

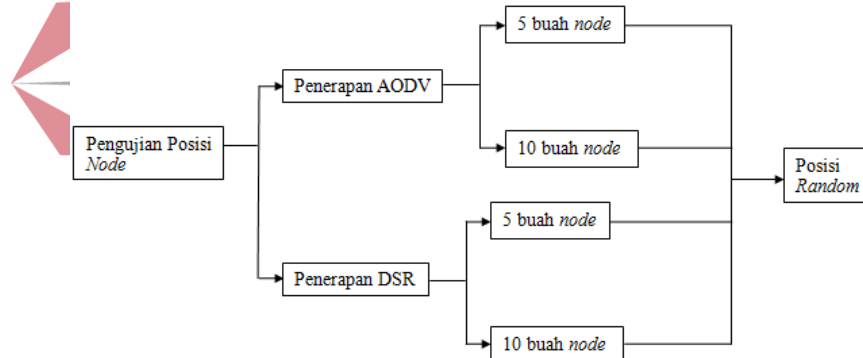
BAB IV

PENGUJIAN DAN EVALUASI

Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap simulasi yang telah selesai dibuat. Pengujian tersebut dimulai dari pengujian simulasi JSN, pengujian protokol *routing*, dan pengujian terhadap parameter-parameter *QoS*, serta hasil analisis terhadap kedua protokol yang digunakan.

4.1 Pengujian Posisi *Node*

Pengujian posisi *node* dilakukan dengan menjalankan dari *script* “random.tcl” pada NS-2. Jika posisi *node* berbeda-beda ketika menjalankan *script* yang satu dengan yang lain, maka topologi jaringan yang dibangkitkan secara *random* berhasil.



Gambar 4.1 Blok Diagram Pengujian Posisi *Node*

Gambar 4.1 menjelaskan bahwa pengujian posisi *node* dilakukan pada masing-masing penerapan protokol yaitu AODV dan DSR baik pada 5 buah *node* maupun 10 buah *node* secara terpisah. Pengujian tersebut digunakan untuk melihat apakah *node-node* yang dibangun pada simulasi berhasil mendapatkan posisi-posisi yang acak (*random*).

4.1.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah simulasi yang dibangun sudah berjalan sesuai dengan harapan yaitu membuat posisi *node* secara *random*.

4.1.2 Peralatan yang Digunakan

1. Perangkat keras (*Hardware*)

Hardware yang digunakan adalah sebuah Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Processor : Core I3 M370
- b. Memori : 4.00 GB
- c. Sistem Operasi (SO) : Ubuntu 11.04

2. Perangkat Lunak (*Software*)

- 2.1 NS-2 2.34 : adalah aplikasi utama yang digunakan untuk membuat *script* Tcl.
- 2.2 Perl : adalah aplikasi yang digunakan untuk melakukan *filter* data *tracefile*.
- 2.3 Microsoft Excel 2007 : digunakan untuk mengolah data-data yang telah *di-filter*.

4.1.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Nyalakan laptop dengan SO Ubuntu 11.04.
- 2. Buka jendela terminal pada menubar.

3. Masuk ke sistem “*root*” administrator sebelum menjalankan *script* “random.tcl”.

Dengan menggunakan perintah :

```
kiki@ubuntu: ~$ sudo su
```

4. Kemudian akses ke direktori tempat *script* tersebut disimpan. Dalam penelitian ini, direktori yang digunakan untuk menyimpan *script* tersebut adalah pada direktori “home/kiki/Desktop/TA” secara keseluruhan. Sedangkan untuk *script* dengan menggunakan algoritma DSR dan AODV terpisah di dalam direktori TA tersebut yaitu direktori “dsr” dan “aodv”. Kemudian untuk *script* yang dibangun menggunakan 5 buah *node* dan 10 buah *node* dibagi menjadi direktori pada masing-masing direktori “dsr” dan “aodv”. Sebagai contoh, untuk mengakses *script* yang menggunakan algoritma DSR dengan 5 buah *node* pada percobaan pertama dengan perintah sebagai berikut :

```
root@ubuntu: /home/kiki# cd Desktop/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop# cd dsr/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr# cd 5node/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr/5node# cd dsr1/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr/5node/dsr1#
```

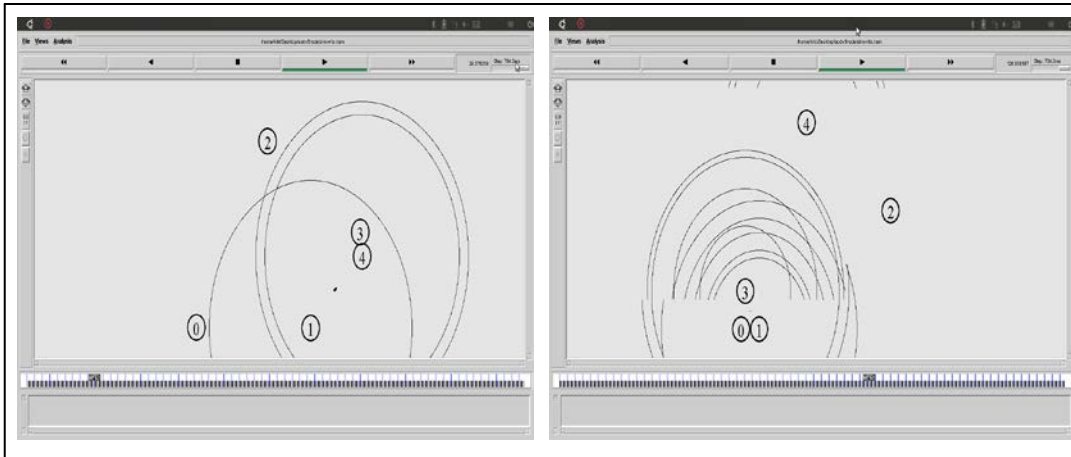
5. Setelah berhasil mengakses direktori yang digunakan di atas, *script* “random.tcl” dapat dijalankan dengan perintah :

```
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr/5node/dsr1# ns random.tcl
```

4.1.4 Hasil Pengujian Posisi *Node*

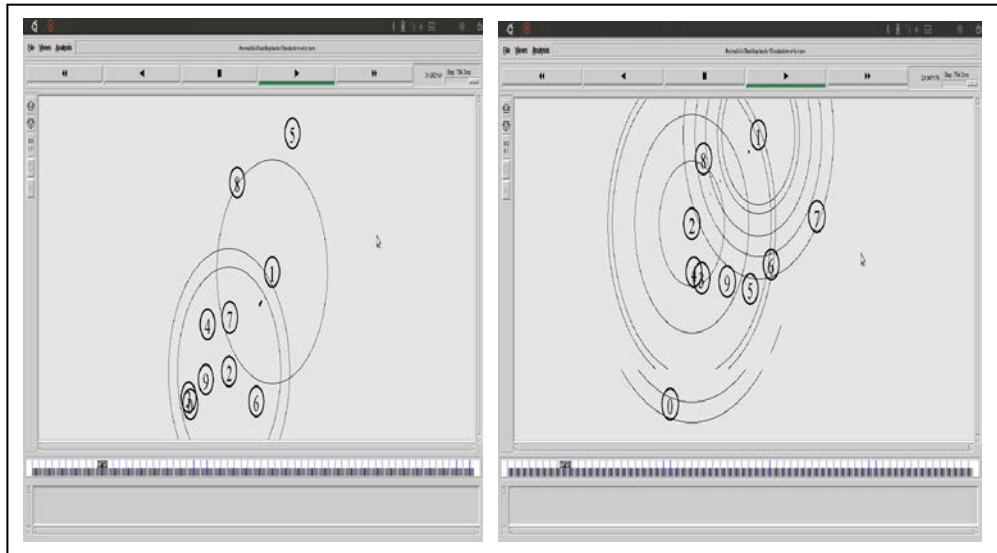
Pengujian posisi *node* ini digunakan untuk memastikan bahwa posisi dari *node-node* ketika *script* dijalankan bersifat *random*. Posisi-posisi yang dihasilkan dapat dilihat

pada jendela *Network Animator* (NAM). Berikut adalah beberapa hasil dari menjalankan *script* “random.tcl” untuk masing-masing skenario :

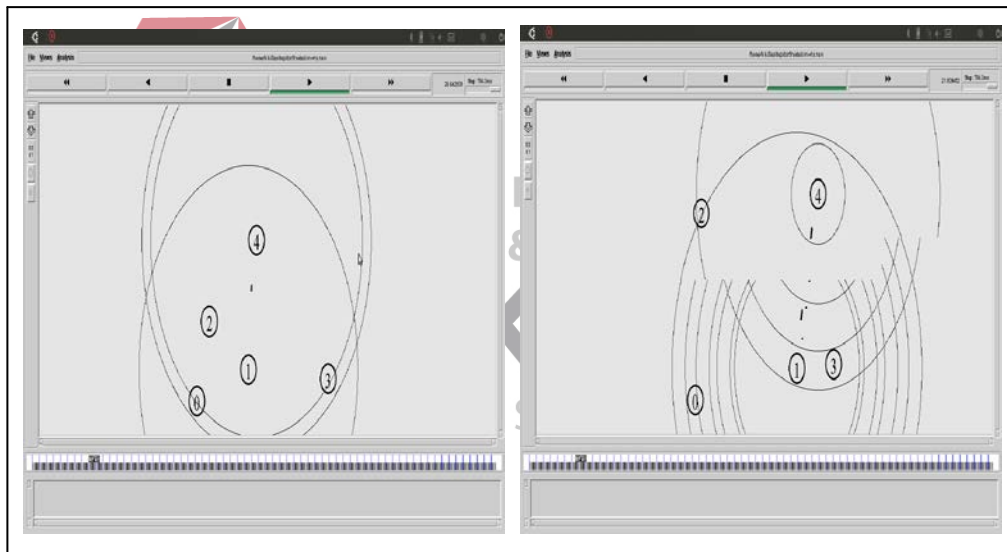


Gambar 4.2 Hasil NAM Penerapan Algoritma AODV pada 5 Buah *Node*

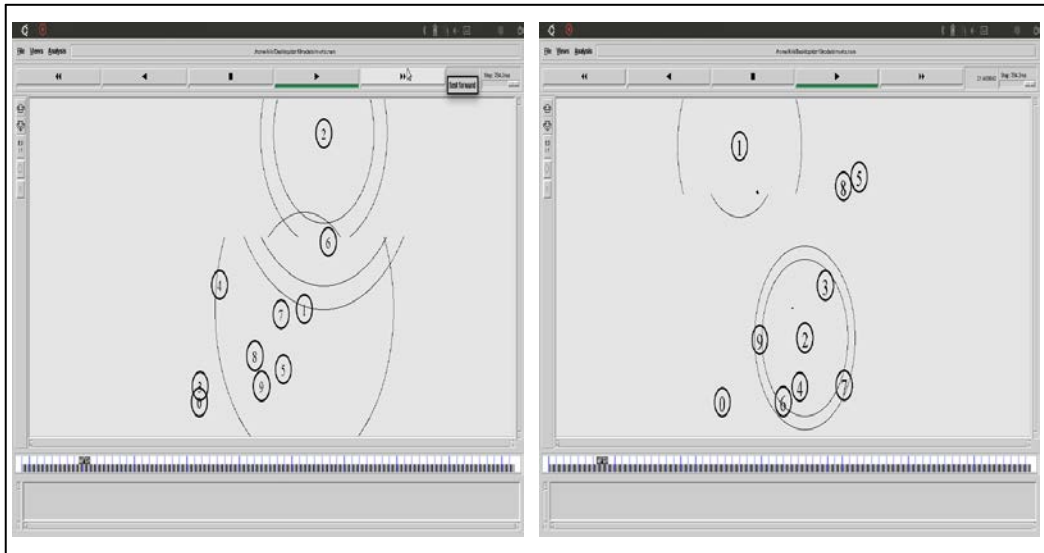
Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pemanggilan terhadap *script* “random.tcl” menghasilkan topologi dengan posisi-posisi *node* yang berbeda antara percobaan yang satu dengan yang lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa topologi yang dibangkitkan secara *random* berhasil dibangun dimana letak posisi *node* 0-4 pada percobaan pertama berbeda dengan letak posisi *node* 0-4 pada percobaan berikutnya. Hal tersebut juga terjadi pada percobaan-percobaan lain baik yang menggunakan 5 buah *node* maupun 10 buah *node* dengan protokol yang berbeda yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.3 s/d Gambar 4.5.



Gambar 4.3 Hasil NAM Penerapan Algoritma AODV pada 10 Buah *Node*



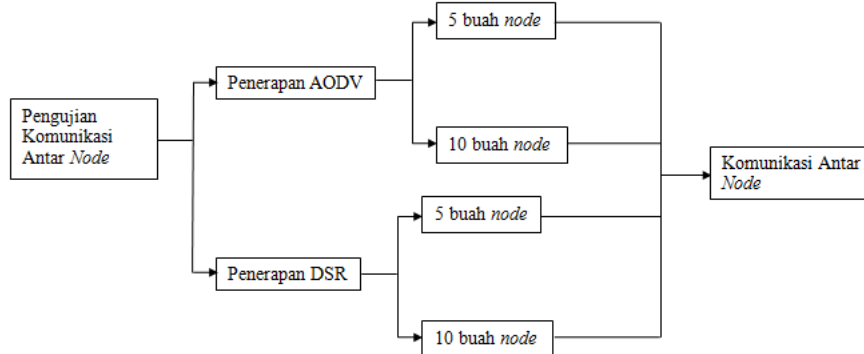
Gambar 4.4 Hasil NAM Penerapan Algoritma DSR pada 5 Buah *Node*



Gambar 4.5 Hasil NAM Penerapan Algoritma DSR pada 10 Buah *Node*

4.2 Pengujian Komunikasi antar *Node*

Pengujian komunikasi antar *node* dilakukan dengan menjalankan NAM dari *script* “random.tcl” pada NS-2. Jika *node* sumber berhasil mengirimkan data menuju *node* penerima, maka dapat diketahui bahwa komunikasi antar *node* berhasil.



Gambar 4.6 Blok Diagram Pengujian Komunikasi Antar *Node*

Gambar 4.6 menjelaskan bahwa pengujian komunikasi antar *node* dilakukan pada masing-masing penerapan protokol yaitu AODV dan DSR baik pada 5 buah *node* maupun 10 buah *node* secara terpisah. Pengujian tersebut digunakan untuk melihat

apakah *node-node* yang terlibat dalam komunikasi pengiriman data pada simulasi dapat saling berkomunikasi baik mengirim sinyal maupun mengirim dan menerima data.

4.2.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah simulasi yang dibangun sudah berjalan sesuai dengan harapan. Serta untuk menguji apakah masing-masing *node* dapat melakukan komunikasi.

4.2.2 Peralatan yang Digunakan

1. Perangkat keras (*Hardware*)

Hardware yang digunakan adalah sebuah Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Processor : Core I3 M370
- b. Memori : 4.00 GB
- c. Sistem Operasi (SO) : Ubuntu 11.04

2. Perangkat Lunak (*Software*)

- 2.1 NS-2 2.34 : adalah aplikasi utama yang digunakan untuk membuat *script* Tcl.
- 2.2 Perl : adalah aplikasi yang digunakan untuk melakukan *filter* data *tracefile*.
- 2.3 Microsoft Excel 2007 : digunakan untuk mengolah data-data yang telah *difilter*.

4.2.3 Prosedur Pengujian

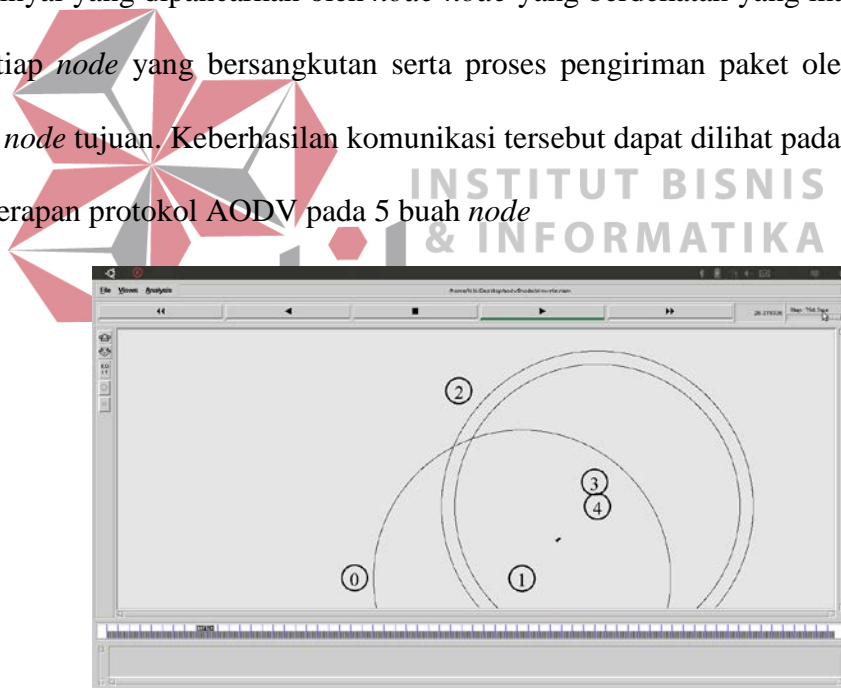
Langkah-langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari jendela NAM yang dihasilkan pada pengujian sebelumnya, NAM tersebut harus dijalankan yaitu dengan cara menekan tombol “start (▶)” yang berada dalam Menu Bar jendela NAM sampai dengan akhir dari simulasi selama 200 detik.
2. Menunggu hingga simulasi berakhir.

4.2.4 Hasil Pengujian Komunikasi antar *Node*


Komunikasi antar *node* berlangsung ketika simulasi berjalan. Komunikasi tersebut dimulai dari saling bertukar informasi antar *node* ditandai dengan adanya sinyal-sinyal yang dipancarkan oleh *node-node* yang berdekatan yang mampu dijangkau oleh setiap *node* yang bersangkutan serta proses pengiriman paket oleh *node* sumber menuju *node* tujuan. Keberhasilan komunikasi tersebut dapat dilihat pada hasil berikut :

1. Penerapan protokol AODV pada 5 buah *node*

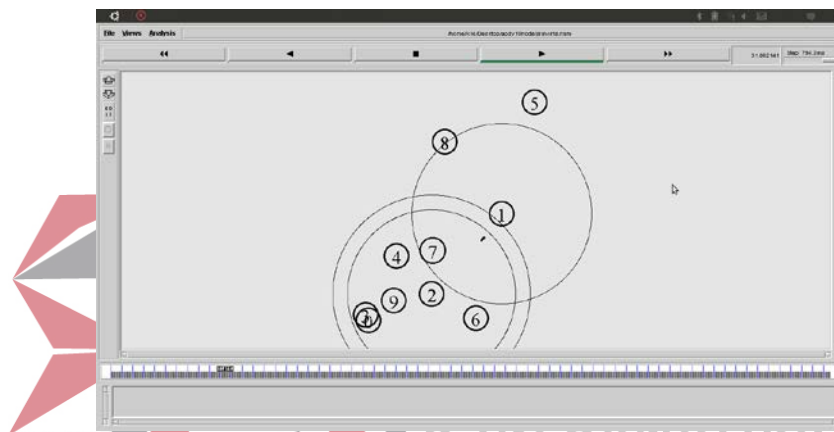


Gambar 4.7 Hasil komunikasi 5 buah *node* dengan protokol AODV


Pada Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa *node* sumber adalah *node* 1 dan *node* tujuan adalah *node* 4. Proses saling menukar informasi antar *node* dapat dilihat dengan sinyal lingkaran dari *node* 1, *node* 3, dan *node* 4, hal tersebut menunjukkan bahwa *node*

yang dapat dijangkau oleh *node* sumber yaitu *node* 3 dan *node* 4. Karena posisi *node* 4 tidak terlalu jauh dari *node* sumber, maka pengiriman data dilakukan tanpa perantara *node* lain. Proses pengiriman data dapat dilihat pada gambar “” pada Gambar 4.7. Sehingga dapat dikatakan bahwa komunikasi antar *node* berhasil pada percobaan penerapan protokol AODV pada 5 buah *node*.

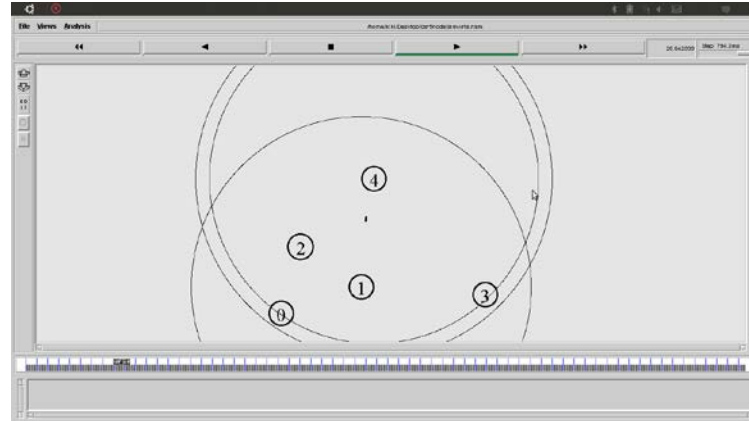
2. Penerapan protokol AODV pada 10 buah *node*




Gambar 4.8 Hasil komunikasi 10 buah *node* dengan protokol AODV

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa *node* sumber adalah *node* 1 dan *node* tujuan adalah *node* 2. Proses saling menukar informasi antar *node* dapat dilihat dengan sinyal lingkaran dari *node* 1, *node* 2, dan sebuah lingkaran yang melingkupi *node* 4, *node* 7, *node* 6, *node* 9, *node* 3 serta *node* 0, hal tersebut menunjukkan bahwa *node* yang dapat dijangkau oleh *node* sumber yaitu *node* 0, *node* 2, *node* 3, *node* 4, *node* 6, *node* 7, dan *node* 9. Karena posisi *node* 1 tidak terlalu jauh dari *node* sumber, maka pengiriman data dilakukan tanpa perantara *node* lain. Proses pengiriman data dapat dilihat pada gambar “” pada Gambar 4.8. Sehingga dapat dikatakan bahwa komunikasi antar *node* berhasil pada percobaan penerapan protokol AODV pada 10 buah *node*.

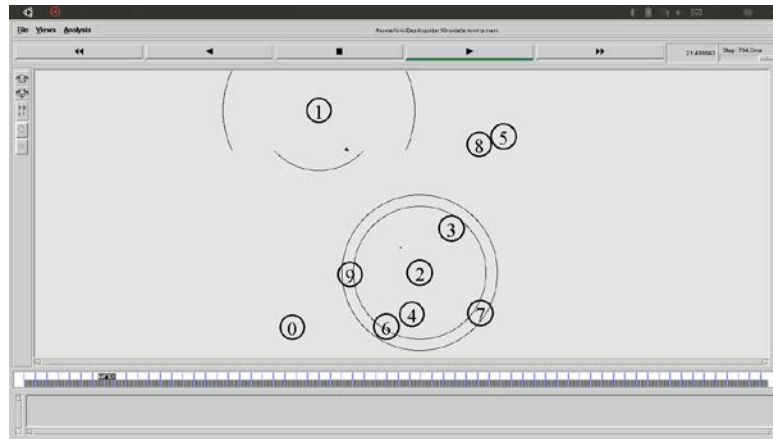
3. Penerapan protokol DSR pada 5 buah *node*




Gambar 4.9 Hasil komunikasi 5 buah *node* dengan protokol DSR Percobaan 1

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa *node* sumber adalah *node* 1 dan *node* tujuan adalah *node* 4. Proses saling menukar informasi antar *node* dapat dilihat dengan sinyal lingkaran dari *node* 1, *node* 4, dan sebuah lingkaran yang melingkupi *node* 0, *node* 2 serta *node* 3, hal tersebut menunjukkan bahwa *node* yang dapat dijangkau oleh *node* sumber yaitu *node* 0, *node* 2, *node* 3, dan *node* 4. Karena posisi *node* 4 tidak terlalu jauh dari *node* sumber, maka pengiriman data dilakukan tanpa perantara *node* lain. Proses pengiriman data dapat dilihat pada gambar “” pada Gambar 4.9. Sehingga dapat dikatakan bahwa komunikasi antar *node* berhasil pada percobaan penerapan protokol DSR pada 5 buah *node*.

4. Penerapan protokol DSR pada 10 buah *node*

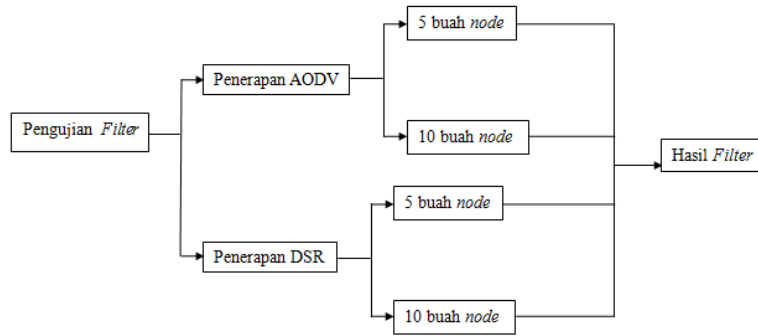


Gambar 4.10 Hasil komunikasi 10 buah *node* dengan protokol DSR

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa *node* sumber adalah *node* 1 dan *node* tujuan adalah *node* 2. Proses saling menukar informasi antar *node* dapat dilihat dengan sinyal lingkaran dari *node* 1, *node* 2, dan sebuah lingkaran yang melingkupi *node* 3, *node* 4, *node* 6, *node* 7, dan *node* 9, hal tersebut menunjukkan bahwa *node* yang dapat dijangkau oleh *node* sumber yaitu *node* 3, *node* 4, *node* 6, *node* 7, dan *node* 9. Karena posisi *node* 2 terlalu jauh dari *node* sumber, maka pengiriman data dilakukan melalui perantara *node* 3 kemudian menuju *node* 2. Proses pengiriman data dapat dilihat pada gambar “” pada Gambar 4.10. Sehingga dapat dikatakan bahwa komunikasi antar *node* berhasil pada percobaan penerapan protokol DSR pada 10 buah *node*.

4.3 Pengujian *Filter*

Pengujian *filter* dilakukan dengan cara menjalankan *script* “queue.pl” pada jendela terminal. Sehingga dapat dihasilkan data-data yang telah dipilah berdasarkan kebutuhan pengolahan data.



Gambar 4.11 Blok Diagram Pengujian *Filter*

Gambar 4.11 menjelaskan bahwa pengujian *filter* data dilakukan pada masing-masing hasil penerapan protokol yaitu AODV dan DSR baik pada 5 buah *node* maupun 10 buah *node* secara terpisah. Pengujian tersebut digunakan untuk melihat apakah data-data yang dibutuhkan berhasil difilter.

4.3.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah data-data yang berada pada *tracefile* hasil simulasi berhasil disaring sesuai dengan kebutuhan pengolahan data.

4.3.2 Peralatan yang Digunakan

1. Perangkat keras (*Hardware*)

Hardware yang digunakan adalah sebuah Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- | | |
|------------------------|----------------|
| a. Processor | : Core I3 M370 |
| b. Memori | : 4.00 GB |
| c. Sistem Operasi (SO) | : Ubuntu 11.04 |

2. Perangkat Lunak (*Software*)

2.1 NS-2 2.34 : adalah aplikasi utama yang digunakan untuk membuat *script* Tcl.

2.2 Perl : adalah aplikasi yang digunakan untuk melakukan *filter* data *tracefile*.

2.3 Microsoft Excel 2007 : digunakan untuk mengolah data-data yang telah *di-filter*.

4.3.3 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Buka jendela terminal pada menubar.
2. Masuk ke sistem “*root*” administrator sebelum menjalankan *script* “*queue.pl*”.

Dengan menggunakan perintah :

```
kiki@ubuntu: ~$ sudo su
```

3. Kemudian akses ke direktori tempat *script* tersebut disimpan. Dalam penelitian ini, direktori yang digunakan untuk menyimpan *script* tersebut adalah pada direktori “*home/kiki/Desktop/TA*” yang dibagi menjadi 2 direktori yaitu direktori yang menunjukkan penerapan algoritma DSR dan AODV yaitu direktori “*dsr*” dan “*aodv*”. Kemudian dibagi lagi berdasarkan *node* yang digunakan yaitu 5 buah *node* dan 10 buah *node*. Sebagai contoh, untuk mengakses *script* yang menggunakan algoritma DSR dengan 5 buah *node* pada percobaan pertama dengan perintah sebagai berikut :

```
root@ubuntu: /home/kiki# cd Desktop/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop# cd dsr/
```

```
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr# cd 5node/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr/5node# cd dsr1/  
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr/5node/dsr1#
```

4. Setelah berhasil mengakses direktori yang digunakan di atas, *script* “queue.pl” dapat dijalankan dengan perintah :

```
root@ubuntu: /home/kiki/Desktop/dsr/5node/dsr1# perl queue.pl  
simple.tr > queue
```

Perintah tersebut menunjukkan bahwa *script* “queue.pl” dijalankan untuk memfilter data-data yang tersimpan pada *file* “simple.tr” yang kemudian hasil filter tersebut disimpan ke dalam *file* baru dengan nama “queue”.

4.3.4 Hasil Pengujian Filter

Data yang dibutuhkan hanya data dengan tipe paket tcp saja. Informasi-informasi yang dibutuhkan adalah informasi pada kolom 0, kolom 1, kolom 2, kolom 3, kolom 5, kolom 7, kolom 8, dan kolom 10. Sehingga menghasilkan *file filter* seperti Gambar 4.12.

Packet Type	IP Address	TTL	Protocol	Length	Flags	Other Fields
s	10.00000000	1	AGT	5	40	[0 0 0]
s	10.003965719	1	MAC	5	118	[13a 1 800]
r	10.004910339	4	MAC	5	60	[13a 1 800]
r	10.004935339	4	AGT	5	60	[13a 1 800]
s	10.007281198	1	AGT	7	1040	[0 0 0]
s	10.007281198	1	AGT	8	1040	[0 0 0]
s	10.008337438	1	MAC	7	1118	[13a 1 800]
r	10.017282058	4	MAC	7	1060	[13a 1 800]
r	10.017307058	4	AGT	7	1060	[13a 1 800]
s	10.019552917	1	AGT	10	1040	[0 0 0]
s	10.019552917	1	AGT	11	1040	[0 0 0]
s	10.020600157	1	MAC	8	1118	[13a 1 800]
r	10.029613777	4	MAC	8	1060	[13a 1 800]
r	10.029638777	4	AGT	8	1060	[13a 1 800]
s	10.031684636	1	AGT	13	1040	[0 0 0]
s	10.031684636	1	AGT	14	1040	[0 0 0]
s	10.032740876	1	MAC	10	1118	[13a 1 800]
r	10.041685496	4	MAC	10	1060	[13a 1 800]
r	10.041710496	4	AGT	10	1060	[13a 1 800]
s	10.042927355	1	MAC	11	1118	[13a 1 800]
r	10.051871975	4	MAC	11	1060	[13a 1 800]
r	10.051896975	4	AGT	11	1060	[13a 1 800]
s	10.053922834	1	AGT	17	1040	[0 0 0]
s	10.053922834	1	AGT	18	1040	[0 0 0]
s	10.054999074	1	MAC	13	1118	[13a 1 800]
r	10.063943694	4	MAC	13	1060	[13a 1 800]
r	10.063968694	4	AGT	13	1060	[13a 1 800]
s	10.065205553	1	MAC	14	1118	[13a 1 800]
r	10.074150173	4	MAC	14	1060	[13a 1 800]
r	10.074175173	4	AGT	14	1060	[13a 1 800]
s	10.075392032	1	MAC	17	1118	[13a 1 800]
r	10.084336652	4	MAC	17	1060	[13a 1 800]
r	10.084361652	4	AGT	17	1060	[13a 1 800]
s	10.086407512	1	AGT	22	1040	[0 0 0]
s	10.086407512	1	AGT	23	1040	[0 0 0]
s	10.088453991	1	AGT	24	1040	[0 0 0]
s	10.088453991	1	AGT	25	1040	[0 0 0]
s	10.090560470	1	AGT	26	1040	[0 0 0]

Gambar 4.12 Hasil *Filter* “simple.tr” Penerapan Algoritma DSR pada 5 Buah *Node*

Hasil yang terlihat pada Gambar 4.12 yang akan digunakan untuk diolah, sehingga menghasilkan *delay*, *PLR*, dan *utilisasi bandwidth*. Kemudian akan diplot ke dalam bentuk grafik sehingga dapat dilihat perbandingannya.

4.4 Hasil Penghitungan Parameter-Parameter *QoS*

4.4.1 Hasil Penghitungan *Delay*

Dari data-data yang sudah tersimpan dalam *file* “queue” hasil *filter* dapat diperoleh *delay* dari masing-masing percobaan. *Delay* tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan rumus penghitungan *delay* sebagai berikut :

$$\text{Waktu tunda (t)} = (T_r - T_s) \text{ detik} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana : $0 \leq t \leq T$

Dengan :

T_r = Waktu penerimaan paket (detik)

T_s = Waktu pengiriman paket (detik)

T = Waktu simulasi (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

Delay yang terjadi pada masing-masing percobaan berbeda-beda. Adapun hasil penghitungan *delay* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Penghitungan *Delay* Protokol AODV pada 5 Buah *node*

Percobaan ke-	<i>Delay</i> (s)
1	0.06439715
2	0.06851467
3	0.23063369
4	0.06437414
5	0.06852101
6	0.0685121
7	0.06437504
8	0.06848677
9	0.230630966
10	0.06436761
11	0.06697515

Percobaan ke-	Delay (s)
12	0.06438105
13	0.2329377
14	0.06851158
15	0.0685141
16	0.06814782
17	0.06851687
18	0.06851647
19	0.06439088
20	0.06851224
21	0.06438101
22	0.06438802
23	0.06441133
24	0.06437448
25	0.06123331
26	0.06441145
27	0.0685139
28	0.06437215
29	0.23363292
30	0.06853724

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa rata-rata *delay* yang terjadi pada penerapan protokol AODV pada 5 buah *node* yang tersebar secara *random* adalah:

$$\text{Rata-rata delay} = (\sum \text{delay}/30) = (2.650472816/30) = 0.088349094 \text{ detik}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa waktu tunda yang dialami selama proses pengiriman data dari sumber dan penerimaan data oleh tujuan rata-rata selama 0.088349094 detik. Dengan standar deviasi sebesar : (Walpole, Ronald E., Raymond H Myers. 1995)

$$S = ((\sum (X_i - (\text{rata-rata delay}))/n)^{1/2}) = 0.056368209 \text{ detik}$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.1 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut : (Dra. Martiningtyas, Nining M.MT. 2011)

$$Interval = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \cdot S / \sqrt{n} \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana : n = 30 (banyaknya percobaan yang dilakukan)

Dengan :

\bar{X} = rata-rata *sample*

$Z_{\alpha/2}$ = nilai z dengan luas daerah di sebelah kanan kurva distribusi normal baku sebesar $\alpha/2$ (dilihat dari Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)

S = simpangan baku populasi

n = jumlah *sample*

Sehingga, dengan rumus(4.2) dapat diketahui bahwa *range interal* dari *delay* adalah :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{0.05/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

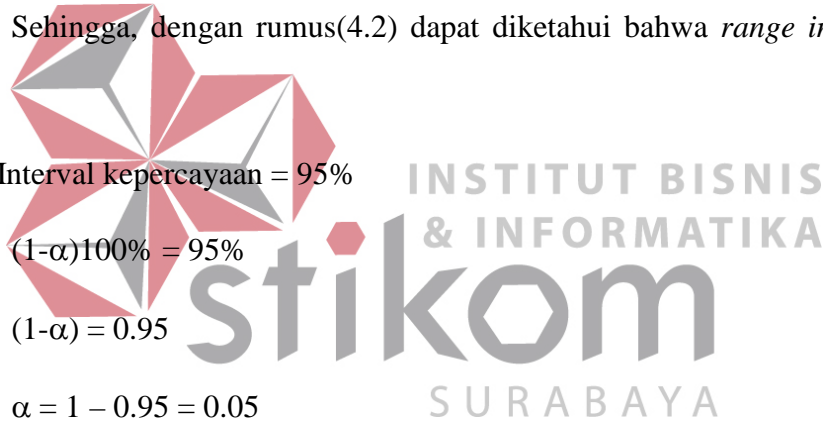
$$Interval = 0.088349094 \pm Z_{0.05/2} \cdot (0.056368209 / \sqrt{30})$$

$$= 0.088349094 \pm Z_{0.025} \cdot (0.056368209 / \sqrt{30})$$

$$= 0.088349094 \pm 1.96 \cdot (0.010291380) = 0.088349094 \pm 0.020171104$$

$$= (0.088349094 - 0.020171104 ; 0.088349094 + 0.020171104)$$

$$= (0.06817799 ; 0.108520198)$$



Jadi, nilai *delay* yang dihasilkan pada penerapan AODV dengan 5 buah *node* adalah sekitar 0.06817799 detik s/d 0.108520198 detik.

Delay yang dialami oleh topologi yang terdiri dari 5 buah *node* dan 10 buah *node* berbeda-beda. *Delay* yang terjadi pada penerapan protokol AODV pada 10 buah *node* yang tersebar secara *random* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Penghitungan *Delay* Protokol AODV pada 10 Buah *node*

Percobaan ke-	<i>Delay</i> (s)
1	0.06718593
2	0.06857615
3	0.23322042
4	0.06581713
5	0.06546536
6	0.06992243
7	0.06958527
8	0.06471166
9	0.23261203
10	0.06583331
11	0.06958264
12	0.2305466
13	0.06583499
14	0.06995567
15	0.23321776
16	0.06469195
17	0.2335288
18	0.06545711
19	0.06858009
20	0.0688114
21	0.06881579
22	0.0646926
23	0.06958556
24	0.06466953
25	0.23054198
26	0.06857857
27	0.06580349
28	0.06958445
29	0.0696005
30	0.06581166

Dari Tabel 4.2, dapat kita ketahui bahwa rata-rata *delay* yang terjadi pada penerapan protokol AODV pada 5 buah *node* yang tersebar secara *random* adalah:

$$\text{Rata-rata delay} = (\sum \text{delay}/30) = (3.01082083/30) = 0.100360694 \text{ detik}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa waktu tunda yang dialami selama proses pengiriman data dari sumber dan penerimaan data oleh tujuan rata-rata dari hasil di atas adalah selama 0.100360694 detik. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = ((\sum (X_i - (\text{rata-rata delay}))^2/n)^{1/2} = 0.065984849 \text{ detik}$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.2 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{0.05/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

$$\text{Interval} = 0.100360694 \pm Z_{0.05/2} \cdot (0.065984849/\sqrt{30})$$

$$= 0.100360694 \pm Z_{0.025} \cdot (0.065984849/\sqrt{30})$$

$$= 0.100360694 \pm 1.96 \cdot (0.0120471301) = 0.100360694 \pm 0.023612375$$

$$= (0.100360694 - 0.023612375 ; 0.100360694 + 0.023612375)$$

$$= (0.076748319 ; 0.123973069)$$

Jadi, nilai *delay* yang dihasilkan pada penerapan AODV dengan 10 buah *node* adalah sekitar 0.076748319 detik s/d 0.123973069 detik.

Jika protokol yang digunakan berbeda, maka *delay* yang terjadi juga akan berbeda pula. *Delay* yang terjadi saat menggunakan protokol DSR dapat kita lihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Penghitungan *Delay* Protokol DSR pada 5 Buah *node*

Percobaan ke-	<i>Delay</i> (s)
1	0.0690418
2	0.06841862
3	0.07552915
4	0.06875152
5	0.06351033
6	0.06206311
7	0.06985323
8	0.06807243
9	0.07160154
10	0.06838323
11	0.07303516
12	0.06818143
13	0.07494581
14	0.07048057
15	0.06924745
16	0.06731326
17	0.0663117
18	0.07260601
19	0.06799684
20	0.06978574
21	0.06453308
22	0.07151456
23	0.06627416
24	0.23741876
25	0.06286177
26	0.06258979
27	0.068068395
28	0.06989088
29	0.23672989
30	0.06886339

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa rata-rata yang terjadi pada 5 buah *node* dengan menggunakan protokol DSR adalah :

$$\text{Rata-rata delay} = (\sum \text{delay}/30) = (2.393873605/30) = 0.079795787 \text{ detik}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa waktu tunda yang dialami selama proses pengiriman data dari sumber dan penerimaan data oleh tujuan rata-rata dari hasil di atas adalah selama 0.079795787 detik. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = (\sum (X_i - (\text{rata-rata delay}))^2/n)^{1/2} = 0.042160472 \text{ detik}$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.3 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

$$\text{Interval} = 0.079795787 \pm Z_{\alpha/2} \cdot (0.042160472/\sqrt{30})$$

$$= 0.079795787 \pm Z_{0.025} \cdot (0.042160472/\sqrt{30})$$

$$= 0.079795787 \pm 1.96 \cdot (0.007697414) = 0.079795787 \pm 0.015086931$$

$$= (0.079795787 - 0.015086931 ; 0.079795787 + 0.015086931)$$

$$= (0.064708856 ; 0.094882718)$$

Jadi, nilai *delay* yang dihasilkan pada penerapan DSR dengan 5 buah *node* adalah sekitar 0.064708856 detik s/d 0.094882718 detik.

Sedangkan, *delay* yang terjadi pada 10 buah *node* yang menggunakan protokol DSR dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Penghitungan *Delay* Protokol DSR pada 10 Buah *node*

Percobaan ke-	<i>Delay</i> (s)
1	0.23973263
2	0.06381321
3	0.06553268
4	0.07096863
5	0.05828655
6	0.06771428
7	0.07541471
8	0.0673445
9	0.07037577
10	0.06544486
11	0.06547064
12	0.06831598
13	0.06812237
14	0.07272075
15	0.06256671
16	0.07198456
17	0.06525138
18	0.06847236
19	0.06861541
20	0.06627092
21	0.06818463
22	0.07578443
23	0.06636009
24	0.06933548
25	0.06969582
26	0.06631148
27	0.07340596
28	0.06811287
29	0.06491849
30	0.06862923

Dari hasil penghitungan *delay* yang terlihat pada Tabel 4.4, dapat diketahui bahwa rata-rata *delay* yang terjadi adalah :

$$\text{Rata-rata delay} = (\sum \text{delay}/30) = (2.21315738/30) = 0.073771913 \text{ detik}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa waktu tunda yang dialami selama proses pengiriman data dari sumber dan penerimaan data oleh tujuan rata-rata dari hasil di atas adalah selama 0.079795787 detik. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = \left(\frac{\sum (X_i - (\text{rata-rata } delay))}{n} \right)^{1/2} = 0.031028155 \text{ detik}$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.4 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval} &= 0.073771913 \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot (0.031028155 / \sqrt{30}) \\ &= 0.073771913 \pm Z_{0.025} \cdot (0.031028155 / \sqrt{30}) \\ &= 0.073771913 \pm 1.96 \cdot (0.00566494) = 0.073771913 \pm 0.011103283 \\ &= (0.073771913 - 0.011103283 ; 0.073771913 + 0.011103283) \\ &= (0.06266863 ; 0.084875196) \end{aligned}$$

Jadi, nilai *delay* yang dihasilkan pada penerapan DSR dengan 10 buah *node* adalah sekitar 0.06266863 detik s/d 0.084875196 detik.

4.4.2 Hasil Penghitungan PLR (*Packet Loss Ratio*)

Sama seperti penghitungan yang sebelumnya, PLR dihitung dari *file* “queue” yang sudah ada. Adapun cara memperoleh PLR adalah dengan rumus berikut :

$$PLR = \left(\frac{Pd}{Ps} \right) \dots\dots\dots(4.3)$$

Dimana : $0 \leq t \leq T$

Dengan :

Pd = Paket yang mengalami *drop* (paket)

Ps = Paket yang dikirim (paket)

T = Waktu simulasi (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

Dengan menggunakan rumus di atas maka akan diperoleh PLR dari masing-masing percobaan. Tabel 4.5 adalah hasil penghitungan PLR pada 5 buah *node* dengan protokol AODV :

Tabel 4.5 Hasil Penghitungan PLR Protokol AODV pada 5 Buah *node*

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
1	0.02739982
2	0.0274915
3	0.01872917
4	0.02749146
5	0.02749146
6	0.02742982
7	0.02749146
8	0.02745975
9	0.017910768
10	0.02748974
11	0.02746155
12	0.02742982
13	0.01790975
14	0.02749148
15	0.0274915
16	0.02749146
17	0.02749143
18	0.02739984
19	0.02743155
20	0.02742982

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
21	0.02745981
22	0.02739982
23	0.02742978
24	0.02749146
25	0.27301323
26	0.02742978
27	0.0274915
28	0.02746144
29	0.01887079
30	0.0275214

Tabel 4.5 menunjukkan PLR yang terjadi pada masing-masing percobaan. Sehingga dapat diketahui bahwa rata-rata PLR-nya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata PLR} &= (\sum \text{PLR}/30) = (1.032982158/30) = 0.034432739 \times 100 \% \\ &= 3.4432739 \% \end{aligned}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa jumlah paket yang hilang pada setiap kali percobaan adalah rata-rata sebesar 3.4432739 % dari total paket yang dikirimkan oleh *node* sumber. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = ((\sum (X_i - (\text{rata-rata PLR}))^2/n)^{1/2} = 0.044411051 \times 100\% = 4.4411051 \%$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.5 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{0.05/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

$$\begin{aligned}
\text{Interval} &= 0.034432739 \pm Z_{0.05/2} \cdot (0.044411051 / \sqrt{30}) \\
&= 0.034432739 \pm Z_{0.025} \cdot (0.044411051 / \sqrt{30}) \\
&= 0.034432739 \pm 1.96 \cdot (0.008108311) = 0.034432739 \pm 0.015892290 \\
&= (0.034432739 - 0.015892290 ; 0.034432739 + 0.015892290) \\
&= (0.018540449 ; 0.050325029)
\end{aligned}$$

Jadi, nilai PLR yang dihasilkan pada penerapan AODV dengan 5 buah *node* adalah sekitar 1.8540449% s/d 5.0325029%.

Sedangkan, PLR yang terjadi pada 10 buah *node* dengan protokol AODV dapat dilihat dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Penghitungan PLR Protokol AODV pada 10 Buah *node*

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
1	0.02743145
2	0.0274298
3	0.01886574
4	0.02749152
5	0.02739986
6	0.02745979
7	0.02749148
8	0.02743153
9	0.01886646
10	0.02749152
11	0.02749146
12	0.01874652
13	0.02749152
14	0.02748978
15	0.01886574
16	0.02743153
17	0.01854011
18	0.0274915
19	0.02749148
20	0.027459792
21	0.0275214
22	0.02749146

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
23	0.02749148
24	0.02743153
25	0.01878864
26	0.02749148
27	0.02749152
28	0.02749148
29	0.02749155
30	0.02742986

Tabel 4.6 menunjukkan PLR yang terjadi pada masing-masing percobaan. Sehingga dapat diketahui bahwa rata-rata PLR-nya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata PLR} &= (\sum \text{PLR}/30) = (0.771978982/30) = 0.025732633 \times 100 \% \\ &= 2.5732633 \% \end{aligned}$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa jumlah paket yang hilang pada setiap kali percobaan adalah rata-rata sebesar 2.5732633 % dari total paket yang dikirimkan oleh *node* sumber. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = ((\sum (X_i - (\text{rata-rata PLR}))^2/n)^{1/2} = 0.003477382 \times 100\% = 0.3477382 \%$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.6 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{0.05/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

$$\text{Interval} = 0.025732633 \pm Z_{0.05/2} \cdot (0.003477382/\sqrt{30})$$

$$\begin{aligned}
&= 0.025732633 \pm Z_{0.025} \cdot (0.003477382 / \sqrt{30}) \\
&= 0.025732633 \pm 1.96 \cdot (0.000634880) = 0.025732633 \pm 0.001244365 \\
&= (0.025732633 - 0.001244365 ; 0.025732633 + 0.001244365) \\
&= (0.024488268 ; 0.026976998)
\end{aligned}$$

Jadi, nilai PLR yang dihasilkan pada penerapan AODV dengan 10 buah *node* adalah sekitar 2.4488268% s/d 2.6976998%.

Layaknya, seperti *delay*, PLR yang terjadi pada sistem yang menggunakan protokol DSR berbeda dengan yang menggunakan protokol AODV. PLR yang terjadi pada sistem yang menggunakan protokol DSR dapat terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Penghitungan PLR Protokol DSR pada 5 Buah *node*

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
1	0.01764078
2	0.01788969
3	0.01776411
4	0.01825942
5	0.01804402
6	0.01788967
7	0.01813625
8	0.0177332
9	0.0177356
10	0.01819798
11	0.01773557
12	0.01807248
13	0.01801299
14	0.01822866
15	0.01782807
16	0.01785889
17	0.01785892
18	0.01819794
19	0.01816713
20	0.01810525
21	0.0179822

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
22	0.01813611
23	0.01801293
24	0.0122069
25	0.01791823
26	0.01785892
27	0.018072175
28	0.01779722
29	0.01177631
30	0.01825954

Dari Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa rata-rata PLR yang terjadi pada masing-masing percobaan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata PLR} &= (\sum \text{PLR}/30) = (0.527377155/30) = 0.017579239 \times 100 \% \\ &= 1.7579239 \% \end{aligned}$$

Jadi, jumlah paket yang hilang pada setiap kali percobaan adalah rata-rata sebesar 1.7579239 % dari total paket yang dikirimkan oleh *node* sumber. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = ((\sum (X_i - (\text{rata-rata PLR}))^2/n)^{1/2} = 0.001504379 \times 100\% = 0.1504379 \%$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.7 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{0.05/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

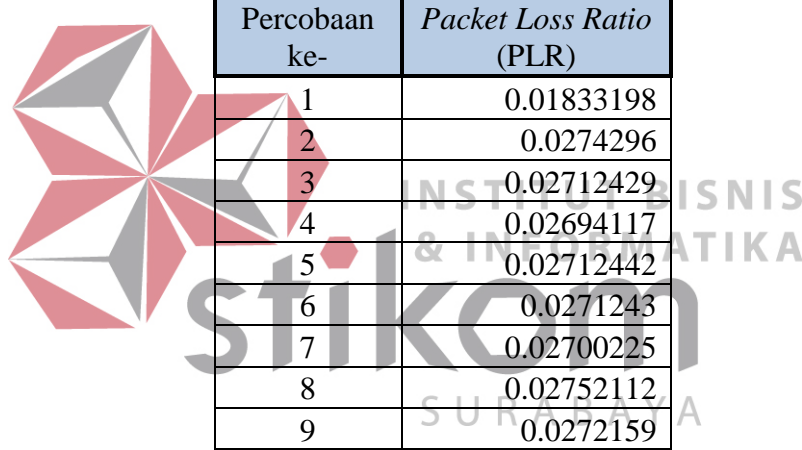
$$\text{Interval} = 0.017579239 \pm Z_{0.05/2} \cdot (0.001504379/\sqrt{30})$$

$$\begin{aligned}
&= 0.017579239 \pm Z_{0.025} \cdot (0.001504379 / \sqrt{30}) \\
&= 0.017579239 \pm 1.96 \cdot (0.000274660) = 0.017579239 \pm 0.000538334 \\
&= (0.017579239 - 0.000538334 ; 0.017579239 + 0.000538334) \\
&= (0.017040905 ; 0.018117573)
\end{aligned}$$

Jadi, nilai PLR yang dihasilkan pada penerapan DSR dengan 5 buah *node* adalah sekitar 1.7040905% s/d 1.8117573%.

Sedangkan, yang terjadi pada percobaan 10 buah *node* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Penghitungan PLR Protokol DSR pada 10 Buah *node*



Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
1	0.01833198
2	0.0274296
3	0.02712429
4	0.02694117
5	0.02712442
6	0.0271243
7	0.02700225
8	0.02752112
9	0.0272159
10	0.02696944
11	0.0269412
12	0.02712434
13	0.02696947
14	0.02709386
15	0.02694123
16	0.02687784
17	0.02706328
18	0.02733791
19	0.02709392
20	0.02727474
21	0.02718543
22	0.0273356
23	0.02706101
24	0.02749057
25	0.02709375

Percobaan ke-	Packet Loss Ratio (PLR)
26	0.02742967
27	0.02742967
28	0.02724644
29	0.02700225
30	0.0269412

Dari Tabel 4.8 dapat diketahui bahwa rata-rata PLR yang terjadi pada masing-masing percobaan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata PLR} &= (\sum \text{PLR}/30) = (0.80571785/30) = 0.026857262 \times 100 \% \\ &= 2.6857262 \% \end{aligned}$$

Jadi, jumlah paket yang hilang pada setiap kali percobaan adalah rata-rata sebesar 2.6857262 % dari total paket yang dikirimkan oleh *node* sumber. Dengan standar deviasi sebesar :

$$S = ((\sum (X_i - (\text{rata-rata PLR}))^2/n)^{1/2} = 0.001593319 \times 100\% = 0.1593319 \%$$

Dimana *range* nilai yang dihasilkan pada Tabel 4.8 dapat dicari dengan menggunakan rumus *confidence interval* untuk rata-rata populasi *sample* besar (≥ 30) sebagai berikut :

Misal : Interval kepercayaan = 95%

$$(1-\alpha)100\% = 95\%$$

$$(1-\alpha) = 0.95$$

$$\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$Z_{0.05/2} = Z_{0.025} = 1.96 \text{ (lihat di Tabel Distribusi Z pada Lampiran 6.)}$$

$$\text{Interval} = 0.026857262 \pm Z_{0.05/2} \cdot (0.001593319/\sqrt{30})$$

$$= 0.026857262 \pm Z_{0.025} \cdot (0.001593319/\sqrt{30})$$

$$= 0.026857262 \pm 1.96 \cdot (0.000290900) = 0.026857262 \pm 0.000570164$$

$$= (0.026857262 - 0.000570164 ; 0.026857262 + 0.000570164)$$

$$= (0.026287098 ; 0.027427426)$$

Jadi, nilai PLR yang dihasilkan pada penerapan DSR dengan 10 buah *node* adalah sekitar 2.6287098% s/d 2.7427426%.

4.4.3 Hasil Penghitungan *Utilisasi Bandwidth*

Untuk penghitungan *utilisasi bandwidth* dapat diperoleh dengan rumus-rumus berikut :

$$\text{Bandwidth terpakai} = \frac{\text{Length}}{(T-t_0)} \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana : $t_0 = 0$ jika waktu awal adalah 0 (nol)

Dengan :

Length = jumlah total paket yang dikirim dan diterima pada saat proses pengiriman data berlangsung (byte)

T = Waktu akhir penerimaan data (detik)

t_0 = Waktu awal pengiriman data (detik)

Hasil dari rumus (4.3) digunakan untuk menghitung *utilisasi bandwidth*

dengan rumus berikut :

$$\text{Utilisasi Bandwidth} = \frac{\sum \text{Bandwidth terpakai} * 8 \text{ bit}}{\text{Bandwidth sistem}} \dots\dots\dots(4.5)$$

Dengan :

\sum *Bandwidth* terpakai = total *bandwidth* yang terpakai dari masing-masing percobaan yang terdiri dari 30 data (byte)

Bandwidth sistem = 1.2 Mbps = 1200000 bit per sekon (default)

Karena satuan total *bandwidth* terpakai belum sama dengan *bandwidth* sistem maka harus dikalikan dengan 8 bit. Hal tersebut dikarenakan :

$$1 \text{ byte} = 8 \text{ bit}$$

Hasil penghitungan *Utilisasi Bandwidth* (UB) dari seluruh percobaan dapat dilihat dari Table 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

1. 5 buah *node* dengan menggunakan protokol AODV.

Tabel 4.9 Hasil Penghitungan *Utilisasi Bandwidth* Protokol AODV pada 5 Buah *node*

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	<i>Bandwidth</i> Terpakai (bit/s)	Utilisasi <i>Bandwidth</i> (%)
1	66513860	189.9914918	2800285.09	2.333924162
2	66509642	189.9996835	2800708.92	2.333675537
3	50212756	189.9782977	2114439.499	1.762052354
4	66496988	189.9889234	2800556.679	2.33336368
5	66496988	189.9988365	2800614.072	2.333241937
6	66509642	189.998265	2800257.03	2.333692959
7	66505424	189.9880357	2800514.049	2.333670601
8	66496988	189.994898	2800795.204	2.333290304
9	50174620	189.9926197	2113851.764	1.760581369
10	66496988	189.9912028	2800850.159	2.333335686
11	66509642	189.9950744	2799755.473	2.333732149
12	50187332	189.9688445	2800256.9	1.76124782
13	66496988	189.9966331	2113154.146	2.333268996
14	66509642	189.997204	2800279.857	2.333705992
15	50212756	189.9745803	2800206.066	1.762086834
16	66496988	189.9955082	2800469.843	2.33328281
17	50200044	189.9937122	2800760.195	1.761463346
18	66501206	189.9854582	2800100.712	2.333554249
19	66505424	189.9907396	2799802.448	2.333637388
20	66509642	189.9969069	2800250.656	2.33370964
21	66518078	189.9905065	2800259.027	2.334084274
22	66509642	189.9896179	2800277.392	2.333799174
23	66505424	189.9886967	2800624.575	2.333662481
24	66496988	189.9909569	2800540.522	2.333338705
25	50187332	189.9647152	2800604.662	1.761286105
26	66505424	189.9861646	2800618.471	2.333693584
27	66496988	189.9940188	2800207.428	2.333301101
28	66505424	189.9862113	2800619.124	2.33369301
29	66492770	189.9931316	2113090.95	2.333163992
30	66496988	189.9992083	2800883.833	2.333237372

Tabel 4.9 menunjukkan *utilisasi bandwidth* yang terpakai pada masing-masing percobaan dalam penerapan protokol AODV pada 5 buah *node*. Dari data-data di atas dapat diketahui bahwa rata-rata *bandwidth* yang terpakai adalah 2708854.491 bit/s. Sehingga dapat diketahui juga bahwa rata-rata *utilisasi bandwidth* pada percobaan-percobaan tersebut adalah sebesar 2.257378743% terhadap *bandwidth* yang disediakan oleh sistem.

2. 10 buah *node* dengan menggunakan protokol AODV.

Tabel 4.10 Hasil Penghitungan *Utilisasi Bandwidth* Protokol AODV pada 10 Buah *node*

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	<i>Bandwidth</i> Terpakai (bit/s)	Utilisasi <i>Bandwidth</i> (%)
1	66505424	189.9961522	2800708.995	2.333570908
2	66513744	189.9911655	2800410.644	2.3339241
3	50203222	189.9443215	2114462.825	1.762032916
4	66509642	189.989776	2800036.416	2.333797232
5	66509642	189.9858825	2799890.324	2.33384506
6	66505424	189.998056	2800431.551	2.333547525
7	66509642	189.992668	2800404.721	2.333761707
8	66518078	189.9976918	2799948.365	2.333996003
9	50200044	189.9851063	2112697.643	1.761543137
10	66518078	189.9939639	2800002.823	2.334041799
11	66492770	189.9959354	2800478.578	2.333129561
12	66505424	189.9980649	2113497.385	2.333547416
13	50187332	189.9997011	2799922.795	1.760961788
14	66505424	189.9965072	2800447.19	2.333566547
15	66501206	189.9894634	2114504.201	2.333505055
16	66509642	189.9956671	2799939.372	2.333724869
17	66513860	189.9880186	2113756.015	2.333966829
18	66501206	189.9966118	2800265.099	2.33341726
19	66492770	189.9927476	2800364.866	2.333168707
20	66505424	189.9984884	2800451.568	2.333542214
21	66505424	189.9979205	2800901.129	2.333549189
22	66505424	189.9966744	2800559.009	2.333564494
23	66513860	189.9972187	2800394.977	2.333853813
24	66509642	189.9908721	2800006.446	2.333783768

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	Bandwidth Terpakai (bit/s)	Utilisasi Bandwidth (%)
25	66513860	189.9985697	2113543.326	2.333837218
26	66513860	189.9976329	2800432.301	2.333848726
27	66501206	189.989371	2799961.321	2.33350619
28	66513860	189.9975886	2800431.612	2.33384927
29	50180976	189.98132	2799796.79	1.760909125
30	66518078	189.9916797	2799884.846	2.334069861

Tabel 4.10 menunjukkan *utilisasi bandwidth* yang terpakai pada masing-masing percobaan dalam penerapan protokol AODV pada 10 buah *node*. Dari data-data di atas dapat diketahui bahwa rata-rata *bandwidth* yang terpakai adalah 2662951.104 bit/s. Sehingga dapat diketahui juga bahwa rata-rata *utilisasi bandwidth* pada percobaan-percobaan tersebut adalah sebesar 2.21912592% terhadap *bandwidth* yang disediakan oleh sistem.

3. 5 buah *node* dengan menggunakan protokol DSR.

Tabel 4.11 Hasil Penghitungan *Utilisasi Bandwidth* Protokol DSR pada 5 Buah *node*

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	Bandwidth Terpakai (bit/s)	Utilisasi Bandwidth (%)
1	65718914	189.999315	2767122.144	2.30593512
2	65688968	189.9919663	2765968.236	2.30497353
3	65684690	189.9996898	2765675.673	2.304729727
4	65680412	189.9932626	2765589.099	2.304657582
5	65646188	189.9919629	2764166.947	2.303472455
6	65693246	189.9916321	2766153.237	2.305127697
7	65676134	189.9923457	2765422.312	2.304518593
8	65731748	189.9978541	2767683.807	2.306403172
9	65684690	189.9911287	2765800.295	2.304833579
10	65663300	189.9938758	2764859.644	2.304049704
11	65697524	189.9884264	2766380.047	2.305316706
12	65654744	189.9976921	2764443.853	2.303703211
13	65680412	189.9970971	2765533.285	2.304611071
14	65676134	189.9911207	2765440.144	2.304533453

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	Bandwidth Terpakai (bit/s)	Utilisasi Bandwidth (%)
15	65684690	189.9910738	2765801.096	2.304834246
16	65684690	189.9977668	2765703.665	2.304753054
17	65676134	189.9937493	2765401.883	2.304501569
18	65667578	189.9865926	2765145.776	2.304288146
19	65667578	189.9903144	2765091.608	2.304243007
20	65701802	189.9859569	2766596.145	2.305496788
21	65676134	189.9909261	2765442.975	2.304535812
22	65693246	189.9950147	2766103.989	2.305086658
23	65688968	189.990257	2765993.122	2.304994268
24	48588412	189.9996614	2045831.519	1.704859599
25	65680412	189.9986608	2765510.524	2.304592103
26	65676134	189.9941667	2765395.807	2.304496506
27	65697524	189.9947461	2766288.031	2.305240026
28	65693246	189.9928068	2766136.134	2.305113445
29	48142948	189.9769144	2027317.82	1.689431517
30	65667578	189.9912155	2765078.495	2.304232079

Tabel 4.11 menunjukkan *utilisasi bandwidth* yang terpakai pada masing-masing percobaan dalam penerapan protokol DSR pada 5 buah *node*. Dari data-data di atas dapat diketahui bahwa rata-rata *bandwidth* yang terpakai adalah 2717102.577 bit/s. Sehingga dapat diketahui juga bahwa rata-rata *utilisasi bandwidth* pada percobaan-percobaan tersebut adalah sebesar 2.264252148% terhadap *bandwidth* yang disediakan oleh sistem.

4. 10 buah *node* dengan menggunakan protokol DSR.

Tabel 4.12 Hasil Penghitungan *Utilisasi Bandwidth* Protokol DSR pada 10 Buah *node*

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	Bandwidth Terpakai (bit/s)	Utilisasi Bandwidth (%)
1	49464296	189.965374	2800285.09	2.333570908
2	65378870	189.9843511	2800708.92	2.3339241
3	65412934	189.9940571	2114439.499	1.762032916
4	65425708	189.9963798	2800556.679	2.333797232

Percobaan ke-	Total Paket Dikirim & Diterima (byte)	Total Waktu Proses (s)	Bandwidth Terpakai (bit/s)	Utilisasi Bandwidth (%)
5	65378870	189.9872304	2800614.072	2.33384506
6	65408676	189.99721	2800257.03	2.333547525
7	65400160	189.9983701	2800514.049	2.333761707
8	65378870	189.986863	2800795.204	2.333996003
9	65395902	189.9961123	2113851.764	1.761543137
10	65395902	189.9969517	2800850.159	2.334041799
11	65366096	189.9902034	2799755.473	2.333129561
12	65400160	189.9912398	2800256.9	2.333547416
13	65374612	189.9983375	2113154.146	1.760961788
14	65387386	189.9943977	2800279.857	2.333566547
15	65366096	189.9975634	2800206.066	2.333505055
16	65425708	189.9997917	2800469.843	2.333724869
17	65404418	189.9949949	2800760.195	2.333966829
18	65400160	189.9893687	2800100.712	2.33341726
19	65370354	189.9959179	2799802.448	2.333168707
20	65378870	189.9985223	2800250.656	2.333542214
21	65387386	189.9930132	2800259.027	2.333549189
22	65404418	189.9978489	2800277.392	2.333564494
23	65400160	189.9993707	2800624.575	2.333853813
24	65383128	189.9845582	2800540.522	2.333783768
25	65421450	189.9940447	2800604.662	2.333837218
26	65370354	189.9926121	2800618.471	2.333848726
27	65370354	189.9950095	2800207.428	2.33350619
28	65391644	189.9847183	2800619.124	2.33384927
29	65400160	189.992816	2113090.95	1.760909125
30	65391644	189.9928619	2800883.833	2.334069861

Tabel 4.12 menunjukkan *utilisasi bandwidth* yang terpakai pada masing-masing percobaan dalam penerapan protokol DSR pada 10 buah *node*. Dari data-data di atas dapat diketahui bahwa rata-rata *bandwidth* yang terpakai adalah 2731098.289 bit/s. Sehingga dapat diketahui juga bahwa rata-rata *utilisasi bandwidth* pada percobaan-percobaan tersebut adalah sebesar 2.275915241% terhadap *bandwidth* yang disediakan oleh sistem.

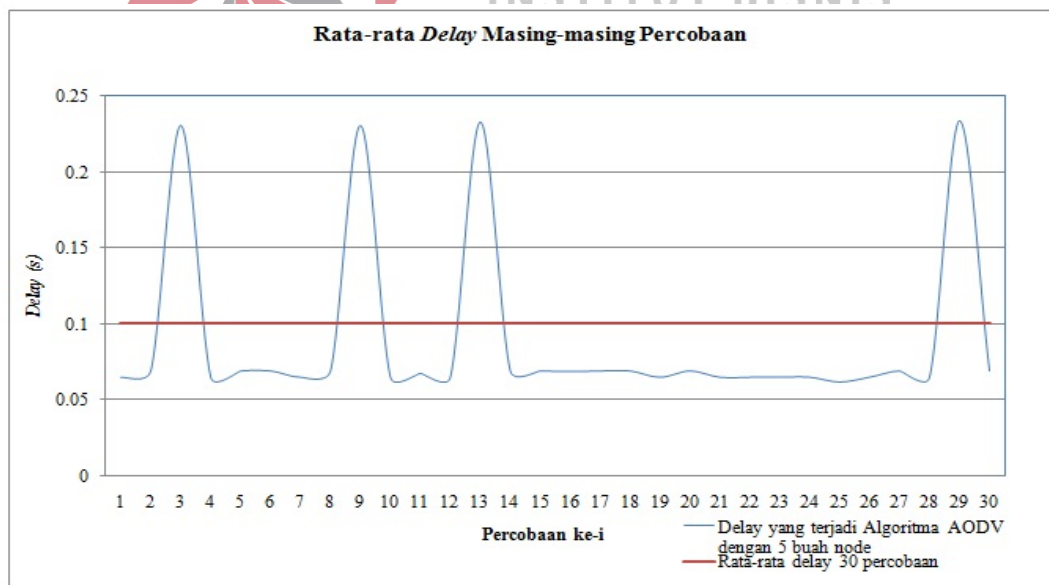
4.5 Analisis Perbandingan Parameter-Parameter *QoS*

4.5.1 Analisis Perbandingan *Delay*

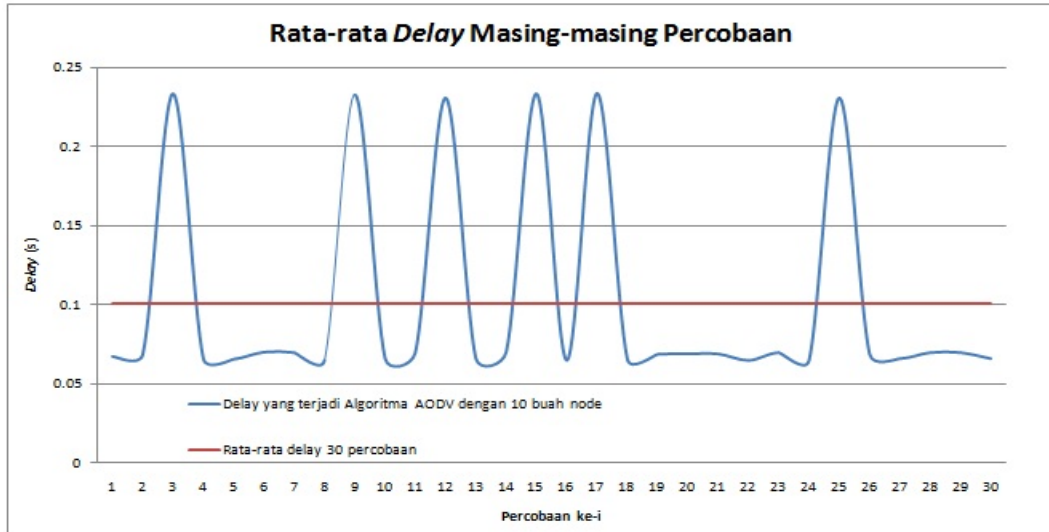
Delay yang terjadi pada setiap percobaan berbeda-beda tergantung dari protokol *routing* yang digunakan oleh masing-masing sistem, karena mekanisme yang dilakukan oleh 2 protokol *routing* berbeda-beda. Selain itu, *delay* juga dipengaruhi oleh banyaknya *hop* yang dilalui oleh *node* sumber ke *node* tujuannya. Semakin banyak *hop* yang dilalui, maka semakin besar pula kemungkinan *delay* yang terjadi. (Nofianti, Dwi, dkk. 2011).

Perbandingan *delay* yang terjadi pada masing-masing penerapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.

a. Penerapan Protokol AODV



Gambar 4.13 Grafik Rata-rata *Delay* 5 Buah *Node* dengan Protokol AODV



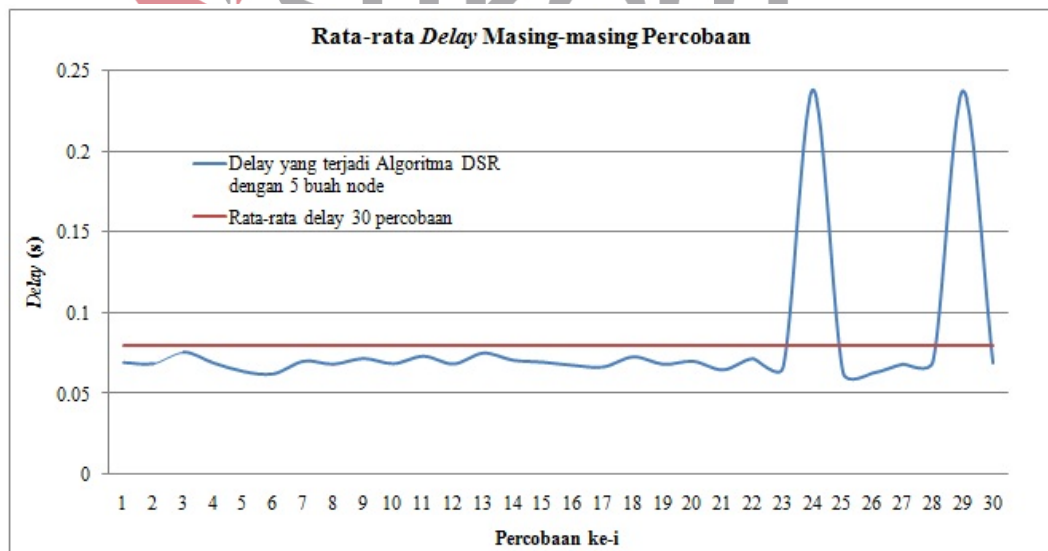
Gambar 4.14 Grafik Rata-rata *Delay* 10 Buah *Node* dengan Protokol AODV

Dari Gambar 4.13 dan 4.14, rata-rata *delay* yang terjadi pada 5 dan 10 buah *node* tidak jauh berbeda, karena keduanya menggunakan protokol yang sama yaitu protokol AODV. Perbedaan rata-rata *delay* yang dialami oleh 5 buah *node* dan 10 buah *node* yaitu 0.088349094 detik pada 10 buah *node* dan 0.100360694 detik pada 5 buah *node*. Seperti yang dilihat pada Gambar 4.13 untuk penerapan protokol AODV pada 5 buah *node* untuk setiap percobaan, rata-rata *delay* pada percobaan ke-3, ke-9, ke-13, dan ke-29 jauh lebih besar dibandingkan dengan percobaan-percobaan yang lain. Hal tersebut disebabkan dengan menggunakan jumlah *node* yang sedikit yaitu 5 buah pada *range* area yang lumayan besar (300 m x 300 m), kemungkinan besar jarak antar *node* yang terjadi lebih besar dibanding dengan jumlah *node* yang lebih besar. Sehingga mengakibatkan untuk menuju *node* yang diinginkan oleh sumber, lebih banyak kemungkinan *node* tersebut membutuhkan perantara untuk mengirimkan paket menuju ke *node* tujuan, secara otomatis *delay* yang dialami oleh sistem tersebut lebih besar dibanding dengan pengiriman paket tanpa menggunakan *node* perantara. Sama

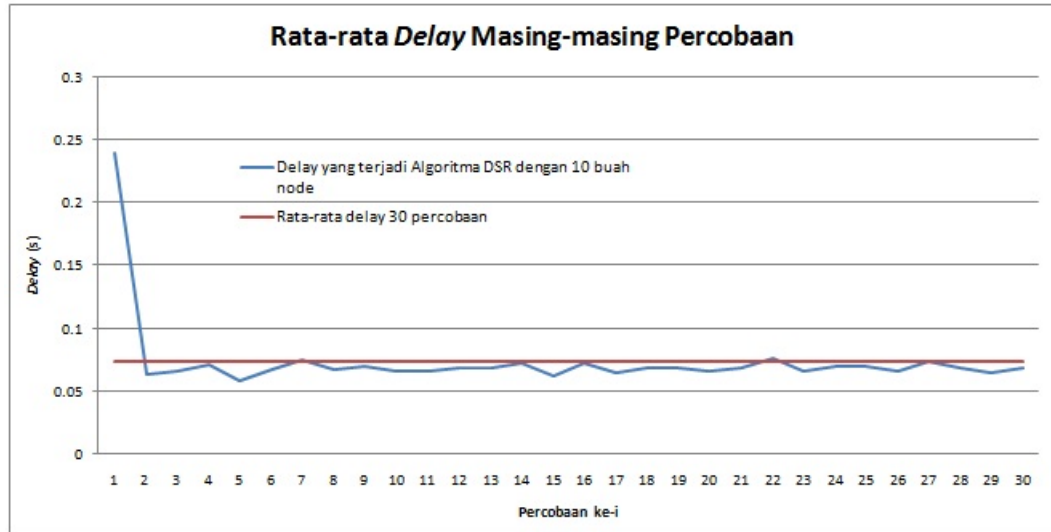
dengan yang dialami oleh 2 percobaan penerapan protokol AODV pada 10 buah *node* pada percobaan ke-3, ke-9, ke-12, ke-15, ke-17, dan ke-25.

Besarnya rata-rata *delay* pada percobaan yang mengalami *delay* lebih besar diambil dapat juga dilihat dari standar deviasinya. Dimana standar deviasi dari penerapan pada 5 buah *node* adalah sebesar 0.056368209 detik dan penerapan pada 10 buah *node* adalah sebesar 0.065984849 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai standar deviasi maka kemungkinan banyaknya percobaan yang mengalami rata-rata *delay* lebih besar pada masing-masing percobaannya juga lebih besar. Oleh karena standar deviasi penerapan protokol AODV pada 10 buah *node* lebih besar, maka pada penerapan tersebut lebih banyak terdapat percobaan yang memiliki rata-rata *delay* lebih besar dibanding penerapannya pada 5 buah *node*.

b. Penerapan Protokol DSR



Gambar 4.15 Grafik Rata-rata *Delay* 5 Buah *Node* dengan Protokol DSR



Gambar 4.16 Grafik Rata-rata *Delay* 10 Buah *Node* dengan Protokol DSR

Seperti kondisi sebelumnya, dari Gambar 4.15 dan 4.16, rata-rata *delay* yang terjadi pada 5 dan 10 buah *node* juga tidak jauh berbeda, karena keduanya menggunakan protokol yang sama yaitu protokol DSR. Perbedaan rata-rata *delay*-nya yaitu 0.079795787 detik untuk 5 buah *node* dan 0.073771913 detik untuk 10 buah *node*. Namun, terdapat beberapa perbedaan rata-rata *delay* yang dialami oleh percobaan dengan 5 buah *node* dan 10 buah *node*. Gambar 4.15 menunjukkan bahwa rata-rata *delay* pada percobaan ke-24 dan ke-29 jauh lebih besar dibandingkan dengan percobaan-percobaan yang lain. Hal tersebut disebabkan dengan menggunakan jumlah *node* yang sedikit yaitu 5 buah pada *range* area yang lumayan besar (300 m x 300 m), kemungkinan besar jarak antar *node* yang terjadi lebih besar dibanding dengan jumlah *node* yang lebih besar. Sehingga mengakibatkan untuk menuju *node* yang diinginkan oleh sumber, lebih banyak kemungkinan *node* tersebut membutuhkan perantara untuk mengirimkan paket menuju ke *node* tujuan, secara otomatis *delay* yang dialami oleh sistem tersebut

juga bertambah sehingga lebih besar daripada pengiriman paket tanpa menggunakan *node* perantara.

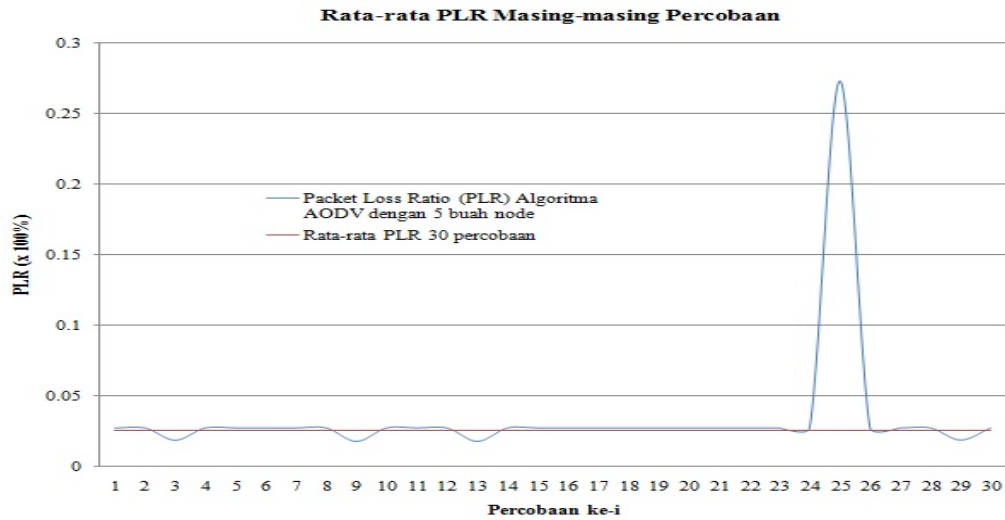
Sedangkan percobaan dengan 10 buah *node* hanya percobaan pertama saja yang mengalami rata-rata *delay* lebih lama daripada percobaan-percobaan yang lain, karena lebih kecil kemungkinan penggunaan *node* perantara pada saat pengiriman pakatnya, karena semakin banyaknya *node* yang digunakan dalam *range* area yang sama maka semakin banyak kemungkinan jarak antara *node* lebih kecil. Tetapi tidak menutup kemungkinan adanya rata-rata *delay* yang lebih besar, karena pada *range* tersebut bisa saja terjadi penempatan *node* yang agak berjauhan dan *node-node* yang lain berada di antara *node* sumber dan *node* tujuan. Hal tersebut juga dapat dilihat dari besar standar deviasi dari kedua macam penerapan tersebut. Dimana standar deviasi penerapan protokol DSR pada 5 buah *node* adalah sebesar 0.042160472 detik dan lebih besar daripada penerapannya pada 10 buah *node* yaitu sebesar 0.031028155 detik.

4.5.2 Analisis Perbandingan PLR

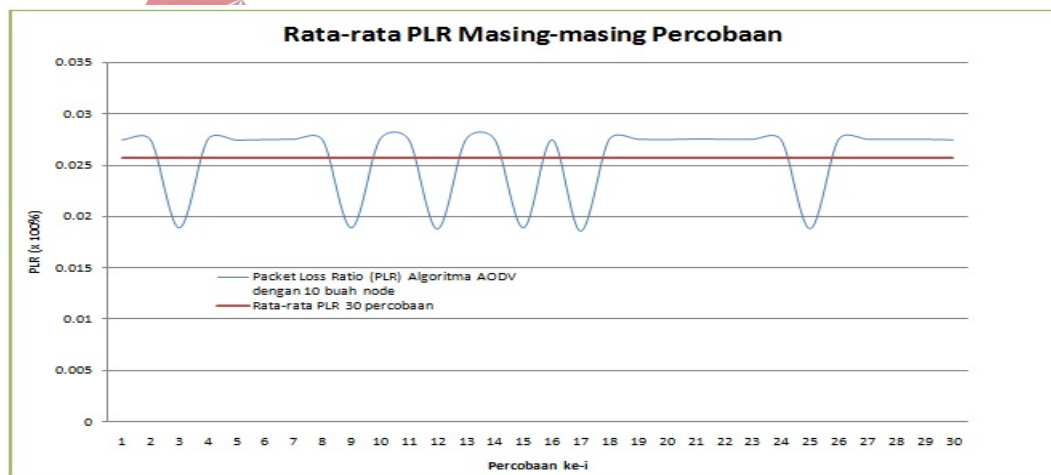
Sama seperti *delay*, PLR yang terjadi pada masing-masing percobaan juga berbeda-beda. Terutama PLR sangat dipengaruhi oleh jarak antar *node* sumber dengan *node* penerima (Nofianti, Dwi, dkk. 2011), semakin jauh jarak antar kedua *node* tersebut maka semakin besar juga kemungkinan adanya paket yang hilang pada saat pengiriman data. Selain itu, paket yang hilang juga tergantung dari kemampuan atau mekanisme komunikasi dari masing-masing protokol, baik protokol AODV maupun DSR.

Perbandingan grafik rata-rata PLR yang dialami oleh masing-masing percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18.

a. Penerapan Protokol AODV



Gambar 4.17 Grafik Rata-rata PLR 5 Buah *Node* dengan Protokol AODV



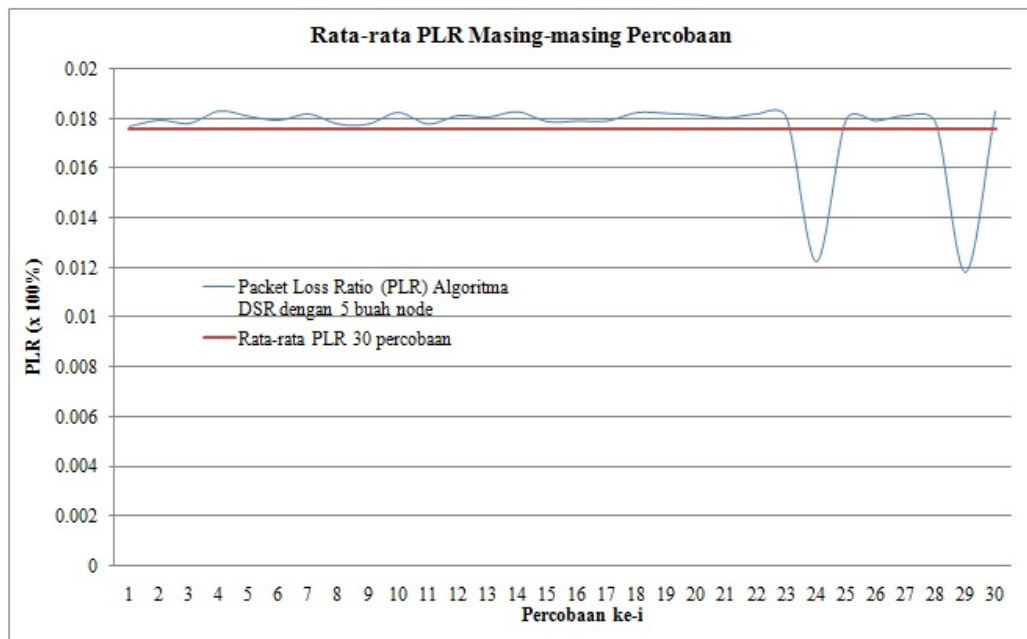
Gambar 4.18 Grafik Rata-rata PLR 10 Buah *Node* dengan Protokol AODV

Pada setiap mekanisme pengiriman data yang terjadi akan mengalami adanya paket yang hilang. Dari Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 dari 2 macam skenario mengalami PLR yang tidak jauh berbeda persentasenya. Hal tersebut karena selain menggunakan protokol yang sama yaitu AODV, kemungkinan jarak antar *node* sumber dengan *node* penerima berdekatan atau posisi *node* penerima dapat dijangkau oleh *node* sumber.

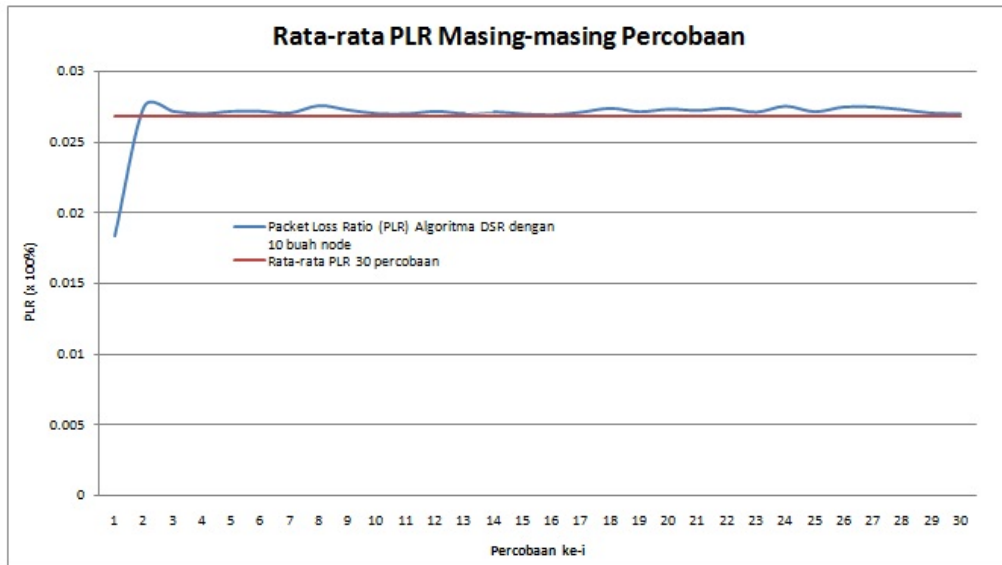
Namun, tetap terjadi beberapa perbedaan PLR dari kedua skenario tersebut. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.17, percobaan ke-25 mengalami prosentase paket hilang yang lebih banyak dibanding dengan 29 percobaan yang lain, karena pada saat tersebut kemungkinan jarak *node* yang ingin dijangkau oleh *node* sumber pada percobaan tersebut lebih jauh dibanding pada percobaan-percobaan lainnya.

Sedangkan yang terjadi pada percobaan dengan 10 buah *node* (Gambar 4.18), rata-rata paket yang hilang lebih kecil dibanding dengan 5 buah *node* tetapi juga tidak jauh berbeda, karena meskipun jarak antar *node* sumber dengan *node* tujuan berjauhan, besar kemungkinan dengan jumlah *node* yang lebih besar banyak *node* perantara yang dapat digunakan oleh *node* sumber untuk mengirimkan paket ke *node* penerima, sehingga memperkecil kemungkinan adanya kehilangan paket dalam jumlah yang besar.

b. Penerapan Protokol DSR



Gambar 4.19 Grafik Rata-rata PLR 5 Buah *Node* dengan Protokol DSR



Gambar 4.20 Grafik Rata-rata PLR 10 Buah *Node* dengan Protokol DSR

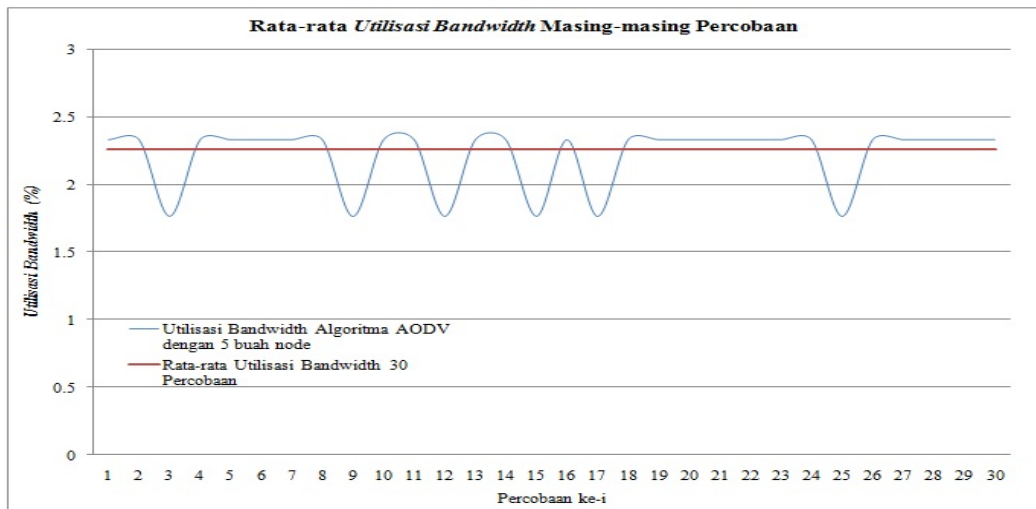
Seperti yang terjadi pada penerapan protokol AODV, rata-rata PLR yang terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 4.19 dan 4.20 tidak jauh berbeda. Dari kedua gambar tersebut terlihat kemungkinan terdapat paket yang hilang pada saat pengiriman paket oleh sumber sangat kecil sekali. Dari penerapan protokol DSR pada 2 skenario yang berbeda hanya terdapat 2 percobaan yang mengalami perbedaan rata-rata PLR pada Gambar 4.19 dan 1 percobaan yang mengalami perbedaan rata-rata PLR pada Gambar 4.20. Akan tetapi, PLR yang terjadi tidak lebih besar dari percobaan-percobaan yang lain. Hal tersebut dikarenakan jarak antar *node* sumber dengan *node* penerima berdekatan dan juga dapat dikarenakan dari penerapan protokol DSR itu sendiri.

4.5.3 Analisis Perbandingan *Utilisasi Bandwidth*

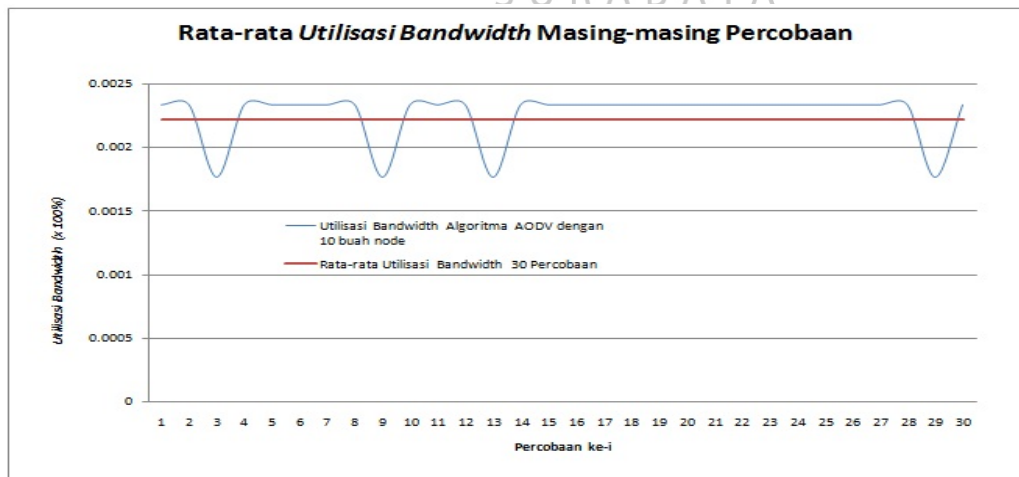
Pada bab yang sebelumnya, telah dijelaskan bahwa *utilisasi bandwidth* adalah prosentase sumber daya yang digunakan oleh sistem dari sumber daya yang telah disediakan oleh sistem itu sendiri. Besarnya sumber daya yang

digunakan pada mekanisme pengiriman data dari berbagai percobaan pada penelitian ini tergantung dari mekanisme yang dilakukan oleh masing-masing protokol yang diterapkan pada sistem. Hasil perbandingannya pada masing-masing percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22.

a. Penerapan Protokol AODV



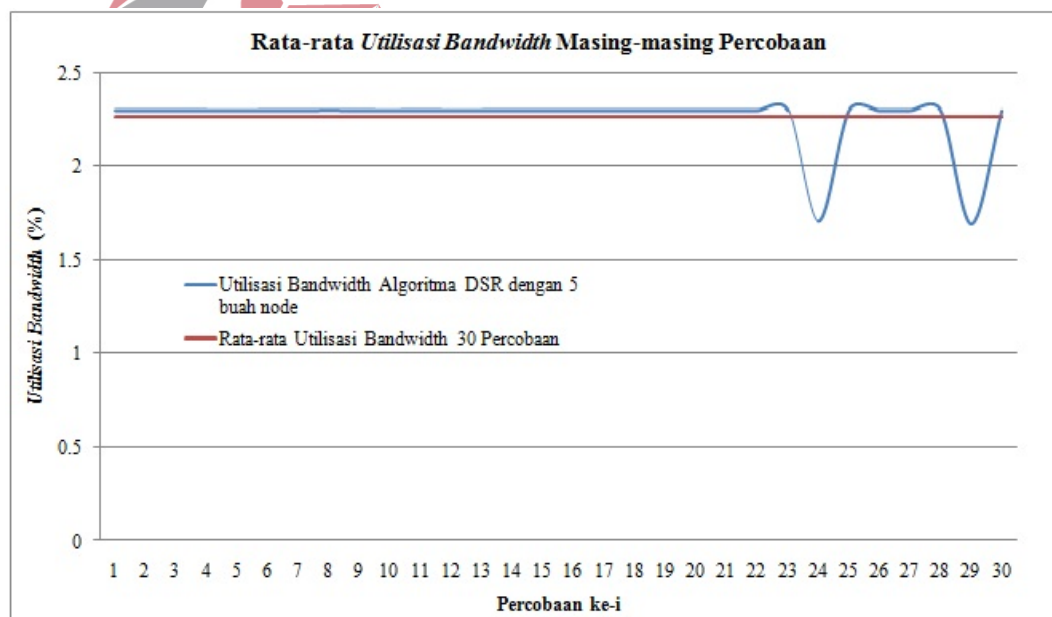
Gambar 4.21 Grafik Rata-rata *Utilisasi Bandwidth* 5 Buah Node dengan Protokol AODV



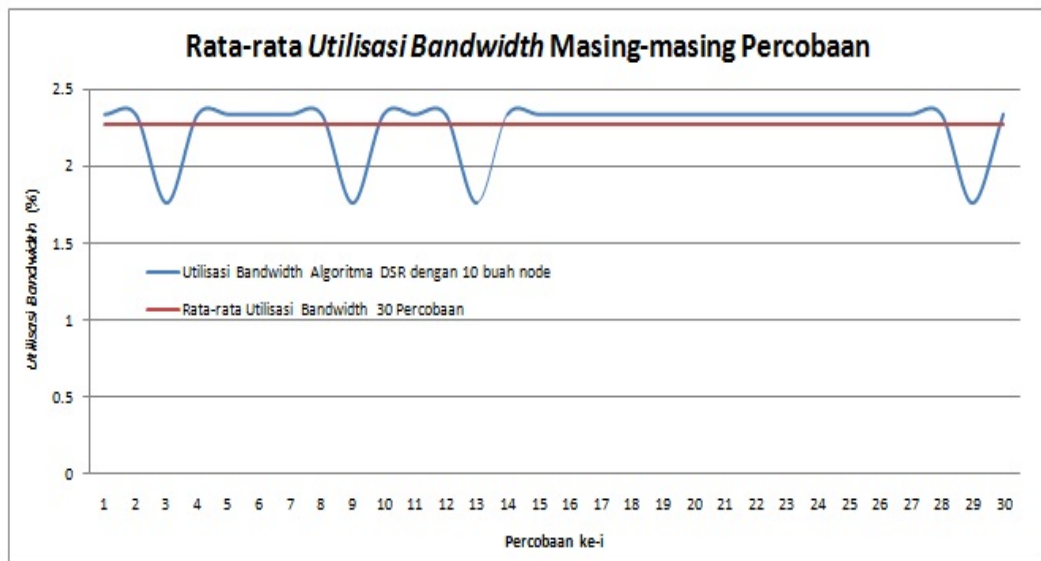
Gambar 4.22 Grafik Rata-rata *Utilisasi Bandwidth* 10 Buah Node dengan Protokol AODV

Dari Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 terlihat bahwa penggunaan sumber daya pada saat komunikasi dan pengiriman data tidak jauh berbeda dan tidak begitu besar pada prosentasenya. Kedua penerapan di atas memiliki prosentase seperti yang tergambar pada grafik karena protokol yang digunakan sama. Selain itu dikarenakan paket yang dikirim berupa data TCP yang berukuran kecil sedangkan *bandwidth* yang disediakan oleh sistem *WirelessPhy* 802.11 cukup besar yaitu 1.2 Mbps (Gong, Shan. 2006). Mekanisme yang dilakukan oleh masing-masing protokol juga berpengaruh pada prosentase penggunaan sumber daya tersebut.

b. Penerapan Protokol DSR



Gambar 4.23 Grafik Rata-rata *Utilisasi Bandwidth* 5 Buah *Node* dengan Protokol DSR



Gambar 4.24 Grafik Rata-rata *Utilisasi Bandwidth* 10 Buah *Node* dengan Protokol DSR

Sama dengan penerapan protokol yang sebelumnya, terlihat bahwa penggunaan sumber daya pada saat komunikasi dan pengiriman data tidak jauh berbeda dan tidak begitu besar pada prosentasenya. Kedua penerapan di atas memiliki prosentase seperti yang tergambar pada grafik karena protokol yang digunakan sama. Selain itu dikarenakan paket yang dikirim berupa data TCP yang berukuran kecil sedangkan *bandwidth* yang disediakan oleh sistem *WirelessPhy* 802.11 cukup besar yaitu 1.2 Mbps (Gong, Shan. 2006). Mekanisme yang dilakukan oleh masing-masing protokol juga berpengaruh pada prosentase penggunaan sumber daya tersebut.

4.6 Analisis Perbandingan Kinerja Protokol AODV dan DSR

Dari hasil parameter-parameter *QoS* yang telah dihitung, dapat dihasilkan beberapa nilai parameter yang dapat dijadikan acuan untuk penerapan protokol

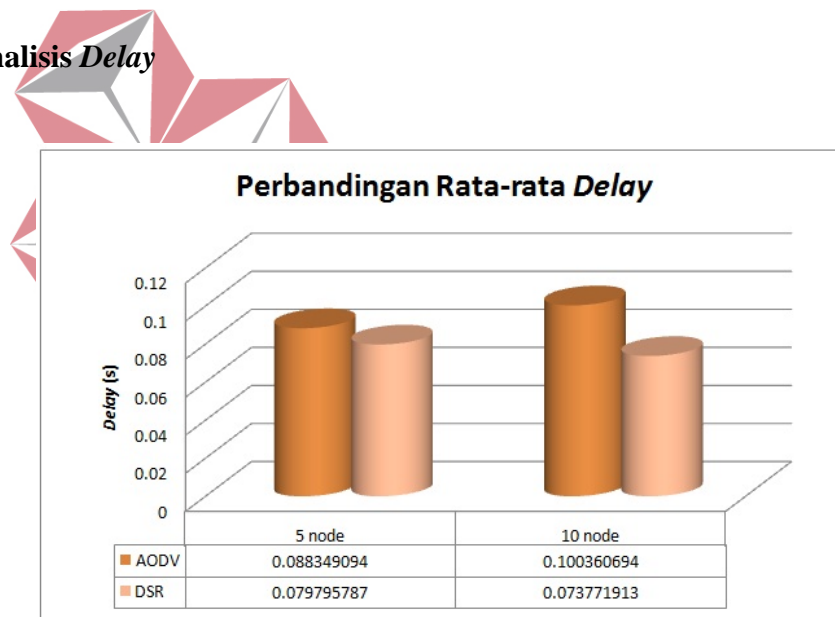
AODV dan DSR. Dari hasil-hasil tersebut dapat diketahui data-data sebagai berikut :

Tabel 4.13 Perbandingan Parameter-parameter *QoS* Protokol AODV dan DSR

QoS	AODV		DSR	
	5 node	10 node	5 node	10 node
Rata-rata <i>Delay</i> (s)	0.088349094	0.100360694	0.079795787	0.073771913
Rata-rata PLR (%)	3.4432739	2.5732633	1.7579239	2.6857262
Rata-rata <i>Utilisasi Bandwidth</i> (%)	2.257378743	2.21912592	2.264252148	2.275915241

Tabel 4.13 berisi seluruh rata-rata parameter-parameter *QoS* dari seluruh percobaan. Dari data-data tersebut dapat dilakukan analisis sebagai berikut :

a. Analisis *Delay*



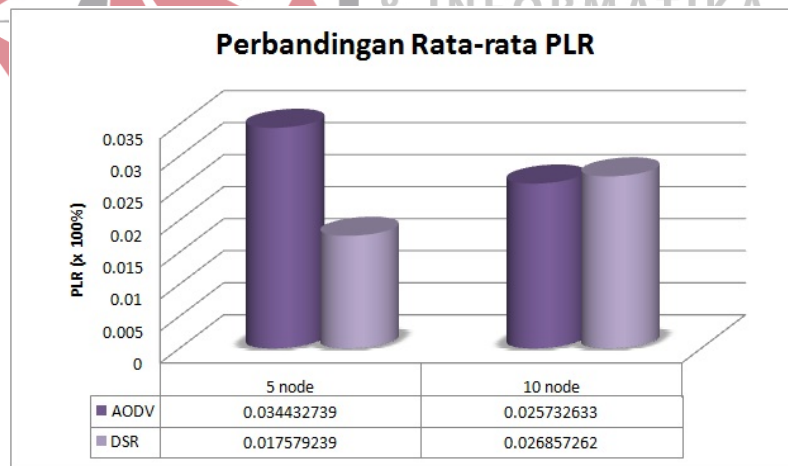
Gambar 4.25 Diagram Batang Rata-rata *Delay*

Dari diagram pada Gambar 4.25 dapat diketahui bahwa rata-rata *delay* yang terjadi pada saat menerapkan protokol AODV lebih besar dibanding dengan penerapan protokol DSR. Dimana rata-rata *delay* dari penerapan protokol AODV adalah 0.088349094 detik untuk 5 buah *node* dan 0.100360694 detik untuk 10

buah *node*. Sedangkan rata-rata *delay* dari penerapan protokol DSR adalah 0.079795787 detik untuk 5 buah *node* dan 0.073771913 detik untuk 10 buah *node*.

Hal tersebut terjadi karena protokol DSR tidak melakukan *periodic update* dalam pemeliharaan rutenya karena masing-masing paket yang dikirim sudah memiliki *header* yang berisi rute-rute yang dilalui. Protokol DSR cenderung memiliki lebih lama *delay* pada saat pertama kali pengiriman data, karena protokol tersebut memiliki kelemahan dalam melakukan pencarian rute baru. Sedangkan protokol AODV cenderung melakukan *periodic update* dalam pemeliharaan rute dengan mengirim pemberitahuan-pemberitahuan kepada *node* tetangganya untuk memastikan ada atau tidaknya perubahan topologi sehingga mengakibatkan *delay* yang lebih besar daripada DSR.

b. Analisis PLR



Gambar 4.26 Diagram Batang Rata-rata PLR

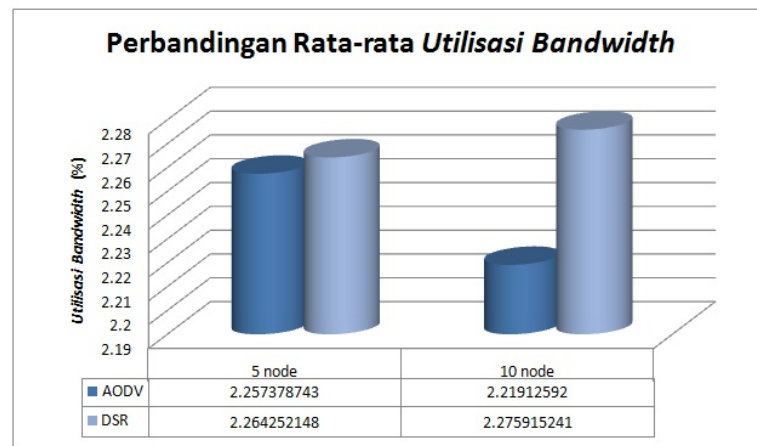
Dari diagram pada Gambar 4.26 dapat diketahui bahwa rata-rata PLR yang terjadi pada saat menerapkan protokol AODV pada 5 buah *node* lebih besar yaitu 3.4432739% dibanding dengan penerapan protokol DSR pada 5 buah *node* yaitu 1.7579239%. Sedangkan rata-rata PLR dari penerapan protokol AODV pada

10 buah *node* lebih kecil yaitu 2.5732633% dibanding dengan penerapan DSR yaitu 2.6857262%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan jumlah *node*, lebih efektif keakuratan datanya jika menerapkan protokol AODV daripada DSR dan sebaliknya.

Hal tersebut terjadi karena protokol AODV cenderung melakukan mekanisme komunikasi berupa pengiriman-pengiriman pesan pemberitahuan secara periodik dalam pemeliharaan *node*, sehingga semakin kecil jumlah *node* yang digunakan dalam penerapan protokol tersebut maka semakin banyak paket dikirim yang akan hilang sebelum sampai ke tujuan karena memori dari sensor yang terbatas, tetapi jika semakin besar penggunaan jumlah *node* dalam penerapannya maka akan semakin efektif karena banyak kemungkinan terdapat banyak *node* perantara sehingga tidak ada penumpukan paket pada salah satu *node* saja yang menyebabkan adanya paket yang hilang.

Sedangkan penerapan protokol DSR akan optimal pada jumlah *node* yang kecil karena protokol tersebut tidak melakukan banyak mekanisme seperti yang dilakukan oleh protokol AODV, sehingga tidak akan terdapat banyak paket yang hilang. Akan tetapi, semakin besar jumlah *node* yang digunakan dalam penerapan protokol DSR akan semakin tidak efektif, karena protokol DSR lemah dalam pemeliharaan rute dan membutuhkan waktu yang lebih lama dalam pencarian rute baru jika mengalami perubahan topologi, sehingga pada kondisi tersebut paket yang dikirim akan lebih banyak yang *didrop* atau hilang pada saat komunikasi selama proses pencarian rute baru tersebut.

c. Analisis *Utilisasi Bandwidth*



Gambar 4.27 Diagram Batang Rata-rata *Utilisasi Bandwidth*

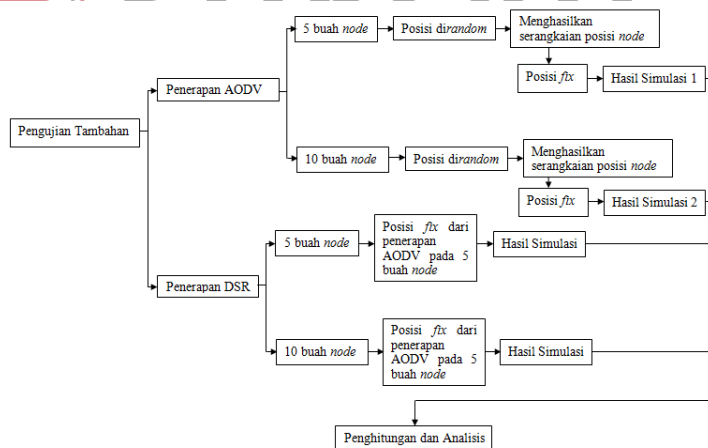
Dari diagram pada Gambar 4.27 dapat diketahui bahwa rata-rata *utilisasi bandwidth* yang digunakan pada saat menerapkan protokol AODV lebih kecil daripada menerapkan protokol DSR. Rata-rata sumber daya yang dihabiskan saat menerapkan protokol AODV yaitu sebesar 2.257378743% untuk 5 buah *node* dan sebesar 2.21912592% untuk 10 buah *node* dari sumber daya yang disediakan oleh sistem. Sedangkan pada penerapan protokol DSR rata-rata menghabiskan sumber daya 2.264252148% untuk 5 buah *node* dan sebesar 2.275915241% untuk 10 buah *node*.

Hal tersebut terjadi karena protokol AODV cenderung mengabaikan RREQ dari sumber *node* yang berbeda jika sudah mendapatkan RREQ dari *node* yang pertama kali menjawab pada saat pencarian rute (Nofianti, Dwi, dkk. 2011) dan peran aktif protokol AODV terjadi pada saat adanya proses komunikasi jaringan *Ad Hoc* saat tidak ditemukannya rute untuk mengirimkan paket data, jadi jika rute yang digunakan untuk mengirim paket sudah tersedia dan valid maka penggunaan protokol AODV tidak dijalankan sehingga sangat menguntungkan

karena tidak menghabiskan lebih banyak sumber daya dalam penerapannya. Sedangkan penerapan protokol DSR selalu menanggapi semua RREQ yang datang pada saat pencarian rute sehingga akan menghabiskan lebih banyak sumber daya daripada penerapan protokol AODV.

4.7 Pengujian dengan Posisi Sensor yang sudah Ditetapkan

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai parameter-parameter *QoS* khususnya rata-rata *delay* dan PLR yang terjadi apabila dua protokol yang berbeda yaitu AODV dan DSR diterapkan pada topologi yang sama baik dengan menggunakan 5 buah *node* maupun 10 buah *node*. Hal tersebut dilakukan karena penulis melakukan pengujian untuk sistem dengan topologi yang berbeda-beda (Subbab 4.1 s/d Subbab 4.6). Pengujian ini dilakukan secara terpisah untuk percobaan dengan menggunakan protokol AODV dan protokol DSR. Prosedur pengujian tambahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.28.



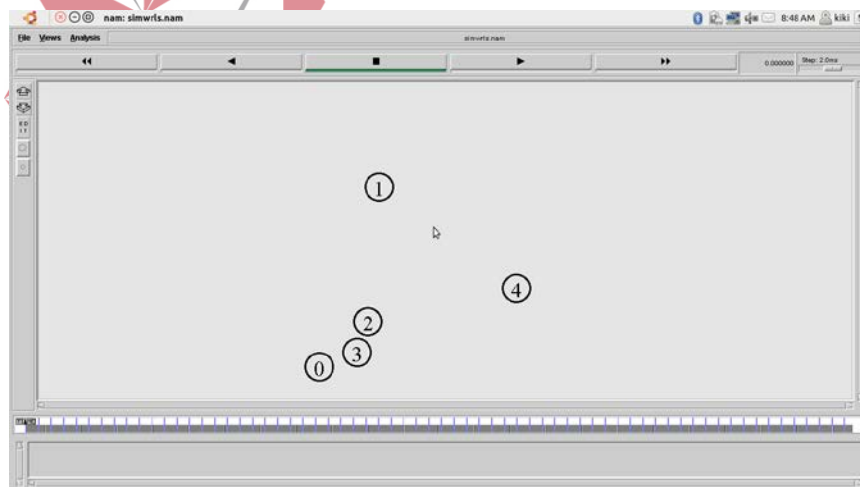
Gambar 4.28 Prosedur Pengujian Posisi *Fix*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 4 skenario yaitu penerapan protokol AODV pada 5 buah *node*, penerapan protokol AODV pada 10 buah *node*, penerapan protokol DSR pada 5 buah *node*, dan penerapan protokol DSR

pada 10 buah *node*. Dimana posisi *node-node* yang tersebar pada penerapan protokol AODV dengan 5 buah *node* dibangkitkan secara random, dan posisi-posisi yang didapat tersebut akan digunakan pada penerapan protokol DSR dengan 5 buah *node*. Demikian juga pada penerapan protokol AODV dengan 10 buah *node* akan dilakukan *random* untuk posisi *node-node* yang tersebar, kemudian posisi-posisi tersebut akan digunakan pada penerapan protokol DSR dengan 10 buah *node*. Kemudian hasil simulasi dari 4 skenario tersebut akan dianalisis.

4.7.1 Skenario 1 : Penerapan Protokol AODV pada 5 Buah *Node*

Posisi *node-node* yang dibangkitkan secara *random* pada penerapan ini menghasilkan posisi yang dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Posisi Skenario 1

Pada Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa posisi *node-node* yang bersangkutan adalah sebagai berikut :

1. *Node* 0 (2.29667, 2.19705)
2. *Node* 1 (68.474, 200.822)

3. *Node 2* (56.0147, 51.7833)
4. *Node 3* (44.3731, 18.1141)
5. *Node 4* (220.087, 88.6187)

Posisi-posisi *node* di atas didapatkan dengan cara mengarahkan kursor pada salah satu *node* dan melakukan “klik kanan” pada *mouse* sehingga didapatkan informasi koordinat(x,y) dari masing-masing *node* tersebut.

Dari simulasi skenario 1 didapatkan hasil penghitungan sebagai berikut :

- a. Rata-rata *delay*

Rata-rata *delay* yang terjadi adalah sebesar 0.068513364 detik.

- b. PLR

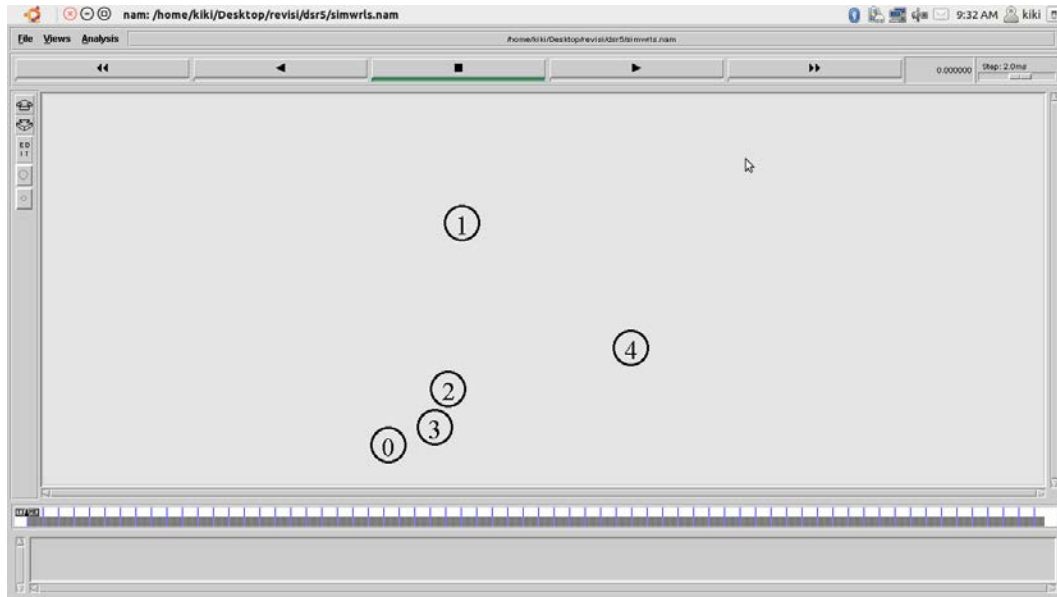
PLR yang terjadi adalah sebesar $0.027871107 \times 100 \% = 2.7871107 \%$

- c. *Utilisasi Bandwidth*

Sumber daya yang dihabiskan adalah sebesar 2.3335324 % dari sumber daya yang disediakan.

4.7.2 Skenario 2 : Penerapan Protokol DSR pada 5 Buah *Node*

Pada skenario 2 digunakan posisi *node* dari posisi yang dihasilkan pada simulasi skenario 1. Sehingga dihasilkan posisi pada Gambar 4.30 pada saat simulasi dijalankan.



Gambar 4.30 Posisi Skenario 2

Dari simulasi skenario 2 didapatkan hasil penghitungan sebagai berikut :

- a. Rata-rata *delay*

Rata-rata *delay* yang terjadi adalah sebesar 0.064816039 detik.

- b. PLR

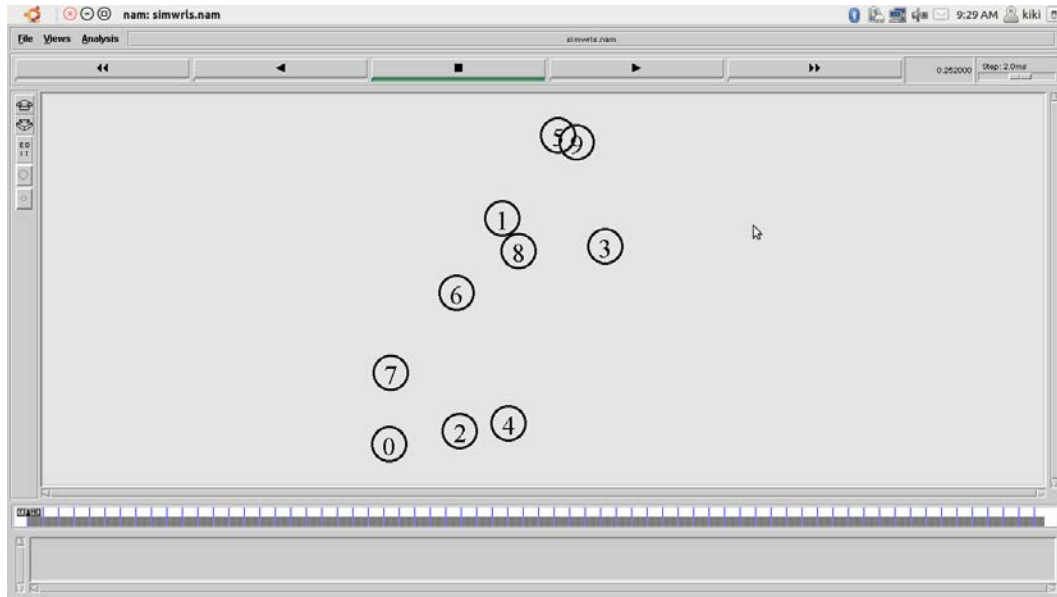
PLR yang terjadi adalah sebesar $0.027246561 \times 100 \% = 2.7246561 \%$

- c. *Utilisasi Bandwidth*

Sumber daya yang dihabiskan adalah sebesar 2.293933891 % dari sumber daya yang disediakan.

4.7.3 Skenario 3 : Penerapan Protokol AODV pada 10 Buah *Node*

Posisi *node-node* yang dibangkitkan secara *random* pada penerapan ini menghasilkan posisi yang dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Posisi Skenario 3

Pada Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa posisi *node-node* yang bersangkutan adalah sebagai berikut :

1. *Node* 0 (9.66876, 8.47329)
2. *Node* 1 (108.704, 206.882)
3. *Node* 2 (71.171, 20.3893)
4. *Node* 3 (199.568, 182.455)
5. *Node* 4 (114.728, 27.1104)
6. *Node* 5 (157.82, 280.052)
7. *Node* 6 (68.7793 , 141.637)
8. *Node* 7 (10.8717, 71.1659)
9. *Node* 8 (123.238, 178.308)
10. *Node* 9 (174.147, 273.575)

Dari simulasi skenario 3 didapatkan hasil penghitungan sebagai berikut :

a. Rata-rata *delay*

Rata-rata *delay* yang terjadi adalah 0.0658326 detik.

b. PLR

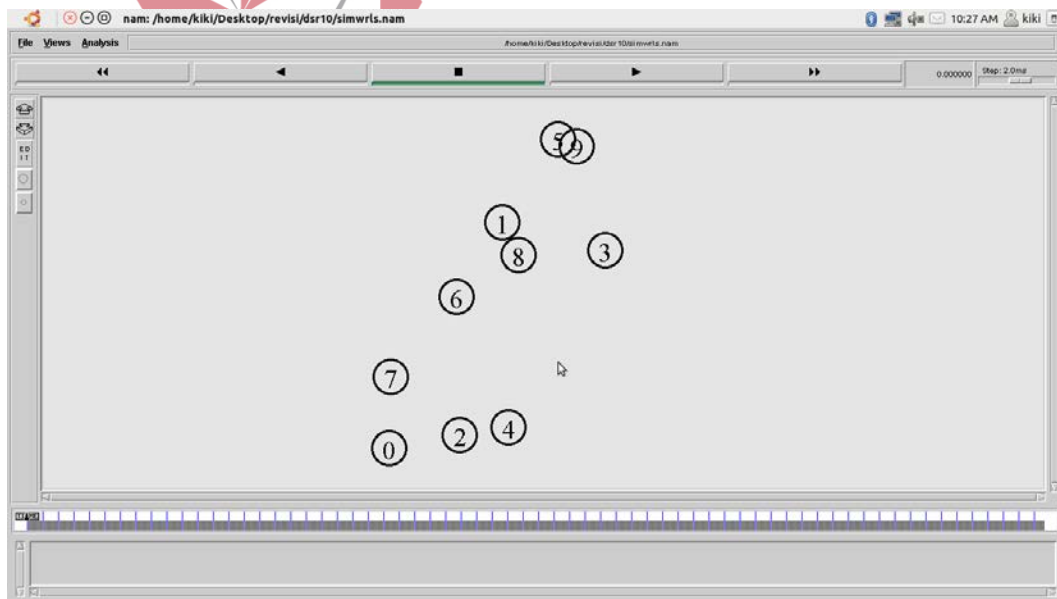
PLR yang terjadi adalah sebesar $0.027871106 \times 100 \% = 2.7871106 \%$

c. *Utilisasi Bandwidth*

Sumber daya yang dihabiskan adalah sebesar 2.333375227 % dari sumber daya yang disediakan.

4.7.4 Skenario 4 : Penerapan Protokol DSR pada 10 Buah *Node*

Pada skenario 4 digunakan posisi *node* dari posisi yang dihasilkan pada simulasi skenario 3. Sehingga dihasilkan posisi pada Gambar 4.32 pada saat simulasi dijalankan.



Gambar 4.32 Posisi Skenario 4

Dari simulasi skenario 4 didapatkan hasil penghitungan sebagai berikut :

a. Rata-rata *delay*

Rata-rata *delay* yang terjadi adalah sebesar 0.067548092 detik.

b. PLR

PLR yang terjadi adalah sebesar $0.027902657 \times 100 \% = 2.7902657 \%$

c. *Utilisasi Bandwidth*

Sumber daya yang dihabiskan adalah sebesar 2.294689777% dari sumber daya yang disediakan.

4.7.5 Analisis *Delay* dan PLR

Dari 4 skenario yang dilakukan, didapatkan hasil analisis sebagai berikut:

a. Analisis *Delay*

Rata-rata *delay* yang terjadi pada penerapan protokol AODV dengan 5 buah *node* lebih besar yaitu sebesar 0.068513364 detik daripada penerapannya pada 10 buah *node* yaitu sebesar 0.0658326 detik. Sedangkan, pada penerapan protokol DSR pada 5 buah *node* rata-rata *delay* yang terjadi lebih kecil yaitu sebesar 0.064816039 detik daripada penerapan protokol DSR pada 10 buah *node*, yaitu sebesar 0.067548092 detik.

b. Analisis PLR

PLR yang terjadi pada penerapan protokol AODV dengan 5 buah *node* lebih besar yaitu sebesar 2.7871107% daripada penerapannya pada 10 buah *node* yaitu sebesar 2.7871106% . Sedangkan, pada penerapan protokol DSR pada 5 buah *node*, PLR yang terjadi lebih kecil yaitu sebesar 2.7246561% daripada penerapan protokol DSR pada 10 buah *node*, yaitu sebesar 2.7902657% .

Secara umum dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dengan menggunakan posisi *node* acak (*random*) dibandingkan dengan posisi *node* yang

sudah ditentukan (tidak *random*) memiliki pola *delay* dan PLR yang relatif sama sesuai dengan penerapan protokol masing-masing.

4.8 Perbandingan *Delay* dan PLR pada Jaringan *Ad Hoc* dan Jaringan dengan Kabel

Perbandingan *delay* dan PLR ini dilakukan pada hasil penelitian penerapan protokol AODV dan DSR pada jaringan *Wireless Ad Hoc* dan penerapan pada jaringan dengan kabel (Nofianti, Dwi, dkk. 2011). Perbandingan kedua hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

Tabel 4.14 Perbandingan *Delay* Jaringan *Wireless Ad Hoc* dan Jaringan dengan Kabel

	Jaringan <i>Wireless Ad Hoc</i>		Jaringan dengan Kabel	
	AODV (detik)	DSR (detik)	AODV (detik)	DSR (detik)
5 node	0.088349094	0.079795787	1.342094	1.180005
10 node	0.100360694	0.073771913	2.631062	4.007649

Tabel 4.15 Perbandingan PLR Jaringan *Wireless Ad Hoc* dan Jaringan dengan Kabel

	Jaringan <i>Wireless Ad Hoc</i>		Jaringan dengan Kabel	
	AODV (%)	DSR (%)	AODV (%)	DSR (%)
5 node	3.4432739	1.7579239	4.049402	1.932857
10 node	2.5732633	2.6857262	7.394292	9.741149

Dengan hasil penelitian pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15, dapat diketahui bahwa :

1. *Delay* protokol AODV lebih besar dari protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node* dan 10 buah *node* pada jaringan *wireless Ad Hoc*.
2. *Delay* protokol AODV lebih besar dari protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node* pada jaringan dengan menggunakan kabel. Sedangkan untuk

penerapan 10 buah *node* pada jaringan dengan menggunakan kabel, *delay* protokol AODV lebih kecil daripada protokol DSR.

3. Pada jaringan *wireless Ad Hoc*, *delay* protokol AODV untuk penerapan 5 buah *node* lebih kecil daripada penerapan 10 buah *node*. Sedangkan *delay* protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node* lebih besar daripada untuk penerapan 10 buah *node*.
4. Pada jaringan dengan menggunakan kabel, *delay* protokol AODV untuk penerapan 5 buah *node* lebih kecil daripada penerapan 10 buah *node*. Sedangkan *delay* protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node* lebih kecil daripada untuk penerapan 10 buah *node*.
5. Pada jaringan *wireless Ad Hoc*, PLR protokol AODV lebih besar dari protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node*. Sedangkan pada 10 buah *node*, PLR protokol AODV lebih kecil dari protokol DSR.
6. Pada jaringan dengan menggunakan kabel, PLR protokol AODV lebih besar dari protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node*. Sedangkan untuk penerapan 10 buah *node*, PLR protokol AODV lebih kecil daripada protokol DSR.
7. Pada jaringan *wireless Ad Hoc*, PLR protokol AODV untuk penerapan 5 buah *node* lebih besar daripada penerapan 10 buah *node*. Sedangkan PLR protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node* lebih kecil daripada untuk penerapan 10 buah *node*.
8. Pada jaringan dengan menggunakan kabel, PLR protokol AODV untuk penerapan 5 buah *node* lebih kecil daripada penerapan 10 buah *node*.

Sedangkan PLR protokol DSR untuk penerapan 5 buah *node* lebih kecil daripada untuk penerapan 10 buah *node*.

Data-data pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 merupakan rata-rata *delay* dan rata-rata PLR yang terjadi dari percobaan yang telah dilakukan baik oleh penulis maupun oleh Dwi Nofianti(2011). Data-data yang terdapat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 menunjukkan hasil yang berbeda antara penelitian dengan jaringan *wireless Ad Hoc* dan penelitian dengan jaringan yang menggunakan kabel, hal tersebut terjadi karena pengaturan sistem jaringan yang berbeda antara penulis dan Dwi Nofianti(2011) yang mempengaruhi hasil *delay* dan PLR seperti pengaturan *bandwidth* sistem dan kecepatan aliran data. Dimana penulis menggunakan *bandwidth* sistem sebesar 1.2 Mbps tanpa mengatur kecepatan aliran data. Pengaturan sistem jaringan yang berbeda tersebut dikarenakan penulis hanya menggunakan informasi parameter-parameter pengaturan sistem yang tertulis dalam jurnal diantaranya model propagasi, tipe antarmuka antrian, model antena, tipe protokol *routing*, dimensi topografi, dan waktu simulasi. Parameter-parameter tersebut telah dijelaskan pada pembatasan masalah Bab 1.3.

Hasil perbandingan ini belum dapat digunakan sebagai acuan pada kondisi sesungguhnya, dikarenakan hasil penelitian tersebut bertentangan dengan teori dimana seharusnya penerapan jaringan dengan menggunakan kabel memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan *wireless Ad Hoc*, secara teori media kabel memiliki *delay* dan paket *loss* yang lebih kecil dibandingkan dengan media udara. Hal tersebut terjadi karena penulis melakukan pengujian menggunakan 5 dan 10 buah *node* saja, untuk mendapatkan hasil perbandingan

yang lebih akurat dibutuhkan pengujian secara bertingkat. Misalkan, melakukan pengujian yang dimulai dari 2 *node*, kemudian 3 *node*, 4 *node*, dan seterusnya.

