



# ANALISIS PENGARUH KELAS PROTOKOL ROUTING TERHADAP KINERJA JARINGAN MOBILE AD HOC NETWORK (MANET)

Astri Dianingrum<sup>1</sup>, Ida Nurcahyani<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia  
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

<sup>1</sup>14524065@students.uii.ac.id

<sup>2</sup>ida.nurcahyani@uii.ac.id

**Abstrak**— Jaringan nirkabel sekarang ini semakin banyak digunakan dalam bidang teknologi dibandingkan dengan jaringan berkabel. Perkembangan teknologi yang sangat pesat ini dilatar belakangi oleh kebutuhan masyarakat yang menginginkan pertukaran data secara cepat, dan praktis selain itu jaringan nirkabel mampu memantau data dari jarak jauh pada area yang sulit dijangkau sehingga memudahkan untuk bertukar data. Salah satu model dari perkembangan jaringan nirkabel yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat adalah *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). Untuk mengetahui kelas protokol *routing* yang kinerjanya paling baik maka penelitian ini melakukan perbandingan kelas protokol *routing reactive* yaitu AODV, *proactive* yaitu GRP dan *hybrid* yaitu TORA dengan menggunakan dua skenario simulasi yaitu *node* jenis *mobile* dan jenis *fixed*, dan menggunakan penambahan *node* pada masing masing simulasi 20, 40, 60. Kinerja protokol *routing* yang diukur adalah *throughput*, *delay* dan *packet loss* pada skenario yang berbeda berdasarkan jumlah *node* dan jenis *node*. Simulasi dilakukan menggunakan OPNET modeler 14.05. Hasil penelitian menunjukkan kelas protokol *routing proactive* yaitu AODV kinerjanya lebih baik diparameter *throughput* dengan nilai 937.58 Kbit/s, parameter *packet loss* dengan nilai 0% dan *delay* dengan nilai 0,338 ms dibanding GRP dan TORA dan *node* jenis *fixed* lebih baik dibanding *node* jenis *mobile*

Kata kunci: MANET, *routing protocol*, AODV, GRP, TORA, OPNET 14.05

## I. PENDAHULUAN

Salah satu model dari perkembangan jaringan nirkabel yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat adalah *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). MANET merupakan suatu jaringan yang terbentuk dari sekumpulan *node* untuk melakukan komunikasi antar *node* satu dengan *node* lainnya [1].

Protokol *routing* merupakan komunikasi antar *node* untuk berbagi data atau informasi yang berkaitan dengan suatu jaringan dan koneksi dari satu *node* ke *node* yang lain. Pada jaringan MANET *node* bersifat sebagai *router* yang berfungsi untuk menentukan *route* yang akan dituju. Protokol *routing* pada *ad hoc network* terdapat tiga katagori yaitu protokol

*reactive routing*, protokol *proactive routing* dan protokol *routing hybrid*.

Protokol *proactive* merupakan protokol *routing* yang data informasi pada *routing table* harus terus diperbarui informasi dalam waktu berkala. *Reactive routing* adalah protokol yang dalam proses pencarian *route* hanya akan dilakukan saat *node* sumber membutuhkan komunikasi dengan *node* tujuan. Sedangkan *hybrid* adalah protokol *routing* yang mempunyai sifat *multiple route*. Untuk mengetahui kelas protokol *routing* yang kinerjanya paling bagus pada MANET maka dilakukan perbandingan antara kelas Protokol *routing proactive* yaitu *Geographic Routing Protocol* (GRP), *reactive* yaitu *Adhoc On-Demand Distance Vector* (AODV) dan *hybrid* yaitu *Temporally-Ordered Routing Algorithm* (TORA).

Perbandingan protokol *routing* AODV dan OLSR pada MANET yang ditulis Wahyu edy Saputra [2]. Membuktikan bahwa perbandingan kelas protokol *routing reactive* dan *proactive*. Kinerja OLSR yang termasuk kelas *proactive* lebih baik dibanding AODV yang termasuk kelas *reactive* dengan menggunakan skenario pengujian penambahan *node* dan parameter yang dibandingkan *delay*, *throughput* dan *packet delivery ratio* hasil OLSR lebih baik dari AODV. Pengaruh Protokol *routing* Aodv Dan Tora Pada Manet Terhadap Performansi Aplikasi Voip yang ditulis Ralph Nazaret Hutajulu [3] mendapatkan hasil bahwa walau AODV memiliki *average delay* yang lebih kecil dibanding TORA tetapi TORA memiliki *packet delivery fraction*, *throughput* dan dalam mengirimkan paket VOIP lebih baik dibandingkan AODV.

Dari beberapa tinjauan pustaka diatas rata rata hanya membandingkan satu atau dua kelas protokol *routing* dan memakai beberapa *software* berbeda, Penelitian ini melakukan perbandingan tiga kelas protokol *routing reactive* yaitu AODV, *proactive* yaitu GRP dan *hybrid* yaitu TORA dengan menggunakan *software* OPNET 14.05. Membandingkan AODV, GRP dan TORA karena ketiganya merupakan protokol *routing* yang kinerjanya lebih baik dikelasnya [1][3][4] dalam beberapa penelitian. Penelitian ini membandingkan ketiga protokol *routing* dengan menggunakan skenario pengujian jenis *node mobile* dan *fixed* dengan penambahan jumlah *node* agar dapat diketahui kelas protokol *routing* mana yang kinerjanya lebih baik pada jaringan MANET.

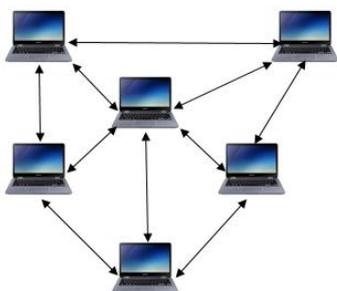
memakai beberapa *software* berbeda, Penelitian ini melakukan perbandingan tiga kelas protokol *routing reactive* yaitu AODV, *proactive* yaitu GRP dan *hybrid* yaitu TORA dengan menggunakan *software* OPNET 14.05. Membandingkan AODV, GRP dan TORA karena ketiganya merupakan protokol *routing* yang kinerjanya lebih baik dikelasnya [1][3][4] dalam beberapa penelitian. Penelitian ini membandingkan ketiga protokol *routing* dengan menggunakan skenario pengujian jenis *node mobile* dan *fixed* dengan penambahan jumlah *node* agar dapat diketahui kelas protokol *routing* mana yang kinerjanya lebih baik pada jaringan MANET.

## II. Dasar Teori

### A. Mobile ad hoc network (MANET)

MANET merupakan kumpulan *node* yang dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa menggunakan infrastruktur yang telah ditentukan atau administrasi terpusat [5]. Pada jaringan MANET setiap *node* berperan sebagai penerima sekaligus berperan sebagai *router* untuk meneruskan paket ke tujuan. MANET merupakan kumpulan *node* yang dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa menggunakan infrastruktur yang telah ditentukan atau administrasi terpusat [5]. Pada jaringan MANET setiap *node* berperan sebagai penerima sekaligus berperan sebagai *router* untuk meneruskan paket ke tujuan .

Topologi pada jaringan MANET ditunjukkan pada Gambar 1 memiliki sifat yang dinamis yang menyebabkan pergerakan MANET menjadi tidak terduga. Aktivitas pada jaringan MANET dilakukan oleh *node* itu sendiri termasuk penyampaian pesan dan pembuatan topologi. Oleh sebab itu *node* jaringan MANET memiliki fungsi sebagai *router* agar *node* dapat melakukan pencarian *route* dan pengiriman paket data secara cepat dan efisien. MANET dapat diterapkan untuk aplikasi yang berbeda termasuk komunikasi medan perang, skenario bantuan darurat, ruang kelas virtual dan lingkungan komputasi keamanan-sensitif lainnya [5].



GAMBAR 1. MOBILE AD HOC NETWORK

### B. Protokol Routing

*Routing* merupakan proses suatu data dari satu lokasi ke lokasi lain hingga sampai tujuan utama. *Router* digunakan untuk *routing traffic* dalam jaringan. *Router* akan memilih jalur terbaik untuk menghubungkan dua *host* yang akan berkomunikasi. Pada jenis jaringan terdapat

banyak macam protokol *routing*, begitu juga pada jaringan MANET. Pada jaringan MANET protokol *routing* terdapat tiga tipe yaitu *proactive*, *reactive* dan *hybrid*.

### C. Kelas protokol routing pada MANET

1. Protokol *Proactive* merupakan protokol *routing* yang data informasi pada routing table harus terus diperbarui informasi dalam waktu berkala.

#### a. Geographic Routing Protocol (GRP)

*Geographic Routing Protocol* (GRP) merupakan protokol yang masuk dalam tipe protokol *Proactive*. Protokol GRP berfungsi untuk menandai *node* ketika *node* lain bergerak atau melintasi area disekitarnya maka pemenuhan data atau *flooding* akan diperbarui dan dapat dikenali dengan pergantian "Hello" protokol, sehingga jaringan akan dibagi dalam kuadran untuk mengurangi *route flooding* .

2. Protokol *Reactive* adalah protokol yang dalam proses pencarian *route* hanya akan dilakukan saat *node* sumber membutuhkan komunikasi dengan *node* tujuan dengan jalan mencari jalur dan koneksi yang stabil.

#### a. Ad hoc On demand Distance Vector(AODV)

*Ad hoc On demand Distance Vector(AODV)* salah satu protokol yang masuk dalam tipe protokol *reactive* yang membangun *rutenya* berdasarkan jarak dan arah (*distance vector*). Protokol *routing* AODV memperhitungkan jumlah *hop* dan *next hop* yang akan ditempuh dari satu *node* hingga sampai tujuan. Sifat AODV adalah *single route*, dimana paket yang akan dikirim hanya melewati satu *route*, jika terjadi kerusakan pada *route* yang dilewati maka akan dilakukan pencarian pada *route* baru. Protokol *routing* AODV mempunyai tiga pesan untuk menelusuri dan mengelola *route* dari *node* sumber hingga *node* tujuan, pesan tersebut adalah : Route Request (RREQ), Route Errors(RERRs) dan Route Replies (RREPs).

3. Protokol *hybrid* protokol *routing* yang mempunyai sifat *multiple route* yaitu jika ada informasi paket data yang gagal dikirimkan maka protokol tidak perlu mencari *route* lain untuk mengirimkan data karena masih terdapat *route* lain yang dapat digunakan untuk mengirimkan informasi data [3] .

#### a. Algoritme Routing Temporary Ordered (TORA)

TORA merupakan salah satu protokol *routing* tipe *hybrid* yang mempunyai keunikan *multi route* ke *node* tujuan sehingga perubahan topologi jaringan tidak menjadi pengaruh besar pada *node* dalam jaringan. Terdapat *control message* dalam *multi route* dalam setiap kumpulan *node*, dimana setiap *node* dalam setiap kumpulan hanya akan menjaga informasi *routing* tetangganya (*one hop neighbour*). Protokol *routing* TORA mempunyai 3 peran yaitu membuat *route*, mengelola *route* dan menghapus *route* [6]. protokol *routing* TORA memiliki fitur unik mempertahankan beberapa *route* ke tujuan sehingga perubahan topologi tidak memerlukan reaksi sama sekali. Protokol hanya bereaksi ketika semua *route* ke tujuan hilang.

### D. Parameter Yang Dianalisis

Tabel 1 menunjukkan klasifikasi paket loss dan *delay* yang digunakan pada penelitian ini menurut [7].

### 1. Throughput

Throughput adalah kecepatan rata-rata data yang diterima oleh suatu *node* dalam selang waktu pengamatan tertentu. Satuan yang dimilikinya sama dengan *bandwidth* yaitu bps. Rumus untuk menghitung nilai *throughput* adalah :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} \quad (2.1)$$

### 2. Packet Loss

*Packet Loss* adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh tabrakan (*collision*), penuhnya kapasitas jaringan, dan penurunan paket yang disebabkan oleh habisnya TTL (*Time To Live*) paket. Rumus untuk menghitung nilai *packet Loss* adalah :

$$\text{PLR} = \left( \frac{\text{data yang dikirim} - \text{paket data yang diterima}}{\text{paket data yang dikirim}} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$

### 3. Delay

Delay adalah waktu tunda saat paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik menuju titik lain yang menjadi tujuannya. Rumus untuk menghitung nilai *delay* adalah:

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total packet yang diterima}} \quad (2.3)$$

TABEL 1 KLASIFIKASI PAKET LOSS DAN DELAY

Kategori Latensi	Paket loss	delay	Indeks
Sangat bagus	0%	<150 ms	4
Bagus	3%	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	15%	300 ms s/d 450 ms	2
Buruk	25%	>450 ms	1

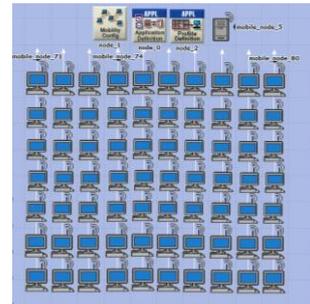
### III. Metode Penelitian

Konfigurasi jaringan MANET pada tugas akhir ini menggunakan *project* pada OPNET 14.05. Perancangan simulasi menggunakan dua skenario yaitu pada jenis *node mobile* pergerakan *random waypoint* dengan kecepatan 10 ms dan *node fixed*, parameter simulasi tugas akhir ini ditunjukkan pada Tabel 2, Kedua skenario hanya berbeda pada pergerakan *node*. Gambar 2 menunjukkan perancangan *node mobile* 60. Tugas akhir ini memiliki susunan yang sama pada setiap protokol *routing* AODV, GRP dan TORA. Selanjutnya setelah perancangan dibuat langkah selanjutnya adalah menentukan analisa *QoS* yang meliputi parameter *throughput*, paket loss dan *delay*. Hasil perbandingan uji simulasi akan dijadikan analisa yang nantinya akan ditarik sebuah kesimpulan yang menunjukkan hasil kinerja dari simulasi yang telah dikerjakan.

TABEL 2. PARAMETER SIMULASI

PARAMETER	NILAI
Protokol yang dibandingkan	AODV, GRP dan TORA
Jumlah <i>node</i>	20, 40, 60
Jenis <i>node</i>	<i>Mobile</i> dan <i>fixed</i>
Jenis pergerakan <i>node</i>	<i>Random Waypoint</i>
Luas Simulasi Area	1500*1500 m
Kinerja Parameter yang dibandingkan	<i>Throughput</i> , <i>Delay</i> , dan <i>packet loss</i>
Data Rate	11 Mbps
Aplikasi jaringan	FTP
Tipe <i>traffic</i>	<i>low load</i> 1000 byte

Setelah hasil didapatkan kemudian dibandingkan dengan parameter *QoS*, Sehingga jika kinerja yang dihasilkan belum sesuai standar maka perlu dilakukan perancangan jaringan ulang, jika kinerja protokol *routing* sudah sesuai standar langkah selanjutnya menganalisa dan menarik sebuah kesimpulan.

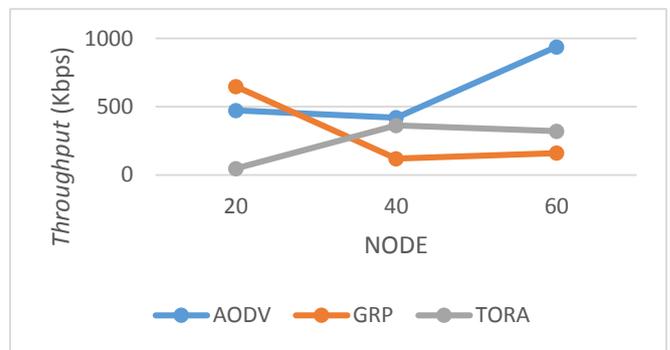


GAMBAR 2 TAMPILAN SEKENARIO MOBILE 60 NODE.

### IV. HASIL DAN ANALISIS

TABEL 3. HASIL THROUGHPUT MOBILE

Jumlah <i>node</i>	Hasil <i>throughput</i> (Kbps)		
	AODV	GRP	TORA
20	472,14	647,18	456,74
40	394,25	119,42	361,9
60	937,58	160,20	320,46



GAMBAR 3. GRAFIK THROUGHPUT MOBILE

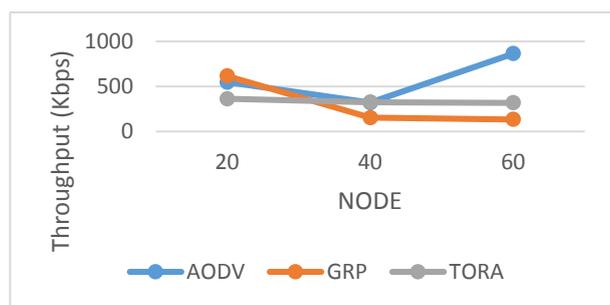
Dari Gambar 3 dapat kita lihat perbandingan ketiga protokol *routing* pada skenario penambahan *node mobile*. Masing masing protokol *routing* memiliki kemampuan

mengirimkan paket yang berbeda. Pada protokol routing AODV *node* 60 mempunyai hasil *throughput* tertinggi diantara ketiga protokol routing dengan nilai 937,58 Kbps hal ini dikarenakan oleh karakteristik protokol AODV yang selalu menyesuaikan diri dengan perubahan topologi dan *node* yang bergerak secara acak sehingga kecepatan dan jarak mempengaruhi kinerja protokol routing AODV. Penambahan jumlah *node* juga mempengaruhi tingginya nilai *Route Request* (REQ) dan *network congestion* (kemacetan jaringan) sehingga nilai *throughput* yang dihasilkan mengalami penurunan dan kenaikan grafik yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Hasil nilai *throughput* GRP mengalami penurunan bersamaan pertambahan *node*. Hal ini disebabkan karakteristik *proactive* menggunakan mekanisme *source routing* saat mencari *route* sehingga membuat pencarian *route* lebih lama dan akan berdampak pada nilai *throughput*. Protokol routing TORA membutuhkan penelusuran *route* cukup lama dibandingkan AODV dan GRP. Hal ini menyebabkan kemacetan pada jaringan mulai pada *node* 30. Nilai *throughput* yang dihasilkan rata rata cenderung lebih kecil dibandingkan AODV hal ini dikarenakan karakteristik TORA siap mengantisipasi dampak perubahan topologi dengan algoritme *routingnya*.

TABEL 4. HASIL THROUGHPUT FIXED

Jumlah <i>node</i>	Hasil <i>throughput</i> (Kbps)		
	AODV	GRP	TORA
20	546,54	616,84	362,37
40	318,67	151,75	325,1
60	865,32	132,53	316,89



GAMBAR 4. GRAFIK THROUGHPUT FIXED

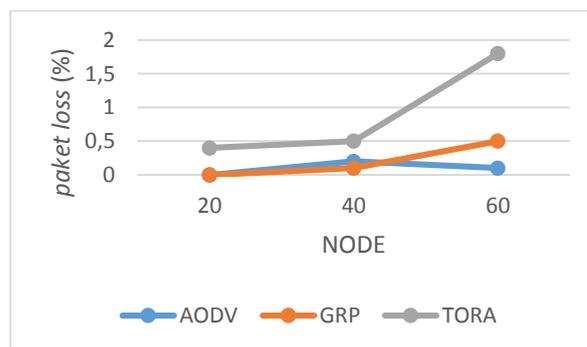
Hasil perbandingan Gambar 4 dan Tabel 4 pengujian *throughput fixed* pada protokol routing memiliki kemampuan mengirim paket yang berbeda. Protokol routing AODV menghasilkan nilai 865,32 Kbps. *Throughput* AODV lebih tinggi dari GRP dan TORA disebabkan AODV menggunakan pesan periodik terhadap *node* yang telah membentuk *route* untuk menjaga rutenya. Walaupun menghasilkan nilai paling tinggi dibanding GRP dan TORA namun grafik AODV grafik yang dihasilkan mengalami kenaikan dan penurunan. Sedangkan pada TORA selama proses simulasi dijalankan jenis *fixed* juga membutuhkan penelusuran perutean yang cukup lama. Hal tersebut mengakibatkan kemacetan jaringan mulai saat *node* ke 30. Rata rata nilai *throughput* yang

dihasilkan cukup konstan hal ini disebabkan karena TORA sudah siap mengantisipasi dampak perubahan topologi dengan algoritme *routingnya*.

Pada protokol routing GRP pertambahan *node* mengalami penurunan pada grafik yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karakteristik *proactive* menggunakan mekanisme *source routing* saat mencari *route* sehingga membuat pencarian *route* lebih lama dan akan berdampak pada nilai *throughput*. Pada pengujian simulasi hasil *throughput* jenis *mobile* mempunyai nilai lebih tinggi daripada jenis *fixed* hal ini dikarenakan jenis *mobile* yang selalu menyesuaikan diri pada topologi menyebabkan nilai yang dihasilkan pada simulasi lebih tinggi.

TABEL 5. HASIL PAKET LOSS MOBILE

Jumlah <i>node</i>	Hasil paket loss(%)		
	AODV	GRP	TORA
20	0%	0%	0,4%
40	0,2%	0,1%	0,5%
60	0,1%	0,5%	1,8%

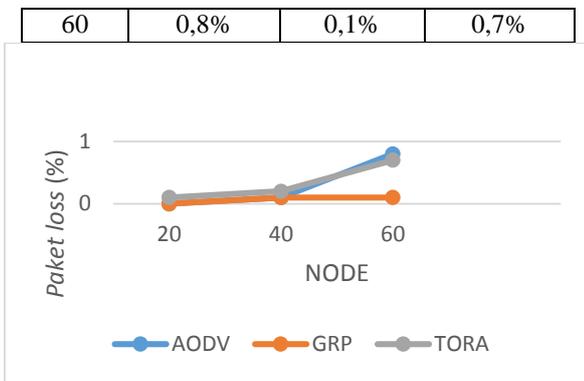


GAMBAR 5. GRAFIK PAKET LOSS MOBILE

Dari hasil perbandingan Tabel 5 dan Gambar 5 paket loss jenis *mobile* protokol routing AODV dan GRP mempunyai nilai yang bagus yaitu 0% dibanding TORA, hal ini menandakan banyaknya paket data yang telah berhasil dikirim. Pada AODV nilai paket loss yang dihasilkan relatif lebih kecil dibandingkan dengan paket loss yang dihasilkan pada protokol routing GRP dan TORA. Pada GRP tidak jauh berbeda dengan AODV hanya saja pertambahan *node* berpengaruh pada kenaikan presentase paket loss, pada *node* 60 GRP mengalami kenaikan sebesar 0,4%. Sedangkan pada TORA mengalami kenaikan presentase paket loss yang cukup signifikan terjadi pada *node* 60 yaitu 1,3%. Meskipun ketiga protokol routing mengalami paket loss, namun paket loss yang terjadi masih dapat dikategorikan dalam keadaan bagus. Paket loss pada protokol routing disebabkan karena *node* sumber pengirim hanya satu dan jumlah *node* dalam pengujian jaringan MANET tidak terlalu banyak sehingga resiko terjadinya paket loss kecil.

TABEL 6. GRAFIK PAKET LOSS FIXED

Jumlah <i>node</i>	Hasil paket loss (%)		
	AODV	GRP	TORA
20	0%	0%	0,1%
40	0,1%	0,1%	0,2%



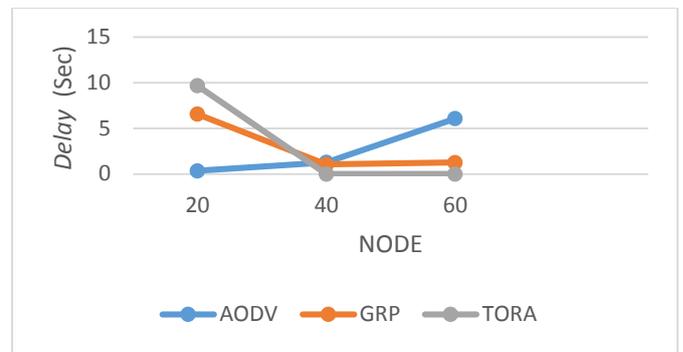
GAMBAR 6. GRAFIK PAKET LOSS FIXED

Setelah dilakukan perbandingan tiga protokol *routing* berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 6 nilai paket loss *node* jenis *fixed* yang dihasilkan ketiganya sangat kecil. AODV dan GRP mempunyai nilai yang sama pada node 20 yaitu 0% yang berarti banyak data yang berhasil dikirim. Namun dengan penambahan *node* AODV mengalami kenaikan pada node 60 sekitar 0,6%. Sedangkan pada GRP grafik yang dihasilkan cukup konstan dibandingkan AODV dan TORA. Paket loss GRP mempunyai hasil rata-rata paket loss paling kecil dibanding AODV dan TORA. Sedangkan protokol *routing* TORA pada node 20 dan 40 memiliki nilai paket loss yang kecil tetapi mengalami kenaikan sebesar 0,5% pada node 60.

Meskipun demikian tiga protokol *routing node* jenis *fixed* masih dikategorikan dalam kategori bagus berdasar standar parameter. Dengan nilai paket loss yang kecil berarti jumlah data yang hilang sedikit sehingga lebih banyak data yang berhasil dikirim. Terjadinya paket loss pada *node* jenis *fixed* dikarenakan *node* sumber yang digunakan dalam simulasi hanya satu dan *node* pada pengujian jaringan MANET tidak banyak sehingga masih menghasilkan paket loss tetapi nilainya kecil. Pada pengujian paket loss jenis *mobile* dan *fixed*, paket loss *node fixed* bisa dikatakan lebih baik kinerjanya dibandingkan dengan *node* jenis *mobile* karena *node* jenis *mobile* bergerak secara acak menyebabkan penelusuran sering berubah dan meneruskan ke lalu lintas lain yang tidak terikat sehingga paket loss *node* jenis *fixed* lebih kecil dan lebih konstan sehingga lebih sedikit paket yang hilang sehingga lebih banyak paket yang berhasil disampaikan sampai tujuan.

TABEL 7. TABEL DELAY MOBILE

Jumlah Node	Hasil delay (ms)		
	AODV	GRP	TORA
20	0,338	6,550	9,657
40	1,271	1,040	12,51
60	6,060	1,251	69,51

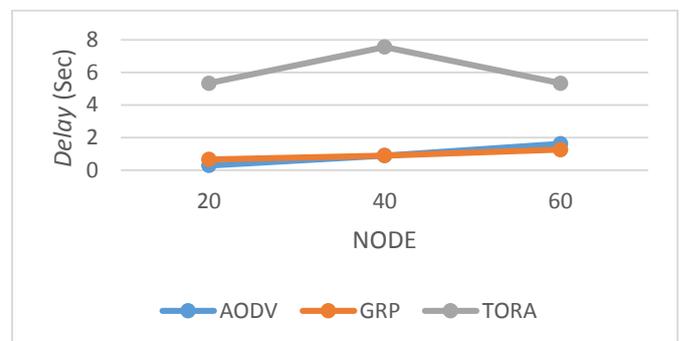


GAMBAR 7. GRAFIK DELAY MOBILE

Dari Tabel 7 dan Gambar 7 perbandingan pengujian *delay* jenis *mobile* memiliki nilai *delay* paling bagus pada protokol AODV dengan nilai 0,388 ms. Pertambahan *node* pada AODV mempengaruhi nilai grafik yang semakin besar, hal ini dikarenakan pengaruh perubahan topologi yang akan melakukan penyesuaian topologi ketika *node* sumber akan mengirim data pada *node* tujuan dan berdampak pada kestabilan *delay* yang dihasilkan. Seiring pertambahan waktu dan penambahan *node* nilai *delay* yang dihasilkan semakin besar. dikarenakan oleh padatnya *traffic* yang menyebabkan kemacetan jaringan (*network congestion*) dan jarak antar *node* mempengaruhi nilai *delay* yang semakin besar. Pada GRP penambahan *node* mempengaruhi nilai grafik yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan GRP selalu mengupdate *route* ke seluruh *node* secara berkala, sehingga memudahkan paket data mencapai tujuan. TORA memiliki nilai *delay* paling tinggi dibandingkan AODV dan GRP. bertambahnya *node* juga mempengaruhi besarnya nilai *delay* TORA. Hal ini disebabkan lamanya penelusuran *route* pada TORA dan banyak kemacetan pada jaringan. Menyebabkan nilai *delay* semakin besar dan *throughput* semakin kecil.

TABEL 8. TABEL DELAY FIXED

Jumlah node	Hasil delay (ms)		
	AODV	GRP	TORA
20	0,288	0,653	5,333
40	0,887	0,887	7,560
60	1,614	1,251	5,328



GAMBAR 8. GRAFIK DELAY FIXED

Dari hasil perbandingan tabel 8 dan gambar 8 nilai *delay node fixed* AODV memiliki *average delay* paling kecil dari GRP dan TORA dikarenakan AODV selalu menggunakan *route* yang selalu *update* saat terjadi perubahan *route* sehingga rata-rata waktu yang digunakan untuk mengirim data juga sedikit. Pada GRP *delay* lebih stabil dibandingkan AODV dan TORA karena GRP memiliki karakteristik yang selalu mengupdate *route* sehingga memudahkan paket sampai ketujuan. Sedangkan TORA tidak melakukan *route discovery process* jika terjadi perubahan *route* karena memiliki *multiple route*. Meskipun paket dapat dikirimkan ke *destination node*, namun TORA tidak menjamin bahwa *route* yang digunakan adalah *route* yang paling *update*. Pada perbandingan pengujian jenis *mobile* dan *fixed*. Hasil simulasi *delay* jenis *fixed* memiliki kinerja lebih baik dari jenis *mobile* dikarenakan jenis *mobile* bergerak secara acak membuat penelusuran ke perangkat lain sering berubah dan meneruskan ke lalulintas jaringan yang tidak terkait sehingga membuat nilai *delay* jenis *mobile* menjadi lebih besar sehingga waktu yang digunakan untuk mengirim data lebih banyak dibandingkan jenis *fixed* [8].

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini protokol *routing* AODV kinerjanya lebih baik dibanding protokol *routing* GRP dan TORA dari beberapa aspek penelitian yaitu nilai *throughput*, paket loss dan *delay*. Meskipun nilai yang dihasilkan AODV mengalami kenaikan dan penurunan tetapi *average* AODV lebih baik daripada GRP dan TORA. Rata rata dari keseluruhan pengujian *node* jenis *fixed* lebih baik kinerjanya dibanding *node* jenis *mobile*. Pertambahan jumlah *node* menghasilkan nilai *throughput* semakin turun, nilai *delay* dan paket loss semakin naik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Yuliswar, "Analisis Performansi Protokol Ruting Tora Dan Zrp Pada Jaringan Wireless Mobile Ad Hoc Network (Manet) Dengan Menggunakan Model Trafik Tcp," 2011.
- [2] W. E. Seputra, "Perbandingan kinerja protokol AODV dengan OLSR pada manet."
- [3] R. N. Hutajulu, "Pengaruh Protokol Routing Aodv Dan Tora Pada Manet Terhadap Performansi Aplikasi Voip," 2012.
- [4] A. W. Azinar and D. N. Sari, "Analisis Perbandingan Routing Protokol Olsr ( Optimized Link State Routing ) Dan Grp ( Geographic Routing Protocol ) Pada Wireless Sensor Network," pp. 337–344, 2015.
- [5] A. Pradesh, "A Quantitative Study and Comparison of AODV , OLSR and TORA Routing Protocols in MANET," *J. Comput. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 364–369, 2012.
- [6] S. Widyaningrum and M. Salman, "Analisis Kinerja Routing Protocol AODV OLSR dan TORA Terhadap Stabilitas Jaringan Pada Mobile Ad hoc Network ( MANET ) Berbasis IPv6," 2014.
- [7] ETSI, "Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON); General Aspects of Quality of Service (Qos)," *Etsi*, vol. 2.1.1, pp. 1–37, 1999.
- [8] B. S. Kusuma, D. Risqiwati, and D. R. Akbi, "Analisis Perbandingan Performansi Protokol Ad Hoc On-Demand Distance Vector dan Zone Routing Protocol Pada Mobile Ad Hoc Network," vol. 2, no. 3, pp. 165–175, 2017.
- [9] L. Raja and S. Baboo, "Comparative study of reactive routing protocol (AODV, DSR, ABR and TORA) in MANET," *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 707–718, 2013.
- [10] S. Widyaningrum and M. Salman, "Analisis Kinerja Routing Protocol AODV OLSR dan TORA Terhadap Stabilitas Jaringan Pada Mobile Ad hoc Network ( MANET ) Berbasis IPv6," 2014.
- [11] B. S. Kusuma, D. Risqiwati, and D. R. Akbi, "Analisis Perbandingan Performansi Protokol Ad Hoc On-Demand Distance Vector dan Zone Routing Protocol Pada Mobile Ad Hoc Network," vol. 2, no. 3, pp. 165–175, 2017.
- [12] J. Sathiamoorthy, B. Ramakrishnan, and M. Usha, "Design of a proficient hybrid protocol for efficient route discovery and secure data transmission in CEAACK MANETs," *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 36, pp. 43–58, 2017.
- [13] A. B. Malay, "Throughput and Delay Comparison of MANET Routing Protocols," vol. 2, no. 3, 2009.