

ANALISIS PERFORMANSI PROTOKOL ROUTING AODV DAN FSR (STUDI KASUS: SKENARIO JALAN RAYA)

PERFORMANCE ANALYSIS AODV AND FSR ROUTING PROTOCOL IN VANET (CASE STUDY: URBAN STREET SCENARIO)

Goklas Giovanni Sitompul¹, Ridha Muldina Negara, S.T., M.T.³, Danu Dwi Sanjoyo, S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹goklasssss@gmail.com, ²ridhanegara@gmail.com, ³dwis.danu@gmail.com

Abstrak

VANET merupakan pengembangan dari jaringan MANET (Mobile Ad-hoc Network), namun dengan tingkat mobilitas yang tinggi. Jaringan VANET memungkinkan kendaraan-kendaraan di jalan dapat berkomunikasi secara langsung dengan kendaraan lainnya dalam keadaan bergerak dan tanpa menggunakan infrastruktur yang tetap. Jaringan VANET diharapkan dapat meningkatkan tingkat keamanan berkendara dan mengurangi angka kecelakaan berkendara. Namun, VANET memiliki karakteristik jaringan dimana node-node jaringan tersebut bergerak dengan sangat cepat.

Tugas Akhir ini bertujuan menganalisis performansi dua protokol berbasis topologi: *Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV) dan *Fisheye State Routing* (FSR) pada VANET dengan studi kasus skenario jalan raya. Kedua protokol tersebut disimulasikan menggunakan *Network Simulator 2* (NS-2) dengan skenario kecepatan dan kepadatan node. Kedua protokol tersebut dibandingkan dan ditinjau dari parameter *packet delivery ratio*, *throughput*, *end-to-end delay*, dan *routing overhead*.

Dari tugas akhir ini diperoleh hasil bahwa kedua protokol memiliki keunggulan masing-masing. AODV unggul pada parameter *packet delivery ratio* dan *throughput* dengan rata-rata nilai 92.53% dan 7 kbps, sementara FSR 37.08% dan 2.99 kbps. Sementara FSR unggul pada parameter *end-to-end delay* dan *routing overhead* dengan nilai rata-rata 253.48 ms dan 33.89, sementara AODV 475.62 ms dan 91.15.

Kata kunci: VANET, AODV, FSR, NS-2, ONESim

Abstract

VANET is the development of MANET (Mobile Ad-hoc Network), but with a high mobility rate. VANET allows the vehicles on the road can communicate directly with other vehicles while moving and without using fixed infrastructure. VANET is expected to increase the level of driving safety and reduce the number of driving accidents. However, VANET has the characteristics of the network where the network nodes are moving very quickly.

This final project aims to analyze the performance of two protocols based on topology: *Ad-hoc On-demand Distance Vector* (AODV) and *Fisheye State Routing* (FSR) on VANET with a case study scenario highway. Both of these protocols are simulated using *Network Simulator 2* (NS-2) with the speed and density node scenario. Both of these protocols are compared and evaluated from the parameters of *packet delivery ratio*, *throughput*, *end-to-end delay*, and *routing overhead*.

From this final project obtained the result that both protocol have their own advantages. AODV leads in *packet delivery ratio* and *throughput* parameters with an average of 92.53% and 7 kbps, while FSR 37.08% and 2.99 kbps. While FSR leads in *end-to-end delay* and *routing overhead* parameters with an average value of 253.48 ms and 33.89, while AODV 475.62 ms and 91.15.

Keywords: VANET, AODV, FSR, NS-2, ONESim

1. Pendahuluan

Keamanan dan keselamatan manusia dalam berkendara menjadi salah satu fokus penting perkembangan teknologi. Teknologi yang memanfaatkan perkembangan jaringan *wireless* dan meningkatkan keamanan berkendara adalah VANET (*Vehicular Ad-hoc Network*). VANET adalah jaringan berbasis *ad-hoc* yang terdiri dari banyak *node*

yang juga berfungsi sebagai *router*. VANET merupakan pengembangan dari MANET (*Mobile Ad-hoc Network*), namun VANET memiliki mobilitas *node* yang tinggi.

Salah satu masalah yang dihadapi pada jaringan VANET adalah penggunaan protokol routing yang sesuai dengan kondisi tertentu. Protokol routing pada VANET terbagi menjadi 2 kategori besar, yaitu berdasarkan topologi (*Topology Based*) dan (*Position Based*)^[1]. Pada tugas akhir ini akan dianalisis perbandingan dari performansi dua protokol routing untuk mendapatkan performansi yang lebih baik dalam penentuan rute VANET, kedua protokol tersebut adalah AODV dan FSR yang belum pernah dibandingkan secara bersamaan dalam pengimplementasian VANET. AODV adalah salah satu protokol reaktif dan FSR adalah salah satu protokol proaktif.

Tujuan penelitian ini adalah yang pertama untuk menganalisis performansi dari protokol routing AODV dan FSR berdasarkan parameter *packet delivery ratio*, *throughput*, *end-to-end delay* dan *routing overhead*. Kedua, untuk menganalisis performansi dari protokol routing AODV dan FSR jika diterapkan pada kondisi jalan raya dalam kota. Lalu ketiga, untuk menentukan protokol mana yang lebih cocok untuk digunakan pada kondisi jalan raya dalam kota.

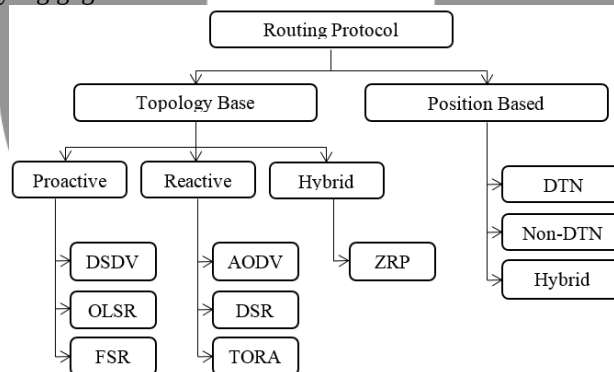
2. Dasar Teori

2.1. VANET

VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*)^[4] merupakan bagian dari MANET (*Mobile Ad Hoc Network*). VANET menggunakan jaringan *wireless* berbasis *Ad Hoc* yang diterapkan pada kendaraan bergerak. Tujuan utama VANET adalah membantu kendaraan-kendaraan untuk dapat saling berkomunikasi dan memelihara jaringan komunikasi diantara mereka tanpa menggunakan *central base station* atau *controller*. VANET bertanggung jawab untuk komunikasi antar kendaraan bergerak pada suatu lingkungan tertentu. Kendaraan dapat berkomunikasi dengan kendaraan lain yang disebut dengan V2V (*Vehicle to Vehicle*) *communication* atau kendaraan juga dapat berkomunikasi dengan infrastruktur seperti RSU (*Road Side Unit*) yang disebut dengan V2I (*Vehicle to Infrastructure*) *communication* atau V2R (*Vehicle to Roadside*) *communication*.

2.2 Protokol Routing VANET

Protokol routing adalah berbagai aturan yang digunakan pada suatu jaringan untuk proses penentuan rute terbaik, dimana rute terbaik tersebut ditentukan dengan mempertimbangkan jarak dan *bandwidth link*. Protokol routing^[6] sangat diperlukan pada jaringan VANET karena jika sebuah *node* ingin mengirimkan informasi ke *node* lain, akan melewati beberapa *node* penghubung yang menghubungkan antara *node* pengirim dan *node* penerima tersebut. Sebuah protokol routing akan mengatur selama proses komunikasi antara dua *node* tersebut berlangsung. Proses yang diatur tersebut termasuk prosedur dalam penentuan rute, keputusan dalam forwarding dan menjaga rute atau memperbaiki proses routing yang gagal.



Gambar 2.1 Pengelompokan Routing Protocol

2.2.1. Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV)

Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV)^[6] merupakan bagian dari protokol reaktif, sehingga hanya melakukan proses pencarian rute atau proses *flooding* saat sebuah *node* ingin melakukan komunikasi. Ciri utama dari protokol ini adalah menjaga *timer-based state* di setiap *node* sesuai dengan penggunaan *table routing*. AODV memiliki *route request* (RREQ) dan *route reply* (RREP) pada proses pencarian rutenya. serta ada *route maintenance* berupa data, lalu ada *route update* juga *route error*.

2.2.2. Fisheye State Routing

Fisheye State Routing (FSR)^[8] didasarkan pada proaktif routing. Karakteristik "Fisheye" adalah bahwa informasi di panjang fokus dapat ditangkap dengan jelas, sedangkan informasi di luar panjang fokus tidak jelas. FSR protokol routing memanfaatkan fitur fisheye untuk menyiarkan routing yang memperbarui informasi dengan frekuensi

yang berbeda sehingga mengurangi routing overhead. FSR protokol routing mendistribusikan informasi dengan menggunakan "Fisheye" teknologi, dan tidak menyiarkan informasi *routing update* di seluruh jaringan, sehingga mengurangi overhead yang disebabkan karena memperbarui informasi, sementara *link state routing protocol* akan menyebabkan router memperbarui informasi di seluruh jaringan, ketika terjadi perubahan pada node.

2.3. Network Simulator 2 (NS-2)

Network Simulator 2 (NS-2)^[9] adalah sebuah *event-driven simulator* yang didesain secara spesifik untuk penelitian dalam bidang jaringan komunikasi komputer. hanyalah sebuah alat simulasi berbasis event yang terbukti berguna dalam mempelajari sifat dinamis jaringan komunikasi. Simulasi fungsi jaringan kabel dan nirkabel dan protokol dapat dilakukan dengan menggunakan NS-2. Secara umum, NS-2 menyediakan pengguna untuk menentukan protokol jaringan tersebut dan mensimulasikan jaringan sesuai keinginan. NS-2, yang pertama kali dikembangkan oleh University of California Berkeley, merupakan suatu sistem yang bekerja pada sistem Unix/Linux .

2.6. Parameter Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS)^[11] merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik kualitas suatu jaringan dilihat dari hasil kolektif dari beragam parameter performansi yang digunakan sebagai patokan. Parameter-parameter yang akan dijadikan patokan dalam pengukuran tingkat QoS pada penelitian ini adalah:

2.6.1. Packet Delivery Ratio

Packet Delivery Ratio adalah rasio atau perbandingan antara paket data yang sukses diterima di *node* tujuan dengan total paket data yang dikirimkan oleh *node* sumber. PDR dapat menunjukkan tingkat keberhasilan sebuah protokol *routing* karena semakin tinggi nilai PDR salah satunya disebabkan oleh berhasilnya sebuah protokol *routing* dalam melakukan pencarian dan pemeliharaan rutenya. PDR dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$PDR = \frac{\sum \text{paket diterima}}{\sum \text{paket dikirim}} \times 100\%$$

2.6.2. Throughput

Average Throughput adalah kecepatan (*rate*) pada transfer data efektif yang diukur dalam satuan *bit per second* (bps). *Average Throughput* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\sum \text{paket data diterima}}{\sum \text{waktu simulasi}}$$

2.6.3. End-to-end Delay

Delay atau dikenal juga dengan istilah *latency* adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan paket untuk mencapai tujuan. Dalam perjalanan, data tentunya akan mengalami *delay* karena jarak antar node, waktu proses data, media yang dilalui, adanya antrian atau mengambil rute lain untuk menghindari kemacetan. *Average end-to-end delay* bisa dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Average Delay} = \frac{\sum \text{waktu diterima} - \text{waktu dikirim}}{n}$$

2.6.4. Routing Overhead

Routing Overhead adalah perbandingan antara banyaknya *routing packet* selama simulasi terhadap banyaknya paket yang dikirim. Parameter ini digunakan untuk menghitung efisiensi *routing protocol*. *Routing Overhead* bisa dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Routing Overhead} = \frac{\sum \text{paket routing yang dikirim}}{\sum \text{paket yang dikirim}}$$

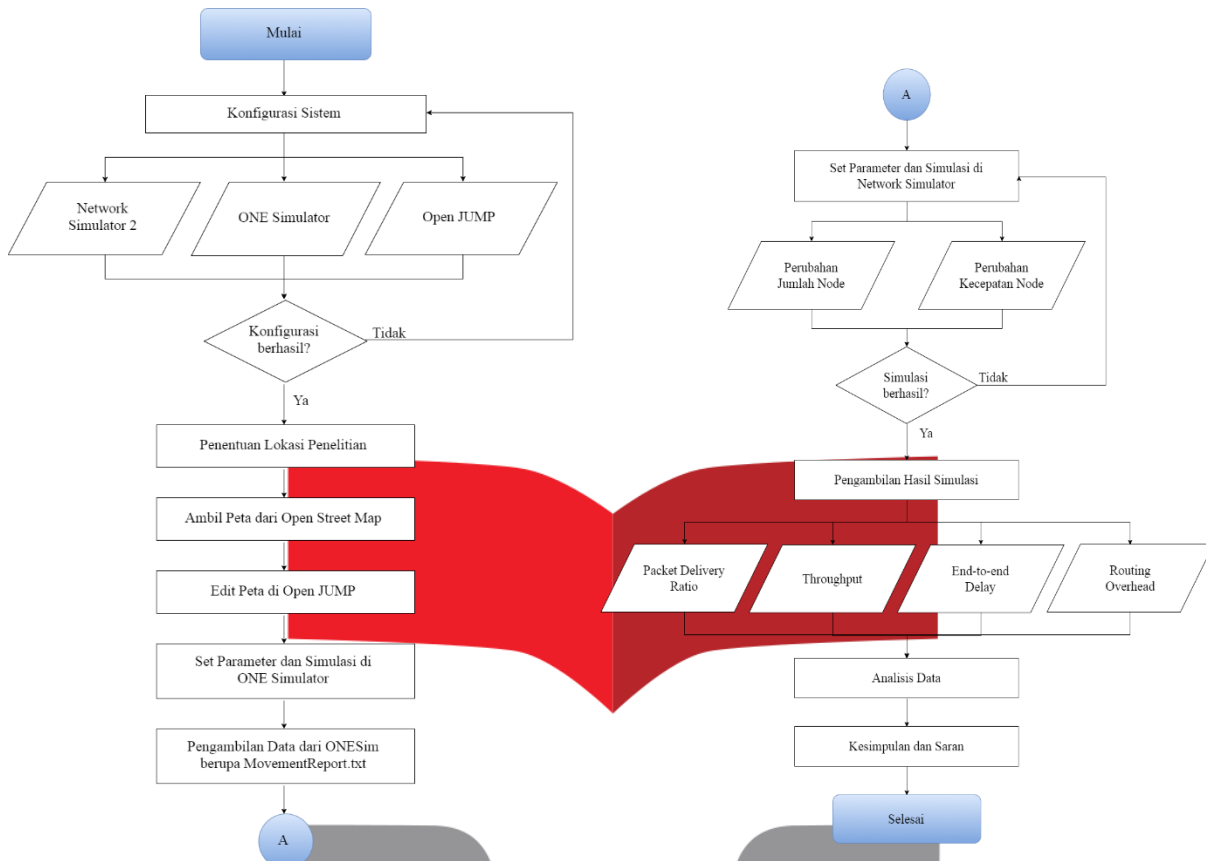
3. Perancangan dan Implementasi Sistem

3.1 Identifikasi Kebutuhan Sistem

Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk perancangan sistem ini adalah Oracle VM Virtualbox, Sistem operasi Linux Ubuntu 12.04, Network Simulator 2.35, ONESim 1.5.1, OpenJUMP 1.11. Sementara perangkat keras yang dibutuhkan adalah *Processor* Intel Pentium Core i5 dan RAM DDR3 4GB.

3.2 Deskripsi dan Analisis Sistem

Simulasi akan dilakukan sesuai diagram alur berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

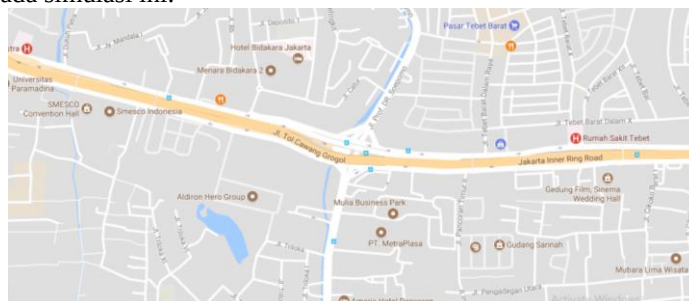
3.3. Perancangan Sistem

Strategi perancangan model simulasi akan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- (1) Mengunduh peta yang akan digunakan untuk simulasi dari openstreetmap.org;
- (2) Edit peta yang sudah diunduh menggunakan perangkat OpenJUMP sesuai dengan yang dibutuhkan;
- (3) Rancang skenario kepadatan *node* dan kecepatan *node*, kemudian jalankan simulasi untuk menghasilkan *script movement* menggunakan perangkat OneSim;
- (4) Simulasi pada OneSim akan menghasilkan *file movement* untuk digunakan pada simulasi di NS-2;
- (5) Membuat *script* koneksi antar *node* menggunakan CBRGEN;
- (6) Jalankan *script* simulasi VANET pada NS-2 menggunakan protokol AODV dan FSR dengan menambahkan *script movement* dan CBRGEN yang telah dibuat sebelumnya;
- (7) Simulasi tersebut akan menghasilkan 2 *file* baru, yaitu *file* NAM untuk menampilkan proses simulasi dan *file* AWK untuk menampilkan QoS dari simulasi tersebut.

3.4. Desain Jaringan

Pada simulasi akan digunakan jaringan *ad-hoc* dimana *node*-nya berupa kendaraan dan tidak menggunakan infrastruktur. Jalan yang akan digunakan untuk simulasi adalah jalan sekitar Patung Pancoran. Berikut adalah peta jalan yang akan digunakan pada simulasi ini:



Gambar 3.2 Peta Jalan Lokasi Simulasi

3.5. Parameter Simulasi

Tabel 3.1 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai	
	AODV	FSR
Propagation Model	Two Ray Ground Propagation	
Antena Model	Omnidirectional	
MAC Layer	IEEE 802.11p	
Model Antrian	Droptail	
Pergerakan Node	Map Based Movement	
Jumlah Node	70, 80, 90, 100, 110	
Kecepatan Node (Km/jam)	60, 70, 80, 90, 100	
Ukuran Paket (kb)	128, 256, 512, 1024	
Data Rate (Mbps)	10, 3.3, 2, 1.4	
Traffic Model	Constant Bit Rate (CBR)	
Waktu Simulasi	180 detik	

3.6. Skenario Simulasi

Skenario simulasi yang dibuat dibagi menjadi empat skenario, yaitu skenario perubahan kepadatan, perubahan kecepatan, perubahan ukuran paket dan perubahan data rate.

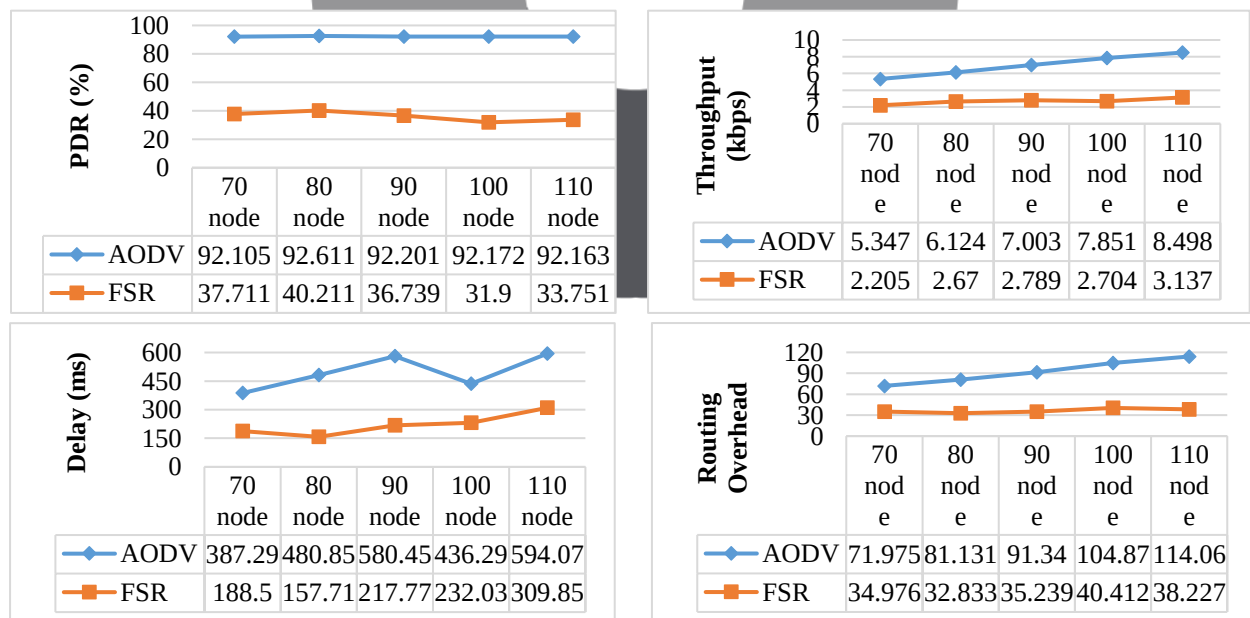
Tabel 3.2 Skenario Simulasi

Skenario	Jumlah Node	Kecepatan Node (Km/jam)	Ukuran Paket (kb)	Data Rate (Mbps)
Skenario I	70, 80, 90, 100, 110	80	512	10
Skenario II	90	60, 70, 80, 90, 100	512	10
Skenario III	90	80	128, 256, 512, 1024	2.56, 5.12, 10, 20
Skenario IV	90	80	512	10, 3.3, 2, 1.4

4. Analisis Hasil Simulasi

Setelah melakukan simulasi sebanyak 10 kali pada setiap skenario simulasi dengan algoritma AODV dan FSR, maka didapat hasil simulasi dalam bentuk file tracing dengan ekstensi .tr yang dapat dianalisis dengan menggunakan command awk agar file .tr tersebut ditampilkan dalam bentuk angka sesuai yang dibutuhkan untuk membandingkan kedua protokol tersebut.

4.1. Analisa Performansi Protokol Routing terhadap Perubahan Jumlah Node



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Perubahan Kepadatan Node

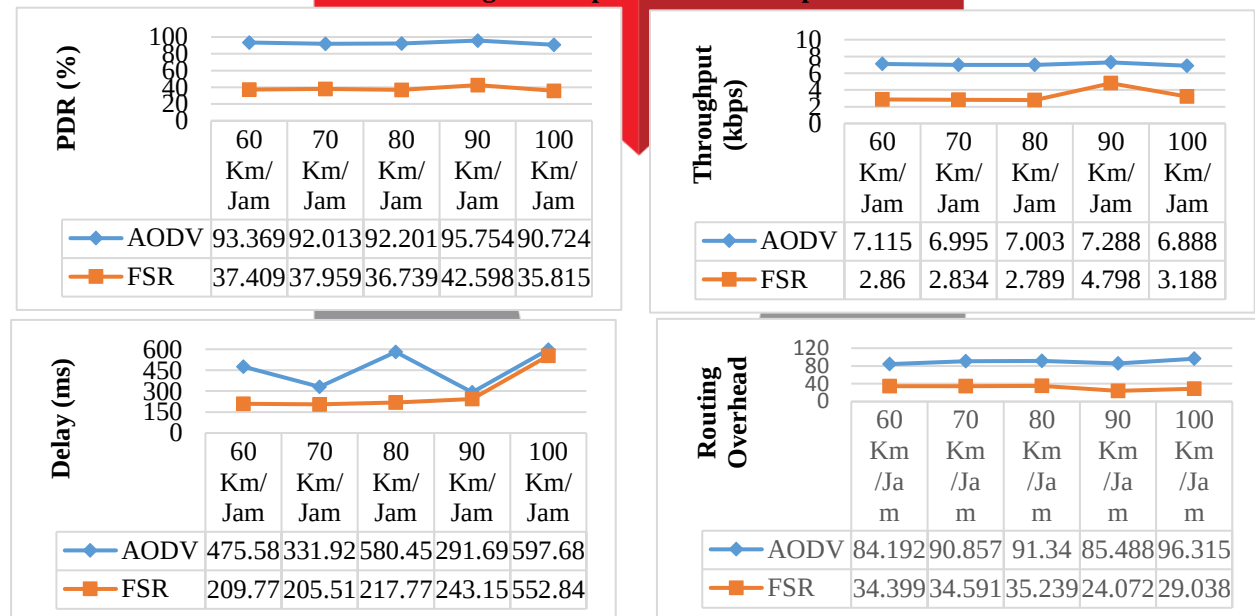
AODV memiliki PDR lebih baik karena mampu mengatasi kegagalan link, sementara FSR tidak. Sehingga, jika ada link yang terputus pada AODV, protokol tersebut dapat langsung membentuk rute baru, sementara FSR tidak. Hal lain yang menyebabkan AODV memiliki nilai PDR yang lebih baik adalah karena AODV mampu membentuk hubungan dengan node yang berjauhan dari node sumber. Sementara FSR hanya memiliki informasi akurat tentang node yang berada di dekat node sumber, sehingga tidak dapat mengirimkan paket kepada node yang jauh.

AODV memiliki throughput yang lebih baik karena mampu mengatasi perubahan topologi dengan baik, sementara FSR tidak. Kedua protokol menghasilkan nilai throughput yang cenderung meningkat karena semakin banyak jumlah node, maka kondisi jaringan akan semakin rapat dan kemungkinan terjadinya kegagalan link akan semakin kecil.

FSR memiliki delay lebih baik, karena FSR merupakan protokol proaktif dan tidak memerlukan waktu untuk melakukan route discovery. Sementara AODV yang merupakan protokol reaktif harus melakukan route discovery setiap kali akan melakukan pengiriman data.

AODV memiliki RO lebih besar karena merupakan protokol reaktif, sehingga perlu melakukan update routing table dengan cara membanjiri jaringan dan akan memerlukan bandwidth yang lebih besar. Sedangkan FSR sudah memiliki routing table, sehingga tidak perlu membanjiri jaringan untuk mencari rute ke node tujuan dan tidak membutuhkan bandwidth yang besar.

4.2. Analisa Performansi Protokol Routing terhadap Perubahan Kecepatan Node



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Perubahan Kecepatan Node

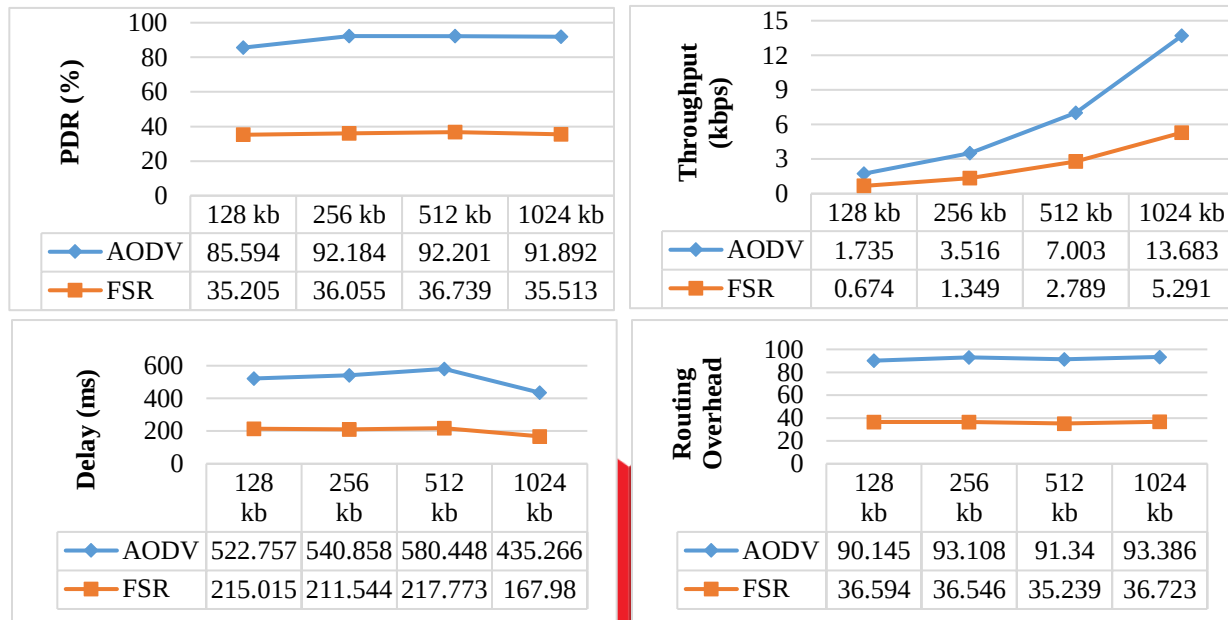
FSR memiliki nilai PDR lebih rendah karena jika node bergerak semakin cepat, maka jarak antar node akan semakin jauh yang juga dapat menyebabkan FSR tidak memiliki informasi yang cukup baik terhadap node yang berjauhan dari node sumber. Sementara AODV tetap dapat melakukan hubungan dengan node yang berjauhan karena melakukan pencarian rute ketika akan mengirimkan pesan.

AODV memiliki throughput yang lebih baik karena mampu mengatasi perubahan topologi dengan baik, sehingga ketika node bergerak lebih cepat dan menyebabkan perubahan topologi pada jaringan, AODV dapat tetap mengirimkan paket dengan baik. Sementara FSR tidak dapat mengatasi perubahan topologi dengan baik. Performa FSR akan buruk jika membentuk hubungan dengan node yang jauh dari node sumber.

AODV memiliki angka yang fluktuatif, hal ini dapat disebabkan karena adanya kegagalan link akibat perubahan topologi yang disebabkan oleh semakin cepatnya pergerakan node. Namun secara keseluruhan selalu lebih tinggi dari delay yang dimiliki FSR. FSR memiliki nilai yang lebih kecil karena merupakan protokol proaktif, sehingga tidak membutuhkan waktu untuk melakukan route discovery.

FSR tentu akan menghasilkan RO yang lebih kecil karena merupakan protokol proaktif dan sudah memiliki routing table sehingga tidak perlu melakukan discovery route untuk mencapai node tujuan. Sementara AODV merupakan protokol reaktif, sehingga perlu melakukan discovery route yang dapat memperbesar nilai routing overhead

4.3. Analisa Performansi Protokol Routing terhadap Perubahan Ukuran Paket



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Perubahan Ukuran Paket

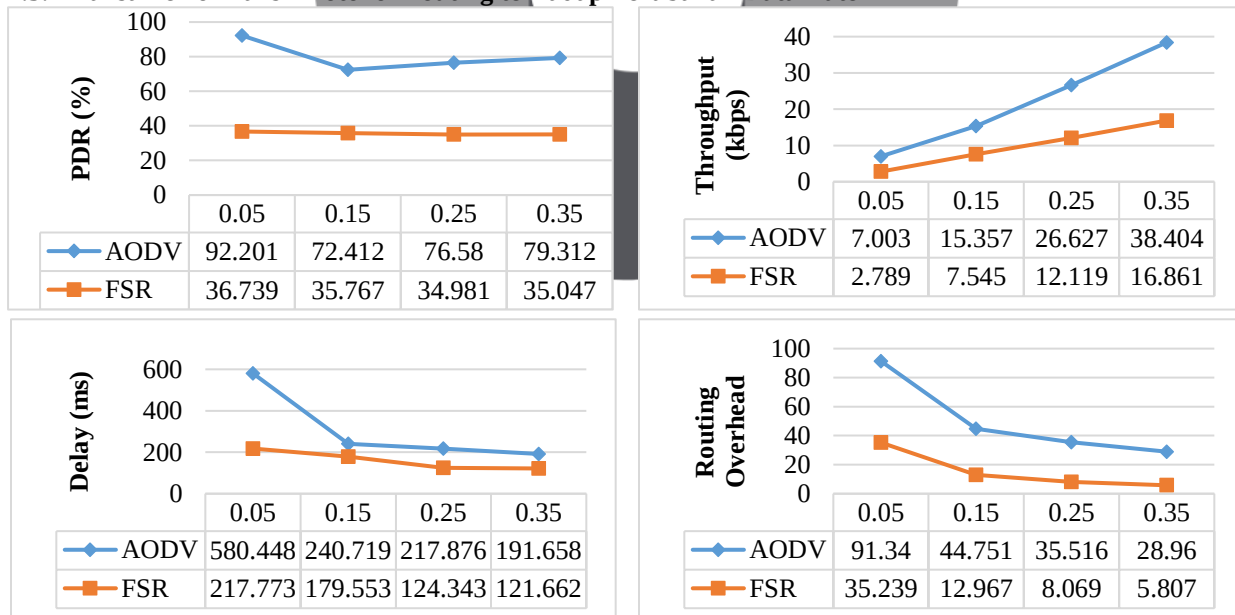
Perubahan ukuran paket data tidak terlalu berpengaruh pada PDR yang dihasilkan suatu protokol routing. Hal itu terjadi karena perubahan ukuran paket tidak dapat menyebabkan terjadinya link failure, sehingga koneksi yang terbentuk dapat terjaga dengan baik dan tidak mempengaruhi nilai PDR.

Perubahan ukuran paket data pada jaringan akan sangat mempengaruhi nilai throughput yang dihasilkan. Nilai throughput akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran paket data yang digunakan. Hal tersebut terjadi karena nilai throughput didapat dari total paket yang diterima dibanding dengan waktu pengiriman paket tersebut.

Ukuran paket data cukup mempengaruhi nilai parameter end-to-end delay dan menyebabkan fluktuasi pada grafik tersebut. FSR tetap unggul dibanding AODV pada parameter end-to-end delay karena merupakan protokol proaktif dan tidak membutuhkan waktu untuk melakukan pencarian rute seperti yang harus dilakukan protokol AODV.

Ukuran paket tidak mempengaruhi nilai routing overhead yang dihasilkan. FSR tentu tetap unggul pada parameter ini karena merupakan protokol proaktif dan tidak memerlukan routing overhead yang besar, sedangkan AODV adalah protokol reaktif dan memerlukan routing overhead yang lebih besar untuk proses pencarian rute.

4.3. Analisa Performansi Protokol Routing terhadap Perubahan Data Rate



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Perubahan Ukuran Paket

AODV unggul karena memiliki kelebihan dapat menjaga koneksi lebih baik disbanding FSR, sehingga paket yang dikirim dapat diterima lebih baik. Sedangkan FSR tidak fleksibel terhadap perubahan topologi, sehingga sering terjadi link failure dan menyebabkan banyak paket yang gagal sampai ke node tujuan.

Perubahan data rate sangat mempengaruhi nilai throughput yang dihasilkan. Hal tersebut juga disebabkan karena rumus untuk mendapatkan nilai throughput adalah banyaknya paket yang diterima dibagi waktu yang diperlukan paket untuk sampai ke node penerima. Semakin tinggi data rate akan semakin banyak juga paket yang dikirim dan akan meningkatkan nilai throughput.

AODV menghasilkan delay yang lebih besar karena merupakan protokol reaktif, sehingga memerlukan waktu lebih banyak untuk melakukan pencarian rute. Sementara FSR sudah memiliki informasi tentang node tujuan karena merupakan protokol proaktif dan sudah memiliki routing table, sehingga tidak memerlukan waktu lebih untuk melakukan proses pencarian rute.

Penurunan pada nilai kedua protokol terjadi karena semakin tinggi data rate sebuah jaringan, maka akan semakin sering suatu node mengirimkan paket ke node tujuan. Dengan demikian node pengirim hanya perlu melakukan pencarian rute pada saat melakukan pengiriman paket yang pertama, sehingga paket-paket yang dikirimkan selanjutnya tidak membutuhkan header yang lebih besar dan akan menurunkan nilai routing overhead secara keseluruhan. FSR tetap unggul pada parameter ini karena merupakan protokol proaktif, sedangkan AODV adalah protokol reaktif.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi pada kedua protocol yaitu AODV dan FSR, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulasi Vehicular Ad-hoc Network dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak OneSim sebagai movement generator, lalu Network Simulator 2.35 untuk melakukan simulasi pertukaran data pada jaringan yang disimulasikan.
2. Dalam simulasi ini, kedua protokol unggul di masing-masing dua metric performansi yang berbeda baik pada skenario perubahan kepadatan node, skenario perubahan kecepatan node, skenario perubahan ukuran paket data, maupun skenario perubahan data rate. Protokol AODV unggul pada rata-rata packet delivery ratio dan throughput, sementara protokol FSR unggul pada rata-rata end-to-end delay dan routing overhead. Hal ini menunjukkan bahwa kedua protokol tersebut memiliki keunggulan masing-masing, namun tetap bergantung pada kondisi jaringan yang ada.
3. Protokol AODV memiliki rata-rata nilai packet delivery ratio sebesar 88.94%, rata-rata throughput 10.58 kbps, rata-rata end-to-end delay 444.68 ms, dan rata-rata routing overhead 81.1. Sementara protokol FSR memiliki rata-rata packet delivery ratio sebesar 36.41%, rata-rata throughput 4.58 kbps, rata-rata end-to-end delay 210.72 ms, dan rata-rata routing overhead 29.89.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan pengujian terhadap keberadaan Road Side Unit (RSU) yang dapat mempengaruhi performansi routing protocol pada jaringan Ad-hoc.
2. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang aspek keamanan jaringan yang terjadi pada VANET.
3. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai skenario lain yang dapat terjadi pada VANET selain pada kondisi perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septianti, Putri Annisa. 2015. Simulasi dan Analisis Kinerja Protokol Routing FSR & ZRP pada Jaringan Vehicular Ad-Hoc Network (VANET). Universitas Telkom, Bandung.
- [2] Hutaaruk, Asty Valentina. 2015. Simulasi dan Analisis Perbandingan Performansi Routing Protocol AODV & DSR Pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET). Universitas Telkom, Bandung.
- [3] Gajbhiye Vimmi A, Ratnaprabha W. Jasutkar. 2013. Study of Efficient Routing Protocols for VANET. International Journal of Scientific & Engineering Research.
- [4] Watfa, Mohammed. 2010. Advances in Vehicular Ad-Hoc Networks: Development and Challenges. Master Thesis. USA : University of Wollongong, UAE.
- [5] Baumann, Rainer. 2004. Vehicular Ad hoc Networks (VANET): Engineering and simulation of mobile ad hoc routing protocols for VANET in highways and in cities. Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- [6] Paul, Bijan., Ibrahim, Md.,Bikas, Abu Naser Md (2011), "VANET Routing Protocols: Pros dan Cons", International Journal of Computer Applications (April 2011), University Of Science & Technology Sylhet Bangladesh.
- [7] Arifin, dkk. 2011. Analisis Performansi Routing AODV pada Jaringan VANet. Surabaya.
- [8] Thaseen, Sumaiya., K Santhi. 2012. Performance Analysis of FSR, LAR and ZRP Routing Protocols In MANET. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 41.