

# MODIFIKASI METODE PEMILIHAN *FORWARDING NODE* BERDASARKAN FAKTOR ARAH DAN KECEPATAN KENDARAAN PADA PROTOKOL *ROUTING* GPSR DALAM LINGKUNGAN VANETS

Kharisma Monika Dian Pertiwi<sup>1)</sup>, Radityo Anggoro<sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup>Informatics Department Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Jl Teknik Kimia, ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111  
e-mail: [kharismamonika@gmail.com](mailto:kharismamonika@gmail.com)<sup>1)</sup>, [onggo@its.ac.id](mailto:onggo@its.ac.id)<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

VANETs (*Vehicular ad hoc networks*) merupakan teknologi yang digunakan untuk komunikasi antar kendaraan. Dalam VANETs, kendaraan bergerak dengan kecepatan tinggi dan arah yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan jaringan komunikasi yang telah terbentuk berubah dengan cepat. Greedy perimeter stateless *routing* (GPSR), *routing* protokol baru untuk jaringan nirkabel yang menggunakan informasi posisi *node* tujuan untuk membuat keputusan penerusan paket. *Node next hop* yang telah dipilih mungkin telah keluar dari jangkauan transmisi sebelum menerima paket.

Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah dalam protokol *routing* GPSR terkait ketidakstabilan komunikasi karena posisi *node* yang berubah dalam mode greedy *forwarding*. Dalam penelitian ini penulis menambahkan set parameter yang digunakan untuk mengambil keputusan *routing* dengan memasukkan faktor kecepatan dan arah pergerakan kendaraan. *Node* yang layak menjadi *forwarding node* adalah *node* yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati *node* tujuan.

Berdasarkan pada uji coba yang telah dilakukan, pada skenario grid GPSR dengan kecepatan rata-rata dibandingkan dengan GPSR original, peningkatan PDR terbesar adalah 50,05 %, penurunan E2D terbesar adalah 1,91 ms. Pada peta real di lingkungan jalan protokol GPSR dengan kecepatan rata-rata dibandingkan dengan GPSR original, peningkatan PDR terbesar adalah 17,26%, sedangkan nilai E2D mengalami peningkatan/penurunan kurang dari 1 ms (*millisecond*) dan pada skenario *node* 90, E2D mengalami penurunan sebesar 0,27 ms. Pada peta real di lingkungan perumahan, peningkatan PDR terbesar adalah 31,79 %. Nilai E2D mengalami penurunan terbesar 0,43 ms. Sedangkan nilai *routing overhead*, antara GPSR original dan GPSR dengan kecepatan rata-rata tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

**Kata Kunci:** arah, GPSR, *greedy forwarding*, kecepatan, VANETs.

## ABSTRACT

VANETs (*Vehicular ad hoc networks*), a technology used for communication between vehicles. In VANETs, vehicles move at different speeds and directions, causing the communication network to change rapidly. Greedy perimeter stateless *routing* (GPSR), *routing* protocol for wireless networks that uses the position information of the destination node to make packet forwarding decisions. The next hop node may be out of transmission range before receiving the packet.

This study aims to solve problems in the GPSR related to communication instability caused by changing position of node in greedy forwarding mode. this study adds speed and direction of vehicle movement to make routing decisions as parameters. Nodes that deserve to be forwarding nodes are the nodes that have the least minimal geometric difference in speed and move toward the destination node.

Based on trials that have been carried out, in the GPSR grid scenario with an average speed compared to the original GPSR, the biggest increase in PDR is 50,05%, the biggest decrease in E2D is 1,91 ms. On the real map in the GPSR protocol road environment with an average speed compared to the original GPSR, the largest PDR increase was 17,26%, while the E2D value increased / decreased less than 1 ms (*millisecond*). On the real estate map in a residential area, the biggest increase in PDR was 31.79%. The E2D value experienced the largest decrease of 0,43 ms. While the value of routing overhead, between the original GPSR and GPSR with an average speed does not show a significant difference.

**Keywords:** direction, GPSR, *greedy forwarding*, speed, VANETs.

## I. PENDAHULUAN

SAAT ini, hampir semua orang memiliki mobil atau kendaraan pribadi lainnya. Masalah terbesar dengan meningkatnya penggunaan kendaraan pribadi adalah meningkatnya jumlah kematian yang terjadi karena kecelakaan di jalan, kemacetan lalu lintas dan sebagainya [1]. Teknologi VANETs (*Vehicular ad hoc networks*) menyediakan komunikasi nirkabel antara kendaraan yang bergerak. VANETs dapat digunakan untuk berbagai aplikasi keselamatan dan non keselamatan, layanan pembayaran tol otomatis, manajemen lalu lintas atau layanan berbasis lokasi [2]. Gagasan dasar dari jaringan ad hoc adalah bahwa setiap *node* dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat lain. Mobilitas dalam MANET (*Mobile ad hoc networks*) terbatas, sedangkan dalam VANETs *node* dapat bergerak dengan kecepatan tinggi. Sehingga menyebabkan jaringan yang

telah dibangun harus berubah dengan cepat [3]. Selain itu antara kendaraan yang satu dan yang lain dapat saling bergerak berbeda arah. Kendaraan-kendaraan tersebut membentuk jaringan sementara yang bersifat dinamis. Jaringan tersebut disebut dengan jaringan ad hoc. Dalam komunikasi jaringan ad hoc, membutuhkan protokol *routing*. Telah banyak penelitian mengenai *routing* protokol. Protokol *routing* dalam VANETs dapat dikategorikan menjadi 5 kategori yaitu *routing* protokol berbasis topologi, *routing* protokol berbasis lokasi, *routing* protokol berbasis cluster, *routing* protokol berbasis broadcast dan *routing* protokol berbasis geocast [4].

Salah satu contoh protokol *routing* berbasis lokasi adalah GPSR. Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR) *routing* protokol baru untuk jaringan nirkabel yang menggunakan informasi posisi node tujuan untuk membuat keputusan penerusan paket. Terdapat 2 jenis metode penerusan paket pada GPSR yaitu greedy forwarding dan perimeter forwarding. GPSR tidak perlu melakukan maintenance terhadap *routing table*. GPSR memiliki kinerja yang baik bahkan ketika topologi jaringan sering berubah [5].

Dalam VANETs, topologi jaringan sering berubah karena faktor kecepatan node, hal tersebut menyebabkan komunikasi antar node tidak stabil. Node next hop yang telah dipilih pada mode greedy forwarding mungkin telah keluar dari jangkauan transmisi sebelum menerima paket. Mode perimeter forwarding akan dilakukan jika metode greedy forwarding gagal, dalam hal ini sangat mungkin terjadi redudansi dalam pembentukan rute [6].

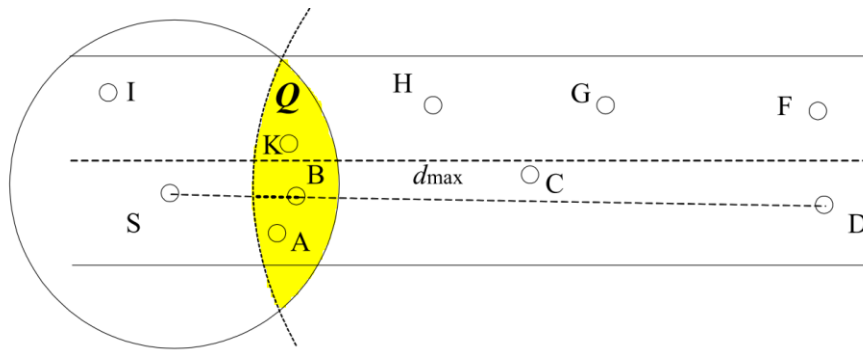
Dalam sebuah penelitian [7] melakukan perbaikan pada GPSR dengan memperhitungkan pengaruh jumlah tetangga, frekuensi pengiriman data, arah mengemudi dan posisi antara dua hop, penulis mengusulkan strategi OinO untuk memastikan hasil terburuk dapat diterima. Hasil simulasi mengkonfirmasi bahwa skema yang digunakan dapat mengurangi beacon overhead dan tabrakan data terutama dalam kepadatan dan kecepatan tinggi dalam VANETs, sehingga kinerja Successful Date Rate (SDR) lebih baik.

Penelitian [8] menyajikan peningkatan protokol terkenal yang diidentifikasi sebagai GPSR + PRredict. Peningkatan ini ditentukan dengan memperkirakan posisi masa depan dari semua *node* yang berpartisipasi. Hasil percobaan kami menunjukkan kemampuan protokol GPSR + PRredict untuk mengatasi masalah yang diamati dan untuk meningkatkan kinerja keseluruhan dari GPSR konvensional. GPSR + Predict ini bagus jika digunakan dalam skenario mobilitas pada jalan lurus atau tidak terlalu banyak persimpangan.

GPSR-MA [9] merupakan modifikasi dari GPSR terkenal yang menggunakan informasi tentang gerakan untuk mengambil keputusan pemilihan *next hop*. Algoritma yang diusulkan adalah *Greedy Perimeter Stateless Routing with Movement Awareness* (GPSR-MA), menambah set parameter yang digunakan untuk mengambil keputusan *routing* dengan memasukkan (i) kecepatan dan (ii) arah pergerakan kendaraan. Kecepatan adalah nilai absolut yang diukur dalam m/s, sedangkan arah gerakan adalah sudut absolut antara vektor kecepatan *node* dan segmen yang menghubungkannya ke tujuan. Pada penelitian ini menggunakan faktor kecepatan dan arah gerak *node* dari riwayat koordinat *node*. Nilai kecepatan yang digunakan adalah jarak yang ditempuh dalam selang waktu. Nilai tersebut dapat diketahui dari riwayat posisi *node*. Mereka membuat fungsi *weighted node* dengan faktor kecepatan, jarak ke destinasi dan arah gerakan. Namun nilai kecepatan *real time* yang sangat dinamis, membuat pemilihan *forwarding node* tidak tepat.

Dalam sebuah penelitian [10] mengusulkan protokol *routing* Maxduration Minangle GPSR (MM-GPSR). Pada fase penerusan serakah dari MM-GPSR, durasi komunikasi kumulatif ditentukan untuk mewakili stabilitas *node* tetangga, *node* tetangga dengan durasi komunikasi kumulatif maksimum akan dipilih sebagai *hop* berikutnya. Dalam penerusan perimeter, ketika penerusan serakah gagal, konsep sudut minimum diperkenalkan sebagai kriteria simpul *hop* berikutnya yang optimal. Dengan menghitung posisi simpul tetangga dan menghitung sudut yang terbentuk antara tetangga dan simpul tujuan, simpul tetangga dengan sudut minimum akan terlihat sebagai simpul *hop* berikutnya. MM-GPSR memiliki peningkatan yang jelas dalam mengurangi packet loss, mengurangi keterlambatan *end-to-end*, meningkatkan *throughput*, dan lebih cocok untuk VANET.

Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah dalam protokol *routing* GPSR terkait ketidakstabilan komunikasi karena posisi *node* yang berubah dalam mode *greedy forwarding*. Dalam penelitian ini penulis akan menambah set parameter yang digunakan untuk mengambil keputusan *routing* dengan memasukkan faktor kecepatan dan arah pergerakan kendaraan. Setiap *node* akan melakukan penghitungan rata-rata geometrik kecepatannya sebelum penyiaran *beacon message*. Informasi rata-rata geometrik tersebut akan ditambahkan pada *beacon message*. Setelah *node* menerima paket *beacon message*, *node* akan memperbarui informasi yang terdapat pada *neighbor table*. Pada GPSR konvensional, *neighbor table* hanya menyimpan informasi posisi *node* pada saat ini, namun dalam penelitian ini, *neighbor table* juga menyimpan informasi posisi *node* pada waktu sebelumnya dan informasi rata-rata geometrik kecepatan. Informasi dalam *neighbor table* tersebut akan digunakan dalam pengambilan keputusan *routing*. Penelitian ini juga melakukan modifikasi pada metode penerusan paket *greedy forwarding*. Jika penerusan paket menggunakan metode *greedy forwarding*, tahapan pertama yang dilakukan adalah menemukan *node-node* yang berada dalam area komunikasi optimum. Selanjutnya dari *node-node* yang berada pada area komunikasi optimum, akan dilakukan seleksi pemilihan *forwarding node*. *Node* yang layak menjadi *forwarding node* adalah *node* yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati *node* tujuan. Diharapkan dengan penelitian ini dapat meningkatkan performa *routing*



Gambar 1. *Optimum Communication Area*.

protokol GPSR dalam pengiriman data. Makalah ini terdiri dari Pendahuluan, Studi Literatur, Metode Peningkatan, Hasil dan Kesimpulan.

## II. KAJIAN PUSTAKA

*Routing* protokol GPSR telah banyak mengalami pengembangan untuk meningkatkan kinerja. Salah satunya pada penelitian Yang, dkk pada tahun 2018 mengusulkan pemilihan *next hop* tidak hanya berdasarkan faktor jarak terhadap *node* tujuan. Terdapat beberapa kandidat *next hop* yang terdapat pada area komunikasi optimum (*Optimum Communication Area*). *Optimum Communication Area* dapat dilihat pada Gambar 1, yaitu pada area Q, area yang berwarna kuning. Pada gambar tersebut, *node* S merupakan *node* sumber yang terletak pada posisi  $(x_S, y_S)$  dan *node* D adalah *node* tujuan yang terletak pada posisi  $(x_D, y_D)$ . Dalam mode *greedy forwarding*, *node* S akan mencari *next hop* yang terdekat dengan *node* D yaitu *node* B. *Optimum Communication Area* adalah area *overlapping* antara lingkaran dengan titik pusat S dan lingkaran besar dengan titik pusat D. Lingkaran dengan titik pusat D memiliki jari-jari  $d_{max}$ . Formula untuk penghitungan  $d_{max}$  ditunjukkan pada persamaan (3).

$$d_{BD} = \sqrt{(x_D - x_B)^2 + (y_D - y_B)^2} \quad (1)$$

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

$$d_{max} = d_{BD} + \lambda \times d_{SB} \quad (3)$$

Dimana  $d_{BD}$  (1) adalah formula untuk penghitungan jarak antara *node* B dan *node* D,  $d_{SB}$  (2) adalah formula untuk penghitungan jarak antara *node* S dan *node* B sehingga didapatkan formula untuk penghitungan  $d_{max}$  (3) dimana  $\lambda \in [0, 1]$ . Dengan melakukan beberapa percobaan, formula ini memiliki kinerja yang layak dalam mode *greedy forwarding* ketika  $\lambda$  diatur ke 0,3.

Selain itu dalam penelitian Manel dan Lamia pada tahun 2017 [11] mengusulkan *routing* dengan mempertimbangkan faktor kecepatan kendaraan dalam pemilihan *next hop* untuk pengiriman paket. Dalam penelitian tersebut, diimplementasikan pada *routing* protokol AODV. Dalam tabel *routing* AODV ditambahkan kolom baru yang menyimpan informasi kecepatan rata-rata geometris tetangga. Penulis memilih kecepatan rata-rata geometrik untuk menghitung kecepatan rata-rata kendaraan karena dinilai lebih andal dan realistis dari pada rata-rata kecepatan aritmatika. Contoh nilai kecepatan *node*  $\{8,8,8,8,20\}$  kecepatan rata-rata aritmatika adalah 10,4 sedangkan kecepatan rata-rata geometri adalah 9,6. Rata-rata geometrik adalah rata-rata yang diperoleh dengan mengalikan semua data dalam suatu kelompok sampel, kemudian diakarpangkatkan dengan banyaknya data sampel tersebut. Persamaan rata-rata geometrik ditunjukkan pada persamaan (4). Dalam penelitian tersebut informasi kecepatan rata-rata geometrik setiap *node* diperbarui saat pembaruan tabel *routing*.

$$AvgSpeed = \sqrt[n]{S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n} \quad (4)$$

## III. METODE YANG DIUSULKAN

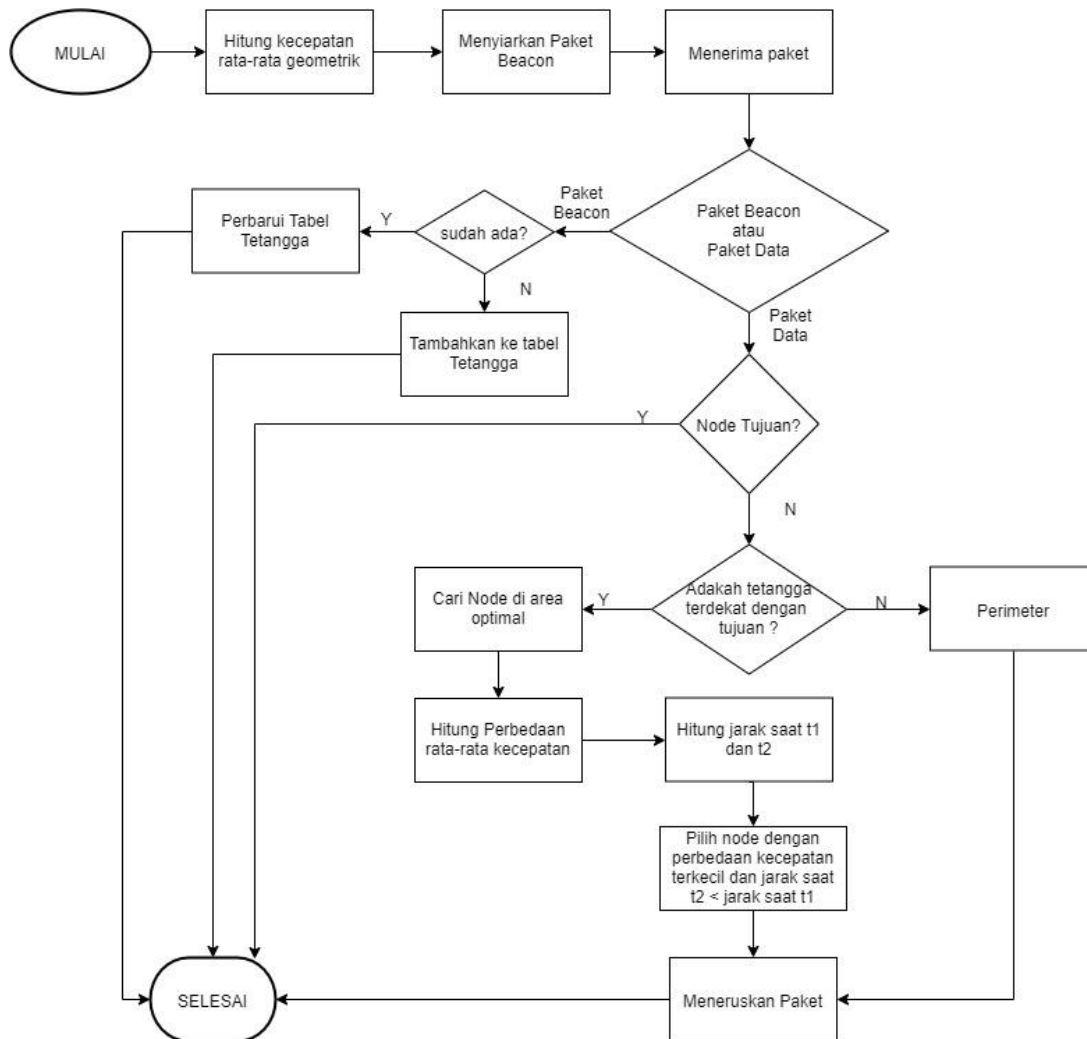
Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai algoritma yang diusulkan terhadap modifikasi protokol *routing* GPSR. Tahapan modifikasi *routing* protokol GPSR ditunjukkan pada Gambar 2. Tahapan pertama, setiap *node* melakukan penghitungan rata-rata geometrik kecepatan. Penghitungan rata-rata geometrik kecepatan ini dilakukan secara berkala sebelum menyiarkan beacon message. Pada beacon message, ditambahkan kolom baru yang berguna untuk menyimpan informasi rata-rata geometrik kecepatan *node* tersebut. Selanjutnya beacon message tersebut disiarkan kepada *node* tetangga. Penyiaran beacon message tersebut berguna untuk mengenali

*node* tetangga yang dapat dijangkau. Jika sebuah *node* menerima beacon message, maka *node* menerima akan memperbarui neighbor table. Pada GPSR konvensional, neighbor table hanya menyimpan informasi mengenai posisi *node* pada saat itu. Pada modifikasi GPSR ini, selain menyimpan informasi posisi *node* saat ini, juga menyimpan informasi posisi *node* pada waktu sebelumnya. Informasi dalam neighbor table tersebut akan digunakan dalam pengambilan keputusan *routing*. Terdapat 2 metode mekanisme penerusan paket pada GPSR, yaitu dengan *greedy forwarding* dan *perimeter forwarding*. *Perimeter forwarding* dilakukan jika metode *greedy forwarding* gagal. Jika penerusan paket menggunakan metode *greedy forwarding*, tahapan pertama yang dilakukan adalah menemukan *node-node* yang berada dalam area komunikasi optimum. Selanjutnya dari *node-node* yang berada pada area komunikasi optimum, akan dilakukan seleksi pemilihan *forwarding node*. *Node* yang layak menjadi *forwarding node* adalah *node* yang paling minimal perbedaan rata-rata geometrik kecepatannya dan bergerak mendekati *node* tujuan.

Setiap *node* menghitung rata-rata kecepatan geometrik *node*. Penghitungan dilakukan sebelum melakukan penyiaran beacon message. Pada paket beacon ditambahkan informasi rata-rata kecepatan geometrik *node*. Selain berisi mengenai posisi *node* saat itu, paket beacon juga berisikan informasi posisi *node* saat beacon sebelumnya. Informasi ini akan disimpan dalam tabel tetangga yang akan digunakan dalam pemilihan *forwarding node*.

Sebagai contoh, penyiaran *beacon message* dilakukan setiap 5 detik. Penyiaran *beacon message* pada *node C* dan *node A* ditunjukkan pada Gambar 3. Pada detik ke 5, posisi *node C* pada koordinat (6,9) dengan rata-rata kecepatan geometrik saat itu 3 m/s. Sedangkan posisi *node A* pada koordinat (5,4) dengan rata-rata kecepatan geometrik 5 m/s. Informasi posisi dan rata-rata geometrik kecepatan ditambahkan ke paket *beacon*. Paket *beacon* tersebut disebarkan ke *node* tetangganya.

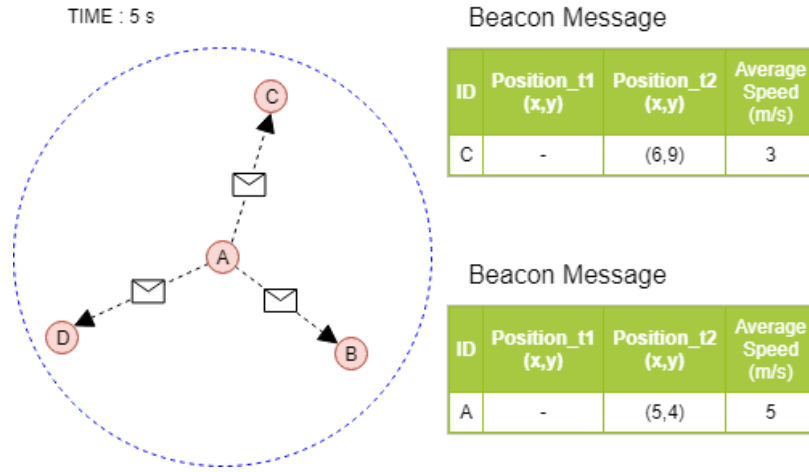
Selanjutnya *node* tetangga akan menerima paket *beacon*, dimana informasi pada paket *beacon* digunakan untuk menambah entri pada tabel tetangga (*neighbor table*) jika *node* tersebut baru dikenali, atau memperbarui informasi pada tabel tetangga jika *node* tersebut sudah dikenali sebelumnya. Contoh tabel tetangga pada *node A* dan



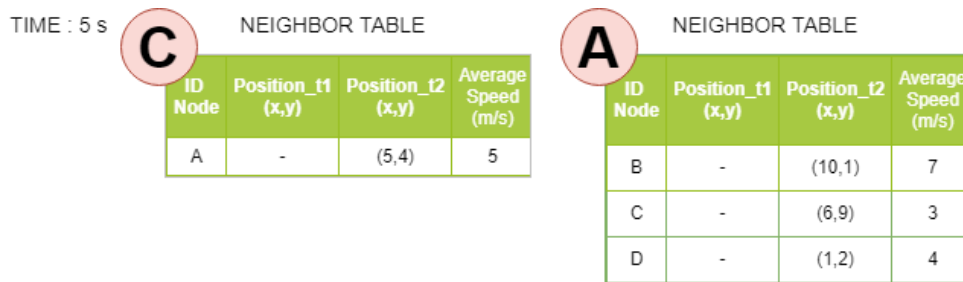
Gambar 2. Metode yang diusulkan.

*node C* ditunjukkan pada Gambar 4. *Node A* menerima paket *beacon* dari *node B, C, D*. Sedangkan *node C* menerima paket *beacon* dari *node A*. Informasi posisi terbaru *node* disimpan pada kolom *Position\_t2*. Informasi posisi sebelumnya disimpan pada kolom *Position\_t1*. Informasi rata-rata geometrik kecepatan disimpan pada kolom *Average Speed*.

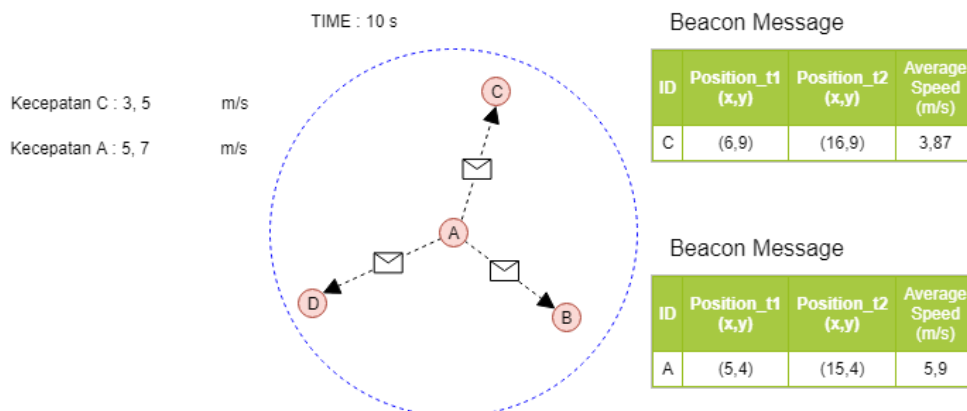
Pada detik ke 10 dan setiap 5 detik berikutnya, setiap *node* akan melakukan penyiaran *beacon message* dan memperbarui tabel tetangga. Ilustrasi penyiaran *beacon message* pada detik ke 10 ditunjukkan pada Gambar 5. Contoh tabel tetangga pada *node A* dan *C* setelah diperbarui pada detik ke 10 ditunjukkan pada Gambar 6.



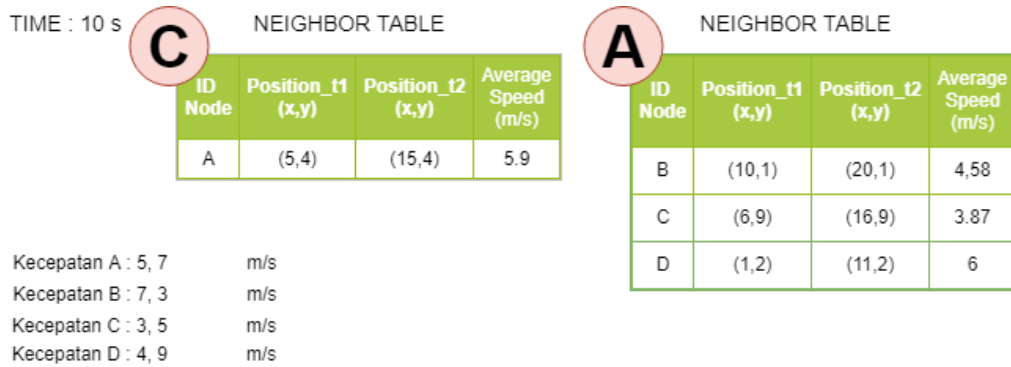
Gambar 3. *Beacon message* saat detik ke-5.



Gambar 4. *Neighbor table* saat detik ke-5.



Gambar 5. *Beacon message* saat detik ke-10.



Gambar 6. Neighbor table saat detik ke-10.

Tahapan pencarian *optimum communication area* ini hampir sama dengan pemilihan *node forwarding* pada GPCR konvensional. Pada GPCR konvensional, *node* yang memiliki jarak terdekat dengan *node* tujuan akan dipilih menjadi *node forwarding*. Namun pada modifikasi ini *node* tersebut akan digunakan sebagai titik acuan untuk mencari *optimum communication area*. Pada saat akan mengirim paket, *node* sumber membandingkan jarak *node* tetangganya terhadap *node* tujuan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan *node* sebagai titik acuan. Setelah mendapat *node* titik acuan tersebut, dilakukan penghitungan jarak titik tersebut terhadap *node* tujuan menggunakan persamaan (1) dan jarak titik tersebut terhadap *node* sumber menggunakan persamaan (2). Hasil dari penghitungan jarak tersebut digunakan untuk mencari  $d_{max}$ , yaitu jari-jari lingkaran besar dengan titik pusat *node* tujuan. *Optimum communication area* adalah area perpotongan antara area transmisi *node* sumber dan lingkaran besar tersebut. Penghitungan  $d_{max}$  menggunakan persamaan (3). *Node-node* yang berada pada *optimum communication area* merupakan *node* kandidat yang akan dipilih sebagai *node forwarding*.

Pada penelitian ini, arah gerak *node* dihitung menggunakan historis posisi *node*. Posisi *node* tetangga diketahui dari paket *beacon*. Posisi *node* ini, akan digunakan untuk menghitung jarak *node* terhadap *node* tujuan. Arah gerak *node* ini akan digunakan dalam pemilihan *forwarding node*. *Forwarding node* yang dipilih adalah *node* yang bergerak mendekati *node* tujuan.

Penghitungan jarak antara *node* dan *node* tujuan menggunakan fungsi euclidean. Perhitungan jarak menggunakan persamaan 5. *Node* penerusan yang dipilih adalah *node* yang memiliki jarak ke *node* tujuan ketika  $t_2$  lebih kecil dari jarak ke *node* tujuan ketika  $t_1$ .

$$dt_i = \sqrt{(x_d - x_n)^2 + (y_d - y_n)^2} \tag{5}$$

Keterangan :

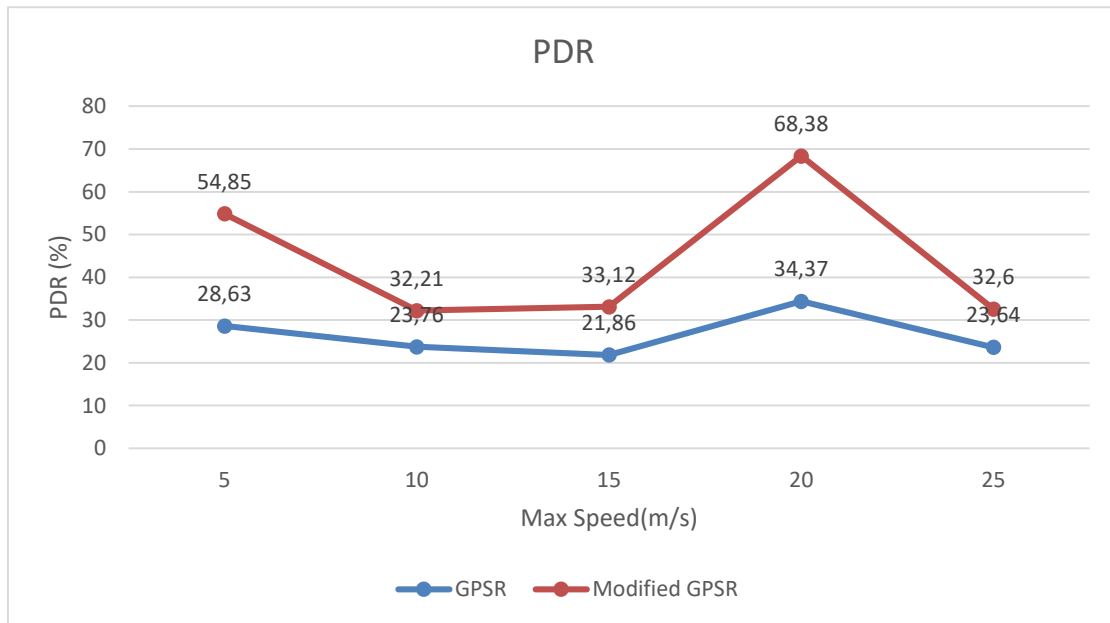
- i : Waktu pertama dan kedua
- dt : Jarak antara *node* dan tujuan
- $x_d, y_d$  : Posisi saat ini dari simpul tujuan
- $x_n, y_n$  : Posisi saat ini dari kandidat *node*

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan simulasi menggunakan Network Simulator Versi 2.35 dengan gcc versi 5.4 untuk melakukan simulasi *routing* protokol pada peta yang telah dibuat oleh SUMO. Simulasi VANET pada NS-2 dilakukan dengan menggabungkan file skenario yang telah dibuat menggunakan SUMO dan file skrip tcl yang berisikan konfigurasi lingkungan simulasi. Parameter dalam simulasi ditunjukkan dalam Tabel I. Dalam simulasi ini, aspek yang akan dianalisis adalah *Packet Delivery Ratio* (PDR), *End to end delay* (E2D) dan *routing overhead* (RO). rasio pengiriman paket menentukan tingkat keberhasilan paket yang dikirim ke tujuan; semakin tinggi PDR menunjukkan kinerja protokol *routing* yang lebih baik. Sementara itu *delay end-to-end* (E2D) dan *routing overhead* (RO) menentukan penundaan antara setiap paket dan beban protokol *routing* yang memilih rute terbaik. Semakin rendah RO dan E2D berarti protokol *routing* memiliki kinerja yang lebih baik.

TABEL I  
PARAMETER SIMULASI.

Parameter	Spesifikasi
Protokol <i>Routing</i>	GPSR, GPSR Modifikasi
Protokol Mac	IEEE 802.11
Area Simulasi	1100 m x 1100 m
Jumlah <i>Node</i>	50
Area Transmisi	250 m
Kecepatan Maksimal	5, 10, 15, 20, 25 m/s
Agent	CBR (Constant Bit Rate)
Ukuran Paket	512 Bytes
Packet rate	2 kB/s



Gambar 7. Perbandingan PDR pada skenario 50 node.

#### A. Packet Delivery Ratio (PDR)

Pada skenario 50 *node*, PDR pada GPSR yang telah dimodifikasi lebih baik dibandingkan dengan GPSR original. Hal ini berarti GPSR yang dimodifikasi memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi daripada GPSR pada setiap peningkatan kecepatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. PDR pada GPSR yang telah dimodifikasi unggul pada setiap variasi kecepatan. Hal ini disebabkan karena pemilihan *nexthop* yang lebih stabil.

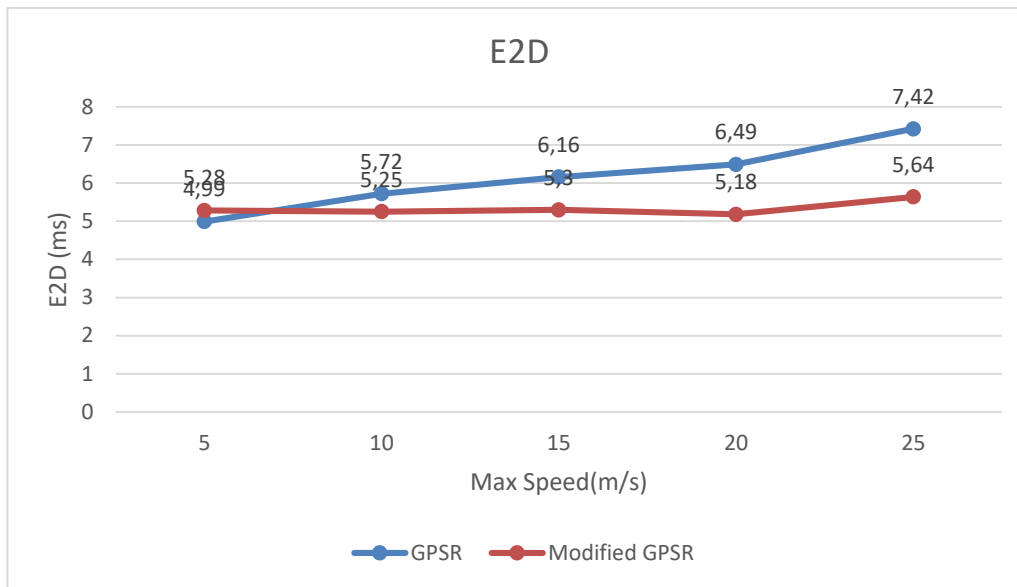
#### B. End-to-end delay (E2D)

*Delay* pada GPSR yang dimodifikasi lebih rendah dibandingkan dengan GPSR original. Hal ini berarti GPSR yang dimodifikasi memiliki tingkat kemunduran yang lebih rendah daripada GPSR pada setiap peningkatan kecepatan. Penundaan yang lebih rendah membuat pengiriman paket lebih cepat.

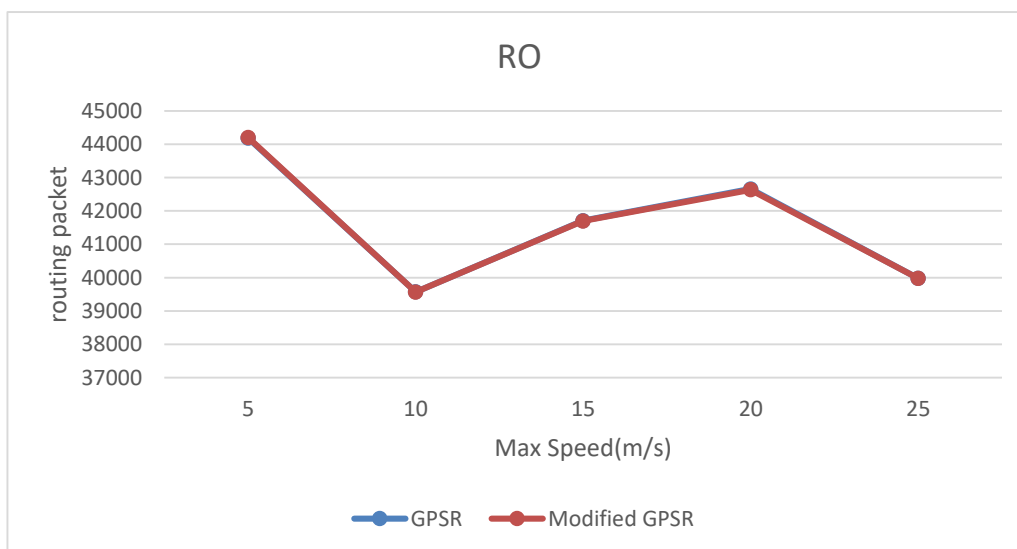
Nilai rata-rata *end-to-end delay* pada skenario 50 seperti ditunjukkan pada Gambar 8, terlihat bahwa *delay* pada GPSR original semakin naik seiring dengan meningkatnya kecepatan. Hal tersebut mungkin terjadi karena *node* yang dipilih menjadi *nexthop* tidak stabil, keluar dari radius transmisi, sehingga harus dilakukan pencarian *nexthop* ulang. Skenario dengan nilai *delay* terendah adalah skenario kecepatan maksimal 5 m/s yaitu 4.99 ms, menggunakan metode GPSR original. Sedangkan skenario dengan nilai *delay* paling tinggi yaitu skenario dengan kecepatan 25 m/s menggunakan metode GPSR original yaitu 7.42 ms.

#### C. Routing Overhead (RO)

Hasil evaluasi kedua metode terhadap kinerja RO terhadap semua variasi nilai kecepatan maksimal menunjukkan nilai yang hampir sama, hanya memiliki nilai selisih yang sedikit. Hal ini disebabkan karena interval *routing* yang sama dan retransmisi *routing* packet sedikit. *Routing overhead* merupakan banyaknya paket *routing* selama simulasi menggunakan 1 skenario tersebut, seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Semakin banyak jumlah *node*, semakin banyak jumlah *routing overhead*.



Gambar 8. Perbandingan E2D pada skenario 50 node.



Gambar 9. Perbandingan routing packet pada GPSR dan GPSR termodifikasi.

## V. KESIMPULAN

GPSR yang dimodifikasi menggunakan kecepatan dan arah untuk meningkatkan pemilihan rute. Tetangga dengan kecepatan dan arah rata-rata yang serupa akan dipilih sebagai *next hop*. Menggunakan metode ini, GPSR yang dimodifikasi dapat memilih rute yang lebih baik dibandingkan dengan GPSR sehingga dapat meningkatkan kinerja protokol *routing*. GPSR yang dimodifikasi menunjukkan kinerja yang lebih tinggi daripada GPSR original. GPSR yang dimodifikasi dapat meningkatkan rasio pengiriman paket (PDR) sebesar 34% dengan penundaan yang lebih rendah dan kompleksitas yang sama. Modifikasi GPSR dapat menjadi alternatif protokol *routing* GPSR yang bagus, karena dapat meningkatkan kinerja GPSR tanpa menambah kompleksitas. Perbaikan masih bisa dilakukan dengan menghitung faktor kepadatan di dekat rute yang dipilih.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Al-sultan, M. M. Al-doori, A. H. Al-bayatti, dan H. Zedan, "Journal of Network and Computer Applications A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network," J. Netw. Comput. Appl., vol. 37, hal. 380–392, 2014.
- [2] M. Gerlach, "Assessing and Improving Privacy in VANETs," Proc. Fourth Work. Embed. Secur. Cars ESCAR, 2006.
- [3] G. Samara, W. A. Al-Salihy, dan R. Sures, "Security issues and challenges of Vehicular Ad Hoc Networks (VANET)," 4th Int. Conf. New Trends Inf. Sci. Serv. Sci., hal. 393–398, 2010.
- [4] S. Ur Rehman, M. A. Khan, T. A. Zia, dan L. Zheng, "Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) - An Overview and Challenges," J. Wirel. Netw. Commun., vol. 3, no. 3, hal. 29–38, 2013.
- [5] B. Karp dan H. T. Kung, "GPSR : Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," 6th Annu. Int. Conf. Mob. Comput. Netw., no. Mo-biCom, hal. 243–254, 2000.



- [6] Z. Cui, D. Li, G. Zhang, C. Guo, dan Y. Sheng, "The Next-Hop Node Selection Based GPSR in Vehicular Ad Hoc Networks," *J. Comput. Commun.*, vol. 04, no. 10, hal. 44–56, 2016.
- [7] J. Li, P. Wang, dan C. Wang, "Comprehensive GPSR Routing in VANET Communications with Adaptive Beacon Interval," in 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), 2016, hal. 1–6.
- [8] Z. S. Houssaini, I. Zaimi, M. Oumsis, dan S. El Alaoui Ouatik, "Improvement of GPSR protocol by using future position estimation of participating nodes in vehicular ad-hoc Networks," in 2016 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM), 2016, hal. 87–94.
- [9] F. Granelli, G. Boato, D. Kliazovich, dan G. Vernazza, "Enhanced GPSR Routing in Multi-Hop Vehicular Communications through Movement Awareness," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 11, no. 10, hal. 781–783, Okt 2007.
- [10] 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.
- [11] K. Manel dan C. Lamia, "SODV speed based ad hoc on demand vector link routing protocol: A routing protocol for VANET networks," in 2017 Sixth International Conference on Communications and Networking (ComNet), 2017, hal. 1–8.