

ANALISIS PENGARUH *DYNAMIC SOURCE ROUTING* DAN *TEMPORALLY ORDERED ROUTING ALGORITHM* TERHADAP TABRAKAN DATA PADA VANET

Debby Tri Wulandari AM¹, Rendy Munadi², Ratna Mayasari³

Jurusan Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257, Indonesia

E-mail: ¹*debbytriwulandariam@gmail.com*, ²*rendymunadi@telkomuniversity.ac.id*,
³*ratnamayasari@telkomuniversity.ac.id*

Abstrak

Perubahan yang sering terjadi dan banyaknya *node* dapat menyebabkan terjadinya *collision* atau tabrakan data pada *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) yang dapat menyebabkan terjadinya *packet loss* yang tinggi, sehingga informasi yang dikirim tidak diterima. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah *routing* yang efisien dalam proses pengiriman data. *Dynamic Source Routing* (DSR) dan *Temporally Ordered Routing Algorithm* (TORA) merupakan jenis *routing* dalam *wireless communication*. DSR dan TORA termasuk jenis *routing* berbasis topologi yang bersifat reaktif, dimana jalur untuk menuju *node* tujuan akan ditentukan ketika paket *routing* telah sampai di *node* tersebut. Hasil simulasi dengan perubahan jumlah *node* menunjukkan DSR memiliki nilai rata-rata *throughput* 443,204 kbps, *packet delivery ratio* 86,25%, *packet loss* 13,75%, *delay* 2,78 ms dan *collision rate* sebesar 0,12. Dan untuk TORA memiliki nilai rata-rata *throughput* 259,04 kbps, *packet delivery ratio* 41,97%, *packet loss* 57,98%, *delay* 2,81 ms dan *collision rate* sebesar 0,61.

Kata kunci: VANET, Collision, DSR, TORA

Abstract

Frequent changes and complex nodes may trigger collision on Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) and causes packet loss. As a consequence, the information transmitted cannot be received. Therefore, VANET requires an efficient routing to transmit data. Dynamic Source Routing (DSR) and Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA) are routing types in wireless communication. DSR and TORA belong to routing type based on topology whose characteristic is reactive. It means the route toward destination node will be determined when the routing packet reach that node. The result of simulation with various number of node shows DSR has an average throughput value of 443,204 kbps, packet delivery ratio 86,25%, packet loss 13,75%, delay 2,78 ms and collision rate 0,12. Moreover, result of TORA has an average throughput of 259,04 kbps, packet delivery ratio 41,97%, packet loss 57,98%, delay 2,81 ms and collision rate 0,61.

Keywords: VANET, Collision, DSR, TORA

1. Pendahuluan

Jaringan *Ad – Hoc* merupakan desentralisasi jaringan wireless dimana jaringan tidak bergantung lagi pada infrastruktur yang ada seperti, router atau *access point*. Setiap *node* bertanggungjawab untuk mengirimkan data ke *node* lain. *Node* yang bertugas sebagai pengirim data ditentukan berdasarkan konektivitas jaringan itu sendiri.

Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) merupakan jaringan *Ad-Hoc* yang saat ini sedang dikembangkan untuk mendukung *Intelligent Transportation System* (ITS) atau sistem transportasi cerdas [1]. Dengan sistem transportasi cerdas ini, diharapkan mampu membantu

pemakai transportasi dalam memperoleh informasi, mempermudah transaksi, mengurangi kemacetan, serta meningkatkan keamanan dan kenyamanan. VANET menggunakan sebuah alat sensor yang disebut *On Board Unit* (OBU) yang diinstall pada setiap kendaraan dan *Road Side Unit* (RSU) untuk mengumpulkan data. *On Board Unit* digunakan untuk melakukan pertukaran informasi dengan kendaraan lain atau *access point* yang terdapat di jalanan [2].

Tujuan utama VANET adalah memudahkan kendaraan untuk saling berkomunikasi tanpa menggunakan *base station* atau *controller*. Arsitektur VANET terbagi dalam tiga jenis yaitu komunikasi antar kendaraan (*Inter vehicle*

communication), kendaraan dengan infrastruktur (*Vehicle to roadside communication*), dan komunikasi antar infrastruktur (*Inter roadside communication*) [3]. Adapun karakteristik yang dimiliki oleh VANET, yaitu [4] :

- a. *High mobility of nodes*
- b. *Dynamic topology*
- c. *Frequent Disconnection*
- d. *Limited Bandwith*

Mobilitas *node* yang tinggi dan topologi yang dinamis membuat topologi jaringan pada VANET sering mengalami perubahan [5]. Hal ini dapat memicu terjadinya tabrakan data. *Collision* merupakan kondisi saat dua atau lebih perangkat mengirim data pada waktu yang bersamaan. Pengiriman paket dari sumber ke tujuan yang dilakukan dengan membagi paket dalam bentuk potongan lebih kecil dapat mengakibatkan terjadinya penumpukan paket dalam satu jaringan. Ketika *bandwidth* yang digunakan tidak cukup untuk menampung banyak paket yang lewat maka paket-paket tersebut akan rusak diakibatkan *collision* yang terjadi.

Oleh karena itu, proses *routing* data pada jaringan VANET menjadi salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan karena menjadi permasalahan utama pada VANET [6]. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian *Quality of Service* (QoS) terhadap dua *routing* protocol yaitu *Dynamic Source Routing* (DSR) dan *Temporally Ordered Routing Algortihm* (TORA) untuk melihat performansi kedua *routing* tersebut terhadap tabrakan data pada jaringan VANET.

2. Metode

2.1. Routing Protocol

Routing protocol merupakan suatu metode dalam menemukan rute terbaik dari link yang dilalui antar node sumber ke node tujuan yang berhubungan, dimana pemilihan rute terbaik dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan seperti jarak dan *bandwidth* link. Secara umum, *routing* protocol diklasifikasikan ke dalam lima kategori yaitu, *Topology based routing* protocol, *Position based routing* protocol, *Cluster based routing* protocol, *Geo cast routing* protocol dan *Broadcast routing* protocol [7].

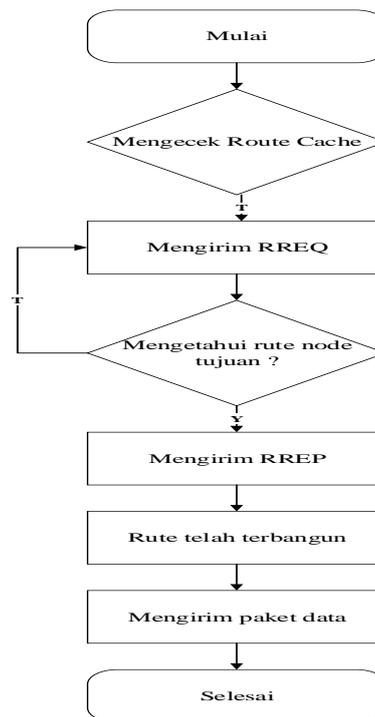
2.2. Topology Based Routing

Routing protocol berbasis topologi menggunakan tabel *routing* untuk menyimpan informasi link sebagai dasar *packet forwarding* dari node sumber ke node tujuan. Protokol berbasis topologi terbagi menjadi tiga jenis yaitu proaktif, hybrid, dan reaktif. Pada penelitian ini digunakan protokol *routing* yang bersifat reaktif. Reaktif *routing* merupakan *routing* yang dibangun hanya ketika *node* sumber membutuhkannya. Saat *node* sumber membutuhkan *routing* ke *node* tujuan, *node* sumber akan melakukan *route discovery* dalam jaringan. Proses ini

akan selesai jika rute telah ditemukan atau semua permutasi rute telah diperiksa. Setelah rute ditemukan maka akan dilakukan prosedur *routing maintenance* hingga *node* sumber tidak menginginkan lagi atau *node* tujuan tidak bisa diakses lagi. Reaktif *routing* terbagi menjadi empat yaitu AODV, DSR, AOMDV, dan TORA.

2.2.1. Dynamic Source Routing

Pada penelitian ini digunakan *routing* DSR sebagai metode pengiriman data. DSR membentuk rute sesuai permintaan dan tergantung pada sumber *routing* daripada tabel *routing*. DSR merupakan sebuah *beacon-less* dan tidak menggunakan *periodic message* sehingga mengurangi *bandwidth overhead* [8]. *Routing* protocol DSR menerapkan metode *flooding* dalam mencari rute dan mempunyai fitur *source routing* dimana *node* sumber mengetahui rute lengkap menuju *node* tujuan yang disimpan dalam sebuah memori (*cache route*) dan diletakkan pada header dalam paket data yang dikirim. Daftar urutan lengkap *node* memungkinkan paket untuk melakukan pencarian rute dan menghindari kebutuhan pembaharuan pencarian rute dan mengulang informasi secara bebas pada *node* menengah (*intermediate node*).



Gambar 1. Diagram Alir Proses *Route Discovery* DSR

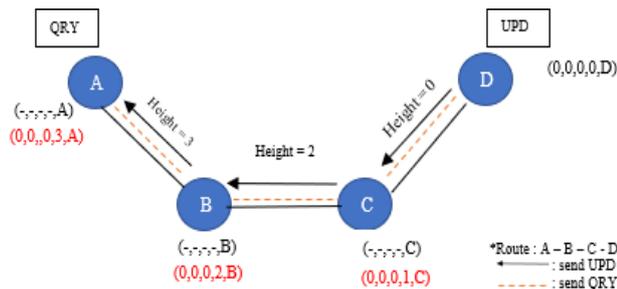
DSR memiliki dua mekanisme kerja yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. *Route discovery* terjadi saat sebuah *node* sumber ingin mengirim paket ke *node* tujuan, maka *node* sumber akan melihat *route cache* miliknya. Jika rute ke tujuan ditemukan maka *node* akan

menggunakan informasi yang terdapat di *route cache*. Jika tidak terdapat informasi apapun mengenai rute tujuan, maka *node* sumber akan melakukan inisialisasi protokol pencarian rute. Gambar 1 menunjukkan proses *route discovery*. *Node* sumber akan mengirimkan paket *Route Request* (RREQ) yang berisikan informasi mengenai alamat sumber, tujuan, dan nomor identifikasi yang unik ke semua *node* tetangga. Setiap *intermediate node* akan memeriksa apakah dirinya mengetahui rute dari sumber ke *node* tujuan. Jika *node* tidak memiliki informasi, maka akan dilakukan penambahan alamat pada catatan paket rute dan meneruskan paket tersebut menuju *node* tetangga. Setelah penemuan rute telah berhasil, maka *node* tujuan akan mengirimkan paket *Route Replay* (RREP) hingga *node* sumber. Paket RREP berisikan rekapan daftar *node* yang akan dilewati.

Tahap selanjutnya yaitu proses pemeliharaan rute. *Route maintenance* terjadi jika terdapat *link* yang putus dan akan dilakukan *update table routing* sesuai keinginan *node* sumber. *Node* yang terputus akan mengirimkan paket *Route Error* (RERR) yang berisikan informasi *node* yang mengalami putus hubungan. Paket RERR akan dikirim ke *node* sumber, dan *node* sumber akan menghapus rute tersebut dari *route cache* dan melakukan pembaharuan *table routing* [9].

2.2.2. Temporally Ordered Routing Algorithm

Pada penelitian ini digunakan *routing* TORA sebagai metode pembanding. TORA bersifat adaptif dan bebas dari kemungkinan *looping* dan menggunakan transmisi *broadcast* untuk melakukan pengiriman data dari *node* sumber menuju *node* tujuan sehingga menyediakan beberapa rute untuk sampai ke tujuan. Adapun tipe paket yang digunakan dalam TORA yaitu paket *Query* (QRY) yang digunakan untuk pembangunan rute, paket *Update* (UPD) yang digunakan untuk pembangunan dan pemeliharaan rute, dan paket *Clear* (CLR) yang digunakan untuk penghapusan rute. TORA bekerja berdasarkan *height* tiap *node*. *Height* dari suatu *node* menentukan *path* untuk tujuan yang dimaksud. *Shorettest path* bukan menjadi prioritas pada *routing* TORA, sehingga penggunaan rute yang panjang masih dipertimbangkan [10].

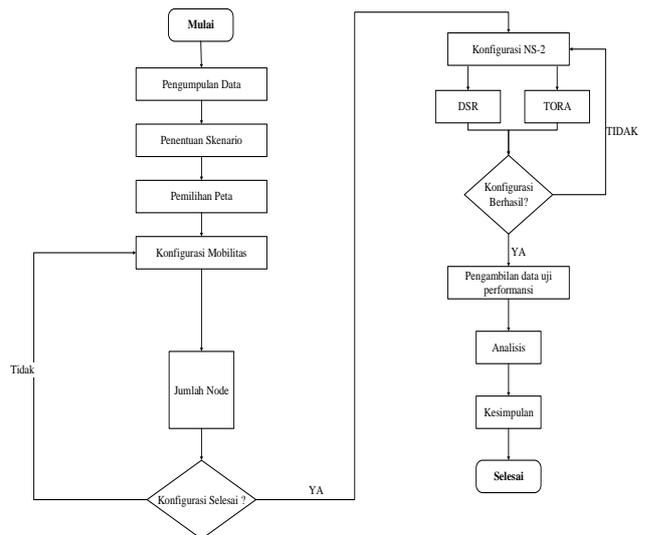


Gambar 2. Proses *Route discovery* pada TORA

TORA memiliki tiga mekanisme kerja yaitu *route discovery*, *route maintenance* dan *route erasure* [8]. Gambar 2 menunjukkan proses pembuatan *routing* atau *route discovery*. Terdapat dua paket yang digunakan pada proses tersebut, yaitu *Query* dan *Update*. *Query message* dikirim dari *node* sumber ke *node* tujuan. Saat *query message* mencapai *node* tujuan, *update message* akan di-generate oleh *node* tujuan. Pesan tersebut akan mulai mengirim *height metric* secara backwards sehingga *node* sumber menjadi *node* terakhir. *Height metric* berisi semua rute dari tujuan ke sumber. *Height metric* dengan nilai paling kecil akan dipilih sebagai jalur transmisi data. Pembangunan rute berakhir ketika semua *node* telah meng-*update table routing*.

Tahap selanjutnya yaitu proses pemeliharaan rute. *Route maintenance* dilakukan ketika terjadi perubahan topologi yang dapat disebabkan oleh penambahan jumlah *node* ataupun pergerakan *node*. *Route maintenance* dijalankan hanya untuk *node* yang memiliki *height* bukan NULL. Proses pemeliharaan rute menggunakan paket UPD. Ketika terjadi *link failure* maka sesaat setelah itu *node* yang mengalami putus hubungan akan memberitahukan kepada *node* tetangganya melalui *link reversal* untuk menginformasikan bahwa telah terjadi *link failure* berupa paket UPD hingga nantinya sampai ke *node* sumber. *Route erase* dilakukan dengan mem-broadcast paket *clear message* jika suatu *node* mendeteksi adanya bagian yang terpisah dalam suatu jaringan yang disebabkan topologi jaringan yang berubah. *Node* akan melakukan penghapusan rute ketika mendeteksi bahwa bagian tersebut terpisah atau tidak ada jalur menuju tujuan.

2.3. Perancangan Sistem



Gambar 3. Perancangan Sistem Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk menganalisis performansi dari protokol *routing* DSR dan TORA pada jaringan *Ad-Hoc* VANET dengan menggunakan

Simulation of Urban Mobility (SUMO) dan *Network Simulator*. Perancangan sistem penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Simulasi skenario dimulai dengan menentukan peta yang akan digunakan untuk skenario pengujian. Peta diperoleh dari *openstreetmap.org*. Kemudian menentukan parameter kepadatan *node* untuk memperhatikan pergerakan setiap *node* menggunakan SUMO. Lalu menentukan *data traffic* untuk dikirimkan sesuai dengan protokol *routing* DSR dan TORA yang dilakukan dengan *network simulator*. Parameter QoS yang diuji adalah *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss*, *delay*, dan *collision rate* terhadap tabrakan data dengan skenario perubahan jumlah *node*.

2.3.1. Desain Jaringan



Gambar 4. Peta Skenario

Desain jaringan pada penelitian ini adalah setiap kendaraan diasumsikan sebagai *node*, dan antar *node* akan saling berkomunikasi tanpa adanya *Road Side Unit* (RSU) atau dikenal dengan istilah *Inter Vehicle Communication*. Skenario yang digunakan merupakan *map based* sehingga mendekati kondisi lingkungan yang sebenarnya. Peta yang dipilih sebagai skenario pengujian dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu lingkungan perkotaan (urban) di perempatan Stadion Persib (Jalan R.E Martadinata – Ahmad Yani) di Kota Bandung.



Gambar 5. Tampilan Peta Skenario pada SUMO

Mobilitas jaringan pada penelitian dikonfigurasi menggunakan SUMO versi 0.32.0 yang berfungsi sebagai *generator mobility* dalam mengatur pergerakan *node*. Gambar 5 menunjukkan peta yang telah dikonfigurasi menggunakan simulator SUMO. SUMO adalah sebuah aplikasi simulator yang digunakan untuk membuat simulasi pergerakan kendaraan pada satu jalur tertentu. Dengan mengkombinasikan SUMO dengan *openstreetmap.org* dapat disimulasikan lalu lintas dengan lokasi beragam di dunia. SUMO digunakan untuk mengkonfigurasi peta agar simulasi mendekati keadaan yang sebenarnya.

2.4. Parameter Simulasi

Pada penelitian ini simulasi dilakukan selama 300 detik dengan menggunakan skenario di lingkungan perkotaan (urban). Kemudian diujikan faktor perubahan jumlah *node* yang bisa mempengaruhi kinerja dari layanan VANET dari protokol *routing* yang dibandingkan. Ukuran paket data yang digunakan adalah 512 bytes dan CBR akan mengirimkan data setiap 0,25 detik dan *rate* diatur sebesar 512 kbps. Beberapa parameter yang diatur dalam *script* skenario dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai DSR dan TORA
Area Simulasi	1000 x 1000 m
Waktu Simulasi	300 detik
Model Antena	Omnidirectional
MAC Type	IEEE 802.11p
Lingkungan Simulasi	Urban
Pergerakan Node	Random Way Point
Jumlah Node	5,10,20,40,80
Kecepatan Node	20 km/jam
Protokol Transport	UDP
Traffic Model	CBR
Data Packet Size	512 bytes

2.5. Parameter Uji Performansi

QoS merupakan suatu hasil efek dari performansi sebuah layanan secara kolektif yang menentukan tingkat kepuasan pelanggan terhadap layanan yang digunakan. Berikut penjelasan parameter QoS yang diuji pada penelitian ini.

1. Throughput

Throughput merupakan laju bit sebenarnya pada jaringan dan menunjukkan jumlah paket data yang berhasil diterima setiap detiknya. Rumus menghitung *throughput* yaitu :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah paket data yang diterima}}{\text{waktu pengiriman paket data}} \quad (1)$$

2. Packet Loss

Packet loss merupakan presentase jumlah paket yang gagal diterima oleh tujuan. Rumus menghitung packet loss yaitu :

$$Packet\ loss = \frac{paket\ data\ tx - paket\ data\ rx}{paket\ data\ tx} \times 100\% \quad (2)$$

dimana

tx = paket data yang dikirim

rx = paket data yang diterima

3. Packet Delivery Ratio (PDR)

Packet delivery ratio merupakan rasio antara banyaknya paket yang diterima oleh tujuan dengan banyaknya paket yang dikirim oleh sumber. Rumus menghitung packet delivery ratio yaitu :

$$PDR = \frac{paket\ data\ rx}{paket\ data\ tx} \times 100\% \quad (3)$$

4. Delay

Delay merupakan lamanya waktu tunda yang dibutuhkan oleh data atau informasi untuk sampai ke tujuan. Rumus menghitung delay yaitu :

$$Delay = waktu\ paket\ rx - waktu\ paket\ tx \quad (4)$$

5. Collision Rate

Collision rate merupakan total paket yang tertumpuk dalam satu periode. Rumus menghitung collision rate yaitu :

$$Collision\ rate = \left(\frac{jumlah\ collision}{paket\ data\ yang\ dikirim} \right) \quad (5)$$

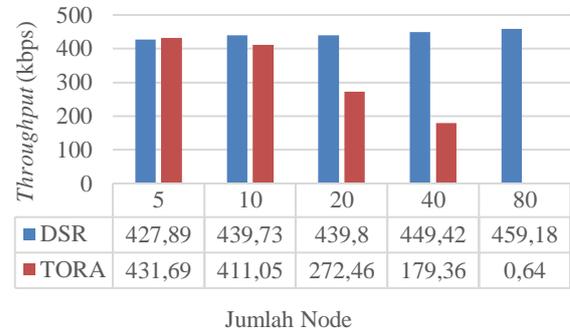
3. Hasil dan Analisis

Pengujian dilakukan berdasarkan skenario pengujian yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu menguji performansi dua routing protocol yaitu DSR dan TORA terhadap perubahan jumlah node pada jaringan VANET. Simulasi dilakukan menggunakan Network Simulator versi 2.35 selama 300 detik.

3.1. Throughput

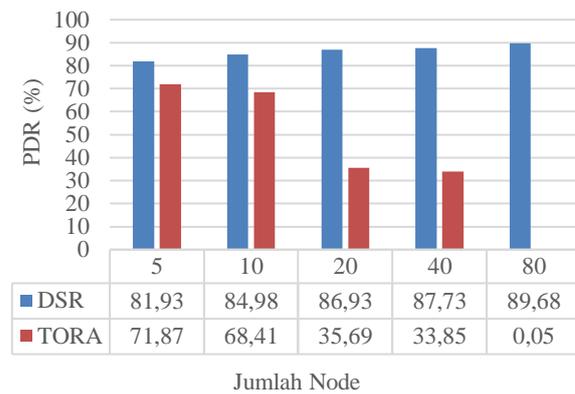
Nilai throughput akan semakin baik apabila mendekati nilai sending rate, pada penelitian ini yaitu sebesar 512 kbps. Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan menggunakan protokol DSR, throughput semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah node. Hal ini dapat dikarenakan DSR membentuk rute sesuai permintaan dan tergantung pada sumber routing daripada routing table untuk semua node tujuan yang dapat dicapai pada jaringan. Berbeda dengan routing DSR, pada routing TORA terjadi penurunan throughput seiring bertambahnya jumlah node. Hal ini dapat disebabkan karena inisiasi routing yang kompleks yaitu dengan

menyediakan banyak jalur (multipath) sehingga membutuhkan bandwidth cukup besar.



Gambar 6. Performansi Throughput Terhadap Perubahan Jumlah Node

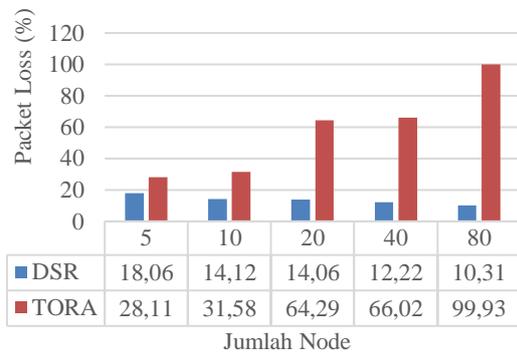
3.2. Packet Delivery Ratio



Gambar 7. Performansi PDR Terhadap Perubahan Jumlah Node

PDR merupakan presentase keberhasilan suatu data dikirim. Semakin besar nilai PDR (mendekati nilai 100%) maka semakin baik kinerja suatu jaringan. Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai PDR pada routing DSR semakin meningkat dibanding routing TORA seiring bertambahnya jumlah node. Pada DSR dengan adanya route cache membuat kerja routing DSR efisien. Route cache berisikan rute yang telah dibangun. Sehingga jika terdapat node yang ingin berkomunikasi kembali tidak perlu melakukan route discovery lagi. Sedangkan PDR pada TORA mengalami penurunan. Setiap node pada TORA hanya mengetahui informasi node tetangga (one hop) dan tidak memiliki route cache. Secara teori, TORA bekerja dengan membangun banyak jalur sehingga ketika terjadi link failure terdapat jalur alternatif yang masih bisa digunakan. Namun pada hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak node, semakin tinggi kemungkinan link failure terjadi dan menyebabkan performansi routing tersebut menurun.

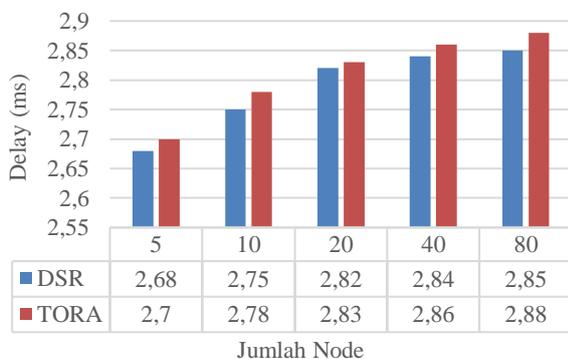
3.3. Packet Loss



Gambar 8. Performansi Packet Loss Terhadap Perubahan Jumlah Node

Packet loss merupakan banyaknya data yang hilang selama proses pengiriman data, sehingga data yang diterima tidak sama dengan jumlah yang dikirim. Semakin kecil nilai packet loss, semakin baik kinerja jaringan. Gambar 8 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya jumlah node, packet loss routing DSR semakin menurun dengan nilai rata-rata sebesar 13,75%. Sedangkan pada routing TORA mengalami kenaikan sebesar 57,98%. Packet loss dapat dipengaruhi oleh banyaknya hop yang dilewati pada kedua routing. Karena routing TORA bekerja secara multipath maka kemungkinan hop yang dilewati akan lebih banyak dibandingkan routing DSR. Proses update table routing ketika terjadi link failure, akan mengubah jalur yang dilewati oleh data. Meskipun menyediakan jalur alternatif, TORA tidak memprioritaskan shortest path karena menghindari terjadinya overhead. Sehingga tidak menutup kemungkinan akan menggunakan jalur yang panjang. Packet loss yang semakin besar dapat juga dipengaruhi oleh tabrakan data yang terjadi akibat penggunaan bandwidth yang berlebih pada suatu jaringan.

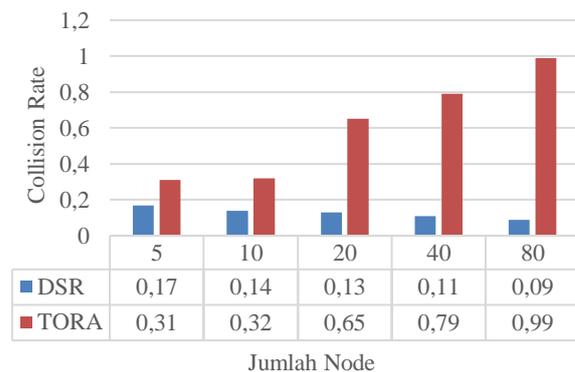
3.4. Delay



Gambar 9. Performansi Delay Terhadap Perubahan Jumlah Node

Delay merupakan waktu tunda yang terjadi selama proses pengiriman data. Gambar 9 menunjukkan nilai delay pada routing DSR lebih baik dengan nilai rata-rata sebesar 2,78 ms jika dibandingkan dengan routing TORA dengan nilai rata-rata 2,81 ms. Nilai kecil pada delay menunjukkan kinerja jaringan yang baik. Secara teori semakin banyak node, maka nilai delay akan semakin besar dikarenakan waktu antrian paket dan waktu proses paket yang ditransmisikan. Keunggulan DSR dapat dipengaruhi adanya route cache yang menyimpan data route yang telah dibangun, sehingga tidak memerlukan route discovery kembali. Pada dasarnya inisiasi routing TORA lebih kompleks dibanding DSR sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama. Semakin banyak node pada routing TORA, maka akan banyak jalur alternatif yang dibangun. Secara teori, TORA bekerja dengan height metric pada tiap node. Data akan dikirim saat node sumber mempunyai height yang lebih tinggi dibanding intermediate node dan node tujuan sehingga dapat dikatakan bahwa routing TORA kesulitan mencari jalur serta membutuhkan waktu yang lebih lama.

3.5. Collision Rate



Gambar 10. Performansi Collision Rate Terhadap Perubahan Jumlah Node

Collision rate menunjukkan tabrakan data yang terjadi pada jaringan. Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa collision rate pada DSR mengalami penurunan, hal ini dikarenakan routing DSR bersifat beacon less yang artinya membangun rute sesuai permintaan node sumber. Sehingga menghindari terjadinya bandwidth overhead yang dapat menyebabkan tabrakan data akibat terjadinya penumpukan data di jaringan. Sedangkan pada TORA terjadi kenaikan collision rate hal ini dapat terjadi karena routing TORA banyak membangun jalur alternatif dan membutuhkan bandwidth yang cukup besar sehingga dapat mengakibatkan kanal tidak mampu menampung data dan saling bertabrakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa secara umum performansi *routing* DSR lebih baik dibandingkan *routing* TORA untuk parameter *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss*, *delay* dan *collision rate*. Ditinjau dari hasil pengujian parameter, probabilitas terjadinya tabrakan data lebih tinggi jika menggunakan *routing* TORA dibanding menggunakan *routing* DSR. DSR mengalami kenaikan performansi untuk skenario perubahan jumlah *node* dengan nilai rata-rata *throughput* sebesar 443,204 kbps, *packet delivery ratio* sebesar 86,25%, *packet loss* sebesar 13,75%, *delay* sebesar 2,78 ms dan *collision rate* sebesar 0,12. Sedangkan untuk *routing* TORA mengalami penurunan performansi dengan nilai rata-rata *throughput* sebesar 259,04 kbps, *packet delivery ratio* sebesar 41,97%, *packet loss* sebesar 57,98%, *delay* sebesar 2,81 ms dan *collision rate* sebesar 0,61. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *routing* TORA kurang cocok untuk lingkungan dengan jumlah *node* yang padat karena memungkinkan peningkatan penggunaan *bandwith* yang dapat menyebabkan performansi *routing* tersebut menurun. Untuk keperluan pengembangan penelitian disarankan agar memperhitungkan *obstacle* serta keamanan jaringan pada VANET.

Referensi

- [1] P. Mutalik, S. Nagaraj, J. Vedavyas, R. V. Biradar, and V. G. C. Patil, "A comparative study on AODV, DSR and DSDV routing protocols for Intelligent Transportation System (ITS) in metro cities for road traffic safety using VANET route traffic analysis (VRTA)," *2016 IEEE Int. Conf. Adv. Electron. Commun. Comput. Technol. ICAECCT 2016*, pp. 383–386, 2017.
- [2] R. Michoud and A. Mar, "Mobile Ad-Hoc Routing Protocols Survey for the Design of VANET Applications," 2012.
- [3] W. Liang, Z. Li, H. Zhang, S. Wang, and R. Bie, "Vehicular Ad Hoc Networks : Architectures , Research Issues , Methodologies , Challenges , and Trends," vol. 2015, 2015.
- [4] K. Deepa Thilak and A. Amuthan, "DoS attack on VANET routing and possible defending solutions-A survey," *2016 Int. Conf. Inf. Commun. Embed. Syst. ICICES 2016*, no. Icices, 2016.
- [5] N. S. Patel and S. Singh, "A Survey on Techniques for Collision Prevention in," pp. 4–7, 2016.
- [6] K. Priya, "On the Selection of Efficient Routing Protocol for 802 . 11p Interface in VANET," pp. 617–622, 2016.
- [7] T. E. Ali and L. A. Khalil, "Review and Performance Comparison of VANET Protocols: AODV, DSR, OLSR, DYMO, DSDV & ZRP," 2016.
- [8] K. Majumder and S. K. Sarkar, "Performance analysis of AODV and DSR routing protocols in hybrid network scenario," *Proc. INDICON 2009 - An IEEE India Counc. Conf.*, vol. 2, no. 2, 2009.
- [9] P. Sankar, V. Lakshmi, and K. Aishwarya, "Study on the Performance of Ad-hoc Routing Protocols on vehicles," pp. 656–661, 2011.
- [10] M. Yadav, "Multi-Hop Wireless Ad-Hoc Network Routing Protocols- A Comparative Study of DSDV , TORA , DSR And AODV," 2015.