SIMULASI DAN ANALISIS PERFORMANSI PROTOKOL ROUTING GSR PADA VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)

SIMULATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF GSR ROUTING PROTOCOL IN VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)

Henti Purnamasari[1], Ir. Agus Virgono, M.T.[2], Randy Erfa Saputra, S.T., M.T.[3]

[1,2,3]Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

Bandung, Indonesia

[1]hentipoer@gmail.com, [2]avirgono@telkomuniversity.ac.id, [3]resaputra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Komunikasi antar kendaraan berperan penting dalam meningkatkan kenyamanan dan keamanan untuk pengemudi dan penumpang. Kemajuan teknologi menawarkan konsep untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan dalam berkendara yaitu *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET). VANET merupakan teknologi yang mengintegrasikan kemampuan generasi baru *wireless* pada kendaraan. Pada VANET topologi jaringan yang selalu berubah serta dalam menemukan dan mempertahankan rute merupakan tantangan di dalamnya. Untuk memfasilitasi komunikasi dalam jaringan diperlukan protokol *routing*, protokol *routing* digunakan untuk menemukan rute antar *node* untuk saling mengirim pesan. *Routing* bertanggungjawab dalam memilih dan mempertahankan rute, serta meneruskan paket sepanjang rute yang telah dipilih. Karena VANET memiliki topologi jaringan yang selalu berubah serta menemukan dan mempertahankan rute merupakan tantangan, maka *position-based routing protocols* lebih cocok diterapkan seperti GSR, A-STAR, GPSR, GPCR dan sebagainya daripada protokol *routing* lainnya. Pada Tugas Akhir ini telah dibahas mengenai protokol *routing* GSR sebagai protokol *routing* yang telah diimplementasikan pada VANET.

Geographic Source Routing (GSR) mendukung mobilitas *node* yang tinggi serta berbasis posisi geografis dan mendukung penggunaan map, dalam pencarian rute dari *node* sumber ke *node* tujuan GSR menggunakan *Reactive Location Service* (RLS). *Average end to end delay* diperlukan untuk mengetahui seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk mengirim data dari *node* sumber ke *node* tujuan karena topologi pada VANET yang selalu berubah.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah kepadatan *node* maka *average end to end delay* semakin kecil. Semakin bertambah kecepatan *node* maka *average end to end delay* semakin besar.

Kata kunci : *VANET, GSR, Average End to End Delay*.

Abstract

Communication between vehicles is an important role in improving the comfort and safety for drivers and passengers. Technological advancements offer the concept of enhancing comfort and safety in driving is Vehicular Ad Hoc Network (VANET). VANET is a technology that integrates the capabilities of a new generation network of wireless vehicle. In VANET the ever-changing network topology and in finding and maintaining a route is a challenge in it. To facilitate communication within the network routing protocols are required. Routing protocols are used to find routes between nodes to send each other message. Routing is responsible for selecting and maintaining changing network topology and finding and maintaining a route is a challenge, position-based routing protocols are more suitable to apply such as GSR, A-STAR, GPSR, GPCR and so on than any other routing protocol. In this final project has been discussed about GSR routing protocol as routing protocol which have been implemented in VANET.

Geographic Source Routing (GSR) supports high node mobility based on geographic positioning and supports the use of the map, in route search from the source node to the destination node GSR using Reactive Location Service (RLS). The average end to end delay is needed to find out how fast it takes to send data from the source node to the destination node due to the ever-changing topology of the VANET.

Based on the result test, the more value of density then the smaller value of average end to end delay, and also the more speed of node value then the more average end to end delay value.

Keyword: VANET, GSR, Average End to End Delay.

1. Pendahuluaan

Komunikasi antar kendaraan berperan penting dalam meningkatkan kenyamanan dan keamanan untuk pengemudi dan penumpang. Kemajuan teknologi menawarkan konsep untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan yaitu *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET). VANET merupakan teknologi yang mengintegrasikan kemampuan generasi baru *wireless* pada kendaraan. Pada VANET topologi jaringan yang selalu berubah serta dalam menemukan dan mempertahankan rute merupakan tantangan di dalamnya. Untuk memfasilitasi komunikasi dalam jaringan, protokol *routing* digunakan untuk menemukan rute antar *node* untuk saling mengirim pesan. *Routing* bertanggungjawab dalam memilih dan mempertahankan rute, serta meneruskan paket sepanjang rute yang telah dipilih. Karena VANET memiliki topologi jaringan yang selalu berubah serta menemukan dan mempertahankan rute merupakan tantangan, maka *position-based routing protocols* lebih cocok diterapkan seperti GSR, A-STAR, GPSR, GPCR dan sebagainya daripada protokol *routing* lainnya [1].

Geographic Source Routing (GSR) mendukung mobilitas *node* yang tinggi serta berbasis posisi geografis dan mendukung penggunaan map, dalam pencarian rute dari *node* sumber ke *node* tujuan GSR menggunakan *Reactive Location Service* (RLS). Pada RLS *node* sumber mengirimkan *position request* dengan beberapa identifikasi *node* tujuan yang dibutuhkan berupa *id* dari *node* tujuan, ketika *node* dengan identifikasi yang sama menerima *position request* tersebut, maka *node* tersebut akan mengirimkan *position reply* berupa posisi sekarang *node* tersebut [2]. Apabila RLS tidak dapat menjangkau *node* tujuan karena jarak yang jauh maka RLS akan mengasumsikan sebagai lokal maksimum [3].

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. *Average end to end delay* diperlukan untuk mengetahui seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk mengirim data dari *node* sumber ke *node* tujuan karena topologi pada VANET yang selalu berubah [4].

2. Dasar Teori

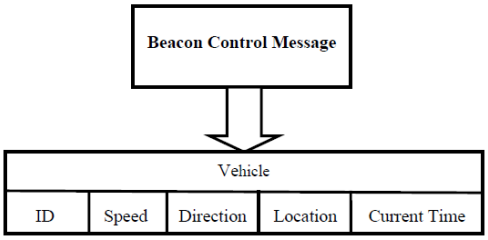
2. 1 Vehicular Ad Hoc Network (VANET)

Vehicular Ad Hoc Network (VANET) adalah teknologi yang mengintegrasikan kemampuan generasi baru *wireless* pada kendaraan.VANET membangun jaringan *Ad-hoc* antara *vehicle* dan *roadside units*. VANET bertujuan untuk menyediakan keamanan terkait manajemen informasi dan lalu lintas. Kesederhanaan dan keamanan VANET memastikan efisiensi yang lebih besar. VANET cukup potensial dalam mengirimkan peringatan mengenai bahaya lingkungan, lalu lintas dan kondisi jalan serta informasi daerah untuk kendaraan lain [5]. Karakteristik VANET [6]:

1. Topologi yang sangat dinamis
   Topologi jaringan di dalam VANET dapat berubah-ubah (dinamis) dengan cepat dikarenakan pergerakan kendaraan dalam kecepatan tinggi. Contohnya pada 2 mobil yang bergerak pada kecepatan 20 m/s dengan range transmisi 250 m, maka konektivitas di antara keduanya hanya akan bertahan selama 250/20= 12.5 detik.
2. Putusnya koneksi jaringan
   Terputusnya koneksi antara 2 mobil disebabkan akibat tingginya kecepatan kendaraan pada saat pertukaran informasi dilakukan.
3. Model mobilitas dan presiksi
   Pola mobilitas dari kendaraan bergantung dengan ruang lingkup lingkungan, seperti tingkat kemacetan, kecepatan kendaraan, akselerasi dan deakselerasi, pola mengendara dari pengemudi.
4. Daya baterai dan kapasitas *storage*
   Kendaraan saat ini difasilitasi daya baterai dan kapasitas *storage* yang tidak terbatas. Hal inilah yang mendukung VANET sebagai sarana yang efektif dalam melakukan komunikasi dan penggunaan *routing protocol*.
5. Interaksi dengan sensor *on board /* posisi
   Sensor on board digunakan untuk pengiriman posisi terkini dan pergerakan *node* yang akan membantu komunikasi yang lebih efektif dan keputusan rute.

2. 2 Position Based Routing Protocols

Posisi merupakan data penting yang harus diketahui oleh *node*. Setiap kendaraan pada VANET ingin mengetahui posisinya sendiri serta posisi dari tetangganya. *Position Based Routing Protocols* membutuhkan informasi mengenai lokasi fisik dari *node* yang berpartisipasi. Posisi ini didapat secara periodik dengan transmisi kontrol pesan atau *beacons* kepada *node* tetangga. *Node* pengirim dapat meminta posisi *node* penerima berdasarkan *location service*. *Position Based Routing Protocols* lebih cocok digunakan untuk VANET sejak node yang bergerak disepanjang jalur. Karena tabel *routing* tidak di gunakan pada protokol ini maka tidak ada overhead ketika menemukan rute.



Gambar 2.1 Bagian utama *beacon* [1]

Pada VANET, rute terdiri dari beberapa pasang kendaraan yang terhubung satu dengan yang lain dari *node* sumber ke *node* tujuan. Salah satu keuntungan menggunakan *Position Based Routing Protocols* yaitu tidak memerlukan pemeliharaan rute sehingga tepat untuk diterapkan pada topologi yang dinamis pada VANET [1].

2. 3 Non-DTN – Overlay

Prinsip dasar pada pendekatan *greedy* yaitu ketika suatu *node* meneruskan paket ke tetangga yang terdekat. Strategi *forwarding* dapat gagal jika tidak ada tetangga yang dekat dengan *node* tujuan dari *node* itu sendiri [8].

2. 4 Overlay

Overlay Routing memiliki karakteristik bahwa protokol *routing* bekerja pada satu *node representativ*e di jaringan. Pada lingkungan perkotaan, persimpangan adalah tempat dimana adanya persimpangan ke ruas jalan yang berbeda. Oleh karena itu *Overlay Routing* ada hubungannya dengan *node* pada persimpangan [8].

2.5 *Geographic Source Routing* (GSR)

Geographic Source Routing (GSR) mendukung mobilitas *node* yang tinggi serta mendukung penggunaan map, dalam pencarian rute dari *node* sumber ke *node* tujuan GSR menggunakan *Reactive Location Service* (RLS). Pada RLS *node* sumber mengirimkan *position request* dengan beberapa identifikasi *node* tujuan yang dibutuhkan berupa *id* dari *node* tujuan, ketika *node* dengan identifikasi yang sama menerima *position request* tersebut, maka *node* tersebut akan mengirimkan *position reply* berupa posisi sekarang *node* tersebut dan rute dari *node* yang dilalui, kemudian *node* sumber akan mengirim paket data ke *node* tujuan melalui rute dari *node* yang dilalui pada saat mengirim *position reply* [2]. Apabila RLS tidak dapat menjangkau *node* tujuan karena jarak yang jauh atau diluar *range area* maka RLS akan mengasumsikan sebagai lokal maksimum [3].

Lokal maksimum merupakan kondisi dimana paket tidak dapat diteruskan jika tidak ada *node* yang memiliki koneksi ke *node* tetangga yang secara geografis lebih dekat dengan *node* tujuan daripada *node* tersebut. Protokol *routing* GSR didasarkan pada posisi geografis, sehingga tidak ada jaminan bahwa *node* sumber selalu menemukan *node* tetangga yang cocok yaitu jarak *node* tetangga yang lebih dekat dengan *node* tujuan untuk meneruskan pesan. Sehingga untuk menangani kondisi lokal maksimum, protokol *routing* GSR mengambil dari tiga langkah berikut [7]:

1. *Buffer the packet*

Meneruskan paket dapat dilakukan dengan *buffer* paket data, mengecek secara periodik dan meneruskan paket jika memungkinkan.

2. Beralih pada *greedy forwarding*

Meneruskan paket secara keseluruhan menuju pada *node* tujuan.

3. Menghitung ulang jalur terpendek

Meneruskan paket dengan menghitung ulang urutan baru dari posisi sekarang menuju *node* tujuan dan menggunakan rute terbaru untuk meneruskan paket.

2.6 *Simulation of Urban Mobility* (SUMO)

Simulation of Urban Mobility (SUMO) merupakan simulator untuk mensimulasikan *traffic* dan *mobility* kendaraan dan lingkungan menyerupai keadaan *real*. SUMO termasuk simulator yang *open source* dan *release* pada tahun 2002, dimana ada dua alasan mengapa *open source* yaitu mendukung *traffic simulation* dengan *tool* gratis dengan algoritma masing-masing yang dapat diterapkan serta sumber terbuka dalam *traffic simulation*.

SUMO tidak hanya untuk *traffic simulation*, tetapi lebih dari aplikasi yang dapat membantu dalam mempersiapkan dan melakukan *traffic simulation*. Untuk merepresentasi dari jalan dan lalu lintas simulasi maka keduanya harus *imported* atau *generated* menggunakan sumber yang berbeda [10].

2.7 *Network Simulator-2* (NS-2)

Network Simulator-2 (NS-2) merupakan *simulator* yang ditargetkan untuk penelitian jaringan. NS-2 menyediakan dukungan untuk simulasi TCP, *routing* dan protokol *multicast* baik jaringan *wired* dan *wireless*. NS-2 menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk membuat *library* seperti protokol dan komponen jaringan dan *Otcl* untuk membuat kondisi simulasi yang diinginkan [11].

2.8 *OpenStreetMap* (OSM)

OpenStreetMap (OSM) adalah sebuah proyek berbasis *web* untuk membuat peta seluruh dunia secara gratis dan terbuka, dibangun sepenuhnya oleh sukarelawan dengan melakukan *survey* menggunakan GPS, mendigitasi citra satelit dan mengumpulkan serta membebaskan data geografis yang tersedia di publik [12]. *OpenStreetMap* (OSM) dapat diakses melalui www.openstreetmap.org.

2.9 *Constant Bit Rate (CBR)* dan *User Datagram Protocol (UDP)*

Constant Bit Rate mendukung aplikasi yang membutuhkan transmisi sepanjang komunikasi berlangsung. CBR ditargetkan mendukung aplikasi dengan toleransi terhadap delay yang ketat, serta menggunakan *transport agent* yaitu *User Datagram Protocol* (UDP) untuk saling berkomunikasi. UDP memiliki karakteristik yaitu *connection less*, adalah jaringan yang tidak memerlukan proses negosiasi atau langsung mengirimkan pesan tanpa tahu tujuan itu ada atau tidak, dan *unreliable* adalah tidak adanya proses pemberitahuan ketika pengiriman data gagal. Berdasarkan kedua karakteristik tersebut memberikan kecepatan yang tinggi karena tidak melakukan proses negosiasi serta pemberitahuan pengiriman data gagal [13].

2.10 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[4].

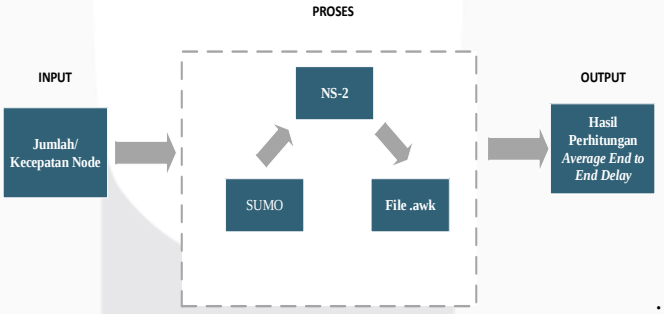
Adapun rumus untuk menghitung *Average End to End Delay* adalah sebagai berikut:

$$Average_{Delay} = \frac{\sum_1^n waktu_{diterima} - waktu_{dikirim}}{n}$$

Keterangan :
$\sum$ = Jumlah

n = *node* ke-1,2,3,...,n

3.1 Deskripsi Umum Sistem



Gambar 3.2 Diagram blok simulasi

Performansi *average end to end delay* pada protokol *routing Geographic Source Routing* (GSR) akan dianalisa melalui simulasi yang dilakukan yaitu pengambilan peta melalui www.openstreetmap.org, kemudian menggunakan SUMO untuk menghasilkan *traffic* dan *mobility node* dan menggunakan NS-2 untuk menjalankan fungsi *routing*. Performansi protokol akan dianalisa melalui pengaruh perubahan kepadatan *node* dan pengaruh perubahan kecepatan *node* dan simulasi dijalankan pada kondisi Jalan Dipati Ukur Bandung. Data berdasarkan *input* akan menentukan hasil pengujian performansi *average end to end delay* pada protokol *routing* GSR. Pada gambar diagram blok proses simulasi terdiri dari 3 blok yaitu *input*, proses, dan *output*. Masing-masing blok diantaranya adalah

1. *Input*
   Data yang diproses adalah data berdasarkan perubahan jumlah kendaraan dan kecepatan kendaraan.

2. Proses
   Pada tahap ini terdapat 3 proses yang dilakukan yaitu:
   a. Penggunaan aplikasi SUMO
      Pada proses in digunakan aplikasi SUMO untuk menentukan jumlah dan kecepatan kendaraan, dan membuat mobilitas kendaraan.
   b. Penggunaan NS-2
      Menggunakan NS-2 untuk dilakukan skenario VANET berdasarkan penggunaan protokol *routing* A-STAR.
   c. Proses perhitungan (*.awk)*
      Proses perhitungan (*.awk)* adalah proses mengetahui *average end to end delay* sesuai dengan perumusan dari hasil pengujian protokol *routing* GSR.
3. *Output*
   Hasil *output* berupa hasil performansi berdasarkan *average end to end delay* dari protokol *routing* GSR.

3.3 Pengujian

3.3.1 Skenario Simulasi

Simulasi akan dilakukan pada area Jalan Dipati Ukur dan sekitarnya karena sesuai dengan karakteristik VANET yaitu banyak persimpangan. Area simulasi diambil dengan luas area kurang lebih 1000m x 1000m. Skenario yang diuji adalah perubahan kepadatan jumlah *node* dan perubahan kecepatan *node*.

3.3.2 Parameter Simulasi

Dalam membangun proses simulasi dibutuhkan parameter simulasi yang mendukung protokol *routing* GSR. Adapun parameter yang digunakan adalah :

Tabel 3.1 Parameter Simulasi

Parameter	Keterangan
Area Simulasi	1000 m x 1000 m
Pemodelan *Traffic* Data	Constant Bit Rate (CBR)
Protokol *Routing*	GSR
Jumlah *Node*	40 s.d 480 (interval 40)
Packet Size	32 *Byte*
Kecepatan *Node*	2,5 m/s, 5 m/s, 7,5 m/s dan 10 m/s
Durasi Simulasi	100 detik

Peta simulasi memiliki jalan dua arah dan mobilitas *node* dibatasi oleh jalur tersebut. Arah kendaraan berjalan secara acak karena tujuan pada simulasi ini yaitu mendekati kondisi nyata pada daerah skenario. Waktu simulasi dilakukan dengan kecepatan *node* 10 m/s dan area simulasi 1000 m x 1000 m, sehingga didapat waktu konektivitas sebesar 100 detik.

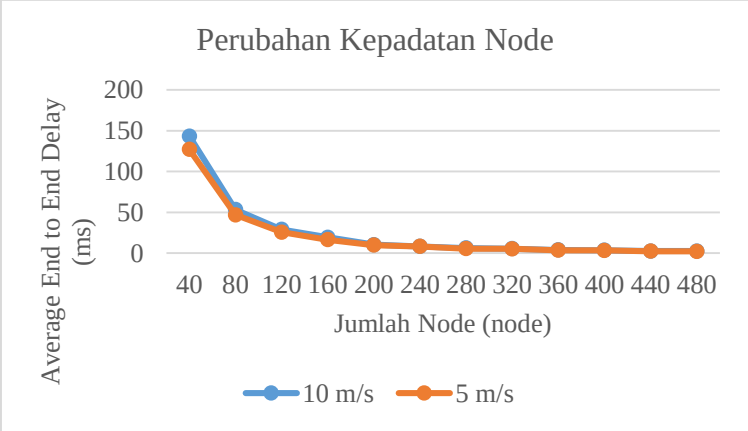
Pemodelan *Traffic* data yang digunakan pada simulasi ini adalah *Constant Bit Rate* (CBR). CBR mendukung aplikasi yang membutuhkan transmisi sepanjang komunikasi berlangsung. Pada dasarnya CBR ditargetkan mendukung aplikasi dengan toleransi terhadap delay yang ketat. Dan menggunakan *transport agent User Datagram Protocol* (UDP) untuk saling berkomunikasi. UDP memiliki karakteristik yaitu *connection less*, adalah jaringan yang tidak memerlukan proses negosiasi atau lengsung mengirimkan pesan tanpa tahu tujuan itu ada atau tidak, dan *unreliable* adalah tidak adanya proses pemberitahuan ketika pengiriman data gagal. Berdasarkan kedua karakteristik tersebut memberikan kecepatan yang tinggi karena tidak melakukan proses negosiasi serta pemberitahuan pengiriman data gagal [10]. Komunikasi yang terjadi yaitu komunikasi antar kendaraan (*vehicle to vehicle*).

3.3.3 Pengolahan Hasil Simulasi

Setelah simulasi dilakukan yaitu pada *Network Simulator-2* (NS-234) maka akan menghasilkan *file trace (.tr)* yaitu data hasil simulasi protokol *routing* GSR. Kemudian *file trace* akan diolah menggunakan *executable script file (.awk)* sehingga didapat nilai dari *average end to end delay* dan dianalisis performansi *average end to end delay* dari protokol *routing* GSR.

3.3.4 Pengujian Perubahan Kepadatan Node

Grafik dari *Average End to End Delay* berdasarkan data hasil pengujian performansi protokol *routing* GSR berdasarkan skenario perubahan kepadatan *node* dengan kecepatan yaitu 5 m/s dan 10 m/s.



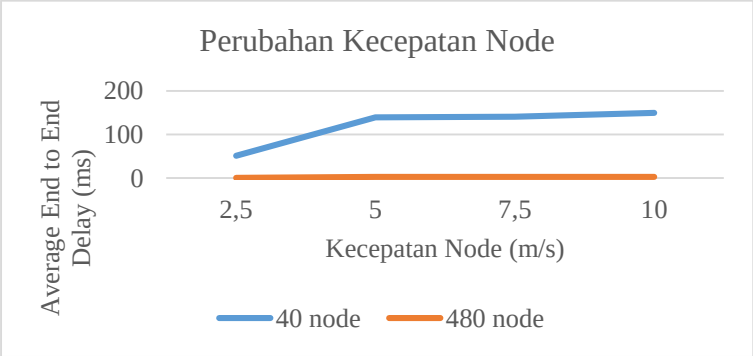
Gambar 4.3 Grafik average end to end delay pada perubahan kepadatan *node*

Average End to End Delay merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh sebuah data untuk menempuh jarak dari titik sumber ke titik tujuan termasuk waktu proses dan waktu antri. Faktor utama yang mempengaruhi *average end to end delay* adalah waktu untuk menemukan rute, sedangkan faktor lain yang mempengaruhi *average end to end delay* adalah lama waktu proses. Waktu untuk menemukan rute berguna sebelum data dikirim, karena *node* sumber harus mengetahui terlebih dahulu rute untuk mencapai *node* tujuan dan lama waktu proses terjadi ketika *node* yang berada di tengah menerima sebuah pesan (data) maka *node* tersebut akan menganalisa header untuk mengetahui untuk siapa paket tersebut ditujukan, kemudian mengecek kemana harus meneruskan paket tersebut[6].

Pada Gambar 4.1 menunjukkan rata – rata dari *average end to end delay* protokol *routing* GSR yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan luas area 1000 m x 1000 m, kecepatan *node* yaitu 5 m/s dan 10 m/s serta jumlah kepadatan *node* sebanyak 40 sampai dengan 480 (dengan interval 40). Pada *node* dengan jumlah 40 pada Gambar 4.1 memiliki *average end to end delay* semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah node, penurunan *average end to end delay* disebabkan oleh jarak antar *node*. Semakin jauh jarak yang terjadi pada antar *node* maka RLS tidak dapat menjangkau *node* tujuan. Protokol *routing* GSR yang didasarkan pada posisi geografis menyebabkan tidak ada jaminan bahwa *node* sumber selalu menemukan *node* tetangga yang cocok yaitu jarak *node* tetangga yang lebih dekat dengan *node* tujuan untuk meneruskan pesan. Ketika RLS tidak dapat menjangkau *node tujuan* maka RLS menganggapnya sebagai lokal maksimum yaitu kondisi dimana paket tidak dapat diteruskan jika tidak ada *node* yang memiliki koneksi ke *node* tetangga yang secara geografis lebih dekat dengan *node* tujuan daripada *node* tersebut, sehingga dalam meneruskan data protokol *routing* GSR yaitu *buffer the packet*, *greedy forwarding* dan menghitung ulang jalur terpendek. Data hasil pengujian pada Gambar 4.1 dapat dilihat pada lampiran A dan Lampiran B. Dari data pada Gambar 4.1 tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah kepadatan *node*, menyebabkan berkurangnya lokal maksimum yang terjadi sehingga nilai *average end to end delay* semakin kecil.

3.3.5 Pengujian Perubahan Kecepatan Node

Berdasarkan data hasil pengujian performansi protokol *routing* GSR dengan skenario pengujian yaitu perubahan kecepatan *node* yaitu 2,5 m/s, 5 m/s, 7,5 m/s dan 10 m/s dan kepadatan 40 *node* dan 480 *node*.



Gambar 4.2 Grafik average end to end delay pada perubahan kecepatan *node*

Pada Gambar 4.2 menunjukkan rata – rata *average end to end delay* protokol *routing* GSR yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan luas area 1000 m x 1000 m dengan kepadatan yaitu 40 *node* dan 480 *node* serta kecepatan *node* yaitu 2,5 m/s, 5 m/s, 7,5 m/s dan 10 m/s. Pada Gambar 4.1 memiliki *average end to end delay* semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan node, bertambahnya *average end to end delay* disebabkan oleh jarak antar *node.* Semakin cepat *node* maka semakin jauh jarak yang terjadi pada antar *node* sehingga RLS tidak dapat menjangkau *node* tujuan hal ini disebabkan karena protokol *routing* GSR yang didasarkan pada posisi geografis menyebabkan tidak ada jaminan bahwa *node* sumber selalu menemukan *node* tetangga yang cocok yaitu jarak *node* tetangga yang lebih dekat dengan *node* tujuan untuk meneruskan pesan. Ketika RLS tidak dapat menjangkau *node tujuan* maka RLS menganggapnya sebagai lokal maksimum dan melakukan *buffer the packet, greedy forwarding* dan menghitung ulang jalur terpendek. Dari data pada Grafik 4.2 tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah kecepatan *node*, menyebabkan bertambahnya lokal maksimum yang terjadi sehingga nilai *average end to end delay* semakin besar.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Semakin bertambah kepadatan *node*, menyebabkan berkurangnya lokal maksimum yang terjadi sehingga nilai *average end to end delay* semakin kecil, yaitu 0 ms - 20 ms untuk kepadatan lebih dari 200 node pada kecepatan 5 m/s dan 10 m/s.
2. Semakin bertambah kecepatan *node*, menyebabkan bertambahnya lokal maksimum yang terjadi sehingga nilai *average end to end delay* semakin besar, yaitu 140 ms - 160 ms untuk kepadatan 40 node dan 2,5 ms – 3 ms untuk kepadatan 480 node pada kecepatan lebih dari 2,5 m/s.
3. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa protokol *routing* GSR sesuai untuk daerah perkotaan, yang memiliki karakteristik jumlah *node* yang padat dan dengan kecepatan yang rendah.

4.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut penulis memberikan beberapa saran yaitu pengujian terhadap komunikasi kendaraan dengan infrastruktur (V2I) dan *Road Site Unit* (RSU).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ram Shringar Raw, Sanoy Das, “Performance Comparison Of Position-Based Routing Protocols in Vehicle-to-Vehicle (V2V) Communication,” *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST),* vol. 3, pp. 435 - 444, 2011.

[2] Bilal Mustafa & Umar Waqas Raja, “Issues of Routing in VANET,” *Master Thesis Computer Science,* pp. 18 - 32, 2010.

[3] Michael Kasemann, Holger Fubler, Hannes Hartenstein & Martin Mauve, “A Reactive Location Service for Mobile Ad Hoc Networks,” 2002.

[4] Yogie Tri Satria, Analisis Performansi Protokol Routing OLSR dan FSR Pada Simulasi Jaringan Vehicular Ad-Hoc Network (VANET), Bandung: Universitas Telkom, 2009.

[5] D. C. &. Reena, “Vehicular Ad Hoc Network (VANETs): A Review,” *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering,* vol. 3, no. 3, 2015.

[6] A. V. Hutauruk, Simulasi dan Analisis Perbandingan Performansi Routing Protocol AODV & DSR Pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET), Bandung: Universitas Telkom, 2015.

[7] [Online]. Available: http://ns3-code.com/ns3-vanet-projects/.

[8] Flury, R. and Wattenhofer, R., “MLS: an efficient location service for mobile ad hoc networks,” *Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing,* pp. 226 - 237, 2006.

[9] Trung-Tuan Luong, Boon-Chong Seet & Bu-sung Lee, “Local Maximum Avoidance with Correlated Street Blocking for Map-based Geographic Routing in VANETs,” 2007.

[10] Michael Behrisch, Laura Bieker, Jakob Erdmann & Daniel Krajzewicz, “SUMO - Simulation of Urban Mobility An Overview,” *The Third International Conference on Advances in System Simulation,* 2011.

[11] “The Network Simulator - ns-2,” [Online]. Available: http://www.isi.edu/nsnam/ns/. [Diakses 26 April 2017].

[12] “OpenStreetMap,” [Online]. Available: https://openstreetmap.id/about/tentang-openstreetmap/. [Diakses 10 Juli 2017].

[13] Purba Kuncara, “Perbedaan TCP dan UDP,” 10 May 2013. [Online]. Available: https://klikhost.com/perbedaan-tcp-dan-udp/. [Diakses 19 July 2017].

[14] Surmukh Singh & Sunil Agrawal, “VANET Routing Protocols: Issues and Challenges,” *IEEE*, 2014.