

STUDI KINERJA GREEDY PERIMETER STATELESS ROUTING BERBASIS OVERLAY NETWORK PADA VANET

Faishal H. Saputra¹⁾, Radityo Anggoro²⁾, dan Supeno Djanali³⁾

^{1, 2, 3)}Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

Departemen Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi

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

ABSTRAK

GPSR merupakan protokol routing geografis yang bekerja menggunakan informasi lokasi node tetangga dan jangkauan transmisi ke lokasi node tujuan terdekat. Namun, GPSR tidak selalu menemukan rute yang optimal, karena tidak semua node yang terdekat dapat meneruskan paket menuju tujuan khususnya skenario lalu lintas padat dan banyak persimpangan. Kami mengusulkan route discovery protokol Dynamic Source Routing (DSR) untuk memastikan rute yang dikirimkan paket data memiliki ketersediaan yang tinggi. Selain itu kami juga mengusulkan overlay network dengan menyimpan titik lokasi persimpangan yang dilalui pada saat proses route discovery sehingga proses pengiriman data nantinya dapat diandalkan dengan tidak selalu mengacu pada intermediate node namun pada titik lokasi yang disimpan. Untuk menganalisa usulan kami dengan membandingkan performa GPSR modifikasi dan GPSR konvensional seperti packet delivery ratio, end-to-end delay dan routing overhead pada skenario berbeda dengan memvariasikan jumlah node dan kecepatan node menggunakan simulator NS2. Hasil simulasi menunjukkan pendekatan yang kami usulkan meningkatkan packet delivery ratio 11.25% dan mereduksi 197.08 paket routing overhead pada kecepatan 10 m/s.

Kata Kunci: DSR, GPSR, network, overlay, VANET

ABSTRACT

GPSR is a geographic routing protocol that works using the neighbour node location information and transmission range to the location of the closest destination node. However, GPSR does not always find an optimal route, not all nearby nodes can forward packets to destinations, especially heavy traffic scenarios and many intersections. In this study, we propose a route discovery protocol Dynamic Source Routing (DSR) to ensure the route to send data packets have high availability. In addition, we also proposed the concept of overlay network by storing location where the intersection is passed during the route discovery process, data transmission process can be rendered by not referring intermediate node but refers to the location of the stored point. To analyze our proposals by comparing the performance of GPSR modifications and GPSR conventional such as packet delivery ratio, end-to-end delay and routing overhead in different scenarios by varying the node and node speed using the NS2 simulator. The simulation results show that our proposed approach increases the packet delivery ratio by 11.25% and reduces 197.08 routing overhead packets at speed 10 m/s.

Keywords: DSR, GPSR, network, overlay, VANET

I. PENDAHULUAN

VANET merupakan bagian penting dalam penerapan ITS (*Intelligent Transportation System*) [1]. VANET sebuah teknologi yang dikembangkan dari *Mobile Ad Hoc Network* (MANET), dimana objeknya adalah kendaraan yang bergerak saling berkomunikasi tanpa membutuhkan pengaturan infrastruktur tersentral atau *server* sehingga membentuk sebuah topologi yang dinamis dengan mobilitas tinggi [2-3]. Teknologi VANET yang menggunakan standar IEEE 802.11p mempunyai banyak manfaat untuk mengurangi resiko seperti kecelakaan dengan menggunakan komunikasi *ad-hoc* antar kendaraan [4], kemudian mengatur trafik lalu lintas kendaraan yang ada di perempatan jalan [5].

On Board Unit (OBU) yang terpasang di setiap kendaraan berfungsi untuk saling bertukar informasi seperti posisi, waktu, *header*, kecepatan dan arah dengan *node* tetangganya [6]. Salah satu routing protokol VANET yang memaksimalkan penggunaan GPS dengan memanfaatkan posisi kendaraan adalah *Greedy Perimeter Stateless Routing* (GPSR). GPSR menggunakan informasi lokasi *geographic node* tetangga terdekat dengan *node* tujuan sebagai perantara pengiriman paket [7]. Mekanisme *forwarding* paket pada GPSR selalu mencari *node* tetangga yang paling dekat dengan tujuan secara *greedy* tanpa tahu apakah *node* tersebut bisa digunakan untuk mengirimkan paket menuju *node* tujuan. Hal ini sangat rawan terjadi kesalahan pemilihan *intermediate node* pada kondisi jalan perkotaan yang ramai dan banyak persimpangan sehingga dapat mengakibatkan proses *greedy forwarding* pada routing protokol GPSR gagal [8].

Protokol *reactive Dynamic Source Routing* (DSR) mempunyai pendekatan *route discovery* dengan membanjiri pesan *route request* (RREQ) secara dinamis pada sebuah jaringan hingga mencapai *node* tujuan, kemudian

merespon pesan *route reply* (RREP) dan membawa informasi rute menuju *node* pengirim [9]. *Route discovery* ini dapat memastikan jalur *node* yang dilewatinya tersedia menuju tujuan dengan menyimpan semua *node* yang dilewatinya sehingga nantinya jika diaplikasikan pada routing GPSR dapat menambah informasi pada saat proses *greedy*. Oleh karena itu, performa GPSR perlu ditingkatkan dengan cara menambahkan metode *route discovery* DSR yang digunakan untuk mencari *availability* rute menuju tujuan sebelum mengirimkan data.

Namun, karena karakteristik VANET yang membuat setiap *node* dapat bergerak secara cepat [10], routing GPSR dengan mengadopsi *route discovery* DSR masih memiliki kelemahan apabila *intermediate node* yang sudah disimpan bergerak berpindah area lain. Oleh karena itu, kami juga mengusulkan *overlay network* yang memanfaatkan proses *route discovery* DSR untuk menyimpan letak posisi tiap persimpangan yang dilewati untuk menjadi referensi setiap *intermediate node* pada saat mengirim data. Sehingga perlu adanya modifikasi pada paket *header* dengan merubah *node* tujuan menjadi setiap titik lokasi persimpangan yang diperoleh pada saat *route discovery* DSR sebelum mencapai *node* tujuan. Dengan menerapkan *route discovery* DSR dan *overlay network* dapat memastikan ketersediaan rute dan dapat mengurangi *routing overhead* karena setiap *node* telah mendapatkan informasi rute yang harus dilaluinya. Pada penelitian ini penulis menggunakan istilah “GPSR modifikasi” pada metode yang diusulkan.

Bagian selanjutnya dari jurnal ini disusun sebagai berikut. Pada Bagian II, kami menyajikan kajian pustaka. Penelitian terkait dengan topik yang dibahas pada jurnal ini pada bagian III. Rincian strategi peningkatan GPSR berdasarkan *overlay network* diilustrasikan pada Bagian IV. Pada Bagian V, analisa skema simulasi membandingkan GPSR modifikasi dan GPSR konvensional. Kemudian kami menyimpulkan dan menunjukkan saran untuk penelitian ke depan pada Bagian VI.

II. KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini menyajikan teori-teori yang terkait dengan penelitian yang sedang dibahas meliputi *routing* GPSR, *route discovery* DSR dan *overlay network*.

A. GPSR

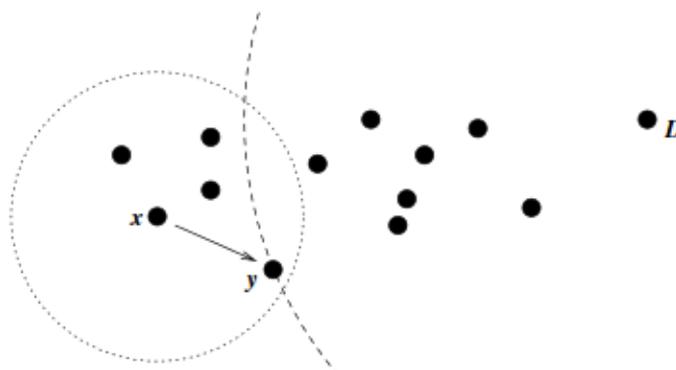
Greedy Perimeter Stateless Routing merupakan *geographical routing protocol* yang menggunakan *position-based routing*, dimana setiap *node* saling mengetahui posisi sendiri dan posisi tetangga terdekatnya. *Routing* protokol GPSR akan mengirimkan *hello message* secara berkala untuk memperbarui informasi lokasi geografis *node* yang masih berada pada jangkauan transmisi [11]. Protokol GPSR menggunakan dua metode untuk melakukan pengiriman paket data, yaitu [7]:

1) *Greedy forwarding*

Greedy forwarding adalah metode utama yang digunakan untuk pengiriman paket data. *Greedy forwarding* akan meneruskan paket data kepada *node* yang paling dekat dengan *destination node*. Pada Gambar 1 *node x* sebagai *node* pengirim menunjuk *node y* sebagai tetangga dan sekaligus perantara pengirim paket karena jarak *node x* yang paling dekat dengan *node D* terus meneruskan melakukan pengiriman paket mencari *node* terdekat hingga mencapai tujuan. Oleh karena itu, diharapkan metode GPSR dapat mencapai tujuan dengan cepat karena selalu mencari *node* yang terdekat dengan tujuan.

2) *Perimeter forwarding*

Perimeter forwarding akan bekerja apabila *greedy forwarding* tidak bisa menemukan *node* yang paling dekat dengan *node* tujuan. Sehingga *perimeter forwarding* akan memanfaatkan *node* di sekitarnya yang dapat mencapai *node* tujuan. Seperti pada Gambar 2 *node X* atau *source node* tidak mempunyai tetangga yang dekat dengan *node* tujuan yaitu *node D*, sehingga *node X* akan memilih *node W* dengan aturan arah jarum jam kemudian dilanjutkan



Gambar 1. Metode *greedy forwarding* (Karp & Kung, 2000)

mengirimkan ke *node V* sebagai pengiriman paket hingga sampai pada *node D*, namun perimeter *forwarding* memiliki kelemahan yaitu memilih jalur yang lebih panjang karena harus melewati banyak *hop* [12].

B. Route Discovery DSR

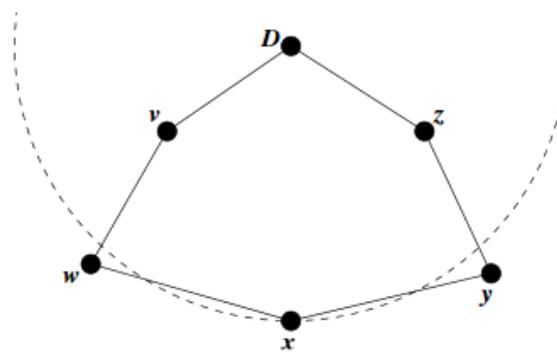
DSR adalah sebuah protokol *routing* jaringan *ad-hoc on-demand*. *On-demand* berarti rute dibangun hanya apabila ada paket data yang akan dikirimkan dan tidak ada konektivitas *hello message* antar *node* yang dilakukan. Karena penemuan rute dilakukan secara *broadcast* maka *node* tidak mengumpulkan informasi topologi jaringan kecuali untuk *route cache*.

DSR memiliki dua mekanisme utama: *route discovery* dan *route maintenance*. *Route discovery* digunakan untuk menemukan rute dari *node* sumber menuju *node* tujuan, sementara *route maintenance* digunakan untuk mengelola (*cache, expired, switch*) rute yang ditemukan sebelumnya [13]. Karena fokus kami adalah pada *route discovery*, maka kami tidak membahas lebih lanjut tentang *route maintenance*.

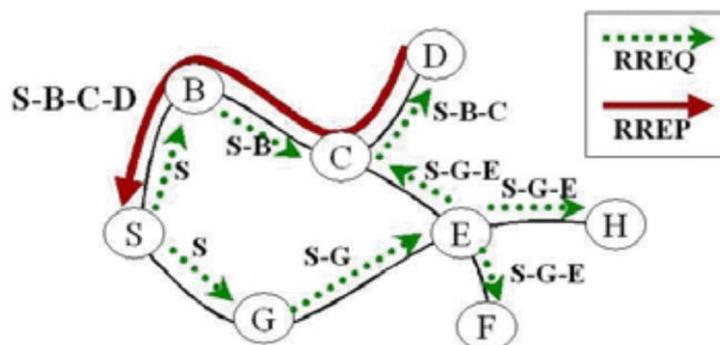
Route discovery terdiri dari dua tahap: *route request* (RREQ) dan *route reply* (RREP), seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pada saat *node* sumber akan mengirimkan paket menuju *node* tujuan dan tidak memiliki rute di *cache* rute-nya, maka *node* sumber akan membroadcast pesan RREQ untuk menemukan rute menuju tujuan. Setiap tetangga yang menerima pesan RREQ akan menambahkan rute di *cache* hingga mencapai *node* tujuan dan apabila ada *node* yang telah mendapatkan RREQ sama dengan id sebelumnya maka paket akan di-*drop*. Proses ini berlanjut sampai penghitung *hop* maksimum terlampaui dan RREQ di-*drop* atau tujuan tercapai. Seperti pada Gambar 3 *node* S (sumber) membroadcast ke semua *node* sehingga menghasilkan beberapa rute seperti S-B-C-D, S-G-E-H, S-G-E-F, S-G-E-C-D. Namun dari hasil *broadcast* jalur S-B-C-D mendapatkan rute tercepat menuju *node* D (tujuan). Tidak seperti proses RREQ, *node* D atau tujuan akan merespon pesan RREP melewati jalur S-B-C-D secara mundur secara *unicast* untuk menginformasikan bahwa rute menuju tujuan telah terbentuk dengan jalur yang memiliki ketersediaan tinggi.

C. Overlay Network

Overlay Network adalah suatu jaringan yang dibangun di atas jaringan lain, yang artinya setiap *node* saling terhubung melalui jaringan *virtual* di atas jaringan fisik [14]. *Node* atau simpul pada *overlay network* dapat terhubung secara *virtual* atau logis melalui banyak jalur fisik yang dilewatinya. Pada penelitian ini konsep *overlay network* digunakan pada proses pengiriman paket data. *Node source* secara langsung (*direct*) mengirimkan paket data menuju titik lokasi yang sudah disimpan pada persimpangan menggunakan *overlay network*, namun jika lihat dari *physical network* pengiriman paket data harus melalui banyak *node*.



Gambar 2. Metode *perimeter forwarding* (Karp & Kung, 2000)



Gambar 3. Proses *route discovery* [13]

Pada Gambar 5 terdapat perbedaan jalur yang dilewati antara metode GPSR konvensional dengan GPSR menggunakan *overlay network*. Algoritma GPSR akan mencari *node* terdekat lalu meneruskan data tanpa tahu *node* tersebut dapat mencapai *node* tujuan yang rawan mengakibatkan kegagalan komunikasi atau paket *drop* seperti contoh pada Gambar 5 jalur yang akan dipilih yaitu S – Z – X – Y, karena *node* Z terletak paling dekat dari *node* sumber dan akan meneruskan paket menuju *node* Y yang berjalan menjauh dari *node destination* sehingga komunikasi gagal terbentuk.

Dengan proses *route discover* DSR, *node* sumber akan mengirimkan RREQ secara *broadcast* untuk mencari *node* tujuan kemudian *node* tujuan akan merespon dengan mengirim RREP, sehingga jalur yang *available* menuju *node* tujuan terbentuk. Hasil dari *route discovery* DSR, *node* S (*source node*) secara *physical* mengirimkan data menuju *node* D (*destination node*) melalui *intermediate node* yaitu S – G – H – I – J – K – D. Namun kondisi VANET yang membuat kendaraan atau *node* terus bergerak rawan akan terjadinya *neighbor loss*, dengan konsep *overlay network* pada saat proses *node* tujuan merespon RREP akan menyimpan titik lokasi persimpangan yang dilaluinya sehingga nantinya pada saat *node* sumber mengirimkan data akan menjadi referensi tiap *node* menuju tujuan dengan memodifikasi *header routing* protokol GPSR yang sebelumnya tujuannya *node* tetangga menjadi lokasi persimpangan yang sudah disimpan pada saat proses RREP. Sehingga pada Gambar 5 rute pengiriman yang terbentuk setelah menggunakan konsep *overlay network* adalah S – X¹ – X² – D, dengan symbol X* yaitu sebuah persimpangan.

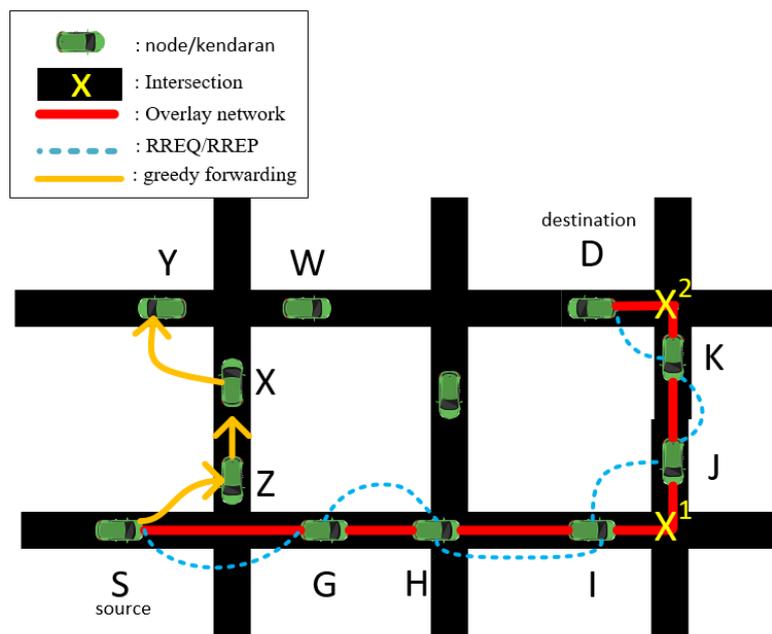
III. PENELITIAN TERKAIT

Untuk mengurangi kesalahan pemilihan *node* tetangga saat proses *greedy forwarding* GPSR maka diperlukan penentuan rute dengan ketersediaan yang tinggi dan dapat mencapai *node* tujuan. Sebagian besar metode usulan menambahkan parameter seperti kecepatan dan arah *node* sebagai acuan agar *intermediate node* mempunyai *lifetime* yang tinggi. Pada bab ini kami akan menjelaskan beberapa penelitian terkait.

Penelitian yang diajukan oleh Hu dkk [15], merencanakan strategi baru untuk perutean protokol GPSR dalam mengambil kepadatan kendaraan, arah dan kecepatan untuk menjadi pertimbangan. Dibandingkan dengan GPSR konvensional, Hu mengusulkan tiga perbedaan: 1) *Hello Packet* khusus yang dirancang dengan fungsionalitas pengaturan kendaraan tetangga satu *hop* yang tepat dalam jangkauan transmisi; 2) menetapkan prioritas pada tetangga satu *hop* yang ada dan memilih *forwarder hop* berikutnya yang mungkin tidak paling dekat dengan tujuan, jarak dan kecepatan dipertimbangkan. 3) Selain itu, mereka juga mengusulkan untuk menggunakan metode *store-to*

RREQ	S → *:	< RREQ, S, D, S _{id} , () >
Broadcast	B → *:	< RREQ, S, D, S _{id} , (B) >
	C → *:	< RREQ, S, D, S _{id} , (B, C) >
RREP	D → C:	< RREP, D, S, S _{id} , (B, C, D) >
Unicast	C → B:	< RREP, D, S, S _{id} , (B, C, D) >
	B → S:	< RREP, D, S, S _{id} , (B, C, D) >

Gambar 4. Proses RREQ dan RREP



Gambar 5. Konsep *overlay network*

forward pada saat terjadi kegagalan pengiriman data. Data akan dibawa oleh *node* inisiator hingga menemukan *node* tetangga. Hal ini mengakibatkan *delay* yang tinggi pada saat proses komunikasi.

Dalam VANET (Vehicular Ad Hoc NETwork), tindakan pengalihan informasi penting merupakan perhatian utama dalam setiap konsep *routing* protokol. Menurut Dahmane dkk [16] memilih *relay* paket berikutnya adalah keputusan penting untuk kinerja jaringan. Topologi VANET yang sangat dinamis yang merupakan hasil dari perubahan posisi kendaraan yang sering terjadi, kecepatan dan arah pengemudi yang tidak dapat diprediksi di persimpangan sebagian besar menyebabkan keputusan *forwarding packet* yang salah. Untuk mengatasi penanggulangan tersebut, Dahmane dkk mengusulkan protokol *routing* GPSR dengan menggunakan estimasi kualitas link, perkiraan penerimaan probabilistik dan arah pergerakan. Berdasarkan koordinat kendaraan baru dan status link, usulan yang disebut P-GPSR bertujuan memilih *node* relay yang optimal untuk menyebarkan pesan antar kendaraan. Namun dari hasil analisa performa PDR dan *delay routing* P-GPSR masih di bawah penelitian sebelumnya yaitu GPSR–Lifetime [17].

Pada paper yang diusulkan oleh Houssaini [18], menyajikan peningkatan protokol yang diidentifikasi sebagai GPSR+ PRedict. Memilih *node* tetangga dengan jarak paling dekat dari tempat tujuan sebagai *hop* berikutnya. Hal ini dapat menyebabkan *forwarding packet* yang salah karena arah yang berlawanan, ketidakakuratan dalam memprediksi arah pengemudi pada persimpangan atau perbedaan kecepatan yang tinggi antara *hop* berikutnya dan tujuan. Oleh karena itu, Houssaini mengusulkan sebuah protokol *routing* baru yang menggabungkan mekanisme prediksi posisi masa depan untuk semua *node* yang berpartisipasi dalam proses penerusan paket data *routing* GPSR.

Penelitian kami menerapkan *route discovery* DSR dan jaringan *overlay* pada protokol *routing* GPSR dan menganalisis kinerja dibawah lingkungan VANET yang realistis menggunakan simulator NS-2. Kami menunjukkan bagaimana jaringan *overlay* berpengaruh signifikan terhadap kinerja *routing* GPSR.

IV. ROUTING GPSR BERBASIS OVERLAY NETWORK

Pada bab ini menyajikan model sistem yang akan digunakan untuk membuat mobilitas kendaraan menggunakan aplikasi SUMO yang diinstall pada Ubuntu 16.04. Kemudian menjelaskan secara lebih rinci metode yang kami usulkan yaitu mengadopsi *route discovery* DSR dan *overlay network* pada *routing* GPSR.

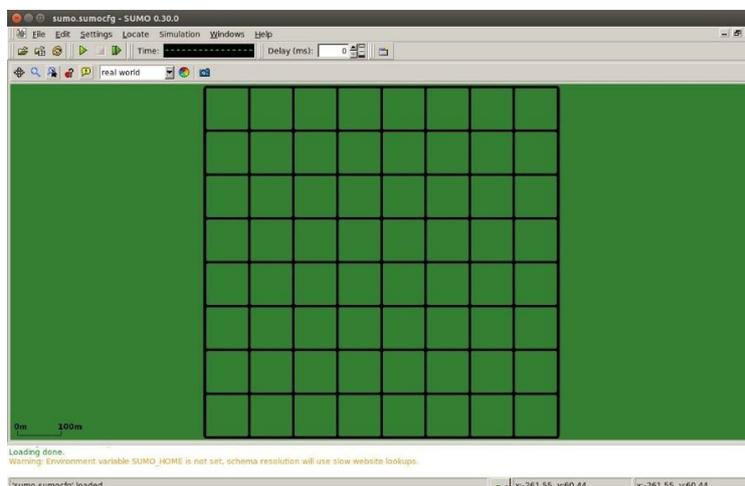
A. Model Sistem

Lingkungan VANET terdiri dari jalan dengan karakteristik banyak persimpangan yang merupakan skenario di daerah perkotaan dengan asumsi semua *node* atau kendaraan memperoleh posisi geografisnya dari *receiver Global Positioning System* (GPS). Setiap kendaraan juga memiliki akses ke peta digital di daerah tersebut dengan menggunakan sistem navigasi *onboard* untuk menentukan posisi persimpangan jalan dan tetangganya.

Skenario yang digunakan pada penelitian ini agar *route discovery* dan *overlay network* dapat berjalan dengan baik maka digunakan peta berbentuk *grid*. Peta berbentuk *grid* yang dibuat menggunakan *tools* dari SUMO yang diinstall menggunakan sistem operasi Ubuntu 16.04 dengan aturan jalan yang memiliki luas 800 x 800 meter,

TABEL 1.
PERBANDINGAN *LINK OVERLAY* DAN *PHYSICAL PATH*

<i>Link Overlay</i>	<i>Physical Path</i>
S – X ¹ – X ² – D	S – G – H – I – J – K – D



Gambar 6. Peta skenario *grid* 800m x 800m

panjang antar persimpangan 100 meter sehingga membentuk 9 titik persimpangan seperti dapat dilihat pada Gambar 6. Setelah rute jalan terbentuk maka simulasi dari SUMO yang berupa pergerakan *node-node* dapat di *generate* secara acak yang akan digunakan pada simulator NS-2 seperti pada contoh Gambar 7. Protokol pengiriman data yang digunakan untuk melakukan simulasi VANETs adalah GPSR konvensional dan GPSR dimodifikasi. Hasil simulasi VANET yang berupa *trace file* yang kemudian dianalisa menggunakan skrip AWK untuk mendapatkan nilai *packet delivery ratio*, *end to end delay* dan *routing overhead*. Hasil analisa ini digunakan untuk mengukur tingkat reliabilitas pengiriman data antara protokol GPSR konvensional dengan GPSR modifikasi.

B. Mekanisme Route Request (RREQ)

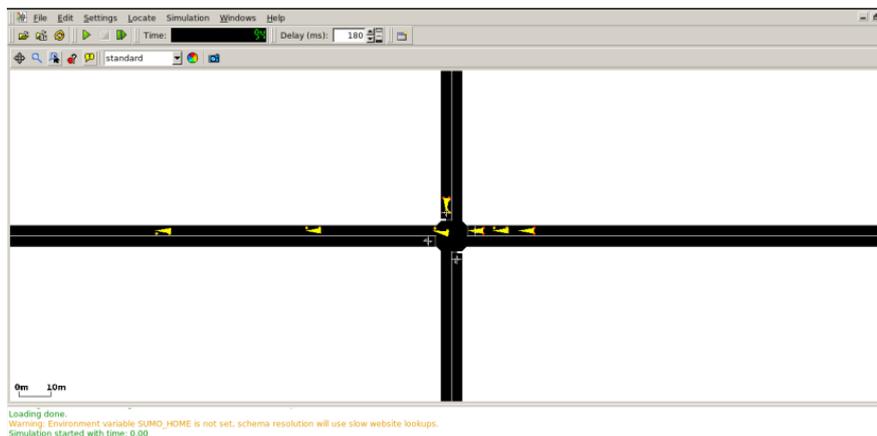
Alur *Route Request* (RREQ) setiap *node* melakukan pertukaran *hello message* untuk mendapatkan informasi *node* tetangganya kemudian *node* pengirim melakukan *broadcast route request* (RREQ) menuju semua *node* tetangga yang dapat dijangkau hingga menemukan *node* tujuan. Apabila *intermediate node* menerima pesan RREQ dengan id yang sama, maka paket tersebut akan *didrop* sehingga tidak akan terjadi duplikasi data seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

C. Mekanisme Route Reply (RREP)

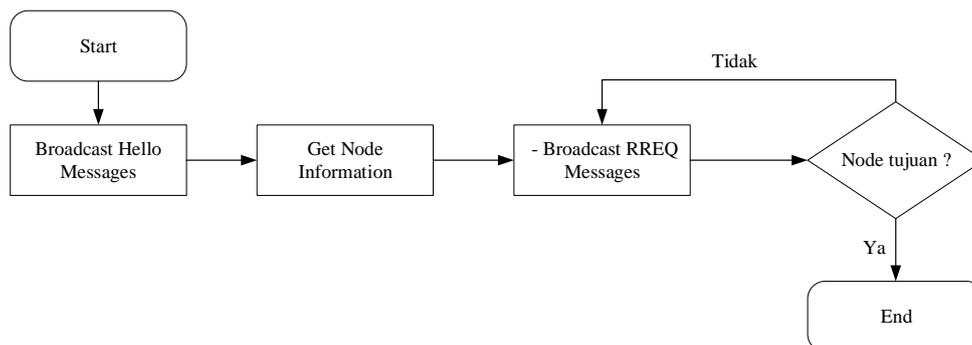
Pada proses ini *node* tujuan yang telah mendapat paket *route request* (RREQ) kemudian merespon dengan paket *route reply* (RREP) sebagai tanda bahwa proses komunikasi telah terbentuk. Rute yang digunakan adalah rute pada saat sebuah *node* membawa paket RREP, *node* tersebut juga akan membandingkan posisi *node* sebelumnya dan *node* selanjutnya, apabila memiliki perbedaan terhadap sumbu x dan sumbu y maka posisi dari kedua *node* tersebut akan disimpan pada *header* RREP yang nantinya digunakan untuk menjadi referensi setiap *node* yang akan mengirimkan paket data dengan mengubah *header* tujuan menjadi tiap-tiap persimpangan yang disimpan hingga mencapai *node* tujuan, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

D. Mekanisme Forwarding Node

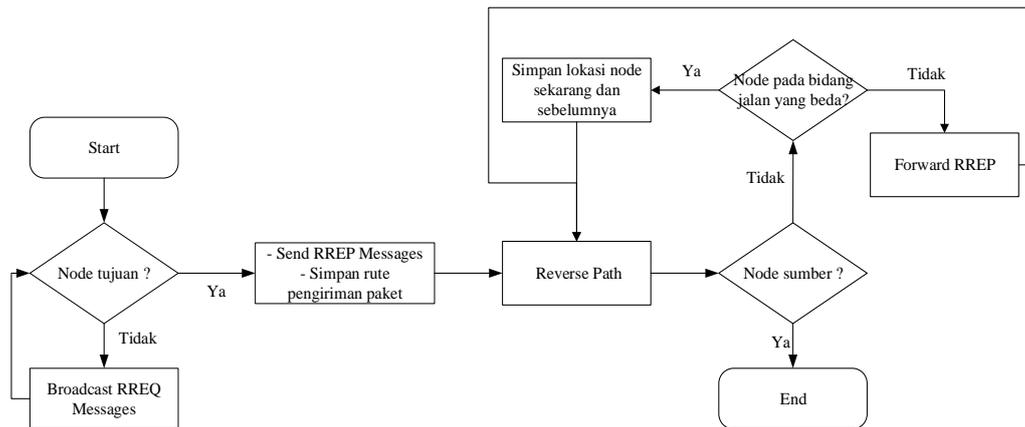
Ketika *route discovery* DSR telah terbentuk maka proses *forwarding* data dapat dilakukan. *Node* pengirim dapat mengirimkan data menuju *node* tujuan dengan menggunakan posisi rute yang telah ditandai secara *greedy forwarding*. Modifikasi *forwarding node* pada GPSR dilakukan dengan cara mengubah posisi tujuan pada *header* GPSR, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Posisi tujuan sebelumnya merupakan posisi dari *node* tujuan. Setelah modifikasi, posisi tujuan pada *header* GPSR merupakan posisi yang harus dilalui paket data yang merupakan hasil dari RREP dan disimpan oleh *node* inisiator. Posisi-posisi yang disimpan *node* inisiator merupakan pengimplementasian dari konsep *overlay network* yang telah dibahas sebelumnya. Jika posisi pertama berhasil



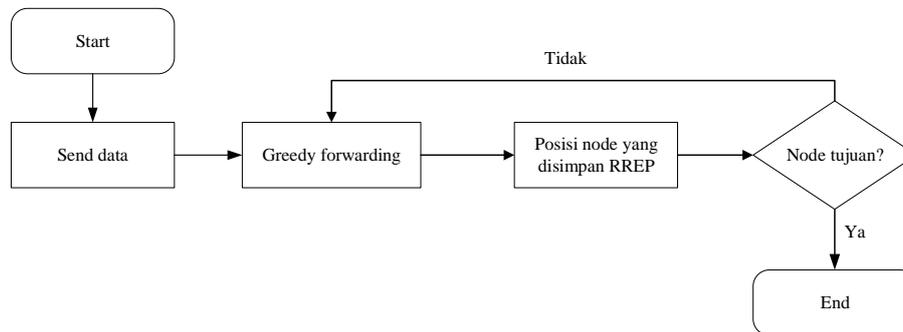
Gambar 7. Pergerakan node pada peta grid



Gambar 8. Flowchart route request (RREQ)



Gambar 9. Flowchart route reply (RREP)



Gambar 10. Flowchart overlay network

ditempuh paket data yang ditandai dengan paket data tersebut berhasil menemukan *node* disekitar posisi pertama, maka posisi tujuan akan diubah menjadi posisi kedua, begitu seterusnya hingga paket data sampai *node* tujuan.

V. METODE PENELITIAN

Uji coba yang kami usulkan dilakukan pada perangkat dengan spesifikasi seperti yang dijabarkan pada Tabel 2. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. SUMO versi 0.30.0 untuk pembuatan skenario mobilitas VANET.
2. NS 2.35 untuk simulasi skenario VANET.

Untuk mengevaluasi strategi GPSR yang dimodifikasi, kami menggunakan software simulasi SUMO dan NS2 untuk menjalankannya. SUMO adalah simulator model mobilitas dan menghasilkan gerakan kendaraan yang nyata untuk NS2. Dalam skenario kami, jangkauan komunikasi adalah 250 meter. Mengingat pentingnya peran kecepatan kendaraan di penelitian ini, *node* bergerak dengan kecepatan 10m/s. Dan untuk mendapatkan kepadatan tetangga yang berbeda, jumlah *node* bervariasi dari 25, 50, 75 dan 100 dengan percobaan sejumlah 30 kali. Waktu simulasi berlangsung selama 200 detik. Dengan parameter simulasi yang lebih detail seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Kami mengevaluasi kinerja protokol routing menggunakan metrik sebagai berikut.

- *Packet Delivery Ratio* (PDR): rasio jumlah paket data yang berhasil diterima oleh destinasi CBR dengan jumlah total paket data yang dihasilkan dari sumber CBR.
- *End-to-end delay*: merupakan rata-rata keterlambatan paket yang berhasil dikirim dari kendaraan sumber ke kendaraan tujuan. Hal ini termasuk keterlambatan yang disebabkan oleh *relaying* pada *link* dan paket yang membawa kendaraan.
- *Routing overhead* (RO): rasio dari total ukuran paket kontrol (misalnya, *beacon packet* dan *location query packet*) dengan jumlah total paket data yang berhasil dikirim ke tujuan.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini kami membandingkan strategi yang kami usulkan yaitu GPSR dan GPSR modifikasi dalam aspek *packet delivery ratio*, *end-to-end delay* dan *routing overhead* terhadap variasi *node* 25, 50, 75, dan 100 pada kecepatan 10 m/s. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13 menampilkan nilai rata-rata simulasi.

TABEL 2.
SPESIFIKASI PERANGKAT UJI COBA

Komponen	Spesifikasi
CPU	Intel core i5 @1.6GHz
Sistem Operasi	Ubuntu 14.04 LTS 64-bit
Memori	4GB Ram
Penyimpanan	100GB
Virtual Mesin	VMware Workstation 12.5.7 build-5813279

TABEL 3.
SIMULATION PARAMETER

Simulation Parameter	Value
Simulator	NS-2 (v2.35)
Total Number of Nodes	25, 50, 75, 100
Simulasi Area	Grid = 800m x 800m
Routing Protocol	GPSR and GPSR modifikasi
Mac Type	802.11p
Transmission Range	250 m
Packet Size	512 bytes
Source and Destination Node	Tetap
Propagation Model	Two ray grounds
Mobility Model	SUMO
Speed	10 m/s
Simulasi time	200 second

Pada Gambar 11 merupakan grafik *packet delivery ratio* dengan kecepatan 10 m/s terlihat bahwa pada protokol GPSR modifikasi mengalami kenaikan seiring bertambahnya jumlah *node* yang ada. Hal yang sama terjadi pada protokol GPSR konvensional. Secara keseluruhan pada grafik tersebut menunjukkan bahwa *packet delivery ratio* pada protokol GPSR modifikasi lebih baik dari pada protokol GPSR konvensional dengan karakteristik apabila semakin cepat kendaraan bergerak maka nilai PDR akan menurun karena pergerakan *node* mempengaruhi tingkat kesuksesan komunikasi dan semakin banyak *node* yang ada maka nilai PDR semakin tinggi. Rata-rata *packet delivery ratio* pada Gambar 11 untuk protokol GPSR modifikasi adalah 58.53% dan untuk protocol GPSR konvensional adalah 47.28%.

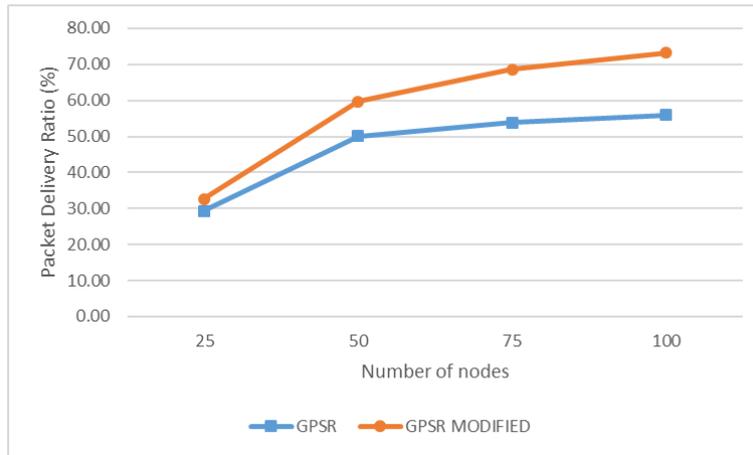
Gambar 12 menunjukkan grafik *end-to-end delay* bahwa baik itu protokol GPSR modifikasi maupun GPSR konvensional mengalami kenaikan *delay* seiring bertambahnya jumlah *node* yang ada. Pada Gambar 12 ditunjukkan bahwa pada *node* 75 dan *node* 100 protokol GPSR modifikasi memiliki nilai *end-to-end delay* yang mulai meningkat secara signifikan dibandingkan dengan protokol GPSR konvensional yang cenderung mengalami kenaikan yang stabil seiring bertambahnya *node*. Hal ini dikarenakan adanya proses *route discovery* sebelum mengirimkan paket data pada GPSR modifikasi sehingga grafik *delay* cenderung lebih tinggi dibandingkan GPSR konvensional. Rata-rata *end-to-end delay* pada Gambar 12 untuk protokol GPSR modifikasi adalah 22.37 s dan untuk protocol GPSR konvensional adalah 17.58 s.

Gambar 13 merupakan grafik *routing overhead* pada kecepatan 10 m/s. Grafik menunjukkan bahwa pada kedua protokol baik itu GPSR modifikasi maupun GPSR, nilai *routing overhead* semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah *node* yang ada. Pada setiap jumlah *node* yang diuji, protokol GPSR modifikasi selalu memiliki nilai *routing overhead* yang lebih kecil dibandingkan dengan protokol GPSR hal ini dikarenakan rata-rata paket yang terkirim menuju tujuan lebih besar sehingga packet data yang dikirimkan lebih banyak yang terkirim dibandingkan GPSR konvensional yang cenderung lebih boros melakukan *re-routing packet*. Rata-rata *routing overhead* pada Gambar 13 untuk protocol GPSR modifikasi adalah 147.96 dan untuk protocol GPSR konvensional adalah 345.04.

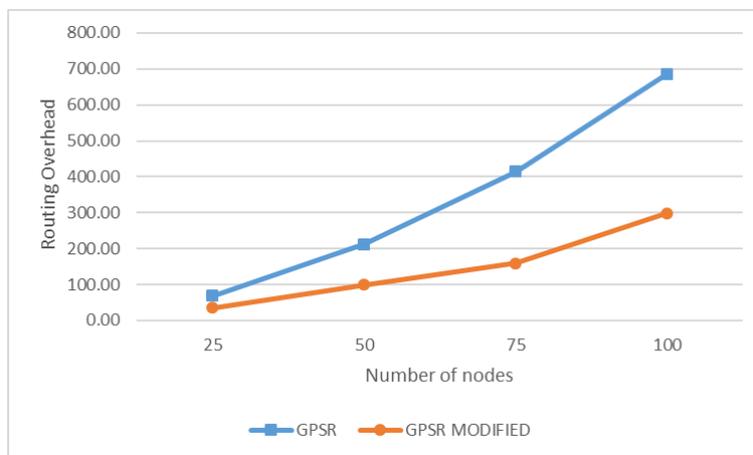
VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pengujian dan evaluasi didapatkan kesimpulan bahwa *packet delivery ratio* (PDR) pada skenario *grid* protokol GPSR modifikasi lebih baik dibandingkan dengan protokol GPSR. Nilai rata-rata PDR untuk protokol GPSR modifikasi adalah 32.1% sedangkan rata-rata nilai PDR untuk protokol GPSR adalah 26.25%. Selanjutnya pada metrik analisis *end-to-end delay* pada protokol GPSR modifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan protokol GPSR, hal ini dikarenakan rute perjalanan yang dihasilkan dari *route discovery* tidak selalu rute yang terdekat melainkan rute yang dapat mencapai *node* tujuan. Nilai rata-rata *end to end delay* untuk protokol GPSR modifikasi adalah 19.83 ms dan rata-rata nilai untuk protokol GPSR adalah 17 ms. Pada metrik analisis *routing overhead* protokol GPSR modifikasi lebih baik daripada *routing overhead* protokol GPSR karena kesuksesan pengiriman paket data lebih baik pada protokol GPSR modifikasi. Nilai rata-rata *routing overhead* untuk protokol GPSR modifikasi adalah 152.08 paket, sedangkan untuk protokol GPSR adalah 354.75 paket.

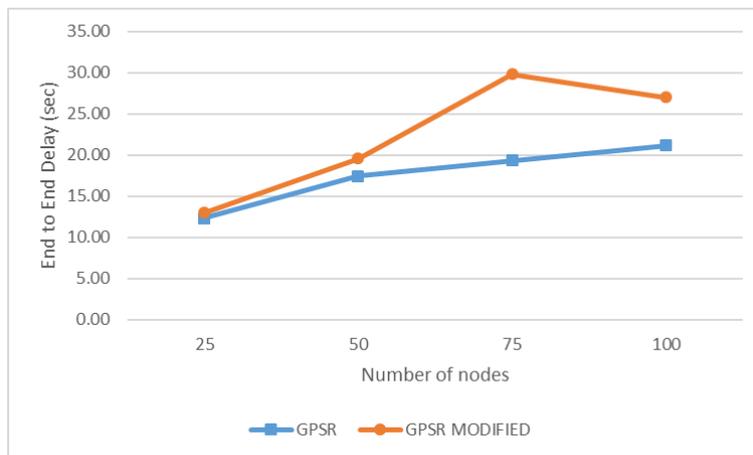
Kecepatan 10m/s



Gambar 11. Grafik *packet delivery ratio* pada kecepatan 10 m/s



Gambar 13. Grafik *routing overhead* pada kecepatan 10 m/s



Gambar 12. Grafik *end-to-end delay* pada kecepatan 10 m/s

Adapun saran-saran untuk pengembangan penelitian pada masa datang seperti pada *node* inisiator dapat di implementasikan rute perjalanan menuju lebih dari satu *destination* karena proses RREP routing DSR menggunakan *unicast* sehingga mendukung satu *path*. *Maintenance* rute perjalanan dapat ditambahkan untuk melakukan *route discovery* ulang apabila *node source* dan *destination* dinamis. Perlu adanya metode untuk mengurangi *end-to-end delay* yang semakin tinggi seiring bertambahnya jumlah *node*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Adrisano, O., Verdone, R., Nakagawa, M. (2000), "Intelligent Transportation Systems; The Role of Third Generation Mobile Radio Networks", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 38, Issue. 9, pp. 144-151.

[2] Anggoro, R., Kitasuka, T., Nakamura, R., Aritsugi, M. (2012), "Performance Evaluation of AODV and AOMDV with Probabilistic Relay in Vanet Environments", *Networking and Computing (ICNC)*, pp. 259-263.

- [3] Hussein, S., Krings, A., Azadmanesh, A. (2017), "VANET Clock Synchronization for Resilient DSRC Safety Applications", *Resilience Week (RWS)*, pp. 57-63.
- [4] Batool, F., Khan, S. A. (2005), "Traffic Estimation And Real Time Predication Using Ad Hoc Network", *Proceedings of IEEE International Conference on Emerging Technologies*, pp. 321-329.
- [5] Biswas, S., Tatchikou, R., dan Dion, F. (2006), "Vehicle-to-vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety", *IEEE Communications Magazine*, pp. 74-82.
- [6] Shinde, P. G., Dongre, M. M. (2017), "Traffic Congestion Detection with Complex Event Processing in VNET", *Wireless and Optical Communication Networks (WOCN)*, pp. 1-5.
- [7] Karp, B., Kung, H. T. (2000), "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks", *International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000)*, pp. 243-254.
- [8] Lee, K. C., Haerri, J., Lee, U., Gerla, M. (2007), "Enhanced Perimeter Routing for Geographic Forwarding Protocols in Urban Vehicular Scenarios", *Globecom Workshops*, pp. 1-10.
- [9] Kumar, R., Routray, S. K. (2017), "Ant Colony based Dynamic Source Routing for VANET", *Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCTAccT)*, pp. 279-282.
- [10] Djenouri, D., Soualhi, W., Nekka, E. (2008), "VANET's Mobility Models and Overtaking: An Overview", *International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications*, pp. 1-6.
- [11] Silmi, N. T. (2016), "Modifikasi Protokol GPSR-MV dalam pemilihan forwarding node pada VANET", Buku Tugas Akhir, FTIF-ITS.
- [12] Shelly, S., Babu, A. V. (2015), "Link Realibility based Greedy Perimeter Stateless Routing for Vehicular Ad Hoc Networks", *International Journal of Vehicular Technology*, vol. 2015, pp. 1-16.
- [13] Kim, J., Tsudik, G. (2005), "SRDP: securing route discovery in DSR", *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, pp. 247-258.
- [14] Galan, J., Gazo-Cervero, A. (2011), "Overview and Challenges of Overlay Network: A Survey", *International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES)*, Vol. 2, No.1, pp.19-37.
- [15] Hu, L., Ding, Z., Shi, H. (2012), "An Improved GPSR Routing Strategy in VANET", *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM)*, pp. 1-4.
- [16] Dahmane, S., Lorenz, P. (2016), "Weighted Probabilistic Next-hop Forwarder Decision-Making in Vanet Environments", *Global Communications Conference (GLOBECOM)*, pp. 1-6.
- [17] Rao, S. R., Pai, M., Boussedjra, M., Mouzna, J. (2008), "GPSR-L: Greedy Perimeter Stateless Routing with lifetime for VANETs", *ITS Telecommunications*, pp. 299-304.
- [18] Houssaini, Z. S., Zaimi, I., Oumsis, M., Ouatik, A. E. (2016), "Improvement of GPSR Protocol by Using Future Position Estimation Of Participating Nodes In Vehicular Ad-Hoc Networks", *Wireless and Mobile Communications (WINCOM)*, pp. 87-94.