

EVALUASI KINERJA PROTOKOL *ROUTING* DSDV TERHADAP PENGARUH *MALICIOUS NODE* PADA MANET MENGGUNAKAN *NETWORK SIMULATOR 2 (NS-2)*

Muhammad Arif Bayu Aji^{*)}, Sukiswo, and Ajud Ajudian Zahra

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

^{*)} Email: bayuindi2134@gmail.com

Abstrak

MANET merupakan teknologi telekomunikasi yang dikembangkan untuk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam berkomunikasi. MANET terbentuk dari beberapa node yang bergerak bebas dan tidak bergantung pada infrastruktur tetap. Kelemahan utama MANET adalah masalah keamanannya. Node-node secara bebas masuk dan keluar dalam jaringan hal ini lah yang menyebabkan MANET rentan terhadap serangan. Salah satu contoh serangan dalam MANET adalah serangan malicious node. Pada penelitian menganalisis evaluasi kinerja DSDV pada MANET terhadap serangan malicious node. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kinerjanya antara lain throughput, delay total dan PDR. Perancangan MANET dilakukan menggunakan software NS2. Hasil simulasi menunjukkan serangan malicious node mengakibatkan penurunan nilai throughput, delay, dan PDR disetiap kondisi. Penurunan nilai throughput terbesar terjadi pada kondisi jaringan yang mengalami perubahan luas dimensi, yaitu jaringan 100 node dimensi 1000x1000 m² turun 100 Kbps dari kondisi normalnya. Sementara penurunan nilai delay total terbesar terjadi pada kondisi jaringan yang mengalami perubahan kecepatan gerak node, yaitu pada jaringan 75 node saat kecepatan gerak node-nya 1,75 m/s turun 30,53 ms dari kondisi normalnya. Serangan malicious node memberikan efek paling besar untuk nilai PDR pada kondisi jaringan yang mengalami perubahan luas dimensi, yaitu jaringan 50 node dimensi 1000x1000 m² turun 0,76% dari kondisi normalnya.

Kata kunci : MANET, DSDV, Serangan Malicious Node, NS2

Abstract

MANET is telecommunication technology developed to make it easy for users to communicate. MANET formed from multiple nodes to move freely and not rely on fixed infrastructure. Main weakness of MANET is security problem. Nodes can freely join and leave the network, which cause MANET vulnerable. Malicious node attack is the example of attack in MANET. This research analyze performance evaluation of DSDV on MANET against malicious node attacks. Some of parameters used to measure performance of throughput, total delay and PDR. Design of MANET using software NS2. Simulation results indicate malicious node attacks resulted decrease of throughput, delay, and PDR in every condition. The greatest decrease in throughput happens on network conditions that experienced changes dimensions wide , at 100 nodes network with dimension 1000x1000 m² decreased by 100 Kbps of normal conditions. While the greatest decrease in total delay happens on network conditions that experienced changes movement speed of node, at 75 nodes network when the speed of node at 1,75 m/s decreased by 30,53 ms of normal conditions. Malicious node attack gives the greatest effect to PDR happens on network conditions that experienced changes dimensions wide, at 50 nodes network with dimension 1000x1000 m² decreased by 0,76% of normal conditions.

Kata kunci : MANET, DSDV, Serangan Malicious Node, NS2

1. Pendahuluan

Kelemahan utama pada MANET adalah masalah keamanannya. Node-node secara bebas dapat masuk dan keluar dalam jaringan hal ini lah yang menyebabkan MANET rentan terhadap serangan. Hal ini dikarenakan

media pertukaran data atau informasi pada MANET menggunakan transmisi radio ditambah tidak adanya administrator yang mengawasi perangkat komunikasi yang terhubung. Sehingga memungkinkan setiap orang dapat terhubung pada jaringan dan mengakses informasi didalam jaringan tersebut. Dengan keterbukaan media

transmisi MANET, maka akan selalu ada kesempatan untuk menyerang MANET. Beberapa motif serangan MANET diantaranya adalah ingin mendapatkan akses internet gratis, mencuri data, memata - matai kegiatan seseorang atau perusahaan, sampai merusak sistem sebuah perusahaan. Serangan pada MANET yang akan dibahas di penelitian ini adalah serangan *malicious node*. Pemilihan jenis serangan *malicious node* memiliki alasan tersendiri. Serangan *malicious node* menjatuhkan paket melalui *node malicious*. Karena saat *node malicious* aktif maka paket yang melaluinya akan dijatuhkan (*drop*). Tujuan dari serangan ini adalah supaya paket yang dikirim tidak sampai ke penerima. Efek dari *node malicious* sangat merugikan sehingga menarik untuk diteliti.

2. Metode

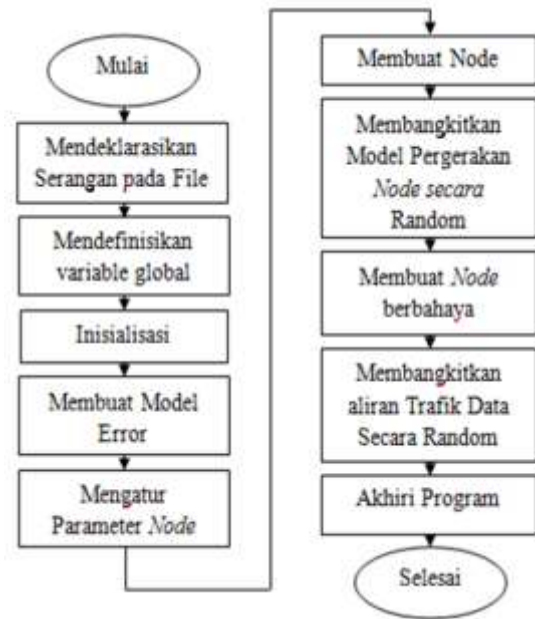
2.1. Simulasi Jaringan MANET

Pada penelitian ini terdapat 3 buah skenario yang digunakan yaitu kondisi jaringan terhadap perubahan luas dimensi jaringan, kondisi jaringan terhadap pertumbuhan *malicious node*, dan kondisi jaringan terhadap kecepatan gerak *node*. Jumlah *node* yang digunakan untuk setiap skenario adalah 50, 75, dan 100 *node*. Pada skenario pertama luas dimensi jaringan yang digunakan 100 x 100 m², 200 x 200 m², 300 x 300 m² sampai dengan 1000 x 1000 m². Pada skenario kedua, jumlah *malicious node* yang digunakan mengalami pertumbuhan dari 1 *node* hingga 50% dari jumlah *intermediate node* yang ada. Kemudian pada skenario ketiga variasi kecepatan gerak *node* dalam jaringan adalah 1.45 m/s, 1.6 m/s, 1.75 m/s, dan 1.9 m/s. Serangan *malicious node* diberikan kepada jaringan dengan jenis trafik TCP. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali secara acak dan diambil nilai rata-rata untuk dianalisis. Tujuan dari skenario ini adalah untuk menguji kinerja protokol DSDV pada kondisi jaringan yang berbeda-beda saat terkena serangan *malicious node* sehingga didapatkan hasil kinerja yang efektif dari protokol tersebut.

2.2. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini dibuat suatu jaringan *Zigbee* dengan menggunakan *Network Simulator 2*. Secara keseluruhan, tahapan pembuatan simulasi ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.

Pada simulasi ini, terdapat parameter yang digunakan untuk menjalankan simulasi. Parameter tersebut ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 1. Diagram Alir Simulasi

Tabel 1. Parameter simulasi

| Parameter | Nilai |
|------------------------------|---|
| MAC | IEEE 802.11g |
| Model antenna | Omnidirectional |
| Model propagasi | Two Ray Ground |
| Protokol routing | DSDV |
| Model antrian | Droptail |
| Maksimum paket dalam antrian | 50 paket |
| Durasi simulasi | 200 detik |
| Model pergerakan node | Random Way Point |
| Jumlah node | 50, 75, 100 |
| Kecepatan node | 1,45 , 1,60 , 1,75 , 1,90 (m/s) |
| Dimensi topografi | 100 x 100, 200 x 200, 300 x 300, 400 x 400, 500 x 500, 600 x 600, 700 x 700, 800 x 800, 900 x 900, 1000 x 1000 (m2) |
| Jenis serangan | Malicious node |

2.3 Metode Pengambilan Data

Data hasil simulasi tersedia dalam bentuk *trace file*. *Trace file* berisi semua kejadian yang terjadi pada saat simulasi berlangsung. Dari *trace file* dapat diambil data yang diinginkan. Penilaian performansi jaringan terdiri dari beberapa parameter yaitu :

1. Throughput

Throughput merupakan laju rata-rata dari paket informasi yang berhasil diterima. Laju rata-rata paket diwakili dengan jumlah paket informasi yang diterima setiap detik. *Throughput* mempunyai satuan bps (*bit per second*).

$$Throughput = \sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} R_i ; 0 \leq t \leq T \quad (1)$$

Keterangan :

P_i = Ukuran paket yang diterima (bit)

T = Waktu pengamatan (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

2. Waktu Tunda (Delay)

Waktu tunda (Delay) merupakan selang waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket informasi saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian sampai mencapai titik tujuan.

$$Delay = \frac{\sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} RT_i - \sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} ST_i}{\sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} R_i} ; 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

Keterangan :

RT_i = Waktu penerimaan paket (detik)

ST_i = Waktu pengiriman paket (detik)

R_i = Paket yang diterima (paket)

Nilai delay dapat divalidasi dengan menggunakan teorema little yang ditunjukkan pada persamaan 3.

$$N = \lambda T \quad (3)$$

Keterangan :

N = Jumlah paket rata-rata dalam sistem

λ = Laju kedatangan

T = waktu rata-rata dalam system

3. PDR

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

$$PDR = \frac{\sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} R_i}{\sum_{i=T_t}^{i=T_{t+1}} S_i} \times 100 \% ; 0 \leq t \leq T \quad (4)$$

Keterangan :

R_i = Paket yang diterima (paket)

S_i = Paket yang dikirim (paket)

T = Waktu pengamatan (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

3. Hasil dan Analisis

3.1. Analisis Throughput

3.1.1. Kondisi Jaringan Terhadap Perubahan Luas Dimensi

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *throughput* kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap perubahan luas dimensi yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai *throughput* rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap perubahan luas dimensi

| Jumlah node jaringan (Node) | Luas Dimensi Jaringan (m ²) | Kondisi normal | | kondisi terserang <i>malicious</i> | |
|-----------------------------|---|-------------------|---------|------------------------------------|---------|
| | | Throughput (Kbps) | Deviasi | Throughput (Kbps) | Deviasi |
| 50 | 600x600 | 602 | 48,932 | 563 | 62,187 |
| | 700x700 | 554 | 45,152 | 515 | 44,873 |
| | 800x800 | 555 | 64,895 | 458 | 137,490 |
| | 900x900 | 456 | 80,133 | 358 | 24,975 |
| 75 | 1000x1000 | 345 | 109,535 | 313 | 195,629 |
| | 600x600 | 570 | 56,782 | 527 | 30,847 |
| | 700x700 | 529 | 60,870 | 475 | 25,014 |
| | 800x800 | 510 | 49,605 | 481 | 27,318 |
| 100 | 900x900 | 421 | 38,397 | 404 | 93,964 |
| | 1000x1000 | 341 | 96,423 | 261 | 86,125 |
| | 600x600 | 547 | 50,911 | 488 | 39,084 |
| | 700x700 | 565 | 25,736 | 493 | 57,070 |
| 100 | 800x800 | 519 | 64,287 | 500 | 29,383 |
| | 900x900 | 437 | 71,549 | 344 | 107,002 |
| | 1000x1000 | 354 | 36,216 | 254 | 84,575 |

Berdasarkan tabel 2, penurunan nilai *throughput* terbesar akibat serangan *malicious node* pada jaringan 50 node terjadi pada luas dimensi 900 x 900 m² yang turun 99 Kbps atau 21,711 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi pada luas dimensi 1000 x 1000 m² yang turun 80 Kbps atau 23,460 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi pada luas dimensi 1000 x 1000 m² yang turun 100 Kbps atau 28,249 % dari kondisi normalnya

3.1.2. Kondisi jaringan Terhadap Pertumbuhan *Malicious Node*

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *throughput* kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap pertumbuhan *malicious node* yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai *throughput* rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap pertumbuhan *malicious node*

| Jumlah node jaringan (Node) | Jumlah <i>malicious node</i> (Node) | Throughput (Kbps) | Deviasi |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------|
| 50 | 0 | 602 | 48,932 |

Tabel 3 Lanjutan

| Jumlah node jaringan (Node) | Jumlah malicious node (Node) | Throughput (Kbps) | Deviasi |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------|---------|
| 50 | 11 | 575 | 86,541 |
| | 12 | 575 | 86,517 |
| | 13 | 550 | 57,683 |
| | 14 | 543 | 27,747 |
| | 15 | 563 | 62,187 |
| 75 | 0 | 570 | 56,782 |
| | 18 | 526 | 50,494 |
| | 22 | 536 | 13,184 |
| | 24 | 530 | 14,437 |
| | 26 | 533 | 33,088 |
| 100 | 28 | 527 | 30,847 |
| | 0 | 565 | 25,736 |
| | 32 | 486 | 54,628 |
| | 34 | 506 | 29,836 |
| | 36 | 497 | 36,479 |
| | 38 | 499 | 62,395 |
| | 40 | 493 | 57,070 |

Berdasarkan tabel 3, penurunan nilai *throughput* terbesar pada jaringan 50 node terjadi saat terdapat 14 *malicious node* menyebabkan nilai *throughput* turun 59 Kbps atau 9,801 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi saat terdapat 18 *malicious node* menyebabkan nilai *throughput* turun 44 Kbps atau 7,719 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi saat terdapat 32 *malicious node* menyebabkan nilai *throughput* turun 79 Kbps atau 13,982 % dari kondisi normalnya.

3.1.3. Kondisi Jaringan Terhadap Kecepatan Gerak Node

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *throughput* untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap perubahan kecepatan gerak node yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai *throughput* rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap kecepatan gerak node

| Jumlah node jaringan (node) | Kecepatan gerak node (m/s) | Kondisi normal | | kondisi terserang <i>malicious</i> | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------|---------|------------------------------------|----------|
| | | Throug hput (Kbps) | Deviasi | Throug hput (Kbps) | D eviasi |
| 50 | 1,45 | 565 | 50,088 | 537 | 69,343 |
| | 1,60 | 570 | 41,025 | 530 | 28,968 |
| | 1,75 | 618 | 19,816 | 556 | 21,132 |
| | 1,90 | 592 | 38,054 | 562 | 42,728 |
| 75 | 1,45 | 581 | 33,001 | 587 | 64,552 |
| | 1,60 | 559 | 55,741 | 533 | 103,436 |
| | 1,75 | 572 | 29,122 | 523 | 62,342 |
| | 1,90 | 583 | 37,883 | 567 | 53,530 |

Tabel 4 Lanjutan

| Jumlah node jaringan (node) | Kecepatan gerak node (m/s) | Kondisi normal | | kondisi terserang <i>malicious</i> | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------|---------|------------------------------------|----------|
| | | Throug hput (Kbps) | Deviasi | Throug hput (Kbps) | D eviasi |
| 100 | 1,45 | 536 | 67,969 | 492 | 118,444 |
| | 1,60 | 556 | 41,731 | 503 | 25,150 |
| | 1,75 | 557 | 33,458 | 517 | 27,502 |
| | 1,90 | 565 | 49,614 | 522 | 68,084 |

Berdasarkan tabel 4, penurunan nilai *throughput* terbesar akibat serangan *malicious node* pada jaringan 50 node terjadi pada saat kecepatan gerak node-nya 1,75 m/s yang turun 62 Kbps atau 10,032 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi saat kecepatan gerak node-nya 1,75 m/s yang turun 49 Kbps atau 8,566 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi saat kecepatan gerak node-nya 1,60 m/s yang turun 53 Kbps atau 9,532 % dari kondisi normalnya.

3.2. Analisis Delay

3.2.1. Kondisi Jaringan Terhadap Perubahan Luas Dimensi

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *delay* untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap perubahan luas dimensi yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai *delay* total rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap perubahan luas dimensi

| Jumlah node jaringan (node) | Luas dimensi (m ²) | Kondisi normal | | Kondisi terserang <i>malicious node</i> | |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------|---------|---|---------|
| | | Delay Total (ms) | Deviasi | Delay Total (ms) | Deviasi |
| 50 | 100x100 | 565,595 | 51,192 | 531,249 | 63,109 |
| | 200x200 | 557,705 | 43,612 | 509,795 | 30,772 |
| | 300x300 | 438,640 | 22,684 | 431,663 | 33,973 |
| | 400x400 | 293,949 | 84,499 | 305,091 | 48,901 |
| | 500x500 | 207,523 | 37,506 | 202,530 | 35,919 |
| 75 | 100x100 | 556,283 | 54,939 | 509,472 | 18,245 |
| | 200x200 | 559,559 | 34,382 | 507,827 | 17,208 |
| | 300x300 | 440,074 | 38,263 | 407,765 | 28,971 |
| | 400x400 | 291,930 | 79,603 | 268,566 | 41,624 |
| | 500x500 | 189,917 | 54,727 | 181,659 | 34,435 |
| 100 | 100x100 | 578,969 | 34,830 | 471,444 | 40,788 |
| | 200x200 | 562,366 | 47,742 | 536,286 | 49,097 |
| | 300x300 | 479,826 | 28,993 | 410,757 | 38,082 |
| | 400x400 | 271,451 | 66,201 | 250,359 | 109,375 |
| | 500x500 | 241,984 | 28,580 | 205,359 | 62,438 |

Berdasarkan tabel 5, penurunan nilai *delay* terbesar akibat serangan *malicious node* pada jaringan 50 node terjadi pada luas dimensi 200 x 200 m² yang turun 47,9 ms atau 8,589 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi pada luas dimensi 200 x 200 m² yang turun 51,7 ms atau 9,257 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi pada luas dimensi 100 x 100 m²

yang turun 107,5 ms atau 18,584 % dari kondisi normalnya.

3.2.2. Kondisi Jaringan Terhadap Pertumbuhan Malicious Node

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *delay* untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap pertumbuhan *malicious node* yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai *delay* total rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap pertumbuhan *malicious node*

| Jumlah node jaringan (Node) | Jumlah malicious node (Node) | Delay Total (ms) | Deviasi |
|-----------------------------|------------------------------|------------------|---------|
| 50 | 0 | 138,915 | 36,906 |
| | 2 | 119,580 | 27,394 |
| | 6 | 133,888 | 7,458 |
| | 10 | 134,408 | 12,758 |
| | 14 | 128,604 | 29,721 |
| 75 | 15 | 131,288 | 27,113 |
| | 0 | 141,697 | 21,740 |
| | 22 | 137,874 | 16,619 |
| | 24 | 148,291 | 35,538 |
| | 26 | 140,111 | 16,679 |
| 100 | 27 | 140,111 | 16,679 |
| | 28 | 138,161 | 17,700 |
| | 0 | 127,804 | 22,183 |
| | 10 | 107,665 | 16,115 |
| | 11 | 104,434 | 15,310 |
| | 21 | 121,252 | 13,823 |
| | 31 | 140,065 | 17,074 |
| | 40 | 135,913 | 34,486 |

Berdasarkan tabel 6, Penurunan nilai *delay* terbesar karena serangan *malicious node* untuk jaringan 50 node terjadi saat terdapat 2 *malicious node* menyebabkan nilai *delay* turun 19,33 ms atau 13,915 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi saat terdapat 22 *malicious node* menyebabkan nilai *delay* turun 3,82 ms atau 2,696 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi saat terdapat 11 *malicious node* menyebabkan nilai *delay* turun 23,37 ms atau 18,286 % dari kondisi normalnya.

3.2.3. Kondisi Jaringan Terhadap Perubahan Kecepatan Gerak Node

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *delay* untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap perubahan kecepatan gerak *node* yang ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai *delay* total rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap kecepatan gerak *node*

| Jumlah node jaringan (node) | Kecepatan gerak node (m/s) | Kondisi normal | | Kondisi jaringan terserang | |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|---------|----------------------------|---------|
| | | Delay Total (ms) | Deviasi | Delay Total (ms) | Deviasi |
| 50 | 1,45 | 135,826 | 21,947 | 128,537 | 30,358 |
| | 1,60 | 143,773 | 19,746 | 136,294 | 19,815 |
| | 1,75 | 142,507 | 23,229 | 127,090 | 28,833 |
| | 1,90 | 143,817 | 19,835 | 140,069 | 17,990 |
| 75 | 1,45 | 147,043 | 18,824 | 134,035 | 26,109 |
| | 1,60 | 139,341 | 25,237 | 125,140 | 38,453 |
| | 1,75 | 145,618 | 20,783 | 115,083 | 29,177 |
| | 1,90 | 147,944 | 8,883 | 131,467 | 26,984 |
| 100 | 1,45 | 119,777 | 19,327 | 114,066 | 18,356 |
| | 1,60 | 128,053 | 40,002 | 125,956 | 43,058 |
| | 1,75 | 123,313 | 17,787 | 118,954 | 31,218 |
| | 1,90 | 126,943 | 35,664 | 108,723 | 14,394 |

Berdasarkan tabel 7, penurunan nilai *delay* terbesar karena serangan *malicious node* untuk jaringan 50 node terjadi saat kecepatan gerak node-nya 1,75 m/s menyebabkan nilai *delay* turun 15,42 ms atau 10,820 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi saat kecepatan gerak node-nya 1,75 m/s menyebabkan nilai *delay* turun 30,53 ms atau 20,966 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi saat kecepatan gerak node-nya 1,90 m/s menyebabkan nilai *delay* turun 18,22 ms atau 14,353 % dari kondisi normalnya.

3.3. Analisis Packet Delivery Ratio (PDR)

3.3.1. Kondisi Jaringan Terhadap Perubahan Luas Dimensi

Dari hasil simulasi didapatkan nilai PDR untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap perubahan luas dimensi yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai PDR rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap perubahan luas dimensi

| Jumlah node jaringan (node) | Luas Dimensi (m ²) | Jaringan normal | | Jaringan terserang <i>malicious</i> | |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|-------------------------------------|---------|
| | | PDR (%) | Deviasi | PDR (%) | Deviasi |
| 50 | 100x100 | 98,952 | 0,003 | 98,728 | 0,004 |
| | 400x400 | 98,754 | 0,004 | 98,786 | 0,002 |
| | 700x700 | 99,266 | 0,002 | 99,110 | 0,002 |
| | 900x900 | 98,426 | 0,006 | 98,602 | 0,005 |
| | 1000x1000 | 98,020 | 0,009 | 97,264 | 0,021 |
| 75 | 100x100 | 99,072 | 0,001 | 98,566 | 0,004 |
| | 400x400 | 98,788 | 0,004 | 98,666 | 0,004 |
| | 700x700 | 98,920 | 0,002 | 98,842 | 0,004 |
| | 900x900 | 98,676 | 0,004 | 98,694 | 0,004 |
| | 1000x1000 | 97,700 | 0,014 | 97,800 | 0,015 |
| 100 | 100x100 | 98,674 | 0,003 | 98,144 | 0,004 |

Tabel 8. Lanjutan

| Jumlah node jaringan (node) | Luas Dimensi (m ²) | Jaringan normal | | Jaringan terserang <i>malicious</i> | |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|-------------------------------------|---------|
| | | PDR (%) | Deviasi | PDR (%) | Deviasi |
| 100 | 400x400 | 98,622 | 0,005 | 98,518 | 0,005 |
| | 700x700 | 98,860 | 0,003 | 98,850 | 0,001 |
| | 900x900 | 98,094 | 0,004 | 98,514 | 0,004 |
| | 1000x1000 | 97,486 | 0,005 | 98,008 | 0,006 |

Berdasarkan tabel 8 Penurunan terbesar akibat serangan *malicious node* pada jaringan 50 node terjadi pada luas dimensi 1000 x 1000 m² yang turun 0,756 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi pada luas dimensi 100 x 100 m² yang turun 0,506 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi pada luas dimensi 100 x 100 m² yang turun 0,530 % dari kondisi normalnya.

3.3.2. Kondisi Jaringan Terhadap Pertumbuhan *Malicious Node*

Dari hasil simulasi didapatkan nilai PDR untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap pertumbuhan *malicious node* yang ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Nilai PDR rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap pertumbuhan *malicious node*

| Jumlah node jaringan (node) | Jumlah <i>malicious node</i> (node) | PDR (%) | Deviasi |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------|---------|
| 50 | 0 | 98,992 | 0,003 |
| | 8 | 99,086 | 0,002 |
| | 10 | 98,770 | 0,004 |
| | 12 | 98,970 | 0,001 |
| | 14 | 99,166 | 0,002 |
| | 15 | 99,222 | 0,002 |
| 75 | 0 | 98,924 | 0,002 |
| | 3 | 98,592 | 0,004 |
| | 9 | 98,748 | 0,005 |
| | 15 | 99,010 | 0,003 |
| | 21 | 98,760 | 0,005 |
| | 28 | 99,108 | 0,002 |
| 100 | 0 | 98,864 | 0,003 |
| | 33 | 98,542 | 0,008 |
| | 35 | 98,898 | 0,004 |
| | 37 | 99,006 | 0,003 |
| | 39 | 98,850 | 0,001 |
| | 40 | 98,850 | 0,001 |

Berdasarkan tabel 9, Penurunan terbesar akibat serangan *malicious node* pada jaringan 50 node terjadi saat terdapat 10 *malicious node* menyebabkan nilai PDR turun 0,222 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi saat terdapat 3 *malicious node* menyebabkan nilai PDR turun 0,332 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node terjadi saat terdapat 33 *malicious node* menyebabkan nilai PDR turun 0,322 % dari kondisi normalnya.

3.3.3. Kondisi Jaringan Terhadap Perubahan Kecepatan Gerak *Node*

Dari hasil simulasi didapatkan nilai PDR untuk kinerja DSDV kondisi jaringan terhadap perubahan kecepatan gerak *node* yang ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Nilai PDR rata-rata dan standar deviasi jaringan normal dan jaringan terkena serangan *malicious node* terhadap kecepatan gerak *node*

| Jumlah node Jaringan (node) | Kecepatan gerak (m/s) | Jaringan normal | | Jaringan terserang <i>malicious</i> | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|---------|-------------------------------------|---------|
| | | PDR (%) | Deviasi | PDR (%) | Deviasi |
| 50 | 1,45 | 98,936 | 0,004 | 99,114 | 0,002 |
| | 1,60 | 99,018 | 0,002 | 98,930 | 0,003 |
| | 1,75 | 99,068 | 0,001 | 98,974 | 0,004 |
| | 1,90 | 98,892 | 0,002 | 98,832 | 0,003 |
| 75 | 1,45 | 99,036 | 0,003 | 99,190 | 0,002 |
| | 1,60 | 98,916 | 0,002 | 98,884 | 0,003 |
| | 1,75 | 98,792 | 0,005 | 98,670 | 0,007 |
| | 1,90 | 99,014 | 0,002 | 98,956 | 0,005 |
| 100 | 1,45 | 98,866 | 0,006 | 99,090 | 0,008 |
| | 1,60 | 98,902 | 0,004 | 99,130 | 0,003 |
| | 1,75 | 99,070 | 0,003 | 99,140 | 0,002 |
| | 1,90 | 98,956 | 0,005 | 99,076 | 0,002 |

Berdasarkan tabel 10, penurunan terbesar akibat serangan *malicious node* pada jaringan 50 node terjadi saat kecepatan gerak *node*-nya 1,60 m/s menyebabkan nilai PDR turun 0,088 % dari kondisi normalnya, lalu pada jaringan 75 node terjadi saat kecepatan gerak *node*-nya 1,75 m/s menyebabkan nilai PDR turun 0,122 % dari kondisi normalnya, dan pada jaringan 100 node tidak terjadi penurunan nilai PDR.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari simulasi dan evaluasi permasalahan dalam Penelitian ini adalah :

1. Penurunan nilai *throughput* terjadi pada jaringan yang terkena serangan untuk setiap kondisi seperti perubahan dimensi, pertumbuhan *malicious node*, dan perubahan kecepatan gerak *node*. Penurunan nilai *throughput* terbesar terjadi pada jaringan yang mengalami perubahan luas dimensi yaitu pada jaringan 100 node dengan dimensi 1000 x 1000 m². Nilai *throughput* turun menjadi 254 Kbps dari 354 Kbps, sehingga terjadi penurunan sebesar 100 Kbps atau 28,249 %.
2. Penurunan nilai *delay* total terjadi pada jaringan yang terkena serangan untuk setiap kondisi seperti perubahan dimensi, pertumbuhan *malicious node*, dan perubahan kecepatan gerak *node*. Penurunan nilai *delay* total terbesar terjadi pada jaringan yang mengalami perubahan kecepatan gerak *node* yang terjadi pada jaringan 75 node saat kecepatan gerak *node*-nya 1,75 m/s. Nilai *delay* total turun menjadi 115,08 ms dari 145,61 ms, sehingga terjadi penurunan sebesar 30,53 ms atau 20,967 %.

3. Penurunan nilai PDR terjadi pada jaringan yang terkena serangan untuk setiap kondisi seperti perubahan dimensi, pertumbuhan *malicious node*, dan perubahan kecepatan gerak *node*. Penurunan nilai PDR terbesar terjadi pada jaringan yang mengalami perubahan luas dimensi yaitu pada jaringan 50 *node* dengan dimensi 1000 x 1000 m². Nilai PDR turun menjadi 97,26 % dari 98,02 %, sehingga terjadi penurunan sebesar 0,760 %.

Referensi

- [1]. Ahmed, Mohzin dan Hussain, Anwar, "Understanding Vulnerability of Adhoc Networks Under Malicious Node Attack," dalam IJCNWC, ISSN : 2250-3501, Vol.2, No.3, Juni, 2012.
- [2]. M. Ahmed dan D. M. A. Hussain, "Effect of Malicious Node Attacks Under Practical Adhoc Network," dalam IJCNWC, vol. 2, no. Oktober, pp. 542–549, 2012.
- [3]. K. Majumber, S. Ray, dan S. K. Sarkar, "Performance Analysis of DSDV and DSR Under Variable Node Speed In Hybrid Scenario," dalam IJWMN, vol. 4, no. 4, Agustus, 2012.
- [4]. M. V. Khiavi, S. Jamali, dan S. J. Gudakhriz, "Performance Comparison of AODV, DSDV, DSR, and TORA Routing Protocols In MANETs," dalam IRJABS, vol. 3 (7), pp. 1429–1436, 2012.
- [5]. Haqqi, Ma'ruf Nashrul., "Analisis Kinerja PUMA Pada MANET Menggunakan NS 2," Makalah Jaringan Nirkabel dan Komputasi Bergerak Universitas Muhamadiyah Gresik Prodi Teknik Informatika, Gresik, 2013.
- [6]. S. Basagni dkk, "Review of Wireless Network Evolution," Mobile Ad Hoc Networking, New Jersey. USA : IEEE Press. 2004.
- [7]. D. Harinath, "OSI Reference Model – A Seven Layered Architecture of OSI Model," dalam IJARCSSE, vol. 3, no. 8, hal. 338–346, Agustus, 2013.
- [8]. Wang. Shao-Cheng, Chen. Yi-Ming, Lee. Tsern-Huei, Helmy, Ahmed "Performance Evaluations for Hybrid IEEE 802.11b and 802.11g Wireless Network".
- [9]. Medepalli. Kamesh, Gopalakhrisna. Praveen, Famolari. David, dan Kodamaru. Toshikazu "Voice Capacity of IEEE 802.11b, 802.11a, and 802.11g Wireless LANs," dalam IEEE.
- [10]. P. Ghosekar dkk, "Mobile Ad Hoc Networking: Imperatives and Challenges," IJCA Spec. Issue "Mobile Ad-Hoc Networks," hal 153-158, 2010.
- [11]. S. A. Sasongko, "Analisis Performansi dan Simulasi Protokol ZRP (Zone Routing Protocol) Pada MANET (Mobile Ad Hoc Network) Dengan Menggunakan NS-2," Makalah Penelitian, dari Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- [12]. Mahesh. K. Marina and Samir R. Das, "Ad Hoc On-Demand Multipath Distance Vector Routing", dalam Wirel. Commun. Mob. Comput., vol. 6, no. 7, 2006.
- [13]. Bhatt, Jaya dan Hemrajani, Naveen, "Effective Routing Protocol (DSDV) for Mobile Ad Hoc Network", dalam IJSCE, ISSN : 2231-2307. Vol.3, Issue.5, Nov., 2013.
- [14]. N. F Mir, "Computer and Communication Network", 2006.
- [15]. Fall. Kevin dan Varadhan Kannan, "The ns Manual (formely ns Notes and Documentation)", The Vint Project, 2011.