *Rata-rata Delay* yang ditunjukkan pada kolom keempat. Baris ke-1 menunjukkan PDR, *throughput*, dan rata-rata *delay* pada simulasi dengan menggunakan 10 node, sedangkan baris ke-2 menunjukkan hasil simulasi yang dilakukan pada 20 node, dan baris ke-3 menampilkan hasil simulasi yang dilakukan dengan 40 node.

Tabel 3. Hasil Simulasi Protokol Routing DSDV

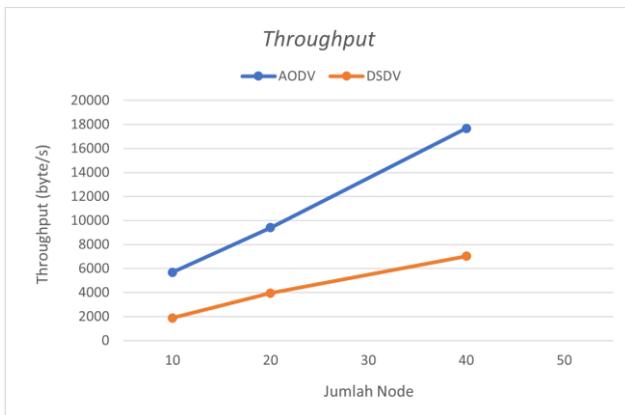
Jumlah Node	<i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR)	<i>Throughput</i>	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
10	50,21	1887,76	160,36
20	55,06	3954,56	230,08
40	52,47	7033,24	90,57

Tabel 3 menampilkan hasil pengujian dari simulasi protokol routing DSDV yang merupakan protokol routing proaktif. Tiga parameter yang terdapat dalam tabel 3 disimulasikan sebanyak tiga kali dengan variasi node yang berbeda-beda, yaitu 10 node, 20 node, dan 40 node seperti yang dijelaskan sebelumnya pada tabel 2. Data pada tabel yang didapatkan dari hasil simulasi protokol routing kemudian diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan secara spesifik performa dari setiap parameter.



Gambar 6. Grafik Uji Packet Delivery Ratio (PDR)

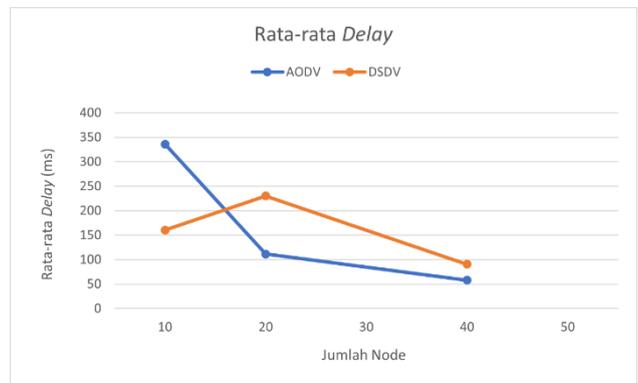
Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil simulasi protokol routing AODV mempunyai performa kinerja yang lebih baik daripada DSDV dalam Packet Delivery Ratio (PDR), baik pada node 10, 20, maupun 40. AODV memiliki PDR sebesar 62,92% pada skenario pertama yaitu dengan memakai 10 node, sedangkan DSDV memiliki PDR sebesar 50,21% untuk simulasi dengan 10 node. Pada skenario kedua yaitu dengan 20 node, AODV memiliki hasil PDR yang lebih baik dari pada DSDV yaitu 73,67%, sedangkan DSDV memiliki PDR 55,06%. Dalam skenario ketiga dengan 40 node, PDR dari protokol routing AODV masih memiliki hasil yang lebih baik yaitu sebesar 72,08% jika dibandingkan dengan PDR dari protokol routing DSDV sebesar 52,47%.



Gambar 7. Grafik Uji Throughput

Grafik pada gambar 7 menunjukkan nilai throughput pada protokol routing AODV dan DSDV dengan skenario 10 node, 20 node, dan 40 node. Pada skenario dengan jumlah node terkecil yaitu 10, grafik dari protocol routing AODV menunjukkan hasil throughput sebesar 5682,16, sedangkan pada skenario dengan menggunakan 20 node, protokol

routing AODV memiliki nilai throughput sebesar 9406,13, dan pada skenario 40 node, AODV memiliki throughput sebesar 17678,92. Grafik pada gambar 3 menunjukkan bahwa protokol routing AODV memiliki hasil throughput yang lebih baik lebih baik dari protokol routing DSDV yang mendapatkan hasil throughput sebesar 1887,76 untuk skenario dengan 10 node, 3954,56 pada skenario dengan 20 node, dan 7033,24 untuk skenario dengan 40 node. Hasil pada grafik yang ada di gambar 3 menunjukkan bahwa protokol routing AODV memiliki performa yang lebih baik dalam bagian throughput dibandingkan dengan protokol routing DSDV.



Gambar 8. Grafik Uji Rata-rata Delay

Gambar 8 menunjukkan bahwa pada skenario pertama dengan menggunakan 10 node, protocol routing AODV menghasilkan rata-rata delay sekitar 335,96ms, kemudian terjadi penurunan saat simulasi dilakukan dengan menggunakan 20 node yaitu dengan nilai rata-rata delay sebesar 111,43ms, dan terus terjadi penurunan sampai pada simulasi dengan skenario 40 node yang menghasilkan nilai rata-rata delay sebesar 57,95ms. Sedangkan protokol routing DSDV memiliki rata rata delay sebesar 160,36ms pada skenario dengan menggunakan 10 node, kemudian pada skenario dengan 20 node terjadi kenaikan sehingga menghasilkan rata-rata delay sebanyak 230,08ms, dan turun kembali saat simulasi dengan skenario 40 node menjadi 90,57ms yang merupakan rata-rata delay terendah dalam simulasi protokol routing DSDV. Hasil pada grafik gambar 4 menunjukkan bahwa DSDV memiliki rata-rata delay yang lebih baik dari AODV pada simulasi dengan 10 node, sedangkan pada simulasi dengan 20 dan 40 node AODV memiliki nilai rata-rata delay yang lebih baik dari DSDV.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil simulasi yang dilakukan, bisa disimpulkan bahwa protokol routing reaktif yaitu AODV memiliki performa kinerja yang lebih baik dari pada protokol routing proaktif yaitu DSDV. Kesimpulan yang dihasilkan diukur dari parameter Quality of Service (QoS) yaitu Packet Delivery Ratio (PDR), throughput, dan rata-rata delay. Protokol routing AODV memiliki hasil yang lebih baik daripada DSDV untuk ketiga parameter yang diukur, hal ini disebabkan karena AODV merupakan jenis protokol routing reaktif yang hanya melakukan pencarian jalur untuk pengiriman data apabila ada sumber yang ingin menghubungi tujuan atau membutuhkan informasi, sehingga memiliki performa yang lebih baik dan efektif untuk penggunaan real time dan berulang. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan satu model mobilitas yaitu random waypoint mobility model. Berdasarkan keterbatasan tersebut, diharapkan pada pengembangan atau penelitian selanjutnya agar dapat dilakukan dengan menggunakan model mobilitas yang berbeda, atau dilakukan perbandingan pada beberapa jenis model mobilitas.

5. Daftar Pustaka

- [1] Aneiba, A. and Melad, M., 2016. Performance evaluation of AODV, DSR, OLSR, and GRP MANET routing protocols using OPNET. *International Journal of Future Computer and Communication*, 5(1), p.57. DOI: <https://doi.org/10.18178/ijfcc.2016.5.1.444>.
- [2] Nurushobah, M., Trisnawan, P.H. and Amron, K., 2019. Analisis kinerja protokol routing dynamic manet on-demand (dymo) dan cluster based routing protocol (cbrp) pada mobile ad-hoc network (manet). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(4), pp.3563-3572. Available at: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [3] Alabdullah, M.G.K., Atiyah, B.M., Khalaf, K.S. and Yadgar, S.H., 2019. Analysis and simulation of three MANET routing protocols: A research on AODV, DSR & DSDV characteristics and their performance evaluation. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7(3), pp.1228-1238. Available at: <http://pen.ius.edu.ba>.
- [4] Kandris, D., Nakas, C., Vomvas, D. and Koulouras, G., 2020. Applications of wireless sensor networks: an up-to-date survey. *Applied system innovation*, 3(1), p.14. DOI: <https://doi.org/10.3390/asi3010014>.
- [5] Kalakar, V.K., Ali, S.T. and Chack, H., 2020. Performance Analysis of Black Hole Attack in MANET using OPNET.
- [6] Avhankar, M.S., Pawar, D.J.A., Majalekar, S. and Kedari, S., 2022. Mobile Ad Hoc Network Routing Protocols Using OPNET Simulator. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 10(1), pp.1-7. DOI: <https://doi.org/10.29322/ijsrcp.12.02.2022.p12206>.
- [7] S. D. Anggraini, K. Nugroho, E. F. Cahyadi, J. T. Telekomunikasi, and T. Telkom, "2 nd Seminar Nasional IPTEK Terapan (SENIT) 2017 Tegal-Indonesia." [Online]. Available at: <http://conference.poltektegal.ac.id/index.php/senit2017>
- [8] Nazibullah, N., Jatmika, A.H. and Bimantoro, F., 2021. Dampak Variasi Model Propagasi Terhadap Protokol Routing Reaktif, Proaktif, dan Hybrid di Jaringan VANET (Studi Kasus Kota Bima). *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTIIKA)*, 3(1), pp.24-30. DOI: <https://doi.org/10.29303/jtika.v3i1.111>.
- [9] Setijadi, E., Purnama, I.K.E. and Purnomo, M.H., 2018. Analisis kinerja protokol routing reaktif dan proaktif pada MANET menggunakan NS2. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 7(2), pp.138-143.

- [10] Novandi, M., Trisnawan, P.H. and Siregar, R.A., 2019. Perbandingan Kinerja Protokol ZRP (Zone Routing Protocol) dan HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) pada MANET (Mobile Ad hoc Network). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(10), pp.9770-9779. Available at: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [11] Soomro, A.M., Fudzee, M.F.B.M., Hussain, M., Saim, H.M., Zaman, G., Atta-ur-Rahman, H.A. and Nabil, M., 2022. Comparative review of routing protocols in manet for future research in disaster management. *Journal of Communications*, 17(9). pp. 734–744. DOI: <https://doi.org/10.12720/jcm.17.9.734-744>.
- [12] Jubair, M.A., Hassan, M.H., Mostafa, S.A., Mahdin, H., Mustapha, A., Audah, L.H., Shaqwi, F.S. and Abbas, A.H., 2019. Competitive analysis of single and multi-path routing protocols in mobile Ad-Hoc network. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 14(2). pp. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v19.i1.pp293-300>.
- [13] Teli, T.A., Yousuf, R. and Khan, D.A., 2022. MANET Routing Protocols Attacks and Mitigation Techniques: A Review. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7(2), pp.1468-1478.
- [14] Shahraki, A., Taherkordi, A., Haugen, Ø. and Eliassen, F., 2020. Clustering objectives in wireless sensor networks: A survey and research direction analysis. *Computer Networks*, 180, p.107376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107376>.
- [15] Mohamed, S.S., Abdel-Fatah, A.F.I. and Mohamed, M.A., 2020. Performance evaluation of MANET routing protocols based on QoS and energy parameters. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(4), p.3635. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i4.pp3635-3642>.