SIMULASI DAN ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI *ROUTING PROTOCOL AODV* & *DSR* PADA *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)*

SIMULATION AND ANALYSIS COMPARISON OF PERFORMANCE BY ROUTING PROTOCOL AODV & DSR IN VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)

Agus Virgono[1], Leana Vidya Yovita[2], Asty Valentina Hutauruk[3]

Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

[1]avirgono@telkomuniversity.ac.id, [2]lvy@telkomuniveristy.co.id, [3]astyvalentina@students.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

***Vehicular Ad Hoc Network* (*VANET*) merupakan salah satu sarana pengembangan teknologi komunikasi nirkabel antar kendaraan yang memungkinkan terjadinya pertukaran data dan pengambilan keputusan secara cepat dan efisien, serta dapat diaplikasikan dimanapun tanpa menggunakan backbone infrastruktur yang telah ada.**

Proses berkendara yang tidak aman di jalan raya cenderung meningkatkan resiko kecelakaan, untuk itu teknologi *VANET* dikembangkan dengan tujuan dapat memperkecil resiko kecelakaan sehingga meningkatkan kenyamanan berkendara. *Vehicular Ad Hoc Network* (*VANET*) merupakan *subset* dari *Mobile Ad Hoc Network* (*MANET*) yang terkhusus digunakan sebagai teknologi jaringan mobile.

Tugas Akhir ini meneliti tentang performansi *routing protocol AODV* dan *DSR* dengan teknologi *Wi-Fi*. Proses penelitian dilakukan dengan simulasi menggunakan *Network Simulator* dan *software* pendukung jaringan *VANET* lainnya. Simulasi ini menggunakan standar *802.11*, *routing protocol AODV* dan *DSR*, dengan *transport layer protocol TCP*.

Hasil uji simulasi menunjukkan bahwa *DSR* merupakan *routing protocol* yang paling cepat dalam proses pengiriman data dibandingkan dengan *routing protocol AODV*. Nilai *Average End to End Delay* pada *routing protocol AODV* berkisar pada 19.1364 *ms* hingga 29.7732 *ms*, sedangkan *nilai average end to end Delay* pada *routing protocol DSR* berkisar pada 10.8935 *ms* hingga 26.1599 *ms*.

Kata kunci : ***VANET, AODV, DSR, TCP, average end to end delay, 802.11***

Abstract

Vehicular Ad Hoc Network (VANET) is one means of developing inter-vehicle Wireless communication technology which enables the exchange of data and making decisions quickly and efficiently, and can be applied anywhere without the use of existing infrastructure backbone.

The process of unsafe driving on the highway tend to increase the risk of accidents, for the VANET technology developed with the aim to minimize the risk of accidents thereby enhancing driving comfort. Vehicular Ad Hoc Network (VANET) is a subset of Mobile Ad Hoc Network (MANET) are especially those used as the mobile network technology.

This final project examines the performance of routing protocol AODV* dan *DSR by Wi-Fi Technology. The research process conducted by a simulation using Network Simulator and other VANET network supporting software. This simulation uses the 802.11 standard, AODV and DSR routing protocol, the TCP transport layer protocol.

Simulation test results show that DSR is the fastest routing protocol in the process of sending data compared with AODV routing protocol. Average value of end-to-end delay on the routing protocol AODV ms range at 19.1364 to 29.7732 ms, while the average end to end delay on the routing protocol DSR ms range at 10.8935 to 26.1599 ms.

Keywords: VANET, AODV, DSR, TCP, average end to end delay, 802.11

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Vehicular Ad Hoc Network (*VANET*) merupakan salah satu sarana pengembangan teknologi komunikasi nirkabel antar kendaraan yang memungkinkan terjadinya pertukaran data dan pengambilan keputusan secara cepat dan efisien. Proses berkendara yang tidak aman di jalan raya cenderung meningkatkan resiko kecelakaan, untuk itu teknologi *VANET* dikembangkan dengan tujuan dapat memperkecil resiko kecelakaan sehingga meningkatkan kenyamanan berkendara. *Vehicular Ad Hoc Network* (*VANET*) merupakan subset dari *Mobile Ad Hoc Network* (*MANET*) yang terkhusus digunakan sebagai teknologi jaringan *mobile*.

Di dalam *VANET* terdapat *routing protocol* yang berfungsi untuk menentukan rute sesuai dengan karakteristiknya. *Routing protocol* sangat berpengaruh terhadap performansi jaringan dan digunakan untuk menghadapi tantangan terkait topologi jaringan yang dinamis.

Apabila *VANET* diimplementasikan sebagai teknologi sistem deteksi kecelakaan, dibutuhkan *routing protocol* yang dapat mengirimkan data/informasi dengan secepat mungkin. *Routing protocol* pada *Vehicular Ad Hoc Network* dibagi menjadi 5 kategori, meliputi : *Topology Based Routing protocol, Position Based Routing protocol, Geo Cast Routing protocol, Cluster Based Routing protocol,* dan *Broadcast Based Routing protocol*. Pada penelitian ini terdapat dua *routing protocol* yang dibandingkan, yaitu *Adhoc On-demand Distance Vector* dengan *Dynamic Source Routing* dari *Topology Based Routing protocol* dalam kelas *Reactive routing protocol*. Pada jaringan dengan mobilitas tinggi, *Reactive routing protocol* cocok digunakan pada sistem deteksi kecelakaan karena dapat bekerja secara *real time*. Melalui kedua *routing protocol* di atas akan dilakukan perbandingan performansi *Average End to End Delay* untuk menentukan *routing protocol* yang paling cepat dalam proses pengiriman data diantara keduanya.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan kondisi dan ruang lingkup yang akan ditentukan, masalah yang akan dibahas pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Pembangunan simulasi antar vehicle menggunakan teknologi *Wi-Fi 802.11*
2. Mensimulasikan model mobilitas *VANET* pada lingkungan *highway*
3. Penerapan parameter teknologi *Wireless* pada proses simulasi dengan skenario perubahan jumlah *node* dan perubahan kecepatan pada *node*,
4. Analisis performansi rouing protocol menggunakan parameter *Quality of Service* (*QoS*) *Average End to End Delay*.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Membangun simulasi antar *vehicle* dengan menggunakan arsitektur jaringan *VANET* dengan teknologi *Wireless* standar *802.11* (*Wi-Fi*) pada proses simulasi.
2. Analisis perbandingan performansi *routing protocol AODV* dan *DSR* menggunakan parameter *QoS* yaitu *Average End to End Delay* untuk menentukan *routing protocol* dengan proses pengiriman data yang paling cepat diantara keduanya yang kemudian dapat digunakan pada implementasi sistem deteksi kecelakaan pada *VANET*.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membahas mengenai transmisi data antar *node*
2. Menganalisis performansi *Wireless*
3. Standar yang digunakan yaitu *IEEE 802.11*
4. *Routing protocol* yang digunakan yaitu *AODV* dan *DSR*
5. *Transport layer protocol* yang digunakan yaitu *TCP*
6. Simulasi yang dilakukan menggunakan NS *2.34* dan *software* pendukung jaringan *VANET* lainnya
7. Ruang lingkup penelitian adalah rute jalan pada jalan tol Dalam Kota Jakarta
8. *NS2 Visual Trace Analyzer* digunakan untuk melihat jalur tempuh rute *routing protocol AODV* dan *DSR* dalam proses pengiriman data
9. Tidak membahas mengenai *IP Address* dari setiap *node*
10. Jaringan dibangun tanpa keamanan sistem
11. Parameter yang digunakan untuk menganalisis performansi dari teknologi *Wireless* meliputi *Average End to End Delay*

1.4 Metodologi Penyelesaian Masalah

Langkah yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir adalah :

a. Studi literatur, yaitu mempelajari literatur-literatur yang ada sesuai dengan permasalahan yang akan dibahas meliputi, konsep *VANET*, konsep teknologi *Wireless*, konsep standarisasi *IEEE 802.11*, teori penerapan teknologi *Wireless* dan standar *IEEE 802.11* pada *Network Simulator*, dan teori mengenai uji performansi menggunakan parameter *QoS*.

b. Analisis terhadap kebutuhan sistem dan pemodelan jaringan *VANET*

c. Perancangan dan simulasi menggunakan *Network Simulator*

d. Uji performansi dan analisis hasil penelitian

e. Pembuatan laporan dari hasil penelitian

2. Dasar Teori

2.1. *Vehicular Ad Hoc Network*

Vehicular Ad Hoc Network (*VANET*) merupakan pengembangan dari *Mobile Ad Hoc Network* (*MANET*) yang memungkinkan terjadinya komunikasi antar kendaraan sebagai pengembangan *Intelligent Transport System* (*ITS*) dengan tujuan meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara. Komunikasi *Wireless* ini meliputi komunikasi *Inter-Vehicle Communication* (*IVC*), *Vehicle to Roadside* (*V2R*), atau *Roadside to Roadside* (*R2R*).

Setiap *node* pada *VANET* berlaku baik sebagai partisipan ataupun router pada jaringan, baik bagi *node* utama atau *intermediate node* yang berkomunikasi di dalam radius transmisinya. *VANET* merupakan jaringan yang *self-organized*, artinya jaringan ini tidak bergantung pada infrastruktur jaringan manapun. Ada beberapa *node* yang secara tetap berdiri sebagai *Roadside Unit*, yakni yang dapat memfasilitasi jaringan kendaraan dengan informasi data geografis ataupun akses *internet*.

1.1 Karakteristik *VANET*

VANET memiliki beberapa karakteristik khusus yang membedakannya dari jaringan *ad hoc* lainnya. Karakteristik tersebut antara lain:

1. Topologi yang sangat dinamis.
2. Putusnya koneksi jaringan secara berkala.
3. Model mobilitas dan prediksi.
4. *Hard Delay Constraits*
5. Daya baterai dan kapasitas *storage*.
6. Interaksi dengan *sensor on board*/posisi.

2.2 *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*.

Pada *VANET*, *routing protocol* diklasifikasikan ke dalam lima kategori: *Topology based routing protocol*, *Cluster based routing protocol*, *Geo cast routing protocol* dan *Broadcast routing protocol*.

2.2.2 *Adhoc On-demand Distance Vector* (*AODV*)

AODV merupakan *on-demand routing* yang hanya melakukan *discovery routing* apabila rute dibutuhkan oleh *source node*.

AODV memiliki ciri utama yaitu menjaga *timer-based state* pada setiap *node* sesuai dengan penggunaan *table routing*. *AODV* memiliki *routing discovery* berupa *Routing Request* (*RREQ*) dan *Routing Reply* (*RREP*), serta *Routing Maintenance* berupa data, *Routing Update* juga *Routing Error*.[2]

Routing Discovery dan *Routing Maintenance*

Terdapat beberapa tahap pencarian rute pada *routing protocol AODV*, diantaranya sebagai berikut:

1. Di saat *node* sumber(S) membutuhkan suatu rute menuju *node* tujuan(D), tahap awal yang dilakukan oleh *node* sumber adalah menyiarkan paket *routing request* (*RREQ*) menuju *node* tetangganya.
2. Apabila *node* yang menerima *RREQ* memiliki informasi rute menuju *node* tujuan, maka *node* tersebut akan mengirim paket *RREP* kembali menuju *node* sumber melalui *reverse path* yang diciptakan *RREQ* setiap kali *flooding* dilakukan. Namun, jika *node* yang menerima *RREQ* tidak memiliki informasi rute menuju *node* tujuan, maka *node* tersebut akan menyiarkan ulang *RREQ* ke *node* tetangganya.
3. *Node* yang menerima *RREQ* dengan nilai *source address* dan *broadcast* ID yang sama dengan *RREQ* yang diterima sebelumnya, akan mempertahankan *RREQ* yang sudah diterima di awal dan membuang *RREQ* baru.
4. Ketika sebuah *node* yang memiliki informasi rute menuju *node* tujuan menerima *RREQ*, maka *node* tersebut akan melakukan perbandingan antara

nilai *destination sequence number* yang dia miliki dengan nilai *destination sequence number* yang ada di *RREQ* berdasarkan nilai yang lebih besar. Apabila nilai *destination sequence number* yang ada di *RREQ* lebih besar dari nilai yang dimiliki oleh *node* maka paket *RREQ* tersebut akan disiarkan kembali ke *node* tetangganya, namun apabila nilai *destination sequence number* yang yang ada di *node* lebih besar atau sama dengan nilai yang ada di *RREQ* maka *node* tersebut akan mengirim *routing reply* (*RREP*) menuju *node* sumber menggunakan *reverse path*.

5. Apabila terjadi masalah pada rute, routing maintenance yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan rute akan mengirimkan paket routing error (RERR) menuju source node dan rute yang rusak akan dihilangkan dari routing cache.

6. Informasi *timeout* (masa aktif rute) diinformasikan oleh *Intermediate node* yang menerima *RREP*, dan informasi rute sumber ke tujuan akan dihapus apabila waktu *timeout* telah habis.

2.2.3 *Dynamic Source Routing*

Dynamic Source Routing adalah *routing protocol* dalam kelas reaktif lingkupan *Topology based Routing protocol*. *Dynamic Source Routing* merupakan *on-demand routing* yang hanya melakukan *discovery routing* apabila rute dibutuhkan oleh *source node*.

Pada *routing protocol* ini terdapat 2 mekanisme yaitu *Routing Discovery* untuk pencarian rute dan *Routing Maintenance* sebagai solusi apabila terjadi kerusakan rute.

Routing protocol DSR mempunyai fitur *source routing* dimana *source node* sebagai pengirim paket mengetahui rute lengkap menuju *node* tujuan yang disimpan dalam sebuah memori (*cache routing*) dan diletakkan pada *header* dalam paket data yang dikirim.[3]

Routing Discovery dan *Routing Maintenance*

Terdapat beberapa tahap pencarian rute pada *routing protocol DSR*, diantaranya sebagai berikut:

1. Di saat *node* sumber(S) membutuhkan suatu rute menuju *node* tujuan(D), tahap awal yang dilakukan oleh *node* sumber adalah menyiarkan paket *routing request* (*RREQ*) menuju *node* tetangganya.
2. Setiap *node* yang menerima *RREQ* akan mengupdate informasi jalur menuju pengirim di dalam *routing cache*-nya, menambahkan alamatnya ke dalam paket *RREQ* dan kemudian akan mengirim *RREQ* tersebut menuju tetangganya.
3. Apabila *node* yang menerima *RREQ* memiliki informasi rute menuju *node* tujuan, maka *node* tersebut akan mengirim paket *RREP* kembali menuju *node* sumber melalui *reverse path* yang diciptakan *RREQ* setiap kali *flooding* dilakukan. Namun, jika *node* yang menerima *RREQ* tidak memiliki informasi rute menuju *node* tujuan, maka *node* tersebut akan menyiarkan ulang *RREQ* ke *node* tetangganya.
4. Apabila terjadi masalah pada rute, *routing maintenance* yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan rute akan mengirimkan paket *routing* error (RERR) menuju *source node* dan *source node* akan memeriksa *cache route* apakah masih ada rute cadangan yang dapat digunakan. *Route request* akan kembali disiarkan apabila tidak terdapat rute pada *cache route* untuk *discovery route*.

3. Perancangan & Implementasi Sistem

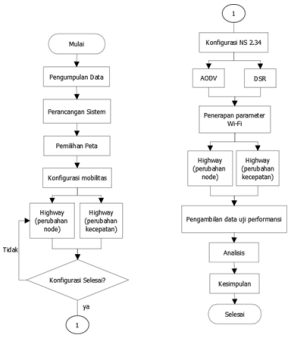
3.1 Model Perancangan Sistem

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan simulasi untuk menganalisis performansi dari *routing protocol AODV* dan *DSR* pada *VANET* dengan menggunakan *Network Simulator*, dan *SUMO* sebagai media simulasi.

Analisis performansi dari kedua *routing protocol* berdasarkan dua skenario, yaitu:

1. Perubahan jumlah *node*
2. Perubahan kecepatan *node*

Berikut merupakan gambaran *flowchart* simulasi pada penelitian ini:



3.2 Identifikasi Kebutuhan Sistem

3.2.1 Spesifikasi Perangkat Lunak

Di dalam pembangunan simulasi, dibutuhkan perangkat lunak yang mendukung, diantaranya:

1. Sistem operasi Linux Ubuntu 10.04
2. *Network Simulator* versi *2.34* beserta kelengkapan modul dan *library* yang mendukung simulasi
3. *Java Open Street Map Editor* versi 6950
4. *Mobility Model Generator for VANET* (MOVE) versi 2.92
5. *Simulation of Urban Mobility* (*SUMO*) versi 0.12.3

3.2.2 Spesifikasi Perangkat Keras

Di dalam proses pengerjaan penelitian ini, dibutuhkan perangkat keras dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. *Processor* Intel Pentium CPU B940 2.00GHz
2. *Memory* 2.00 GByte DDR3
3. *HDD* 640 GB

3.3 Perancangan dan simulasi menggunakan NS *2.34*

3.3.1 Perancangan Sistem

Simulasi dan Komunikasi antar kendaraan dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Lingkungan simulasi didesain di jalan *highway* dua lintasan tiga jalur.
2. Teknologi yang digunakan adalah standar *802.11 Wi-Fi*, dengan kelengkapan *library* pada *Network Simulator*.
3. Simulasi dijalankan dengan skenario perubahan kecepatan dan perubahan jumlah *node*.
4. Pergerakan tiap *node* di-generate pada tujuan dan arah tertentu, kondisi ini disesuaikan dengan jalan yang dilalui kendaraan.
5. Kecepatan tiap *node* didesain sesuai dengan skenario simulasi.
6. *Traffic* yang digunakan adalah CBR yang saling berkomunikasi melalui *TCP* dengan *routing protocol* yang digunakan adalah *AODV* dan *DSR*.

3.3.2 Desain Jaringan

Proses simulasi dalam penelitian ini menggambarkan *vehicle* sebagai *node* yang saling berkomunikasi. Proses komunikasi berlangsung tanpa infrastruktur tambahan dan tidak membutuhkan *access point*. Jarak antar kendaraan dan kecepatan masing-masing *node* dalam simulasi dibuat secara *random* dengan tujuan menyerupai kondisi *real* jalan tol pada umumnya.

3.3.3 Pemodelan Pergerakan *Node*

Pergerakan *node* dirancang dengan menentukan titik keberangkatan dan tujuan, arah pergerakan menggunakan .rou *script* sebagai alur pergerakan *node* yang kemudian akan diamati pergerakannya melalui *SUMO*. Selain itu, pada .rou *script* kita dapat menginisialisasi model mobil dan *depart speed* dari masing-masing *flow*. Kecepatan setiap *node* diatur secara *random* sesuai skenario perubahan kecepatan *node* dengan *range* maksimum 60 km/jam, 80 km/jam, dan 100 km/jam menggunakan *JOSM* Editor pada setiap edge.

3.4 Skenario Simulasi

Skenario simulasi dibutuhkan sebelum proses simulasi dimulai, dengan cara menentukan parameter dan skenario simulasi yang disesuaikan dengan ruang lingkup jalan tol Dalam Kota Jakarta. Terdapat dua skenario dalam penelitian ini, yaitu perubahan kecepatan *node* dan perubahan jumlah *node* yang kemudian akan diuji sesuai parameter pengujian yang dibutuhkan.

3.4.1 Parameter Simulasi

Dalam membangun proses simulasi dibutuhkan parameter simulasi yang mendukung dan sesuai dengan *routing protocol* yang dikaji. Parameter simulasi dibagi menjadi 2, yaitu: parameter *input* dan parameter *output* yang dijalankan menggunakan *Network Simulator*.

Adapun parameter *input* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Parameter	**Nilai**
Area Simulasi	**500X2000 m**
Kanal	***Wireless***
Protokol *Routing*	***AODV* dan *DSR***
Transport Protocol	***TCP***
Antenna Model	***Omnidirectional***
Traffic	***Constant Bit Rate***
Standard Teknologi	***802.11***
Packet Size	**512 *byte***

Packet Rate	**64 *kbps***
Jumlah *Node*	**80, 115, 150, 185, 220**
Kecepatan *Node*	**60, 80, 100**
Durasi Simulasi	**780 detik**
Ruang Lingkup Simulasi	**Jalan Tol**
Sampel Ruang Lingkup	**Jalan Tol Dalam Kota Jakarta**

Parameter *output* merupakan hasil uji performansi berdasarkan *QoS*, yaitu *average end to end delay* dari *routing protocol AODV* dan *DSR*.

3.5 Proses Simulasi

Proses pelaksanaan simulasi dilakukan menggunakan *Network Simulator* yang dilengkapi dengan *software* pendukung jaringan *VANET* lainnya. Tahapan-tahapan proses simulasi adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan peta area simulasi dilakukan menggunakan *JOSM Editor*. Setelah area simulasi ditetapkan, kecepatan pada area tersebut diatur sesuai dengan skenario, yaitu: 60 km/jam, 80 km/jam, dan 100 km/jam. Inisialisasi kecepatan dilakukan dengan cara menentukan kecepatan minimum dan kecepatan maksimum dari setiap edge pada area simulasi.
2. Melakukan konfigurasi dan visualisasi mobilitas, konfigurasi dilakukan menggunakan *script* .rou.xml dengan melakukan *set* jumlah *node* dan alur pergerakan dari masing-masing *node*, kemudian visualisasi mobilitas dilakukan dengan *run* script *SUMO*.cfg pada *SUMO*.
3. Mengamati pergerakan *node* menggunakan *SUMO*.
4. Melakukan konfigurasi *static Traffic* dengan tahapan sebagai berikut:

- *Import* peta yang sudah dipilih (.net.xml) dan alur pergerakan *node* (*SUMO*.tr) untuk menghasilkan *mobile nodes starting position*, *topology boundary*, dan *simulation stop time*.
- Menetapkan *nam trace file* dan *trace output file* sebagai keluaran dari *static Traffic*.

5. *Generate* .tcl *script* menggunakan MOVE.
6. Menggunakan *Network Animator* untuk melihat visualisasi dari pergerakan *node* dan transmisi data.
7. Pengukuran uji performansi *Average End to End Delay* menggunakan *.AWK script* dengan perintah *AWK* –f pada *terminal* Ubuntu
8. Melihat rute yang ditempuh oleh *node* sumber dalam proses pengiriman data menuju *node* tujuan menggunakan aplikasi NS2 *Visual Trace Analyzer*.

4. Pengujian dan Analisis

Tahap berikutnya setelah melakukan simulasi pada jaringan *VANET* menggunakan *routing protocol AODV* dan *DSR* adalah melakukan pengujian dan analisis terhadap performansi *Average End to End Delay* kedua *routing protocol*. Proses simulasi yang telah dilakukan menghasilkan *file trace* (.tr) yang kemudian diuji untuk mendapatkan hasil performansi dan digambarkan dalam bentuk grafik.

4.1 Analisis Performansi *Routing protocol AODV* dan *DSR* Terhadap Perubahan Jumlah *Node* dan Perubahan Kecepatan *Node*

Terdapat dua skenario dalam pengujian penelitian ini, yaitu:

1. Perubahan jumlah *node*
2. Perubahan kecepatan *node*

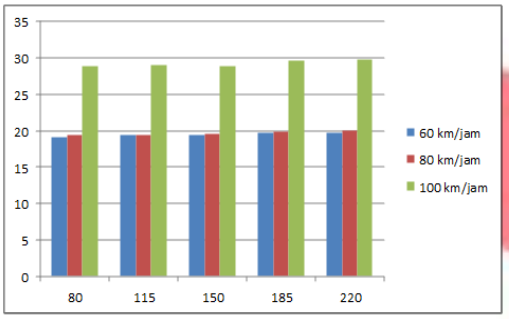
4.2 *Average End to End Delay*

Jumlah *Node*	Kecepatan (km/jam)		
185, 115, 150, 185, 220	60 km/jam	80 km/jam	100 km/jam

Average end-to-end delay merupakan rata-rata dari lama waktu pengiriman, proses dan antrian dari suatu paket pada setiap *node* di jaringan. Faktor pertama yang mempengaruhi average end-to-end delay adalah waktu untuk menemukan rute. Hal ini berguna sebelum pesan akan dikirim, *node* sumber harus tahu terlebih dahulu jalur atau

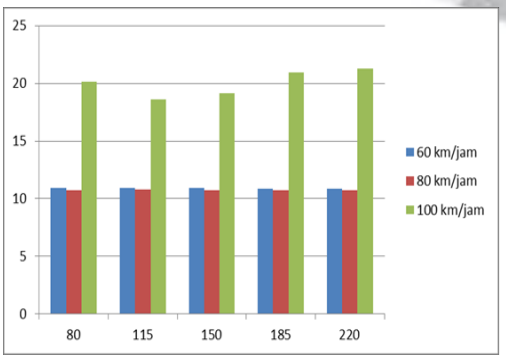
rute untuk mencapai *node* tujuan. Faktor lain yang mempengaruhi *average end-to-end delay* adalah lama waktu proses. Ketika *node* yang berada ditengah menerima sebuah pesan, *node* tersebut akan menganalisa *header* untuk mengetahui untuk siapa paket tersebut ditujukan, dan kemudian mengecek kemana harus meneruskan paket tersebut.[7]

4.2.1 Hasil pengujian *Average End to End Delay AODV*



Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian *Average End to End Delay AODV*, terjadi kenaikan *Average End to End Delay* seiring dengan bertambahnya jumlah *node* dan meningkatnya kecepatan. Hal tersebut disebabkan semakin tinggi kecepatan *node*, kerusakan rute yang diakibatkan perubahan topologi jaringan juga semakin tinggi sehingga mengakibatkan proses pengiriman paket dari *node* sumber ke *node* tujuan menjadi lebih lama, dikarenakan *node* sumber harus melakukan pengiriman ulang *routing request* untuk menemukan rute yang tepat menuju *node* tujuan.

4.2.2 Hasil Pengujian *Average End to End Delay DSR*

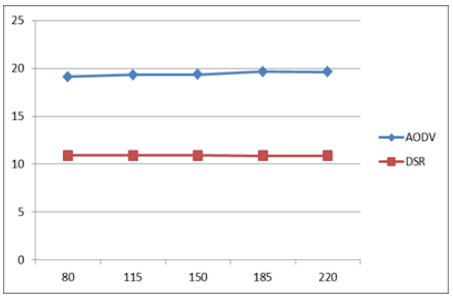


Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian *Average End to End Delay routing protocol DSR* di atas didapatkan grafik yang fluktuatif pada kecepatan 100 km/jam dikarenakan pergerakan *node* yang semakin dinamis seiring dengan semakin meningkatnya kecepatan. Pada kecepatan *node* 60 km/jam dan 80 km/jam didapatkan data pengujian yang cukup konsisten. Berbeda dengan *routing protocol AODV* yang menujukkan hasil *Average End to End Delay* yang cukup konsisten pada setiap perubahan kecepatan, *routing protocol DSR* menghasilkan waktu proses pengiriman data yang tidak konsisten pada kecepatan 100 km/jam. Hal ini disebabkan terjadinya peningkatan kerusakan pada rute awal maupun rute yang tersimpan (rute cadangan) dalam *cache routing* akibat perubahan topologi. Grafik fluktuatif pada kecepatan 100 km/jam disebabkan perbedaan jalur dari tiap rute cadangan yang ditempuh saat terjadi kerusakan rute awal pengiriman data, sehingga *Average End to End Delay* yang dihasilkan pun bervariasi naik-turun tergantung jalur yang ditempuh *node* sumber menuju *node* tujuan. Selain itu, apabila semua rute cadangan yang dicoba digunakan rusak maka proses pengiriman data dari *node* sumber ke *node* tujuan juga akan semakin lama dan bervariasi karena *routing protocol DSR* pada dasarnya akan mencoba menggunakan setiap rute cadangan pada *cache routing* apabila terjadi kerusakan rute, namun apabila sudah tidak ada rute pada *cache routing* maka *node* sumber akan kembali menyiarkan paket *routing request* (*RREQ*) untuk menemukan rute baru.

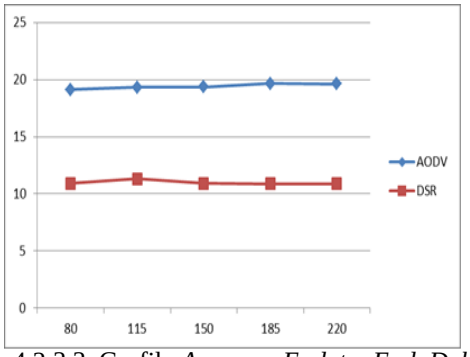
Dari data hasil pengujian yang didapat dari kedua *routing protocol*, terlihat perbedaan hasil *Average End to End Delay* yang cukup signifikan, yaitu pada *AODV* sebesar 19.1364 *ms* sampai 29.7732 *ms* dan pada *DSR* sebesar 10.8935 *ms* sampai 26.1599 *ms*.

4.2.3 Hasil Perbandingan *Average End to End Delay Routing protocol AODV* dan *DSR*

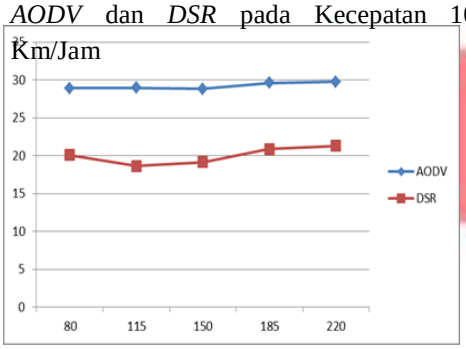
4.2.3.1 Grafik *Average End to End Delay AODV* dan *DSR* pada Kecepatan 60 Km/Jam



4.2.3.2 Grafik *Average End to End Delay AODV* dan *DSR* pada Kecepatan 80 Km/Jam



4.2.3.3 Grafik *Average End to End Delay AODV* dan *DSR* pada Kecepatan 100 Km/Jam



5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. *Wi-Fi* memiliki performansi yang cukup konsisten pada parameter uji *Average End to End Delay* untuk *routing protocol AODV* dan *DSR*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Wi-Fi* dapat mendukung jaringan *VANET* dengan karakteristik dari konfigurasinya yang selalu berubah dengan cepat.
2. *DSR* merupakan *routing protocol* yang paling cepat dalam proses pengiriman data dibandingkan dengan *routing protocol AODV*. Nilai *Average End to End Delay* pada *routing protocol AODV* berkisar pada 19.1364 *ms* hingga 29.7732 *ms*, sedangkan *Average End to End Delay* pada *routing protocol DSR* berkisar pada 10.8935 *ms* hingga 26.1599 *ms*.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Sebaiknya *Wi-Fi* tidak hanya disimulasikan menggunakan *Network Simulator*, namun juga diimplementasikan secara *real* pada kendaraan.
2. Dibutuhkan RSU untuk menjangkau *node* yang berada diluar *range* transmisi
3. Keamanan sistem pada *VANET* perlu dibahas lebih lanjut terkait jenis-jenis serangan yang kemungkinan terjadi pada saat komunikasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anuj. K Gupta, D. H. (2010). Performance analysis of AODV, DSR & TORA *Routing protocol*. IACSIT International Journal of Engineering and Technology.

[2] Arifin, Hadi, M. S., Amran, H., dan R, N. P. (n.d). Analisis Performansi Routing AODV pada Jaringan VANET.

[3] Fauzi Dwi S S, A. G. (n.d.). Analisis Performansi Protokol Routing AODV dan DSR pada MANET. Bandung.

[4] Gadkari, M. Y., & Sambre, N. B. (2012). VANET: *Routing protocol*s, Security Issues and Simulation.

[5] Khandakar, A. (2012). Step by Step Procedural Comparison of DSR, AODV and DSDV *Routing protocol*. International Conference on Computer Engineering and Technology.

[6] Lin, Y.-W., Chen, Y.-S., & Lee, S.-L. (2010). *Routing protocol*s in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey and Future Perspective. Journal Of Information Science And Engineering 26, 913-932.

[7] Mahargyanti, E. (14). Simulasi dan Analisis Karakteristik Fast Synchronization pada Car To Car Communication Menggunakan Teknologi Wi-Fi Direct.3.

[8] Paul, Bijan. Md Ibrahim. Md Abu Naser Bikas. "VANET *Routing protocol*s: Pros and Cons". International Journal of Computer Applications (0975-8887). Volume 20 No. 3, 28-34. 2011.

[9] Sharma, G. (2014). Advancement in Dynamic Source *Routing protocol* for MANETs. International Journal of Computer Science and Mobile Computing.

[10] Yatendra Mohan Sharma, S. M. (2012). COMPARATIVE PERFORMANCE EXPLORATION OF AODV, DSDV, DSR *ROUTING PROTOCOL* IN CLUSTER BASED VANET ENVIRONMENT. International Journal of Advances in Engineering dan Technology.