



## *Implementation of Geographic Source Routing on V2I at Sudirman Street Pekanbaru City*

### **Penerapan *Geographic Source Routing* Pada V2I di Jalan Sudirman Kota Pekanbaru**

Heryanto Chandra<sup>1\*</sup>, Linna Oktaviana<sup>2</sup>, Ery Safrianti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya, KM. 12.5 Simpang Baru, Pekanbaru, Riau, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>[heryanto.chandra1209@student.unri.ac.id](mailto:heryanto.chandra1209@student.unri.ac.id),  
<sup>2</sup>[linnaoasari@lecturer.unri.ac.id](mailto:linnaoasari@lecturer.unri.ac.id), <sup>3</sup>[esafrianti@eng.unri.ac.id](mailto:esafrianti@eng.unri.ac.id)

*Received Sep 9th 2023; Revised Oct 30th 2023; Accepted Nov 2nd 2023*  
*Corresponding Author: Heryanto Chandra*

#### **Abstract**

*The utilization and advancement of wireless technology have reached a significant level of maturity and widespread adoption. One such application is VANET (Vehicular Ad-Hoc Network), a wireless technology integrated into vehicles to enable communication between vehicles (V2V) and infrastructure (V2I). Challenges arising from the dynamic nature and high-speed mobility of VANETs can be addressed through the utilization of routing protocols. However, the existence of numerous wireless network routing protocols necessitates a performance evaluation to determine the most effective routing protocol for implementation. This research focuses on evaluating the GSR (Geographic Source Routing) routing protocol. The research methodology employed simulation techniques and relied on supporting software tools like Openstreetmap, SUMO, and OMNET++. The evaluation of the routing protocol's performance encompasses Quality of Service (QOS) parameters, including throughput, end-to-end delay, and packet delivery ratio. The study explores various scenarios involving changes in the number of vehicles, vehicle speeds, and the presence of Road Side Units (RSU).*

*Keywords: End-to-End Delay, GSR, Packet Delivery Ratio, Throughput, VANET*

#### **Abstrak**

Penggunaan dan perkembangan teknologi nirkabel sekarang sudah sangat maju dan luas. Salah satu contohnya adalah VANET (*Vehicular Ad-Hoc Network*), yang merupakan teknologi nirkabel yang dipasang di dalam kendaraan sehingga kendaraan dapat berkomunikasi satu sama lain (V2V) atau dengan infrastruktur (V2I). Tantangan dalam VANET yang muncul akibat pergerakan dan kecepatan tinggi kendaraan dapat diatasi dengan menggunakan protokol *routing*. Namun, karena ada banyak jenis protokol *routing* jaringan nirkabel, diperlukan uji kinerja untuk menentukan protokol *routing* terbaik yang akan diimplementasikan. Penelitian ini berfokus pada pengujian protokol *routing* GSR (*Geographic Source Routing*). Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi dan menggunakan perangkat lunak pendukung seperti Openstreetmap, SUMO, dan OMNET++. Evaluasi kinerja protokol *routing* mencakup parameter *Quality of Service* (QOS) seperti *throughput*, *end-to-end delay*, dan *packet ratio*. Studi ini melibatkan berbagai skenario yang mencakup perubahan jumlah kendaraan, kecepatan kendaraan, dan keberadaan *Road Side Unit* (RSU).

*Kata Kunci: End-to-End Delay, GSR, Packet Delivery Ratio, Throughput, VANET*

#### **1. PENDAHULUAN**

*Vehicular Ad hoc Network* biasa disebut juga VANET merupakan sub-materi dari *Mobile Ad hoc Network* (MANET), VANET merupakan bentuk dari *Intelligent Transport System* (ITS) yang di desain untuk meningkatkan keselamatan kendaraan di jalan raya [1]. Kendaraan yang berada dalam jaringan VANET bergerak secara *autonomous* dan terstruktur serta bertukar informasi dengan kendaraan lain yang berada dalam jaringan yang sama VANET dikembangkan khusus untuk mengatasi permasalahan lalu lintas seperti kemacetan, keamanan pengemudi, serta kemudahan dalam perjalanan [2]. VANET memiliki empat unsur komunikasi yaitu *In Vehicle Communication*, *Vehicle to Vehicle* (V2V), *Vehicle to Infrastructure* (V2I), dan *Infrastructure to Infrastructure* (I2I), *In Vehicle Communication* adalah bentuk komunikasi yang

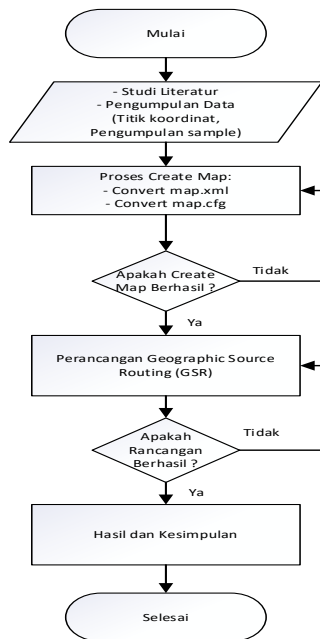
menyediakan informasi internal kendaraan berupa keadaan kendaraan secara fisik ataupun pengemudi kendaraan seperti kelelahan, mengantuk dan sebagainya, V2V merupakan bentuk komunikasi antar kendaraan, V2I merupakan bentuk komunikasi kendaraan dengan *Road Side Unit* (RSU), sedangkan I2I merupakan bentuk komunikasi antar infrastruktur dengan infrastruktur lain [3]. *Geographic Source Routing* menggunakan informasi dari *node* tetangga, *Geographic Source Routing* (GSR) merupakan jenis dari *position-based routing* protokol pada VANET. *Geographic Source Routing* (GSR), GSR memiliki beberapa teknik dan mekanisme dalam *routing* prosesnya, *Geographic Source Routing* (GSR) ditujukan untuk daerah urban (perkotaan), dalam GSR kendaraan melakukan perhitungan melalui langkah terpendek dari destinasi menuju daerah tujuan [4].

Telah ada beberapa penelitian terdahulu mengenai GSR dan V2I, salah satunya dilakukan penelitian mengenai GSR untuk mencoba mengatasi permasalahan yang ditimbulkan akibat pergerakan kendaraan yang sangat cepat dan berubah-ubah [5]. Penelitian serupa untuk mengatasi permasalahan dari protokol *routing* yang kehilangan efisiensi dan data akibat pola pergerakan kendaraan yang sangat cepat sehingga diperlukan solusi perhitungan kepadatan kendaraan untuk menentukan rute [6]. Selanjutnya penelitian oleh Zeng dkk, melakukan perhitungan dalam menentukan *path* yang akan dituju kendaraan berdasarkan lokasi geografis untuk meminimalisir *delay* [7]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan yaitu untuk mencoba meminimalisir *delay* dengan melakukan perutean geografis dan memilih persimpangan berdasarkan konektivitas [8]. Dilanjutkan dengan penelitian untuk mengatasi pengiriman paket dengan cara menggunakan skema evaluasi bobot jalan [9]. Dilanjutkan dengan penelitian dalam mengatasi *delay* dan pengiriman paket dengan melakukan tiga mekanisme *stigmergy*, perilaku sosial dan *caching adaptif* [10]. Selanjutnya penelitian mengenai permasalahan umum VANET seperti *delay*, keamanan, dan kualitas layanan serta skalabilitas dan dilakukan survey [11]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan adalah membandingkan dua kinerja GSR dan AODV untuk mengetahui performa yang terbaik [12]. Selanjutnya mengenai peningkatan keamanan dan kenyamanan dilakukan dengan mencoba mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah node terhadap efektifitas *routing* protokol tersebut [13]. Selanjutnya penelitian mengenai *review* dari kinerja beberapa *routing* protokol dilakukan dengan menganalisa hasil tiap protokol *routing* dan mencatat serta membandingkan hasilnya [14], penelitian terdahulu selanjutnya mengenai peningkatan sinyal yang menjadi masalah dalam VANET dimana dalam penelitian ini dilakukan penerapan strategi demi mengurangi *delay*, meningkatkan akurasi lokasi dan kondisi lalu lintas [15], penelitian selanjutnya membahas tentang *review* analisa pertukaran informasi pada V2I untuk mempertimbangkan hal apa saja yang dapat meningkatkan kualitas pertukaran data pada V2I [16]. Penelitian selanjutnya mengenai penggunaan algoritma *eco-driving* dalam meningkatkan *throughput signal* [17], selanjutnya penelitian mengenai karakteristik V2I serta peningkatannya [18], penelitian selanjutnya mengenai *beamforming* adaptif dalam meningkatkan kapasitas komunikasi V2I [19], dan yang terakhir penelitian mengenai pengembangan untuk peningkatan komunikasi antar kendaraan dan infrastruktur pada VANET [20].

Penelitian serupa sebenarnya telah ada dilakukan oleh Hadiwiriyanto, Rezky, Primantara Hari Trisnawan, and Kasyful Amron dengan judul "*Implementasi Protokol Geographic Source Routing (GSR) Pada Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) untuk Komunikasi Kendaraan Dengan Road Side Unit (RSU)*". Dari hasil tersebut ditunjukkan GSR memiliki performa yang baik pada daerah urban, namun hasil penelitian tersebut belum tentu sama jika diterapkan pada daerah urban lain dengan situasi yang berbeda serta penelitian terdahulu menggunakan software umum seperti NS-2 yang dimana hasil yang didapat mungkin bisa berbeda jika menggunakan software yang berbeda seperti OMNET++. Adapun tujuan dari penelitian ini ialah untuk menerapkan dan mengembangkan protokol *Geographic Source Routing* (GSR) di Jalan Sudirman, Pekanbaru, Riau dan melakukan analisis terhadap hasil yang didapatkan, pengujian dilakukan berdasarkan hasil dari perancangan dan implementasi dengan tiga skenario uji yaitu kepadatan kendaraan, kecepatan kendaraan dan jumlah variasi RSU dengan rentang waktu pengujian adalah 200 detik. Hasil dari pengujian akan dianalisis.

## 2. METODOLOGI

Lokasi dan waktu yang penulis gunakan dalam penelitian ini berlokasi di Jalan Sudirman, Kota Pekanbaru, Riau. Luas daerah penelitian adalah 3000m × 3000m. Metode yang digunakan adalah metode survei, dan peneliti mengambil sampel berupa para pengendara dan pengguna jalan di lokasi tersebut. Setelah melakukan tahapan studi literatur, penulis mulai melakukan pengumpulan data, kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan map, dan tahapan terakhir adalah penerapan protokol *Geographic Source Routing* (GSR) dan menganalisa hasilnya menggunakan tiga parameter uji yaitu *throughput*, *end-to-end delay* dan *packet delivery ratio*.



**Gambar 1.** Flowchart Alur Penelitian

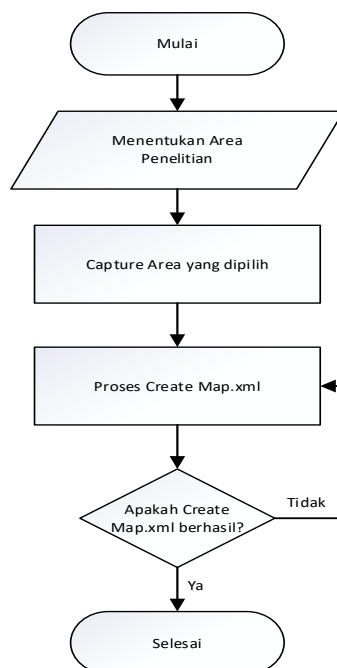
Gambar 1 merupakan diagram alir atau alur *flowchart* yang digunakan dalam penelitian ini pada bagian Studi literatur adalah langkah pencarian sumber informasi dan materi mengenai *Geographic Source Routing (GSR)*.

### 2.1. Studi Literatur

Pada bagian studi literatur ini, penulis melakukan *research* mengenai VANET dan protokolnya yaitu *Geographic Source Routing (GSR)*. *Research* yang dilakukan adalah mencari penelitian sejenis berupa jurnal dan penelitian terdahulu serta buku-buku yang terkait dengan penelitian yang dilakukan.

### 2.2. Proses Create Map

Proses *Create Map* bertujuan untuk membuat peta area penelitian. Area tersebut ialah Jalan Sudirman Pekanbaru (titik awal  $0.536029^{\circ}$   $101.447686^{\circ}$  dan titik akhir  $0.510514^{\circ}$   $101.449120^{\circ}$ ) dengan luas  $3000\text{m} \times 3000\text{m}$ .

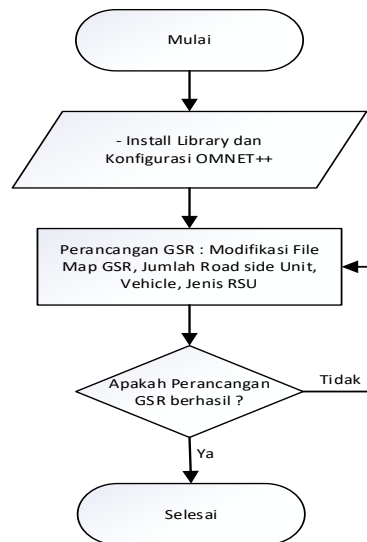


**Gambar 2.** Flowchart Alur Pembuatan Real Map

Pada gambar 2 merupakan proses pembuatan *real map* yang dibutuhkan dalam penelitian ini pada tahapan pertama dimulai dengan cara mencari titik koordinat dari daerah yang akan dijadikan studi kasus.

### 2.3. Perancangan Geographic Source Routing (GSR)

*Geographic Source Routing (GSR)* merupakan suatu protokol *routing* berbasis *position-based* yang dipadukan dengan topologi jaringan dan memanfaatkan map guna menemukan rute dari *node* sumber ke *node* tujuan. Protokol untuk jaringan kendaraan ini bekerja sangat baik di lingkungan kota yang mana kepadatan lalu lintas tinggi pada siang hari tetapi lebih sedikit pada malam hari. Kondisi ini cocok untuk diterapkan pada lokasi penelitian, yakni Jalan Sudirman Pekanbaru. Menggunakan GSR perlu dilakukan perancangan, yang mana prosesnya dapat dilihat pada *flowchart* gambar 3.



**Gambar 3.** Flowchart Alur Penerapan GSR

Pada gambar 3 bisa kita lihat, proses penerapan GSR pada OMNET++ dimulai dengan melakukan instalasi pada library dan melakukan konfigurasi pada OMNET++ adapun *library* yang dibutuhkan seperti *VeinsInet*.

### 2.4. Pengujian dan Analisis

Pengujian dan analisis penelitian ini menggunakan tiga skenario pengujian serta menggunakan juga tiga parameter pengujian. Skenario pengujian yang digunakan yaitu kepadatan kendaraan, kecepatan kendaraan, dan jumlah variasi *Road Side Unit (RSU)*. Sedangkan untuk parameter yang digunakan adalah *throughput*, *end-to-end*, *packet delivery ratio*. Di bawah ini pada tabel 1 ditampilkan nilai parameter pengujian yang akan digunakan.

**Tabel 1.** Angka Variabel Pengujian

Variabel Pengujian	
Waktu Pengujian	100s, 200s
Jumlah <i>Node</i>	20, 30, 40, 50, 60
Jumlah RSU	1, 2, 3, 4
Kecepatan <i>Node</i>	20, 40, 50, 60, 70

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini memfokuskan membahas dan memberikan pemaparan tentang hasil dari penerapan protokol VANET yaitu *Geographic Source Routing (GSR)* di jalan Sudirman Kota Pekanbaru. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan skenario yang telah dirancang yaitu dengan menggunakan protokol GSR, pengujian pertama dilakukan dengan kendaraan yang digunakan berjumlah 10, 20, 30, 40 dan 50 *node*, hasil pengujian yang dianalisis berupa parameter *throughput*, *end-to-end delay* dan *packet delivery ratio*.

### 3.1. Pengujian Skenario Jumlah Kendaraan

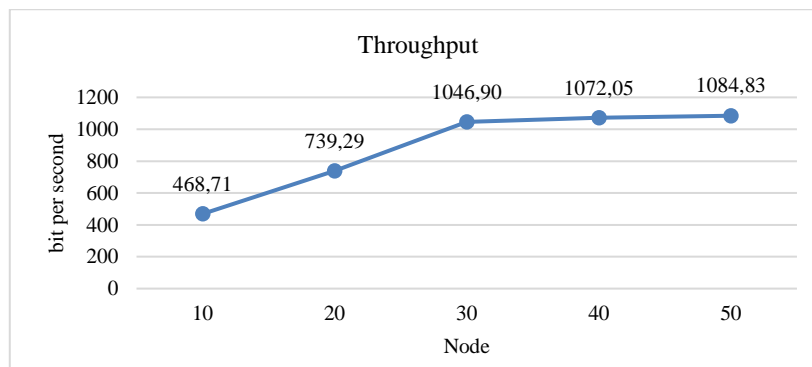
#### 1. *Throughput*

Pengujian *throughput* berdasarkan jumlah/*node* kendaraan yang bervariasi dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 4.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Skenario 1 *Throughput*

No Pengujian	Jumlah <i>Node</i> (Kendaraan)				
	10	20	30	40	50
1	455.98	738.04	1033.55	1086.59	1090.85
2	474.07	736.06	1041.68	1085.13	1072.30
3	478.42	747.11	1043.67	1062.18	1095.55
4	479.60	747.03	1049.43	1057.37	1066.39
5	455.50	728.23	1066.16	1068.98	1099.08
Rata-Rata	468.71	739.29	1046.90	1072.05	1084.83

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian nilai *throughput* berdasarkan jumlah kendaraan yang berbeda-beda mendapatkan hasil rata-rata tertinggi pada jumlah kendaraan 50 dengan nilai rata-rata 1084.83 bps dan paling rendah pada 10 kendaraan dengan nilai rata-rata 468.71 bps.

**Gambar 4.** Grafik Pengujian Nilai *Throughput* Skenario 1

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan hasil pengujian nilai *throughput* dari berbagai macam variasi banyak kendaraan dengan menggunakan kecepatan random mulai dari 10 km/jam hingga 50 km/jam dan menggunakan satu jenis RSU. Hasil simulasi menunjukkan bahwa protokol GSR mampu memberikan nilai kecepatan transfer paket menjadi lebih baik jika bertambahnya kendaraan. Hal ini dikarenakan GSR menggunakan metode RLS yaitu pengiriman berdasarkan *node* tetangganya, jika jumlah *node*/kendaraan semakin banyak maka *node* tujuan akan semakin cepat ketemu, terlihat nilai *throughput* tertinggi berada pada jumlah kendaraan terbanyak yaitu 50 kendaraan dengan nilai rata-rata 1084.83 bps.

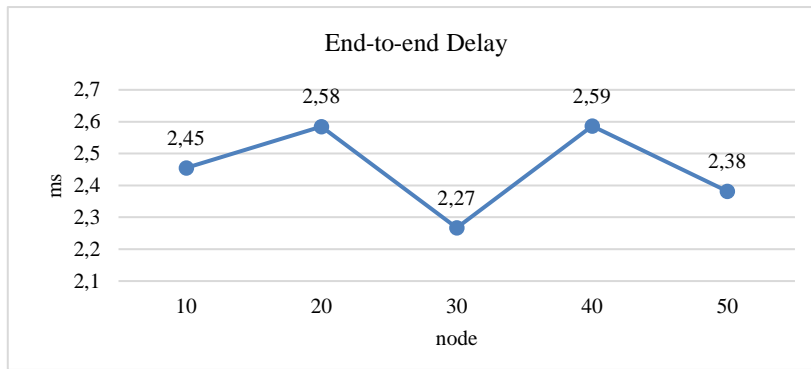
## 2. *End-to-end Delay*

Pada pengujian *End-to-end delay*, pengujian dilakukan dengan melihat lama waktu permintaan pengiriman dengan proses yang dilakukan. Pengujian dilakukan dengan variasi banyak kendaraan mulai dari 10, 20, 30, 40 dan 50 kendaraan. Tabel 3 dan gambar 5 menunjukkan hasil nilai *End-to-end delay* dari skenario variasi banyaknya kendaraan.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Skenario 1 *End-to-end Delay*

No Pengujian	Jumlah <i>Node</i> (Kendaraan)				
	10	20	30	40	50
1	2.66	2.55	2.17	2.94	2.44
2	2.25	2.25	2.35	2.62	2.01
3	2.51	2.65	2.71	2.46	2.36
4	2.78	2.69	2.00	2.58	2.52
5	2.08	2.77	2.10	2.32	2.57
Rata-Rata	2.45	2.58	2.27	2.59	2.38

Tabel 3 menunjukkan hasil simulasi nilai *End-to-end delay*. Hasil simulasi paling rendah ditunjukkan pada jumlah *node* 30 dengan nilai rata-rata 2.27 ms, sehingga banyaknya *node* ini yang paling cepat dalam pengiriman. Sedangkan yang paling lama ditunjukkan pada jumlah kendaraan rata-rata 40 kendaraan dengan nilai rata-rata 2.59 ms.



**Gambar 5.** Grafik Pengujian Nilai *End-to-end delay* Skenario 1

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai *End-to-end delay* pada protocol GSR mengalami kenaikan dan penurunan, penurunan terjadi karena terjadi penumpukan permintaan sehingga sedikit mengalami *delay*.

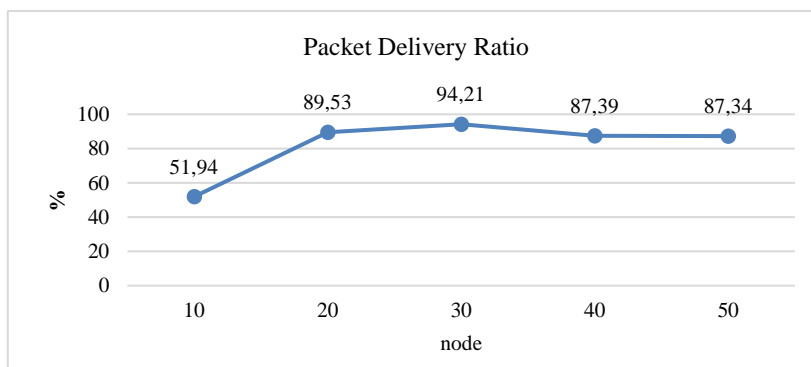
3. *Packet Delivery Ratio*

Pada pengujian *Packet delivery ratio* dilakukan dengan skenario variasi kendaraan yang berbeda-beda, mulai dari 10, 20, 30, 40 dan 50 kendaraan. Tabel 4 dan gambar 6 menunjukkan hasil simulasi dengan protokol GSR.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Skenario 1 *Packet Delivery Ratio*

No Pengujian	Jumlah Node				
	10	20	30	40	50
1	53.92	91.45	97.31	86.27	82.85
2	52.14	86.03	82.87	84.05	93.51
3	53.13	88.87	98.11	83.56	88.15
4	50.18	88.89	95.96	89.93	86.48
5	50.31	92.39	96.81	93.14	85.69
Rata-Rata	51.94	89.53	94.21	87.39	87.34

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa persentase nilai *Packet delivery ratio* paling rendah berada pada jumlah kendaraan 10 dengan nilai rata-rata sebesar 51.94%, sedangkan yang paling tinggi berada pada jumlah kendaraan 30 dengan nilai rata-rata sebesar 94.21%.



**Gambar 6.** Grafik Pengujian Nilai *Packet Delivery Ratio* Skenario 1

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan bahwa protocol GSR mengalami peningkatan dalam nilai *Packet delivery ratio*.

**3.2. Pengujian Skenario Kecepatan Kendaraan**

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan skenario yang telah dirancang yaitu dengan menggunakan protokol GSR, pengujian kedua dilakukan dengan skenario kecepatan yang bervariasi mulai dari 10, 20, 30, 40 dan 50 km/jam. Hasil pengujian yang dianalisis berupa parameter *throughput*, *end-to-end delay* dan *packet delivery ratio*.

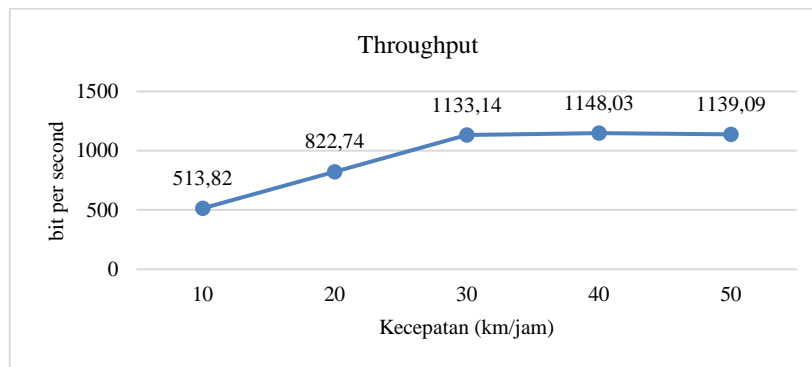
### 1. *Throughput*

Pengujian ini dilakukan dengan skenario variasi kecepatan kendaraan yang berbeda-beda dengan kecepatan 10, 20, 30, 40 dan 50 km/jam. Tabel 5 dan gambar 7 menunjukkan hasil simulasi untuk nilai *throughput* dengan variasi kecepatan yang berbeda-beda.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Skenario 2 *Throughput*

No Pengujian	Jumlah <i>Node</i>				
	10	20	30	40	50
1	522.19	831.79	1141.11	1183.41	1126.81
2	470.37	810.45	1132.77	1143.39	1165.38
3	521.31	814.06	1113.36	1156.36	1128.37
4	544.47	836.04	1118.20	1133.60	1132.22
5	510.80	821.35	1160.24	1123.37	1142.65
Rata-Rata	513.82	822.74	1133.14	1148.03	1139.09

Tabel 5 menunjukkan nilai *throughput* terkecil berada pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 513.8 bps, sedangkan nilai *throughput* terbesar berada pada kecepatan 40 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 1148.03 bps.



**Gambar 7.** Grafik Pengujian Nilai *Packet Delivery Ratio* Skenario 2

Gambar 7 menunjukkan nilai *throughput* mengalami peningkatan di setiap perubahan kecepatan semakin meningkat.

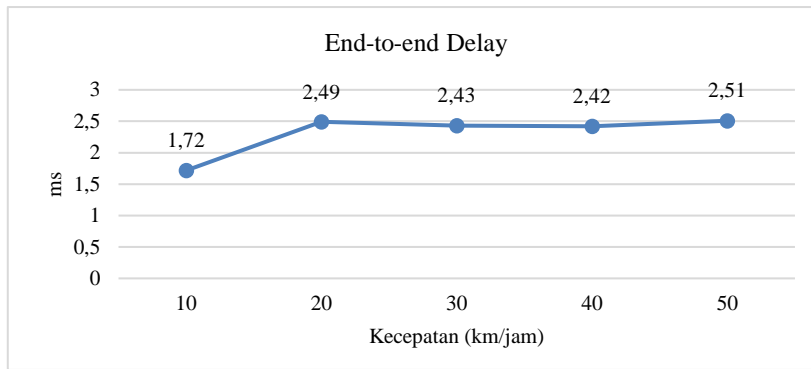
### 2. *End-to-end Delay*

Pengujian ini dilakukan dengan skenario variasi kecepatan kendaraan yang berbeda-beda dengan kecepatan 10, 20, 30, 40 dan 50 km/jam. Tabel 6 dan gambar 8 menunjukkan hasil simulasi untuk nilai *End-to-end delay* dengan variasi kecepatan yang berbeda-beda.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Skenario 2 *End-to-end Delay*

No Pengujian	Kecepatan				
	10	20	30	40	50
1	1.86	2.53	2.39	2.40	2.35
2	1.64	2.44	2.49	2.31	2.51
3	1.49	2.54	2.48	2.51	2.57
4	1.61	2.39	2.44	2.44	2.55
5	1.98	2.55	2.36	2.44	2.56
Rata-Rata	1.72	2.49	2.43	2.42	2.51

Tabel 6 menunjukkan nilai *End-to-end delay* terendah pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 1.72 ms. Sedangkan nilai *End-to-end delay* tertinggi pada kecepatan 50 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 2.51 ms.



**Gambar 8.** Grafik Pengujian Nilai *End-to-end delay* Skenario 2

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai *End-to-end delay* semakin tinggi. Hal ini bisa terjadi dimana kendaraan kecepatannya meningkat dan RLS tidak dapat menjangkau *node* tujuan.

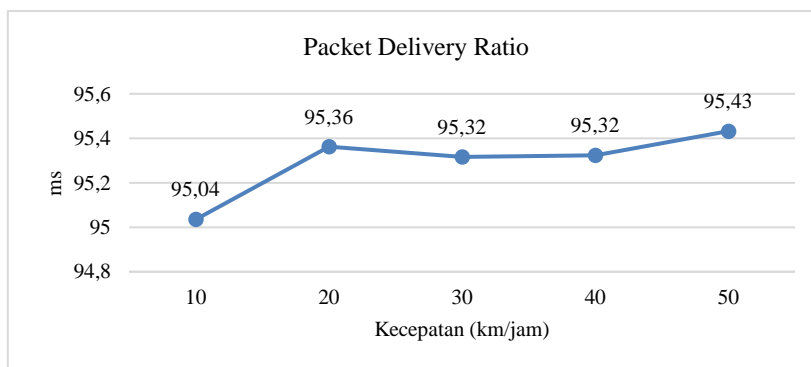
3. *Packet Delivery Ratio*

Pengujian ini dilakukan dengan skenario variasi kecepatan kendaraan yang berbeda-beda dengan kecepatan 10, 20, 30, 40 dan 50 km/jam. Tabel 7 dan gambar 9 menunjukkan hasil simulasi untuk nilai *Packet delivery ratio* dengan variasi kecepatan yang berbeda-beda.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Skenario 2 *Packet Delivery Ratio*

No Pengujian	Kecepatan				
	10	20	30	40	50
1	95.87	95.18	96.00	94.46	95.44
2	94.72	95.67	95.82	95.88	95.46
3	94.23	95.39	95.25	95.95	95.63
4	95.65	94.77	95.17	94.92	94.76
5	94.71	95.79	94.34	95.41	95.89
Rata-Rata	95.04	95.36	95.32	95.32	95.43

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai *Packet delivery ratio* terendah yaitu pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 95.04%, sedangkan nilai *Packet delivery ratio* tertinggi berada pada kecepatan 50 km/jam dengan nilai rata-rata sebesar 95.43 %.



**Gambar 9.** Grafik Pengujian Nilai *Packet Delivery Ratio* Skenario 2

Gambar 9 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pada nilai *Packet delivery ratio* dari kecepatan 10 km/jam ke kecepatan 20 km/jam, kemudian mengalami sedikit penurunan pada kecepatan 30 km/jam, tetapi setelah itu mengalami kenaikan lagi pada kecepatan 40 dan 50 km/jam.

**3.3. Pengujian Skenario Jumlah Variasi RSU**

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan skenario yang telah dirancang yaitu dengan menggunakan protokol GSR, pengujian ketiga menggunakan skenario SRU yang bervariasi. Hasil pengujian yang dianalisis berupa parameter *throughput*, *end-to-end delay* dan *packet delivery ratio*.



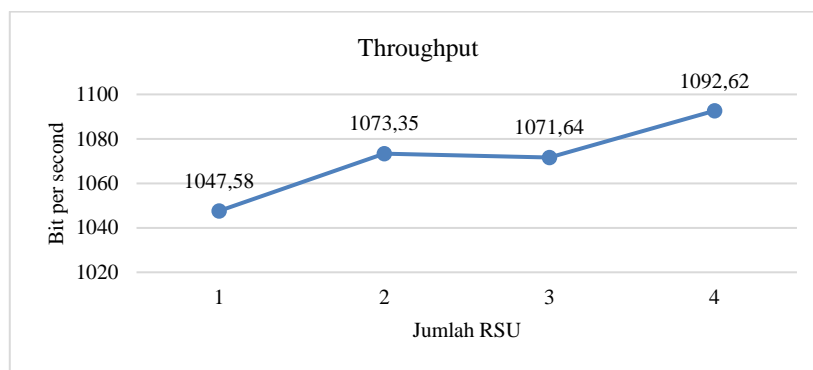
### 1. *Throughput*

Pengujian ini dilakukan dengan skenario variasi jumlah RSU yang berbeda-beda dengan jumlah 1, 2, 3 dan 4 RSU. Tabel 8 dan gambar 10 menunjukkan hasil simulasi untuk nilai *throughput* dengan variasi jumlah RSU yang berbeda-beda.

**Tabel 8.** Hasil Pengujian Skenario 3 *Throughput*

No Pengujian	Jumlah RSU			
	1	2	3	4
1	1086.42	1093.36	1044.86	1132.99
2	1031.86	1014.47	1029.31	1070.15
3	1030.97	1075.10	1104.44	1116.64
4	1012.00	1066.16	1111.08	1119.84
5	1076.66	1117.68	1068.50	1023.48
Rata-Rata	1047.58	1073.35	1071.64	1092.62

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai *throughput* terkecil dari skenario variasi jumlah RSU adalah pada jumlah 1 RSU dengan nilai sebesar 1047.58 bps, sedangkan nilai *throughput* terbesar pada jumlah 4 RSU dengan nilai 1092.62 bps.



**Gambar 10.** Grafik Pengujian Nilai *Throughput* Skenario 3

Pada gambar 10 menunjukkan nilai *throughput* pada skenario variasi jumlah RSU mengalami kenaikan di setiap penambahan RSU. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah RSU memungkinkan jangkauan RLS semakin luas artinya letak kendaraan yang lumayan jauh masih dapat terjangkau.

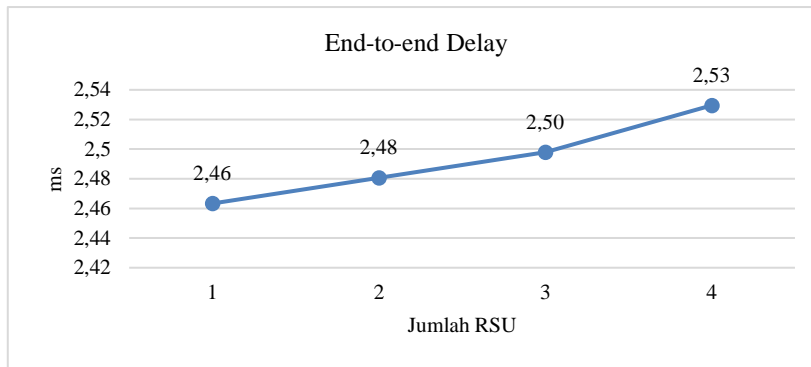
### 2. *End-to-end Delay*

Pengujian ini dilakukan dengan skenario variasi jumlah RSU yang berbeda-beda dengan jumlah 1, 2, 3 dan 4 RSU. Tabel 9 dan gambar 11 menunjukkan hasil simulasi untuk nilai *End-to-end delay* dengan variasi jumlah RSU yang berbeda-beda.

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Skenario 3 *End-to-end Delay*

No Pengujian	Jumlah RSU			
	1	2	3	4
1	2.41	2.47	2.51	2.55
2	2.47	2.48	2.42	2.48
3	2.43	2.54	2.49	2.44
4	2.41	2.47	2.55	2.59
5	2.59	2.44	2.52	2.59
Rata-Rata	2.46	2.48	2.50	2.53

Pada Tabel 9 menunjukkan nilai *End-to-end delay* dari skenario variasi jumlah RSU, nilai tercepat berada pada jumlah 1 RSU dengan rata-rata sebesar 2.46 ms dan terlama berada pada jumlah 4 RSU dengan rata-rata nilai sebesar 2.53 ms.



**Gambar 11.** Grafik Pengujian Nilai *End-to-end delay* Skenario 3

Terlihat pada gambar 11 menunjukkan kenaikan nilai *End-to-end delay* dengan skenario variasi pada RSU.

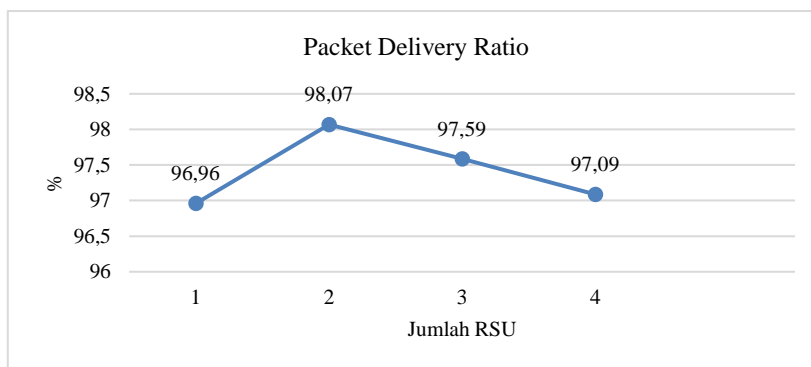
3. *Packet Delivery Ratio*

Pengujian ini dilakukan dengan skenario variasi jumlah RSU yang berbeda-beda dengan jumlah 1, 2, 3 dan 4 RSU. Tabel 10 dan gambar 12 menunjukkan hasil simulasi untuk nilai *Packet delivery ratio* dengan variasi jumlah RSU yang berbeda-beda.

**Tabel 10.** Hasil Pengujian Skenario 3 *Packet Delivery Ratio*

No Pengujian	Jumlah RSU			
	1	2	3	4
1	95.65	97.95	96.88	97.90
2	95.89	98.78	98.10	95.42
3	95.98	98.41	98.10	97.54
4	98.65	98.12	98.42	96.64
5	98.63	97.08	96.43	97.93
Rata-Rata	96.96	98.07	97.59	97.09

Terlihat pada tabel 10 menunjukkan nilai *Packet delivery ratio* dengan skenario variasi jumlah RSU. Nilai *Packet delivery ratio* terkecil berada pada jumlah 4 RSU dengan persentase rata-rata sebesar 97.09% dan nilai terbesar berada pada 2 RSU dengan persentase rata-rata sebesar 98.07%.



**Gambar 12.** Grafik Pengujian Nilai *Packet Delivery Ratio* Skenario 3

Pada gambar 12 menampilkan grafik nilai PDR dimana protokol GSR mendapatkan nilai PDR yang meningkat lalu menurun, nilai PDR mengalami peningkatan pada jumlah RSU 2, peningkatan ini disebabkan karena ketika protokol GSR mengirimkan RREQ ke RSU terdekat yaitu 1 dan 2 tidak mengalami *drop* paket karena masih dalam jangkauan RLS. Namun ketika jumlah RSU 4, dimana RSU dihitung terlalu jauh dari RLS yang menjadi penyebab banyak paket yang langsung *drop*.

4. **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian penulis telah mendapatkan beberapa kesimpulan, adapun kesimpulan tersebut adalah hasil analisa dari penerapan protokol *Geographic Source Routing* terdiri dari tiga skenario. Skenario

pertama dengan variasi jumlah kendaraan mendapatkan nilai *throughput* tertinggi dalam skenario 50 jumlah dengan nilai rata-rata 1084.83 bps dan nilai paling rendah dengan rata-rata 468.71 dengan jumlah 10 kendaraan, nilai *End-to-end* delay tertinggi rata-rata sebesar 2.59 ms dengan jumlah 40 kendaraan dan nilai terendah memiliki nilai rata-rata 2.27 dengan jumlah 30 kendaraan dan nilai *Packet delivery ratio* tertinggi rata-rata sebesar 94.21% pada jumlah 30 kendaraan dan nilai terendah memiliki nilai rata-rata 51,94% dengan 10 jumlah kendaraan. Skenario kedua dengan variasi kecepatan kendaraan mendapatkan nilai *throughput* tertinggi dengan nilai rata-rata 1148.03 bps pada kecepatan 50 km/jam dan nilai terendah pada kecepatan 10 km/jam dengan rata-rata 513.82, nilai *End-to-end* tertinggi dengan nilai rata-rata 2.51 ms pada kecepatan 50 km/jam dan terendah pada kecepatan 10 km/jam dengan nilai rata-rata 1.72 ms dan nilai *Packet delivery ratio* tertinggi dengan nilai rata-rata 95.43% pada kecepatan 50 km/jam dan terendah pada 10 km/jam dengan rata-rata 95.04%. Skenario ketiga variasi jumlah RSU mendapatkan nilai *throughput* tertinggi dengan nilai rata-rata 1092.62 bps pada jumlah 4 RSU dan nilai rata-rata terendah adalah 1047.58 bps pada variasi 1 RSU, nilai *End-to-end* tertinggi dengan nilai rata-rata 2.53 ms dengan variasi 4 RSU dan terendah dengan rata-rata nilai 2.46 bps pada variasi 1 RSU dan terakhir nilai *Packet delivery ratio* tertinggi dengan nilai rata-rata 98.07% pada variasi 2 RSU dan terendah dengan rata-rata 96.96% pada variasi 1 RSU, berdasarkan hasil analisis diatas maka bisa disimpulkan protokol *Geographic Source Routing* memang memiliki performa yang bagus serta peningkatan kecepatan kendaraan, jumlah variasi RSU sangat mempengaruhi nilai *throughput*, *end-to-end*, dan *packet delivery ratio* dan hasil dari penelitian ini mendukung hasil penelitian sebelumnya.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak-pihak yang terlibat dan mendukung penelitian ini dari awal hingga selesai.

## REFERENSI

- [1] Singh, Gagan Deep, et al. "A review on VANET routing protocols and wireless standards." *Smart Computing and Informatics: Proceedings of the First International Conference on SCI 2016, Volume 2*. Springer Singapore, 2018.
- [2] M. Sivasakthi, S.R. Suresh, *Research on vehicular ad hoc networks (VANETs): an overview*, Int. J. Appl. Sci. Eng. Res. 2(1) (2013) 23–27.
- [3] Yelure, B. S., and S. P. Sonavane. "QoS evaluation of VANET routing protocol." *2019 international conference on communication and electronics systems (ICCES)*. IEEE, 2019.
- [4] Rao, Rajwant Singh, Pawan Singh, and Suhel Ahmad Khan. "State of the art vanets routing protocols: a literature review." *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences* 7.3 (2022): 380.
- [5] Boussoufa-Lahlah, Souaad, Fouzi Semchedine, and Louiza Bouallouche-Medjkoune. "Geographic routing protocols for Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETs): A survey." *Vehicular communications* 11 (2018): 20-31.
- [6] Din, Sadia, et al. "Beaconless traffic-aware geographical routing protocol for intelligent transportation system." *IEEE Access* 8 (2020): 187671-187686.
- [7] Zeng, Qingwei, et al. "A geographical routing protocol based on link connectivity analysis for urban VANETs." *Journal of Internet Technology* 21.1 (2020): 41-49.
- [8] Mehdi, Benaicha, Samira Moussaoui, and Guerroumi Mohamed. "A geographic routing based on road traffic and multi-hop intersections in VANETs (GRBRT-MI)." *2022 2nd International Conference on Advanced Electrical Engineering (ICAEE)*. IEEE, 2022.
- [9] Liu, Lei, et al. "A delay-aware and backbone-based geographic routing for urban VANETs." *2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. IEEE, 2018.
- [10] Daas, Mohamed Skander, and Salim Chikhi. "Optimizing geographic routing protocols for urban VANETs using stigmergy, social behavior and adaptive CnF mechanisms: An optimized CLWPR." *Vehicular Communications* 14 (2018): 97-108.
- [11] Kumar, Praveen, Akash Verma, and Poonam Singhal. "VANET protocols with challenges-A review." *2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*. IEEE, 2019.
- [12] Hadiwiriyanto, Rezky, Primantara Hari Trisnawan, and Kasyful Amron. "Implementasi Protokol Geographic Source Routing (GSR) Pada Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) untuk Komunikasi Kendaraan Dengan Road Side Unit (RSU)." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 2.12 (2018): 7007-7016.
- [13] Purnamasari, Henti, Agus Virgono, and Randy Erfa Saputra. "Simulasi Dan Analisis Performansi Protokol Routing Gsr Pada Vehicular Ad Hoc Network (vanet)." *eProceedings of Engineering* 4.2 (2017).

- [14] Caixing, Shao, and Zhang Jianhua. "Research of the multi-way connectivity probability for platoon-based vehicle-to-infrastructure communication network." *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications* 23.1 (2016): 1-7.
- [15] Ubiergo, Gerard Aguilar, and Wen-Long Jin. "Mobility and environment improvement of signalized networks through Vehicle-to-Infrastructure (V2I) communications." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 68 (2016): 70-82.
- [16] Malik, Rami Qays, et al. "Mapping and deep analysis of vehicle-to-infrastructure communication systems: coherent taxonomy, datasets, evaluation and performance measurements, motivations, open challenges, recommendations, and methodological aspects." *IEEE Access* 7 (2019): 126753-126772.
- [17] Sun, Pengyuan, et al. "An eco-driving algorithm based on vehicle to infrastructure (V2I) communications for signalized intersections." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 144 (2022): 103876.
- [18] He, Danping, et al. "Channel characterization for mmWave vehicle-to-infrastructure communications in urban street environment." *2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*. IEEE, 2019.
- [19] Pyun, Sung-Yeop, Woongsup Lee, and Dong-Ho Cho. "Resource allocation for vehicle-to-infrastructure communication using directional transmission." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 17.4 (2015): 1183-1188.
- [20] Ghosh, Arindam, et al. Enabling seamless V2I communications: toward developing cooperative automotive applications in VANET systems. *IEEE Communications Magazine*, 2015, 53.12: 80-86.