

## ANALISIS PERFORMANSI ROUTING PROTOKOL GPSR, GyTAR, DAN B-MFR PADA VANET UNTUK INTER VEHICLE COMMUNICATION

### PERFORMANCE ANALYSIS OF GPSR, GyTAR, AND B-MFR ROUTING PROTOCOL IN VANET FOR INTER VEHICLE COMMUNICATION

<sup>1</sup>Alif Faikah<sup>2</sup>Dr. Rendy Munadi, Ir., MT.<sup>3</sup>Leanna Vidya Yovita, ST., MT.

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik Elektro – Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>[rendy\\_munadi@yahoo.ac.id](mailto:rendy_munadi@yahoo.ac.id)<sup>2</sup>[leanna.vidya@gmail.com](mailto:leanna.vidya@gmail.com)<sup>3</sup>[aliffaikah@gmail.com](mailto:aliffaikah@gmail.com)

#### ABSTRAK

*Vehicular Ad hoc Network* (VANET) merupakan konsep *subset* dari *Mobile Ad Hoc Network* (MANET) dimana kendaraan bertindak sebagai *node* pada jaringan. Karakteristik dasar VANET yaitu mobilitas *node* tinggi sehingga menyebabkan perubahan yang cepat pada topologi jaringan. Karena topologi jaringan VANET sering berubah, mencari dan mempertahankan rute adalah hal terpenting pada VANET. Dari sekian protokol *ad hoc*, protokol *routing* berbasis posisi dinilai sebagai protokol *routing* yang lebih efisien untuk VANET.

Pada penelitian tugas akhir ini, menganalisis protokol *routing* berbasis posisi yang memiliki mekanisme pengiriman data yang berbeda, yaitu *Greedy Perimeter Stateless Routing* (GPSR), *Greedy Traffic Aware Routing* (GyTAR), dan *Border-Node Based Most Forward within Radius Routing* (B-MFR) pada *Inter Vehicle Communication* (IVC). Simulasi menggunakan *Network Simulator* NS-2.34 dan *mobility generator* yaitu *Simulation of Urban Mobility* (SUMO). Sebagai *integrated simulator* untuk menggabungkan NS-2.34 dan SUMO digunakan MOVE. Simulasi berdasarkan pada skenario perubahan jumlah *node* dan perubahan kecepatan *node* dengan topologi jaringan pada lingkungan urban yaitu jalan Bundaran Hotel Indonesia, Jakarta. Adapun metrik performansi yang digunakan yaitu *end to end delay*, *Normalize Routing Overhead* (NRO), *packet loss* dan *throughput*.

Dari hasil simulasi diperoleh bahwa protokol *routing* B-MFR unggul untuk kedua skenario pengujian. Pada skenario penambahan jumlah *node*, B-MFR memiliki rata – rata *end to end delay*, NRO, *packet loss* dan *throughput* secara berurutan yakni 0.147 ms, 0.395, 12.97% dan 80.7 kbps. Sedangkan pada skenario penambahan kecepatan *node*, B-MFR memiliki nilai rata – rata *end to end delay*, NRO, *packet loss* dan *throughput* secara berurutan yakni 0.24 ms, 0.447, 13.33% dan 80.21 kbps.

**Kata Kunci:** VANET, GPSR, GyTAR, B-MFR, SUMO, MOVE

#### ABSTRACT

*Vehicular Ad hoc Network* (VANET) is a *subset* of the concept of the *Mobile Ad Hoc Network* (MANET) where vehicles act as *nodes* on the network. The baseline characteristics of high *node* mobility VANET is causing rapid changes in the network topology. Because the VANET network topology changes frequently, find and maintain routes are the most important thing in VANET. Of the *ad hoc* protocol, position-based routing protocol is considered as a more efficient routing protocol for VANET.

In this research, analyzing the position-based routing protocols which have different data delivery mechanisms, namely the *Greedy Perimeter Stateless Routing* (GPSR), *Greedy Traffic Aware Routing* (GyTAR), and *Border-Node Based Routing Most Forward within Radius* (B-MFR) on *Inter Vehicle Communication* (IVC). Simulation using *Network Simulator* NS-2:34 and *mobility generator* is the *Simulation of Urban Mobility* (SUMO). As an *integrated simulator* to incorporate NS-2.34 and SUMO used MOVE. Simulations based on the scenario of number of *nodes* and *node* speed changes with the network topology in an urban environment, namely the Bundaran Hotel Indonesia street in Jakarta. The performance metric used is the *end-to-end delay*, *normalize Routing Overhead* (NRO), *packet loss* and *throughput*.

The simulation result shows that the routing protocol B-MFR outperform to both test scenarios. In the scenario of the number of *nodes*, B-MFR has average *end-to-end delay*, NRO, *packet loss* and *throughput* in a sequence that is 0.147 ms, 0.395, 12.97% and 80.7 kbps. While the increase in the speed *node* scenario, B-MFR has average *end-to-end delay*, NRO, *packet loss* and *throughput* in a sequence that is 0.24 ms, 0.447, 13.33% and 80.21 kbps.

**Keywords:** VANET, GPSR, GyTAR, B-MFR, SUMO, MOVE

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Vehicular Ad hoc Network* (VANET) merupakan konsep subset dari *Mobile Ad Hoc Network* (MANET) dimana kendaraan bertindak sebagai *node* pada jaringan. VANET tergolong ke dalam jaringan komunikasi nirkabel dimana komunikasi terjadi melalui *link* nirkabel yang dipasang di setiap *node*. Tiap *node* pada VANET berlaku baik sebagai partisipan ataupun *router* pada jaringan, baik bagi *node* utama atau *intermediate node* yang berkomunikasi di dalam radius transmisinya. Mobilitas *node* yang tinggi merupakan karakteristik dasar VANET yang menyebabkan perubahan yang cepat pada topologi jaringan. Tujuan utama VANET adalah untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan dan kenyamanan penumpang. Hal ini tentunya memerlukan implementasi protokol *routing* yang sesuai dengan karakteristiknya di dalam jaringan.

*Routing* sendiri merupakan proses pencarian jalur optimal antara *node* sumber dengan *node* tujuan, untuk mengirimkan pesan secara tepat waktu. Rute antara *node* sumber dan *node* tujuan memungkinkan berisi banyak *hop*. Karena topologi jaringan VANET sering berubah, mencari dan mempertahankan rute adalah hal terpenting pada VANET. Protokol *routing* berbasis topologi tradisional saat ini tidak cocok untuk VANET. Dan dari sekian protokol ad hoc, protokol *routing* berbasis posisi dinilai sebagai protokol *routing* yang lebih efisien untuk VANET.

*Greedy Perimeter Stateless Routing* (GPSR), *Greedy Traffic Aware Routing* (GyTAR), dan *Border-Node Based Most Forward within Radius Routing* (B-MFR) termasuk ke dalam klasifikasi protokol *routing* berbasis posisi, dimana ketiga protokol tersebut memiliki metode transmisi data yang berbeda. GPSR dalam transmisi data menerapkan *greedy forwarding* secara murni dan *void handling* sebagai strategi *recovery*-nya, atau dikenal dengan *perimeter routing* ketika lokal optima terjadi. Pada GyTAR menggunakan dua modul dalam transmisi data yaitu *junction selection* dan *packet forwarding*. Sedangkan B-MFR menggunakan metode *border-nodes* dengan proyeksi yang maksimal dari *next-hop node* dan merupakan modifikasi dari protokol *Most Forward Progress within Radius* (MFR).

Pada penelitian ini menganalisis tiga protokol *routing* berbasis posisi GPSR, GyTAR, dan B-MFR yang dikhususkan untuk *inter vehicle communication* (IVC) pada VANET. Kemudian studi kasus yang digunakan adalah skenario urban yang disesuaikan dengan batasan masalah menggunakan parameter pengujian yaitu *end to end delay*, *normalize routing overhead*, *packet loss*, dan *throughput*.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang simulasi protokol *routing* GPSR, GyTAR, dan B-MFR dalam kasus skenario urban untuk komunikasi IVC.
2. Mengetahui performansi protokol *routing* GPSR, GyTAR, dan B-MFR pada VANET dalam kasus skenario urban terhadap pengaruh kepadatan dan kecepatan *node* dengan melihat parameter *packet delivery ratio*, *end to end delay*, *normalize routing overhead*, *packet loss*, dan *throughput*.

## 1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana mensimulasikan protokol *routing* GPSR, GyTAR, dan B-MFR dalam kasus skenario jalan raya untuk lingkungan perkotaan untuk komunikasi IVC.
2. Bagaimana menganalisis performansi protokol *routing* dengan parameter berupa *end to end delay*, *normalize routing overhead*, *packet loss* dan *throughput*.

## 1.4 Batasan Masalah

Sejumlah permasalahan yang dibahas pada penulisan tugas akhir ini dibatasi ruang lingkup pembahasannya, yakni:

1. Jaringan nirkabel yang digunakan adalah *Vehicular Ad hoc Network* (VANET).
2. Komunikasi yang dibangun adalah komunikasi antar kendaraan (*Inter-vehicle Communication*).
3. Protokol *routing* yang digunakan adalah GPSR, GyTAR, dan B-MFR.
4. Simulasi mobilitas VANET dilakukan berdasarkan skenario lingkungan perkotaan yaitu pada jalan Bundaran Hotel Indonesia, Jakarta.
5. Simulasi pengujian jaringan menggunakan NS-2.34.
6. Analisis kinerja jaringan didasarkan pada *end to end delay*, *normalize routing overhead*, *packet loss* dan *throughput*.
7. Simulasi menggunakan *Simulation Urban Mobility* (SUMO) dan MOVE.
8. Trafik yang digunakan adalah crb, dan udp.
9. Keamanan jaringan tidak dibahas.

## 1.5 Metodologi

Penyusunan tugas akhir ini dilaksanakan berdasarkan metodologi berikut.

1. Tahap Study Literatur  
Pada tahap ini dilakukan proses pembelajaran, pendalaman teori dan konsep dari teknologi yang digunakan, serta pengumpulan literature-literatur berupa buku referensi, artikel-artikel, dan jurnal-jurnal untuk mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

2. Tahap Perancangan Model Sistem  
Pada tahap ini dilakukan perancangan model jaringan yang digunakan dalam simulasi dan analisis ini.
3. Tahap Simulasi Sistem dan Pengumpulan Data  
Pada tahap ini dilakukan proses pengujian sistem untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan perbandingan

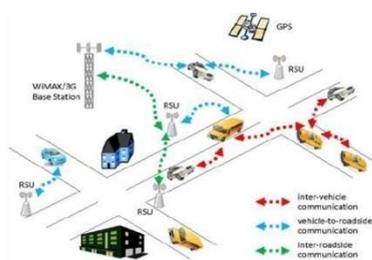
performansi dari protokol *routing* berdasarkan parameter yang telah ditentukan untuk mendapatkan sebuah kesimpulan berdasarkan data yang didapatkan.

4. Tahap Mengolah dan Menganalisis  
Pada tahap ini dilakukan proses analisis terhadap data-data yang diperoleh dari hasil simulasi sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, kemudian ditarik kesimpulan mengenai performansi dari masing-masing *routing* algoritma pada VANET tersebut.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Vehicular Ad hoc Network

*Vehicular Ad hoc Network* (VANET) merupakan subset dari *Mobile Ad hoc Network* (MANET) yang membangun komunikasi *wireless*, meliputi komunikasi *Inter-vehicle Communication* (IVC), *Vehicle to Roadside* (V2R), atau *Roadside to Roadside* (R2R). Teknologi dalam VANET mengintegrasikan *Wireless Local Area Network* (WLAN), seluler, atau *ad hoc network* untuk mencapai konektivitas berkelanjutan. VANET ini kelak akan sangat berperan pada perkembangan teknologi *Intelligent Transportation System* (ITS) dalam menyediakan aplikasi keamanan seperti kemacetan lalu lintas, kontrol kecepatan, kecelakaan sisi jalan, bagian bebas untuk kondisi darurat dan hambatan pada umumnya. Selain aplikasi keamanan, VANET juga menyediakan aplikasi nyaman bagi pengguna jalan. Sebagai contoh, informasi cuaca, *mobile e-commerce*, akses internet, dan aplikasi multimedia lainnya.

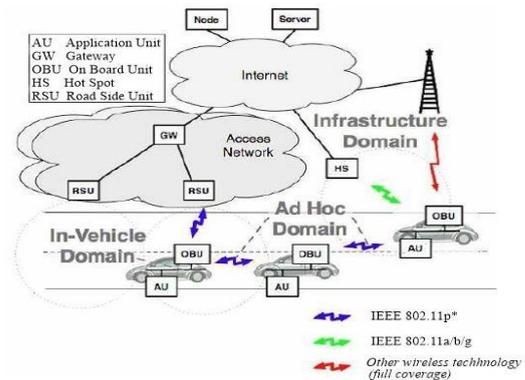


Gambar 2.1 Overview VANET

### 2.2 Arsitektur VANET

Sebuah arsitektur VANET terdiri dari domain - domain berbeda dan komponen -

komponen individual sebagaimana tertera pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Arsitektur Sistem VANET

Gambar tersebut menunjukkan tiga domain berbeda, yakni kendaraan (*vehicle*), *ad hoc*, dan infrastruktur, termasuk di dalamnya komponen individual (*application unit*, *onboard unit*, dan *road-side unit*).

### 2.3 Fitur Pada VANET

Ketika sistem jaringan pada kendaraan mulai di implementasikan, banyak isu yang harus diselesaikan, mulai dari pengembangan aplikasi hingga isu ekonomi. Adapun karakteristik unik pada jaringan VANET adalah sebagai berikut:

- Perubahan topologi jaringan yang cepat dan seringnya fragmentasi, sehingga diameter jaringan yang efektif kecil
- *Variable*, skala sangat dinamis dan padatnya jaringan
- Memungkinkan pengemudi untuk menyesuaikan perilakunya terhadap data yang diterima di jaringan, sehingga menimbulkan perubahan topologi.

### 2.4 Inter Vehicle Communication (IVC)

Meng-*install* infrastruktur yang permanen di jalan raya seperti *access points*, *base stations* dapat menelan banyak biaya, maka komunikasi antar kendaraan (IVC) akan dibutuhkan untuk meningkatkan efektivitas cakupan jaringan kendaraan. Komunikasi IVC murni merupakan jaringan *ad hoc*. Komunikasi jenis ini banyak digunakan untuk aplikasi keamanan seperti peringatan keselamatan, informasi lalu lintas, peringatan penghalang jalan, peringatan tabrakan persimpangan, dan lain sebagainya. Pada komunikasi ini, masing-masing kendaraan telah dilengkapi dengan GPS (*Global Positioning System*), sensor, alat jaringan, peta digital yang berisi informasi segmen jalan dan alat *computing*. Kendaraan akan mendeteksi sendiri pesan lalu lintasnya dan berkomunikasi dengan kendaraan tetangga dengan mem-*broadcast beacon* atau pesan HELLO secara periodik.

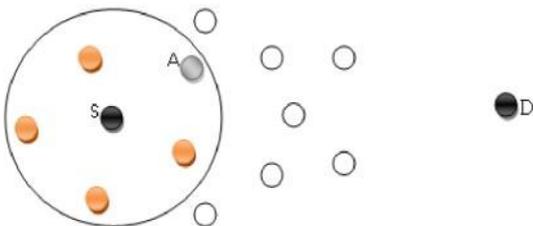
## 2.6 Position-based Routing Protocols

*Position-based routing* (PBR) menyajikan komunikasi *multihop* untuk *wireless ad Hoc network*, dimana *node-node*-nya saling berbagi informasi posisi untuk memilih *forwarding hop* berikutnya. Pada *routing* yang demikian, setiap *node* dianggap mengetahui posisi geografisnya masing-masing dengan bantuan GPS dan menjaga tabel lokasinya dengan ID dan informasi geografis dari *node-node* yang lain. Jika sebuah *node* ingin mengirim paket, sebuah *location service* dapat digunakan untuk membantu menentukan posisi dari tujuan. Paket dikirim ke tetangga satu *hop*-nya yang terletak paling dekat dengan tujuan. Untuk memungkinkan hal demikian, setiap *node* harus secara kontinu mengirimkan paket *beacon* lengkap dengan posisi dan ID *node*-nya. Hal ini penting untuk membangun tabel tetangga satu hop. Demikian pula halnya pada VANET, masing-masing kendaraan perlu tahu posisinya sendiri dan posisi kendaraan lainnya karena *position-based routing protocol* membutuhkan informasi mengenai lokasi fisik dari kendaraan yang tersedia untuk berpartisipasi. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, posisi ini dapat diperoleh secara periodik dari *control messages* atau *beacon* dari tetangga langsung atau dari perangkat *location service*.

Ada tiga komponen utama yang penting dalam mekanisme protokol *routing* berbasis posisi ini, yakni *beaconing*, *location service*, dan *forwarding*.

### 2.6.1 Greedy Perimeter Stateless Routing Protocol (GPSR)

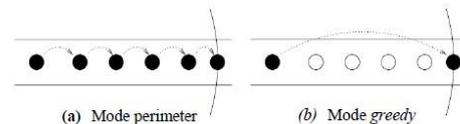
Pada *Greedy Perimeter Stateless Routing Protocol* (GPSR), sebuah *node* menemukan lokasi tetangganya menggunakan perangkat HELLO messages dan posisi tujuan dengan bantuan *location services*. GPSR membutuhkan tiap *node*-nya yang berada dalam jaringan untuk mampu menemukan posisi terkininya menggunakan GPS receiver yang menyediakan informasi terbaru mengenai kecepatan, waktu, dan arah dari kendaraan. Dengan informasi-informasi ini, sebuah *node* dapat mem-forward paket ke tetangganya yang terdekat dari tujuan. Mode operasi seperti ini dikenal sebagai *Greedy Forwarding*.



Gambar 2.8 *Greedy Forwarding* (A tetangga S yang paling dekat dengan D)

*Node* yang memulai mode perimeter menyimpan posisi dirinya sendiri pada *header* paket. Jika sebuah *node* menerima paket yang demikian dan memiliki sebuah *node* tetangga yang lebih dekat ke tujuan daripada posisi yang terdapat dalam *header*, maka mode akan kembali lagi menjadi mode *greedy routing*.

Lebih lanjut, mekanisme kerja dari protokol *routing* GPSR ini digambarkan pada flowchart berikut.



Gambar 2.9 Mode Pada GPSR

*Node* yang memulai mode perimeter menyimpan posisi dirinya sendiri pada *header* paket. Jika sebuah *node* menerima paket yang demikian dan memiliki sebuah *node* tetangga yang lebih dekat ke tujuan daripada posisi yang terdapat dalam *header*, maka mode akan kembali lagi menjadi mode *greedy routing*.

### 2.6.2 Greedy Traffic Aware Routing Protocol (GyTAR)

GyTAR merupakan protokol *routing* berbasis posisi *intersection* dalam rute pengiriman paket pada komunikasi IVC. GyTAR ini merepresentasikan skema *routing anchor-based* dengan *traffic aware*.

GyTAR terdiri dari dua modul yang juga menjadi metode transmisi paket, yakni:

- *Junction Selection*

Pada GyTAR, persimpangan berbeda yang harus dilalui paket untuk menuju *node* tujuan dipilih satu per satu secara dinamis, mempertimbangkan variasi trafik kendaraan dan jarak ke tujuan. Ketika memilih persimpangan selanjutnya, sebuah *node* (baik *node* sumber atau *node intermediate* di sebuah persimpangan) akan mencari posisi tetangga di persimpangan lain menggunakan peta. Sebuah nilai diberikan pada tiap-tiap persimpangan untuk mempertimbangkan kepadatan trafik dan jarak *curvetric* ke tujuan. Persimpangan tujuan yang terbaik (persimpangan dengan nilai terbesar) adalah persimpangan yang secara geografis paling dekat dengan kendaraan tujuan dan yang memiliki trafik kendaraan tertinggi.

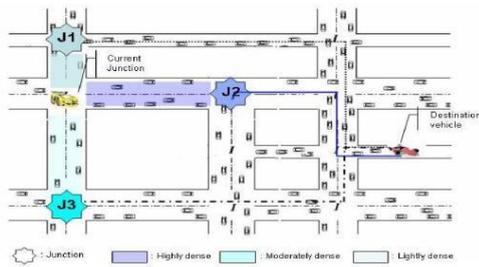
Ada beberapa notasi yang diasumsikan untuk mempermudah penjelasan, yaitu:

J: kandidat persimpangan berikutnya

I: persimpangan terkini

Dj: jarak *curvetric* dari kandidat persimpangan ke tujuan

$D_p = D_j / D_i$  (menentukan kedekatan kandidat persimpangan ke titik tujuan)



Gambar 2.11 Pemilihan Persimpangan Pada GyTAR

Gambar di atas menggambarkan bagaimana persimpangan selanjutnya dipilih pada sebuah jalan. Suatu ketika kendaraan menerima paket, ia akan menghitung nilai dari masing-masing tetangga persimpangannya. Dengan memperhitungkan jarak *curvetric* ke tujuan dan kepadatan trafik, persimpangan J2 memiliki nilai yang lebih besar. Maka itu, persimpangan ini dipilih sebagai *anchor* selanjutnya.

- Mem-forward data di antara dua persimpangan

Ketika sebuah persimpangan ditentukan, strategi *improved-greedy* digunakan untuk meneruskan paket melalui persimpangan yang telah dipilih. Untuk itu, semua paket data ditandai dengan lokasi dari persimpangan-persimpangan ini. Masing-masing kendaraan memelihara sebuah *neighbor table*, dimana posisi, kecepatan, dan arah dari kendaraan tetangganya akan dicatat. Tabel ini akan terus diperbaharui menggunakan pesan *hello* yang saling ditukarkan oleh semua kendaraan. Maka demikian, ketika sebuah paket sampai, kendaraan yang meneruskan (*forwarding node*) menghitung prediksi posisi dari masing-masing tetangga menggunakan informasi tabel yang sudah dicatat tadi, kemudian memilih tetangga *next hop*-nya, yakni yang paling dekat dengan persimpangan tujuan.

Suatu ketika mekanisme GyTAR membawa pada kondisinya local optimum (ketika *forwarding vehicle*-lah yang lebih dekat dengan persimpangan), maka strategi *recovery* diterapkan. Strategi *recovery* ini dikenal sebagai “*carry and forward*”, yakni *node* pembawa paket akan membawa paket sampai persimpangan berikutnya atau sampai ada *node* kendaraan lain yang lebih dekat dengan *node* tujuan masuk ke dalam radius transmisinya..

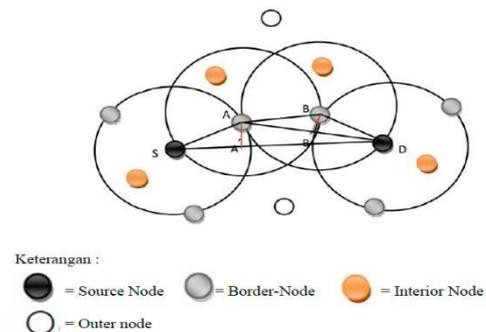
### 2.6.3 Border-Node Based Most Forward within Radius Routing Protocol (B-MFR)

Metode *next-hop forwarding* seperti skema *greedy forwarding* untuk jaringan linear dapat dikatakan

tidak terlalu mendukung dalam MANet seperti VANet. Oleh karena itu *routing protocol* seperti MFR, GEDIR, DIR, dan lain-lain telah digunakan untuk meningkatkan kinerja jaringan *non-linear* dengan kepadatan *node* yang tinggi pada jaringan

VANET. Protokol ini dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan *one-hop node* terjauh dalam kondisi padat dan pergerakan *node* yang cepat.

B-MFR adalah *routing protocol* berbasis posisi yang menggunakan Border-Nodes dengan proyeksi yang maksimal dari *next-hop node*. Protokol merupakan modifikasi dari protokol *Most Forward Progress within Radius* (MFR). B-MFR menggunakan *border node* untuk menghindari penggunaan *interior node* dalam jangkauan transmisi untuk transmisi paket lebih lanjut. Metode ini memilih *border node* sebagai *next-hop node* untuk *forwarding packet* dari sumber ke tujuan. Sebuah paket akan dikirimkan ke *border-node* sebagai jarak antara sumber dengan tujuan kemudian diproyeksikan ke garis yang ditarik dari sumber ke tujuan.



Gambar 2.13 Metode Forwarding Pada B-MFR

1. Node A adalah *border-node* dari *source node* S, karena node A diposisikan pada transmisi jangkauan maksimum dan memiliki jarak maksimum  $SA'$  dimana  $A'$  adalah proyeksi A ke SD.
2. A dipilih sebagai *node forwarding next-hop*.
3. Node A adalah *node next-hop forwarding* ketika menerima pesan dari S.
4. Lakukan hal yang sama, untuk menemukan *next-hop forwarding* dengan jarak proyeksi terbesar menuju tujuan.
5. Node B dipilih sebagai *border-node* A untuk meneruskan paket ke tujuan.
6. Node B secara langsung memberikan pesan ke *node* tujuan D.

## BAB III

### 3.1 Sarana Penunjang Simulasi

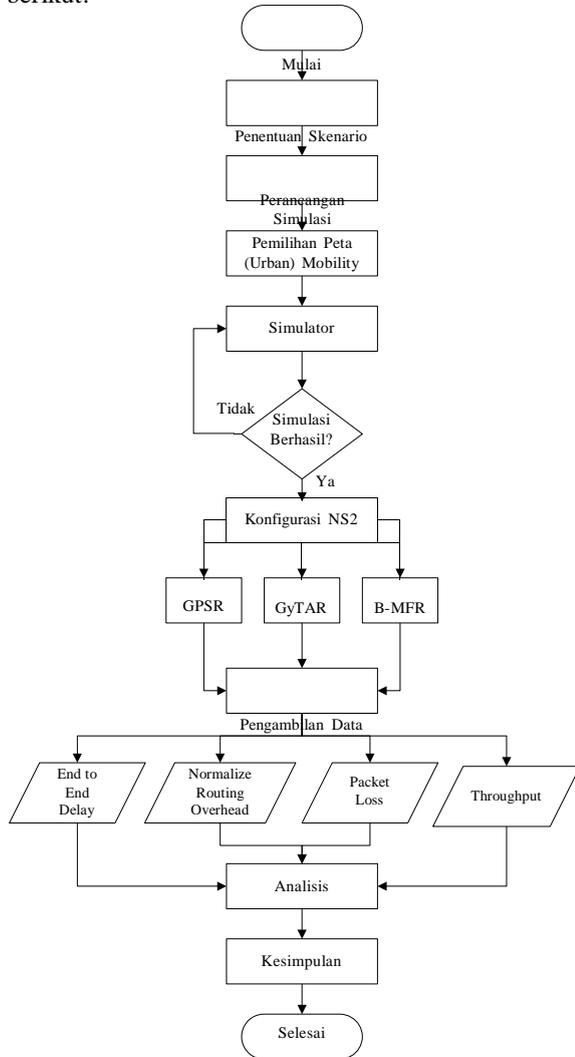
Dalam melakukan perancangan dan simulasi, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai sarana pendukung simulasi adalah sebagai berikut.

- 3.1.1 Perangkat Keras
  - Intel® Core™ i5-3317U 1.7 GHz
  - RAM 4 GB, HDD 500 GB
- 3.1.2 Perangkat Lunak

- Sistem Operasi: Ubuntu 10.04.4 LTS
- Pengolahan Data: AWK
- *Network Simulator*: (NS-2) versi 2.34
- *SUMO mobility generator* versi 0.12.3
- *MOVE script generator*
- *JOSM map editor*

**3.3 Diagram Alur Simulasi**

Pemodelan sistem dalam pengerjaan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam *flowchart* berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Perancangan dan Simulasi Sistem

**3.4 Parameter Simulasi**

Parameter – parameter yang diatur pada script tiap skenario di NS-2 adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Skenario-1 Dengan Variasi Jumlah *Node*

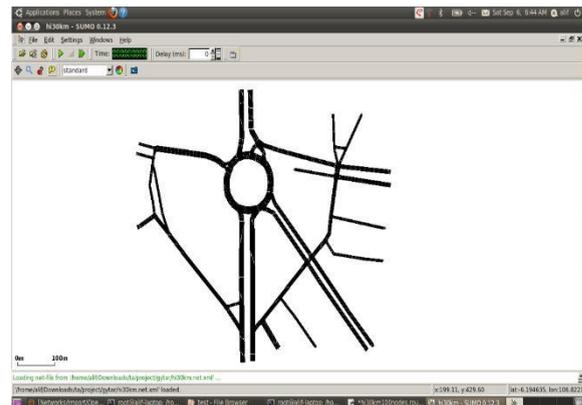
Parameter	Nilai
Area simulasi	739 x 642 m
Jumlah <i>node</i>	100, 200, 300

Kecepatan <i>Node</i>	30 (km/jam)
<i>Transmission Range</i>	200 m
<i>Hello interval</i>	0.25s
<i>Packet Type</i>	CBR, UDP
<i>Packet Size</i>	512 byte
Data Rate	64 kbps
<i>MAC protocol</i>	IEEE : 802.11p

Tabel 3.2 Skenario-2 Dengan Variasi Kecepatan *Node*

Parameter	Nilai
Area simulasi	739 x 642 m
Jumlah <i>node</i>	300
Kecepatan <i>Node</i>	30, 40, 50 (km/jam)
<i>Transmission Range</i>	300 m
<i>Hello interval</i>	0.25s
<i>Packet Type</i>	CBR, UDP
<i>Packet Size</i>	512 byte
Data Rate	64 kbps
<i>MAC protocol</i>	IEEE : 802.11p

Adapun tempat peletakkan *node* disesuaikan dengan topologi jaringan Jalan Bundaran Hotel Indonesia, Jakarta yang terlihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3.2 Topologi jaringan

**3.5 Metrik Performansi**

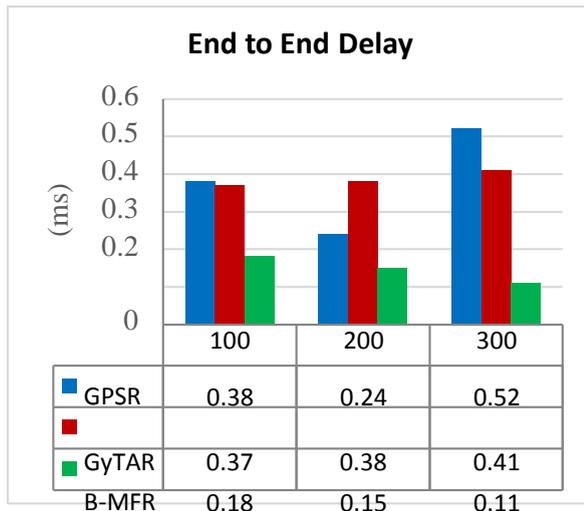
Terdapat empat metrik performansi yang digunakan pada analisis ini, yakni *packet delivery ratio*, *end to end delay*, *normalize routing overhead*, *packet loss* dan *throughput*.

**BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISIS**

**4.1 Analisa Performansi Protokol Routing Terhadap Jumlah *Node***

**4.1.1 End to end delay**

Berdasarkan skenario lingkungan urban pada kecepatan *node* mencapai 30 km/jam dengan jumlah *node* sebanyak 100, 200, dan 300 *node*, didapatkan nilai *end to end delay* pada protokol routing GPSR, GyTAR dan B-MFR sebagai berikut.



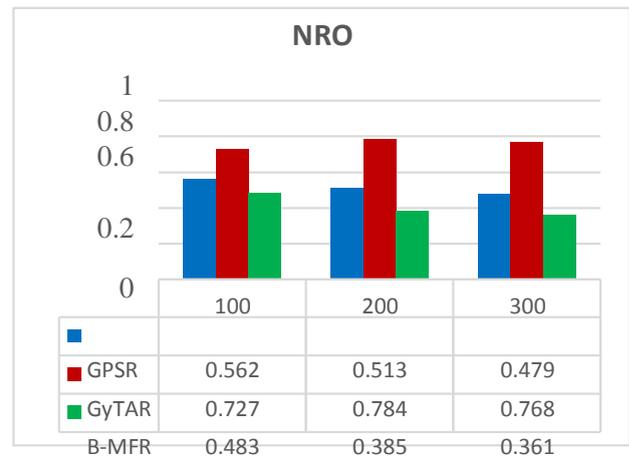
**Gambar 4.1** Pengaruh Perubahan Jumlah *Node* Terhadap Nilai *End to end delay*

Berdasarkan data hasil simulasi yang disajikan dalam bentuk grafik di atas, terlihat bahwa protokol *routing* B-MFR memiliki nilai *end to end delay* yang lebih kecil dibandingkan dengan protokol *routing* GPSR dan GyTAR, dengan rata – rata *end to end delay* sebesar 0.147 ms.

*End to end delay* dipengaruhi oleh mekanisme *forwarding* dari masing masing protokol *routing*. Pada GPSR, *forwarding* menggunakan mekanisme *greedy forwarding* secara murni dan *perimeter routing* sebagai strategi *recover*-nya. Ketika GPSR menggunakan *perimeter routing*, memungkinkan bahwa semakin banyak *node* pada jaringan , maka *node forwarding* pun akan semakin banyak, sehingga berpengaruh terhadap besarnya *end to end delay* .

GyTAR merupakan protokol *routing* yang berbasis posisi *intersection*, dimana mekanisme *forwarding* berdasarkan persimpangan jalan yang ada pada jalur antara *node* sumber dan *node* tujuan. Melihat lingkungan jalan Bundaran Hotel Indonesia, memungkinkan GyTAR menggunakan strategi *recover*-nya yaitu *carry and forwarding* dalam proses *forwarding* data, dimana pada saat *node forwarding* tidak menemukan persimpangan yang memiliki nilai *curvometric* dan kepadatan trafik yang tinggi, maka *node forwarding* akan membawa paket sampai persimpangan selanjutnya atau sampai menemukan *node* lain yang lebih dekat dengan *node* tujuan yang masuk ke dalam radius transmisinya. Hal inilah yang membuat nilai rata –rata *end to end delay* pada GyTAR paling besar, yaitu 0.387 ms.

**4.1.2 Normalize Routing Overhead (NRO)**



**Gambar 4.2** Pengaruh Perubahan Jumlah *Node* Terhadap Nilai NRO

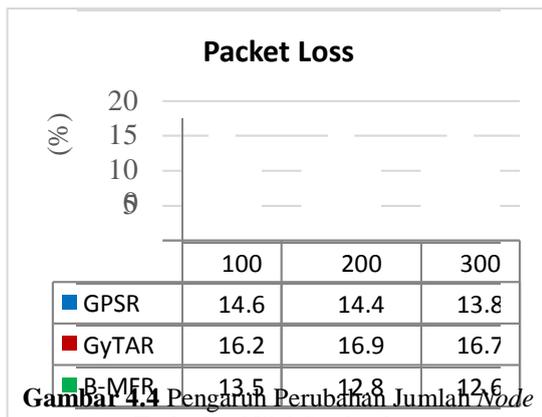
Sesui dengan grafik data hasil simulasi , nilai NRO protokol *routing* GPSR dan B-MFR menurun seiring dengan bertambahnya jumlah *node* pada jaringan . Hal ini berarti bahwa semakin bertambah banyak *node* maka packet data yang diterima akan semakin banyak, sehingga perbandingan antara packet yang dirutekan sebanding dengan banyaknya packet data yang diterima oleh *node* tujuan . Protokol *routing* GPSR dan B-MFR sama – sama menggunakan informasi dari location table untuk menentukan *node forwarding*. Semakin banyak *node*, maka banyak kemungkinan kandidat *node forwarding* yang terdapat dalam radius *node* sumber.

Sedangkan protokol GyTAR menggunakan informasi dari GPS untuk mencari persimpangan jalan yang akan dilalui *packet* untuk menuju *node* tujuan. Sehingga penambahan jumlah *node* kurang mempengaruhi kinerja mekanisme *forwarding* pada GyTAR.

Dapat disimpulkan bahwa B-MFR memiliki nilai rata -rata NRO paling rendah yaitu 0.395. Sedangkan rata – rata nilai NRO untuk GPSR dan GyTAR adalah 0.518 dan 0.760 .

**4.1.3 Packet loss**

Berdasarkan skenario perkotaan dengan kecepatan *node* mencapai 30 km/jam dengan masing-masing jumlah *node* 100,200,dan 300 besarnya *Packet loss* untuk protokol *routing* GPSR, GyTAR dan B-MFR sebagai berikut.



Gambar 4.4 Pengaruh Perubahan Jumlah Node Terhadap Nilai *Packet loss*

*Packet loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena *retransmisi* akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah *bandwidth* cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut.

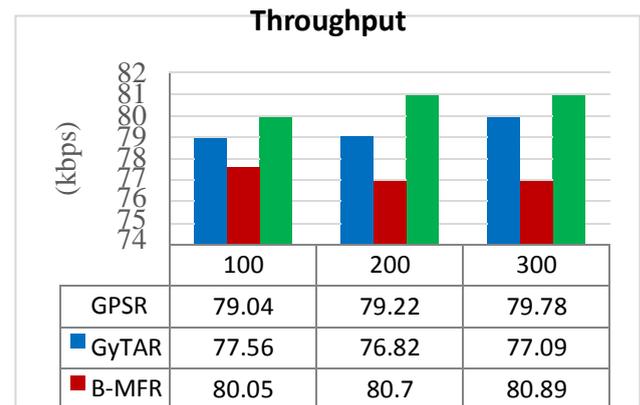
Umumnya perangkat jaringan memiliki *buffer* untuk menampung data yang diterima. Jika terjadi kongesti yang cukup lama, *buffer* akan penuh, dan data baru tidak akan diterima. Pada grafik terlihat bahwa nilai *packet loss* untuk GyTAR paling tinggi. Hal ini terjadi karena kondisi jalan Bundaran Hotel Indonesia yang memiliki sedikit persimpangan, sehingga memungkinkan GyTAR menggunakan strategi *recover*-nya yaitu *carry and forward*. Dengan mekanisme *forwarding* ini mengakibatkan banyak data baru harus di *drop* karena *buffer* tidak cukup.

Protokol *routing* B-MFR dan GPSR memiliki nilai *packet loss* yang cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah *node*. Dengan bertambahnya jumlah *node*, memudahkan proses *forwarding* dari kedua protokol *routing* ini dalam menentukan *node forwarding*.

Dapat disimpulkan bahwa B-MFR memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan GPSR dan GyTAR karena memiliki nilai rata – rata *packet loss* sebesar 12.97%.

#### 4.1.4 Throughput

Berdasarkan skenario perkotaan dengan kecepatan *node* mencapai 30 km/jam dengan masing-masing jumlah *node* 100,200,dan 300 besarnya *throughput* untuk protokol *routing* GPSR, GyTAR dan B-MFR sebagai berikut.



Gambar 4.4 Pengaruh Perubahan Jumlah Node Terhadap Nilai *Throughput*

Sesui dengan perolehan data sebelumnya, yakni *end to end delay*, NRO, dan *packet loss*, nilai *throughput* protokol *routing* B-MFR pun lebih besar dibandingkan protokol *routing* GPSR dan GyTAR pada skenario penambahan jumlah *node*. Hal ini karena mekanisme *forwarding* pada B-MFR berdasarkan *border node*. Pada saat bertambah jumlah *node*, maka memudahkan *node* sumber dalam mencari *next – hop* karena semakin banyak jumlah *node* maka semakin banyak kandidat *next –hop node*.

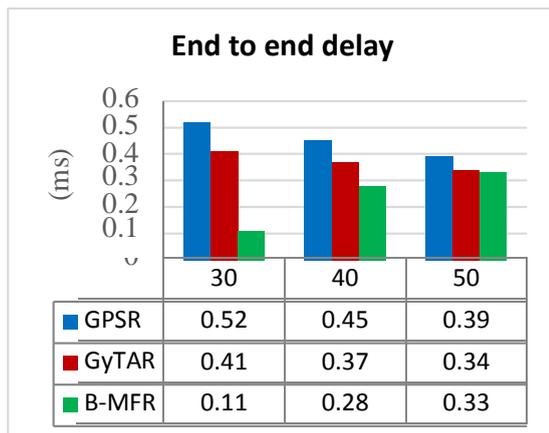
Besarnya *throughput* dipengaruhi oleh kondisi jaringan jalan Bundaran Hotel Indonesia yang sedikit memiliki persimpangan jalan, sehingga menyebabkan performansi protokol GyTAR paling kecil dibandingkan dengan protokol *routing* GPSR dan B-MFR. Karena mekanisme *forwarding* pada GyTAR berbasis *posisi intersection*.

Dapat disimpulkan bahwa protokol *routing* B-MFR lebih baik dibandingkan protokol *routing* GPSR dan GyTAR pada skenario penambahan jumlah *node* dengan rata – rata *throughput* sebesar 80.57kbps.

## 4.2 Analisa Performansi Protokol Routing Terhadap Jumlah Node

### 4.2.1 End to end delay

Berdasarkan skenario lingkungan urban untuk jumlah *node* 300 pada kecepatan *node* mencapai 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50km/jam. didapatkan nilai *end to end delay* untuk layanan data pada protokol *routing* GPSR, GyTAR dan B-MFR sebagai berikut.



**Gambar 4.5** Pengaruh perubahan kecepatan *node* terhadap nilai *end to end delay*

Protokol *routing* GPSR dan GyTAR mengalami penurunan nilai *end to end delay* seiring dengan bertambahnya kecepatan pada setiap *node*. Berbeda dengan protokol *routing* B-MFR yang justru naik seiring bertambahnya kecepatan pada setiap *node*. Pada saat terjadi pertambahan kecepatan pada *node*, maka posisi dari masing masing *node* akan mengalami perubahan sehingga mengakibatkan perubahan data pada *location table* secara cepat pula. Setiap *node* akan terus menerus mengirimkan *hello packet* untuk mendapatkan informasi dari setiap *node* pada jaringan . Pada saat *node* tujuan tidak ditemukan pada *location table* maka *node* sumber akan mengirimkan *location query* menuju *location server* sehingga dari *location server* ini, setiap *node* akan mem- broadcast informasi posisi sampai *node* tujuan ditemukan .

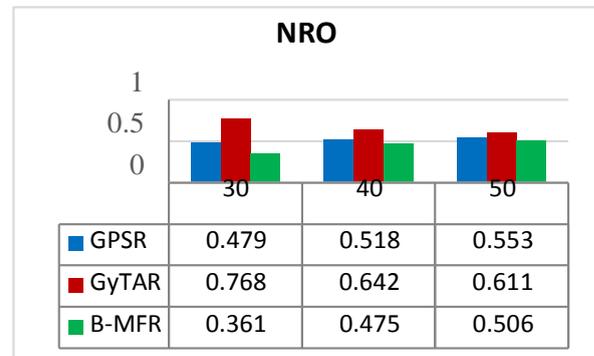
Berdasarkan mekanisme forwarding pada B-MFR yang berdasarkan *border node*, kondisi posisi *neighbor node* sangat penting untuk menentukan *node* mana yang akan dijadikan sebagai *next-hop node* . Ketika *border node* telah ditentukan dan pada saat yang bersamaan terjadi perubahan posisi *neighbor node* yang mengakibatkan kandidat *next-hop node* keluar dari *range* komunikasi dari *node* sumber, maka akan terjadi perhitungan kembali untuk menentukan *border node* . Hal inilah yang menyebabkan nilai *end to end delay* pada protokol *routing* B-MFR menjadi semakin besar ketika terjadi pertambahan kecepatan *node*.

Untuk skenario pertambahan kecepatan pada *node*, protokol *routing* B-MFR memiliki nilai *end to end delay* paling kecil dibandingkan dengan protokol

*routing* GPSR dan GyTAR dengan rata – rata nilai sebesar 0.24ms. Namun tidak menutup kemungkinan apabila terjadi bertambahnya kecepatan melebihi 50 Km/Jam, performansi dari B-MFR akan menurun .

#### 4.2.2 Normalize Routing Overhead

(NRO)



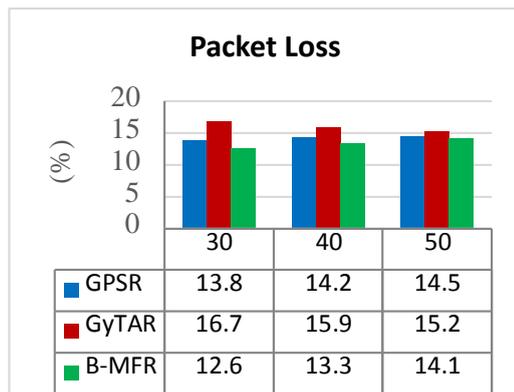
**Gambar 4.6** Pengaruh perubahan kecepatan *node* terhadap nilai NRO

Ketika terjadi perubahan kecepatan *node*, protokol GyTAR mengalami NRO yang relatif turun seiring dengan bertambahnya kecepatan *node* dibandingkan dengan protokol *routing* GPSR dan B-MFR yang relatif naik. Hal ini karena kecepatan *node* mempengaruhi proses forwarding pada protokol *routing* GyTAR pada saat strategi *carry and forward* yang digunakan. Namun jika dibandingkan dengan protokol *routing* B-MFR dan GPSR, GyTAR memiliki nilai NRO paling tinggi dengan rata – rata sebesar 0.674 sedangkan B-MFR dan GPSR hanya memiliki nilai rata – rata yakni 0.447 dan 0.517.

Sehingga untuk skenario pertambahan kecepatan *node* mencapai 50 Km/Jam dengan skenario jalan Bundaran Hotel Indonesia, maka dapat disimpulkan bahwa B-MFR memiliki performansi yang lebih bagus dari protokol *routing* GPSR dan GyTAR untuk metrik performansi NRO.

#### 4.2.3 Packet loss

Berdasarkan skenario lingkungan urban untuk jumlah *node* 300 pada kecepatan *node* mencapai 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50km/jam. didapatkan nilai *packet loss* pada protokol *routing* GPSR, GyTAR dan B-MFR sebagai berikut.



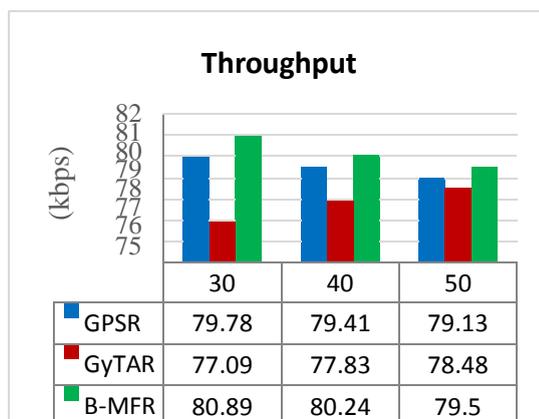
**Gambar 4.7** Pengaruh Perubahan Kecepatan Node Terhadap Nilai *Packet loss*

Perubahan penambahan kecepatan *node* sangat mempengaruhi nilai *packet loss* dari GPSR dan B-MFR dimana nilai *packet loss* rata – rata akan naik apabila kecepatan *node* bertambah . Sedangkan untuk protokol routing GyTAR nilainya cenderung turun seiring dengan bertambahnya kecepatan *node*. Perubahan posisi *node* yang begitu cepat berpengaruh terhadap kinerja dari GPSR, GyTAR, dan B-MFR.

Berdasarkan data hasil simulasi, terlihat bahwa B-MFR memiliki nilai *packet loss* paling kecil dibandingkan dengan protokol routing GPSR dan GyTAR, dengan rata – rata *packet loss* sebesar 13.33%.

#### 4.2.4 Throughput

Berdasarkan skenario lingkungan urban untuk jumlah *node* 300 pada kecepatan *node* mencapai 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50km/jam. didapatkan nilai *throughput* pada protokol routing GPSR, GyTAR dan B-MFR sebagai berikut.



**Gambar 4.8** Pengaruh Perubahan Kecepatan Node Terhadap Nilai *Throughput*

Dari hasil data simulasi yang ditunjukkan grafik di atas, terlihat bahwa

nilai *throughput* untuk ketiga protokol routing GPSR dan B-MFR mengalami penurunan nilai. Terlihat bahwa perpindahan *node* yang semakin cepat berpengaruh terhadap kinerja dari masing – masing protokol routing.

Terlihat jelas pada protokol routing B-MFR yang mengalami penurunan nilai *throughput* dari 80.89 kbps pada saat kecepatan *node* 30 km/jam menjadi 79.5 kbps pada saat *node* mengalami pertambahan percepatan menjadi 50km/jam . Hal ini terjadi karena mekanisme kerja dari protokol B-MFR. Dimana *node* yang menjadi kandidat *border node* oleh mengalami perubahan posisi *node*, sehingga sebelum paket data dikirimkan ke *border node*, *border node* yang dituju sudah keluar dari range komunikasinya . Karena itu, proses pencarian *neighbor node* menjadi lama yang mengakibatkan menurunnya nilai *throughput* dari protokol B-MFR.

Melihat kondisi topologi jalan Bundaran Hotel Indonesia yang sedikit terdapat persimpangan, sehingga *node* pengirim pada protokol GyTAR menggunakan mekanisme *carry and forward* untuk menentukan *node* sebagai *node* persimpangan atau *node* yang memiliki nilai paling dekat dengan *node* tujuan . Ketika terjadi perubahan kecepatan *node* metode *carry and forward* juga mengalami peningkatan performansi kinerja *forwarding* karena perubahan posisi *node* yang begitu cepat, sehingga mempercepat *node* dalam membawa packet sampai ke persimpangan terdekat atau next hop *node* yang masuk dalam range komunikasi *node* tujuan.

Dari ketiga protokol routing yang diujikan , berdasarkan skenario perubahan kecepatan , protokol yang memiliki performansi yang lebih baik dilihat dari parameter *throughput* adalah protokol B-MFR 80.21 kbps

## BAB V PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa terhadap hasil simulasi, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Secara keseluruhan berdasarkan skenario pertambahan jumlah *node* dan pertambahan kecepatan *node*, protokol routing B-MFR lebih bagus jika dibandingkan dengan GPSR dan GyTAR.

2. B-MFR memiliki nilai rata – rata *end to end delay*, NRO, *packet loss* dan *throughput* pada skenario penambahan jumlah *node* dengan nilai rata – rata secara berurutan sebesar 0.147ms, 0.395, 12.97% dan 80.7 kbps. Sedangkan pada skenario penambahan kecepatan *node*, B-MFR memiliki nilai rata – rata *end to end delay*, NRO, *packet loss* dan *throughput* secara berurutan yakni 0.24ms, 0.447, 13.33% dan 80.21 kbps.
3. Pada skenario penambahan kecepatan *node* untuk protokol *routing* GPSR dan B-MFR mengalami penurunan performansi jika dibandingkan dengan skenario penambahan jumlah *node*. Sedangkan protokol *routing* GyTAR, justru memiliki peningkatan performansi saat terjadi penambahan kecepatan *node* dengan kondisi lokasi simulasi yaitu jalan Bundaran Hotel Indonesia.
4. Lokasi simulasi yaitu jalan Bundaran Hotel Indonesia tidak begitu efektif untuk performansi protokol *routing* GyTAR karena berdasarkan dua skenario pengujian, GyTAR memiliki performansi paling buruk dibandingkan dengan protokol *routing* GPSR dan B-MFR.

## 5.2 SARAN

Saran yang dapat disampaikan penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu diperhitungkan *obstacles* yang lebih nyata yang dapat menyebabkan *void communication* seperti gedung-gedung dalam penerapan skenario perkotaan agar simulasi mobilitas dalam jaringan dapat lebih real.
2. Penambahan skenario lingkungan urban yang memiliki karakteristik jalan yang berbeda dengan Jalan Bundaran Hotel Indonesia.
3. Penambahan metrik performansi disamping *end-to-end delay*, NRO, *packet loss* dan *throughput*.
4. Keamanan jaringan perlu dibahas lebih lanjut dalam melakukan simulasi di jaringan VANET.