

PENGEMBANGAN *GREEDY PERIMETER STATELESS ROUTING (GPSR)* DENGAN KONSEP *OVERLAY NETWORK* PADA VANETS

Rizky Fenaldo Maulana¹⁾, Radityo Anggoro²⁾, dan Supeno Djanali³⁾

^{1, 2, 3)}Departemen Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Raya ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

e-mail: fenaldo.18051@mhs.its.ac.id¹⁾, onggo@if.its.ac.id²⁾, supeno@its.ac.id³⁾

ABSTRAK

VANETs (Vehicular ad-hoc networks) merupakan teknologi yang digunakan untuk komunikasi antar kendaraan. *Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR)* merupakan protokol routing yang memiliki performa baik pada lingkungan *VANETs*. Protokol *GPSR* memiliki kelemahan ketika node selanjutnya mengalami keadaan *local maximum*, yaitu ketika node selanjutnya tidak dapat mengirim paket ke node selanjutnya dikarenakan tidak ada node di sekitar yang memiliki posisi terdekat dengan node tujuan atau semua node terdekat telah menerima paket tersebut. Untuk mengatasi keadaan ini, protokol *GPSR* dimodifikasi dengan konsep *overlay network*. *Overlay network* diterapkan dengan menggunakan *route discovery* milik protokol *dynamic source routing (DSR)*. Hasil dari proses *route discovery* akan menjadi acuan pencarian *virtual anchor point (VAP)*. *VAP* merupakan representasi dari *overlay network* dan berguna untuk mengganti acuan posisi node tujuan dalam metode *greedy forwarding*. Selain *VAP*, pemilihan node selanjutnya menerapkan metode *area optimum* dalam pemilihan node selanjutnya untuk menghindari node yang berada pada luar batas transmisi node pengirim. Dalam makalah ini, evaluasi dilakukan terhadap kinerja routing protocol pada skenario real. Hasil simulasi diukur berdasarkan nilai *packet delivery ratio (PDR)*, *end to end delay* dan *routing overhead (RO)*. Jumlah node yang digunakan dalam simulasi dimulai dari 50, 100, dan 150 node. Dari simulasi yang dilakukan didapatkan bahwa performa *GPSR* modifikasi dibandingkan dengan *GPSR* tradisional mengalami peningkatan nilai *PDR* sebesar 72%, tetapi terjadi peningkatan pada nilai *end to end delay* sebesar 1118% dan peningkatan nilai *RO* sebesar 0.6%.

Kata Kunci: *GPSR*, *greedy forwarding*, *local maximum*, *overlay network*, *Virtual anchor point*.

ABSTRACT

VANETs (Vehicle ad-hoc networks) is a technology used for communication between vehicles. *Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR)* is a routing protocol that has good performance in the *VANETs*. The *GPSR* protocol has a weakness as when the next-hop node experiences a maximum local state, it is when the next-hop node cannot send packets to the next-hop node because there are no nodes in the vicinity that have the closest position to the destination node or all the closest nodes have ever received the packet. To solve this situation, the *GPSR* protocol was modified with the concept of an *overlay network*. The *overlay network* is applied using *route discovery* process of *dynamic source routing (DSR)*. The results of this process will be a reference to the search for *virtual anchor points (VAP)*. The *VAP* is useful for changing the reference position of the destination node in the *greedy forwarding* method. The next-hop node selection applies the optimum area method. The simulation results are measured based on the value of *packet delivery ratio (PDR)*, *end to end delay* and *routing overhead (RO)*. The number of nodes used in the simulation starts from 50, 100, and 150 nodes. From the simulation, it was found that the real modified *GPSR* performance compared to traditional *GPSR* had an increase in *PDR* value by 72%, but an increase in *end to end delay* value by 1118% and an increase in *RO* value by 0.6%.

Keywords: *GPSR*, *greedy forwarding*, *local maximum*, *overlay network*, *Virtual anchor point*.

I. PENDAHULUAN

VANETs (*Vehicular Ad-hoc Networks*) memiliki beberapa karakteristik unik seperti mobilitas kendaraan yang tinggi, jarak transmisi yang terbatas, kepadatan lalu lintas, tidak ada batasan energi dan posisi kendaraan yang dapat diprediksi. Dengan karakteristik tersebut, banyak peneliti mengembangkan berbagai protokol *routing* untuk meningkatkan kinerja komunikasi pada lingkungan *VANETs*. Algoritma *routing* pada *VANETs* dapat dikategorikan menjadi 5 kategori, *topology-based routing*, *position-based (geography-based) routing*, *traffic-aware routing*, *cluster-based routing* dan *broadcast-based (multicast, geocast) routing*.

Dalam perkembangannya, kategori *routing* pada *VANETs* berdasarkan posisi tiap *node* atau yang sering disebut dengan *position-based hybrid routing protocol* merupakan protokol *routing* terbaik dikarenakan sebelum melakukan pengiriman, node sumber dapat mengetahui dan memprediksi posisi, kecepatan dan informasi jalan node lain sehingga dapat dipastikan paket yang dikirim oleh *node* sumber dapat diterima oleh *node* tujuan dan begitu pun sebaliknya. Dibalik keuntungannya, protokol *routing* berbasis posisi memiliki kelemahan ketika *node* mengalami masalah *local maximum*, dimana *node* tidak dapat mengirim paket ke *node* selanjutnya karena tidak ada *node* di sekitar yang memiliki posisi terdekat dengan *node* tujuan atau semua *node* di sekitar sudah pernah menerima paket tersebut [1].

Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR) merupakan salah satu protokol *routing* berdasarkan posisi tiap *node* yang ditujukan untuk lingkungan VANETs. GPSR menggunakan metode *greedy forwarding* dalam melakukan pengiriman maupun penerusan paket. Metode ini bekerja dengan aturan bahwa *node* selanjutnya akan dipilih berdasarkan jarak terdekat dengan *node* tujuan, namun hal ini dapat menyebabkan keadaan *local maximum* seperti pada protokol berdasarkan posisi lainnya. GPSR memiliki metode *recovery* apabila terjadi keadaan *local maximum*, yaitu metode *perimeter forwarding*. Metode *perimeter forwarding* melakukan penerusan paket berdasarkan arah jarum jam, sehingga tidak terjadi paket yang hilang dalam topologi. Metode ini dianggap kurang efektif karena dapat meningkatkan *delay* pengiriman paket dan meningkatkan jumlah *routing* paket dalam pengiriman serta rute yang dibentuk tidak efektif [2].

Selain permasalahan *local maximum* pada *greedy forwarding*, pemilihan *node* selanjutnya dengan berdasarkan jarak terdekat dengan *node* tujuan dapat menyebabkan kegagalan pengiriman paket dikarenakan transmisi yang terbatas. Beberapa protokol *routing* berdasarkan posisi berkembang untuk mengatasi kelemahan keadaan *local maximum*, meminimalisir penggunaan metode *perimeter forwarding* serta permasalahan jarak transmisi. Salah satunya adalah protokol *routing Landmark Overlays for Urban Vehicular Routing Environment* (LOUVRE). Protokol ini membangun sebuah *overlay network* yang ditentukan secara apriori [3]. *Overlay network* didapatkan dengan *overlay link* dengan memeriksa apakah kepadatan node lebih tinggi dari ambang batas atau tidak [4]. Kepadatan *node* didapatkan dengan menghitung jumlah *node* pada suatu segmen, lantas disimpan pada daftar kepadatan *node* dan akan dikirim ke semua *node tetangga*. Saat *node* menerima pesan tersebut, *node* tidak hanya menambahkan *node ID* sumber paket tersebut, tetapi juga memperbarui informasi kepadatan [5]. Metode ini mampu memastikan bahwa arah pemilihan *node* selanjutnya pada suatu segmen jalan yang padat dan mampu mengurangi kegagalan paket dan penggunaan metode *perimeter forwarding*.

Dari beberapa penjelasan diatas, mendorong penulis melakukan pengembangan terhadap GPSR tradisional dengan konsep *overlay network* untuk mengatasi kelemahan GPSR tradisional dalam menghadapi kondisi *local maximum*. Uji coba dan analisa akan dilakukan dengan menggunakan peta perumahan wisma permai Mulyosari Surabaya dan menggunakan 3 varian jumlah *node* sebagai representasi tingkat kepadatan suatu lingkungan VANETs. Simulasi menggunakan NS-2.35 sebagai simulator dan JSOM serta SUMO sebagai pembentuk skenario simulasi.

Penelitian ini ditulis dengan sistematika sebagai berikut: Bab 2 mendeskripsikan tentang studi literatur yang terfokus pada penelitian sebelumnya pada pengembangan GPSR serta pengembangan metode baru pada protokol *routing* lain dan beberapa topik yang terkait dengan penelitian ini. Bab 3 berisi tentang penjelasan metode yang digunakan untuk merepresentasikan konsep *overlay network* pada protokol GPSR. Bab 4 berisi tentang pengujian yang dilakukan pada makalah ini. Bab 5 diisi dengan evaluasi dari simulasi yang dilakukan dan terakhir kesimpulan yang ditarik dari seluruh penjelasan sebelumnya yang berada pada Bab 6.

II. STUDI LITERATUR

A. Penelitian Terkait

Protokol *routing* berbasis posisi memiliki beberapa pengembangan dengan metode yang variatif untuk mengatasi kelemahan kinerja protokol. Beberapa penelitian sebelumnya juga terkait bagaimana mengatasi keadaan *local maximum* dan pencarian area optimum pada proses pemilihan *node* selanjutnya. Fokus pada penelitian ini adalah pengembangan metode *greedy forwarding* dengan menggunakan titik maya atau *node* statis sebagai representasi dari *overlay network*. Penggunaan konsep *overlay network* pada protokol *routing* berbasis posisi telah diterapkan, antara lain pada protokol *routing Landmark Overlay for Urban Vehicular Routing Environment* (LOUVRE) dan *Anchor-based Connectivity Aware Routing* (ACAR). Perbedaan dari kedua protokol tersebut adalah peletakan titik-titik maya sebagai representasi konsep *overlay network*. Pada protokol LOUVRE, titik *overlay* diletakan secara apriori sedangkan pada protokol ACAR titik di letakan di setiap persimpangan [6]. Titik *overlay* pada kedua protokol tersebut memiliki tugas yang sama untuk menentukan pemilihan *node* selanjutnya berdasarkan tingkat kepadatan dan perubahan mobilitas *node*.

Selain menggunakan metode *overlay network*, terdapat beberapa protokol *routing* berbasis posisi yang memanfaatkan sebuah *anchor* atau *node* yang dapat bersifat statis maupun dinamis. Beberapa protokol *routing* yang berbasis posisi dan *anchor* antara lain *Anchor-based Street and Traffic Aware Routing* (A-STAR), *Greedy Perimeter Coordinating Routing* (GPCR) dan *Greedy Traffic Aware Routing* (GyTAR). A-STAR merupakan salah satu protokol *routing* berdasarkan posisi *node*. Protokol ini menggabungkan informasi posisi dan informasi peta, dapat mengevaluasi kemampuan komunikasi jaringan setiap jalan dengan jumlah *node* di jalan [7]. Pencarian rute dilakukan dengan kesadaran lalu lintas berdasarkan informasi peta secara statis dan dinamis. Peta statis digunakan untuk mengetahui rute *node* di daerah perkotaan dan peta dinamis digunakan untuk mengukur informasi lalu lintas terbaru. Kedua peta tersebut menghasilkan *anchor* sebagai acuan pengiriman paket. Jalur optimal dipilih menggunakan algoritma Dijkstra. Protokol A-STAR mengusulkan teknik baru untuk proses pemulihan, yaitu ketika

jalan mencapai keadaan *local maximum*, sementara itu ditandai sebagai *out of services*, lantas pada tahap ini komunikasi tidak dilakukan, lalu A-STAR membangun *anchor* jalur baru untuk komunikasi [8].

Pada GPCR, protokol *routing* mengambil keuntungan dari grafik planar alami antara jalan dan persimpangan [9]. Protokol ini terdiri dari dua bagian, yaitu metode *greedy forwarding* yang terbatas, yang meneruskan pesan ke *node* di persimpangan dan metode *recovery*, yang didasarkan pada topologi jalan dan persimpangan dunia nyata [10]. Metode *greedy forwarding* yang terbatas mengikat *node* pembawa paket untuk meneruskan paket ke *node anchor* yang terletak di setiap persimpangan daripada mengirimnya melintasi persimpangan [11]. Setelah paket mencapai *node anchor*, paket ini akan ditransmisikan dengan metode *greedy forwarding* yang terbatas mencapai tujuan. Namun, jalan berikutnya yang akan diambil ditentukan tanpa mempertimbangkan apakah ada cukup banyak *node* di jalan [12]. *Node anchor* akan mengalami kondisi *local maximum* ketika tidak dapat meneruskan paket. Metode *recovery* yang ditawarkan adalah dengan menggunakan *perimeter forwarding*. GPCR tidak mempertimbangkan kasus kepadatan kendaraan rendah saat melakukan *routing* dan tidak mempertimbangkan status tautan saat meneruskan paket-paket yang dapat mengakibatkan hilangnya paket yang berlebihan.

Berbeda dengan protokol *routing* A-STAR dan GPCR, protokol *routing* GyTAR mampu memilih *anchor* secara dinamis berdasarkan faktor skor persimpangan maksimum (S_j) dengan (1).

$$S_j = \alpha * T_j + \beta * D_j \quad (1)$$

dengan:

S_j = Skor persimpangan maksimum

α = Nilai bobot dari faktor pertama

β = Nilai bobot dari faktor kedua

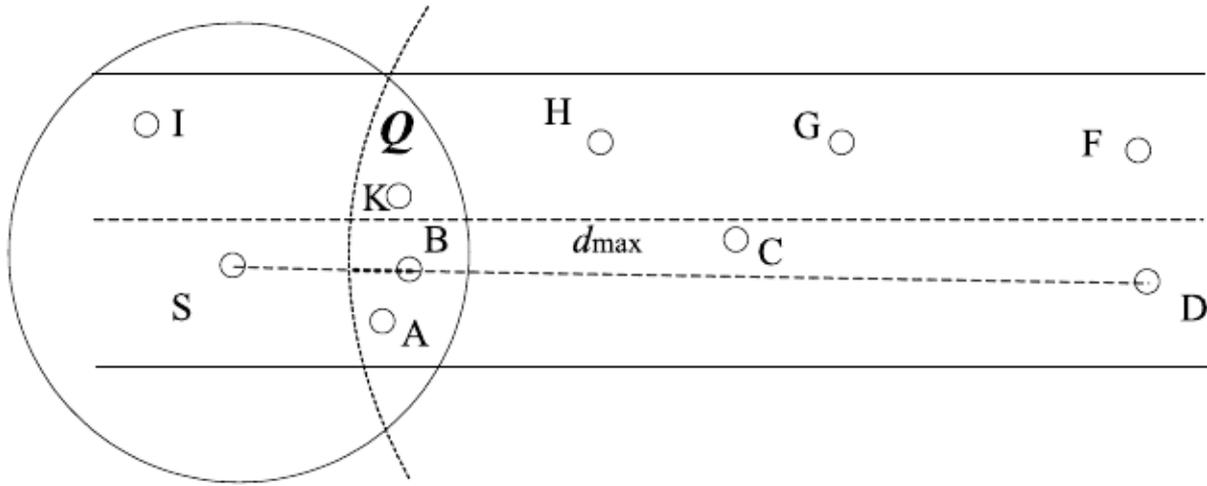
T_j = Kepadatan lalu lintas

D_j = Jarak metrik kurva

Setelah mendapat kan bobot persimpangan, maka *node* akan melakukan penerusan paket dengan metode *improved greedy forwarding* dimana *node* pengirim memperkirakan lokasi saat ini dari tetangga mereka, sebelum memilih penerusan berikutnya dan menggunakan informasi vektor kecepatan yang dipertukarkan dalam pesan *beacon*. Ketika metode *improved greedy forwarding* mengalami kondisi *local maximum* maka metode *recovery* yang ditawarkan oleh GyTAR adalah dengan menggunakan metode *carry-and-forwards* [13]. Kelebihan pada protokol ini adalah protokol yang adaptif dalam lingkungan dengan mobilitas yang tinggi, perubahan topologi yang cepat dan sering terjadinya fragmentasi jaringan.

Selain mengganti acuan posisi tujuan dengan konsep *overlay network* maupun konsep berbasis *anchor*, terdapat metode pemilihan *node* penerus dengan pembatasan *broadcast* paket yaitu metode *Preferred Group Broadcast* (PGB). Metode ini berguna untuk mengurasi *broadcast packet* dalam proses pencarian rute dan menjaga kestabilan rute serta memiliki kemampuan untuk memperbaiki rute yang ada [14]. Salah satu protokol *routing* yang menerapkan metode PGB adalah *Connectivity Aware Routing* (CAR). Pada protokol ini, PGB dikombinasikan dengan metode *Advance Greedy Forwarding* (AGF) serta metode *guards* yang berfungsi untuk menjaga dan memperbarui informasi kendaraan dalam suatu zona. Terdapat 2 jenis *guards*, yaitu *standing guards* dan *travelling guards* [15]. *Standing guards* merepresentasikan informasi keadaan sementara pada suatu area tertentu, sedangkan *travelling guards* merepresentasikan informasi kecepatan, posisi dan radius. CAR bekerja dengan cara *node* sumber melakukan *broadcast* pesan *request* ke semua tetangganya untuk menemukan rute ke tujuan. Untuk memperkirakan konektivitasnya, setiap *node* yang melakukan penerusan paket ke tujuan akan memperbarui jumlah hop, rata-rata dan jumlah minum tetangga. Setelah paket *request* sampai pada *node* tujuan, maka *node* tujuan akan menentukan rute optimal berdasarkan tingkat konektivitas rute dan akan mengirimkan paket *reply* ke *node* sumber. Meskipun CAR menangani masalah konektivitas, informasi yang dikumpulkan tentang jumlah *node* tidak dapat memastikan konektivitas di segmen jalan individu di sepanjang jalur rute karena konektivitas tergantung pada jumlah *node* dan topologinya [16].

Dalam pemilihan *node* selanjutnya, terdapat batasan radius transmisi setiap *node* yang dapat mempengaruhi kegagalan penerusan paket. Pada penelitian Yang dkk tahun 2018 [17] mampu memodifikasi metode *greedy forwarding* pada GPSR dengan menambahkan pencarian radius optimum dalam pemilihan *node* selanjutnya.



Gambar 1. Pencarian area komunikasi optimum (Q).

Solusi yang diberikan adalah dengan menambahkan 2 parameter pada proses *greedy forwarding*, yaitu durasi komunikasi kumulatif (T) dalam satuan detik dan area komunikasi Optimum (Q). Pada Gambar 1, terdapat lingkaran kecil yang merepresentasikan radius dari *node* sumber, yakni *node* S yang memiliki posisi koordinat (x_S, y_S) . *Node* S mencoba mengirim paket ke *node* tujuan, yakni *node* D yang memiliki posisi koordinat (x_D, y_D) . Pada proses *greedy forwarding*, maka *node* S akan memilih *node* yang memiliki jarak terdekat ke *node* D, yaitu *node* B dengan posisi koordinat (x_B, y_B) , maka dapat dihitung jarak antar node dengan menggunakan (2), (3) dan (4).

$$d_{BD} = \sqrt{(x_D - x_B)^2 + (y_D - y_B)^2} \tag{2}$$

dengan:

- d_{BD} = jarak antara *node* B dengan *node* D
- x_D, y_D = titik koordinat *node* D
- x_B, y_B = titik koordinat *node* B

$$d_{SB} = \sqrt{(x_S - x_B)^2 + (y_S - y_B)^2} \tag{3}$$

dengan:

- d_{SD} = jarak antara *node* S dengan *node* D
- x_S, y_S = titik koordinat *node* S
- x_B, y_B = titik koordinat *node* B

$$d_{max} = d_{BD} + \lambda * d_{SB} \tag{4}$$

dengan:

- d_{max} = jarak maksimum
- d_{BD} = jarak antara *node* B dengan *node* D
- d_{SD} = jarak antara *node* B dengan *node* D
- $\lambda \in [0, 1]$

Penentuan nilai λ akan mempengaruhi ukuran Q. Ketika λ terlalu besar, Q akan menjadi lebih besar, maka simpul di dekat S lebih mudah dipilih sebagai hop berikutnya di Q, tetapi jumlah hop untuk menuju *node* D dapat meningkat. Ketika λ terlalu kecil, Q akan menjadi lebih kecil, maka *node* di dekat *node* D lebih mudah dipilih sebagai lompatan berikutnya di Q, jarak dari *node* S ke *node* yang dipilih bias menghasilkan *delay* yang lebih lama dan stabilitas *link* bisa menjadi lebih buruk, menyebabkan meningkatnya jumlah paket yang hilang. Dengan melakukan beberapa percobaan, persamaan ini memiliki kinerja yang layak dalam *greedy forwarding* ketika λ diatur ke 0,3. Area yang beririsan dari dua lingkaran, lingkaran *node* D sebagai pusat dan d_{max} sebagai jari-jari, dan lingkaran lainnya dengan *node* S sebagai pusat dan jarak komunikasi maksimum sebagai jari-jari, didefinisikan sebagai area komunikasi optimum. Masing-masing *node* dalam Q tidak hanya dekat dengan *node* tujuan tetapi juga dalam jangkauan komunikasi *node* S, dan cocok untuk dipilih sebagai *node* berikutnya dari *node* S.

III. METODE

Dalam penelitian ini GPSR tradisional akan dimodifikasi dengan konsep *overlay network*. Terdapat 2 perubahan yang dilakukan yaitu adanya proses pencarian *virtual anchor point (VAP)* yang dilakukan sebelum pengiriman paket dan modifikasi *greedy forwarding* dengan acuan radius optimal dan VAP dalam pemilihan *node* selanjutnya. Alur perancangan pengiriman data secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2. Alur tersebut merupakan modifikasi terhadap alur standar pengiriman data pada protokol GPSR.



Gambar 2. Diagram alur pengiriman paket.

Virtual Anchor Point (VAP) adalah sebuah representasi dari konsep *overlay network* dimana berupa titik maya yang didapatkan dari proses pencarian rute yang diinisiasi sebelum pengiriman paket dilakukan. Proses tersebut pada layer aplikasi jaringan. VAP akan digunakan sebagai acuan dalam memilih *node* selanjutnya oleh metode *greedy forwarding*. Pada proses awal, *node* sumber akan mengirimkan paket *request* menuju *node* tujuan dengan konsep *route discovery* milik protokol *routing dynamic source routing* (DSR), yaitu berdasarkan konektivitas *node* pada lingkungan simulasi. Setelah paket *request* sampai pada *node* tujuan, maka *node* tujuan akan mengirimkan paket *reply* ke *node* sumber, paket ini bertugas membentuk rute VAP, syarat terbentuknya VAP adalah sebagai berikut:

- 1) Posisi *node* dengan 2 *node* sebelumnya relatif tidak linear.
- 2) Apabila posisi *node* dengan 2 dalam keadaan ketidaksamaan segitiga maka virtual anchor point didapatkan dengan mencari titik tengah antara *node* dengan *node* kedua sebelumnya.

Persamaan (5) merupakan formula ketidaksamaan segitiga. Perhitungan diawali dengan mendapatkan jarak antara *node* dengan dua *node* sebelumnya serta jarak kedua *node* sebelumnya.

$$r \leq p + q \tag{5}$$

dengan:

r = jarak antara *node* dengan *node* kedua sebelumnya

p = jarak antara *node* dengan *node* sebelumnya

q = jarak antara kedua *node* sebelumnya.

Formula jarak menggunakan *euclidean distance* dan ditunjukkan pada (6). Apabila jarak *node* dengan *node* kedua sebelumnya lebih kecil daripada jumlah jarak *node* dengan *node* sebelumnya dan jarak kedua *node* sebelumnya, maka dapat diidentifikasi bahwa *node* tersebut mengalami ketidaksamaan segitiga. Setelah itu, maka akan melakukan perhitungan koordinat VAP menggunakan rumus titik tengah antara 2 titik dan ditunjukkan pada (7).

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{6}$$

dengan:

X₁ = titik koordinat X *node* pertama

X₂ = titik koordinat X *node* kedua

Y₁ = titik koordinat Y *node* pertama

Y₂ = titik koordinat Y *node* kedua

$$VAP = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right) \tag{7}$$

dengan:

X₁ = titik koordinat X *node* pertama

X₂ = titik koordinat X *node* kedua

Y₁ = titik koordinat Y *node* pertama

Y₂ = titik koordinat Y *node* kedua

Berdasarkan *virtual anchor point* yang didapatkan sebelumnya, maka saat melakukan *greedy forwarding*, *node* tujuan tidak menjadi acuan arah pengiriman paket, namun *node* sumber atau *node* perantara akan memilih *node* yang memiliki jarak terdekat dengan *virtual anchor point* terdekat yang berada pada radius optimal. Radius optimal (*d_{max}*) didapatkan dengan (8).

$$d_{max} = d_{pVap} + \lambda * d_{SP} \tag{8}$$

dengan:

d_{max} = Radius optimal

d_{pVap} = jarak antara *node* perantara dengan *virtual anchor point* terdekat

Λ = 0.3

d_{SP} = jarak antara *node* sumber dengan *node* perantara

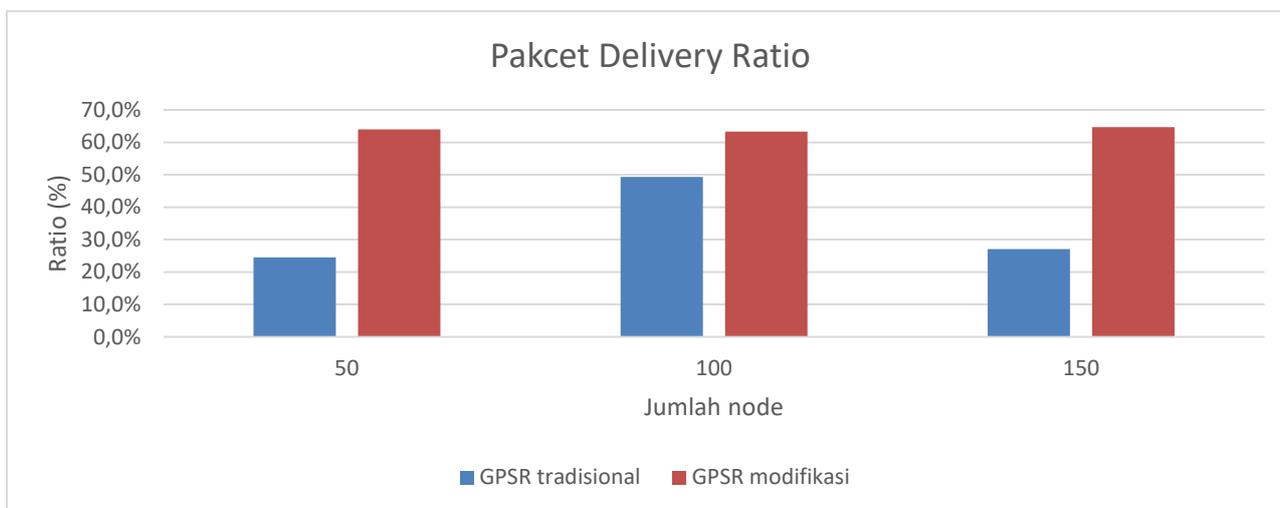
Penghitungan jarak menggunakan persamaan *euclidean distance* karena pada lingkungan VANETs penelitian ini tidak memperhitungkan adanya halangan (*obstacle*).

TABEL I
PARAMETER SIMULASI.

No.	Parameter	Spesifikasi
1	CPU	Core i7-8550U
2	RAM	8 GB
3	Jumlah Kendaraan	50, 100, 150
4	Radius Transmisi	200m
5	Kecepatan Maksimal	55 Km/jam
6	<i>Node</i> pengirim dan <i>node</i> tujuan	Posisi statis
7	Ukuran Paket	512 Bytes

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN RATA-RATA PDR (%) SKENARIO *REAL*.

Jumlah Node	PDR GPSR		selisih
	tradisional	modifikasi	
50	24.5	64.0	39.5
100	49.3	63.3	14
150	27.1	64.7	7.6



Gambar 3. Grafik PDR skenario *real*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

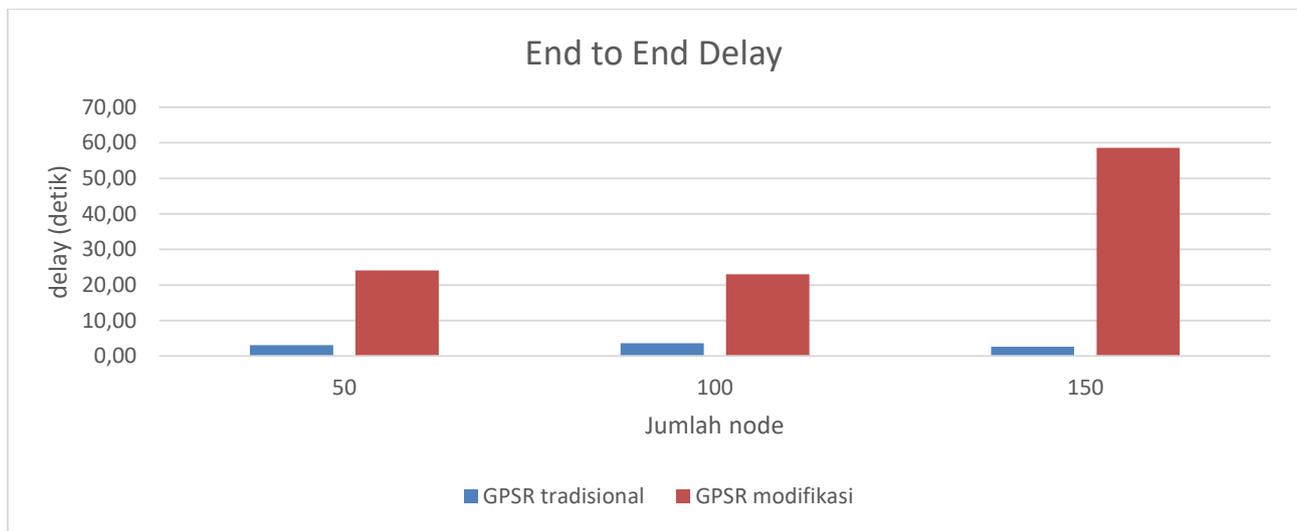
Pengujian berupa simulasi dilakukan dengan menggunakan *network simulator* versi 2.35. Jumlah node yang digunakan selama simulasi bervariasi, dimulai dari 50 sebagai representasi dari lingkungan dengan kepadatan rendah, 100 sebagai representasi dari lingkungan dengan kepadatan sedang, hingga 150 node sebagai representasi dari lingkungan dengan kepadatan tinggi. Parameter simulasi seperti ditunjukkan oleh Tabel I.

A. *Packet Delivery Ratio (PDR)*

Gambar 3 merupakan grafik perbandingan PDR antara protokol GPSR tradisional dengan protokol GPSR modifikasi. Hasil perhitungan rata-rata dan selisih nilai PDR dari skenario *real* dengan penambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel II.

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa PDR protokol GPSR modifikasi memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan protokol GPSR tradisional dengan peningkatan performa yang signifikan. Hal ini disebabkan adanya area *void* yang tidak terdapat *node*. Walaupun jarak transmisi tiap node adalah 200 meter, namun metode GPSR tradisional yang menerapkan posisi tujuan menjadi acuan dalam pemilihan *node* selanjutnya menyebabkan seringnya paket yang gagal terkirim. Kegagalan paket terkirim pada GPSR tradisional disebabkan karena *node* yang bertugas meneruskan paket mengalami kondisi *local maximum*. GPSR modifikasi dapat menghindari *node* dengan keadaan *local maximum* yang memiliki posisi di dekat area *void* dalam pemilihan *node* selanjutnya.

Tabel II menunjukkan bahwa GPSR tradisional dan GPSR modifikasi memiliki selisih PDR yang tinggi. Pada lingkungan dengan kepadatan yang rendah atau 50 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata PDR hingga 39,5 atau naik 161% dibandingkan dengan nilai rata-rata PDR GPSR tradisional. Sedangkan pada lingkungan dengan kepadatan yang sedang atau 100 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata PDR hingga 14 atau naik 28% dibandingkan dengan nilai rata-rata PDR GPSR tradisional dan pada lingkungan dengan kepadatan yang tinggi atau 150 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata PDR hingga 7,6 atau naik 28% dibandingkan dengan nilai rata-rata PDR GPSR tradisional. Dari analisa tersebut, maka dapat



Gambar 4. Grafik rata-rata *end to end delay* skenario *real*.

TABEL I
HASIL PERHITUNGAN RATA-RATA *END TO END DELAY* (DETIK) SKENARIO *REAL*.

Jumlah Node	End to End Delay GPSR		selisih
	tradisional	modifikasi	
50	3,13	24,11	20,98
100	3,63	22,99	19,36
150	2,60	58,59	55,99

disimpulkan bahwa GPSR modifikasi memiliki nilai PDR yang lebih tinggi dari pada GPSR tradisional baik di lingkungan dengan kepadatan rendah, kepadatan sedang ataupun kepadatan tinggi.

B. Average End to End Delay

Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan rata-rata *end to end delay* pada protokol GPSR tradisional dan GPSR modifikasi dari skenario *real*, dimana protokol GPSR modifikasi memiliki *delay* yang lebih tinggi. Hasil perhitungan rata-rata dan selisih nilai *end to end delay* dari skenario *real* dengan penambahan jumlah node dapat dilihat pada Tabel III.

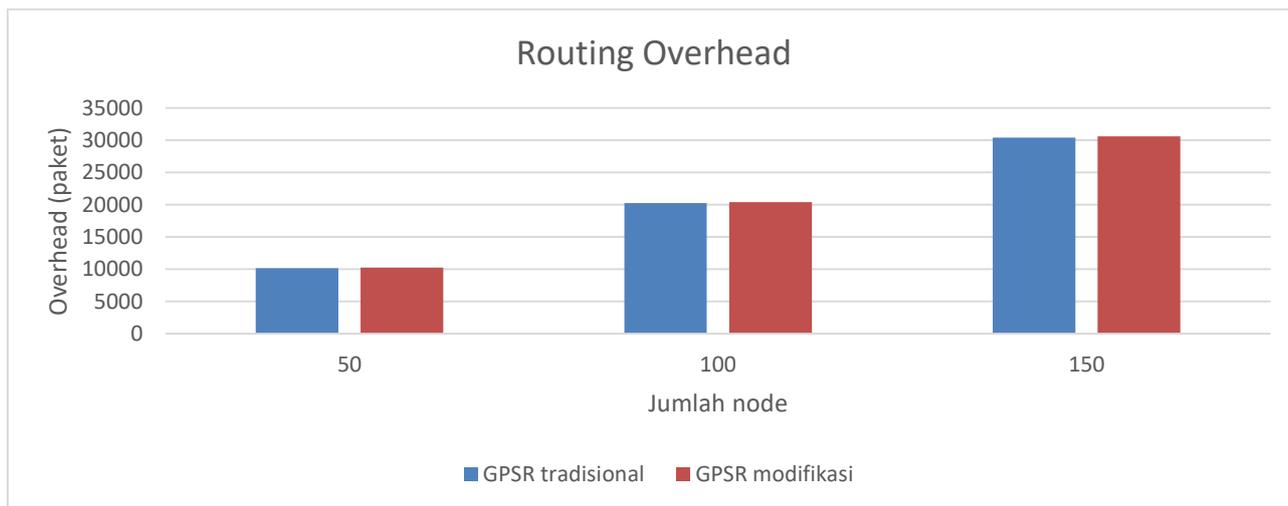
Tabel III menunjukkan bahwa GPSR tradisional dan GPSR modifikasi memiliki selisih *end to end delay* yang tinggi. Pada lingkungan dengan kepadatan yang rendah atau 50 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata *end to end delay* hingga 20,98 atau naik 670% dibandingkan dengan nilai rata-rata *end to end delay* GPSR tradisional. Sedangkan pada lingkungan dengan kepadatan yang sedang atau 100 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata *end to end delay* hingga 19,36 atau naik 533% dibandingkan dengan nilai rata-rata *end to end delay* GPSR tradisional dan pada lingkungan dengan kepadatan yang tinggi atau 150 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata *end to end delay* hingga 55,99 meter per detik atau naik 2153% dibandingkan dengan nilai rata-rata *end to end delay* GPSR tradisional. Dari analisa tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa GPSR modifikasi memiliki nilai *end to end delay* yang lebih tinggi daripada GPSR tradisional di semua lingkungan dengan kepadatan rendah, sedang ataupun tinggi.

Perbedaan yang signifikan ini disebabkan karena pada GPSR tradisional memiliki jumlah paket terkirim cukup rendah, semakin tinggi jumlah *node* maka nilai PDR akan semakin rendah nilai *end to end delay* semakin tinggi. Sedangkan pada GPSR modifikasi dimana protokol berhasil mengirimkan paket yang relatif tinggi dibandingkan GPSR tradisional, sehingga semakin tinggi nilai jumlah *node* maka nilai PDR semakin tinggi dan nilai rata-rata *end to end delay* semakin tinggi.

C. Routing Overhead (RO)

Gambar 5 menunjukkan grafik perhitungan rata-rata *routing overhead* pada skenario *grid* dimana nilai RO linear naik mengikuti naiknya jumlah *node* pada simulasi baik pada GPSR tradisional maupun GPSR modifikasi. Hal ini disebabkan pada GPSR tradisional maupun GPSR modifikasi tidak adanya metode perbaikan rute yang gagal sehingga tidak berdampak pada kenaikan jumlah RO.

Tabel IV menunjukkan bahwa GPSR tradisional dan GPSR modifikasi memiliki selisih RO yang kecil. Pada lingkungan dengan kepadatan yang rendah atau 50 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata RO hingga 78 atau naik 0,7% dibandingkan dengan nilai rata-rata RO GPSR tradisional. Sedangkan pada lingkungan dengan kepadatan yang sedang atau 100 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata RO hingga 111 atau naik 0,5% dibandingkan dengan nilai rata-rata RO GPSR tradisional dan pada lingkungan dengan kepadatan yang tinggi atau 150 *node*, GPSR modifikasi mendapatkan selisih nilai rata-rata RO hingga 187 atau naik 0,6%



Gambar 5. Grafik rata-rata RO skenario real.

TABEL II
HASIL PERHITUNGAN RATA-RATA RO (PAKET) SKENARIO REAL.

Jumlah Node	RO GPSR		selisih
	tradisional	modifikasi	
50	10161	10239	78
100	20284	20395	111
150	30406	30593	187

dibandingkan dengan nilai rata-rata *end to end delay* GPSR tradisional. Dari analisa tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa GPSR modifikasi mengalami kenaikan nilai RO yang tidak signifikan dibandingkan dengan GPSR modifikasi di semua lingkungan dengan kepadatan rendah, sedang ataupun tinggi. Hal ini disebabkan GPSR modifikasi memiliki metode pencarian *Virtual Anchor Point (VAP)* sebelum melakukan pengiriman paket pertama. Metode tersebut membutuhkan paket *Route Request (RREQ)* dan *Route Reply (RREP)*. Kedua tipe paket tersebut termasuk dalam perhitungan RO.

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan modifikasi terhadap GPSR tradisional dengan konsep overlay network. Evaluasi dilakukan dengan melakukan perbandingan GPSR modifikasi dengan GPSR tradisional pada kenaikan nilai rata-rata *packet delivery rasio (PDR)*, nilai rata-rata *end to end delay* dan *routing overhead (RO)*. Berdasarkan uji coba yang dilakukan pada skenario real performa GPSR modifikasi dibandingkan dengan GPSR tradisional mengalami peningkatan nilai rata-rata *packet delivery rasio (PDR)* sebesar 72%, tetapi terjadi peningkatan pada nilai rata-rata *end to end delay* sebesar 1118% dan peningkatan nilai rata-rata *routing overhead (RO)* sebesar 0,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Liu, J. Wan, Q. Wang, P. Deng, K. Zhou, dan Y. Qiao, "A survey on position-based routing for vehicular ad hoc networks," *Telecommun. Syst.*, vol. 62, no. 1, hal. 15–30, 2016.
- [2] N. H. Khunt, T. M. Kodinariya, dan S. S. Sharma, "An Enhance Approach of Route Selection Technique of GPSR using Multi-Path Mechanism over MANET," vol. 6, no. 5, hal. 4721–4723, 2016.
- [3] S. Khan, "Geometry-Predicting Communication Protocols for Car2X Applications," Carl von Ossietzky University, 2017.
- [4] D. P. Dora, S. Kumar, dan M. Joshi, "Impact of traffic signal on connectivity in intersection based connectivity aware geocast routing (IB-CAGR) in VANETs," 3rd Int. Conf. Signal Process. Integr. Networks, SPIN 2016, hal. 4–8, 2016.
- [5] W. Wang, T. Luo, dan Y. Hu, "Landmark-based routing using real-time urban traffic information in VANET," 2016 2nd IEEE Int. Conf. Comput. Commun. ICC 2016 - Proc., hal. 2193–2197, 2017.
- [6] B. Pete dan P. Jaini, "Continuous connectivity aware routing in VANET using hybrid protocol," 2nd Int. Conf. Electron. Commun. Syst. ICECS 2015, no. Icecs, hal. 223–226, 2015.
- [7] H. Qin dan C. Yu, "A road network connectivity aware routing protocol for Vehicular Ad Hoc Networks," 2017 IEEE Int. Conf. Veh. Electron. Safety, ICVES 2017, hal. 57–62, 2017.
- [8] Balasubramani, L. Karthikeyan, dan V. Deepalakshmi, "Comparison study on non-delay tolerant routing protocols in vehicular networks," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 50, hal. 252–257, 2015.
- [9] O. S. Oubbati, A. Lakas, F. Zhou, M. Güneş, N. Lagraa, dan M. B. Yagoubi, "Intelligent UAV-assisted routing protocol for urban VANETs," *Comput. Commun.*, vol. 107, hal. 93–111, 2017.
- [10] A. M. Abdalla, "Performance evaluation for a unicast Non Delay Tolerant position based routing protocols in VANETs," *Int. J. Sci. Res. Manag.*, vol. 5, no. 12, hal. 7751–7757, 2017.
- [11] I. Abbasi, A. Khan, dan S. Ali, "Dynamic Multiple Junction Selection Based Routing Protocol for VANETs in City Environment," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 5, hal. 687, 2018.

- [12] S. B. Lahlah, F. Semchedine, L. Bouallouche Medjkoune, dan N. Farhi, "PSCAR: a proactive-optimal-path selection with coordinator agents assisted routing for vehicular ad hoc networks," *Int. J. High Perform. Comput. Netw.*, vol. 11, no. 2, hal. 129, 2016.
- [13] N. Alsharif dan X. Shen, "ICAR-II: Infrastructure-based connectivity aware routing in vehicular networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 66, no. 5, hal. 4231–4244, 2017.
- [14] S. Boussofah-Lahlah, F. Semchedine, dan L. Bouallouche-Medjkoune, "Geographic routing protocols for Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETs): A survey," *Veh. Commun.*, vol. 11, hal. 20–31, 2018.
- [15] N. Goel, G. Sharma, dan I. Dhyani, "A study of position based VANET routing protocols," *Proceeding - IEEE Int. Conf. Comput. Commun. Autom. ICCCA 2016*, hal. 655–660, 2017.
- [16] F. Goudarzi, H. Asgari, dan H. S. Al-Raweshidy, "Traffic-aware VANET routing for city environments-a protocol based on ant colony optimization," *IEEE Syst. J.*, vol. 13, no. 1, hal. 571–581, 2019.
- [17] X. Yang, M. Li, Z. Qian, dan T. Di, "Improvement of GPSR Protocol in Vehicular Ad Hoc Network," *IEEE Access*, vol. 6, hal. 39515–39524, 2018.