

# Studi Perbandingan Kinerja Model Transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada OLSR di Lingkungan MANET Menggunakan NS-2

Dhiya'an Sabilia Ramadhani, Radityo Anggoro

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: onggo@if.its.ac.id

**Abstrak**—Perangkat *mobile* seperti *notebook*, *handphone*, *tablet* dan lain lain mulai berkembang adanya teknologi nirkabel (*wireless*) saat ini yang menjadi indikator kemajuan peradaban manusia memungkinkan perangkat komunikasi dapat berkomunikasi secara langsung dengan perangkat lainnya dalam posisi bergerak dan tanpa adanya jaringan infrastruktur yang tetap dan bersifat sementara, jaringan semacam ini disebut sebagai MANET (*Mobile Ad Hoc Network*). Dalam MANET, setiap *node* bergerak secara bebas, sehingga jaringan dapat mengalami perubahan topologi dengan cepat. Karena *node* dalam MANET memiliki jarak transmisi yang terbatas, beberapa *node* tidak bisa berkomunikasi secara langsung dengan *node* lainnya. Maka dari itu, pada studi perbandingan ini yang diteliti adalah skema MANET yang dihasilkan oleh *file node-movement* dan *traffic-pattern* yang telah ada pada distribusi *network simulator*. Penelitian ini menggunakan NS-2 sebagai *network simulator* dengan protokol proaktif MANET jenis OLSR (*Optimized Link State Protocol*) sebagai protokol *routing* yang digunakan serta menggunakan model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami sebagai pembanding yang ada pada NS-2. Hasil dari pengujian adalah suatu perbandingan performa dari model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada protokol *routing* OLSR di lingkungan MANET dengan menggunakan NS-2.

**Kata Kunci**—MANET, Nakagami, Network Simulator, NS-2, OLSR, TwoRayGround.

## I. PENDAHULUAN

SIRING dengan perkembangan zaman, teknologi informasi berkembang dengan pesat dan kebutuhan masyarakat akan komunikasi sehingga mengakses informasi pun semakin mudah. Perangkat *mobile* seperti *notebook*, *handphone*, *tablet* mulai berkembang adanya teknologi nirkabel (*wireless*) saat ini yang menjadi indikator kemajuan peradaban manusia memungkinkan perangkat komunikasi dapat berkomunikasi secara langsung dengan perangkat lainnya dalam posisi bergerak dan tanpa adanya jaringan infrastruktur yang tetap dan jaringan semacam ini disebut *Mobile Ad Hoc Network* (MANET).

Dalam MANET, setiap *node* bergerak secara bebas, sehingga jaringan dapat mengalami perubahan topologi dengan cepat. Karena *node* dalam MANET memiliki jarak transmisi yang terbatas, beberapa *node* tidak bisa berkomunikasi secara langsung dengan *node* lainnya. Pada MANET, jalur *routing* mengandung beberapa *hop* dan setiap *node* berfungsi sebagai

*router* untuk menentukan ke arah mana tujuan atau rute yang akan mereka pilih. Dalam menentukan setiap jalur *routing* pada MANET terdapat tiga jenis protokol *routing* yang diklasifikasikan menjadi tiga, diantaranya protokol *routing proactive*, *reactive* dan *hybrid*. Pada protokol *routing proactive* akan terus mempelajari perubahan topologi secara *real-time* melalui *node* jaringan tetangganya. Oleh karena itu, setiap ada permintaan rute dari *node* sumber ke *node* tujuan, informasi *routing* tersebut sudah tersedia pada *node* sumber. Seiring dengan perubahan topologi jaringan, akan dapat terjadinya peningkatan keseluruhan biaya pemeliharaan jaringan [1].

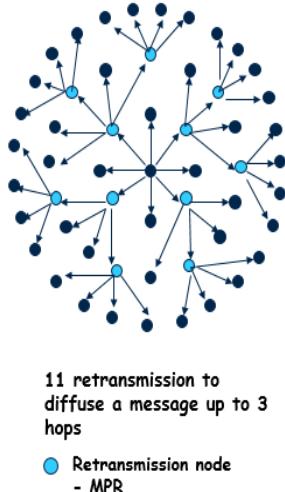
Implementasi pada lingkungan MANET dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi sehingga penelitian ini dapat dilakukan untuk mempelajari sistem dengan baik. Simulasi dilakukan dengan menggunakan Network Simulator 2 (NS-2). Implementasi ini akan dilakukan analisa performa protokol *routing proactive* yaitu *Optimized Link State Routing* (OLSR). Pada kasus ini menggunakan model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami digunakan sebagai pembanding yang ada pada NS-2. Hasil dari penelitian ini adalah suatu perbandingan model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada protokol *routing* OLSR di lingkungan MANET dengan menggunakan aplikasi. Performa protokol *routing* tersebut diukur berdasarkan *routing overhead*, *packet delivery ratio*, dan *delay pengiriman paket* dari *node* ke *node* lainnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mobile Ad Hoc Network (MANET)

*Mobile Ad Hoc Network* (MANET) adalah kumpulan dari beberapa *wireless node* yang dapat di-set-up secara dinamis dimana saja dan kapan saja, tanpa menggunakan infrastruktur jaringan yang ada. MANET juga merupakan jaringan sementara yang dibentuk oleh beberapa *mobile node* tanpa adanya pusat administrasi dan infrastruktur kabel. Pada MANET, *mobile host* yang terhubung dengan *wireless* dapat bergerak bebas dan juga berperan sebagai *router*. MANET memiliki beberapa karakteristik yaitu di antaranya konfigurasi jaringan yang dinamis, *bandwidth* yang terbatas, keterbatasan daya untuk tiap-tiap operasi, keterbatasan keamanan dan setiap *node* pada MANET berperan sebagai *end-user* sekaligus sebagai *router* yang menghitung sendiri *route-path* yang selanjutnya akan dipilih [2].

### B. Optimized Link State Routing (OLSR)



Gambar 1 Proses Packet Flooding pada OLSR [3]

OLSR merupakan protokol *routing* proaktif, yang dapat dengan segera menyediakan *routing* ke semua *network* tujuan yang ada. Protokol ini merupakan pengembangan dari algoritma *link-state* klasik untuk memenuhi persyaratan dari jaringan nirkabel dinamis seperti MANET. OLSR merupakan protokol *routing* yang menggunakan algoritma *link-state* klasik dan algoritma Djikstra untuk mencari *shortest path*. Optimalisasi ini berdasarkan pada konsep *Multipoint Relays* (MPR). Setiap *node* menyeleksi *node-node* tetangganya sebagai *Multipoint Relay* (MPR). Pada OLSR, hanya *node* yang berperan sebagai MPR yang bertanggung jawab untuk melanjutkan *control traffic* (paket kontrol), yang dimaksud untuk penyebaran ke seluruh jaringan. *Multipoint Relays* (MPRs) menyediakan mekanisme untuk melakukan *flood control traffic* dengan mengurangi jumlah transmisi yang dibutuhkan [3].

### C. Model Transmisi TwoRayGround

Dalam *mobile radio channel*, *single direct path* antara *base station* dan *mobile* terkadang hanya peralatan fisik biasa untuk propagasi dan rumus pada *free space* kurang akurat jika dalam penggunaannya berdiri sendiri. Model transmisi *TwoRayGround* merupakan model yang berguna karena berdasar pada optik geometri dan dapat digunakan untuk *direct path* dan refleksi dari *ground* antara *transmitter* dan *receiver*. Model ini dirasa sangat akurat untuk memperkirakan kekuatan sinyal dalam skala luas dengan jarak beberapa kilometer untuk sistem *mobile radio* dengan menggunakan menara yang tinggi. *Power* yang diterima dengan jarak diberikan oleh persamaan **Error! Reference source not found.**:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{d^4 L} \quad (1)$$

dimana  $P_t$  adalah *power* yang ditransmisikan,  $G_t$  dan  $G_r$  adalah tegangan antena pada *transmitter* dan *receiver*,  $h_t$  dan  $h_r$  adalah tinggi dari antena *transmitter* dan *receiver*, nilai  $L$  diasumsikan sama dengan nilai  $L$  pada propagasi *free space*,  $L = 1$ . Untuk

parameter yang lain, masih sama dengan parameter pada propagasi *free space*. Berdasarkan rumus matematika diatas, *power loss* lebih cepat hilang dibandingkan dengan rumus matematika pada model propagasi *free space* ketika jaraknya bertambah. Namun, Model ini tidak memberikan hasil yang baik untuk jarak yang terlalu dekat dikarenakan osilasi yang disebabkan oleh konstruktif dan destruktif yang merupakan kombinasi dari model ini [4].

### D. Model Transmisi Nakagami

Artikel yang siap untuk dipublikasikan harus dilengkapi dengan sebuah formulir *copyright*. Model Nakagami-m-m bersifat lebih umum dan dapat diterapkan untuk berbagai kondisi *fading*, tergantung pada parameter-m yang digunakan. Kanal Nakagami-m-m memiliki *probability density function* (PDF) yang dinyatakan sebagai persamaan **Error! Reference source not found.** [5].

$$P_R(R) = \frac{2m^m R^{2m-1}}{\Gamma(m)\Omega^m} \exp\left(-\frac{mR^2}{\Omega}\right), R \geq 0 \quad (2)$$

dimana :

- $m$  = parameter *fading*,  $m \geq 0.5$  sampai  $\sim$  (integer positif)
- $R$  = amplitudo *fading*
- $\Gamma$  = fungsi gamma
- $\Omega = E[R^2]$

Pengaruh parameter-m pada kanal Nakagami-m-m:

1. Apabila  $m \leq 1$ , maka persamaan **Error! Reference source not found.** menjadi *probabilitas density function* dari kanal *fading Rayleigh*.
2. Apabila  $m > 1$ , merujuk ke kanal *fading Ricean*. Dimana kanal *fading Ricean* memiliki faktor K yang memiliki pengaruh disini. Sehingga nilai m adalah sebagai persamaan **Error! Reference source not found.** [5].

$$m = \frac{(1+k)^2}{1+2k}, k \geq 0 \quad (3)$$

### E. Network Simulator 2 (NS-2)

Network Simulator 2 (NS-2) merupakan alat simulasi jaringan yang bersifat *open source* yang banyak digunakan dalam mempelajari struktur dinamik dari jaringan komunikasi. Simulator ini ditargetkan pada penelitian jaringan dan memberikan dukungan yang baik untuk simulasi *routing*, protokol *multicast* dan protokol IP, seperti UDP, TCP, RTP, jaringan nirkabel dan jaringan satelit. Beberapa keuntungan menggunakan *network simulator* sebagai perangkat lunak simulasi yaitu *network simulator* dilengkapi dengan *tools* validasi, pembuatan simulasi dengan menggunakan *network simulator* jauh lebih mudah daripada menggunakan *software developer* seperti Delphi atau C++, *network simulator* bersifat *open source* di bawah GPL (*Gnu Public License*) dan dapat digunakan pada sistem operasi Windows dan sistem operasi Linux [6].

### III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

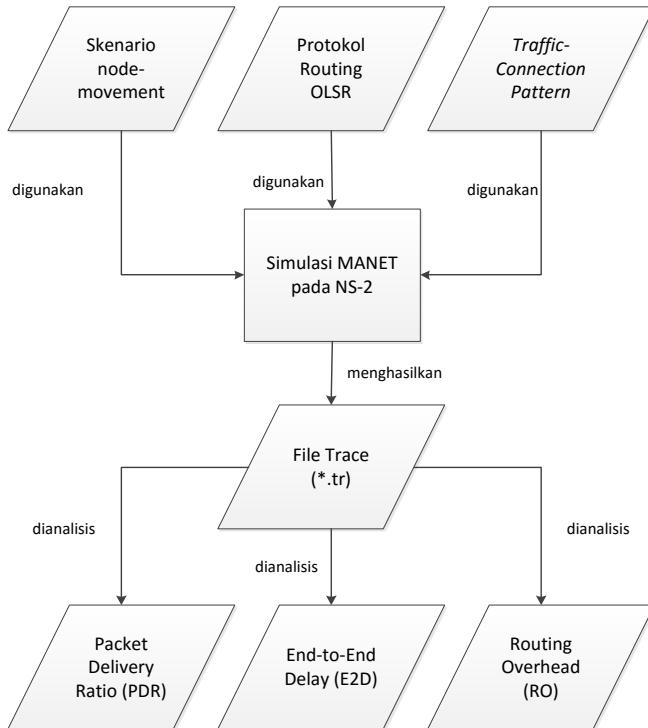
#### A. Analisis Permasalahan

Terdapat beberapa permasalahan utama yang diangkat dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Pertama adalah bagaimana kinerja protokol *routing* OLSR pada MANET. Permasalahan kedua adalah bagaimana perbandingan kinerja model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada OLSR di lingkungan MANET.

#### B. Deskripsi Umum

Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis tentang performa model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada MANET. Dalam pembuatan skenario MANET yaitu dengan cara men-generate file node-movement (*mobility-generation*) dan membuat koneksi antar *node* menggunakan file traffic-connection pattern. Dalam penelitian ini, terdapat 2 jenis model transmisi yang digunakan sebagai perbandingan pengukuran performa dari pengiriman data antar *node* yaitu model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami. Kemudian untuk simulasi skenario yang dihasilkan oleh *mobility generator* akan dijalankan pada NS-2 menggunakan protokol *routing* OLSR pada sistem operasi Linux.

Pada tiap skenario, kecepatan maksimum pergerakan dari satu *node* ke *node* lainnya dibuat bervariasi yaitu 5, 10 dan 15 m/s. Hasil proses uji coba dari tiap skenario akan menghasilkan sebuah *trace file* yang nantinya akan dilakukan analisis perhitungan metrik *Packet Delivery Ratio* (PDR), *End-to-End Delay* (E2D), dan *Routing Overhead* (RO). Dari hasil metrik tersebut dianalisis performa kedua model transmisi yang dibandingkan.



Gambar 2 Tahap Rancangan Simulasi

### IV. IMPLEMENTASI

#### A. Implementasi Skenario

Tabel 1  
Parameter Skenario Node-Movement

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Jumlah Node	50
2	Waktu Simulasi	100 detik
3	Area	510 m x 510 m
3	Kecepatan Maksimal	- 5 m/s - 10 m/s - 15 m/s
5	Sumber Traffic	CBR
6	Waktu Jeda (dalam detik)	10
7	Ukuran Paket	512 bytes
8	Rate Paket	0.25 paket per detik
9	Jumlah maksimal koneksi	1
10	Model mobilitas yang digunakan	Random Way Point

Tabel 2  
Parameter Traffic-Connection Pattern

No.	Parameter	Spesifikasi
1	-type cbr tcp	CBR
2	-nn nodes	2
3	-s seed	1.0
4	-mc connections	1
5	-rate rate	0.25
6	Agent	UDP

Skenario *mobility generation* dibuat dengan men-generate file node-movement yang telah ada pada NS-2 atau tools-nya biasa disebut ‘setdest’ yang nantinya akan menghasilkan output dalam bentuk .txt dan digunakan dalam file Tcl selama simulasi pada NS-2 sebagai bentuk pergerakan *node* yang berpindah-pindah.

*Traffic-Connection* dibuat dengan menjalankan program cbgren.tcl yang telah ada pada NS-2 yang nantinya akan menghasilkan output dalam bentuk .txt dan digunakan sebagai koneksi untuk menghubungkan antar *node* yang ada pada skenario selama simulasi pada NS-2.

#### B. Implementasi Network Simulator 2

Pada implementasi kode NS-2 dengan konfigurasi MANET, dilakukan penggabungan skenario mobilitas dan *traffic-connection* dengan skrip TCL yang diberikan parameter-parameter untuk membangun percobaan simulasi MANET pada NS-2. Berikut parameter simulasi perancangan sistem MANET yang dapat digunakan dapat dilihat pada Tabel Parameter Simulasi pada NS-2.

Tabel 3  
Parameter Simulasi NS-2

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Network simulator	NS- 2.35
2	Routing Protocol	OLSR
3	Waktu simulasi	100 detik
3	Waktu Pengiriman Paket Data	- <i>TwoRayGround</i> = 0 – 100 detik - Nakagami = 0 – 100 detik
5	Area simulasi	510 m x 510 m
6	Banyak node	50
7	Radius transmisi	100 m
8	Tipe koneksi	UDP
9	Tipe data	Constant Bit Rate (CBR)
10	Source / Destination	Statik (Node 1 / Node 2)
11	Kecepatan generasi paket	1 paket per detik
12	Ukuran paket data	512 bytes

13	Protokol MAC	IEEE 802.11
14	Mode Transmisi	- TwoRayGround - Nakagami
15	Tipe Antena	OmniAntenna
16	Tipe Interface Queue	Droptail/PriQueue
17	Tipe Peta	MANET (random way point)
18	Tipe kanal	Wireless channel
19	Tipe trace	Old Wireless Format Trace

### C. Implementasi Metrik Analisis

Metrik yang akan dianalisis pada Tugas Akhir ini adalah *Packet Delivery Ratio* (PDR), *End-to-End Delay* (E2D), dan *Routing Overhead* (RO). PDR dihitung dari perbandingan antara paket yang dikirim dengan paket yang diterima. PDR dihitung dengan menggunakan persamaan **Error! Reference source not found.**, dimana *received* adalah banyaknya paket data yang diterima dan *sent* adalah banyaknya paket data yang dikirimkan.

$$PDR = \frac{received}{sent} \times 100 \quad (4)$$

E2D dihitung dari rata-rata *delay* antara waktu paket diterima dan waktu paket dikirim. E2D dihitung dengan menggunakan persamaan **Error! Reference source not found.**, dimana  $t_{received[i]}$  adalah waktu penerimaan paket dengan urutan / id ke-*i*,  $t_{sent[i]}$  adalah waktu pengiriman paket dengan urutan / id ke-*i*, dan *sent* adalah banyaknya paket data yang dikirimkan.

$$E2D = \frac{\sum_{i=0}^{i=sent} t_{received[i]} - t_{sent[i]}}{sent} \quad (5)$$

*Routing Overhead* adalah jumlah paket kontrol *routing* yang ditransmisikan per data paket yang terkirim ke tujuan selama simulasi terjadi. RO dihitung berdasarkan jumlah paket *routing* yang ditransmisikan. Baris yang mengandung *routing overhead* pada *trace file* ditandai dengan paket yang bertipe *send* (s) / *forward* (f) dan terdapat *header* paket dari protokol OLSR.

## V. PENGUJIAN DAN EVALUASI

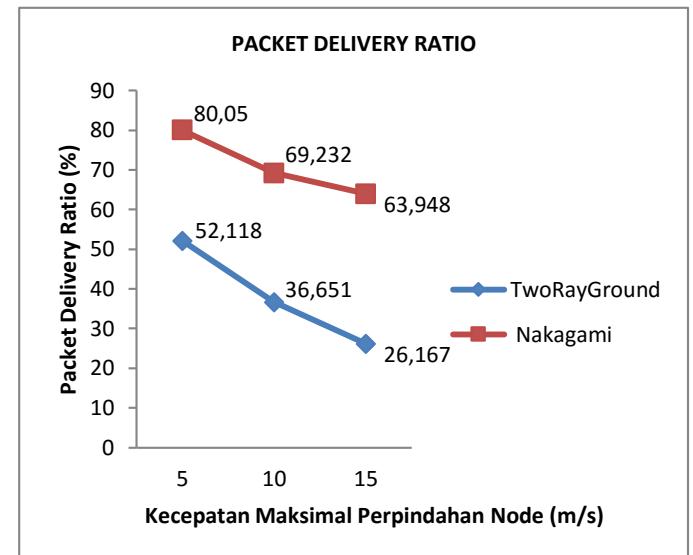
Lingkungan pengujian sistem pada pelaksanaan artikel ini dilakukan pada lingkungan dan alat kakas sebagai berikut:

- ✓ Processor Inter(R) Core(TM) i5-2450 CPU @2.50 GHz.
- ✓ Sistem operasi Ubuntu 10.04 LTS 64-bit.
- ✓ Memori 4GB DDR3.
- ✓ Media penyimpanan 500GB.
- ✓ Network Simulator 2.35.
- ✓ OLSR versi 1.0.

*Trace file* hasil menjalankan program skenario *node-movement* (*mobility generation*) menggunakan model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami kemudian dianalisis nilai PDR, *End-to-End Delay* dan *Routing Overhead*-nya melalui *script* pdr.awk. Hasil tiap perhitungan PDR skenario ditabulasikan dan dirata-ratakan menjadi seperti pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4  
Nilai PDR Skenario *Node-Movement*

Kecepatan Maksimal Perpindahan Node (m/s)	PDR (%)	Nakagami
5	52.118	80.050
10	36.651	69.232
15	26.167	63.948



Gambar 3 Grafik PDR Skenario *Node-Movement*

Pada Tabel 4 dan Gambar 3 menunjukkan performa yang dihasilkan oleh model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada jaringan MANET dengan menggunakan skenario *node-movement* (*mobility generation*) yang bersifat *Random Way Point*. Terlihat bahwa PDR yang dihasilkan oleh kedua model transmisi semakin menurun dengan bertambahnya kecepatan maksimal perpindahan node.

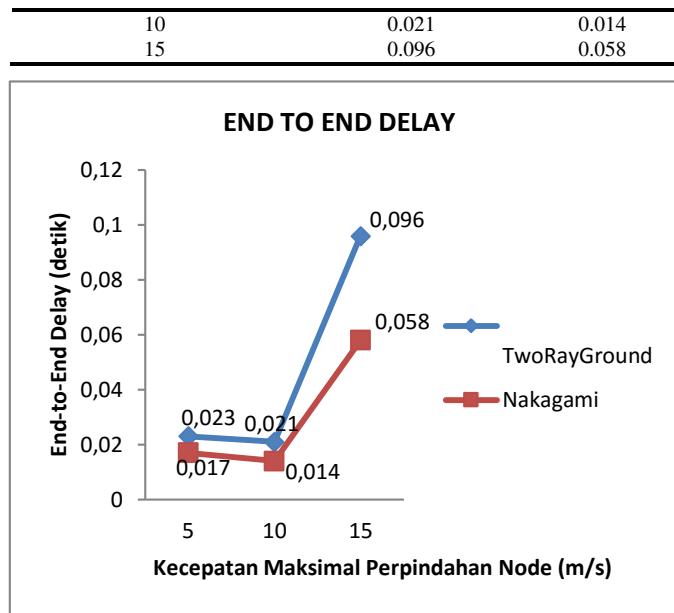
Terlihat bahwa nilai PDR yang dihasilkan oleh model transmisi Nakagami lebih baik dan lebih stabil daripada PDR yang dihasilkan oleh model transmisi *TwoRayGround* pada skenario *node-movement* (*mobility generator*) MANET. Nilai PDR yanghasilkan lebih stabil pada model transmisi Nakagami dikarenakan kemampuannya untuk mengidentifikasi / memperhatikan lingkungan sekitar area simulasi dan pengaruh ketinggian *antenna* pada *node* yang ada. Tidak seperti model transmisi *TwoRayGround*, dari skenario yang yang dihasilkan oleh *file node-movement* (*mobility generation*) tidak mampu untuk mengidentifikasi/memperhatikan lingkungan sekitar area simulasi dan pengaruh ketinggian *antenna* pada *node* yang menyebabkan pengiriman paket antar *node* yang lebih cepat dan dinamis.

Kemudian untuk hasil tiap perhitungan E2D skenario ditabulasikan dan dirata-ratakan menjadi seperti pada Tabel 5.

Dapat dilihat pada Gambar 4 untuk performa *End-to-End Delay* pada model transmisi Nakagami memiliki nilai yang lebih baik dan lebih stabil dibandingkan dengan performa E2D yang dihasilkan oleh model transmisi *TwoRayGround*.

Tabel 5  
Nilai E2D Skenario *Node-Movement*

Kecepatan Maksimal Perpindahan Node (m/s)	E2D (detik)	Nakagami
5	0.023	0.017

Gambar 4 Grafik E2D Skenario *Node-Movement*

Hal ini dapat terjadi akibat mobilitas pengiriman paket antar *node* yang sangat dinamis pada skenario *node-movement* (*mobility generation*) yang dihasilkan oleh model transmisi *TwoRayGround*. Mobilitas yang sangat dinamis ini memungkinkan terjadinya rute putus saat pengiriman paket data sehingga pengiriman paket dimasukkan ke dalam antrian dan menunggu rute baru terbentuk sebelum pengiriman paket data dilanjutkan kembali.

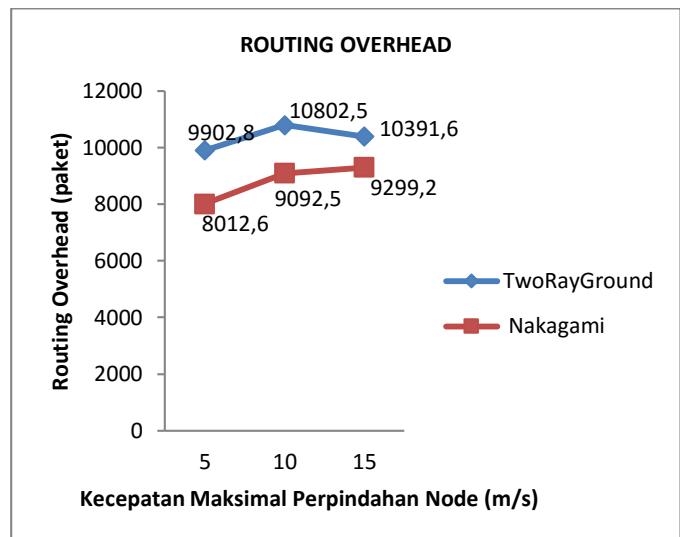
Sedangkan untuk hasil tiap perhitungan RO skenario ditabulasikan dan dirata-ratakan menjadi seperti pada Tabel 6.

Pada Tabel 6 dan Gambar 5 menunjukkan pengujian model transmisi *TwoRayGround* nilai *Routing Overhead* yang dihasilkan memiliki nilai yang fluktuatif berdasarkan penambahan kecepatan maksimal perpindahan *node* yang terdapat dalam simulasi.

Nilai *Routing Overhead* yang dihasilkan oleh model transmisi *TwoRayGround* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *Routing Overhead* yang dihasilkan oleh model transmisi Nakagami. Hal ini terjadi karena pengiriman paket *routing* berjenis *send* maupun *forward* yang dihasilkan oleh *TwoRayGround* lebih banyak daripada Nakagami. Dengan demikian semakin banyaknya paket *routing send* dan *forward* yang dihasilkan, pengiriman paket data yang dilakukan memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk sampai ke *node* tujuan.

Tabel 6  
Nilai RO Skenario *Node-Movement*

Kecepatan Maksimal Perpindahan Node (m/s)	Routing Overhead (Paket)	
	TwoRayGround	Nakagami
5	9902.8	8012.6
10	10802.5	9092.5
15	10391.6	9299.2

Gambar 5 Grafik RO Skenario *Node-Movement*

Hasil analisis yang dilakukan pada metrik-metrik diatas menyebabkan perbedaan diantara model transmisi yang digunakan, yaitu *TwoRayGround* dan Nakagami. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan ini mengacu pada lokasi dan pergerakan pada *node*.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan proses perancangan, implementasi, serta pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hal – hal yang dapat mempengaruhi nilai PDR, E2D dan RO yang dihasilkan dari model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami adalah:
  - Posisi awal *node* yang dibuat secara acak.
  - Pergerakan *node* yang dibuat secara acak.
  - Lingkungan jaringan yang digunakan.
  - Keadaan sekitar simulasi.
  - Ketinggian antena.
2. Dari hasil percobaan pada skenario MANET, didapatkan nilai PDR, E2D dan RO dengan model transmisi Nakagami lebih baik dan bagus daripada nilai PDR, E2D dan RO dengan model transmisi *TwoRayGround* sehingga:
  - Model transmisi *TwoRayGround* yang tidak memperhatikan keadaan sekitar simulasi dan ketinggian antena sehingga cocok untuk lingkungan MANET yang bentuk jaringannya lebih besar dan bersifat global.
  - Model transmisi Nakagami yang memperhatikan keadaan sekitar simulasi seperti gedung, pohon, tanah dan *obstacle-obstacle* lainnya serta ketinggian antena sehingga cocok untuk lingkungan VANET karena merepresentasikan bentuk jaringannya yang lebih detail daripada MANET.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan studi perbandingan kinerja model transmisi *TwoRayGround* dan Nakagami pada OLSR di lingkungan MANET menggunakan NS-2 adalah sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan percobaan pada lingkungan VANET untuk penerapan kedua model transmisi yaitu *TwoRayGround* dan Nakagami.

2. Dapat dilakukan pengurangan atau penambahan jumlah *node* dan penambahan jumlah percobaan untuk skenario *node-movement (mobility generation)*.
3. Dapat dilakukan modifikasi pada parameter-parameter yang digunakan untuk membangkitkan uji coba MANET pada NS-2 seperti modifikasi pada parameter *transmission range*, modifikasi pada *pause time* selama waktu simulasi berlangsung.
4. Dapat dilakukan modifikasi protokol OLSR agar bersifat adaptif terhadap perubahan mobilitas *node* yang tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. B. Hartawan, "Optimasi Pemilihan Multi-Point Relay dengan Congestion Detection dalam Optimized Link State Routing pada Mobile Ad-Hoc Network," *Digilib ITS*, p. 1, 2014.
- [2] M. Affandes, "3. Mobile Ad Hoc Network (MANET)," 30 October 2011. [Online]. Available: <https://affandezone.wordpress.com/2011/10/30/3-routing-pada-manet/>. [Accessed 26 May 2016].
- [3] Rechnernetze und Telematik University of Freiburg, 2011. [Online]. Available: <http://archive.cone.informatik.uni-freiburg.de/teaching/vorlesung/manet-s07/exercises/DSDV.ppt>. [Accessed 26 May 2016].
- [4] A. Saputra, "Pengetahuan Tentang Jaringan," 25 March 2009. [Online]. Available: <http://de-monk.blogspot.co.id/>. [Accessed 29 March 2016].
- [5] Pajala, Elina, Isotalo, Tero and dkk, "An improved simulation model for Nakagami-m-m fading channels for satellite positioning applications," Finlandia, Institute of Communications Engineering Tampere University of Technology, p. 82.
- [6] R. Baumann, Engineering and simulation of mobile ad hoc routing protocols for VANET on Highways and in cities, Institute of Technology Zurich, 2014.