

SIMULASI DAN ANALISI PERFORMANSI PROTOKOL *ROUTING* A-STAR PADA *VEHICULAR AD HOC NETWORK* (VANET)

SIMULATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A-STAR ROUTING PROTOCOL IN *VEHICULAR AD HOC NETWORK* (VANET)

Satrio Budiarto¹, Ir. Agus Virgono, M.T.², Randy Efra Saputra S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

Bandung, Indonesia

¹budiartjosatrio@gmail.com, ²avirgono@telkomuniversity.ac.id, ³resaputra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada jalan perkotaan sudah sering dijumpai kemacetan pada lalu lintas, salah satunya disebabkan oleh volume kendaraan yang semakin meningkat. Maka dari itu kendaraan memerlukan informasi pada lingkungan lalu lintas sekitar untuk kenyamanan dan keamanan berkendara. Untuk mendapatkan informasi secara cepat maka diperlukan teknologi komunikasi antar kendaraan. VANET adalah teknologi komunikasi data untuk kendaraan yang bergerak secara dinamis dan mengirimkan informasi menggunakan *wireless* berbasis *Ad hoc*. Tujuan utama VANET adalah untuk membantu kendaraan untuk saling berkomunikasi pada suatu lingkungan tertentu.

Pada tugas akhir ini, menganalisis performansi *average end to end delay* protokol *routing* A-STAR pada komunikasi VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*). Simulasi menggunakan *Network Simulator* NS-2 dan *mobility generator* yaitu *Simulation of Urban Mobility* (SUMO). Simulasi berdasarkan pada skenario perubahan jumlah *node* dan kecepatan *node* pada Jalan Dipatiukur Bandung dan sekitarnya. Adapun metrik performansi yang digunakan yaitu *average end to end delay* untuk mengetahui nilai pada pengiriman paket data. Dari mengetahui hasil pengujian disesuaikan dengan karakteristik dari protokol *routing* A-STAR pada jalan Dipatiukur Bandung dan sekitarnya.

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa *average end to end delay* terhadap perubahan jumlah kendaraan memiliki penurunan *delay* dari 896.3054 ms - 84.45774 ms pada kecepatan 5 m/s dan 886.441 ms - 86.2262 pada kecepatan 10 m/s. Hal ini juga terjadi pada *average end to end delay* pada perubahan kecepatan kendaraan. Pada kecepatan dengan jumlah *node* 330 memiliki kenaikan *average end to end delay* pada kecepatan 15 m/s – 20 m/s dengan nilai 314.9164 ms - 315.7208 ms, begitu pula pada jumlah *node* 830 pada kecepatan 15 – 20 m/s dengan nilai 150.3886 ms - 151.2584 ms. Namun pada jumlah *node* 1330 tidak terjadi kenaikan yg begitu signifikan, dikarenakan adanya pemusatan kendaraan pada perempatan.

Kata kunci : VANET, A-STAR, SUMO, NS-2, *Average end to end delay*

Abstract

On the highway is often found congestion on traffic, one of which is caused by the increasing volume of vehicles. Therefore the vehicle requires information on the surrounding traffic environment for comfort and safety driving. For faster information then required communication technology between vehicles. VANET is a data communications technology for dynamically moving vehicles and the use of ad hoc wireless based information. VANET's main goal is to help vehicles communicate with each other in a particular environment.

In this final project, analyze the average end to end delay of A-STAR routing protocol in VANET (Vehicular Ad Hoc Network) communication. Simulation using Network Simulator NS-2 and mobility generator is Simulation of Urban Mobility (SUMO). The simulation is based on scenario change of node number and node velocity on Jalan Dipatiukur Bandung and its surroundings. The performance metrics used are the average end to end delay to determine the value of the data packet delivery. From knowing the test results are adjusted to the characteristics of the A-STAR routing protocol on the road Dipatiukur Bandung and surrounding areas.

The results of the simulation show that the average end to end delay on the change in the number of vehicles has decreased the delay from 896.3054 ms - 84.45774 ms at the speed of 5 m / s and 886,441 ms - 86.2262 at the speed of 10 m / s. This also occurs in the average end to end delay at changes in vehicle speed. At speeds the number of

nodes 330 has an average increase of end-to-end delay at speeds of 15 m/s - 20 m/s with 314,9164 ms - 315,7208 ms, as well as the number of nodes 830 at 15 - 20 m/s with 150.3886 ms - 151.2584 ms. But in the number of nodes 1330 did not happen so significant increase, due to the concentration of vehicles at the intersection.

Keyword: VANET, A-STAR, SUMO, NS-2, Average end to end delay

1. Pendahuluan

VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*) merupakan bagian dari MANET (*Mobile Ad Hoc Network*). VANET adalah teknologi komunikasi data untuk kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tinggi dengan menggunakan *wireless* berbasis Ad hoc. Tujuan utama VANET adalah untuk membantu kendaraan untuk saling berkomunikasi pada suatu lingkungan tertentu. Dalam VANET suatu *node* memiliki karakteristik mobilitas yang sangat tinggi dan terbatas pada pola pergerakannya. Hal tersebut membuat topologi jaringan VANET lebih dinamis dibandingkan dengan MANET. [1]

Mobilitas *node* yang sangat tinggi pada VANET berpengaruh besar terhadap perubahan topologi jaringan setiap waktu. Selain menyebabkan perubahan topologi, hal tersebut juga dapat menyebabkan rute terputus karena *node* keluar dari jangkauan sinyal transmisi. [2] Dengan adanya mobilitas *node*, kegagalan *node*, dan karakteristik mobilitas *node* yang dinamis, *link* pada sebuah rute dapat menjadi tidak tersedia. Rute yang rusak memaksa *node* sumber mencari ulang rute untuk mentransmisikan data ke *node* tujuan. Hal ini dapat menyebabkan *delay* dan banyak paket yang hilang. [3]

Di dalam VANET terdapat protokol routing yang berfungsi untuk menentukan rute sesuai dengan karakteristiknya. Protokol routing sangat berpengaruh terhadap performansi jaringan serta digunakan untuk menghadapi permasalahan terkait topologi jaringan yang dinamis. Geographic (*Position-based*) Routing merupakan salah satu kategori protokol routing pada VANET, dimana pada Geographic (*Position-based*) Routing ini keputusan forwarding dilakukan oleh *node* yang dibuat berdasarkan pada posisi tujuan paket dan posisi tetangga *node* tersebut. Posisi tujuan paket disimpan dalam *header* oleh sumber (*source*). Posisi tetangga pada *node* diperoleh sebagai acuan beacon secara berkala dengan menggunakan jitter untuk mencegah tabrakan saat pengiriman data. [4] Geografis routing mengasumsikan setiap *node* akan mengetahui lokasinya, dan pada *node* pengirim akan mengetahui lokasi *node* penerima.

Adapun Protokol routing yang berdasarkan Geographic (*Position-based*) Routing salah satu diantaranya adalah A-STAR (*Anchor-Based Street and Traffic Aware Routing*). Protokol A-STAR merupakan salah satu protokol yang menggunakan transmisi *multicast* untuk melakukan pengiriman data dari *node* sumber menuju *node* tujuan. A-STAR didisain secara spesifik untuk IVCS (*Inter Vehicle Communication System*) dalam perkotaan. Uniknya pada A-STAR adalah menggunakan informasi pada rute *bus* untuk mengidentifikasi jalur dengan konektivitas yang tinggi untuk pengiriman paket data pada lalu lintas kendaraan secara *end to end connection*. Dengan strategi perbaikan rute yang terputus pada table routing digunakan paket *local maximum* untuk ke efektifan pengiriman paket data. [5]

Average end to end delay merupakan rata-rata yang dibutuhkan oleh sebuah data untuk menempuh jarak dari titik sumber ke titik tujuan termasuk waktu proses dan waktu antrian data. *Average end to end delay* diperlukan untuk mengetahui seberapa cepat pengiriman data dari *node* sumber ke *node* tujuan karena topologi pada VANET yang selalu berubah-ubah.

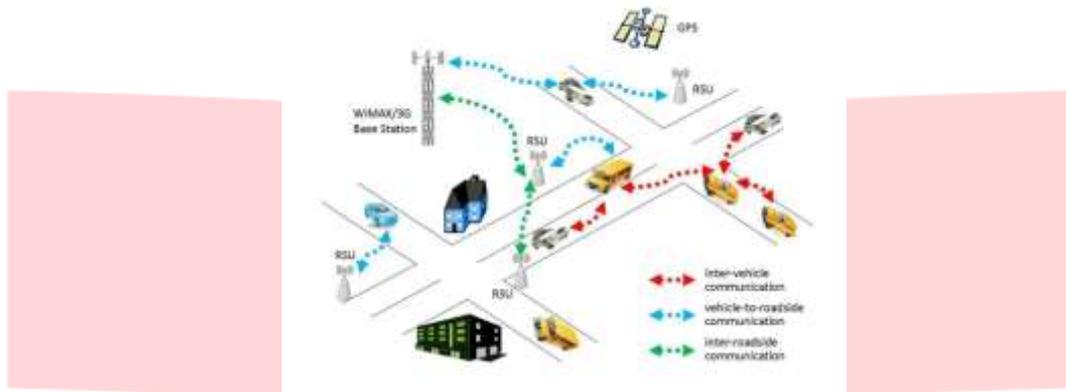
1. Dasar Teori

1.1. Vehicular Ad-hoc Network (VANET)

VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*) merupakan bagian dari MANET (*Mobile Ad Hoc Network*). VANET adalah teknologi komunikasi data untuk kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tinggi dengan menggunakan *wireless* berbasis Ad hoc. Tujuan utama VANET adalah untuk membantu kendaraan untuk saling berkomunikasi pada suatu lingkungan tertentu. Dalam VANET suatu *node* memiliki karakteristik mobilitas yang sangat tinggi dan terbatas pada pola pergerakannya. Hal tersebut membuat topologi jaringan VANET lebih dinamis dibandingkan dengan MANET. [1] Protokol routing pada VANET memiliki dua model yaitu protokol routing reaktif yang membentuk table routing hanya saat dibutuhkan dan protokol routing proaktif yang melakukan pemeliharaan table routing secara berkala pada waktu. [6]

Pergerakan *node* pada VANET berubah-ubah setiap saat, sehingga setiap *node* akan terus memperbaharui table routing sesuai dengan *node* lain. Perubahan *node* pada VANET menjadi

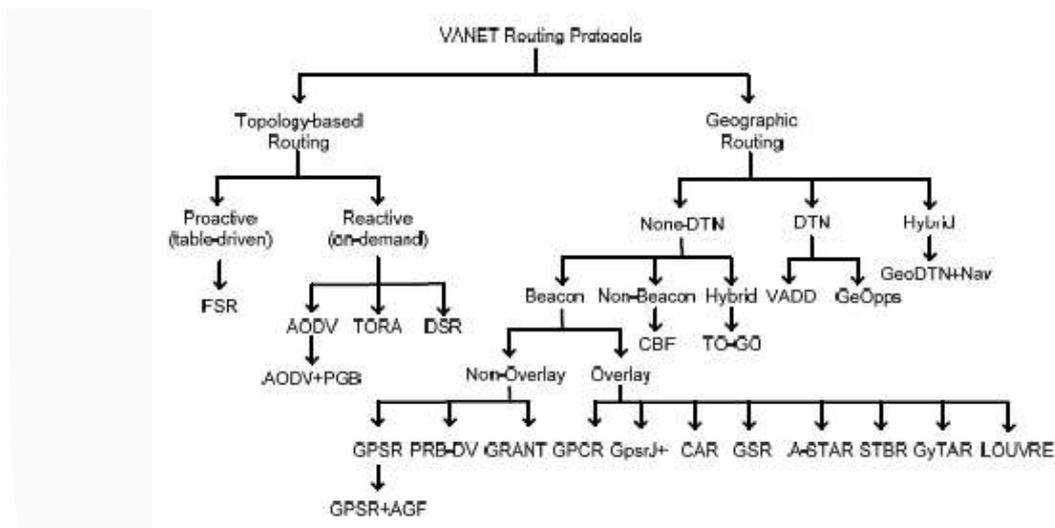
permasalahan dalam pengiriman paket sehingga dibutuhkan informasi jarak antar *node*, kecepatan dan *delay* transmisi



Gambar 2. 1 Contoh Vehicular Ad-Hoc Networ (VANET)

1.2. Protokol Routing VANET

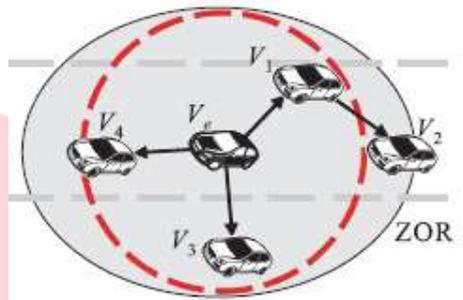
Protokol *routing* mengatur komunikasi saling bertukar informasi, mecakup prosedur dalam menetapkan rute, keputusan, dan tindakan dalam mempertahankan rute atau pemulihan dari kegagalan dalam pembentukan rute. Beberapa protocol *routing* telah diperkenalkan dalam MANET namun telah digunakan dalam VANET. [7]



Gambar 2.1 Flowchart perancangan dan simulasi

1.3. Geographic Routing Protocol

Geographic (Position-based) Routing merupakan salah satu kategori protokol *routing* pada VANET, dimana pada *Geographic (Position-based) Routing* ini keputusan *forwarding* dilakukan oleh *node* yang dibuat berdasarkan pada posisi tujuan paket dan posisi tetangga *node* tersebut. Posisi tujuan paket disimpan dalam *header* oleh sumber (*source*). Posisi tetangga satu langkah pada *node* diperoleh acuan *beacon* secara berkala dengan menggunakan *jitter* untuk mencegah tabrakan saat pengiriman data. Geografis *routing* yang mengasumsikan setiap *node* akan mengetahui lokasinya, dan pada *node* pengirim akan mengetahui lokasi *node* penerima. [8]



Gambar 2. 2 Skenario *geographic routing* protokol

1.4. *Non-DTN-Overlay*

Prinsip dasar dalam pendekatan *greedy* adalah suatu *node* meneruskan paket ke tetangga yang terdekat. Strategi *forwarding* dapat gagal jika tidak ada tetangga yang mendekati tujuan dari *node* itu sendiri. Protokol *routing* dalam *Non-DTN-Overlay* memiliki strategi pemulihan tabel *routing* untuk mengatasi kegagalan tersebut. [7]

1.4.1. *Overlay*

Overlay Routing memiliki karakteristik bahwa protocol *routing* beroperasi pada satu *node* representative jaringan. Pada lingkungan perkotaan, tidak sulit untuk mengamati bahwa keputusan dibuat pada persimpangan karena perkotaan adalah tempat dimana adanya persimpangan ke ruas jalan yang berbeda. Oleh karena itu *Overlay Routing* ada hubungannya dengan *node* pada persimpangan. [7]

1.4.2. *Anchor-Based Street and Traffic Aware Routing (A-STAR)*

A-STAR merupakan protokol *Non-DTN-Overlay* pada VANET yang melakukan pemeliharaan tabel *routing* secara berkala pada waktu tertentu. Protokol A-STAR mempertimbangkan jalur lalu lintas terpendek untuk mengirimkan data. Rute A-STAR didasarkan pada dua jenis yaitu, *reted statical map* dan *reted dynamically map*. Pada *reted statically map* akan menampilkan rute *bus* yang biasanya menyiratkan jumlah lalu lintas yang stabil dan dapat terhubung dalam *map* secara keseluruhan. Sedangkan pada *reted dynamically map* dimana peta yang dihasilkan berdasarkan kondisi lalu lintas secara *real-time*. Berdasarkan posisi *routing protocol* A-STAR diusulkan untuk komunikasi kendaraan pada metropolis. Dalam perbandingan kami studi simulasi dengan *position-base routing schemes*, A-STAR menunjukkan peningkatan yang sangat baik dalam pengiriman paket dengan *end to end delay*. [5]

1.5. *Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

Simulation of Urban Mobility adalah sebuah aplikasi simulator yang digunakan untuk membuat simulasi pergerakan kendaraan pada satu jalur tertentu. SUMO adalah suatu program yang bersifat *free, open-source*, berukuran kecil, dan simulasi *traffic multi-hop*. SUMO dikembangkan pada tahun 2000 yang bertujuan untuk mengakomodasi penelitian-penelitian yang melibatkan pergerakan kendaraan di jalan raya, terutama daerah-daerah yang padat penduduknya. (SUMO Developer 2011). [9]

Pada protokol *routing* A-STAR mengacu pada *anchor-based routing* dengan menerapkan *street awareness* untuk menghitung persimpangan melalui sebuah paket yang harus dilalui untuk mencapai tujuan. Konertifitas pada jalan lebih tinggi karena kepadatan *node* yang tinggi dan lebih stabil karena kendaraan pada perkotaan bergerak secara teratur sesuai dengan kondisi jalur pada jalan. Untuk perhitungan pencarian jalur terpendek komunikasi pada protokol *routing* A-STAR menggunakan algoritma Dijkstra. [5]

1.6. *Network Simulator*

Network Simulator 2 (NS-2) merupakan perangkat simulasi yang berjalan pada sistem operasi sejenis Unix. NS-2 merupakan suatu simulator yang biasanya digunakan untuk kepentingan riset pada bidang jaringan dan menyediakan dukungan substansial untuk simulasi *routing*, protokol-protokol *multicast*, protokol IP, dan lain sebagainya. NS-2 ini memiliki berbagai kelebihan yang membuatnya menjadi satu perangkat simulasi yang berguna. Kelebihan NS-2 diantaranya menjadi dukungan terhadap

multiple protokol dan kemampuan untuk mempresentasikan data-data jaringan dalam bentuk grafik. Selain itu NS-2 juga mendukung berbagai algoritma *routing* dan algoritma antrian. NS-2 dapat dijalankan pada berbagai platform seperti *FreeBSD*, Linux, SunOS dan Solaris. NS-2 juga dapat berjalan pada system operasi Windows dengan menggunakan *Cygwin*. Untuk skenario kompleks dan skala besar sangat disarankan untuk menggunakan mesin dengan memori system besar dan kecepatan CPU yang tinggi. [10]

1.7. Average end to end delay

Average End to End Delay merupakan rata-rata yang dibutuhkan oleh sebuah data untuk menempuh jarak dari titik sumber ke titik tujuan termasuk waktu proses dan waktu antri. Dalam proses pengiriman data, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi data sehingga mengakibatkan *delay* seperti jarak antar kedua titik, media yang dilalui oleh data, kongesti, dan waktu proses data. Adapun rumus untuk menghitung *Average End to End Delay* adalah sebagai berikut: [9]

$$\text{Average_Delay} = \frac{\sum_1^n \text{waktu_diterima} - \text{waktu_dikirim}}{n}$$

2. Pembahasan

2.1. Pemodelan Sistem

Untuk mengetahui kinerja protokol A-STAR maka diperlukan uji coba. Dalam penelitian ini skenario mobilitas *node* menggunakan simulator SUMO untuk membangun sebuah peta sesuai dengan studikusus yang diambil, studi kasus yang diambil adalah jalan Dipatiukur Bandung. Peta yang diambil melalui *openstreetmap.org* berukuran 2339m x 4450m. Model pergerakan kendaraan berdasarkan peta yang digunakan yaitu sesuai 0-10 m/s (36 km/jam) dan kepadatan kendaraan dilakukan beberapa kondisi.

Traffic tipe arus data yang digunakan adalah CBR (*Constant Bit Rate*) dan *node* yang saling berkomunikasi melalui protokol UDP. Simulasi dilakukan pada lingkungan perkotaan dengan skenario jumlah *node* mulai dari *node* yang lengang samapai *node* yang padat. Parameter simulasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Parameter Mobilitas

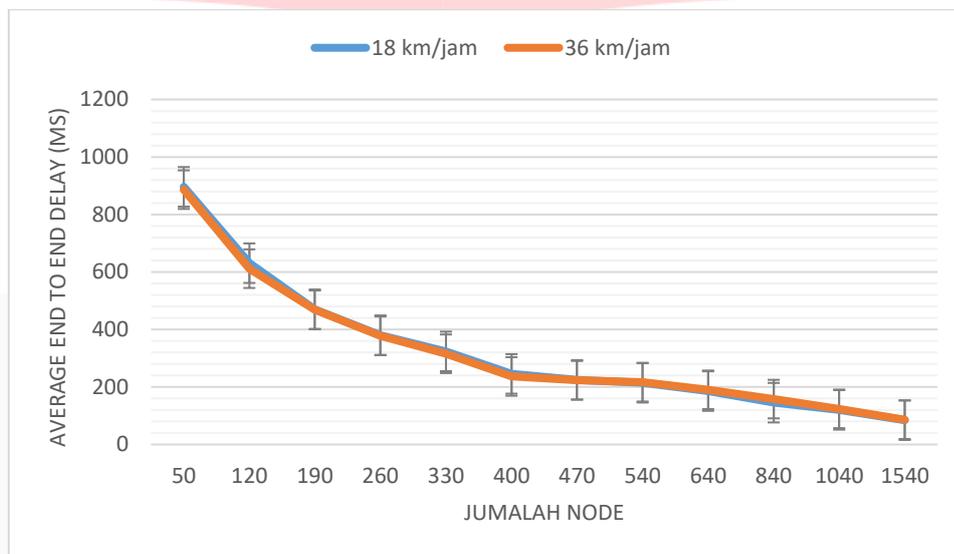
No	Parameter	Spesifikasi
1.	Waktu Simulasi	300 s / 5 menit
2.	Area Simulasi	1000m x 1500m
3.	Jumlah Kendaraan Kecepatan 5 m/s Kecepatan 10 m/s	50 <i>node</i> 120 <i>node</i> 190 <i>node</i> 260 <i>node</i> 330 <i>node</i> 400 <i>node</i> 470 <i>node</i> 540 <i>node</i> 640 <i>node</i> 840 <i>node</i> 1040 <i>node</i> 1540 <i>node</i>
4.	Kecepatan 330 <i>node</i> 840 <i>node</i> 1330 <i>node</i>	5 m/s 10 m/s 15 m/s 20 m/s
5.	Model Mobilitas	Perkotaan
6.	<i>Traffic</i> Model	CBR

7.	Ukuran Paket Data	64 bytes
8.	MAC protokol	IEEE 802.11 DCF

2.2. Pengujian

2.2.1. Performasni Protokol Routing A-STAR Berdasarkan Jumlah Node

Analisi performansi protokol *routing* A-STAR terhadap perubahan jumlah *node* berdasarkan parameter *Average End to End Delay*. *Average End to End Delay* merupakan rata-rata dari lama waktu pengiriman, proses dan antrian dari suatu paket pada setiap *node* pada jaringan. Faktor yang mempengaruhi *average end to end delay* adalah lamanya waktu untuk menemukan rute yang berguna mengirim pesan dari *node* sumber ke *node* tujuan. Ketika *node* yang sedang menerima pesan, *node* tersebut akan menganalisa *header* untuk mengetahui tujuan paket yang dikirim dan mengecek kemana paket harus diteruskan.

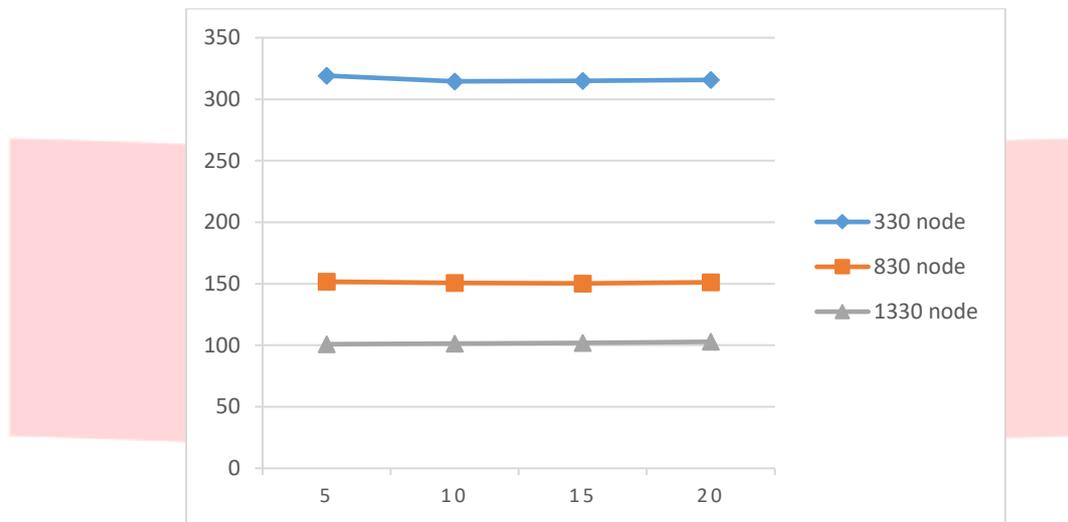


3.2.1 Grafik pasli pengujian *Average End to End Delay* terhadap jumlah *node*

Berdasarkan data yang diperoleh dari kedua hasil pengujian *Average End to End Delay* berdasarkan jumlah *node* 18 km/jam dan 36 km/jam, dapat dilihat bahwa semakin banyak *node* terjadi penurunan nilai *Average End to End Delay*. Dikarenakan pada luas area peta 1000m x 1500m semakin banyak *node* maka semakin bagus dalam pengiriman packet data. Karena pada protokol *routing* A-STAR untuk pengiriman paket data memiliki radius pengiriman paket yaitu 200m. Hal ini berguna untuk menjaga kualitas dari pengiriman paket tersebut (*traffic aware*). Jadi pada pengukuran luas area 1000m x 1500m maka diperlukan *node* yang banyak.

Jika *node* sedikit terjadi rentang antar *node* maka kualitas pengiriman paket akan berkurang. Hal ini disebabkan adanya *drop packet* dalam proses packet *header*, maka protokol *routing* A-STAR akan melakukan *local recovery* yaitu mengulangi pencarian jalur dari *node* sumber ke *node* tujuan. Jika *node* tetangga keluar dari area pengiriman paket maka *node* tetangga sebelumnya akan mengembalikan packet kepada *node* sumber. Dalam pengujian ini sesuai dengan karakteristik dari protokol *routing* A-STAR, yaitu cocok dalam keadaan padat dan untuk daerah perkotaan. Protokol *routing* A-STAR berfungsi untuk memberikan informasi dalam perkotaan dan memberikan informasi alternatif jalan ketika terjadinya kepadatan pada suatu antrian lampu lalu lintas.

2.2.2. Performasni Protokol Routing A-STAR Berdasarkan Kecepatan *Node*



Gambar 3.2.4 Grafik Pengujian *Average End to End Delay* Berdasarkan Kecepatan

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian kecepatan dengan luas area simulasi 1000m x 1500m pada daerah Dipatiukur terjadi kenaikan *Average End to End Delay* pada kecepatan 10 m/s sampai 20 m/s. Hal ini disebabkan semakin cepat *node* akan semakin dinamis pergerakan *node*. Dengan *node* yang dinamis pengiriman paket antara satu *node* dengan *node* yang lainnya memiliki jarak, dan kemungkinan untuk terjadinya perubahan rute akan semakin besar. Dengan semakin meningkatnya kecepatann *node* pengiriman data melalui *case route* yang disimpan pada *header* paket yang dikirim akan terhambat karena adanya rentang jarak antara *node* satu dengan *node* lainnya. *Case route* ayang menyimpan jalur yang dilalui akan berubah dalam proses pengiriman *request*, yang memungkinkan akan trjadinya *delay* pada pengiriman *request* atau terjadi *delay* yang besar. Pada pengujian kecepatan 5 m/s memiliki nilai *Average End to End Delay* yang tinggi, hal ini di sebabkan penyebaran *node* pada area simulasi 1000m x 1500m sehingga pengiriman data dari *source* ke *destination* memiliki rentang jarak yang besar.

Berdasarkan percobaan kecepatan berdasarkan jumlah 830 *node* terjadi penurunan nilai *average end to end delay* pada kecepatan 5 – 15 m/s, hal ini disebabkan penyebaran *node* yang merata. Pada kecepatan 10 – 15 m/s sudah mulai ada pemusatan *node* pada perempatan, sehingga pengiriman paket data jarak anta *node* tidak terlampau jauh. Sedangkan pada kecepatan 20 m/s sesuai denan karakteristik protokol *routing* A-STAR semakin cepat kendaraan maka akan terjadi *delay* yang besar, hal ini dikarenakan pengiriman paket RREQ akan terhambat karena pergerakan *node* yang sangat dinamis dan rentang antar *node* akan semakin tinggi.

Berdasarkan pengujian pada jumlah *node* 1330 pada kecepatan 5 – 10 m/s nilai *average end to end delay* tetap hal ini disebabkan karena kecepatan 5 – 10 m/s *node* masih terjadi penyebaran yang merata pada *map* sehingga pada pengiriman paket jarak antar *node* masih ada rentang. Berbeda dengan kecepatan 15 – 20 m/s, nilai *average end to end delay* semakin membaik atau memiliki nili yang rendah. Hal ini disebabkan karena pergerakan *node* terpusat pada lampu merah. Semakin tinggi kecepatan dan kepadatan *node* maka akan besar kemungkinan terjadi pemusatan pengiriman paket data pada suatu perempatan. Begitu pula dengan kecepatan 20 m/s meskipun terjadi kenaikan nilai *average end to end delay* namun nilai yang didapat tidak terlalu jauh dengan nilai *average end to end delay* pada kecpatan 15 m/s.

Dari data ketiga percobaan diuji dengan kecepatan 20 m/s agar dapat mengetahui bahwa jika dengan kecepatan 20 m/s protokol *routing* A-STAR tidak cocok dikarenakan karakteristik protokol *routing* A-STAR jika kecepatannya tinggi maka pada proses pengiriman paket data akan terjadi *delay* yang besar. Hal ini disebabkan adanya jarak setiap *node* sehingga adanya gangguan pada pencarian rute. Seiring meingkatnya kecepatan *node* terjadi kenaikan nilai *average end to end delay* pada protokol *routing* A-STAR, hal ini disebabkan terjadinya kerusakan rute yang diakibatkan perubahan topologi jaringan dan adanya jarak antar *node* yang tinggi. Dengan terjadinya kerusakan pada rute mengakibatkan proses pengiriman paket RREQ pada *node* tujuan akan terhambat dan *node* sumber akan melakukan *local recovery* yang menyebabkan *delay* yang tinggi.

Berbeda jika jumlah *node* yang padat akan terjadi pemusatan pada suatu perempatan. Maka pada proses pengiriman paket RREQ dari *node* sumber ke *node* tujuan akan berjalan dengan baik, karena jarak pada *node* tidak memiliki rentang yang jauh. Berdasarkan hal tersebut pembentukan topologi jaringan akan berjalan dengan baik.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari Hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada simulasi, dapat diambil kesimpulan yaitu, pada protokol *routing* A-STAR jumlah *node* menentukan besar kecil nilai *average end to end delay* dari rentang nilai rata-rata 896.3054 ms - 84.45774 ms pada kecepatan 5 m/s. Maka semakin padat suatu area maka akan semakin kecil nilai *average end to end delay*.
2. Jika pada satu area kecepatan *node* tinggi akan semakin tinggi nilai *average end to end delay*, dapat dilihat dari percobaan dengan kecepatan 15 m/s – 20 m/s dengan jumlah *node* 330 memiliki nilai rata-rata 314.9164 ms - 315.7208 ms dan pada *node* 830 dengan nilai rata-rata 150.3886 ms - 151.2584 ms . Hal ini dikarenakan pergerakan *node* akan semakin dinamis, sehingga kemungkinan besar akan sering terjadi kerusakan rute yang diakibatkan terjadinya perubahan topologi jaringan dan akan melakukan pencarian rute baru.
3. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa protokol *routing* A-STAR dapat diterapkan pada area perkotaan dengan studi kasus pada daerah Jalan Dipatiukur Bandung dan sekitarnya dengan mengambil luas area 1500 m x 1000 m, yang memiliki karakteristik jumlah *node* yang padat dengan kecepatan yang rendah.

4.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut penulis memberikan beberapa saran, antara lain :

1. Melakuakn peneitian penambahan ABE (*Available Bandwidth Estimation*) untuk mengimplementasikan multimedia service pada protokol *routing* A-STAR.
2. Dibutuhkan lebih banyak sekenario, dan protokol *routing* pembanding agar mengetahui kekurangan dari prtokol *routing* A-STAR

Daftar Pustaka

- [1] J. F. & F. B. C. Harri, *Mobility Models for Vehicular Ad Hoc Network: A Survey and Taxonomy*, Sophia Antipolis: Eurecom., 2006.
- [2] W. L. S.-J. & G. M. Su, *Mobility Prediction and Routing in Ad Hoc Wireless Networks*, *International Journal of Network Management*, 2000.
- [3] R. R. U. R. & G. N. Balakrishna, "Performance issues on AODV and AOMDV for MANETS," *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, pp. 38-43, 2010.
- [4] K. Lee, U. Lee and M. Gerla, "Topology-assist geo-opportunistic routing in urban vehicular grids," *Sixth International Conference*, pp. 11-18, 2009.
- [5] B.-C. L. G. L. B.-S. F. C. H. W. K. J. L. K.-K. Seet, *A-STAR: A Mobile Ad Hoc Routing Strategy for Metropolis Vehicular Communications*, 2004, pp. 989-999.
- [6] S. & M. J. Corson, "Mobile Ad-hoc Network (MANET) : Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," *Request for Comments (International) RFC 2503*, 1999.
- [7] M. A. Igartua, *Contribution to design a communication*, Barcelona, 2013.
- [8] R. a. W. R. Flury, "MLS: an efficient location service for mobile ad hoc networks," *Proceedings of the 7th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing*, p. 226–237, 2006.
- [9] U. L. & M. G. Kevin C. Lee, "Survey of Routing Protocols in Vehicular Ad Hoc Networks," *Routing Book Chapter KLUL Mario*, p. 10, 2002.
- [10] D. James Bernsen, *Unicast Routing Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks: A Critical Comparison and Classification*, USA: Departement of Computer Science, University of Kentucky, Lexington, 2008.
- [11] E. Mahargyanti, *Simulasi dan Analisis Karakteristik Fast Synchronization pada Car To Car Communication Menggunakan Teknologi Wi-Fi Direct.3.*, 2014.
- [12] The Network Simulator, [online] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, 23 April 2017.

- [13] M. I. A. I. A. D. A. A.-R. T. RAHEM, "A COMPARATIVE AND ANALYSIS STUDY OF VANET ROUTING PROTOCOLS," vol. vol. 66 , p. No. 3, 31 Agustus 2014.
 - [14] A. J. S. B. A. Deepak Bindlish, "Analysis of Position Based Routing Protocols in VANET using NS2 Simulator," *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol. Volume 5, p. No. 6, July-August 2014.
 - [15] N. K. S. B. J. J. R. Amt Dua, "An Intelligent Context-aware Congestion Resolution," *Springer Science+Business Media New York*, 18 March 2015.
 - [16] *Undang-Undang Nomor 22 (Lalu Lintas dan Angkutan Jalan)*, Tahun 2009.
 - [17] A. Robins, *Effective AWK Programming*, Boston: Free Software Foundation, 2015.
- 