

# ANALISIS KINERJA PUMA PADA MANET MENGGUNAKAN NS 2

Ma'ruf Nashrul Haqqi<sup>\*)</sup>, Sukiswo, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail : nashrulhaqqi@gmail.com

## Abstrak

Mobile ad hoc network (MANET) adalah suatu jaringan adhoc nirkabel dimana setiap node di dalam jaringan bebas bergerak secara independen tanpa memerlukan infrastruktur yang tetap. Pada node-node yang bergerak akan terjadi pembangunan dan pemutusan hubungan antar link di dalam suatu jaringan atau dengan jaringan yang lain. Oleh karena itu setiap node mempunyai fungsi routing untuk mengirimkan paket dari sumber ke tujuan melalui node lain. Routing diperlukan untuk pemilihan jalur pengiriman data, beberapa jenis routing yaitu PUMA (Protocol for Unified Multicasting through Announcement), AODV (Ad Hoc On Demand Distant Vector). Berdasarkan implementasi MANET, pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk menganalisis kinerja routing protokol PUMA pada jaringan MANET dengan cara mensimulasikannya menggunakan Network Simulator 2 (NS2). Dalam pengujiannya skenario yang akan digunakan variasi jumlah node, yaitu 25 node, 50 node, 75 node, dan 100 node dan sumber traffic yang digunakan CBR (Constant bit rate). Untuk penilaian kinerja jaringan menggunakan parameter-parameter Quality of Service (QoS), seperti throughput, PDR (Packet Delivery Ratio) dan waktu tunda (delay). Dari hasil simulasi kinerja routing PUMA pada jaringan MANET menghasilkan nilai throughput tertinggi pada skenario pertama 933,607 Kbps dengan 25 node. Hasil dari simulasi PUMA menghasilkan nilai waktu tunda terendah pada skenario pertama 7,598 detik dengan 25 node. Hasil dari simulasi PUMA menghasilkan nilai PDR tertinggi pada skenario pertama 4,655 dengan 25 node.

*Kata Kunci : PUMA , MANET, NS-2, QoS*

## Abstract

Mobile Ad hoc Network (MANET) is a wireless adhoc network where each nodes free to move independently without requiring a fixed infrastructure. There will be setting up and termination of inter-link in a network or with other networks. Therefore each node must have a routing function to connect with other nodes to send packet from source to destination. Routing is needed for rute selection, some example of routing are Protocol for Unified Multicasting through Announcement), AODV (Ad Hoc On Demand Distant Vector). Based on MANET implementation, the research maked network simulation to analyzes the performance of PUMA routing protocol in MANET networks in a way simulate it using Network Simulator 2 (NS2). In the testing scenario will be used variations node number, ie 25 nodes, 50 nodes, 75 nodes, and 100 nodes and used traffic source CBR (Conctant bit rate). The values of performance QoS (Quality of Service) wireless network uses three parameters such as throughput, packet delivery ratio(PDR) and delay. From the simulation PUMA routing performance in the MANET network produces best throughput value 933,607 Kbps at first scenario with 25 node. Results from PUMA simulation produces best delay value 7.598 seconds at first scenario with 25 node. Results from PUMA simulation produces best PDR value 4,655 at first scenario with 25 node.

*Keywords : PUMA , MANET, NS-2, QoS*

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan teknologi informasi yang terus berkembang, saat ini perangkat komunikasi mengalami pengembangan, dimana pengguna dapat dengan mudah menggunakan perangkat komunikasi kapan pun dan dimanapun ketika kita membutuhkannya. Penggunaan perangkat bergerak ini bertujuan untuk memberikan kemudahan bagi pengguna untuk saling berkomunikasi

dan bertukar data dengan mudah. Namun, pada umumnya dibutuhkan sebuah infrastruktur jaringan untuk mendukung perangkat-perangkat tersebut agar dapat saling berkomunikasi dan melakukan pertukaran data antara satu perangkat dengan perangkat yang lainnya. Sedangkan sering kali terjadi kondisi dimana pengguna perangkat bergerak bertemu dalam kondisi tanpa adanya dukungan infrastuktur jaringan yang dapat digunakan.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu teknologi jaringan, dimana perangkat bergerak dapat saling berkomunikasi satu sama lain tanpa ketergantungan terhadap suatu infrastruktur, Jaringan yang dimaksud *Mobile ad hoc Network* (MANET). MANET merupakan sebuah jaringan yang terdiri dari node-node yang bersifat *mobile* dan berkumpul secara spontan kemudian berkomunikasi menggunakan antarmuka nirkabel (*wireless interface*) tanpa memerlukan infrastruktur yang bersifat tetap dengan topologi yang dinamis. Setiap *node* bisa menjadi *host* maupun *router*, sehingga *node* bisa meneruskan paket ke *node* berikutnya. Karena sifat *node* yang bergerak bebas, banyak tantangan yang dihadapi oleh jaringan *mobile ad hoc*, seperti akibat pergerakan *node*, penambahan jumlah *node* dan ukuran paket yang dikirimkan.

Dalam penelitian ini untuk menganalisis kinerja PUMA pada jaringan MANET dengan cara mensimulasikannya menggunakan Network Simulator 2 (NS2). Dalam pengujiannya akan digunakan variasi jumlah *node*, yaitu 25 *node*, 50 *node*, 75 *node*, dan 100 *node*. Untuk penilaian kinerja jaringan menggunakan parameter-parameter Quality of Service (QoS), seperti throughput, paket hilang (packet loss), PDR (Packet Delivery Ratio) dan waktu tunda (delay).

## 2. Metode

### 2.1. Pemodelan Jaringan

Konfigurasi jaringan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi 25 *node*, 50 *node*, 75 *node*, 100 *node* untuk membangun MANET. Tahap awal dalam perancangan konfigurasi dan simulasi jaringan yaitu membuat perencanaan pembentukan komponen-komponen jaringan yang dibutuhkan untuk menunjang simulasi jaringan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Tabel 1. Parameter Simulasi Jaringan MANET yang Didefinisikan Oleh Perancang

Parameter	Nilai
Model propagasi	Two Ray Ground
Tipe antrian	Drop tail
Model antena	Omni Antena
Max paket diantrian	50
Tipe routing	PUMA
Dimensi topografi	1000 x 1000 m
Aplikasi	CBR
Waktu simulasi	200 detik

### 2.2. Network Simulator 2

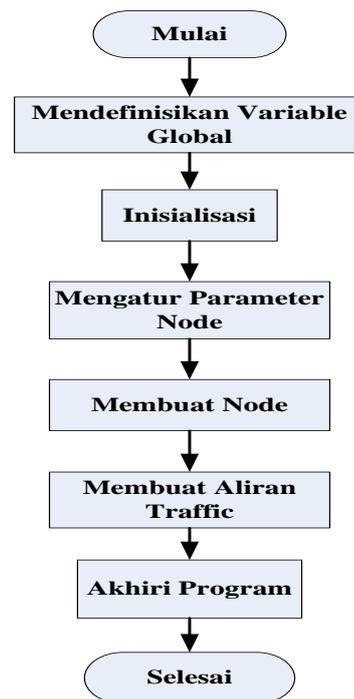
*Network simulator* (NS) merupakan media simulasi yang pada dasarnya bekerja pada sistem unix/linux. NS dapat dijalankan dengan menggunakan *operating system* (OS) linux atau windows. Untuk dapat

menjalankan NS pada OS windows harus menambahkan *cygwin* sebagai linux *environmennya*.

*Network simulator* dapat mensimulasikan jaringan TCP/IP. NS juga mendukung bermacam-macam protokol jaringan seperti: TCP, UDP dan RTP dengan sumber trafik (FTP, Telnet dan CBR). NS juga dapat mengimplementasikan beberapa MAC diberbagai media, misalnya pada media jaringan kabel seperti: LAN, WAN dan point to point serta pada jaringan nirkabel seperti: *mobile IP*, WPAN, WLAN bahkan NS juga dapat mensimulasikan hubungan antar *node* pada jaringan yang menggunakan satelit

### 2.3. Program simulasi MANET

Program simulasi MANET memiliki beberapa tahapan utama, yaitu pengaturan parameter untuk simulasi, inialisasi, pembuatan *node* dan pengaturan parameter *node*, pembuatan aliran trafik data dan akhir program. Secara keseluruhan tahapan perancangan program simulasi MANET dapat dilihat pada diagram alir gambar 3.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Pembuatan Simulasi MANET

#### 2.3.1. Pendefinisian variabel global

Pendefinisian variabel global memiliki tujuan untuk mendefinisikan nilai dari parameter yang akan digunakan sekaligus untuk memodelkan karakteristik

pada jaringan MANET. Senarai programnya seperti dibawah ini :

```
set val(chan)           Channel/WirelessChannel
set val(prop)           Propagation/TwoRayGround
set val(netif)          Phy/WirelessPhy
set val(mac)            Mac/802_11
set val(ifq)            Queue/DropTail/PriQueue
set val(ll)            LL
set val(ant)            Antenna/OmniAntenna
set val(ifqlen)         50
set val(nn)             25
set val(rp)            PUMA
set val(x)              1000
set val(y)              1000
set val(stop)          200
```

### 2.3.2. Inisialisasi

Inisialisasi adalah proses yang digunakan untuk menginisialisasikan variabel umum yang akan digunakan pada simulasi. Senarai programnya seperti dibawah ini :

```
set ns_ [new Simulator]
set tracefd [open puma.tr w]
$ns_ trace-all $tracefd
set namtrace [open puma.nam w]
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $val(x)
$ns_ $val(y)

set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)
create-god $val(nn)
set chan_l_ [new $val(chan)]
```

### 2.3.3. Pengaturan parameter node

Sebelum pembuatan *node* terlebih dahulu perlu melakukan pengaturan terhadap parameter-parameter dari *node*. Konfigurasi *node* yang diperlukan yaitu protokol Ad Hoc, link layer, link MAC, propagasi, ifq, layer fisik, antena, kanal, topografi, trace dan model kesalahan.

```
$ns_ node-config -adhocRouting $val(rp) \
    -llType $val(ll) \
    -macType $val(mac) \
    -ifqType $val(ifq) \
    -ifqLen $val(ifqlen) \
    -antType $val(ant) \
    -propType $val(prop) \
    -phyType $val(netif) \
    -channelType $val(chan) \
    -topoInstance $topo \
    -agentTrace ON \
    -routerTrace ON \
    -macTrace ON \
    -movementTrace ON \
```

### 2.3.4. Pembuatan node

Setelah melakukan pengaturan pada parameter-parameter *node* selanjutnya adalah membuat *node*. Senarai program yang digunakan adalah :

```
for {set i 0} {$i < $val(nn) } { incr i } {
    set node_($i) [$ns_ node]
    $node_($i) random-motion 0
}
```

### 2.3.5. Pembuatan aliran trafik

Aliran trafik digunakan untuk mensimulasikan proses terjadinya pengiriman dan penerimaan data dari suatu *node* ke *node* yang lain. Pada aliran trafik ini juga dapat ditentukan jenis transport agent yang digunakan.

### 2.3.6. Mengakhiri program

Untuk menghentikan program simulasi maka waktu henti yang menandakan simulasi telah berakhir harus ditetapkan dan selain itu *node* juga harus diatur ulang (*reset*). Senarai program yang digunakan adalah seperti dibawah ini :

```
for {set i 0} {$i < $val(nn) } { incr i } {
    $ns_ at $val(stop) "$node_($i) reset";
}
proc stop {} {
    global ns_ tracefd namtrace
    $ns_ flush-trace
    close $tracefd
    close $namtrace
    exec nam puma.nam &
    exec awk -f throughput.awk puma.tr &
    exec awk -f delay.awk puma.tr &
    exec awk -f pdr.awk puma.tr &
    exit 0
}
$ns_ run
```

### 2.4. Routing

*Routing* adalah suatu fungsi dari lapisan *network* dimana fungsi ini merupakan suatu mekanisme untuk menentukan *route* dari *source node* menuju *destination node*. Pada MANET, fungsi ruting dilakukan oleh *routing protocol*. Selain digunakan dalam proses *routing*, protokol ruting pada MANET juga dapat melakukan adaptasi terhadap perubahan topologi dan trafik yang diakibatkan oleh pergerakan *node* secara acak.

### 2.5. Routing Protokol PUMA ( Protocol For Unified Multicasting Through Announcement )

Puma adalah protokol routing reaktif yang menemukan rute hanya bila diperlukan. Konektivitas multicast yang dibangun dan dikelola dengan cara inisialisasi pendekatan penerima di mana penerima bergabung ke dalam kelompok *multicast* dengan menggunakan alamat *node* inti tanpa membutuhkan kontrol penyebaran informasi jaringan yang luas ataupun kontrol paket data dari semua kelompok sumber. Setiap kelompok telah memiliki satu *node* khusus yang disebut sebagai *node* inti dalam kelompok. PUMA ini menggunakan bagian topologi dasar untuk membangun rute bagi setiap anggota kelompok *multicast* yang tergantung pada routing protokol. PUMA mengelola kelompok *multicast* dengan menggunakan pendekatan lunak di mana setiap anggota kelompok *multicast* dan rute yang terkait selalu melakukan pembaruan secara berkala dengan menyebarkan paket *multicast announcement* (MA).

**2.6. Parameter QOS**

**2.6.1. Throughput**

Throughput merupakan jumlah paket data yang diterima setiap detik. Throughput biasanya dinyatakan dengan satuan kilo bit per second (kbps).

**2.6.2. Delay**

Delay adalah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket untuk sampai ke node tujuan setelah ditransmisikan dari node pengirim.

**2.6.3. Packet Delivery Ratio**

Packet Delivery Ratio (PDR) merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh node penerima dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu.

**3. Hasil dan Analisa**

**3.1 Pengujian Keluaran Hasil Simulasi**

Jika program simulasi yang telah dibuat benar maka pada program terminal akan tampak proses jalannya program, seperti pada gambar 2.



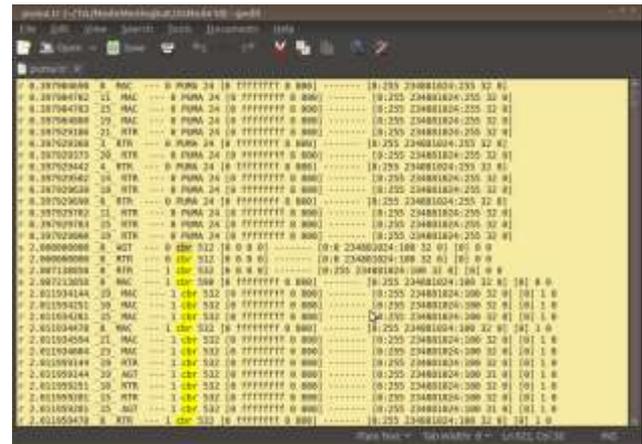
Gambar 2. Tampilan Saat Memulai Program Simulasi Dimulai

Kemudian setelah program berhasil dijalankan, maka akan ditampilkan simulasi protokol ruting PUMA pada jaringan MANET dalam program network animator (nam), seperti tampak pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Saat Simulasi Dijalankan

Data trace file adalah salah satu hasil keluaran dari simulasi yang didalamnya terdapat informasi mengenai event atau kejadian yang terjadi selama simulasi berlangsung. Informasi tersebut ditampilkan berupa angka dan huruf yang masing-masingnya mewakili suatu kejadian dalam simulasi yang telah dijalankan. Sehingga data trace file keluaran dari hasil simulasi dapat digunakan untuk analisis perhitungan besaran beberapa parameter QOS. Contoh hasil data trace file dapat dilihat seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Cuplikan Data Trace File

**3.2 Analisa Kinerja PUMA Berdasarkan Parameter QOS**

Dalam penelitian ini dibuat 4 buah skenario jaringan berdasarkan banyaknya node yang terdapat dalam jaringan, yaitu 25 node, 50 node, 75 node, 100 node.

**3.2.1 Pengaruh Penambahan Jumlah Node Terhadap Throughput**

Hasil perhitungan pengaruh pertambahan jumlah node terhadap nilai throughput dari simulasi yang telah dibuat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Throughput Keempat Skenario

Skenario	Jumlah Node	Nilai Throughput (Kbps)	Standar deviasi (Kbps)
I	25	933,607	21,455
II	50	701,454	10,246
III	75	589,350	8,561
IV	100	481,905	6,698

Tabel 2 terlihat bahwa nilai throughput yang terbaik terjadi pada skenario pertama yaitu sebesar 933,607 Kbps. Hal ini dikarenakan pada skenario pertama hanya terdapat 25 Node pada jaringan sehingga trafik yang terjadi tidak terlalu padat.

Grafik pengaruh penambahan jumlah *node* terhadap nilai *throughput* dari simulasi yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Nilai *Throughput* Keempat Skenario

Gambar 5 dapat terlihat grafik *throughput* pada masing-masing skenario terus naik dengan sedikit penurunan nilai *throughput* yang menandakan bahwa *throughput* keempat skenario stabil. Simulasi pada skenario kedua terjadi penurunan nilai rata-rata *throughput* menjadi 701,454 Kbps. Hal ini dikarenakan pada skenario kedua terdapat penambahan dua puluh lima buah *node* yang menyebabkan bertambahnya jalur trafik pada jaringan. Jumlah *node* yang digunakan data untuk mengalir bertambah, sehingga beban setiap *node* penghubung terhadap peningkatan trafik berkurang.

*Throughput* rata-rata yang dihasilkan pada skenario ketiga serta keempat juga mengalami penurunan dari pada kedua skenario sebelumnya meskipun tiap skenario mengalami penambahan jumlah *node* hal ini di jumlah *node* aktif yang saling bertukar data tidak mengalami perubahan yaitu 5 *node* pengirim dan 10 *node* penerima sehingga beban trafik masing-masing skenario sama tidak mengalami penambahan.

Pada jaringan tanpa kabel yang bergerak ketika terjadi penambahan jumlah *node* dengan pergerakan masing – masing *nodenya*, maka ruting protokol harus mengumpulkan semua informasi *node* yang ada pada jaringan termasuk ketika terjadi perubahan topologi jaringan. Ketika *node* sumber bergerak maka akan terjadi perubahan topologi secara berkala. Semakin cepat *node* bergerak dan jika terdapat penambahan *node* baru, maka perubahan topologi juga akan semakin sering, sehingga nilai *throughput* yang dihasilkan akan semakin turun

### 3.2.2 Pengaruh Penambahan Jumlah *Node* Terhadap Nilai Waktu Tunda

Hasil perhitungan pengaruh penambahan *node* terhadap nilai waktu tunda dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Delay* Keempat Skenario

Skenario	Jumlah <i>Node</i>	Nilai <i>Delay</i> (Detik)	Standar deviasi (Detik)
I	25	7,598	0,272
II	50	14,327	0,296
III	75	19,920	0,944
IV	100	22,210	0,515

Tabel 3 adalah perbandingan nilai waktu tunda berdasarkan jumlah *node* pada masing - masing skenario. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa waktu tunda pada skenario pertama memiliki nilai waktu tunda yang terbaik, yaitu waktu tunda rata-rata sebesar 7,598 detik. Pada skenario kedua terjadi kenaikan nilai waktu tunda rata-rata menjadi 14,327 detik dari nilai waktu tunda skenario pertama. Hal ini dikarenakan pada skenario kedua terdapat penambahan *node* lebih banyak dari skenario pertama yang menjadikan semakin banyak rute yang dapat digunakan. Sementara pada skenario ketiga jumlah *node* sebanyak 75 *node* dengan trafik tetap. Nilai *delay* juga mengalami peningkatan menjadi 19,920 detik. Hal ini juga dikarenakan dengan bertambahnya jumlah *node* penghubung dan *node* yang melakukan pertukaran data, beban kerja *node* utama semakin berat untuk berkomunikasi.

Nilai standar deviasi pada scenario ketiga 0,944 detik adalah yang terbesar dibandingkan dengan scenario yang lainnya. Hal ini menandakan pada skenario ketiga *delay* yang terjadi pada setiap kejadian memiliki nilai pergeseran yang terbesar dibanding *delay* pada skenario yang lain. Kenaikan nilai waktu tunda terjadi juga pada skenario keempat dengan jumlah *node* sebanyak 100, *delay* rata-rata 22,210 detik. Kenaikan nilai waktu tunda protokol PUMA menjadi meningkat pada jumlah *node* yang lebih banyak, hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya konektifitas antar *node* dalam jaringan, sehingga harus memilih jalur terbaik yang akan digunakan *node* dalam mengirim paket, yang menyebabkan jaringan menjadi lebih sibuk dan juga ditambah lagi pengaruh mobilitas antar *node* dalam jaringan yang semakin berpengaruh terhadap performansi jaringan secara keseluruhan. Sehingga pengiriman data memerlukan waktu yang lebih lama..

### 3.2.3 Pengaruh Penambahan Jumlah *Node* Terhadap Nilai PDR

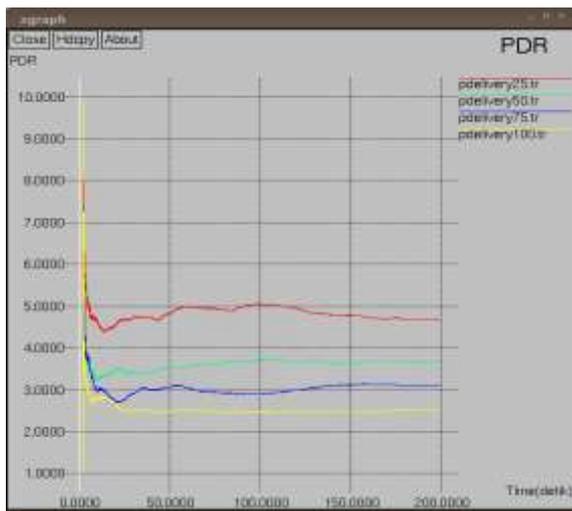
Hasil perhitungan pengaruh penambahan *node* terhadap nilai *Packet Delivery Ratio* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan PDR Keempat Skenario

Skenario	Jumlah Node	PDR	Standar deviasi
I	25	4,655	0,084
II	50	3,650	0,066
III	75	3,091	0,052
IV	100	2,536	0,019

Tabel 4 terlihat bahwa nilai PDR terbaik dengan routing PUMA terdapat pada skenario pertama sebesar 4,655. Namun berdasarkan nilai standar deviasi, PDR yang paling stabil terdapat pada skenario keempat dengan nilai standar deviasi 0,019. Berdasarkan grafik PDR pada gambar 6, PDR skenario pertama mencapai kestabilan pada detik ke 150.

Grafik pengaruh penambahan jumlah *node* terhadap nilai waktu tunda dari simulasi yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik nilai PDR Keempat Skenario

Gambar 6 terlihat kestabilan mulai menurun dibuktikan dengan bertambahnya nilai standar deviasi menjadi sebesar 5,57441. Hal ini dikarenakan jalur aliran data dan trafik lebih banyak. PDR skenario selanjutnya menurun, namun penurunannya tidak terlalu besar. Kejadian skenario kedua, waktu yang dibutuhkan PDR untuk stabil lebih cepat dibandingkan skenario pertama. Terjadi pula kenaikan standar deviasi. Penurunan nilai PDR terjadi pada skenario ketiga, tercatat terdapat penurunan nilai PDR rata-rata sebesar 3,091. Hal ini dikarenakan pada skenario ketiga, banyak *node* penghubung yang tidak aktif. Kondisi ini berpengaruh terhadap proses pencarian rute, *routing table* harus diperbarui untuk mencari jalur lainnya.

Hasil yang diperlihatkan oleh grafik PDR skenario keempat, nilai PDR juga mengalami penurunan dengan nilai PDR rata-rata 2,536. Hal ini juga dikarenakan pola trafik dan letak *node* pada jaringan. Dimana pada letak antar *node* sumber dan *node* tujuan cukup jauh dan tidak terdapat *node* penghubung antara sumber dan tujuan.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis kinerja PUMA pada MANET menggunakan NS2 yaitu nilai *throughput* keempat skenario 933, 607 Kbps, 701,455 Kbps, 589,350 Kbps dan 481,905 Kbps, nilai *throughput* yang menurun dikarenakan bertambahnya *node* pada tiap skenario simulasi sehingga jaringan menjadi padat dan paket data yang sampai ke tujuan berkurang. Nilai *delay* keempat skenario 7,598 detik, 14,328 detik, 19,920 detik dan 22,210 detik, nilai *delay* yang semakin besar dikarenakan bertambahnya konektifitas antar *node* dalam jaringan, sehingga harus memilih jalur terbaik untuk mengirim paket, yang menyebabkan jaringan bertambah sibuk. Nilai PDR keempat skenario 4,655, 3,650, 3,091 dan 2,536, nilai PDR yang menurun dikarenakan bertambahnya *node* pada tiap simulasi sehingga terjadi *drop* pada antrian ketika data menunggu untuk dikirimkan.

#### Referensi

- [1]. Bayu Wirawan, Andi dan Indarto, Eka. "Mudah Membangun Simulasi dengan Network Simulator-2 (NS-2)", ANDI, Yogyakarta, 2004.
- [2]. Greis, Marc. "Tutorial For The Network simulator "ns".", 2000.
- [3]. Fall, K. and K. Varadhan. "ns Notes and Documentation". 2008.
- [4]. Ravindra Vaishampayan, Garcia-Luna-Aceves JJ. Efficient and Robust Multicast Routing in Mobile Ad Hoc Networks. *Proceeding of IEEE International Conference on Mobile Ad hoc and Sensor Systems (MASS)*, 304-313,(2004).
- [5]. Aiswarya Antony Swarna, Swarna Parvathi S., Akshaya Venkatesan. Experimental Analysis of Streaming over Mobile Ad hoc Networks using PUMA, *Indian Journal of Engineering*, 2013, 2(3), 3-6,
- [6]. Stojmenovic, Ivan, Giordano, Silvia, Conti, Marco, and Basagni, Stefano. "Mobile Ad Hoc Networking". IEEE Press. New Jersey. 2004.
- [7]. Ilyas, Mohammad. "The Handbook Of Ad Hoc Wireless Networks". Crc Press. New York. 2003.
- [8]. Aji Sasongko, Septian., Analisis Performansi Dan Simulasi Protokol ZRP (*Zone Routing Protocol*) Pada Manet (*Mobile Ad Hoc Network*) Dengan Menggunakan NS-2, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012
- [9]. Novianti. Dwi., Simulasi Kinerja WPAN 802.15.4 (*ZigBee*) dengan Algoritma Routing AODV dan DSR, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011
- [10]. Edy Seputra, Wahyu., Perbandingan Kinerja Protokol AODV dengan OLSR Pada *Manet*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.