

ANALISIS PROTOKOL ROUTING AOMDV PADA VEHICULAR AD HOC NETWORK DI PEKANBARU

Neldi Wati ^[1] , Linna Oktaviana Sari ^[2]

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau ^[1,2,3]

Kampus Bina Widya KM 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293

Email : neldi.wati@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The increasing number of vehicles per year causes problems not only pollution but also congestion and traffic accident which continue to increase every year. So we need a system that can help reduce congestion and accidents such as Intelligent Transportation System (ITS). With the increase in information technology, especially computer networks and the internet, researchers in this field try to give their contribution in realizing safety and comfort in driving. One popular research topic in the computer network and automotive industry is the vehicular ad-hoc network (VANET). The purpose of the VANET research is to develop a communication system on vehicles that enabling fast and efficient data exchange so that it can be used as a traffic information system. In this study, the testing of the AOMDV (Ad-hoc on Demand Multipath Distance Vector) routing protocol was used by using a scenario of changing the number of nodes and the speed of the nodes. The method used in this study is a simulation using SUMO and NS-2 and measured using the parameters of throughput, end to end delay and packet loss. From the simulation results, testing the change scenario the number of nodes in the AOMDV protocol has an average throughput value of 319.9375 kbps, end-to-end delay 0.159667 s and packet loss 8.0831%.

Keywords: VANET, AOMDV, NS-2, SUMO

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah kendaraan per tahun menimbulkan banyak permasalahan bukan saja polusi tetapi juga kemacetan hingga kecelakaan lalu lintas yang terus bertambah setiap tahunnya. Sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat membantu mengurangi kemacetan dan kecelakaan seperti *Intelligent transportation system* (ITS). ITS adalah sistem transportasi cerdas yang menggabungkan antara sistem transportasi dengan teknologi informasi demi meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi serta keamanan transportasi. Saat ini perkembangan teknologi informasi dan komunikasi menjadi salah satu indikator kemajuan manusia (Romanta, 2017).

Dengan meningkatnya teknologi informasi khususnya jaringan komputer dan internet, para peneliti dibidang ini mencoba memberikan kontribusi mereka dalam mewujudkan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara. Salah satu topik penelitian yang populer dalam bidang jaringan komputer dan industri otomotif adalah *vehicular ad-hoc network* (VANET). Tujuan dari penelitian VANET adalah untuk mengembangkan sistem komunikasi pada kendaraan-kendaraan yang memungkinkan pertukaran data yang cepat dan efisien sehingga dapat digunakan sebagai sistem informasi trafik lalu lintas. Beragam inovasi aplikasi dapat diterapkan dalam VANET, baik tentang keamanan berkendara maupun non-keamanan. Yang termasuk

kelompok keamanan berkendara misalnya aplikasi pencegahan tabrakan, kontrol dan pengawasan lalu lintas. Sedangkan aplikasi non-keamanan misalnya sistem untuk mengetahui layanan parkir terdekat yang bisa digunakan, aplikasi untuk mendapatkan informasi kondisi terakhir suatu jalan raya sehingga perencanaan perjalanan menjadi lebih baik. (Wantoro, 2014)

Model komunikasi yang digunakan dalam VANET biasanya dibagi menjadi dua jenis yaitu komunikasi *vehicle to vehicle* (V2V) dan *vehicle to infrastructure* (V2I). Komunikasi V2V biasa digunakan oleh aplikasi yang hanya membutuhkan komunikasi antar kendaraan saja, dengan kata lain aplikasi ini tidak membutuhkan komunikasi dengan infrastruktur jalan raya. Contohnya adalah aplikasi untuk peringatan kecelakaan kepada kendaraan di sekitarnya. Sedangkan V2I digunakan oleh aplikasi yang membutuhkan komunikasi antara kendaraan dengan infrastruktur jalan raya atau jaringan Internet. Contohnya aplikasi untuk kendaraan yang terhubung dengan Internet atau server pusat. Meskipun demikian, secara umum aplikasi dalam VANET membutuhkan jalur komunikasi yang reliabel untuk menyampaikan pesan kepada tujuan yang sudah ditentukan. (Nutrihadi, 2016)

Pada penelitian ini untuk menunjang kinerja dari komunikasi VANET digunakan *routing* berbasis topologi. Protokol *routing* berbasis topologi ini menggunakan informasi

mengenai topologi jaringan yang ada dan kondisi link komunikasi antar *node* dalam pengambilan keputusan *routing*. Secara umum protokol *routing* berbasis topologi pada VANET dibagi menjadi tiga jenis yaitu *proactive*, *hybrid* dan *reactive routing*. Pada penelitian kali ini difokuskan pada *reactive routing*, salah satunya adalah *Ad Hoc On-Demand Multipath Distant Vector* (AOMDV).

Ad Hoc On-Demand Multipath Distant Vector (AOMDV) adalah *routing protocol* reaktif pengembangan dari protokol *routing unipath* AODV untuk meminimalisir seringnya terjadi kegagalan hubungan dan rute yang terputus. Sama halnya dengan *routing protocol* lainnya, AOMDV juga menyediakan dua layanan utama yaitu *route discovery* dan *maintenance*. AOMDV memiliki beberapa karakteristik yang sama dengan AODV. AOMDV berbasis vektor dan menggunakan pendekatan *hop-by-hop*. Bahkan AOMDV juga hanya melakukan pencarian rute ketika dibutuhkan dengan menggunakan prosedur *route discovery*. Perbedaan utama antara AODV dan AOMDV terletak pada jumlah rute yang ditemukan dalam setiap kali pencarian rute atau *route discovery*. AOMDV dalam pencarian rute tidak seperti AODV yang hanya memilih satu RREP, tetapi pada AOMDV setiap RREP akan dipertimbangkan oleh *node* asal sehingga beberapa *path* bisa ditemukan dalam satu pencarian rute (Anisia, 2016).

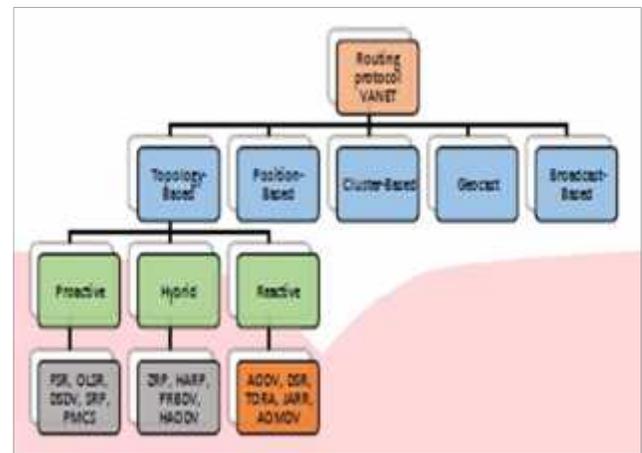
II. LANDASAN TEORI

2.1 *Routing Protocol*

Protocol adalah seperangkat aturan yang mengatur setiap komputer untuk saling bertukar informasi melalui jaringan, sedangkan *routing* adalah proses memindahkan informasi dari pengirim ke penerima melalui sebuah jaringan.

Protokol *routing* diperlukan karena untuk mengirimkan paket data dari *node* pengirim ke *node* penerima, akan melewati beberapa *node* penghubung (*intermediate node*), dimana protokol *routing* berfungsi untuk mencari *route link* yang terbaik dari *link* yang akan dilalui. Pemilihan rute terbaik berdasarkan *bandwidth link* dan jaraknya (Pradana, 2017)

Pada VANET, protokol *routing* dikategorikan kedalam lima kategori : *topology-based routing protocol*, *position-based routing protocol*, *cluster-based routing protocol*, *geocast routing protocol* dan *broadcast routing protocol*. *Routing protocol pada VANET* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Routing protocol pada VANET* (Pradana, 2017)

1. *Topology-based routing protocol*

Protokol routing ini menggunakan informasi link yang terdapat pada jaringan untuk meneruskan paket dari sumber ke tujuan. Pada routing ini dibagi menjadi protokol proaktif, reaktif dan hybrid. Protokol routing ini mencoba untuk menyeimbangkan kemungkinanantisipasi pada semua path dan menjaga overhead pada tingkat minimum. Macam-macam protokolnya adalah FSR, DSR, OLSR, DSDV, AODV.

2. *Position-Based Routing Protocols*

Position-Based Routing Protocols terdiri dari algoritma routing. Mereka membagi properti menggunakan informasi lokasi geografis untuk memilih *forwarding hop* yang berikutnya. Protokol routing yang paling dominan dari kategori ini adalah GPSR, LAR, GSR, CAR, dan ASTAR.

3. *Cluster-Based Routing Protocols*

Cluster-Based Routing Protocols menghususkan pada *clusters*. Sekumpulan *node* mengidentifikasi dirinya sendiri untuk menjadi bagian pada *cluster* dan sebuah *node* ditunjuk sebagai kepala *cluster* yang akan *broadcast* paket ke *cluster*. Skalabilitas yang baik untuk jaringan yang lebih besar merupakan keunggulan dari protokol ini, namun *delay* jaringan dan *overhead* cukup tinggi yakni ketika proses pembentukan *cluster* pada jaringan dengan mobilitas tinggi seperti VANET. Macam-macam protokol routing ini

adalah HCB, CBLR, COIN, LORA-CBF, CBDRP.

4. *GeoCast Routing Protocols*

Routing ini pada dasarnya merupakan *routing multicast* posisi. Tujuannya adalah untuk mengirim paket dari *node* sumber ke semua *node* yang berada pada area geografis tertentu (*zone of relevance*). Macam-macam protokol *routing GeoCast* antara lain IVG, ROVER, DG-CASTOR, DTSG dan DRG.

5. *Broadcast-Based Routing Protocols*

Routing Broadcast sering digunakan VANET untuk keperluan sharing lalu lintas, cuaca dan darurat, keadaan jalan antar kendaraan dan pengumuman iklan. Macam-macam protokol broadcast routing antara lain BROADCAST, UMB, V-TRADE, and DVCAST.

2.2 Protocol AOMDV

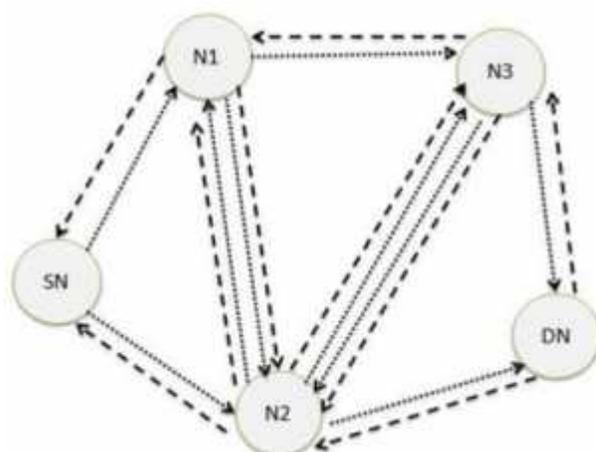
Ad Hoc On-Demand Multipath Distant Vector (AOMDV) adalah routing protocol reaktif pengembangan dari protokol *routing unipath* AODV untuk meminimalisir seringnya terjadi kegagalan hubungan dan rute yang terputus. Sama halnya dengan *routing protocol* lainnya, AOMDV juga menyediakan dua layanan utama yaitu *route discovery* dan *maintenance*. AOMDV memiliki beberapa karakteristik yang sama dengan AODV. AOMDV berbasis vektor dan menggunakan pendekatan *hop-by-hop*. Bahkan AOMDV juga hanya melakukan pencarian rute ketika

dibutuhkan dengan menggunakan prosedur *route discovery*. Perbedaan utama antara AODV dan AOMDV terletak pada jumlah rute yang ditemukan dalam setiap kali pencarian rute atau *route discovery*. AOMDV dalam pencarian rute tidak seperti AODV yang hanya memilih satu RREP, tetapi pada AOMDV setiap RREP akan dipertimbangkan oleh *node* asal sehingga beberapa *path* bisa ditemukan dalam satu pencarian rute. Dengan ditemukannya beberapa *path* atau pilihan rute, apabila terjadi kegagalan rute maka dapat dialihkan ke rute alternatif lain. Dan pencarian rute baru hanya akan dilakukan apabila semua rute yang sudah ditemukan mengalami kegagalan. (Anisia, 2016)

AOMDV memiliki tiga kelebihan dibanding *multipath routing* lain :

1. AOMDV tidak memiliki *overhead* koordinasi antar *node* yang tinggi karena komunikasi pada AOMDV hanya dilakukan saat dibutuhkan saja.
2. AOMDV menjamin rute alternatif saling *disjoint* atau beririsan melalui komputasi yang terdistribusi pada tiap *node* tanpa perlu komputasi dari *node* sumber saja sehingga rute yang ditemukan diharapkan tidak akan terjadi *loop*.
3. AOMDV menghitung atau menemukan alternatif rute dengan tambahan *overhead* yang minim dibandingkan dengan AODV. Hal tersebut dilakukan dengan memanfaatkan semaksimal mungkin

informasi *routing* jalur alternatif yang sudah ada. Inti dari protokol AOMDV adalah menjamin *multiple path* yang ditemukan adalah *loop-free*, *disjoint*, dan efisien dalam pencariannya. Aturan *update* rute pada AOMDV dilakukan secara mandiri oleh tiap *node*. Propagation of RREQ (*Route Request*) & RREP (*Route Reply*) packet in AOMDV dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Propagation of RREQ (*Route Request*) & RREP (*Route Reply*) packet in AOMDV (Dubey, 2014)

SN : Source Node →
 RREQ: packet route propagated to DN
 DN : Destination Node → RREP:
 packet route propagated to SN

Pada Gambar 2 memperlihatkan langkah-langkah protokol AOMDV dalam melakukan pencarian rute (*route discovery*) dan pemeliharaan rute (*route maintenance*), yaitu:

1. Ketika *source node* akan melakukan komunikasi dengan *node* tujuan, maka S akan melakukan *flooding* paket *route request* (RREQ) ke jaringan.

2. Karena RREQ membanjiri jaringan, sebuah *node* mungkin dapat menerima beberapa salinan dari RREQ yang sama. Jika pada AODV, hanya salinan yang pertama yang digunakan untuk membuat *reverse paths* lainnya dengan AOMDV.
3. pada AOMDV, semua salinan RREQ diperiksa untuk membuat *reserve paths* alternatif, tapi *reserve paths* hanya dibuat menggunakan salinan RREQ yang dapat mempertahankan *loop-freedom* dan *disjointness* mulai dari *node* asal.
4. ketika *intermediate node* menerima *reserve path* melalui salinan RREQ, *node* ini akan mengecek apakah ada satu atau lebih *forward paths* ke *destination* yang valid. jika ada, *node* ini akan membuat paket RREQ dan mengirim kembali melalui *reserve path* ke *source node*.
5. saat *destination node* menerima salinan RREQ, *node* tersebut juga membuat *reserve paths* dengan cara yang sama dengan yang dilakukan oleh *intermediate node*. Namun, RREQ yang dibuat oleh *destination* dibuat dengan aturan yang lebih “longgar” maksudnya adalah *destination* bisa mengirim RREP melalui *reserve path* yang *loop-free* tanpa harus *disjoint*. Hal ini dilakukan untuk mencegah “*route cut off*” atau rute yang dihapus karena terjadi *suppressing* atau ketika sebuah *node* harus memilih satu dari dua atau lebih *path*.

6. *Route maintenance* pada AOMDV adalah penambahan sederhana pada AODV. Sama seperti AODV, AOMDV menggunakan paket RERR (*Route Error*). Sebuah *node* akan membuat atau meneruskan paket RERR untuk *destination* saat *path* terakhir ke *destinasi* rusak. AOMDV juga melakukan optimisasi untuk menyelamatkan paket yang sedang dikomunikasikan lewat link yang rusak dengan meneruskan ulang paket tersebut melalui jalur alternatif.

2.3 *Vehicular Ad Hoc Network (VANET)*

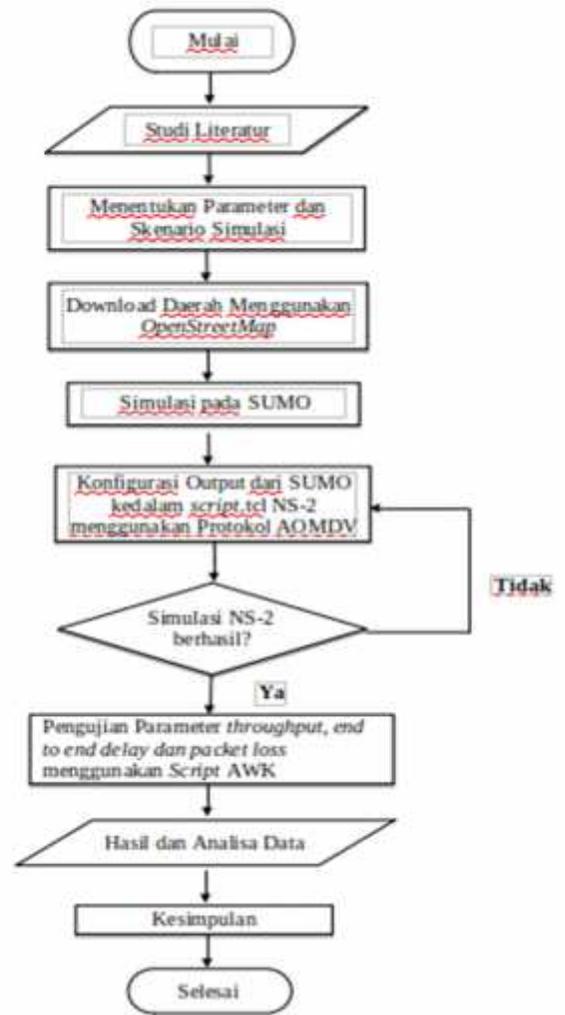
VANET merupakan sebuah jaringan terorganisir yang dibentuk dengan menghubungkan kendaraan dengan kendaraan atau kendaraan dengan RSU (*Roadside Unit*). Vanet termasuk dalam jaringan komunikasi nirkabel turunan dari *Mobile Ad Hoc Network (MANET)*. Tujuan dasar VANET adalah untuk mendukung komunikasi antar kendaraan sehingga dapat digunakan sebagai sistem informasi trafik lalu lintas yang cerdas dalam VANET, RSU dapat memberikan bantuan dalam menentukan fasilitas seperti restoran dan pompa bensin dan membroadcast pesan yang terkait seperti (maksimum kurva kecepatan) pemberitahuan untuk memberikan informasi kepada pengendara. Sebuah kendaraan dapat berkomunikasi dengan lampu lalu lintas cahaya melalui V2I komunikasi, dan lampu lalu lintas dapat menunjukkan ke kendaraan ketika lampu ke kuning atau merah. Ini dapat berfungsi

sebagai tanda pemberitahuan kepada pengemudi, dan akan sangat membantu para pengendara ketika mereka sedang berkendara dalam kondisi musim dingin atau di daerah asing. Hal ini dapat mengurangi terjadinya kecelakaan (Crisnamurti, 2017)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

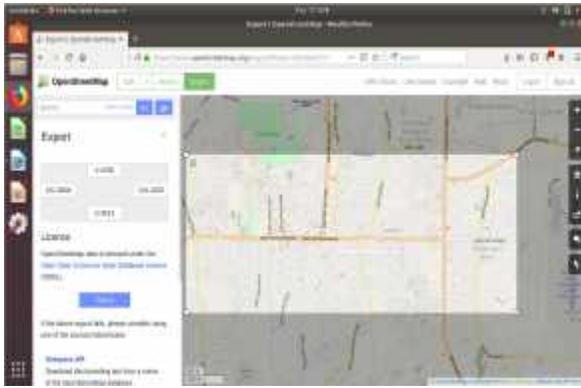
Diagram alir penelitian terdiri dari beberapa tahapan yang bertujuan untuk membantu dalam proses pengerjaan skripsi. Gambar 3. merupakan diagram alir dalam proses pengerjaan skripsi sehingga menghasilkan keluaran berupa tabel dan grafik. Tahapan pertama yang dilakukan dimulai dari studi literatur untuk memahami skenario dari komunikasi pada VANET dan parameter apa saja yang digunakan. Skenario yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu skenario perubahan jumlah node dan skenario kecepatan node yang dijalankan pada peta riil. Peta riil yang digunakan diambil menggunakan *OpenStreetMap* (OSM). Hasil simulasi SUMO digunakan untuk melengkapi *script* pada protokol AOMDV yang menggunakan *software* NS-2. Selanjutnya dilakukan simulasi hingga memperoleh hasil dan analisa performansi dari protokol *routing* AOMDV yang digunakan pada komunikasi VANET.



Gambar 3 Flowchart penelitian

3.2 Pemilihan Peta

Dalam skripsi ini, desain jaringan menggunakan kendaraan sebagai *node*-nya. Untuk berkomunikasi, *node* akan langsung berhubungan dengan *node* lain tanpa adanya infrastruktur jalan raya. Pengambilan peta jalan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengambilan peta jalan di *openstreetmap.org*

Pada skripsi ini terdapat beberapa parameter simulasi yang digunakan dalam membandingkan protokol routing AOMDV. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

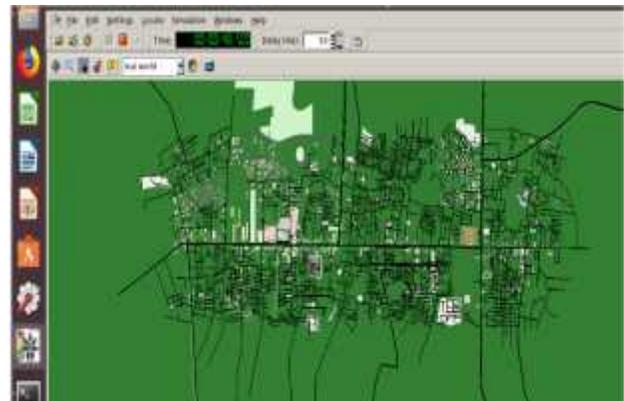
Tabel 1. Parameter simulasi

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Network Simulator	NS-2.35
2	Protokol Routing	AOMDV
3	Waktu simulasi	500 detik
4	Ukuran paket	512 bytes
5	Banyak Node	100,150,200,250
6	Kecepatan Node	10 m/s, 30 m/s
7	Simulation Area	7540 m x 14066 m
8	Jenis Antena	<i>Omni Antenna</i>
9	Model Propagasi	<i>Two-ray Ground</i>
10	Tipe Data	CBR, TCP
11	Tipe Kanal	<i>Wireles Channel</i>

3.3 Perancangan pada SUMO

Perancangan skenario peta dimulai dengan memilih daerah yang akan digunakan untuk simulasi. Dalam penelitian ini, diambil daerah

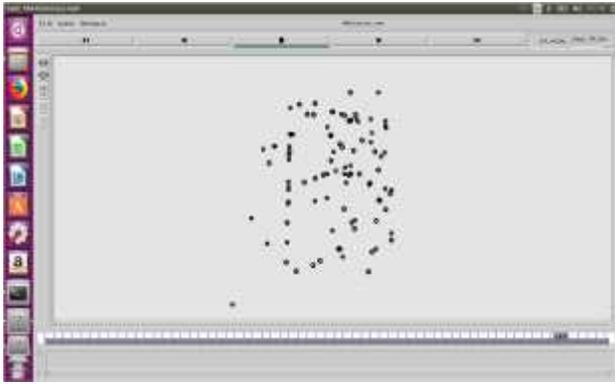
jalan Soebrantas - jalan Adi Sucipto. Selanjutnya, pada *OpenStreetMap* dilakukan *export* untuk mengunduh daerah yang telah dipilih. Rapiakan peta yang sudah di unduh dari *OpenStreetMap* sampai dengan semirip mungkin dengan kondisi nyatanya, peta yang telah diunduh ini berekstensi **.osm*. Kemudian peta ini dikonversikan menjadi file yang berekstensi **.net.xml* dengan menggunakan bantuan *tool netconvert* dari SUMO.



Gambar 5. Simulasi pada SUMO

3.4 Simulasi Pada NS-2

Simulasi VANET pada NS-2 dilakukan dengan menggunakan skenario dari peta yang dihasilkan oleh SUMO. Hasil dari SUMO yang telah disimulasikan akan digabungkan dengan *script* berekstensi **.tcl* yang berisikan konfigurasi mengenai lingkungan pada daerah simulasi SUMO. Kemudian perancangan akan dianalisis dengan berbagai metrik performansi yang dibutuhkan. Berikut ini adalah hasil keluaran dari NS-2 yang ditampilkan dengan bantuan *Network Animator* (NAM) yang dapat dilihat pada Gambar 6.



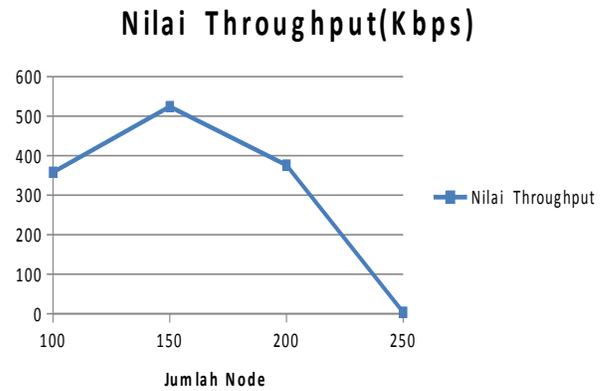
Gambar 6. Simulasi menggunakan NS-2

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari simulasi routing protocol Ad hoc On-Demand Multipath Distance Vector (AOMDV). Simulasi yang dilakukan pada ns-2 menghasilkan file dengan ekstensi .tr yang berisi hasil tracing komunikasi antar kendaraan kemudian. Untuk mengolah data dari file .tr tersebut digunakan .awk script. Setelah didapatkan nilai akhir dari parameter uji kemudian diubah ke dalam bentuk grafik lalu dianalisis.

4.1 Throughput

Throughput merupakan kondisi data rate dalam suatu jaringan, semakin besar nilai troughput yang dimiliki oleh protokol routing, maka semakin baik pengiriman data dalam jaringan.

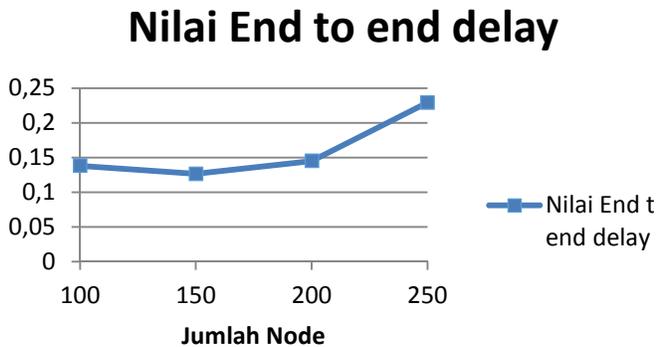


Gambar 7. Grafik nilai *throughput* pada perubahan jumlah *node*

Pada gambar 7 nilai rata-rata *throughput* pada node 100, 150, 200, dan 250 pada protokol routing AOMDV sebesar 357.91, 524.07, 376.06, 3.71. Nilai *throughput* grafik menunjukkan penurunan seiring bertambahnya jumlah kendaraan yang berpartisipasi dalam rang gerak simulasi maka semakin cepat topologi berubah. Topologi yang dinamis yang dimiliki oleh VANET sendiri dapat menyebabkan penurunan nilai *throughput*. Selain itu, perubahan topologi jaringan yang sangat cepat dapat menurunkan efisiensi kerja dari protokol perutean seperti protokol AOMDV yang harus mencari rute ketika ada permintaan perutean. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya (Heriansyah, 2018) bahwa setiap bertambahnya jumlah node di area simulasi akan menurunkan nilai *throughput*.

4.2 End to end delay

End to end delay merupakan jumlah waktu yang dibutuhkan dari setiap paket ketika melakukan pengiriman dari *node* sumber ke *node* tujuan. Berikut ini merupakan Hasil performansi *End to end delay* protokol routing AOMDV dapat dilihat pada gambar 8.



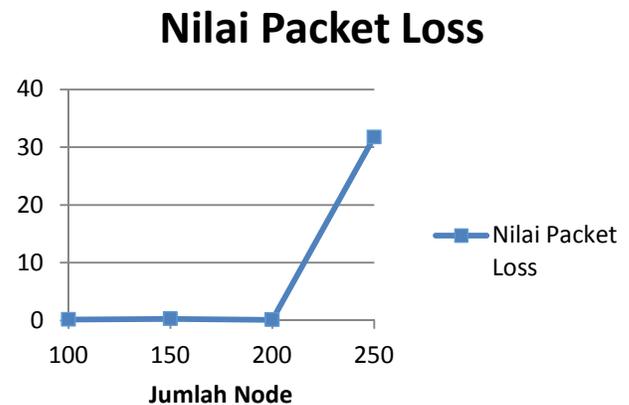
Gambar 8. Grafik nilai *End to end delay* pada perubahan jumlah *node*

Pada gambar 8. nilai *End to end delay* pada node 100, 150, 200, dan 250 pada protokol routing AOMDV sebesar 0.138096, 0.12641, 0.145037, 0.229125. *End to end delay* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kendaraan. Peningkatan ini disebabkan oleh perubahan topologi jaringan yang sangat cepat. Perubahan topologi sendiri akan menyebabkan waktu tempuh pengiriman data dari sumber ke tujuan meningkat. Selain itu, bertambahnya jumlah kendaraan juga mengakibatkan bertambahnya jumlah komunikasi didalam jaringan. Semakin banyak komunikasi didalam jaringan maka semakin tinggi kemungkinan terjadinya peningkatan nilai delay. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya

(Heriansyah, 2018) bahwa setiap bertambahnya jumlah *node* di area simulasi akan semakin besar delaynya.

4.5.3 packet loss

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. Berikut ini merupakan Hasil performansi *packet loss* protokol routing AOMDV dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik nilai *Packet Loss* pada perubahan jumlah *node*

Pada gambar 9. nilai *Packet Loss* pada node 100, 150, 200, dan 250 pada protokol rotting AOMDV sebesar 0.1669 %, 0.2909 %, 0.1152 %, 31.7597 %. *Packet Loss* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kendaraan hal ini disebabkan proses pencarian rute yang panjang dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, juga dipengaruhi oleh jarak antara

node pengirim dengan node penerima. Semakin jauh jarak node pengirim dengan node penerima, maka paket yang hilang jumlahnya akan semakin besar. Hasil ini juga didukung dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Kaur & Meenakshi, 2018) dimana nilai packet loss cenderung naik seiring dengan perkembangan jumlah node. Semakin rendah nilai packet loss maka kualitas jaringan yang dibentuk semakin baik.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan dan analisa terhadap protokol *routing* AOMDV, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Komunikasi *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) dengan protokol *routing* berbasis topologi AOMDV, jumlah node dan kecepatan mempengaruhi nilai performansi dari komunikasi. Dapat dilihat dari hasil *throughput*, *end-to-end delay* dan *packet loss* yang memiliki nilai bervariasi antara perubahan jumlah node dan kecepatan node yang diterapkan.
2. Pengujian skenario perubahan Jumlah node pada protokol AOMDV memiliki rata-rata nilai *throughput* 319.9375 kbps, *end-to-end delay* 0.159667 s dan *packet loss* 8.0831 %.
3. Jumlah node mempengaruhi nilai *end to end delay*, semakin banyak komunikasi didalam jaringan maka semakin tinggi kemungkinan

terjadinya peningkatan nilai delay.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian ini, maka beberapa hal yang menjadi saran dari untuk pengembangan penelitian terkait kedepannya adalah :

1. Dapat menerapkan *routing protocol* yang berbeda berdasarkan jenisnya yaitu reaktif, proaktif, dan *hybrid* atau dapat menerapkan *routing protocol* berbasis posisi (*position-based*) yang sudah dapat digunakan di NS2.
2. Dapat menggunakan program simulasi lalu lintas lain selain SUMO (*Simulation of Urban Mobility*).
3. Dapat menambahkan parameter pengujian lain sehingga dapat melengkapi data QOS (*Quality of Service*) dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisia Rianda, dkk. 2016. *Analisis Performansi Routing Protocol Olsr Dan Aomdv Pada Vehicular Ad Hoc Network (Vanet)*. Jurnal nasional Teknik Elektro Vol: 5, No. 1 pp 1-8
- Chrisnamurti, S.A. 2017. *Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Aodv Dan Dsr Di Jaringan Vanet Pada Perkotaan*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma
- Dubey Sonal. 2014. *Implementation of AOMDV, OLSR & ZRP Protocol for Analysis of Performance Matrices in*

VANET Scenario. International Journal of Engineering Sciences and Research Technology.

Heriansyah. 2018. *Analisa Hasil Implementasi Standard Wi-Fi Direct pada Komunikasi Jaringan Ad-Hoc antar Kendaraan di Wilayah Bandung*.

ELECTRICIAN- Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, 12(1).

Nutrihadi, Firdaus dkk. 2016. *Studi kinerja VANET scenario generators: SUMO dan VanetMobisim untuk implementasi Routing Protocol AODV menggunakan Network Simulation (NS 2)*. Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 1.

Pradana, Puji Dwika, dkk. 2017. *Evaluasi Performansi Protokol Routing Dsr Dan Aodv Pada Simulasi Jaringan Vehicular Ad-Hoc Network (Vanet) Untuk keselamatan Transportasi Dengan Studi Kasus Mobil Perkotaan*.

Romanta, Gita Agistira. 2017. *Simulasi Vehicular Ad Hoc Network (VANET) menggunakan Openstreetmap dengan Simulation of Urban Mobility (SUMO) dan OMNET++*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.

wantoro, jan. 2014. *Perancangan Sistem Komunikasi V2V dan V2I Terintegrasi Berbasis Protokol Routing AODV+ dalam VANET*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.