

Simulasi Jaringan MANET Dengan NS3 Untuk Membandingkan Performa *Routing* Protokol AODV dan DSDV

Nurhayati Jiatmiko¹, Yudi Prayudi²

Pusat Studi Forensika Digital - Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14.5 Sleman Yogyakarta, Indonesia
e-mail: prayudi@uii.ac.id

Abstrak

Mobile Ad Hoc Network (MANET) merupakan sebuah teknologi *wireless LAN* yang tidak memerlukan infrastruktur jaringan sehingga mempermudah pemakai dalam mobilitas koneksinya. MANET sangat cocok diterapkan di daerah yang mengalami kekurangan infrastruktur telekomunikasi. Aspek yang penting dalam MANET adalah *routing* protokol dimana protokol inilah yang mengatur sistem pencarian rute paket data dalam jaringan tersebut. MANET itu sendiri memiliki banyak *routing* protokol untuk membangun topologi secara dinamis. Masing-masing *routing* protokol memiliki karakteristik yang berbeda-beda berdasarkan cara kerjanya. Pemilihan *routing* protokol MANET dengan jenis yang berbeda akan mempengaruhi cara kerja pengiriman dan kondisi pada suatu jaringan. Pada paper ini diteliti lebih lanjut perbandingan performa kerja protokol AODV yang merupakan kategori *on demand* dan bersifat reaktif yang melakukan update *routing* table ketika terjadi permintaan dan DSDV yang merupakan kategori *table driven* yang bersifat proaktif yang melakukan update *routing* table secara berkala. Perbandingan protokol AODV dan DSDV dilakukan dalam sebuah simulasi dengan menggunakan aplikasi NS3 (*Network Simulator3*). Berdasarkan parameter-parameter simulasi dan hasil simulasi terhadap masing-masing kondisi dalam penelitian ini diketahui bahwa AODV cocok digunakan pada skenario yang memiliki kepadatan jaringan yang besar. Sedangkan DSDV cocok digunakan pada skenario yang memiliki kepadatan kecil

Kata kunci: AODV, DSDV, MANET, Protokol, *Routing*, *Wireless LAN*

Abstract

Mobile Ad Hoc Network (MANET) is a *wireless LAN* technology that does not require a network based infrastructure. MANET is very suitable to be applied in areas experiencing shortages of telecommunications infrastructure. An important aspect in the MANET routing protocol is a protocol which is what set the system routing data packets in the network. MANET itself has many routing protocols to dynamically build the topology. Each of these routing protocols have different characteristics based on how it works. Selection of MANET routing protocols with different types will affect the workings of the delivery and the condition of the network. This paper further research work performance comparison of AODV protocol which is a category on demand and are reactive to update the routing table when the demand and DSDV which is table driven categories that are proactive update its routing table periodically. Comparison AODV protocol and DSDV done in a simulation using the application NS3 (*Network Simulator3*). Based on the simulation parameters and simulation results for each condition in this research note that AODV suitable for use in scenarios that have a large network density. While DSDV suitable for use in scenarios that have small density

Keywords: MANET, *Wireless LAN*, Protokol, *Routing*, AODV, DSDV

1. Introduction

Mobile Ad Hoc Network (MANET) merupakan sebuah teknologi *wireless LAN* yang tidak memerlukan infrastruktur dalam jaringan sehingga mempermudah pemakai (*user*) dalam berkomunikasi dengan memanfaatkan keberadaan *mobile device* yang dimilikinya. MANET sangat cocok diterapkan pada daerah yang memiliki kekurangan dalam hal infrastruktur telekomunikasi, MANET juga sangat tepat dijadikan sebagai solusi bagi kebutuhan telekomunikasi pada saat terjadinya bencana alam yang mengalami kerusakan prasarana jaringan komunikasi fisik, ataupun pembangunan jaringan komunikasi di medan perang (Sidharta & Widjaja, 2013).

Device pada jaringan MANET tidak hanya berperan sebagai pengirim dan penerima data, tetapi juga berperan sebagai *router* untuk menentukan tujuan yang akan dipilih. *Routing* merupakan hal yang memiliki peranan yang sangat penting pada jaringan *ad hoc*. Tanpa adanya *routing* yang benar, pengiriman paket pada jaringan *ad hoc* tidak dapat dilakukan. Terdapat dua jenis *routing* protokol untuk jaringan *ad hoc* yaitu *table driven* yang bersifat proaktif dan *on demand* yang bersifat reaktif.

Terdapat sejumlah penelitian yang telah dilakukan untuk melihat kinerja dari masing-masing *routing protocol*. Misalnya perbandingan AODV dan DSR (Sidharta & Widjaja, 2013) serta perbandingan DSDV dan DSR (Dabungke, Wahidah, & Mulyana, 2009). Dari kedua penelitian tersebut, didapatkan bahwa *throughput* dari protokol AODV dan DSDV memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan protokol DSR pada skenario penambahan koneksi. Namun, untuk beberapa parameter lainnya, AODV tidak sebaik DSR serta DSDV lebih baik dari pada DSR. Sementara itu dalam sebuah penelitian lain menggunakan NS2 disebutkan pula bahwa DSDV lebih unggul bila dibandingkan dengan AODV dan DSR dari nilai *Throughput* serta *Delay* berdasarkan koneksinya (Rai, 2010). Terdapat pula hasil penelitian lain menggunakan NS3 melalui perhitungan *Flowmonitor* yang menyebutkan bahwa nilai kinerja *Throughput* DSDV lebih baik daripada AODV pada kondisi penambahan *Node*. Namun demikian, penelitian lain dengan menggunakan NS3 3.17 juga menyebutkan bahwa AODV dan DSR ternyata lebih unggul daripada DSDV bila dilihat dari parameter *Throughput* dan *Delay* berdasarkan *mobility rate* (Soewito, 2014).

2. Research Problems

Karena itu, untuk mengenali lebih lanjut sejauh mana karakteristik dari *protocol* AODV dan DSDV, maka perlu kiranya dilakukan penelitian tersendiri dengan cara melakukan perbandingan hasil performa kerja antara *routing* protokol AODV dan DSDV dengan menerapkan simulasinya pada NS3 versi 3.22. Dengan membandingkan protokol AODV dan DSDV harapannya dapat diketahui sejauh mana performa kinerja kedua *routing* protokol tersebut sehingga bisa ditarik kesimpulan *routing* protokol manakah yang lebih baik dan cocok digunakan untuk suatu kondisi jaringan tertentu.

Untuk itu maka fokus penelitian adalah pada upaya untuk mengetahui lebih detail tentang bagaimana simulasi model jaringan dengan menggunakan Network Simulator 3 (NS3) untuk membandingkan performa 2 jenis *routing* protokol yaitu AODV (*Ad Hoc on-Demand Distance Vector*) dengan protokol DSDV (*Destination-Sequenced Distance-Vector*), melalui penggunaan parameter QoS berupa *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss* dan *delay*. Setelah mengetahui karakteristik dari kedua *protocol* tersebut maka tentunya dapat diberikan rekomendasi penerapannya sesuai dengan permasalahan yang dihadapi sesungguhnya.

3. Teori Dasar MANET

Salah satu contoh model jaringan nirkabel yang memiliki kemampuan *multi-hop* dan mampu beroperasi tanpa dukungan infrastruktur apapun adalah jaringan *Ad Hoc* (Sidharta & Widjaja, 2013). Ketidak hadirannya infrastruktur atau pusat koordinator komunikasi atau *base station* menjadikan *routing* sangat kompleks dibandingkan jaringan selular (*infrastruktur network*). Dalam *Ad Hoc*, setiap *Node* bertugas dalam *merouting* data kepada *Node* lain sehingga penentuan *Node* mana yang mengirim data dibuat secara dinamis berdasarkan konektivitas dari jaringan itu sendiri.

Mobile Ad Hoc Network (MANET) merupakan sebuah teknologi *wireless LAN* terdiri gabungan dari *Node-Node* atau perangkat-perangkat bergerak (*mobile*) yang sifatnya dinamis. *Mobile Ad Hoc Network* (MANET) bekerja tanpa menggunakan infrastruktur dalam jaringan yang sudah ada seperti *access point* dan lain-lain sehingga membentuk jaringan yang bersifat sementara dan mempermudah user dalam *mobile device* nya. *Node* pada jaringan MANET tidak hanya berperan sebagai pengirim atau penerima data saja tapi dapat berperan sebagai menunjang *Node* yang lain yang dapat meneruskan paket data kepada perangkat lain. MANET sangat cocok diterapkan di daerah yang kekurangan infrastruktur telekomunikasi seperti solusi telekomunikasi pada saat terjadinya bencana alam yang mengalami kerusakan prasarana jaringan komunikasi fisik, ataupun pembangunan jaringan komunikasi di medan perang (Sidharta & Widjaja, 2013).

Routing adalah suatu proses memindahkan informasi dari pengirim ke penerima melalui sebuah jaringan (Cisco, 2004). Sedangkan Protokol merupakan aturan yang mengatur setiap komputer untuk saling bertukar informasi melalui media jaringan. Sehingga *Routing* Protokol diperlukan untuk mengatur bagaimana router berkomunikasi antara satu dengan yang lain dalam menyebarkan informasi, yang memungkinkan router untuk memilih rute pada jaringan komputer (Kopp & Hons, 2002). Pada umumnya *routing* protokol untuk jaringan *ad-hoc* dibagi menjadi dua tipe yaitu *Table Driven Routing Protokol (Proaktif)* dan *On-Demand Routing Protokol (Reaktif)*.

- *Table Driven Routing* Protokol (Proaktif). Protokol *routing proaktif* bersifat *table driven* artinya dimana setiap *Node* menyimpan tabel yang berisi informasi rute ke setiap *Node* yang diketahuinya, artinya sebuah *Node* mengetahui semua route ke *Node* lain yang berada dalam jaringan tersebut. Informasi rute diperbaharui secara berkala jika terjadi perubahan link. Penggunaan protokol *routing proaktif* secara mendasar memberikan solusi terpendek *end to end delay*, karena informasi *routing* selalu tersedia dan diperbaharui secara berkala dibandingkan protokol *routing reaktif*. Kekurangan dari protokol *routing proaktif* adalah terlalu banyak penggunaan sumber daya seperti *overhead* saat memperbaharui informasi *routing*. Adapun contoh *table driven routing* adalah DSDV (*Destination Sequenced Distance Vector*), CGSR (*Clusterhead Gateway Switch Routing*), dan WRP (*Wireless Routing Protocol*).
- *On-Demand Routing* Protokol (Reaktif). Protokol *routing reaktif* bersifat *on-demand*, artinya membentuk sebuah rute dari satu *Node* sumber ke *Node* tujuan hanya berdasarkan pada permintaan *Node* sumber tersebut. Sehingga proses pencarian route hanya dilakukan apabila *Node* sumber membutuhkan komunikasi dengan *Node* tujuan. Pada *routing table* yang dimiliki oleh sebuah *Node* berisikan informasi route ke *Node* tujuan saja. Contoh *on demand routing* adalah AODV (*Ad Hoc On-Demand Distance Vector*), DSR (*Dynamic Source Routing*), TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm*), SSR (*Signal Stability Routing*), dan ASR (*Associativity Based Routing*).

Quality of Service (QoS) merupakan parameter yang digunakan sebagai pengukur kinerja jaringan. Dalam kinerja jaringan, dapat terlihat konsistensi, tingkat keberhasilan pengiriman, waktu delay dan lain-lain. Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan sebagai pengukur kinerja jaringan, diantaranya :

- *Throughput*. *Throughput* adalah laju data aktual per satuan waktu. *Throughput* dapat dikatakan sebagai *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya (Sidharta & Widjaja, 2013). Perbedaan antara *bandwidth* dan *throughput* terletak pada sifat laju datanya. *Bandwidth* bersifat tetap, sedangkan *throughput* bersifat dinamis karena bergantung pada trafik yang terjadi. *Throughput* diukur dalam satuan bit per detik (bit/s atau bps).
- *Packet Delivery Ratio* *Packet Delivery Ratio* (PDR) adalah rasio antara banyaknya paket yang diterima oleh tujuan dengan banyaknya paket yang dikirim oleh sumber (Sidharta & Widjaja, 2013).
- *Packet Loss*. *Packet Loss* adalah banyaknya paket yang hilang selama proses pengiriman paket dari *Node* asal ke *Node* tujuan (Sidharta & Widjaja, 2013). *Packet Loss* terjadi ketika satu paket data atau lebih yang melintas sebuah jaringan komputer gagal mencapai tujuan.
- *Delay*. *Delay* adalah jeda waktu antara paket pertama dikirim dengan paket yang terakhir diterima. Dalam dokumentasi NS3 terdapat contoh module untuk perhitungan *delay*.

4. Literatur Review

Provide a statement that what is expected, as stated in the "Introduction" chapter can ultimately result in "Results and Discussion" chapter, so there is compatibility. Moreover, it can also be added the prospect of the development of research results and application prospects of further studies into the next (based on result and discussion).

Beberapa penelitian yang pernah membahas mengenai MANET beserta protokol-protokol yang digunakan antara lain oleh (Sidharta & Widjaja, 2013), tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan hasil perbandingan unjuk kerja *routing* protokol pada jaringan MANET antara *routing* protokol DSR dan AODV dengan NS2. Parameter QoS yang dianalisis adalah *throughput*, *delay*, *pdr*, *jitter*, *packet loss*, dan *routing overhead*. Simulasi dilakukan dengan skenario penambahan *Node*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *routing* protokol DSR lebih baik dari *routing* AODV dilihat berdasarkan parameter *delay*, *jitter*, *packet*

delivery ratio, *packet loss*, dan *routing overhead* jaringan kecuali *throughput*. Pengaruh penambahan *Node* dan koneksi tidak terlalu signifikan pada *routing* DSR untuk parameter jaringan *delay*, *jitter*, dan *routing overhead*. Penambahan *Node* dan koneksi sangat berpengaruh terhadap kinerja *routing* protokol AODV untuk semua parameter yang diukur. Pada skenario penambahan 50 *Node* kinerja *routing* AODV dan DSR untuk parameter *packet delivery ratio* dan *packet loss* hampir sama.

Penelitian lain yang sama-sama membahas *routing* protokol AODV dilakukan oleh (Seputra, Sukiswo, & Zahra, 2011). Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja protokol *routing* AODV dengan OLSR pada MANET. Skenario yang digunakan sama seperti penelitian sebelumnya yaitu penambahan *Node* dan parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu *delay*, *load*, *throughput*, dan *packet delivery ratio*. Dalam penelitian lain yang sejenis juga membahas protokol yang sama yaitu AODV dan OLSR. Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan beberapa skenario diantaranya kapasitas jaringan yaitu *Node* yang digunakan sebanyak 10 *Node* sampai 50 *Node*, mobilitas dengan menggunakan pause time 20s, 40s, 60s, 80s, 100s dan perubahan volume trafik dilakukan dengan melakukan perubahan pada trafik rate dimana simulasi akan dilakukan pada tingkat trafik rate 2, 5, dan 10 paket/detik. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah protokol OLSR ini sangat baik diimplementasikan pada jaringan yang besar dan tingkat mobilitas tinggi. OLSR memiliki kelebihan pada *average end to end delay* dan *protokol control overhead* namun *packet delivery ratio* yang masih rendah. Sedangkan protokol AODV memiliki kelebihan pada presentase *packet delivery ratio* relative tinggi pada berbagai kondisi jaringan yaitu berkisar diatas 86%, sedangkan kekurangannya adalah nilai *protokol control overhead* yang *relative rendah* dan nilai *average end to end delay* yang sering berubah-ubah pada beberapa kondisi jaringan (Dirganto & Ir.Muchammad Husni, 2010).

Terdapat pula sebuah penelitian dengan tujuan untuk membandingkan kinerja *routing* protokol DSDV dan DSR pada beberapa skenario kondisi jaringan dengan parameter yang dibandingkan adalah *packet delivery ratio* (PDR), *end to end delay*, *routing overhead* dan *throughput* dan memberikan nilai evaluasi yang akurat dari setiap performansi *routing* protokol DSDV dan DSR yang dapat mengindikasikan kelayakan dalam suatu kondisi jaringan *mobile ad hoc*. Skenario yang digunakan pada penelitian ini lebih lengkap dari penelitian-penelitian lain, skenario yang digunakan adalah penambahan koneksi, penambahan *Node* dan perubahan tingkat mobilitas. Adapun hasil dari penelitian secara keseluruhan protokol DSDV lebih baik digunakan untuk jaringan kecil sedangkan protokol DSR lebih baik digunakan untuk jaringan besar (Dabungke et al., 2009).

Beberapa penelitian juga telah membahas secara langsung perbandingan *routing* protokol AODV dan DSDV.

- Penelitian pertama membahas perbandingan nilai kerja QoS pada *routing* protokol berdasarkan kondisi penambahan *Node* dan koneksi. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian adalah NS2 versi 2.33. *Node* yang digunakan sebanyak 20 dan 30. Lalu, koneksi yang digunakan sebanyak 4 dengan rincian 1-4 sumber dan 1-4 tujuan. Dalam penelitian tersebut diketahui bahwa DSDV memiliki nilai kinerja *Throughput* dan *Delay* yang lebih baik bila dibandingkan AODV dan DSR. Sedangkan, nilai kinerja *Packet Delivery Ratio* AODV lebih baik bila dibandingkan dengan DSDV dan DSR. Disimpulkan bahwa kombinasi *routing* protokol DSDV dan DSR lebih baik dibandingkan dengan kombinasi *Node-Node* selain pasangan tersebut (Rai, 2010).
- Kedua, terdapat penelitian yang membahas perbandingan MDSDV dengan *routing* protokol AODV dan DSDV. Kondisi yang dibandingkan adalah nilai kinerja *packet delivery fraction*, *delay*, dan *data dropped* terhadap perubahan ukuran jaringan (banyak *Node*). Dari penelitian tersebut diketahui bahwa berdasarkan nilai kinerja *packet delivery fraction*, *routing* protokol AODV dan MDSDV lebih baik bila dibandingkan dengan DSDV. Lalu berdasarkan nilai kinerja *data dropped*, performa DSDV lebih buruk hasilnya bila dibandingkan dengan MDSDV dan AODV. Sedangkan, pada kinerja *delay* DSDV lebih baik bila dibandingkan kedua rute tersebut (Eturban, King, & Trinder, n.d.).
- Ketiga, penelitian yang membandingkan performa *routing* protokol AODV, DSDV, dan DSR berdasarkan nilai kerja *Throughput*. Kondisi yang digunakan dalam simulasi ini adalah penambahan *Node*, mulai dari 5 hingga 50 *Node*. Penelitian ini telah menggunakan NS3 dan menggunakan *script* perhitungan *Flowmonitor* untuk menghitung nilai *Throughput*. Berdasarkan grafik yang dihasilkan, diketahui bahwa *trendline* nilai *Throughput* menurun

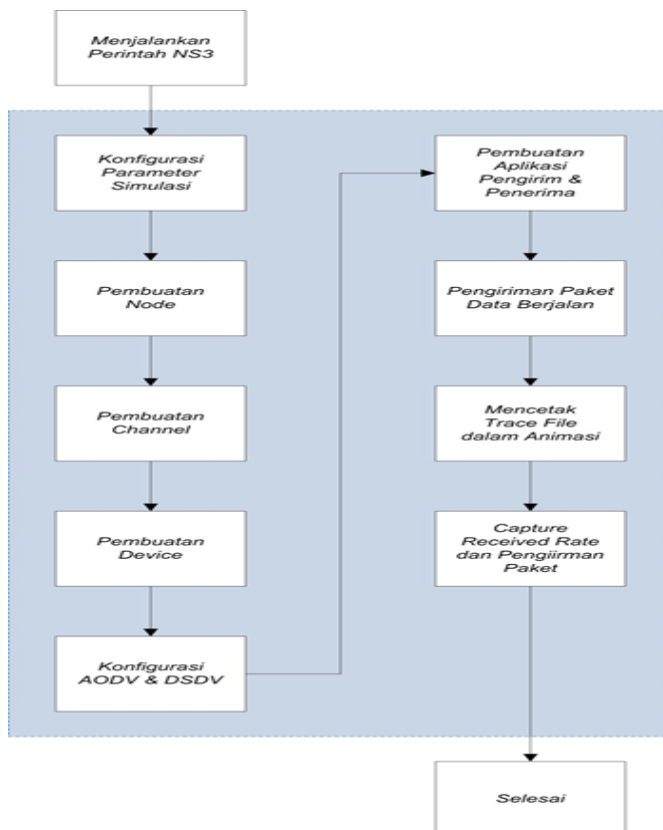
seiring dengan bertambahnya *Node*. Lalu, nilai *Throughput* DSDV lebih baik bila dibandingkan dengan AODV dan DSR (Irawan, 2011).

- Selanjutnya, terdapat pula penelitian dengan tools simulasi NS3 versi 3.17, yaitu membandingkan *routing* protokol AODV dan DSDV berdasarkan kondisi *mobility rate* dengan parameter area simulasi 500x500 - 700x700 serta *active source* sebesar 10-30. Dalam penelitian tersebut diketahui bahwa nilai kinerja *Throughput* DSDV turun secara drastis pada area 600x600 dan 700x700. Sedangkan, AODV mengalami penurunan nilai *Throughput* jika user yang aktif meningkat (Soewito, 2014).

5. Perancangan Simulasi

Untuk membandingkan kedua protokol tersebut maka dibuatlah simulasi dengan menggunakan Network Simulator 3 (NS3). Keterbatasan dari simulasi yang dilakukan adalah sbb:

- Simulasi dijalankan pada software Network Simulator 3 (NS3) versi 3.22 dengan *release* pada bulan Februari 2015.
- Skenario yang digunakan dalam simulasi terbagi dalam 2 kondisi yaitu penambahan *Node* dan koneksi. *Node-Node* yang diujikan dalam simulasi sebanyak 20, 35, dan 50. Sedangkan, koneksi yang diujikan sebanyak 1, 3, dan 5. Koneksi antar *Node* dibuat statis dan tetap, sehingga hanya 1, 3, dan 5 buah koneksi yang dapat diujikan.



Gambar 1. Tahapan Simulasi

Parameter	Nilai
Waktu simulasi	200 detik
Aplikasi mengirim data	Dimulai pada detik ke 100
Ukuran paket	64 bytes
Kecepatan node	1 m/s (Node) dan 5 m/s (Koneksi)
Tipe kanal	Wireless
Dimensi ruang	250 x 250 m
TX Power	10
Model pergerakan node	Random Waypoint
Pause time	0
Traffic Sources	UDP

Gambar 2. Data Penelitian

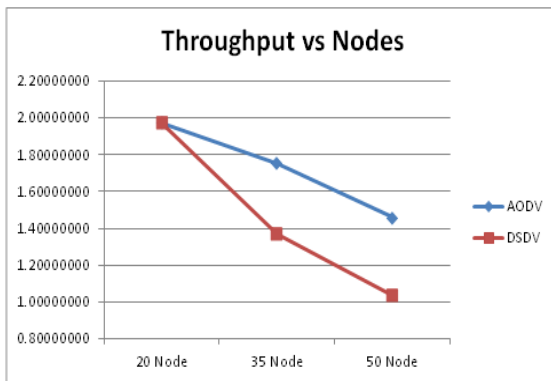
Secara garis besar langkah yang dilakukan untuk menjalankan simulasi untuk melihat performa dari *protocol* AODV dan DSDV adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Pada prinsipnya NS3 memiliki beberapa hal yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan simulasi MANET. NS3 juga telah menyediakan beberapa jenis *routing protocol* yang dapat digunakan dalam pembuatan model simulasi jaringan seperti AODV, DSDV, OLSR, dan DSR. Selain itu, NS3 juga memiliki library yang dapat digunakan sebagai alat ukur untuk menghitung nilai kerja QoS yaitu dengan menggunakan *Stats Module*. Module ini terdiri atas beberapa library yang

dapat digunakan dalam membuat hasil analisis jaringan, seperti halnya pembuatan grafis. Sementara itu parameter dasar untuk mendapatkan data bagi analisis data adalah sebagaimana pada Gambar 2.

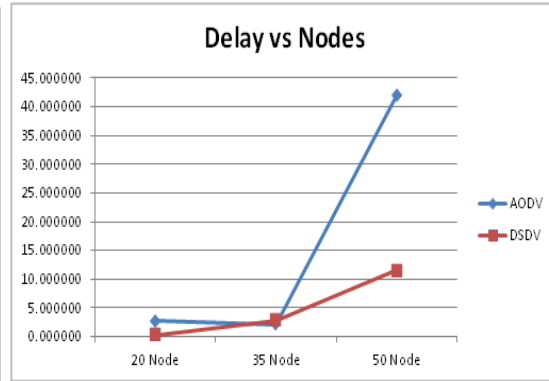
6. Hasil dan Analisa

6.1 Penambahan Node

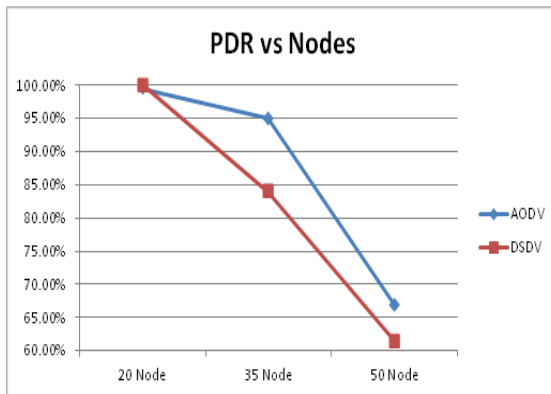
Grafik hasil perhitungan rata-rata *throughput*, *delay*, *PDR* dan *packet loss* pada perbandingan kerja *routing* protokol AODV dan DSDV berdasarkan pada simulasi untuk kondisi penambahan *Node* yang telah dilakukan dapat di lihat pada Gambar 3 sampai Gambar 6. Dalam hal ini satuan yang digunakan adalah Kbps.



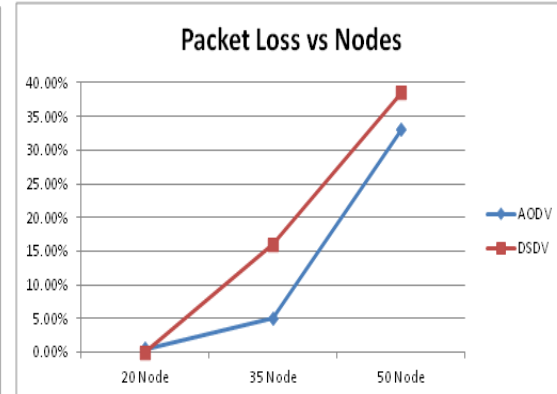
Gambar 3. Grafik rata-rata *throughput* pada penambahan *Node*



Gambar 4. Grafik rata-rata *delay* pada penambahan *Node*



Gambar 5. Grafik *PDR* pada penambahan *Node*



Gambar 6. Grafik *Packet Loss* pada penambahan *Node*

Berdasarkan grafis Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa performa *routing protocol* AODV lebih baik daripada DSDV apabila dibandingkan nilai kinerja rata-rata *throughput* terhadap penambahan *Node*. Rata-rata nilai *throughput* terhadap penambahan *Node* untuk AODV sebesar 1.75563168 dan DSDV sebesar 1.48138038. Hal ini disebabkan DSDV menyimpan seluruh informasi ke semua *Node* dan secara berkala melakukan *broadcast* untuk memperbaharui *routing table* tersebut. Kemudian, ketika salah satu *Node* keluar dari rute, maka DSDV akan melakukan *broadcast* ke seluruh *Node* untuk memberitahukan bahwa terdapat rute yang rusak. Perilaku tersebut menyebabkan banyaknya penggunaan *bandwidth* pada DSDV terpakai untuk *broadcast* padahal seharusnya digunakan untuk mengirim paket data. Selain itu, DSDV hanya menyimpan satu rute ke *Node* tujuan dan masih menggunakan *routing table* tradisional (Soewito, 2014). Sedangkan, AODV tidak memelihara rute ke suatu *Node* apabila telah lama tidak aktif dan melebihi batas *lifetime*. Hal ini akan mengurangi *routing overhead* dan menghemat penggunaan *bandwidth* (Rai, 2010).

Berdasarkan grafis pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa performa *routing protocol* DSDV lebih baik daripada AODV apabila dibandingkan nilai kinerja rata-rata *delay* terhadap

penambahan *Node*. Rata-rata nilai *delay* terhadap penambahan *Node* untuk AODV sebesar 15.653937 dan DSDV sebesar 4.923451. Hal ini disebabkan sifat proaktif DSDV yang melakukan *update* dan memelihara *route request* ke seluruh tujuan secara berkala dan disimpan dalam *routing table*. Sehingga, DSDV tidak perlu terlalu sering untuk mencari *route request* baru ketika akan melakukan pengiriman paket data seperti pada AODV karena rute ke *Node* tujuan sudah ada (Rai, 2010). Lalu, ketika paket data akan dikirim dan rute mengalami kerusakan, maka DSDV tidak akan mengirimkan paket data dan menunggu hingga waktu *trigger routing table*, sehingga paket data tidak terkirim dan tidak ada *delay* terhitung karena *delay* dihitung berdasarkan waktu paket data dikirim hingga diterima. Triger *update* merupakan mekanisme pembaharuan *routing table* yang dilakukan oleh DSDV dengan mencari rute baru tetapi tidak langsung melakukan *update* dan *broadcast* rute baru hingga batas waktu *settling time* untuk memastikan *Node* tetangga yang lama tidak mengirim pesan *update* lagi dan rute baru tidak berubah lagi. Namun, hal ini berpengaruh besar pada nilai PDR dan *packet loss*. Selain itu, AODV lebih lama dalam melakukan pencarian jalur karena ketika salah satu *Node* yang menggunakan *routing* protokol AODV akan menanggapi seluruh RREQ yang diterima, sehingga mengakibatkan kemacetan (Sidharta & Widjaja, 2013).

Berdasarkan grafis pada Gambar 5, maka dapat dilihat bahwa performa *routing protocol* AODV lebih baik daripada DSDV apabila dibandingkan nilai kinerja rata-rata PDR terhadap penambahan *Node*. Rata-rata nilai PDR terhadap penambahan *Node* untuk AODV sebesar 87.17% dan DSDV sebesar 81.83%. Hal ini disebabkan kepadatan *Node* yang besar mengakibatkan terbentuknya hop yang cukup banyak pula. *Node* yang besar memungkinkan sering terjadinya perubahan *route* yang menghubungkan antar satu *Node* dengan *Node* lain. AODV dapat mengatasi hal ini karena sifatnya yang reaktif.

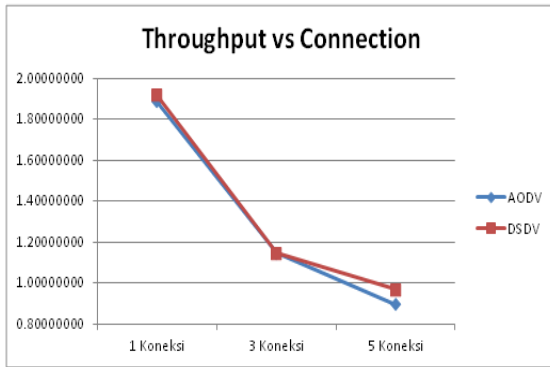
Berbeda halnya dengan DSDV yang bersifat proaktif dan memperbaharui *routing table* secara berkala saja (Rai, 2010). Sehingga, memungkinkan semakin rendahnya paket yang berhasil terkirim karena ketika kehilangan jalur DSDV akan melakukan *trigger update* untuk mencari jalur baru dan tidak dapat mengirim paket secara langsung karena harus menunggu hingga batas waktu *settling time*, sehingga proses pengiriman paket data batal atau menunggu hingga proses *update routing table* dilakukan pada waktu tertentu. Selain itu, AODV memiliki sifat reaktif yang dapat mencari rute baru ketika rute lama rusak (Etorban et al., n.d.) dan kemampuan *Multi Route* yang dapat digunakan untuk memberikan rute *alternative* sebelum melakukan pengiriman paket data.

Berdasarkan grafis pada Gambar 6, terlihat bahwa performa *routing protocol* AODV lebih baik daripada DSDV apabila dibandingkan nilai kinerja *packet loss* terhadap penambahan *Node*. Rata-rata nilai *packet loss* terhadap penambahan *Node* untuk AODV sebesar 12.83% dan DSDV sebesar 18.17%. Tidak berbeda jauh dengan PDR hal ini disebabkan kepadatan *Node* yang besar memungkinkan hilangnya paket data saat dikirim dan tertundannya pengiriman paket data pada DSDV karena sifatnya yang proaktif.

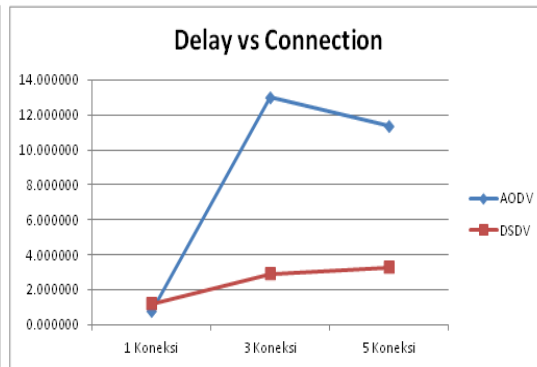
Dari performa *routing protocol* berdasarkan nilai kinerja QoS terhadap penambahan *Node* di atas, dapat diketahui bahwa *routing protocol* AODV unggul dalam nilai *Throughput*, PDR, dan *Packet Loss* bila dibandingkan dengan DSDV. Sedangkan, DSDV lebih unggul dalam nilai *Delay* bila dibandingkan dengan AODV. Selain itu, diketahui bahwa DSDV lebih cocok digunakan untuk kepadatan jaringan berskala kecil (Dabungke et al., 2009). Sedangkan, AODV lebih cocok digunakan untuk kepadatan jaringan dengan skala menengah atas. Penambahan *Node* berpengaruh pula pada penurunan nilai kinerja QoS. Hal ini disebabkan semakin besar kepadatan *Node* maka semakin besar pula kemungkinan *disjoint* dan banyak hop yang terbentuk sehingga menghambat proses pengiriman paket data.

6.2 Penambahan Koneksi

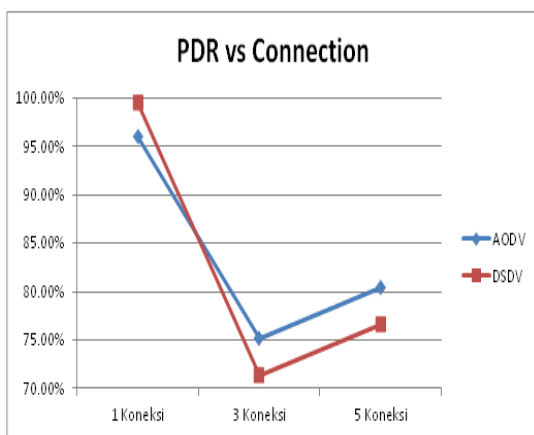
Grafik hasil perhitungan rata-rata *throughput*, *delay*, *PDR* dan *packet loss* pada perbandingan kerja *routing* protokol AODV dan DSDV berdasarkan pada simulasi untuk kondisi penambahan koneksi dapat di lihat pada Gambar 7 - 10.



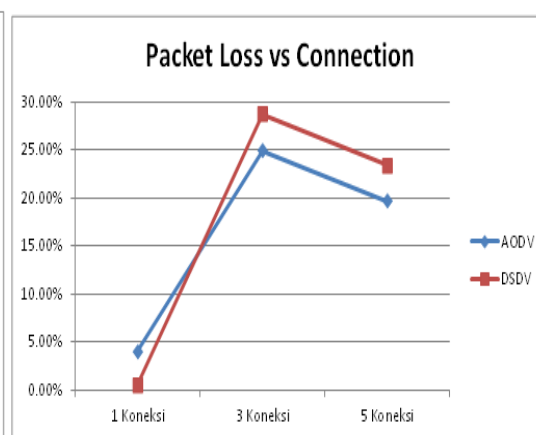
Gambar 7. Grafik rata-rata *throughput* pada penambahan koneksi



Gambar 8. Grafik rata-rata Delay pada penambahan koneksi



Gambar 9. Grafik rata-rata PDR pada penambahan koneksi



Gambar 10. Grafik rata-rata Packet Loss pada penambahan koneksi

Berdasarkan Gambar 7 pada grafis diatas, dapat dilihat bahwa performa *routing* protokol DSDV lebih baik daripada AODV apabila dibandingkan nilai kinerja rata-rata *Throughput* terhadap penambahan koneksi. Rata-rata nilai *throughput* terhadap penambahan koneksi untuk AODV sebesar 1.307329 dan DSDV sebesar 1.342511. Walaupun DSDV lebih baik rata-rata *Throughputnya* daripada AODV, selisihnya tidak terlalu besar. Dengan banyaknya *Node* dan luas dimensi simulasi yang sama, maka kepadatan jaringan (*network size*) selalu tetap, berbeda dengan kondisi pada skenario sebelumnya.

Perbedaan koneksi menyebabkan perbedaan lokasi dari masing-masing *Node* yang terhubung seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hal tersebut mungkin terjadinya perubahan rute pengiriman yang bervariasi pada masing-masing koneksi. Ditambah lagi dengan kecepatan pergerakan *Node* yang meningkat. Hal ini menyebabkan meningkatnya *Routing Overhead* pada *routing* protokol AODV. Peningkatan *routing overhead* dipicu oleh semakin banyaknya *Node-Node* penghubung yang mengirimkan RRER ke *Node* sumber saat hilangnya salah satu *Node* penghubung, *Node* sumber yang mengirimkan RREQ saat mencari rute baru dan membentuk rute baru, serta RREP yang diterima ketika *Node* tujuan ditemukan. Hal ini menyebabkan meningkatnya penggunaan *bandwidth* yang seharusnya digunakan dalam pengiriman paket data (Sari, Syarif, & Budiardjo, 2008).

Berdasarkan grafis pada Gambar 8, dapat dilihat bahwa performa *routing* protokol DSDV lebih baik daripada AODV apabila dibandingkan nilai kinerja rata-rata *delay* terhadap penambahan koneksi. Rata-rata nilai *delay* terhadap penambahan koneksi untuk AODV sebesar 8.364059 dan DSDV sebesar 2.472702. Sama seperti pada penjelasan sebelumnya, dengan banyaknya *Node* dan luas dimensi simulasi yang sama, maka kepadatan jaringan (*network size*) selalu tetap, berbeda dengan kondisi pada skenario sebelumnya.

Sifat proaktif DSDV yang melakukan *update* dan memelihara *route request* ke seluruh tujuan secara berkala dan disimpan dalam *routing table*, menyebabkan DSDV tidak perlu terlalu sering untuk mencari *route request* baru ketika akan melakukan pengiriman paket data seperti pada AODV karena rute ke *Node* tujuan sudah ada (Rai, 2010). Lalu, ketika paket data akan dikirim dan rute mengalami kerusakan, maka DSDV tidak akan mengirimkan paket data dan menunggu hingga waktu *trigger update routing table*, sehingga paket data tidak langsung terkirim dan tidak ada delay terhitung karena delay dihitung berdasarkan waktu paket data dikirim hingga diterima. *Triger update* merupakan mekanisme pembaharuan *routing table* yang dilakukan oleh DSDV dengan mencari rute baru tetapi tidak langsung melakukan update dan broadcast rute baru hingga batas waktu *settling time* untuk memastikan *Node* tetangga yang lama tidak mengirim pesan update lagi dan rute baru tidak berubah lagi. Namun, hal ini berpengaruh besar pada nilai PDR dan *packet loss*.

Berbeda halnya dengan AODV yang akan mengecek rute ke *Node* tujuan ketika akan mengirim data dan berusaha untuk mencari rute baru apabila rute tersebut sudah tidak valid. Pada saat proses pencarian rute ini, *broadcast packet* akan dikirim hingga nantinya rute terbentuk dan pengiriman data dimulai. Hal ini menyebabkan semakin lamanya waktu awal *Node* mencari rute, mengirim paket data hingga diterima oleh *Node* tujuan. Selain itu, AODV lebih lama dalam melakukan pencarian jalur karena ketika salah satu *Node* yang menggunakan *routing* protokol AODV akan menanggapi seluruh RREQ yang diterima, sehingga mengakibatkan kemacetan (Sidharta & Widjaja, 2013).

Berdasarkan grafis pada Gambar 9, dapat dilihat bahwa performa *routing* protokol AODV lebih baik daripada DSDV apabila dibandingkan nilai kinerja rata-rata PDR terhadap penambahan koneksi. Rata-rata nilai PDR terhadap penambahan koneksi untuk AODV sebesar 83.86% dan DSDV sebesar 82.48%. Dengan variasi *Node* terhubung yang berbeda-beda kondisi lokasi, hop, dan jaraknya, memungkinkan sering terjadinya perubahan rute yang menghubungkan antar satu *Node* dengan *Node* lain. AODV dapat mengatasi hal ini karena sifatnya yang reaktif. Berbeda halnya dengan DSDV yang bersifat proaktif dan memperbaharui *routing table* secara berkala saja (Rai, 2010). Sehingga, memungkinkan semakin rendahnya paket yang berhasil terkirim karena ketika kehilangan jalur DSDV akan melakukan *trigger update* untuk mencari jalur baru dan tidak dapat mengirim paket secara langsung karena harus menunggu hingga batas waktu *settling time*, sehingga proses pengiriman paket data batal atau menunggu hingga proses update *routing table* dilakukan pada waktu tertentu. Selain itu, AODV memiliki sifat reaktif yang dapat mencari rute baru ketika rute lama rusak (Etorban et al., n.d.) dan kemampuan *Multi Route* yang dapat digunakan untuk memberikan rute *alternative* sebelum melakukan pengiriman paket data.

Hasil perhitungan nilai *Packet Loss* pada perbandingan kerja *routing* protokol AODV dan DSDV berdasarkan pada simulasi untuk kondisi penambahan koneksi yang telah dilakukan adalah sebagai pada Gambar 10. Berdasarkan grafis diatas, dapat dilihat bahwa performa *routing protocol* AODV lebih baik daripada DSDV apabila dibandingkan nilai kinerja *packet loss* terhadap penambahan koneksi. Rata-rata nilai *packet loss* terhadap penambahan koneksi untuk AODV sebesar 16.14% dan DSDV sebesar 17.52%. Tidak berbeda jauh dengan PDR hal ini disebabkan banyaknya koneksi yang besar menyebabkan perbedaan kondisi pada masing-masing *Node* yang terhubung. Variasi kondisi ini memungkinkan hilangnya paket data saat dikirim dan tertundanya pengiriman paket data pada DSDV karena sifatnya yang proaktif. Dari performa *routing protocol* berdasarkan nilai kinerja QoS terhadap penambahan koneksi di atas, dapat diketahui bahwa *routing protocol* AODV unggul dalam nilai PDR, dan *Packet Loss* bila dibandingkan dengan DSDV. Sedangkan, DSDV lebih unggul dalam nilai *Throughput* dan *Delay* bila dibandingkan dengan AODV. Pada dasarnya, selisih nilai *throughput* AODV dan DSDV tidak terlalu jauh. Banyaknya koneksi berpengaruh pada kualitas nilai kerja QoS karena *Node-Node* yang terhubung memiliki lokasi, jarak, dan hop-hop yang berbeda.

6.3 Penerapan Jaringan MANET

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian pendahuluan, MANET memungkinkan adanya komunikasi antar perangkat meskipun tidak adanya infrastruktur jaringan yang memadai. Hal ini dikarenakan perangkat yang digunakan tidak hanya berfungsi sebagai pengirim dan penerima data, tetapi dapat menjadi *router* sehingga mampu berperan sebagai penghubung antara satu perangkat dengan perangkat lain yang berjauhan. Untuk memberikan gambaran contoh pemanfaatan hasil simulasi dan analisis data dalam kehidupan sehari-hari maka dibuatlah sebuah skenario bencana alam yang terjadi pada suatu wilayah terpencil.

Bencana alam ini mengakibatkan kerusakan infrastruktur jaringan. Dalam hal ini, teknologi MANET dimanfaatkan untuk membantu para relawan agar dapat saling berkomunikasi selama proses pencarian dan evakuasi.

Pada hari pertama, belum banyak relawan yang datang dikarenakan informasi yang baru saja masuk dan sulitnya menempuh wilayah bencana. Misalkan, relawan yang datang sebanyak 20 orang pada hari tersebut. Proses evakuasi pun dimulai dengan membagi relawan dalam 3 kelompok kecil. Satu kelompok menjadi pencari sebanyak 10 orang. Satu kelompok *backup* berada dibagian tengah sebanyak 5 orang. Serta kelompok lainnya bertugas untuk membantu para korban dan memonitor situasi berada di posko sebanyak 5 orang. Kelompok pencari akan terus berkomunikasi dengan tim yang ada di posko untuk memberikan setiap kabar terbaru selama proses pencarian berlangsung. Pada kondisi tersebut, pemanfaatan *routing* protokol DSDV dapat berguna karena performanya yang optimal pada jaringan yang tidak padat dan koneksi antar perangkat yang sedikit.

Pada hari berikutnya, relawan yang semakin banyak dan komunikasi menjadi lebih yang padat. Banyaknya relawan bertambah menjadi 50 orang, sehingga memungkinkan terjadinya komunikasi yang padat dan perubahan rute yang semakin cepat. Maka *routing* protokol AODV lebih cocok digunakan pada kondisi tersebut karena performanya yang lebih baik pada jaringan yang padat.

6.4 Evaluasi Tools NS3

NS3 memiliki beberapa hal yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan simulasi MANET. NS3 telah menyediakan beberapa jenis *routing protocol* yang dapat digunakan dalam pembuatan model simulasi jaringan seperti AODV, DSDV, OLSR, dan DSR. NS3 juga menyediakan beberapa contoh *source code* penggunaan *routing* protokol tersebut dalam pembuatan simulasi. Sehingga semakin mempermudah pengguna dalam mempelajari dan mengembangkan simulasi yang dibuat.

Selain itu, NS3 juga memiliki librari yang dapat digunakan sebagai alat ukur untuk menghitung nilai kerja QoS yaitu dengan menggunakan *Stats Module*. *Stats Module* terdiri atas beberapa librari yang dapat digunakan dalam membuat sebuah hasil analisis jaringan, seperti pembuatan grafis. NS3 juga telah menyediakan contoh pemanfaatan *Stats Module* dalam sebuah simulasi sederhana. Pengguna juga dapat melihat gambaran simulasi baik berupa pergerakan maupun proses pengiriman data dengan menggunakan NetAnim. Semua hal tersebut dapat ditemukan pada portal dokumentasi (Doxygen) yang terdapat pada situs NS3. Doxygen tidak hanya berisi dokumentasi seputar MANET saja, tetapi hal-hal lain yang berhubungan dengan jaringan baik *wireless*, *wired*, IPV4, IPV6, dan lain-lain.

Selain beberapa fitur tersebut, NS3 juga didukung dengan layanan grup NS3. Para pengguna NS3 baik yang pemula maupun yang telah lama menggunakan NS3 dapat mengajukan pertanyaan, berdiskusi, dan berkontribusi dalam penggunaan dan pengembangan NS3. Pada grup ini, juga sering diumumkan beberapa hal terkait pengembangan MANET. Grup NS3 ini juga menjadi salah satu referensi utama ketika para pengguna NS3 ingin mencari potongan *script code* atau materi terkait simulasi dengan NS3.

7. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil simulasi yang dijalankan secara keseluruhan *routing* protokol AODV lebih baik dari DSDV pada skenario penambahan *Node* berdasarkan nilai parameter kerja *throughput*, *packet delivery ratio*, dan *packet loss*. Sedangkan, DSDV unggul pada nilai parameter *delay*. Sedangkan pada penambahan koneksi DSDV unggul berdasarkan nilai parameter kerja *throughput* dan *delay*. Sedangkan, AODV unggul pada *packet delivery ratio* dan *packet loss*.

Penambahan *Node* dan koneksi berpengaruh pada *routing* protokol DSDV serta AODV untuk parameter *throughput*, *delay*, *packet delivery ratio*, dan *packet loss*. Dimana semakin besar banyak *Node*, maka semakin kecil nilai *throughput* dan *packet delivery ratio* serta semakin besar nilai *delay* dan *packet loss*. Penambahan koneksi berpengaruh pula karena lokasi masing-masing pasangan *Node* yang berbeda sehingga menghasilkan perhitungan data yang berbeda.

Dari performa *routing protocol* berdasarkan nilai kinerja QoS terhadap penambahan *Node* di atas, dapat diketahui bahwa *routing protocol* AODV unggul dalam nilai *Throughput*, PDR, dan *Packet Loss* bila dibandingkan dengan DSDV. Sedangkan, DSDV lebih unggul dalam nilai *Delay* bila dibandingkan dengan AODV. Selain itu, diketahui bahwa DSDV lebih cocok digunakan untuk kepadatan jaringan berskala kecil (Dabungke et al., 2009). Sedangkan, AODV lebih cocok digunakan untuk kepadatan jaringan dengan skala menengah atas. Penambahan *Node* berpengaruh pula pada penurunan nilai kinerja QoS. Hal ini disebabkan semakin besar kepadatan *Node* maka semakin besar pula kemungkinan *disjoint* dan banyak hop yang terbentuk sehingga menghambat proses pengiriman paket data

Berdasarkan parameter-parameter simulasi dan hasil simulasi terhadap masing-masing kondisi dalam penelitian ini diketahui bahwa AODV cocok digunakan pada skenario yang memiliki kepadatan jaringan yang besar. Sedangkan DSDV cocok digunakan pada skenario yang memiliki kepadatan kecil.

MANET memungkinkan adanya komunikasi antar perangkat meskipun tidak adanya infrastruktur jaringan yang memadai. Hal ini dikarenakan, perangkat yang digunakan dapat menjadi *router* sehingga mampu menjadi penghubung antara satu perangkat dengan perangkat lain yang berjauhan. Misal terjadi sebuah bencana alam pada suatu wilayah yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur jaringan, MANET dapat dimanfaatkan untuk membantu para relawan agar dapat saling berkomunikasi. Pada hari pertama evakuasi, tentu saja belum banyak relawan yang datang dikarenakan informasi yang baru saja masuk dan sulitnya menempuh wilayah bencana. Pada kondisi tersebut, pemanfaatan *routing* protokol DSDV dapat berguna karena performanya yang optimal pada jaringan yang tidak padat dan koneksi antar perangkat yang sedikit. Namun, berbeda halnya pada hari berikutnya, dimana banyaknya relawan yang semakin banyak dan komunikasi lebih yang padat. Maka *routing* protokol AODV lebih cocok digunakan pada kondisi tersebut karena performanya yang lebih baik pada jaringan yang padat.

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah disimpulkan di atas dan dalam rangka pengembangan penelitian, maka dikemukakan beberapa saran, yaitu :

- Dilakukan simulasi dengan menggunakan *routing* protokol MANET yang berbeda seperti OLSR, DSR, TBRPF, LMR, atau ABR.
- Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *routing* protokol pada MANET didalam NS3 dengan membandingkan nilai ukur yang lain seperti *jitter*, *routing overhead*, dan lain-lain.
- Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *routing* protokol pada MANET didalam NS3 dengan membandingkan parameter simulasi yang berbeda seperti dimensi ruang simulasi yang diperbesar, ukuran paket diperbesar, ataupun waktu simulasi diperpanjang.

Simulasi lebih lanjut menggunakan skenario yang berbeda seperti perubahan kecepatan *Node*, dimensi, *pause time*, dan lain-lain.

Referensi

- [1] Cisco. (2004). Creating a PDF of the Internetworking Technology Handbook Internetworking Basics.
- [2] Dabungke, B., Wahidah, I., & Mulyana, A. (2009). Evaluasi Performansi Protokol Ruting Dsdv Dan Dsr Pada Jaringan Wireless Mobile Ad Hoc Network (MANET).
- [3] Dirganto, S. C., & Ir.Muchammad Husni, M. K. (2010). Analisis Kinerja Protokol *Routing* Mobile Ad Hoc, 1–8.
- [4] Etorban, A., King, P. J. B., & Trinder, P. (n.d.). A Performance Comparison of MDS DV with AODV and DSDV *Routing Protocols* An Overview of the MDS DV *Routing* Proto- col.
- [5] Irawan, D. (2011). Simulasi Model Jaringan Mobile Ad-Hoc (Manet) Dengan Ns-3, 335–339.
- [6] Kopp, C., & Hons, B. E. (2002). Ad Hoc Networking : Published in, (June 1999), 33–40.
- [7] NS3. (2011), “ns-3: ns-3 Documentation” <https://n3n3.org/documentation/> (diakses 20 Januari 2015)
- [8] Rai, V. (2010). Simulation of Ad-hoc Networks Using DSDV , AODV And DSR *Protocols* And Their Performance Comparison Vijendra Rai.
- [9] Sari, R. F., Syarif, A., & Budiardjo, B. (2008). Analisis Kinerja Protokol *Routing* Ad Hoc On-Demand Distance Vector (Aodv) Pada Jaringan Ad Hoc Hybrid : Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Ns-2 Dan Implementasi, 12(1), 7–18.

- [10] Seputra, W. E., Sukiswo, & Zahra, A. A. (2011). Perbandingan kinerja protokol aodv dengan olsr pada manet, 1–7.
- [11] Sidharta, Y., & Widjaja, D. (2013). Perbandingan unjuk kerja protokol *routing* ad hoc on-demand distance vector(AODV) dan dynamic source *routing*(DSR) pada jaringan MANET.
- [12] Soewito, B. (2014). Performance Optimization Wireless Ad Hoc Networks Based on *Routing Protocols*. *International Journal of Control and Automation*, 7(2), 49–64. doi:10.14257/ijca.2014.7.2.06