

Analisa Performansi Protokol 802.11P Pada Routing AODV di Jaringan VANET (*Vehicular Ad-hoc Network*)

Ahmad Ridwan

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area
Jl. Kolam No. 1 Medan Estate, Medan, Sumatera Utara
ahmadridwan@staff.uma.ac.id

Abstrak

Sistem transportasi cerdas telah mengalami perkembangan yang luar biasa dalam satu dekade terakhir, dan kemajuan teknologi komunikasi mempunyai peran besar dibalik keberhasilan sistem transportasi cerdas. Komunikasi antar kendaraan adalah syarat penting bagi sistem transportasi cerdas. *Vehicular Ad-hoc Network* (VANET) adalah teknologi komunikasi yang cocok diterapkan untuk komunikasi antar kendaraan. Dalam prakteknya, VANET menghadapi beberapa tantangan seperti putus koneksi, area jangkauan, perubahan topologi yang dinamis, konektivitas, kekuatan sinyal, waktu tunda, dan *throughput*. Salah satu masalah yang dihadapi VANET adalah routing. Penelitian routing pada VANET adalah tugas yang menantang karena mobilitas yang tinggi, gangguan topologi jaringan, dan proses pemilihan jalur. Pada paper ini dilakukan simulasi untuk mendapatkan performansi routing AODV di jaringan VANET berdasarkan *Quality of Service* (QoS) dengan skenario 20 dan 30 node. Routing AODV dipilih karena mempunyai performansi terbaik. Dari hasil simulasi didapatkan *end to end delay* 20 node 21,1247 dan 30 node 22.0781, dengan peningkatan *end to end delay* 4,5% terjadi pada 30 node dibandingkan 20 node, packet drop yang didapatkan untuk 20 node 0.8284, dan 30 node 0,7888 dengan ratio penurunan PDRR sebesar 4,7% dari 20 node. Selanjutnya nilai *throughput* yang didapatkan pada simulasi 20 node 272,59 dan 30 node 347,92, dengan perbandingan 20 dan 30 node sebesar 27%, lalu *paket delivery ratio* untuk 20 node 2980 dan 30 node 4868, dengan rasio perbandingan paket sukses yang dikirim sebesar 38%. Sehingga dapat diambil kesimpulan semakin bertambahnya node pada routing di VANET maka semakin tinggi trafik jaringan yang terjadi. Kemudian routing AODV juga dapat melakukan perbaikan *path break* secara cepat ketika terjadinya penambahan paket dan kecepatan node sehingga mengurangi *drop* pada paket yang dikirimkan.

Kata kunci: AODV, VANET, Sistem Transportasi Cerdas, Routing, *Quality of Service* (QoS)

Abstract

Intelligent Transportation Systems have experienced remarkable developments in the past decade, and advances in communication technology have a significant role in the success of intelligent transportation systems. Communication systems between vehicles are essential requirements for intelligent transportation systems. Vehicular Ad-hoc Network (VANET) technology is suitable for communication between vehicles. In its implementation, VANET faces several challenges such as disconnection, coverage area, dynamic topology changes, connectivity, signal strength, delay time, and throughput. One of the problems faced by VANET is routing. Routing on VANET is challenging due to high mobility, network topology disruption, and path selection. In this paper, simulation is conducted to obtain AODV routing performance on VANET networks based on the quality of service with scenarios 20 and 30 nodes. AODV routing was chosen because it has the best performance in its class. From the simulation results obtained an end to end delay 20 nodes 21,1247 and 30 nodes 22,0781, with an increase of period to end 4.5% occurs at 30 nodes compared to 20 nodes, packet drop obtained for 20 nodes 0.8284, and 30 nodes 0.7888 with a PDRR reduction ratio of 4.7% from 20 nodes. Furthermore, the throughput values obtained in the simulation are 20 nodes 272.59 and 30 nodes 347.92, with a rate of 20 and 30 nodes of 27%. Package delivery ratio for 20 nodes 2980, and 30 nodes 4868, with a standard of comparison of successful packages sent 38%.

Keywords: AODV, VANET, Intelligent Transportation System, Routing

1. PENDAHULUAN

Intelligent Transportation System (ITS) merupakan salah satu teknologi yang mengintegrasikan antara sistem informasi dan teknologi komunikasi pada infrastruktur, kendaraan, dan pengguna jalan.

Vehicle Ad Hoc Network (VANET) merupakan teknologi jaringan nirkabel yang dikembangkan untuk mendukung pengembangan teknologi ITS [1]. Komunikasi antar kendaraan *Vehicle to Vehicle* (V2V), dan *Vehicle-to-infrastructure* (V2I) dianggap sebagai teknologi utama untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara melalui ITS. Teknologi yang diusulkan untuk melakukan komunikasi pada VANET adalah *Dedicated Short Range Communication* (DSRC) berdasarkan standar IEEE 802.11P yang dikembangkan berdasarkan pada standar 802.11 [2]. Dengan menggunakan sistem ini setiap kendaraan dapat saling terhubung melalui jaringan nirkabel [3].

Pada dasarnya VANET merupakan teknologi dari *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). Namun, VANET memiliki pengelompokan sendiri karena karakteristik yang berbeda dibandingkan MANET [4]. Karakteristik VANET memiliki kemiripan dengan MANET, diantaranya tidak ada infrastruktur tetap, topologi selalu berubah, dan jangkauan komunikasi yang terbatas. Akan tetapi VANET dan MANET memiliki beberapa perbedaan yaitu, pergerakan, kecepatan dan *sensor on board* seperti GPRS [5]. Perbedaan Utama antara VANET dan MANET yaitu VANET merupakan jaringan *ad-hoc* yang diintegrasikan pada kendaraan sebagai node yang bertindak sebagai router yang bergerak dengan mobilitas yang sangat tinggi, sehingga menyebabkan topologi pada VANET dapat berubah dalam jangka waktu yang cepat [6]. VANET dapat didefinisikan sebagai satu set node mobile yang terdiri dari kendaraan, serta node tetap yang dikenal dengan *road side unit* (RSU), dimana RSU ini ditempatkan di lokasi-lokasi penting seperti jalan, stasiun layanan, persimpangan berbahaya atau tempat-tempat yang dikenal dengan kondisi berbahaya [7].

VANET merupakan jaringan *Ad Hoc* yang tidak memiliki pengetahuan akan topologi jaringan yang berada disekitarnya. Setiap node hanya mengirimkan informasi kehadirannya dan menyadari keberadaan node tetangga secara otomatis, sehingga untuk menemukan node tetangga dibutuhkan *routing* protokol pada VANET. *Routing* protokol diperlukan untuk menentukan informasi atau jalur untuk sebuah paket dapat sampai ke tujuan yang ditentukan [8]. Protokol merupakan seperangkat aturan yang mengatur setiap perangkat untuk bertukar informasi melalui sebuah media jaringan. Sedangkan *routing* mekanisme pemilihan rute untuk mengirimkan paket, dan router perangkat yang melakukan tugas tersebut dengan melewati beberapa node penghubung. Pemilihan jalur dipilih berdasarkan bandwidth dan jaraknya.

Ada beberapa jenis *routing protocol* berbasis topologi di VANET yang dibagi lagi menurut sifatnya, yaitu proaktif, reaktif, dan *hybrid*. Protokol dari kelas reaktif salah satunya *Ad-Hoc On Demand Distance Vector* (AODV). AODV dipilih karena kinerja yang terbaik dikelasnya. AODV merupakan salah satu *protokol reactive* yang berfungsi untuk menemukan rute menggunakan satu jalur dalam mekanisme penemuan rute [6]. Protokol ini tidak menyimpan informasi rute yang lengkap, melainkan hanya informasi node yang harus dituju. Protokol AODV terdiri dari dua mekanisme utama, yaitu mekanisme pencarian rute dan pemeliharaan rute [9]. Analisis ini dilakukan untuk menguji nilai penurunan performansi dari QoS protocol AODV dengan adanya serangan rushing menggunakan skema perubahan jumlah node penyerang dan perubahan kecepatan node pada VANET.

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis dan menguji kinerja dari protokol routing AODV menggunakan skenario penambahan jumlah node dengan mengukur parameter *Quality of Service* (QoS), seperti *throughput*, *packet drop rate*, *packet delivery ratio*, *end-to-end delay*. Sehingga diharapkan dapat mengurangi dampak hilangnya transmisi data akibat rute yang terputus pada routing protokol tersebut. Selain itu dengan kemampuan dari protokol routing AODV ini diharapkan dapat dijadikan sebagai rekomendasi dan acuan untuk menerapkan pada sistem komunikasi VANET di Indonesia. Tahapan penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan studi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian, selanjutnya dilanjutkan dengan melakukan pemodelan simulasi VANET. Tahapan berikutnya menentukan jumlah node pada jaringan VANET yang akan dilakukan percobaan. Tahapan terakhir melakukan analisa pada protokol *routing* AODV berdasarkan parameter QoS yang telah ditetapkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

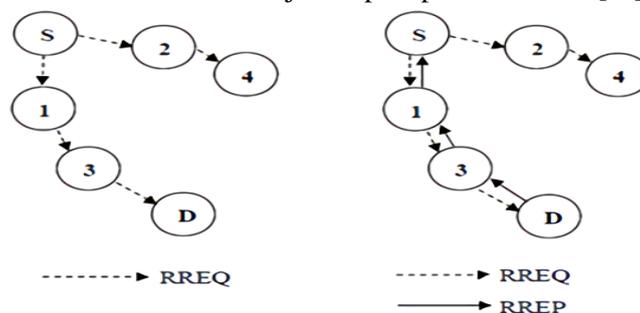
2.1 *Ad Hoc on-Demand Distance Vector* (AODV)

Ad Hoc on-Demand Distance Vector (AODV) adalah protokol perutean paket, yang peruteannya bekerja dengan menggunakan *route request message*. Mekanisme penemuan rute dilakukan jika rute ke tujuan tidak diketahui. AODV termasuk dalam kelompok distance vektor, dimana setiap node mengetahui node tetangga beserta jaraknya. Tabel perutean seperti itu ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Vektor Jarak

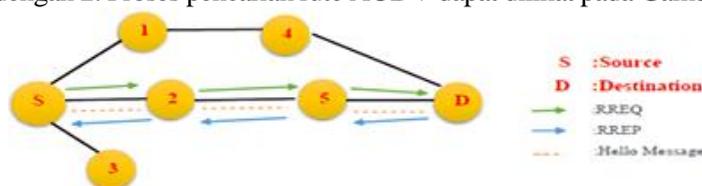
Destinasi	Cost	Next Hop
A	1	A
B	0	B
C	∞	-
D	1	D
E	∞	-

AODV merupakan pengembangan dari *routing destination-sequenced distance vector* (DSDV) dan *Dynamic Source Routing* (DSR) yang bertujuan untuk meminimalkan kebutuhan penyiaran. Node AODV bergerak untuk mendapatkan rute tujuan yang baru secara cepat, dan tidak membutuhkan node lain untuk menjaga rute ke tujuan selama tidak ada komunikasi aktif. *Routing AODV* memiliki dua tahap untuk menentukan dan memelihara rute yaitu *route request* (RREQ), *route reply* (RREP) dan *route error* (RERR) [10]. Proses untuk menentukan rute pada protokol AODV yaitu menggunakan dua pesan yaitu mengirimkan paket RREQ, dan RREP. Ketika node asal melakukan pencarian rute ke node tujuan namun belum terbentuk rute yang tepat, maka node asal akan melakukan inisialisasi *route discovery process* untuk menentukan rute ke arah node tujuan seperti pada Gambar 1 [11].



Gambar 1. Tahap Proses *Routing AODV*

Tahap penemuan rute menemukan jalur antara asal dan tujuan dan tahap pemeliharaan rute menghasilkan *route error* (RERR) untuk menemukan jalur lain ketika jalur aktif rusak. Penyiaran dilakukan untuk membanjiri jaringan dengan paket *route request* (RREQ). Jika tujuan ditemukan, *route reply* (RREP) yang berisi *path* yang ditemukan akan dikirim kembali. Tabel *routing* dengan informasi tentang node dikelola oleh setiap node. Dalam tahap penemuan rute, sebuah node harus menyiarkan lebih dari 10 pesan RREQ per dua detik. Setelah menyiarkan RREQ, sebuah node menunggu periode tertentu untuk RREP dari tujuan yang sesuai. Jika sebuah node tidak menerima RREP, maka node akan mencoba lagi untuk menemukan rute dengan menyiarkan RREQ lain, hingga maksimum dari RREQ *retries* yang sama dengan 2. Proses pencarian rute AODV dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahap Pencarian Rute AODV

Ketika RREQ mencapai tujuan, maka ia memblus ke node asal dengan mengirimkan paket RREP yang berisi informasi tentang rute terpendek. Node perantara juga dapat menjawab RREQ jika memiliki rute yang valid. Format pesan RREP pada AODV dapat dilihat pada Gambar 3.

```

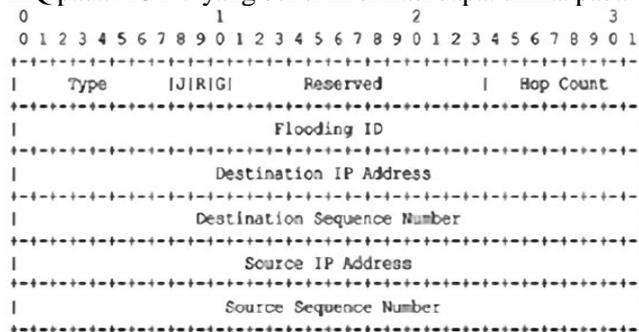
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Type |R|A| Reserved |Prefix Sz| Hop Count |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Destination IP address |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Destination Sequence Number |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Source IP address |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Lifetime |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Gambar 3. Format Pesan RREP AODV

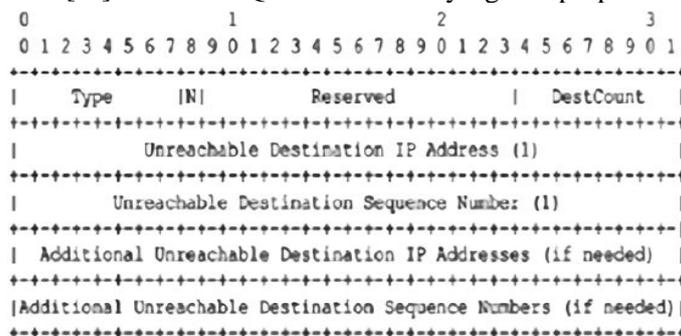
2.2 Pembentukan Rute AODV

AODV adalah kelas reaktif *routing* protokol, sehingga sebuah node dapat menemukan rute kapanpun node tersebut mengirimkan paket data. Pembentukan rute pada AODV dilakukan dengan tanda *message* (pesan) RREQ dan RREP. Pesan *Halo* secara berkala ditukarkan antara node dalam jaringan untuk menemukan tetangga mereka. Dalam mekanisme penemuan rute, ketika sebuah node ingin mengirimkan paket data ke node tujuan yang bukan tetangga, maka node asal akan mengirimkan permintaan rute (RREQ) ke tetangganya untuk menemukan rute, node perantara, dan meneruskan paket ini ke tujuan [12]. Format pesan paket RREQ pada AODV yang berisi informasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Format Pesan RREQ AODV

AODV menggunakan nomor urut dalam paket untuk menghindari *loop*. Dalam jaringan yang dinamis, sebagian besar rute yang ditemukan mungkin salah dan karenanya protokol *routing* reaktif direkomendasikan untuk jaringan *ad-hoc* dimana perubahan topologi jaringan lebih sedikit. Disisi lain, rute protokol *routing* proaktif ditemukan berdasarkan permintaan. Dalam skala besar dan mobilitas yang dinamis dari jaringan, penemuan rute dapat menghasilkan beberapa latensi lagi. Namun, dibutuhkan *bandwidth* untuk berbagi informasi perutean antar node [13]. AODV mendukung *unicast*, *broadcast*, dan *multicast* tanpa protokol lebih lanjut. Masalah *count to infinity* dan *loop* diselesaikan dengan menggunakan *sequence number* dan *registering costs*. Dalam AODV, setiap *hop* memiliki *costs* satu. Rute yang tidak digunakan menua dengan sangat cepat mengakomodasi pergerakan node. Kerusakan *link* diperbaiki dengan sangat efisien. Untuk perutean *unicast*, digunakan tiga pesan kontrol, *route request* (RREQ), *route reply* (RREP), dan *route error* (RRER). Pembentukan rute pada AODV dilakukan dengan tanda *message* (pesan) RREQ dan RREP [14]. Paket RREP berisi informasi yang terdapat pada Gambar 5.

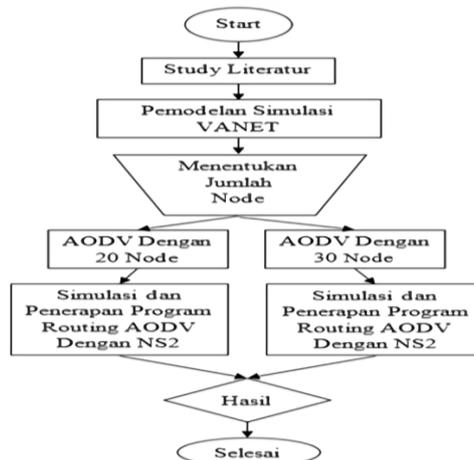


Gambar 5. Format Paket RREP AODV

Route request (RREQ) mencakup pengidentifikasi unik, alamat IP tujuan, *sequence number*, alamat IP sumber, serta jumlah *hop*. Jika sebuah node menerima RREQ yang belum pernah dilihat sebelumnya, itu mengatur rute sebaliknya ke pengirim. Jika tidak tahu rute tujuan, maka akan menyiarkan ulang RREQ yang diperbarui, terutama yang bertambah hitungan *hop*. Jika rute tujuan tahu, itu menciptakan RREP. RREP berisi alamat IP tujuan, *sequence number*, *time to live* jumlah *hop* serta *subnet* awal yang digunakan. Ketika node menerima RREP, dilakukan pengecekan, jika *sequence number* tujuan pesan lebih tinggi dari yang ada di *tabel routing* sendiri dan jika *hop* menghitung RREP untuk tujuan yang lebih rendah dari *tabel routingnya* sendiri, jika tidak ada yang benar itu hanya akan menjatuhkan paket. Kalau tidak, akan memperbarui *tabel peruteannya*.

3. METODE PENELITIAN

Pada paper ini, akan dilakukan rancangan dan analisa tentang perfomansi metrik *quality of service* seperti *Packet Delivery Ratio*, *End-to-End Delay*, *Throughput*, *Packet Drop Ratio* dengan implementasi di *routing protocol* AODV. Rancangan Protokol yang digunakan adalah protokol *routing* jaringan VANET. Tahapan-tahapan perancangan simulasi dapat dilihat di Gambar 6.



Gambar 6. Tahapan-Tahapan Rancangan Simulasi

Protokol *routing* yang disimulasikan yaitu AODV dengan jumlah node 20 dan 30 node. Tujuan simulasi dilakukan untuk mendapatkan performansi *routing* AODV pada VANET. Simulasi *routing* AODV dijalankan dengan menggunakan aplikasi NS2 dalam bentuk file *.tr, *.tcl yang merupakan bahasa pemrograman pada NS2 dan hasil simulasi divisualisasikan dengan file dalam bentuk *.nam yang merupakan grafik animator simulasi. Selanjutnya dengan menganalisa Quality of Service (QoS) performansi *routing* AODV. Perancangan dan tahapan simulasi dilakukan dengan menggunakan NS2, NAM, dan AWK. Adapun parameter simulasi yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

3.1 End to End Delay

Delay adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan suatu paket untuk menempuh rute dari asal ke tujuan. *Delay* juga biasanya disebabkan oleh *buffering* selama latensi penemuan rute, antrian diantar muka, keterlambatan pengiriman ulang pada MAC, waktu propagasi dan transfer. *Delay* dihitung berdasarkan waktu yang diperlukan untuk paket data yang akan dikirimkan VANET dari sumber ke tujuan memberikan *end-to-end delay* untuk paket yang diterima. Metrik ini menjelaskan waktu pengiriman paket, semakin rendah *end-to-end delay*, semakin baik kinerja aplikasi. *End-to-end delay* dapat dicari dengan Persamaan (1).

$$D = (T_r - T_s) \quad (1)$$

Keterangan:

T_r = receiver time

T_s = sender time

Tabel 2. Parameter Simulasi

Parameter Name	AODV
NS Version	2.35
Channel Type	Wireless Channel
Mac Protokol	802.11p
Antenna Type	Omni Antenna
Number of Nodes	22-30
Mobility Model	Random
Network Interface	PHY Wireless
Topolgy	Two Way Ground
Simulation Time	150 Second
Routing Protokol	AODV
IFQ	Queue/DropTail/PrQi
Ifqlen	50
Traffic Type	CBR (UDP)

3.2 Packet Drop Rate (PDRR)

Packet Drop Rate (PDRR) adalah rasio data yang hilang di node tujuan dengan yang dihasilkan oleh CBR. Paket-paket di drop ketika node tidak dapat menemukan rute yang valid ke node yang ditentukan sebagai node perantara dalam rute untuk mencapai node tujuan. Secara matematis PDRR didapatkan dengan menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Packet Drop Rate} = \frac{\text{Total no of Packets Dropped at Destination}}{\text{Total no of Packets Created by CBR Source}} \quad (2)$$

3.3 Throughput

Throughput merupakan rata-rata jumlah *byte* yang sukses dikirim pada suatu jaringan dalam satuan waktu dan menggambarkan kondisi kecepatan data dalam jaringan. Semakin tinggi nilai *throughput* yang didapatkan, maka kinerja protokol *routing* menjadi lebih baik. Biasanya nilai *throughput* dikaitkan dengan *bandwidth*, sebab dapat juga disebut sebagai *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. Jika *bandwidth* bersifat tetap, maka *throughput* sifatnya dinamis tergantung dari trafik yang terjadi. Secara matematis *throughput* didapatkan dengan menggunakan Persamaan (3).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{No of bytes received} \times 8}{\text{Simulation Time} \times 100} \text{ Kbps} \quad (3)$$

3.4 Packet Delivery Ratio (PDR)

Rasio paket data dikirim ke tujuan dengan yang dihasilkan oleh sumber CBR. PDR menunjukkan seberapa sukses suatu protokol melakukan pengiriman paket dari sumber ke tujuan. Semakin tinggi PDR, semakin baik hasilnya. Metrik ini mencirikan kelengkapan dan kebenaran protokol *routing* juga keandalan protokol *routing* dengan memberikan efektivitasnya. Untuk meningkatkan kinerja sistem jaringan, PDR harus setinggi mungkin. PDR dapat dituliskan dengan Persamaan (4).

$$\text{PDR} = \frac{\text{Total no of packets received}}{\text{Total no of packets send}} \quad (4)$$

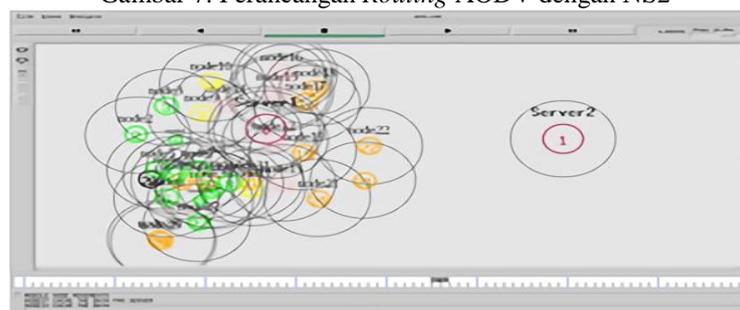
4. PEMBAHASAN

4.1 Simulasi AODV 20 Node dan 30 Node

Pada tahap awal simulasi dimulai dengan perancangan jaringan dari VANET dengan *routing* AODV seperti pada Gambar 7. Kemudian setelah itu dilakukan perbandingan performansi *routing* AODV yang menggunakan 20 node dengan 30 node berdasarkan parameter dari *Quality of Service* (QoS) yang dijalankan dengan *software* NS2.

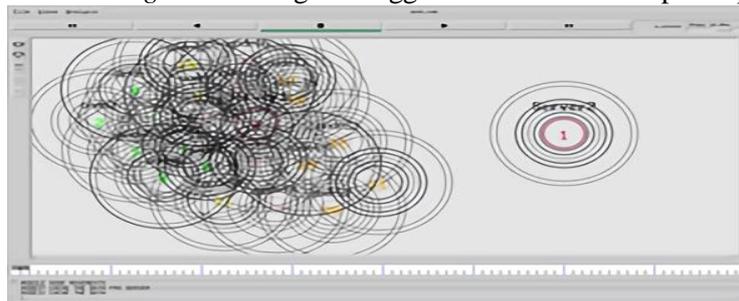


Gambar 7. Perancangan *Routing* AODV dengan NS2

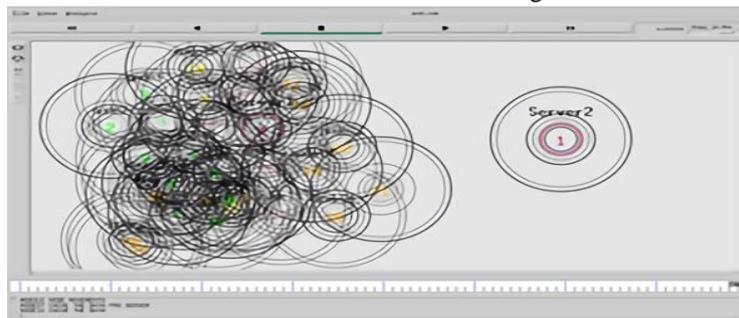


Gambar 8. Proses Penentuan Jumlah Nodes

Tahapan berikutnya yaitu proses penentuan jumlah nodes pada jaringan VANET yang akan disimulasi menggunakan *software* NS2 seperti pada Gambar 8. Selanjutnya merupakan simulasi kinerja VANET menggunakan *routing* AODV dengan menggunakan 20 node ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses Simulasi VANET dengan 20 Node

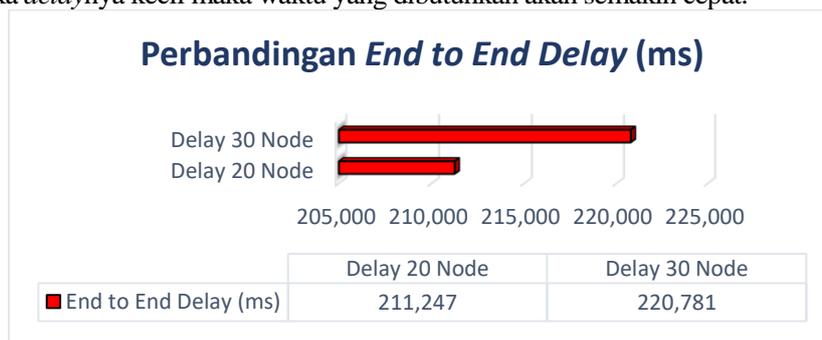


Gambar 10. Proses Simulasi VANET dengan 30 Node

Sedangkan proses pengujian simulasi kinerja VANET dengan menggunakan 30 node ditampilkan pada Gambar 10. Dari hasil pengujian kinerja VANET dengan *routing* AODV menggunakan 20 dan 30 node dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan trafik, dimana setiap node akan saling melakukan proses *routing* untuk membentuk tabel *routing*. Semakin banyak node pada suatu *routing* AODV, maka semakin banyak pola trafik yang terjadi. Hal ini akan menyebabkan semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *routing* atau untuk melakukan pengiriman paket dari node asal ke node tujuan.

4.2 Pengujian End to End Delay

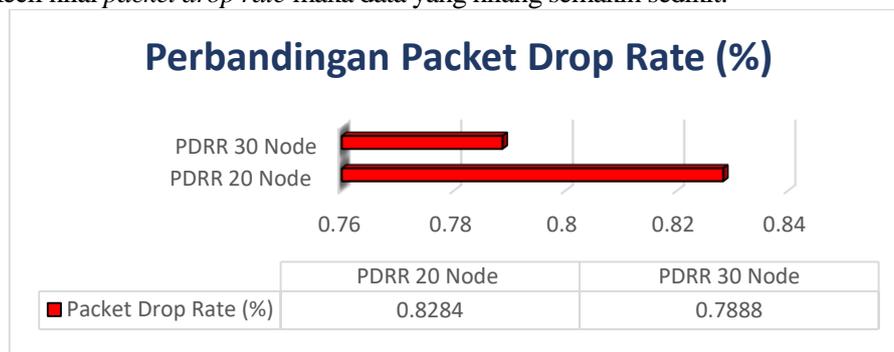
Pada pengujian ini melakukan perbandingan *end to end delay* yang diperoleh dari performansi *routing* AODV. Dari hasil pengujian *end to end delay* performansi AODV dengan jumlah 20 node yaitu 211,247 *millisecond*. Sedangkan ketika dengan 30 node hasilnya 220,781 *millisecond*. Selisih perbandingan *end to end delay* antara 20 dan 30 node sebesar 9,534 *millisecond* atau sekitar 4,5% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Pada *routing* AODV untuk menemukan jalur terbaik, protokol *routing* AODV akan melakukan *route discovery* dengan menyebarkan *route request* (RREQ) ke semua node. Proses pencarian rute ini mempengaruhi besarnya *delay* yang dihasilkan untuk menemukan jalur terbaik pada suatu rute dalam mengirimkan paket ke node tujuan. Selain proses pencarian rute, jumlah node juga berpengaruh terhadap besarnya *delay* yang terjadi. Rata-rata *delay* akan mengalami peningkatan dengan semakin bertambahnya node, namun apabila paket data diperbesar maka *delay* yang dihasilkan akan semakin kecil. Semakin besarnya *delay* pada pengujian *end to end delay* menyebabkan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari node asal ke node tujuan akan semakin lambat, sedangkan jika *delay*nya kecil maka waktu yang dibutuhkan akan semakin cepat.



Gambar 11. Grafik Perbandingan End to End Delay AODV

4.3 Pengujian *Packet Drop Rate* (PDRR)

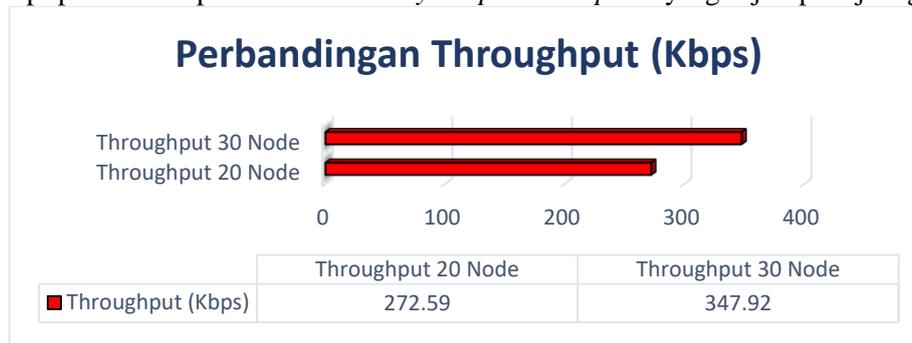
Perbandingan hasil pengujian *packet drop rate* yang diperoleh dari performansi *routing* AODV dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil pengujian *packet drop rate* dengan 20 node adalah 0,8284%, sedangkan dengan menggunakan 30 node adalah 0,7888%. Selisih perbandingan pengujian keduanya sebesar 4,7%. Berdasarkan hasil simulasi *routing* AODV dapat disimpulkan bahwa bertambahnya jumlah node akan menyebabkan semakin kecil *packet drop rate*. Apabila selama proses pengiriman pesan terdapat kerusakan yang menyebabkan rute menuju node tujuan terputus, maka suatu node akan mengirimkan *route error*. Hal ini tentu berpengaruh pada nilai *packet drop rate* performansi *routing* AODV. Penyebab lain terjadinya *packet drop rate* apabila node yang bekerja melebihi kapasitas *buffer*, *memory* yang terbatas pada node, kontrol terhadap jaringan dan semakin besar suatu ukuran paket maka akan membutuhkan waktu *transfer* yang lebih panjang, kemudian terjadinya perubahan topologi pada saat pengiriman paket dilakukan, juga akan mempengaruhi data yang berhasil dikirimkan. Semakin tinggi nilai *packet drop rate* maka akan menyebabkan kehilangan data semakin banyak, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai *packet drop rate* maka data yang hilang semakin sedikit.



Gambar 12. Perbandingan *Packet Drop Rate* AODV

4.4 Pengujian *Throughput*

Pada pengujian *throughput* hasilnya untuk percobaan 20 node adalah 272,59 kbps, sedangkan untuk percobaan dengan 30 node adalah 347,92 kbps seperti pada Gambar 13. Selisih nilai *throughput* pada pengujian 20 dan 30 node yaitu 75,33 kbps. Pada *routing* AODV penyebaran paket dilakukan dengan hanya menggunakan pesan *Hello* secara berkala. Perbedaan nilai *throughput* antara 20 dan 30 node disebabkan semakin bertambahnya node. Sehingga terjadi penurunan jumlah *throughput* yang tidak dapat dihindari. Semakin kecil nilai *throughput* maka semakin jelek kualitas jaringan tersebut, hal ini disebabkan kecepatan node sumber dalam mengirimkan paket data ke node tujuan semakin jauh jarak antar node sehingga akan mengalami putusnya rute. Pada dasarnya, nilai *throughput* juga dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *end to end delay* dan *packet drop rate* yang terjadi pada jaringan *routing*.

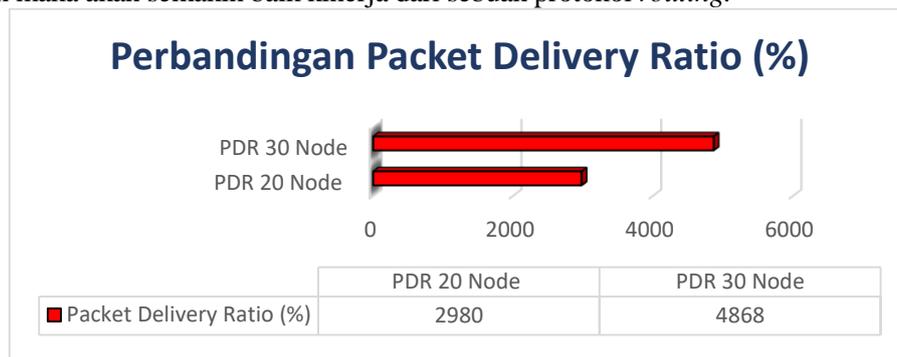


Gambar 13. Perbandingan *Throughput* AODV

4.5 Pengujian *Packet Delivery Ratio* (PDR)

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dapat dilihat pada Gambar 14. Nilai pengujian PDR dengan 20 node adalah 2980, sedangkan pada 30 node nilainya menurun menjadi 4868. Perbandingan hasil pengujian PDR dengan 20 node dan 30 node mencapai 38%. Kenaikan nilai tersebut karena ketika jumlah node semakin banyak menyebabkan kemungkinan terbentuknya rute semakin besar dan

semakin kecil kemungkinan terjadinya *broken link*. Semakin tinggi nilai *packet delivery ratio* yang dihasilkan maka akan semakin baik kinerja dari sebuah protokol *routing*.



Gambar 14. Perbandingan *Packet Delivery Ratio* AODV

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengujian *end to end delay* dengan 20 node adalah 211,247 millisecond, sedangkan dengan 30 node adalah 220,781 millisecond. Selisih keduanya sebesar 4,5%.
- 2) Pada pengujian *packet drop rate* dengan 20 node adalah 0,8284%, sedangkan dengan menggunakan 30 node adalah 0,7888%.
- 3) Sementara pada hasil pengujian *throughput* dengan 20 node adalah 272,59 kbps, sedangkan dengan 30 node adalah 347,92 kbps.
- 4) Pengujian *packet delivery ratio* untuk 20 node adalah 2980, sedangkan untuk 30 node adalah 4868. Selisih hasil pengujian keduanya sebesar 38%.
- 5) Semakin bertambahnya node pada *routing* di VANET, maka semakin besarnya trafik yang terjadi, maka bertambahnya waktu yang diperlukan untuk mengupdate tabel *routing* dan proses pencarian rute terbaik yang akan dipilih.
- 6) Semakin besarnya nilai *throughput* yang didapat menunjukkan semakin baiknya performansi suatu jaringan.
- 7) Jumlah paket sukses yang diterima suatu node tujuan dipengaruhi seberapa besar nilai PDRR yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Celes, F. A. Silva, A. Boukerche, R. M. D. C. Andrade, and A. A. F. Loureiro, "Improving VANET Simulation with Calibrated Vehicular Mobility Traces," in *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2017, vol. 16, no. 12, pp. 3376–3389, doi: 10.1109/TMC.2017.2690636.
- [2] A. K. Basil, M. Ismail, M. A. Altahrawi, H. Mahdi, and N. Ramli, "Performance of AODV and OLSR Routing Protocols in VANET under Various Traffic Scenarios," in *2017 IEEE 13th Malaysia International Conference on Communications, MICC 2017*, 2018, vol. 2017-Novem, no. Micc, pp. 107–112, doi: 10.1109/MICC.2017.8311742.
- [3] P. F. Zhao, K. Liu, Y. Zhang, T. Zhang, and F. Liu, "A Clustering-Based Fast and Stable Routing Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1060, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1060/1/012050.
- [4] M. Yusuf and R. Anggoro, "Analisis Perbandingan Wireless Network Standard 802.11a dan 802.11p Berdasarkan Protokol Dynamic Source Routing di Lingkungan Vehicular Ad hoc Networks," *Regist. J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 75–82, 2017, doi: 10.26594/register.v3i2.1040.
- [5] M. Dimiyati, R. Anggoro, and W. Wibisono, "Pemilihan Node Rebroadcast Untuk Meningkatkan Kinerja Protokol Multicast AODV (MAODV) Pada VANETs," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 14, no. 2, p. 198, 2016, doi: 10.12962/j24068535.v14i2.a572.
- [6] R. Ratnasih, R. M. N. Ajinegoro, and D. Perdana, "Analisis Kinerja Protokol Routing AOMDV pada VANET dengan Serangan Rushing," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 2, p. 232, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i2.232.

-
- [7] S. Smiri, A. Boushaba, R. Ben Abbou, and A. Zahi, "Performance Analysis of *Routing* Protocols with Roadside Unit Infrastructure in a Vehicular Ad hoc Network," *Int. J. Comput. Networks Commun.*, vol. 12, no. 4, pp. 19–39, 2020, doi: 10.5121/ijcnc.2020.12402.
 - [8] Ahmad Ridwan, R. Ferdian, and Rahmadi Kurnia, "Optimization of the LEACH Protocol to Increase Stability on the Wireless Sensor Network," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 1, pp. 192–200, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i1.1514.
 - [9] R. N. Aziza, P. C. Siswipraptini, and R. Cahyaningtyas, "Protokol *Routing* Pada VANET: Taksonomi Dan Analisis Perbandingan Antara DSR, AODV, dan TORA," *J. Ilm. FIFO*, vol. 9, no. 2, p. 98, 2017, doi: 10.22441/fifo.2017.v9i2.002.
 - [10] R. Anisia, R. Munadi, and R. M. Negara, "Analisis Performansi *Routing* Protocol OLSR Dan AOMDV Pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, p. 87, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n1.204.2016.
 - [11] M. Sayuti and N. Adriman, Ramzi, "Analisis Performansi Protokol *Routing* Vehicular Network Menggunakan Algoritma Ant Colony Jamak," *JUSTIN (Jurnal Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 09, no. 2, pp. 282–288, 2021, doi: 10.26418/justin.v9i2.44273.
 - [12] J. J. Ferronato and M. A. S. Trentin, "Analysis of *Routing* Protocols OLSR, AODV and ZRP in Real Urban Vehicular Scenario with Density Variation," in *IEEE Latin America Transactions*, 2017, vol. 15, no. 9, pp. 1727–1734, doi: 10.1109/TLA.2017.8015079.
 - [13] R. Hadiwiriyanto, P. H. Trisnawan, and K. Amron, "Implementasi Protokol Geographic Source *Routing* (GSR) Pada Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) untuk Komunikasi Kendaraan Dengan Road Side Unit (RSU)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 12, pp. 7007–7016, 2018.
 - [14] Z. Ding, P. Ren, and Q. Du, "Mobility Based *Routing* Protocol with MAC Collision Improvement in Vehicular Ad Hoc Networks," in *2018 IEEE International Conference on Communications Workshops, ICC Workshops 2018 - Proceedings*, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICCW.2018.8403517.

Biodata Penulis



Ahmad Ridwan, menerima gelar A.Md di Diploma Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, Indonesia pada tahun 2013, lalu mendapatkan gelar B.Eng di Departemen Teknik Elektro dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), Surabaya, Indonesia pada tahun 2015, kemudian menyelesaikan M.Eng di Departemen Teknik Elektro dari Universitas Andalas (UNAND), Padang, Indonesia, pada tahun 2021. Saat ini aktif sebagai dosen dan peneliti di Departemen Teknik Elektro, Universitas Medan Area (UMA), Kota Medan. Minat penelitian terutama di *Wireless Sensor Network* (WSN), *Smart City*, *Intelligent Control* dan *Embedded System*.