

ANALISIS PERBANDINGAN DAMPAK SERANGAN *BLACK HOLE* PADA KINERJA *ROUTING PROTOCOL LAR (LOCATION-AIDED ROUTING)* DAN *DYMO (DYNAMIC MANET ON-DEMAND)* DI *MOBILE AD-HOC NETWORK (MANET)*

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

I Dewa Gede Ardana Pucanganom

NIM : 145150201111168



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN DAMPAK SERANGAN *BLACK HOLE* PADA KINERJA *ROUTING PROTOCOL LAR (LOCATION-AIDED ROUTING)* DAN *DYMO (DYNAMIC MANET ON-DEMAND)* DI *MOBILE AD-HOC NETWORK (MANET)*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer


Disusun Oleh :
I Dewa Gede Ardana Pucanganom
NIM: 145150201111168

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
26 Desember 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Ir. Primantara Hari Trisnawan, M. Sc.
NIP. 19680912 199403 1 002

Dosen Pembimbing II

Reza Andria Siregar, S.T., M.Kom.
NIP. 19790621 200604 1 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19710518 200312 1 001



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 16 Desember 2018



I Dewa Gede Ardana Pucanganom

NIM : 145150201111168

PRAKATA

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Dampak Serangan *Black Hole* pada Kinerja *Routing Protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic MANET On-demand*) di *Mobile Ad-hoc Network* (MANET)”.

Dalam penyusunan dan penelitian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ida Sang Hyang Widhi Wasa atas segala limpahan kurnia rahmat dan hidayah-Nya.
2. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Heru Nurwarsito, Ir., M.Kom. selaku Wakil Ketua I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Brawijaya Malang.
5. Bapak Agus Wahyu Widodo, S.T., M.Cs. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Brawijaya Malang.
6. Bapak Ir. Primantara Hari Trisnawan, M. Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan kepada peneliti, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Bapak Reza Andria Siregar, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan kepada peneliti, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Kedua orang tua atas doa dan kasih sayang yang telah diberikan kepada peneliti.
9. Teman-teman HML (Nadzir, Doni, Ilin, Winny, Sandi, Imam, Steven, Dika, Asroful, Krisna Yoga, Rizal DC, Syahmi Rifki, dll) yang membantu kelancaran dan dukungan selama menempuh studi di Teknik Informatika Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman Informatika angkatan 2014 dan seluruh pihak yang telah membantu kelancaran dan dukungan selama menempuh studi di Teknik Informatika Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat diucapkan satu persatu, peneliti mengucapkan banyak terima kasih atas segala bentuk dukungan dan doa sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan baik format laporan maupun isinya. Untuk itu peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Malang, 16 Desember 2018

I Dewa Gede Ardana Pucanganom
ardana@student.ub.ac.id



ABSTRAK

I Dewa Gede Ardana Pucanganom, Analisis Perbandingan Dampak Serangan *Black Hole* Pada Kinerja *Routing Protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) Dan DYMO (*Dynamic Manet On-Demand*) Di *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET)

Pembimbing: Ir. Primantara Hari Trisnawan, M. Sc. dan Reza Andria Siregar, S.T., M.Kom.

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) merupakan jaringan yang terdiri dari *node-node* yang bersifat *mobile*. *Node-node mobile* tersebut dapat berkomunikasi dengan jalur komunikasi yang bersifat sementara (*ad-hoc*). Pada jaringan *mobile ad-hoc network*, *routing protocol* merupakan aspek penting sebuah jaringan dimana *routing protocol* berperan dalam menentukan jalur pengiriman paket data yang terbaik. Beberapa isu yang ada pada jaringan MANET antara lain keterbatasan *bandwidth*, energi, jangkauan transmisi, dan keamanan. Dalam segi keamanan paket data masih rawan terhadap bentuk serangan, salah satunya serangan *black hole* yang dapat melakukan *dropping* paket data. Dalam mengetahui kinerja protocol terhadap serangan *black hole*, maka dilakukan analisis terhadap kinerja routing protocol reaktif yaitu *routing protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic Manet On-demand*) terhadap serangan *black hole* pada jaringan manet. Saat terjadinya serangan *black hole* diperoleh nilai rata-rata dari packet delivery ratio routing protocol LAR dan DYMO yaitu 51,38 % dan 51,92 %. Nilai rata-rata average end to end delay routing protocol LAR dan DYMO yaitu 70,58 ms dan 24,01 ms. Nilai rata-rata normalized routing load routing protocol LAR dan DYMO yaitu 2,68 dan 1,38. Berdasarkan perbandingan nilai rata-rata tersebut *routing protocol* DYMO mendapatkan kinerja yang lebih baik dibandingkan *routing protocol* LAR pada parameter *normalized routing load*, *average end to end delay* dan *packet delivery ratio* saat terjadi serangan *black hole*.

Kata kunci: *Mobile ad-Hoc network*, *Location-Aided Routing*, *Dynamic MANET On-demand*, *Internal Black hole*.

ABSTRACT

I Dewa Gede Ardana Pucanganom, *Comparative Analysis Of The Impact Of Black Hole Attacks On The Performance Of LAR (Location-Aided Routing) And DYMO (Dynamic Manet On-Demand) Routing Protocol In Mobile Ad-Hoc Network (MANET)*

Supervisors: Ir. Primantara Hari Trisnawan, M. Sc. and Reza Andria Siregar, S.T., M.Kom.

Mobile Ad-Hoc Network is a network consisting of nodes that can move in all directions (mobile). These nodes can communicate with temporary communication channels (ad-hoc). On mobile ad-Hoc networks, routing protocol is an important aspect of a network where routing protocol is useful in determining the best data packet delivery path. Some issues that exist in the MANET network include limited bandwidth, energy, transmission range, and security. In the security aspect data packet are still vulnerable to forms of attack, one of them is an black hole that can dropping data packets. In knowing the routing protocol's performance against black hole attacks, then the analysis of the performance of reactive routing protocols, namely LAR (Location-Aided Routing) and DYMO (Dynamic MANET On-demand) against black hole attacks on manet networks. When a black hole attacks, the average value of the packet delivery ratio routing protocol LAR and DYMO is 51.38% and 51.92%. the average end to end delay value of the LAR and DYMO routing protocol is 70.58 ms and 24.01 ms. The average value of normalized routing load routing protocol LAR and DYMO is 2.68 and 1.38. Based on the comparison of these average values, the DYMO routing protocol gets better performance than the LAR routing protocol in the normalized routing load, average end to end delay and packet delivery ratio parameters when black hole attacks.

Keywords: Mobile ad-Hoc network, Location-Aided Routing, Dynamic MANET On-demand, Internal Black hole

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PRAKATA.....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
<i>SOURCE CODE</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II	5
LANDASAN KEPUSTAKAAN.....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 <i>Mobile Ad-Hoc Network (MANET)</i>	6
2.2.2 <i>Routing Protocol</i>	6
2.2.3 <i>Location-Aided Routing Protocol (LAR)</i>	7
2.2.4 <i>Dynamic Manet On-Demand (DYMO)</i>	9
2.2.5 <i>Black hole Attack</i>	11
2.2.6 <i>Random Waypoint</i>	13

2.2.7 Faktor-Faktor Kinerja Jaringan.....	13
2.2.8 <i>Network Simulator 2</i>	14
BAB III	15
METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Analisis Kebutuhan	17
3.3 Perancangan	17
3.3.1 Parameter Simulasi.....	17
3.3.2 Perancangan Serangan <i>Black Hole</i>	18
3.4 Implementasi.....	18
3.4.1 Implementasi Simulasi.....	18
3.4.2 Implementasi Pengujian	18
3.5 Pengujian dan Analisis	18
3.5.1 Pengujian dan Analisis <i>Packet delivery ratio</i>	18
3.5.2 Pengujian dan Analisis <i>Average End to End Delay</i>	18
3.5.3 Pengujian dan Analisis <i>Normalized Routing Load</i>	18
3.6 Kesimpulan	18
BAB IV.....	19
Perancangan Dan Implementasi	19
4.1 Perancangan Sistem	19
4.1.1 Parameter Simulasi.....	20
4.1.2 Perancangan Serangan <i>Black hole</i>	21
4.2 Implementasi.....	22
4.2.1 Implementasi Simulasi.....	22
4.2.2 Implementasi Pengujian	28
BAB V.....	33



PENGUJIAN DAN ANALISIS	33
5.1 Pengujian	33
5.1.1 Hasil Pengujian 50 Node	33
5.1.1.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	33
5.1.1.2 <i>Average End to End Delay</i>	34
5.1.1.3 <i>Normalized Routing Load</i>	34
5.1.2 Hasil Pengujian 60 Node	35
5.1.2.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	35
5.1.2.2 <i>Average End to End Delay</i>	36
5.1.2.3 <i>Normalized Routing Load</i>	37
5.1.3 Hasil Pengujian 70 Node	38
5.1.3.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	38
5.1.3.2 <i>Average End to End Delay</i>	39
5.1.3.3 <i>Normalized Routing Load</i>	39
5.2 Analisis	40
5.2.1 Analisis Pengujian 50 Node.....	40
5.2.1.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	40
5.2.1.2 <i>Average End to End Delay</i>	41
5.2.1.3 <i>Normalized Routing Load</i>	42
5.2.2 Hasil Pengujian 60 Node	44
5.2.2.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	44
5.2.2.2 <i>Average End to End Delay</i>	45
5.2.2.3 <i>Normalized Routing Load</i>	46
5.2.3 Hasil Pengujian 70 Node	47
5.2.3.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	47



5.2.3.2 *Average End to End Delay* 48

5.2.3.3 *Normalized Routing Load* 49

5.3 Hasil Perbandingan LAR dan DYMO 50

BAB VI..... 52

PENUTUP..... 52

6.1 KESIMPULAN..... 52

6.2 SARAN..... 52

DAFTAR REFERENSI 53

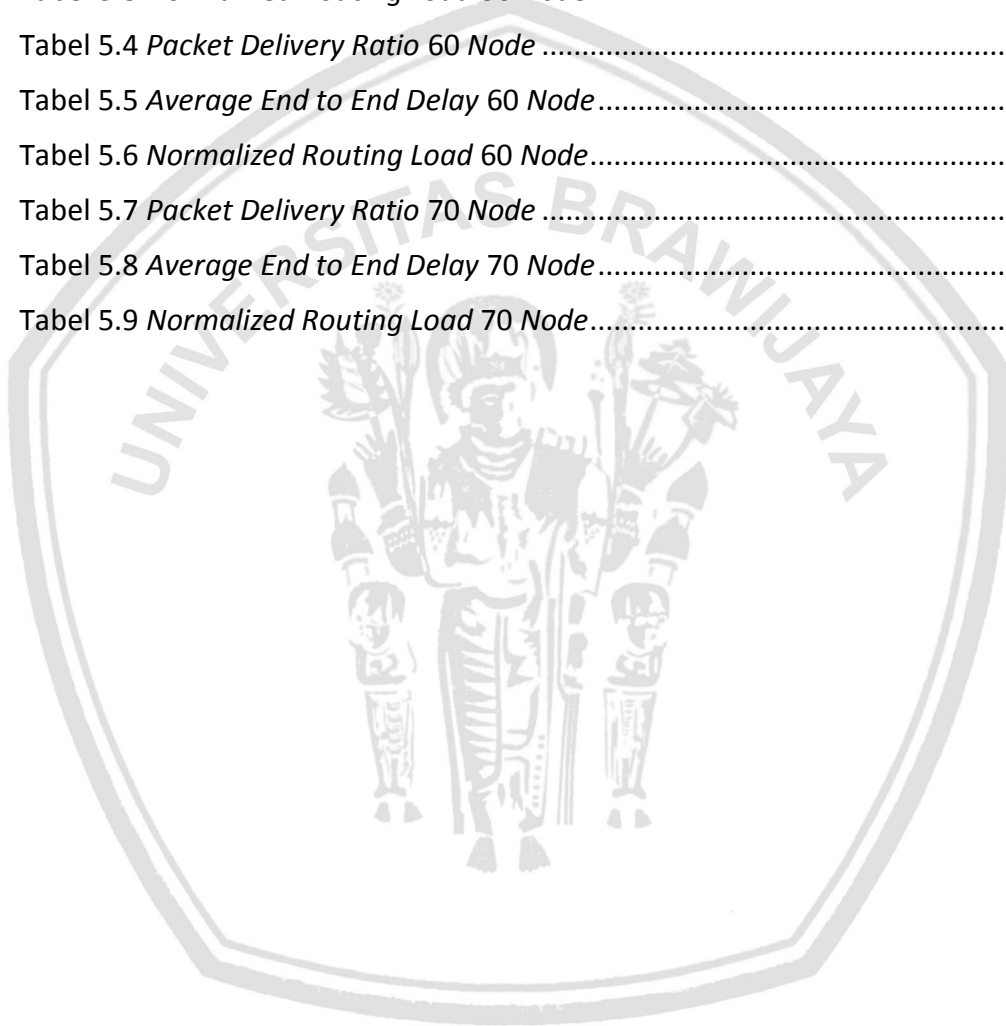


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Mobile Ad-Hoc Network (MANET)</i>	6
Gambar 2.2 <i>Routing Protocol</i>	7
Gambar 2.3 <i>Flowchart Routing Protocol LAR</i>	8
Gambar 2.4 <i>Ilustrasi Flooding</i>	9
Gambar 2.5 <i>Route Discovery</i>	9
Gambar 2.6 <i>Route Maintenance</i>	10
Gambar 2.7 <i>Serangan Black Hole</i>	11
Gambar 2.8 <i>External dan Internal Black Hole</i>	12
Gambar 2.9 <i>Pergerakan Random Waypoint</i>	13
Gambar 3.1 <i>Alur Metodologi Penelitian</i>	15
Gambar 4.1 <i>Mekanisme Rancangan</i>	19
Gambar 4.2 <i>Perancangan Topologi</i>	21
Gambar 4.3 <i>Mekanisme Black Hole</i>	21
Gambar 4.4 <i>Topologi Simulasi dengan 50 node</i>	26
Gambar 4.5 <i>Implementasi Simulasi dengan 60 Node</i>	27
Gambar 4.6 <i>Implementasi Simulasi dengan 70 Node</i>	28
Gambar 4.7 <i>Hasil Pengujian Packet Delivery Ratio</i>	29
Gambar 4.8 <i>Hasil Pengujian Average End To End Delay</i>	31
Gambar 4.9 <i>Implementasi Pengujian Normalized Routing Load</i>	32
Gambar 5.1 <i>Analisis Packet Delivery Ratio 50 Node</i>	41
Gambar 5.2 <i>Analisis Average End to End delay 50 Node</i>	42
Gambar 5.3 <i>Analisis Normalized Routing Load 50 Node</i>	43
Gambar 5.4 <i>Analisis Packet Delivery Ratio 60 Node</i>	44
Gambar 5.5 <i>Analisis Average End to End Delay 60 Node</i>	45
Gambar 5.6 <i>Analisis Normalized Routing Load 60 Node</i>	46
Gambar 5.7 <i>Analisis Packet Delivery Ratio 70 Node</i>	47
Gambar 5.8 <i>Analisis Average End to End Delay 70 Node</i>	48
Gambar 5.9 <i>Analisis Normalized Routing Load 70 Node</i>	49
Gambar 5.10 <i>Hasil Perbandingan Sebelum Serangan Black Hole</i>	50
Gambar 5.11 <i>Hasil Perbandingan Serangan Black Hole</i>	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	5
Tabel 4.1 Parameter Simulasi.....	20
Tabel 4.2 Keterangan Node.....	25
Tabel 5.1 <i>Packet Delivery Ratio</i> 50 Node	33
Tabel 5.2 <i>Average End to End Delay</i> 50 Node.....	34
Tabel 5.3 <i>Normalized Routing Load</i> 50 Node.....	35
Tabel 5.4 <i>Packet Delivery Ratio</i> 60 Node	35
Tabel 5.5 <i>Average End to End Delay</i> 60 Node.....	36
Tabel 5.6 <i>Normalized Routing Load</i> 60 Node.....	37
Tabel 5.7 <i>Packet Delivery Ratio</i> 70 Node	38
Tabel 5.8 <i>Average End to End Delay</i> 70 Node.....	39
Tabel 5.9 <i>Normalized Routing Load</i> 70 Node.....	40



SOURCE CODE

<i>Source Code 4.1 Parameter Simulasi Protocol DYMO</i>	22
<i>Source Code 4.2 Posisi dan Kecepatan Node</i>	24
<i>Source Code 4.3 Serangan Black Hole</i>	25
<i>Source Code 4.4 Packet Delivery Ratio</i>	29
<i>Source Code 4.5 Average End To End Delay</i>	30
<i>Source Code 4.6 Normalized Routing Load</i>	31



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) merupakan jaringan yang terdiri dari *node-node* yang bersifat *mobile*. *Node-node* yang ada pada jaringan MANET berfungsi sebagai *router* yang mampu untuk meneruskan pesan yang akan dikirimkan ke penerima. Oleh karena itu jaringan MANET memiliki kemampuan dalam menciptakan konfigurasinya sendiri (Harahap, 2014). *Node-node mobile* dapat berkomunikasi dengan jalur komunikasi yang bersifat sementara (*ad-hoc*). Saat *node-node* berkomunikasi, dibutuhkan suatu *routing protocol* untuk menentukan jalur pengiriman paket data yang terbaik dari segi kecepatan pengiriman dan keamanan paket data yang dikirimkan. Maka dari itu *routing protocol* merupakan aspek penting yang berpengaruh dalam kinerja sebuah jaringan.

Routing protocol diklasifikasikan menjadi tiga, yakni *routing protocol* reaktif, proaktif, dan *hybrid* (Alubady, et al., 2015). Dalam *routing protocol* reaktif, rute dibuat hanya jika diperlukan. Ketika sebuah paket akan dikirim dari suatu sumber ke suatu tujuan, ia akan memanggil prosedur penemuan rute. Contohnya DYMO (*Dynamic Manet On-demand*) dan LAR (*Location-Aided Routing*). Dalam *routing protocol* proaktif, setiap node menyimpan satu atau lebih tabel yang berisi informasi routing ke setiap node lain dalam jaringan. Semua node akan memperbarui tabel routing mereka untuk mempertahankan tampilan terbaru dari jaringan. Contohnya DSDV (*Destination-Sequenced Distance-Vector*). Dalam *routing protocol hybrid* merupakan penggabungan cara kerja dari dua *routing protocol* yakni *routing protocol* reaktif dan *routing protocol* proaktif. Gabungan cara kerja ini memberikan hasil transmisi yang lebih baik di MANET. Contohnya ZRP (*Zone Routing Protocol*).

Routing protocol DYMO dan LAR termasuk *routing protocol* reaktif yang memiliki keunggulan yaitu dapat mengurangi *routing overhead* pada jaringan MANET. Pada *routing protocol* LAR, pengurangan *routing overhead* dapat dilakukan dengan memanfaatkan informasi lokasi untuk meningkatkan efisiensi *routing*. Sedangkan pada *routing protocol* DYMO pengurangan *routing overhead* dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas jaringan dan mobilitas tinggi (Gupta, et al., 2013).

Beberapa masalah atau isu yang ada pada jaringan MANET antara lain keterbatasan *bandwidth*, energi, jangkauan transmisi, dan keamanan (Widyaningrum & Salman, 2014). Dalam keamanan paket data yang akan dikirim *routing protocol* masih rawan terhadap bentuk serangan salah satunya serangan *black hole*. Karakteristik serangan *black hole* yaitu *dropping* paket data, saat paket data menuju ke *node* tujuan banyak paket yang hilang akibat *dropping*

paket data oleh *node* penyerang. Mengacu pada hal tersebut, diperlukan analisis mengenai dampak yang disebabkan oleh serangan black hole pada *routing protocol* DYMO dan LAR dalam jaringan MANET.

Adapun penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik penelitian. Penelitian pertama, “Analisis Kinerja *Routing Protocol* GPSR Dan LAR Pada Simulasi Jaringan *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET)” dilakukan oleh (Suryadilaga, et al., 2016). Peneliti membahas mengenai kinerja *routing protocol* GPSR dan LAR pada jaringan VANET terhadap parameter *end to end delay*, *normalized routing load*, *throughput*, *packet delivery ratio*, dan *routing overhead*. Penelitian ini melakukan simulasi dengan menggunakan *Network Simulator 2*. Penelitian kedua dilakukan oleh (Aulia, et al., 2014) dengan judul “Analisis Perbandingan *Performansi Routing Protocol* AOMDV dan DYMO pada *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET)”. Peneliti membahas mengenai kinerja dari *routing protocol* AOMDV dan DYMO pada jaringan VANET. Parameter pengujian meliputi *throughput*, *packet delivery ratio*, *end to end delay*, dan *routing overhead*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* NS-2. Penelitian ketiga, “*Simulation of AODV under Blackhole Attack in MANET*” dilakukan oleh (Ghonge & Nimbhorkar, 2012). Peneliti membahas mengenai kinerja *routing protocol* AODV dengan serangan *black hole* pada jaringan MANET terhadap parameter *average end to end delay* dan *packet delivery ratio* dengan menggunakan *software* NS-2.

Berdasarkan penjelasan diatas, skripsi ini akan melakukan “Analisis Perbandingan Dampak Serangan Black Hole Pada Kinerja *Routing Protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) Dan DYMO (*Dynamic Manet On-Demand*) Di *Mobile Ad-Hoc Network* (Manet)”. Diharapkan pemilihan *routing protocol* yang tepat dapat dikatakan sebagai salah satu solusi untuk mencapai kondisi jaringan yang efisien. Parameter pengujian yang digunakan adalah dengan cara menghitung nilai *normalized routing load*, *average end to end delay* dan *packet delivery ratio*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* NS-2.34.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dijadikan bahan untuk laporan skripsi yaitu:

1. Bagaimana implementasi *routing protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic Manet On-demand*) pada jaringan MANET ?
2. Bagaimana kinerja *routing protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic Manet On-demand*) sebelum dan sesudah terkena serangan *black hole* pada jaringan MANET ?
3. Bagaimana hasil perbandingan *routing protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic Manet On-demand*) terhadap parameter *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*, pada jaringan MANET?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian untuk laporan skripsi ini yaitu :

1. Implementasi *routing protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)* pada jaringan MANET.
2. Mengetahui kinerja *routing protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)* sebelum dan sesudah terkena serangan *black hole attack* pada jaringan MANET.
3. Mengetahui hasil perbandingan *routing protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)* terhadap parameter *normalized routing load, average end to end delay, dan packet delivery ratio* pada jaringan MANET.

1.4 Manfaat

Mendapatkan *routing protocol* yang tepat serta memperoleh kinerja yang baik dan optimal dalam parameter *normalized routing load, average end to end delay, dan packet delivery ratio* dengan menggunakan *routing protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk laporan skripsi ini yaitu :

1. Analisis sistem menggunakan *routing protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)* di *Mobile Ad-hoc Network (MANET)*.
2. Simulasi sistem menggunakan NS-2.34 untuk membangun skenario jaringan.
3. Jumlah node yang digunakan yaitu 50, 60, dan 70 node dan 0, 2, 4, 6, 8, 10 untuk *node black hole*.
4. Kecepatan pergerakan *node* 0,5 – 1,5 m/s.
5. Pengujian dilakukan dengan parameter *normalized routing load, average end to end delay, dan packet delivery ratio*.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan menjelaskan tentang pembahasan laporan penelitian meliputi beberapa bab, sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah dari Analisis Perbandingan Dampak Serangan *Black Hole* pada Kinerja *Routing Protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)* di *Mobile Ad-hoc Network (MANET)*.

BAB II : LANDASAN KEPUSTAKAAN

Berisi tentang kajian pustaka mengenai penelitian terdahulu yang terkait dengan topik penelitian. Teori-teori untuk pengembangan penelitian yaitu *Routing Protocol LAR (Location-Aided Routing)*, *DYMO (Dynamic MANET On-demand)*, MANET, dan serangan *Black hole*.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam merancang, mengimplementasikan, dan menganalisis Dampak Serangan *Black Hole* pada Kinerja *Routing protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic MANET On-demand)* di *Mobile Ad-hoc Network (MANET)*.

BAB IV : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini berisi tentang perancangan perangkat sistem yang digunakan dalam penelitian meliputi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Mengimplementasikan langkah-langkah dalam pembuatan sistem.

BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang pengujian terhadap sistem dan melakukan analisis pembahasan dari Dampak Serangan *Black Hole* pada Kinerja *Routing Protocol LAR (Location-Aided Routing)* dan *DYMO (Dynamic Manet On-demand)* di *Mobile Ad-hoc Network (MANET)*.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan jawaban dari rumusan masalah. Sedangkan saran untuk pengembangan lebih lanjut pada penelitian ini diharapkan akan menjadi lebih baik.

BAB II

LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Tabel 2.1 Tentang kajian pustaka yang memberikan informasi penelitian sebelumnya dan dasar teori yang berhubungan dengan topik penelitian.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Nama Penulis, Tahun, dan Judul	Persamaan	Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
1	Suryadilaga, 2016 "Analisis Kinerja Routing Protocol GPSR Dan LAR Pada Simulasi Jaringan Vehicular Ad Hoc Network (VANET)"	Analisis Perbandingan Routing protocol LAR	Menggunakan routing protocol GPSR dan LAR dengan parameter pengujian meliputi end-to-end delay, normalized routing load, throughput, packet delivery ratio, dan routing overhead.	Menggunakan routing protocol LAR dengan parameter pengujian meliputi normalized routing load, average end to end delay dan packet delivery ratio.
2	Aulia, 2014 "Analisis Perbandingan Performansi Routing Protocol AODV dan DYMO pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET)"	Analisis Perbandingan Routing protocol DYMO	Menggunakan routing protocol AODV dan DYMO dengan parameter pengujian meliputi throughput, packet delivery ratio, end to end delay dan routing overhead.	Menggunakan routing protocol DYMO dengan parameter pengujian meliputi normalized routing load, average end to end delay dan packet delivery ratio.

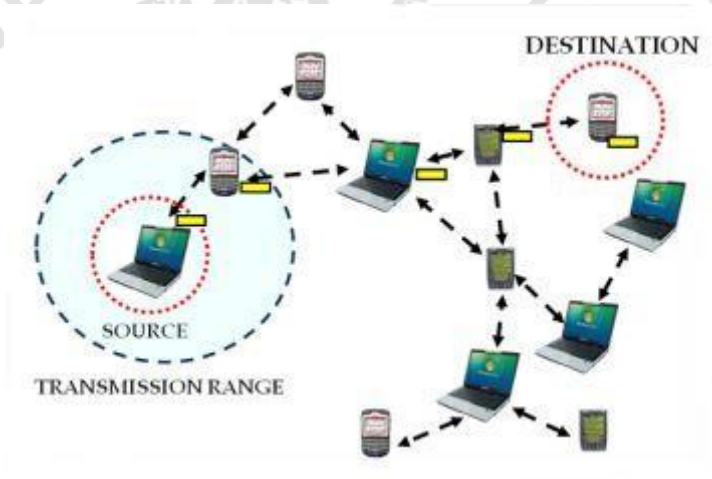


3.	Ghonge,2012 "Simulation of AODV under Blackhole Attack in MANET"	Serangan <i>black hole</i> di jaringan MANET	Menggunakan <i>routing protocol</i> AODV dengan parameter <i>average end to end delay</i> dan <i>packet delivery ratio</i>	Melakukan penerapan serangan <i>black hole</i> dengan parameter pengujian meliputi <i>normalized routing load, average end to end delay</i> dan <i>packet delivery ratio</i> .
----	---	--	--	--

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Mobile Ad-Hoc Network (MANET)

Jaringan MANET yaitu jaringan yang terdiri dari *node-node* yang bersifat *mobile*. Berbeda dengan jaringan *wireless* lainnya, jaringan MANET memiliki topologi yang berubah-ubah setiap saat. Oleh karena itu, MANET memiliki kemampuan untuk mengkonfigurasi jaringan secara mandiri.



Gambar 2.1 Mobile Ad-Hoc Network (MANET)

Sumber: (Garg & Gohil, 2012)

Gambar 2.1 diatas *node-node* yang ada pada jaringan ini berfungsi sebagai router yang mampu untuk meneruskan pesan yang akan dikirimkan ke penerima dan dapat bergerak ke segala arah untuk melakukan komunikasi. Setiap node pada jaringan MANET harus mampu menentukan rute terbaiknya untuk meneruskan paket informasi (Harahap, 2014).

2.2.2 Routing Protocol

Routing protocol merupakan aspek penting sebuah jaringan dimana aspek tersebut sangatlah berpengaruh dalam kinerja sebuah jaringan. *Routing* merupakan suatu mekanisme penentuan jalur komunikasi dari *node* sumber ke

node tujuan. *Protocol routing* mempunyai tugas untuk memberikan jalur terbaik menuju node tujuan dengan membentuk suatu tabel routing. Gambar 2.2 merupakan jenis-jenis *routing protocol* pada jaringan MANET yang dibedakan menjadi tiga (Alubady, et al., 2015), yaitu:

1. *Routing Protocol* Reaktif (*on demand*).

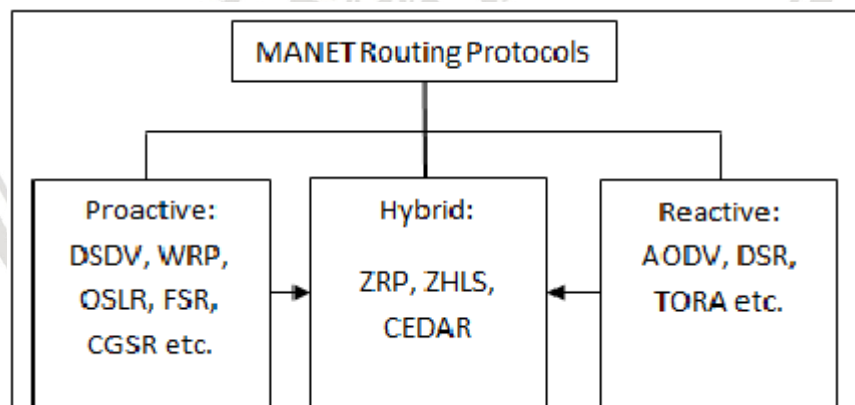
Dalam jenis *routing protocol* ini, rute dibuat hanya jika diperlukan. Dengan kata lain, ketika sebuah paket akan dikirim dari suatu sumber ke suatu tujuan, ia akan memanggil prosedur penemuan rute. Rute tetap berlaku sampai tujuan tercapai atau rute tidak lagi diperlukan. Contoh : DSR (*Dynamic Source Routing*) dan AODV (*Ad Hoc On-Demand Distance Vector*) . (Alslaim , et al., 2014)

2. *Routing Protocol* Proaktif (*table driven*).

Dalam tipe *routing protocol* ini, setiap node menyimpan satu atau lebih tabel yang berisi informasi routing ke setiap node lain dalam jaringan. Semua node terus memperbarui tabel routing mereka untuk mempertahankan tampilan terbaru dari jaringan. Contoh : DSDV (*Destination-Sequenced Distance-Vector*) dan WRP (*Wireless Routing Protocol*) (Alpasha, et al., 2014).

3. *Routing Protocol Hybrid*.

Routing protocol hybrid adalah penggabungan cara kerja dari dua *routing protocol* yakni *routing protocol* reaktif dan *routing protocol* proaktif. Gabungan cara kerja ini memberikan hasil transmisi yang lebih baik di MANET dibandingkan dengan dua protokol lainnya. (Alpasha, et al., 2014).



Gambar 2.2 *Routing Protocol*

Sumber: (Alubady, et al., 2015)

2.2.3 *Location-Aided Routing Protocol (LAR)*

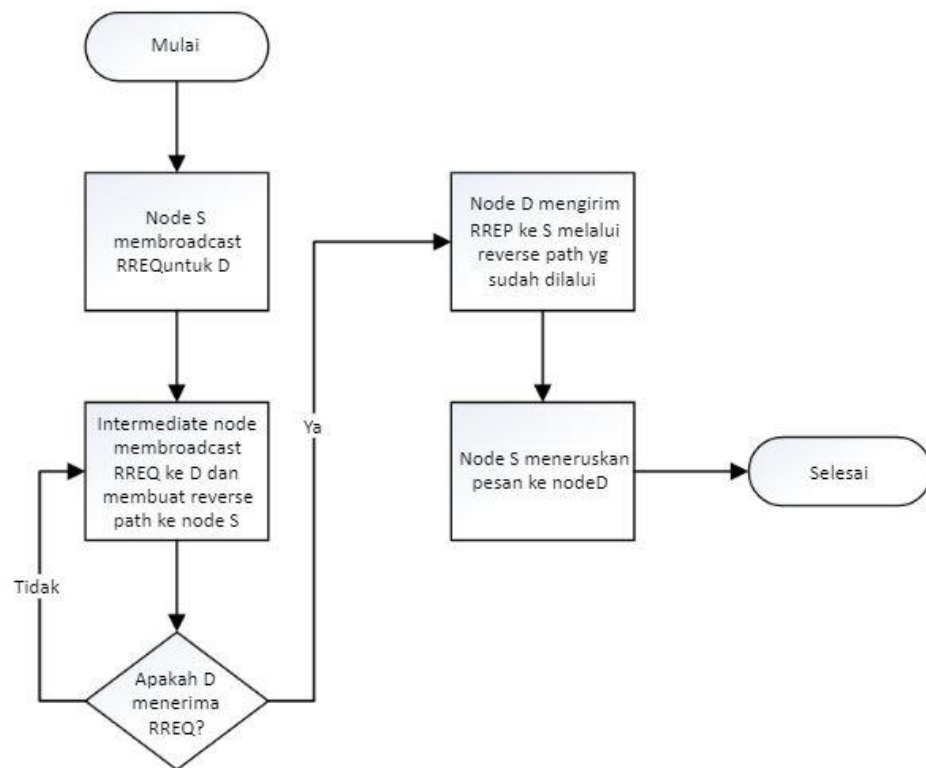
Karakteristik dari *routing protocol* LAR menggunakan *location information* dan *algoritme flooding*. Cara kerjanya yaitu *routing protocol location aided routing (LAR)* berasumsi bahwa node dalam jaringan mengetahui lokasi dan



dapat memperoleh posisi terakhir yang diketahui dari node tujuan. Berdasarkan informasi ini, LAR membatasi area pencarian rute ke tempat rute node tujuan yang kemungkinan akan ditempatkan. LAR memodifikasi proses penemuan rute sehingga hanya node yang termasuk ke dalam area pencarian yang akan mem-*broadcast* ulang pesan RREQ. Secara khusus, ketika sebuah paket RREQ tiba di node perantara, node pertama menentukan apakah node tersebut termasuk dalam area pencarian yang ditentukan oleh pesan RREQ yang masuk. Jika node adalah bagian dari area pencarian itu maka paket RREQ akan di-*broadcast* ulang, jika tidak paket tersebut akan dibuang. Terdapat dua zona pada *routing protocol* LAR yaitu *Expected zone* dan *Request zone*.

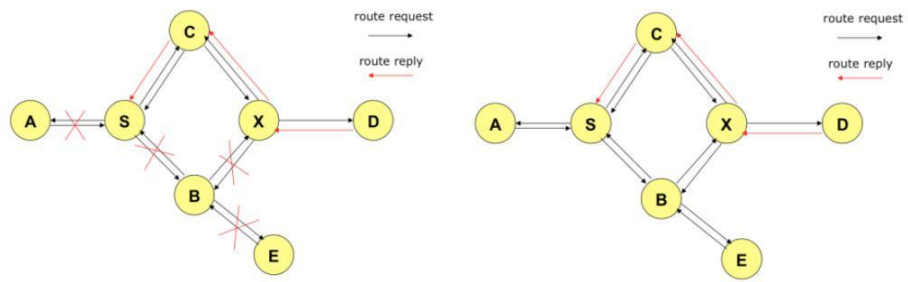
Expected zone adalah zona dimana *node* tujuan berada pada posisi serta mobilitas pada lokasi sebelumnya. Jika sebuah atau beberapa informasi perutean tidak tersedia, maka jaringan tersebut dapat dikatakan sebagai *expected zone*.

Request zone adalah zona dimana paket pencarian jalur diizinkan disebarluaskan di dalam jaringan. Paket RREQ diteruskan ke setiap *node* tetangga dan paket akan dibuang jika *node* berada di luar *Request Zone* (Hnatyshin, et al., 2011).



Gambar 2.3 Flowchart Routing Protocol LAR

Sumber: (Suryadilaga, et al., 2016)



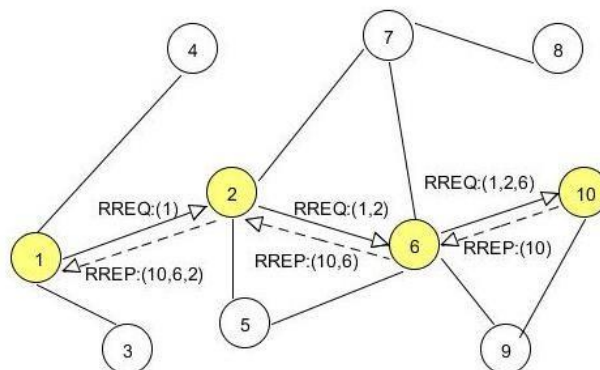
Gambar 2.4 Ilustrasi Flooding

Sumber: (Ko & Vaidya, 2000)

Gambar 2.3 dan 2.4 merupakan ilustrasi *flooding* dan flowchart dari skema *routing protocol LAR*. *Node* sumber S perlu menemukan rute ke *node destination* D, *node* S mem-*broadcast* RREQ ke semua tetangganya. *Node* X menerima RREQ dan membandingkan tujuan dengan identitasnya sendiri. Jika tidak cocok, maka *node* X mem-*broadcast* permintaan ke tetangganya. *Node* D merespon dengan pesan RREP ke pengirim yang melintasi jalur secara terbalik dari jalur yang diterima oleh *node* D (paket RREQ berisi jalur dari semua *node* yang dilalui *node* S). Skema *Timeout* juga digunakan untuk memulai kembali RREQ dengan nomor urut baru karena kesalahan pengiriman atau *node* D tidak bisa diakses dari *node* S (Suryadilaga, 2016).

2.2.4 Dynamic Manet On-Demand (DYMO)

Routing protocol DYMO terdiri dari dua fase yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. *Route* akan ditemukan secara *on-demand* yang artinya saat sebuah *node* akan mengirimkan paket ke tujuan dan saat itu tidak ada pathnya dalam *table routing*. Pesan RREQ akan membanjiri jaringan menggunakan *broadcast* dan jika paket sampai ke tujuan, ia akan mengirim pesan balasan yang berisi akumulasi dari informasi jalur yang ditemukan.



Gambar 2.5 Route Discovery

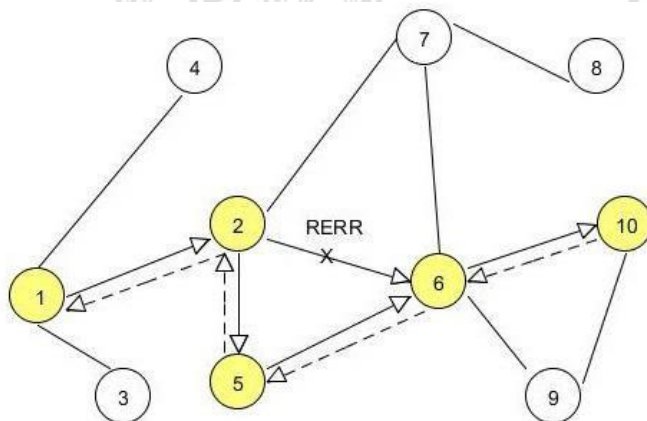
Sumber: (Gupta, et al., 2013)



Gambar 2.5 diatas menunjukkan proses penemuan rute DYMO. Jika sumber tidak memiliki rute masuk ke tujuan, ia akan mem-*broadcast* pesan RREQ ke tetangga terdekatnya. Jika *node* tetangga memiliki entri ke tujuan, ia akan membalas dengan pesan RREP. Saat mem-*broadcast* pesan RREQ, *node* perantara akan memberikan alamatnya ke pesan. Setiap *node* perantara yang mem-*broadcast* pesan RREQ akan membuat catatan *backward path*.

Node sumber (1) ingin berkomunikasi dengan *node* tujuan (10). Akan menghasilkan paket RREQ yang berisi alamat sendiri, *sequence number*, *hop count*, *destination address*, dan akan di-*broadcast* di dalam jaringan. Setiap *node* perantara yang memiliki jalur valid ke tujuan akan terus menambahkan alamatnya dan *sequence number* ke paket RREQ seperti ditunjukkan dengan *node* 2 dan 6, sampai ke tujuan. *Node* sumber menunggu pesan RREP dan *node* tujuan membalas dengan pesan RREQ. Proses *path accumulation* yang sama terjadi di sepanjang *backward path*, ini memastikan bahwa *forward path* dibangun dan setiap *node* perantara mengetahui rute ke setiap *node* lain di sepanjang jalur. Jika sumber tidak menerima RREP dalam nilai TTL yang ditentukan, RREQ dapat dikirim ulang (Gupta, et al., 2013).

Setiap *node* mempertahankan *unique sequence number* untuk menghindari *loop* dalam rute dan juga membuang paket lama jika ada. Setiap kali RREQ dikirim, *router* akan memperbarui *sequence number*. Jika paket yang masuk memiliki *sequence number* yang sama maka informasi tersebut dibuang. Pesan dengan *sequence numbers* teratas akan diperbarui dalam tabel routing. Jika *sequence numbers* yang terkait dengan rute yang masuk sama dengan *sequence numbers node*, maka *loop* bisa dilakukan. Dalam kasus ini, paket yang masuk dibuang. Salah satu fitur khusus DYMO adalah efisiensi energi. *Node* dengan energi yang rendah memiliki opsi untuk tidak berpartisipasi dalam proses penemuan rute. Dalam kasus seperti ini *node* tidak akan meneruskan salah satu pesan RREQ yang masuk. Namun ia akan menganalisis pesan RREP yang masuk dan memperbarui tabel rutennya untuk digunakan nanti.



Gambar 2.6 Route Maintenance

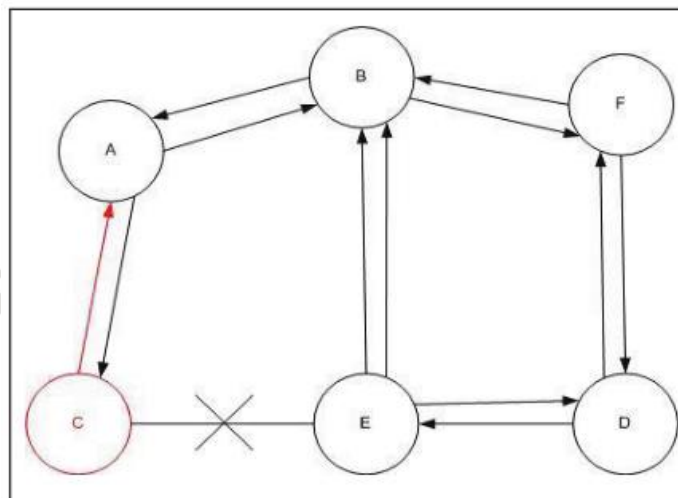
Sumber: (Gupta, et al., 2013)

Selama operasi *routing*, setiap *node* harus terus memantau status *links* dan mempertahankan pembaruan terbaru dalam tabel *routing*. Proses pemeliharaan rute sebenarnya dicapai dengan bantuan pesan RERR. Pesan RERR harus dihasilkan oleh sebuah *node* ketika *links* ke *node* lain terputus. *Node multicast* menghasilkan pesan RERR hanya untuk *node* yang berkaitan dengan *link failure*. Setelah menerima pesan RERR, tabel *routing* akan diperbarui dan entri dengan *link* yang rusak dihapus. Jika ada *node* bertemu dengan paket yang tujuan sama setelah penghapusan entri rute, maka proses penemuan rute perlu diinisiasikan lagi.

Gambar 2.6 dimana *node* 2 telah menerima paket yang akan menuju ke *node* 6, tetapi rute dari *node* 2 ke *node* 6 ditemukan rusak. Dalam hal ini, pesan RERR yang dihasilkan oleh *node* 2 akan diteruskan ke *node* sumber 1. Semua *node* perantara pada jalur secara langsung memperbarui entri tabel *routing* mereka dengan informasi baru yang diperbarui mengenai kegagalan *link* dan perubahan rute baru. Sekarang paket akan diteruskan dari *node* 2 menuju *node* 5 dan kemudian ke *node* 6 dan terakhir ke *node* 10 sehingga mencapai tujuan (Gupta, et al., 2013).

2.2.5 Black hole Attack

Dalam serangan *black hole*, *node black hole* menjadikan dirinya sebagai *node* normal lainnya, sehingga *node* lain merasa *node black hole* adalah *node* yang normal. *Node black hole* menyerang pada saat proses pengiriman paket. Ketika *node* sumber mengirim RREQ untuk mencari rute tujuan, *node black hole* mengklaim dirinya mempunyai jalur tercepat untuk sampai ke *node* tujuan. Oleh karena itu *node* sumber akan menggunakan jalur dari *node black hole* dan mengabaikan jalur dari *node* lainnya. Saat pengiriman paket berlangsung *node black hole* akan melakukan *drop* paket data. (ROOPAK & Reddy, 2013).



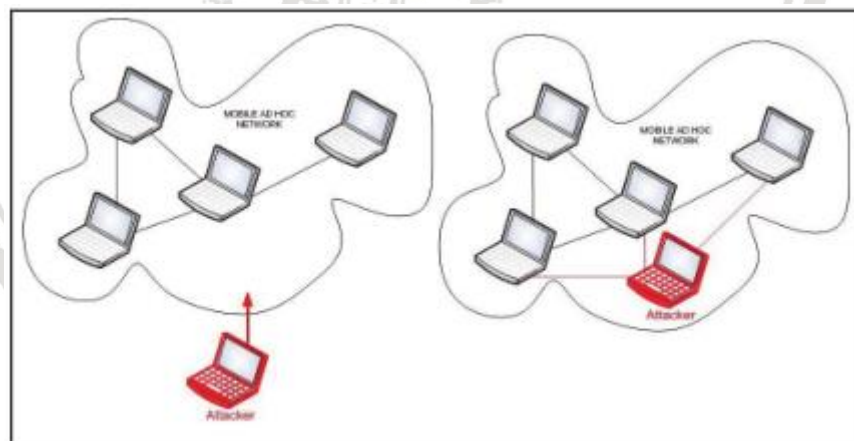
Gambar 2.7 Serangan *Black Hole*

Sumber: (Dharmawat & Agal, 2018)

Gambar 2.7 menunjukkan bagaimana serangan *black hole* muncul, di sini *node "A"* ingin mengirim paket data ke *node "D"* dan memulai proses penemuan rute. Jadi jika *node "C"* adalah *node penyerang* maka ia akan mengklaim bahwa ia memiliki rute aktif ke tujuan setelah ia menerima paket RREQ. Kemudian akan mengirim respons ke *node "A"* sebelum *node* lain. Dengan cara ini *node "A"* akan berpikir bahwa ini adalah rute aktif dan dengan demikian penemuan rute aktif selesai. *Node "A"* akan mengabaikan semua balasan lain dan akan mulai mengirim paket data ke *node "C"*. Dengan cara ini semua paket data akan di-drop.

Terdapat dua jenis serangan *black hole* antara lain :

1. **Internal Black hole Attack** : dalam serangan ini, *node black hole* tidak mencoba menyesuaikan dengan rute aktif antara sumber dan tujuan. Serangan *black hole* hadir secara internal di dalam jaringan. Serangan *black hole* dilakukan pada saat pengiriman paket data menuju ke *node* tujuan. Ketika melewati *node black hole* maka paket data akan *di-drop*.
2. **External Black hole Attack** : dalam hal ini, *node black hole* berada di luar jaringan. *Node* penyerang mendeteksi rute aktif dan mencatat alamat tujuan. *Node* penyerang mengirim paket balasan (RREP) termasuk alamat tujuan yang dipalsukan ke alamat tujuan yang tidak dikenal. Nilai hitung hop diatur ke nilai terendah dan sequence number diatur ke nilai tertinggi. *Node* penyerang mengirim RREP ke *node* terdekat yang tersedia yang termasuk dalam rute aktif. RREP yang diterima oleh *node* terdekat akan diteruskan melalui *inverse route* yang ditetapkan dari *node* sumber. Informasi baru yang diterima dalam balasan rute akan memungkinkan *node* sumber memperbarui tabel peruteannya. Kemudian rute baru dipilih oleh *node* sumber. *Node* penyerang akan melakukan drop pada paket data yang menjadi miliknya di dalam rute.



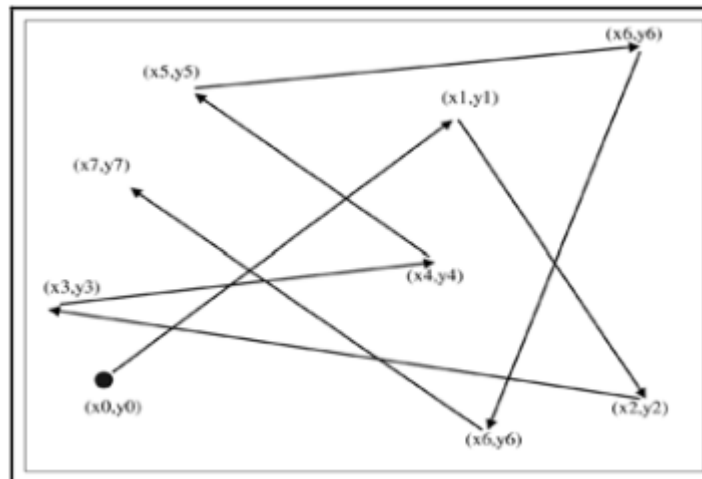
Gambar 2.8 External dan Internal Black Hole

Sumber: (Dharmawat & Agal, 2018)

2.2.6 Random Waypoint

Random Waypoint merupakan salah satu mode pergerakan *node* dimana setiap *node* dapat bergerak bebas tanpa bergantung pada *node-node* lain yang berada dalam satu jaringan. Dalam *network simulator (ns-2)*, implementasi model mobilitas *random waypoint* sebagai berikut: ketika simulasi dimulai, setiap *mobile node* secara random memilih satu lokasi dalam bidang simulasi sebagai tujuan. Kemudian bergerak menuju tujuan, dengan kecepatan konstan yang dipilih secara seragam dan *random* dari $[0, V_{max}]$, di mana parameter V adalah kecepatan maksimum yang diijinkan untuk setiap *mobile node*. Kecepatan dan arah suatu *node* dipilih secara terpisah dari *node* lain.

Setelah mencapai tujuan, *node* berhenti selama durasi yang ditentukan oleh parameter '*pause time*'. Jika $T_{pause} = 0$, akan mengarah ke mobilitas selanjutnya. Setelah durasi ini, selanjutnya untuk memilih arah ditentukan secara *random*. Seluruh proses diulang lagi dan lagi hingga simulasi berakhir. Gambar 2.6 untuk pergerakan *node*. Dalam model *Random Waypoint*, V_{max} dan T_{pause} adalah dua parameter kunci yang menentukan perilaku mobilitas *node*. Jika V_{max} kecil dan *pause time* (T_{pause}) panjang, topologi jaringan *Ad Hoc* menjadi relatif stabil. Di sisi lain, jika *node* bergerak cepat yaitu, V_{max} besar dan waktu jeda T_{pause} kecil, topologi diharapkan sangat dinamis (Bai & Helmy, 2014).



Gambar 2.9 Pergerakan *Random Waypoint*

Sumber: (Bai & Helmy, 2014)

2.2.7 Faktor-Faktor Kinerja Jaringan

Berikut beberapa parameter yang akan digunakan untuk mengukur kinerja jaringan antara lain :

1. **Packet Delivery Ratio** adalah perbandingan antara paket data yang sukses diterima di *node* tujuan dengan total paket data yang dikirimkan oleh *node* sumber. PDR dapat menunjukkan tingkat keberhasilan sebuah *routing protocol* karena semakin tinggi nilai PDR salah satunya disebabkan oleh

berhasilnya sebuah *routing protocol* dalam melakukan pencarian dan pemeliharaan rutenya. Gambar 2.7 merupakan penjabaran secara matematis rumus untuk menghitung *packet delivery ratio* (Aulia, et al., 2014)

$$\text{Paket Delivery Ratio} = \frac{\text{Jumlah paket yang diterima}}{\text{jumlah paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2. **Normalized Routing Load** adalah nilai perbandingan antara banyak paket *routing* yang dikirim *source node* dan diteruskan (*forwarding*) dengan jumlah paket data yang diterima pada *destination node*. Semakin tinggi nilai perbandingan paket *routing* terhadap paket data yang diterima maka semakin kurang efisien kinerja suatu *routing protocol*. Gambar 2.8 merupakan penjabaran secara matematis rumus untuk menghitung *normalized routing load* (Harahap, 2014).

$$\text{Normalized Routing Load} = \frac{\text{Jumlah paket routing}}{\text{jumlah paket data yang diterima}} \quad (2.2)$$

3. **Average End to End Delay** merupakan rata-rata yang dibutuhkan oleh sebuah data untuk menempuh jarak dari titik sumber ke titik tujuan termasuk waktu proses dan waktu antri. Dalam proses pengiriman data, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi data sehingga mengakibatkan delay seperti jarak antar kedua titik, media yang dilalui oleh data, kongesti, dan waktu proses data. Gambar 2.9 merupakan penjabaran secara matematis rumus untuk menghitung *average end to end delay* (Budiarjo, et al., 2017).

$$\text{Average End to End Delay} = \frac{\text{Jumlah total waktu pengiriman paket}}{\text{jumlah paket yang terkirim}} \quad (2.3)$$

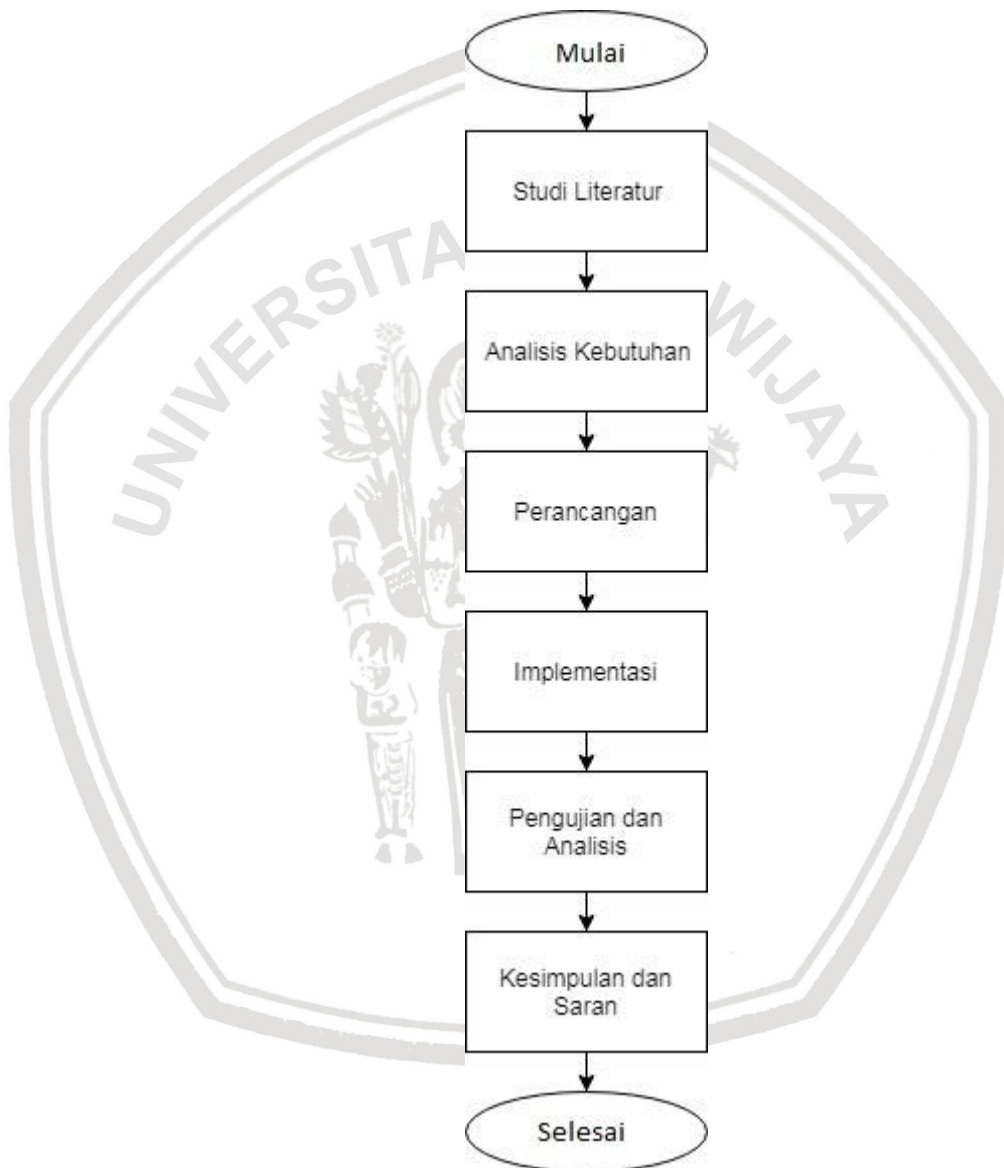
2.2.8 Network Simulator 2

Network simulator 2 mempunyai library yang di dalamnya berisi *event scheduler*, *routing protocol*, dan *network component* yang disimulasikan oleh pengguna. Terdapat 2 bahasa di dalam *network simulator 2* yaitu C++ dan Bahasa Tcl yang digunakan pengguna untuk membuat *script*. Keunggulan dari Bahasa C++ yaitu mampu mendukung waktu simulasi yang cepat. Simulasi yang dimaksud simulasi dengan jumlah paket dan sumber data yang jumlahnya besar. Sebaliknya bahasa Tcl memberika respon yang lambat dari pada bahasa C++. Keunggulan dari bahasa Tcl yaitu jika terjadi kesalahan atau perubahan *script* respon yang diberikan bahasa Tcl dapat berlangsung dengan cepat dan interaktif (Issariyakul & Hossain, 2009).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metodologi penelitian, adapun tahap – tahap penelitian dimulai dari mengidentifikasi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian serta analisis, kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian

Gambar 3.1 menguraikan langkah-langkah metodologi penelitian yang akan dilakukan, yaitu:

1. Studi literatur merupakan proses pengumpulan sumber-sumber yang berhubungan dengan topik penelitian.
2. Analisis kebutuhan terbagi menjadi dua yakni kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Kebutuhan fungsional yaitu sesuatu yang dapat dihasilkan oleh sistem. Sedangkan Kebutuhan non-fungsional yaitu kebutuhan pendukung dalam penelitian meliputi kebutuhan *hardware* maupun *software*.
3. Perancangan dasar dalam menerapkan *black hole attack* untuk *routing protocol* LAR dan DYMO. Perancangan dasar merupakan suatu tahapan yang dilakukan dalam sebuah proses perancangan.
4. Implementasi dari perancangan topologi dan *black hole attack* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.
5. Pengujian dan analisis dari sistem yang telah diuji menggunakan parameter-parameter yang telah ditetapkan.
6. Kesimpulan dihasilkan dari rumusan masalah yang dibuat dan hasil analisis pengujian yang telah dilakukan.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah proses pengumpulan sumber-sumber yang berhubungan dengan topik penelitian. Pengumpulan sumber-sumber berupa teori yang berkaitan dengan *Routing protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic Manet On-demand*), MANET, dan serangan *Black hole*. Pengumpulan sumber didapatkan dari berbagai buku, laporan penelitian, jurnal serta sumber lainnya. Studi literatur yang dipelajari yaitu :

- *Routing protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) : Pembelajaran mengenai mekanisme cara kerja LAR didapatkan dari jurnal penelitian berjudul “*A Comparative Study of Location Aided Routing Protocols for MANET*” (Hnatyshin, Ahmed, Cocco, & Urbano, 2011)
- *Routing protocol* DYMO (*Dynamic Manet On-demand*) : pembelajaran mengenai mekanisme cara kerja LAR didapatkan dari jurnal penelitian berjudul “*Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Protokol Routing Reaktif (DYMO) terhadap Routing Reaktif (AODV) pada Jaringan MANET* (Abednega, 2016)
- Jaringan MANET yaitu jaringan yang terdiri dari node-node yang bersifat mobile dan memiliki kemampuan untuk mengkonfigurasi jaringan secara mandiri.
- Serangan *Black hole* merupakan serangan dengan tujuan pengambilan data antar *node* untuk selanjutnya akan di-*drop*.

3.2 Analisis Kebutuhan

Pada analisa kebutuhan dilakukan untuk menentukan kebutuhan yang diperlukan dalam menganalisis perbandingan dampak serangan *black hole* pada kinerja *routing protocol* LAR dan DYMO di *Mobile Ad-hoc Network* (MANET). Berikut ini kebutuhan yang diperlukan dalam mengkonfigurasi sistem yang akan dirancang :

Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional yaitu sesuatu apa saja yang dapat dilakukan dan dihasilkan oleh sistem. Berikut kebutuhan fungsional dari sistem ini:

1. Dapat mengimplementasikan *routing protocol* LAR dan DYMO.
2. Dapat menerapkan mekanisme serangan *black hole* pada *protocol* LAR dan DYMO.
3. Dapat memberikan rincian hasil simulasi berupa data – data selama proses simulasi dilakukan.

Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional menjelaskan tentang kebutuhan pendukung dalam melakukan penelitian yaitu kebutuhan *hardware dan software*. Berikut kebutuhan non-fungsional dari sistem ini:

1. Kebutuhan perangkat keras berupa laptop dengan spesifikasi Intel(R) Core(TM) i3-2370M CPU @ 2.40GHz(4 CPU) -2.4GHz dan RAM 4 GB.
2. Kebutuhan perangkat lunak seperti sistem operasi Linux 12.04, *Network Simulator 2* dan *Network Animator* (NAM).
3. Hasil analisis didapatkan dari data yang dihasilkan simulator. Data yang dimaksud berupa file *trace* dari NS-2 yang kemudian diuji menggunakan parameter-parameter berupa file awk.

3.3 Perancangan

Perancangan merupakan tahap dimana penulis mulai merancang sesuai dengan parameter dan skenario simulasi yang akan dilakukan. Adapun tiga bagian dalam perancangan yaitu perancangan simulasi, perancangan serangan *black hole*, dan perancangan parameter pengujian.

3.3.1 Parameter Simulasi

Pada bagian ini dilakukan penginisialisasian parameter-parameter simulasi berupa *routing protocol*, waktu simulasi, luas area, jumlah *node*, model pergerakan dan besar paket data.

3.3.2 Perancangan Serangan *Black Hole*

Pada bagian ini dilakukan inisialisasi *node black hole* dalam *script routing protocol* LAR dan DYMO yang bertujuan ketika aliran data akan menuju ke *node black hole* maka paket data yang masuk akan di-drop.

3.4 Implementasi

Pada bagian ini, dilakukan implementasi yang mengacu pada topologi MANET dengan *routing protocol* LAR dan DYMO. Terdapat beberapa konfigurasi yang dilakukan pada NS-2.34 untuk membangun skenario jaringan dan skenario serangan *black hole* pada topologi MANET.

3.4.1 Implementasi Simulasi

Pada bagian ini dilakukan pengimplementasian parameter-parameter simulasi berupa *routing protocol*, waktu simulasi, luas area, jumlah *node*, model pergerakan dan besar paket data.

3.4.2 Implementasi Pengujian

Pada bagian ini dilakukan pengimplentasian pengujian dilakukan untuk menghitung parameter pengujian *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

3.5 Pengujian dan Analisis

Pada bagian ini dilakukan perbandingan kinerja dari routing protocol LAR dan DYMO saat sebelum dan sesudah ditambahkan serangan *black hole*.

3.5.1 Pengujian dan Analisis *Packet delivery ratio*

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan parameter *packet delivery ratio*. Perbandingan antara paket data yang sukses diterima di *node* tujuan dengan total paket data yang dikirimkan oleh *node* sumber.

3.5.2 Pengujian dan Analisis *Average End to End Delay*

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan parameter *average end to end delay* yaitu rata-rata waktu yang diambil dari paket data yang tiba pada tujuan.

3.5.3 Pengujian dan Analisis *Normalized Routing Load*

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan parameter *normalized routing load* adalah perbandingan antara banyak paket *routing* yang dikirim *source node* dan diteruskan (*forwarding*) dengan jumlah paket data yang diterima pada destination *node*.

3.6 Kesimpulan

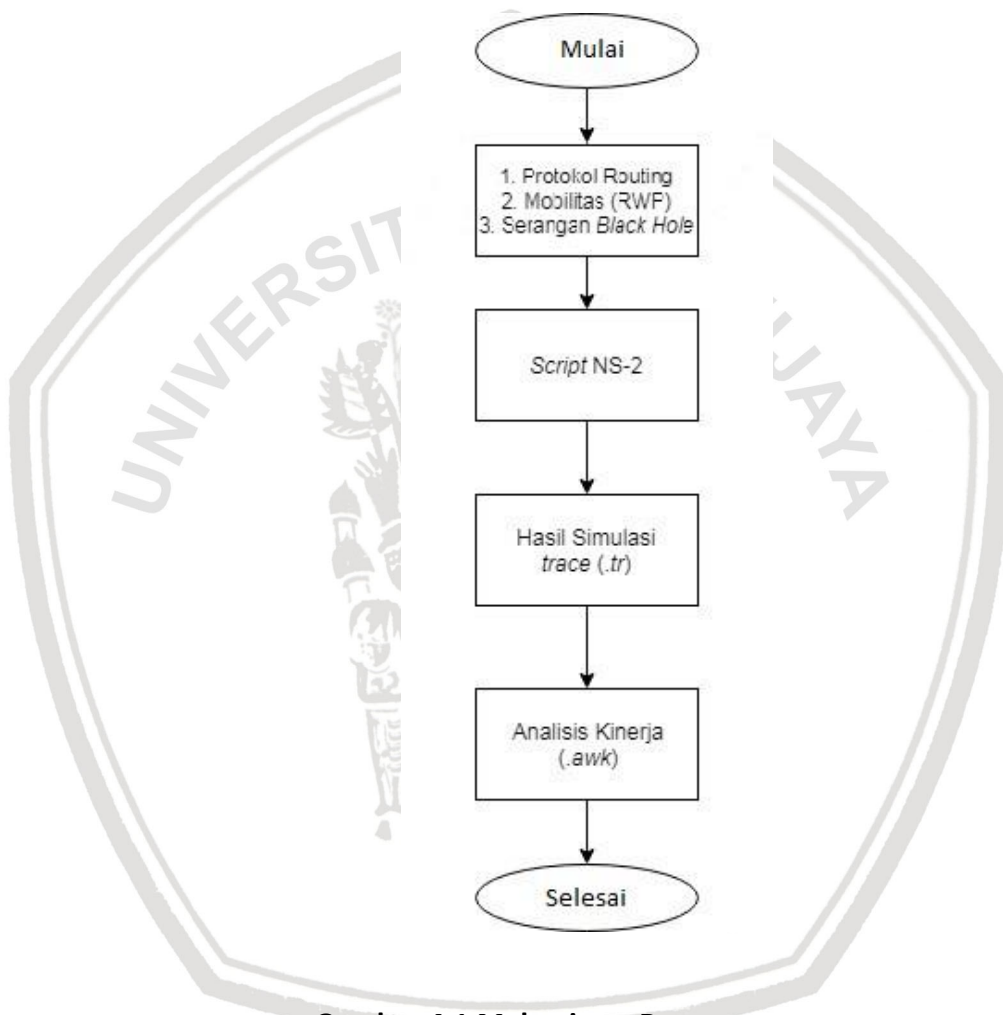
Pada bagian ini kesimpulan dan jawaban dari rumusan masalah. Sedangkan saran untuk pengembangan lebih lanjut pada penelitian ini diharapkan akan menjadi lebih baik.

BAB IV

Perancangan Dan Implementasi

4.1 Perancangan Sistem

Simulasi ini menggunakan *software network simulator 2* dan menggunakan dua *routing protocol reactive*, LAR dan DYMO. Awalnya simulasi akan dilakukan tanpa serangan, dan dilanjutkan dengan menambahkan serangan pada masing-masing *routing protocol*. Kemudian akan dibandingkan kinerja dari dua *protocol* tersebut.



Gambar 4.1 Mekanisme Rancangan

Gambar 4.1 yaitu Tahap awal dimulai dengan merancang *protocol*, *mobility*, dan *black hole attacks* yang digunakan. Rancangan tersebut kemudian disatukan dalam sebuah *script NS-2*. Proses selanjutnya akan mendapatkan hasil dari simulasi berupa *trace file*. Untuk mengetahui nilai dari hasil simulasi maka dilakukan analisis kinerjanya menggunakan *awk file*, yang di dalamnya terdapat parameter pengujian yakni *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

4.1.1 Parameter Simulasi

Perancangan simulasi dimulai dengan melakukan penginisialisasian terhadap parameter-parameter yang akan digunakan.

Tabel 4.1 Parameter Simulasi

No	Parameter	Spesifikasi
1.	<i>Network Simulator</i>	NS-2.34
2.	<i>Routing Protocol</i>	LAR dan DYMO
3.	Waktu Simulasi	1000 s
4.	Area Simulasi	1000x1000 m ²
5.	Jumlah <i>Node</i>	50, 60, dan 70 node
6.	Jumlah <i>Node Black Hole</i>	0,2, 4, 6, 8, dan 10 <i>node blackhole</i>
7.	Kecepatan Pergerakan <i>Node</i>	0,5 – 1,5 m/s
8.	Model Pergerakan <i>Node</i>	<i>Random Way Point</i>
9.	Tipe Koneksi	CBR (<i>constant bit rate</i>)
10.	Set Rate	512 kbps
11.	Besar Paket Data	512 bytes
12.	Tipe MAC	<i>Mac/802_11</i>

Tabel 4.1 menjelaskan parameter yang akan digunakan untuk melakukan simulasi yaitu NS-2.34, dengan menggunakan *routing protocol* LAR dan DYMO. Adapun waktu simulasi yang digunakan yaitu menggunakan 50, 60, dan 70 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m². Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan node 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (*constant bit rate*) dan set rate 512 kbps. Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s. Dimana *node* 0 sebagai *node* sumber dan *node* 40 sebagai *node* tujuan. Terdapat variasi jumlah *node* serangan *black hole* yaitu 0,2, 4, 6, 8, 10 *malicious node*.

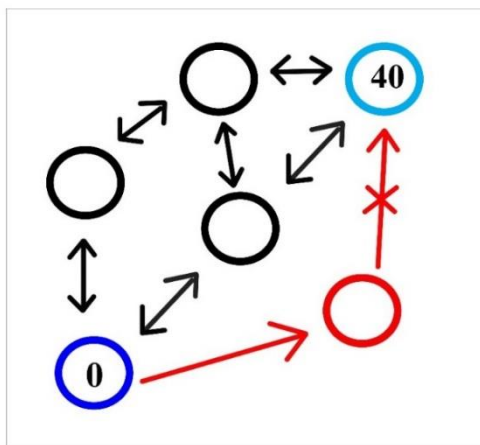
Gambar 4.2 merupakan skenario yang akan digunakan dalam simulasi. Skenario yang akan digunakan antara lain:

a) Simulasi Tanpa Serangan

Masing-masing protocol akan mengirimkan paket data tanpa serangan ke penerima. *Node* berwarna biru dan biru muda sebagai *node* sumber dan *node* tujuan. *Node* berwarna hitam sebagai *node* perantara.

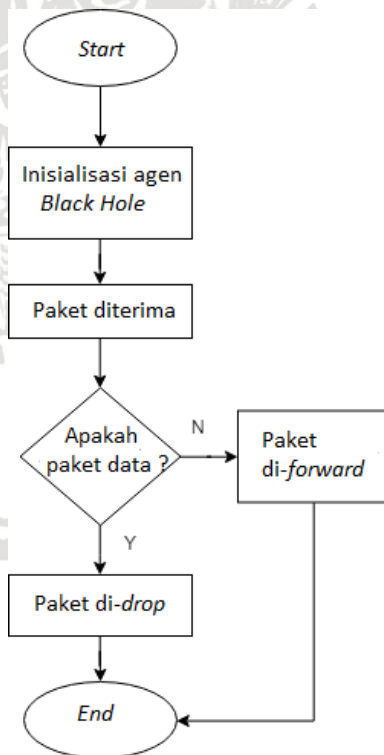
b) Simulasi Dengan Serangan

Kedua protocol mengirimkan paket data dengan serangan yang berasal dari dalam jaringan. Serangan dilakukan dengan penyisipan malicious *node* ke dalam protocol sehingga *node* yang diinisialisasi sebagai penyerang berasal dari dalam jaringan. *Node* berwarna merah sebagai *node black hole*.



Gambar 4.2 Perancangan Topologi

4.1.2 Perancangan Serangan *Black hole*



Gambar 4.3 Mekanisme *Black Hole*

Gambar 4.3 menjelaskan tentang rancangan serangan *black hole*. Tahap awal yaitu menginisialisasi *agent black hole*. Dimana *node black hole* memiliki pergerakan yang sama seperti node lainnya. Pergerakan yang dimaksud yaitu pergerakan *random waypoint*. Adapun variasi jumlah *node serangan black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node*. Saat simulasi serangan dimulai *node* penyerang tidak melakukan usaha untuk masuk dalam rute aktif diantara *node* sumber dan *node* tujuan. Saat paket diterima maka akan dilakukan seleksi apakah paket tersebut termasuk paket data atau paket lainnya (seperti, *routing packet*). Jika paket diidentifikasi merupakan paket data maka akan langsung melancarkan serangan sehingga paket data menuju *node* tujuan akan di-*drop* oleh *node* penyerang. dan sebaliknya jika paket tidak diidentifikasi sebagai paket data maka akan diteruskan ke *node* selanjutnya.

4.2 Implementasi

Pada bagian ini akan menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam proses implementasi serangan *black hole* dalam *routing protocol* LAR dan DYMO pada jaringan manet.

4.2.1 Implementasi Simulasi

Implementasi simulasi dimulai dengan dilakukan penginisialisasian parameter-parameter simulasi yang akan digunakan. Parameter simulasi diimplementasikan menggunakan simulator NS-2.34.

Berikut isi *source code* parameter simulasi, pergerakan *random way point*, dan serangan *black hole* dari *protocol* DYMO.

a. Parameter Simulasi dari Protocol DYMO

```
Source code: Dymo50.tcl
1 set opt(chan) Channel/WirelessChannel ;
2 set opt(prop) Propagation/TwoRayGround ;
3 set opt(netif) Phy/WirelessPhy ;
4 set opt(mac) Mac/802_11 ;
5 set opt(ifq) Queue/DropTail/PriQueue ;
6 set opt(ll) LL ;
7 set opt(ant) Antenna/OmniAntenna ;
8 set opt(ifqlen) 50 ;
9 set opt(adhocRouting) DYMOUM ;
10 set opt(nn) 50 ;
11 set opt(x) 1000 ;
12 set opt(y) 1000 ;
13 set opt(minSpeed) 0.5 ;
14 set opt(maxSpeed) 1.5 ;
15 set opt(minPause) 0.0 ;
16 set opt(maxPause) 0.0 ;
17 set opt(mobility) Static ;
18 set opt(stop) 1000 ;
```

Source Code 4.1 Parameter Simulasi Protocol DYMO



Penjelasan:

1. Baris 1-9 inialisasi dari tipe *channel*, model propagasi yang digunakan, tipe jaringan *interface*, tipe *mac*, tipe *queue interface*, tipe *link layer*, model antenna yang digunakan, dan jumlah ukuran paket *node* yang digunakan.
2. Baris 10 inialisasi dari protokol *routing* yang akan digunakan.
3. Baris 11 inialisasi dari jumlah mobile *node* yang akan digunakan yakni 50, 60, dan 70.
4. Baris 13-14 mendefinisikan luas area jaringan sumbu X dan sumbu Y.
5. Baris 15-16 inialisasi dari min dan max speed.
6. Baris 17-18 mendefinisikan min dan max pause.
7. Baris 19 mendefinisikan model dari *mobility* yaitu *static*.
8. Baris 20 mendefinisikan waktu simulasi akan berakhir.

b. Posisi dan Kecepatan Node

```

Source code: Dymo50.tcl
1 # Mobility model: x node position [m]
2 set genNodeX [new RNG]
3 $genNodeX seed [expr [$randomSeed value]]
4 set randomNodeX [new RandomVariable/Uniform]
5 $randomNodeX use-rng $genNodeX
6 $randomNodeX set min_ 1.0
7 $randomNodeX set max_ [expr $opt(x) - 1.0]
8 # Mobility model: y node position [m]
9 set posNodeY [new RNG]
10 $posNodeY seed [expr [$randomSeed value]]
11 set randomNodeY [new RandomVariable/Uniform]
12 $randomNodeY use-rng $posNodeY
13 $randomNodeY set min_ 1.0
14 $randomNodeY set max_ [expr $opt(y) - 1.0]
15 # Mobility model: node speed [m/s]
16 set genNodeSpeed [new RNG]
17 $genNodeSpeed seed [expr [$randomSeed value]]
18 set randomNodeSpeed [new RandomVariable/Uniform]
19 $randomNodeSpeed use-rng $genNodeSpeed
20 $randomNodeSpeed set min_ $opt(minSpeed)
21 $randomNodeSpeed set max_ $opt(maxSpeed)
22 # Mobility model: node movement pause [s]
23 set genNodePause [new RNG]
24 $genNodePause seed [expr [$randomSeed value]]
25 set randomNodePause [new RandomVariable/Uniform]
26 $randomNodePause use-rng $genNodePause
27 $randomNodePause set min_ $opt(minPause)
28 $randomNodePause set max_ $opt(maxPause)
29 if {$opt(mobility) == "Static"} {
30     for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
31         set X [expr [$randomNodeX value] ]
32         $node_($i) set X_ $X
33         set Y [expr [$randomNodeY value] ]

```

```
Source code: Dymo50.tcl
34     $node_($i) set Y_ $Y
35     $node_($i) set Z_ 0.0
36     $ns_ initial_node_pos $node_($i) 20
37     }
38   }
39   for {set i 0} {$i < $opt(mn)} {incr i} {
40     set xx_ [$randomNodeX value]
41     set yy_ [$randomNodeY value]
42     set spd_ [$randomNodeSpeed value]
43     $ns_ at 0 "$node_($i) setdest $xx_ $yy_ $spd_" ;
44   }
```

Source Code 4.2 Posisi dan Kecepatan Node

Penjelasan:

1. Baris 1-7 menghasilkan posisi *node* dari koordinat x pada node.
2. Baris 8-14 menghasilkan posisi *node* dari koordinat y pada node.
3. Baris 15-21 menghasilkan *node speed* dari minimal *speed* dan maksimal *speed*.
4. Baris 22-28 menghasilkan *node movement pause* dari minimal pause dan maksimal pause.
5. Baris 29 kondisi dimana mobility sama dengan static.
6. Baris 30-35 mendefinisikan fungsi perulangan untuk posisi node dimulai dari node 0. Nilai X dan Y diambil dari koordinat X dan Y yang telah dibuat sebelumnya.
7. Baris 36 ukuran node yang akan tampil pada *network animator* (NAM).
8. Baris 39-44 menentukan tujuan dan kecepatan dari nilai koordinat X dan Y yang telah ditetapkan.

c. Serangan Black Hole

```
Source code: Black Hole Attacks
1  ##dymo_um.h
2  bool malicious;
3  ##dymo_um.cc
4  malicious = false;
5  ##
6  if (strcasecmp(argv[1], "hacker") == 0) {
7      malicious = true;
8      return TCL_OK;
9  }
10 ##
11 if (malicious == true) {
12     drop(p, DROP_RTR_BLACK HOLE); //BLACK
13 HOLE
14     return;
15 }
16 ##cmu-trace.h
17 #define DROP_RTR_BLACK HOLE "HOLE"
```



Source code: Black Hole Attacks	
18	##dymo.tcl
19	\$ns_ at 0.0 "[\$node_(2) set ragent_] hacker"

Source Code 4.3 Serangan Black Hole





Penjelasan:

1. Baris 2 mendefinisikan variable malicious.
2. Baris 4 inialisasi ini diperlukan agar seluruh node dalam jaringan tidak memiliki *black hole* dalam inialisasi awalnya.
3. Baris 6-9 proses string compare pada nilai argv[1] dengan char hacker, jika nilainya 0 maka variable malicious akan bernilai true dan tcl dapat di jalankan.
4. Baris 11-15 jika malicious bernilai true maka *drop* seluruh paket yang masuk ke dalam agen hacker dengan alasan sebagai *Black hole*.
5. Baris 17 mendefinisikan variable DROP_RTR_BLACK HOLE
6. Baris 19 mendefinisikan node 2 sebagai agen dari *hacker*.
7. Setelah melakukan konfigurasi, serangan *black hole* siap di simulasikan.

d. Topologi Simulasi Dengan Banyak Node

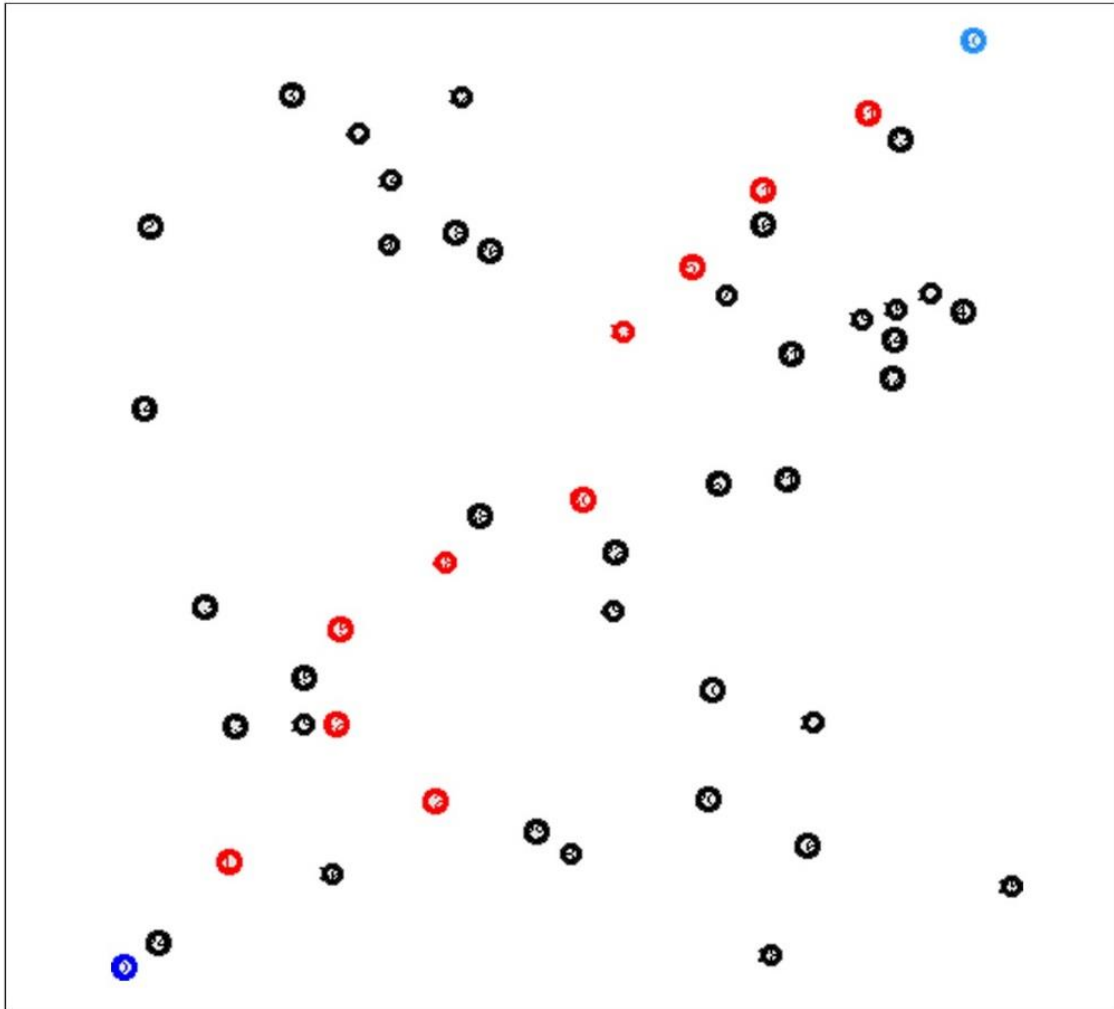
Berikut adalah gambaran topologi dari simulasi menggunakan *software network simulator 2*. Implementasi dilakukan dengan menggunakan 50, 60, 70 node dan 2, 4, 6, 8, 10 *malicious node*.

Tabel 4.2 Keterangan Node

	Node Sumber
	Node Tujuan
	Node <i>Black hole</i>
	Node Perantara

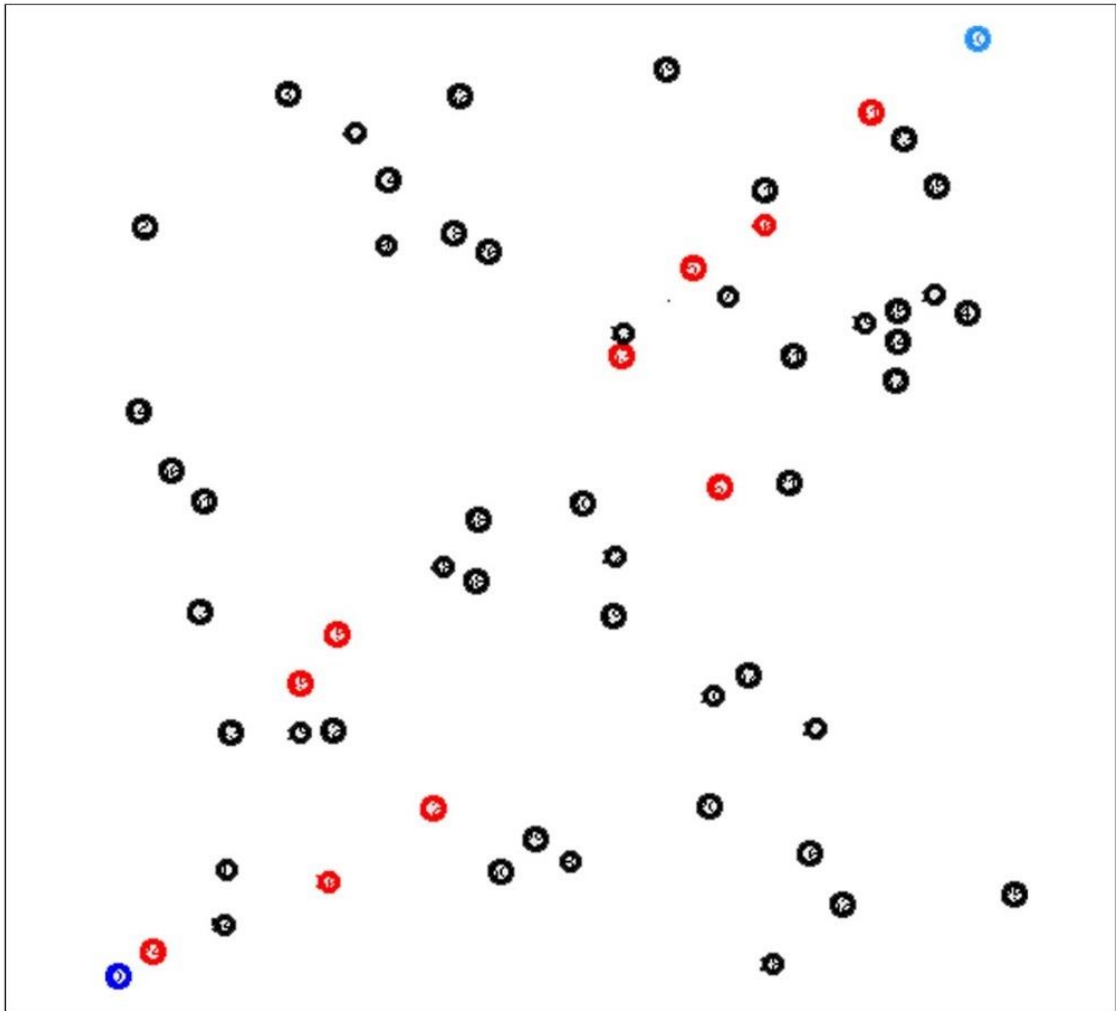
Tabel 4.2 menjelaskan keterangan node pada topologi yang telah dibuat. *Node* berwarna biru dan biru muda sebagai *node* sumber dan *node* tujuan. Sedangkan *node* berwarna merah dan hitam sebagai *node* blackhole dan *node* perantara.





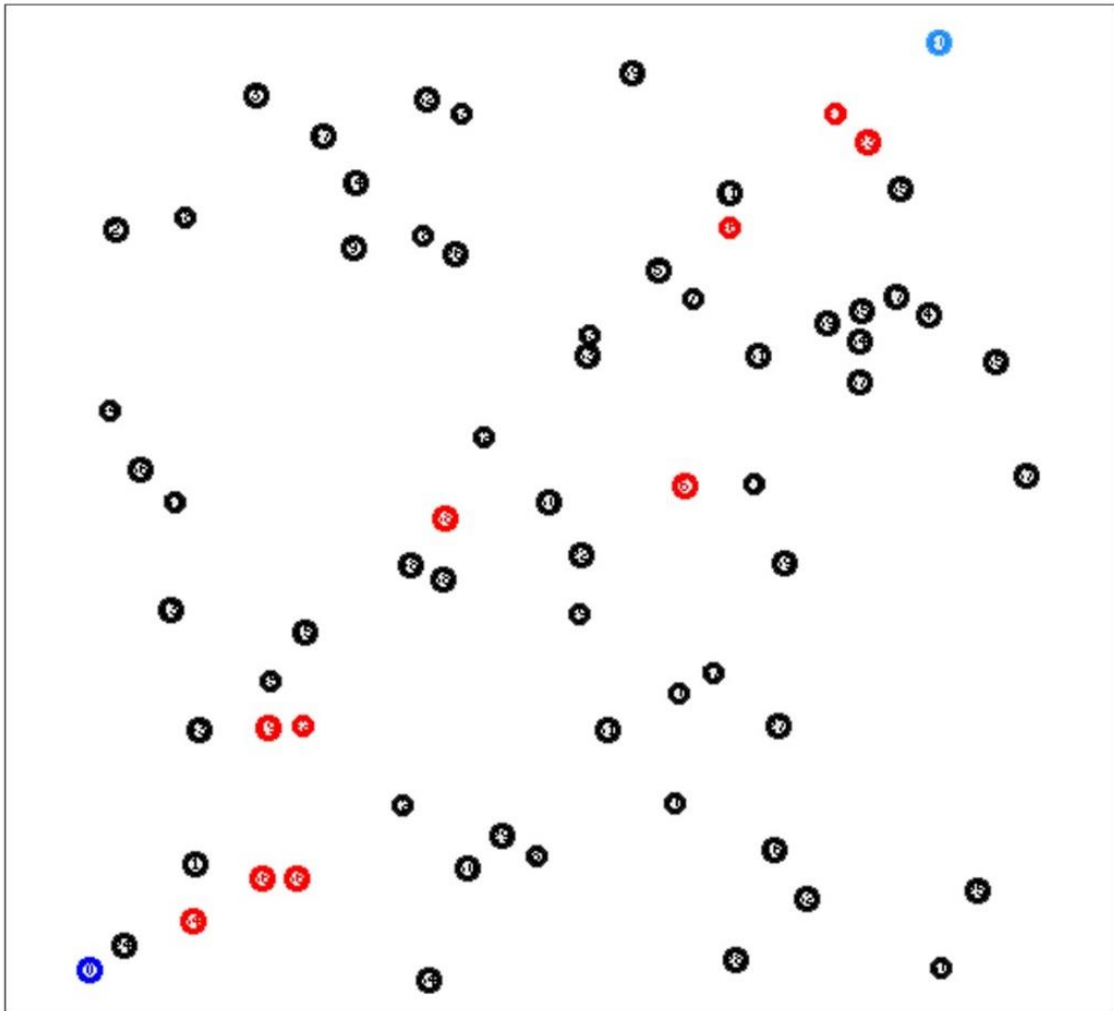
Gambar 4.4 Topologi Simulasi dengan 50 node

Gambar 4.4 merupakan topologi dari simulasi dengan menggunakan 50 node dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan node *random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan node 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s. Dimana node 0 sebagai node sumber dan node 40 sebagai node tujuan. Terdapat variasi jumlah node serangan *black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 malicious node. Tujuan skenario ini adalah untuk melihat respon kedua *routing protocol* dalam menangani perubahan jumlah node *black hole* yang terjadi dalam jaringan.



Gambar 4.5 Implementasi Simulasi dengan 60 Node.

Pada gambar 4.5 merupakan topologi dari simulasi dengan menggunakan 60 node dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan node *random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan node 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s. Dimana node 0 sebagai node sumber dan node 40 sebagai node tujuan. Terdapat variasi jumlah node serangan *black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 malicious node. Tujuan skenario ini adalah untuk melihat respon kedua *routing protocol* dalam menangani perubahan jumlah node *black hole* yang terjadi dalam jaringan.



Gambar 4.6 Implementasi Simulasi dengan 70 Node.

Pada gambar 4.6 merupakan topologi dari simulasi dengan menggunakan 70 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan node 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s. Dimana *node 0* sebagai *node sumber* dan *node 40* sebagai *node tujuan*. Terdapat variasi jumlah *node serangan black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *malicious node*. Tujuan skenario ini adalah untuk melihat respon kedua *routing protocol* dalam menangani perubahan jumlah *node black hole* yang terjadi dalam jaringan.

4.2.2 Implementasi Pengujian

Proses menghitung dari parameter pengujian *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*. Untuk membaca file *trace* digunakanlah file *awk*, yang didalamnya terdapat formula dari parameter pengujian *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*. Berikut source code dari file *awk*:

a. Packet Delivery Ratio

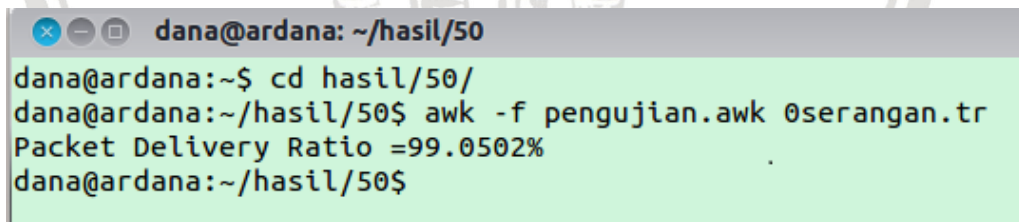
```
Source code: Packet Delivery Ratio
1 BEGIN {
2     sends=0;
3     recvs=0;
4 }
5 {
6 # PDR
7 if (($1 == "s") && ( $7 == "cbr" ) && ( $4=="AGT" )) {
8 sends++; }
9 if ( ( $1 == "r" ) && ( $7 == "cbr" ) && ( $4=="AGT" )) {
10 recvs++; }
11 }
12 END {
13 print "Packet Delivery Ratio =" recvs/(sends)*100"%";
14 }
```

Source Code 4.4 Packet Delivery Ratio

Penjelasan:

1. Baris 1-4 inialisasi dari nilai sends dan nilai recvs.
2. Baris 7 dan 8 kondisi dimana data yang dikirim apakah bernilai S dan memiliki tipe CBR dan memiliki tipe AGT yang kemudian disimpan pada variable send++
3. Baris 9 dan 10 kondisi dimana data yang dikirim apakah bernilai S dan memiliki tipe CBR dan memiliki tipe AGT yang kemudian disimpan pada variable recvs++
4. Baris 13 menampilkan hasil akhir perhitungan *packet delivery ratio*.

Gambar 4.7 menjalankan program *packet delivery ratio* dengan format *file* AWK.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Packet Delivery Ratio

b. Average End To End Delay

```
Source Code : Average End To delay
1 BEGIN {
2     seqno = -1;
3     count = 0;
4 }
5 {
```



```

Source Code : Average End To delay
6  if($4 == "AGT" && $1 == "s" && seqno < $6) {
7      seqno = $6;
8  #end-to-end delay
9      if($4 == "AGT" && $1 == "s") {
10     start_time[$6] = $2;
11 } else if( ($4 == "AGT") && ($7 == "cbr") && ($1 == "r")) {
12     end_time[$6] = $2;
13 } else if($1 == "D" && $7 == "cbr") {
14     end_time[$6] = -1;
15 }
16 }
17 END {
18     for(i=0; i<=seqno; i++) {
19         if(end_time[i] > 0) {
20             delay[i] = end_time[i] - start_time[i];
21             count++;
22         }
23         else
24         {
25             delay[i] = -1;
26         }
27     }
28     for(i=0; i<=seqno; i++) {
29         if(delay[i] > 0) {
30             n_to_n_delay = n_to_n_delay + delay[i];
31         }
32     }
33 }
34 n_to_n_delay = n_to_n_delay/count;
35 print "Average End to End Delay = " n_to_n_delay * 1000
36 " ms";
37 }

```

Source Code 4.5 Average End To End Delay

Penjelasan :

1. Baris 1-4 inialisasi dari nilai *variable* seqno dan nilai count.
2. Baris 6-7 berfungsi untuk mendapatkan variable seqno. Bertujuan untuk mendapatkan *sequence number* paket yang terakhir dikirim.
3. Baris 9-10 untuk mengecek baris pada kolom *network trace file*, yaitu kolom ke 4 dan ke 1 apakah bernilai s, dan AGT.
4. Baris 11-12 kondisi untuk mengecek baris pada kolom *network trace file*, yaitu kolom ke 4, 7, dan ke 1 apakah bernilai AGT, CBR, dan r.
5. Baris 13-14 kondisi untuk mengecek baris pada kolom *network trace file*, yaitu kolom ke 1 dan ke 7 apakah bernilai D dan CBR.

6. Baris 17-21 akhir dari pengumpulan data yang ditandai dengan END. Proses perhitungan estimasi waktu paket yang terkirim dilakukan dengan mengurangi waktu *end_time* dengan *start_time*.
7. Baris 23-25 untuk mengisi paket berstatus delay dengan nilai -1.
8. Baris 28-31 menjumlahkan seluruh waktu paket terkirim yang disimpan pada variable *array delay*.
9. Baris 34-36 menampilkan hasil rata-rata waktu *end-to-end delay* dengan membagi jumlah hasil total delay.

Gambar 4.8 Menjalankan kode program *average end to end delay* dengan format file AWK.

```

dana@ardana: ~/hasil/50
dana@ardana:~/hasil/50$ awk -f e2edelay.awk 0serangan.tr
Average End-to-End Delay = 23.5049 ms
dana@ardana:~/hasil/50$
    
```

Gambar 4.8 Hasil Pengujian *Average End To End Delay*

c. Normalized Routing Load

```

Source code: Normalized Routing Load
1 BEGIN{
2   recvd = 0;
3   rt_pkts = 0;
4 }
5 {
6   ##Check if it is a data packet
7   if (( $1 == "r" ) && ( $7 == "cbr" ) && ( $4=="AGT" )) recvd++;
8   ##Check if it is a routing packet
9   if (( $1 == "s" || $1 == "f" ) && $4 == "RTR" && ( $7
10  == "DYMOUM" )) rt_pkts++;
11 }
12 END{
13 printf("Normalized Routing Load = %.3f\n", rt_pkts/recvd);
14 }
    
```

Source Code 4.6 Normalized Routing Load

Penjelasan:

1. Baris 1-4 inisialisasi dari nilai variable *recvd* dan *rt_pkts*.
2. Baris 6-7 kondisi untuk mengecek seluruh baris pada kolom *network trace file*, yakni kolom 1,7, dan 4 apakah r, CBR, dan AGT.
3. Baris 9-10 kondisi untuk status pada kolom ke 1 apakah bernilai s (*send*) ataukah f (*forwarded*), dan kolom ke 4 RTR (*routing request*).
4. Baris ke 12-14 menampilkan hasil perhitungan *normalized routing load* dengan membagi variable *rt_pkts* dengan *recvd*.



Gambar 4.7 Menjalankan kode program *normalized routing load* dengan format file AWK.

```
dana@ardana: ~/hasil/50
dana@ardana:~/hasil/50$ awk -f ro.awk 0serangan.tr
Normalized Routing Load = 0.398
dana@ardana:~/hasil/50$
```

Gambar 4.9 Implementasi Pengujian *Normalized Routing Load*



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian

Bagian ini membahas hasil pengujian dari *routing protocol* LAR dan DYMO. Pengujian dilakukan dengan serangan *black hole* dan tanpa menggunakan serangan *black hole* dengan parameter pengujian yakni *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

5.1.1 Hasil Pengujian 50 Node

Hasil dari pengujian dengan membandingkan *routing protocol* LAR dan DYMO. Jumlah *node* yang digunakan yaitu 50 *node* dengan parameter *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

5.1.1.1 Packet Delivery Ratio

Hasil pengujian dari nilai *packet delivery ratio* untuk skenario 50 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.1 Packet Delivery Ratio 50 Node

Jumlah black hole	Packet Delivery Ratio (%)	
	LAR 50 node	DYMO 50 node
0 node	91,33	99,05
2 node	77,78	83,55
4 node	64,38	78,68
6 node	57,73	65,68
8 node	47,00	25,74
10 node	16,95	17,85

Tabel 5.1 menjabarkan nilai *packet delivery ratio* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 91,33 %. Untuk 2 *node black hole*, 77,78 %. Untuk 4 *node black hole*, 64,38 %. Untuk 6 *node black hole*, 57,73 %. Untuk 8 *node black hole*, 47,00 %. Untuk 10 *node black hole*, 16,95 %. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 99,05 %. Untuk 2 *node black hole*, 83,55 %. Untuk 4 *node black hole*, 78,68 %. Untuk 6 *node black hole*, 65,68 %. Untuk 8 *node black hole*, 25,74

%. Untuk 10 *node black hole*, 17,85 %. Dari tabel tersebut variasi dari jumlah serangan *black hole* menunjukkan penurunan terhadap nilai *packet delivery ratio* dari kedua *routing protocol*.

5.1.1.2 Average End to End Delay

Hasil pengujian dari nilai *average end to end delay* untuk skenario 50 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5. 2Average End to End Delay 50 Node

Jumlah black hole	Average End to End Delay(ms)	
	LAR 50 node	DYMO 50 node
0 node	122,20	23,50
2 node	64,35	19,01
4 node	71,40	19,00
6 node	49,65	16,16
8 node	95,63	36,39
10 node	41,37	27,96

Tabel 5.2 menjabarkan nilai *average end to end delay* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 122,20 ms. Untuk 2 *node black hole*, 64,35 ms. Untuk 4 *node black hole*, 71,40 ms. Untuk 6 *node black hole*, 49,65 ms. Untuk 8 *node black hole*, 95,63 ms. Untuk 10 *node black hole*, 41,37 ms. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 23,50 ms. Untuk 2 *node black hole*, 19,01 ms. Untuk 4 *node black hole*, 19,00 ms. Untuk 6 *node black hole*, 16,16 ms. Untuk 8 *node black hole*, 36,39 ms. Untuk 10 *node black hole*, 27,96 ms. *Average end to end delay* adalah rentang waktu rata-rata yang dibutuhkan sebuah *routing protocol* dalam mengirimkan paket data hingga sampai ke *node* tujuan, ketika melewati *node black hole* paket data akan di-drop, sehingga paket yang di-drop oleh *node black hole* tidak akan dihitung nilai delaynya.

5.1.1.3 Normalized Routing Load

Hasil pengujian dari *normalized routing load* untuk skenario 50 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.3 Normalized Routing Load 50 Node

Jumlah black hole	Normalized Routing Load	
	LAR 50 node	DYMO 50 node
0 node	1,63	0,40
2 node	1,74	0,51
4 node	1,65	0,47
6 node	1,87	0,64
8 node	1,71	0,65
10 node	4,94	1,92

Tabel 5.3 menjabarkan nilai *normalized routing load* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 1,63. Untuk 2 *node black hole*, 1,74. Untuk 4 *node black hole*, 1,65. Untuk 6 *node black hole*, 1,87. Untuk 8 *node black hole*, 1,71. Untuk 10 *node black hole*, 4,94. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 0,40. Untuk 2 *node black hole*, 0,51. Untuk 4 *node black hole*, 0,47. Untuk 6 *node black hole*, 0,64. Untuk 8 *node black hole*, 0,65. Untuk 10 *node black hole*, 1,92. Dari tabel tersebut variasi dari jumlah serangan *black hole* menunjukkan kenaikan terhadap nilai *normalized routing load* dari kedua *routing protocol*.

5.1.2 Hasil Pengujian 60 Node

Hasil dari pengujian dengan membandingkan *routing protocol* LAR dan DYMO. Jumlah *node* yang digunakan yaitu 60 *node* dengan parameter *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

5.1.2.1 Packet Delivery Ratio

Hasil pengujian dari nilai *packet delivery ratio* untuk skenario 60 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.4 Packet Delivery Ratio 60 Node

Jumlah black hole	Packet Delivery Ratio (%)	
	LAR 60 node	DYMO 60 node
0 node	91,60	94,35

Jumlah black hole	Packet Delivery Ratio (%)	
	LAR 60 node	DYMO 60 node
2 node	77,55	86,73
4 node	64,25	71,43
6 node	57,98	64,03
8 node	35,58	25,82
10 node	18,78	8,27

Tabel 5.4 menjabarkan nilai *packet delivery ratio* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 91,60 %. Untuk 2 *node black hole*, 77,55 %. Untuk 4 *node black hole*, 64,25 %. Untuk 6 *node black hole*, 57,98 %. Untuk 8 *node black hole*, 35,58 %. Untuk 10 *node black hole*, 18,78 %. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 94,35 %. Untuk 2 *node black hole*, 86,73 %. Untuk 4 *node black hole*, 71,43 %. Untuk 6 *node black hole*, 64,03 %. Untuk 8 *node black hole*, 25,82 %. Untuk 10 *node black hole*, 8,27 %. Dari tabel tersebut variasi dari jumlah serangan *black hole* menunjukkan penurunan terhadap nilai *packet delivery ratio* dari kedua *routing protocol*.

5.1.2.2 Average End to End Delay

Hasil pengujian dari nilai *average end to end delay* untuk skenario 60 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.5 Average End to End Delay 60 Node

Jumlah black hole	Average End to End Delay(ms)	
	LAR 60 node	DYMO 60 node
0 node	80,73	27,87
2 node	79,38	26,87
4 node	84,04	25,68
6 node	85,21	22,99

Jumlah black hole	Average End to End Delay(ms)	
	LAR 60 node	DYMO 60 node
8 node	34,81	25,34
10 node	71,56	41,09

Tabel 5.5 menjabarkan nilai *average end to end delay* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 80,73 ms. Untuk 2 *node black hole*, 79,38 ms. Untuk 4 *node black hole*, 84,04 ms. Untuk 6 *node black hole*, 85,21 ms. Untuk 8 *node black hole*, 34,81 ms. Untuk 10 *node black hole*, 71,56 ms. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 27,87 ms. Untuk 2 *node black hole*, 26,87 ms. Untuk 4 *node black hole*, 25,68 ms. Untuk 6 *node black hole*, 22,99 ms. Untuk 8 *node black hole*, 25,34 ms. Untuk 10 *node black hole*, 41,09 ms. *Average end to end delay* adalah rentang waktu rata-rata yang dibutuhkan sebuah *routing protocol* dalam mengirimkan paket data hingga sampai ke *node tujuan*, ketika melewati *node black hole* paket data akan di-drop, sehingga paket yang di-drop oleh *node black hole* tidak akan dihitung nilai delaynya.

5.1.2.3 Normalized Routing Load

Hasil pengujian dari *normalized routing load* untuk skenario 60 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.6 Normalized Routing Load 60 Node

Jumlah black hole	Normalized Routing Load	
	LAR 60 node	DYMO 60 node
0 node	1,88	0,62
2 node	2,56	0,54
4 node	2,74	0,67
6 node	1,93	0,72
8 node	2,51	1,23
10 node	5,32	3,84

Tabel 5.6 menjabarkan nilai *normalized routing load* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 1,88. Untuk 2 *node black hole*, 2,56. Untuk 4 *node black hole*, 2,74. Untuk 6 *node black hole*, 1,93. Untuk 8 *node black hole*, 2,51. Untuk 10 *node black hole*, 5,32. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 0,62. Untuk 2 *node black hole*, 0,54. Untuk 4 *node black hole*, 0,67. Untuk 6 *node black hole*, 0,72. Untuk 8 *node black hole*, 1,23. Untuk 10 *node black hole*, 3,84. Dari tabel tersebut variasi dari jumlah serangan *black hole* menunjukkan kenaikan terhadap nilai *normalized routing load* dari kedua *routing protocol*.

5.1.3 Hasil Pengujian 70 Node

Hasil dari pengujian dengan membandingkan *routing protocol* LAR dan DYMO. Jumlah *node* yang digunakan yaitu 70 *node* dengan parameter *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

5.1.3.1 Packet Delivery Ratio

Hasil pengujian dari nilai *packet delivery ratio* untuk skenario 70 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.7 Packet Delivery Ratio 70 Node

Jumlah black hole	Packet Delivery Ratio (%)	
	LAR 70 node	DYMO 70 node
0 node	94,88	98,45
2 node	79,93	86,28
4 node	67,10	72,96
6 node	59,65	67,06
8 node	27,68	22,84
10 node	18,38	1,90

Tabel 5.7 menjabarkan nilai *packet delivery ratio* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 94,88 %. Untuk 2 *node black hole*, 79,93 %. Untuk 4 *node black hole*, 67,10 %. Untuk 6 *node black hole*, 59,65 %. Untuk 8 *node black hole*, 27,68 %. Untuk 10 *node black hole*, 18,38 %. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 98,45 %. Untuk 2 *node black hole*, 86,28 %. Untuk 4 *node black hole*, 72,96 %. Untuk 6 *node black hole*, 67,06 %. Untuk 8 *node black hole*, 22,84 %. Untuk 10 *node black hole*, 1,90 %. Dari tabel tersebut variasi dari jumlah

serangan *black hole* menunjukkan penurunan terhadap nilai *packet delivery ratio* dari kedua *routing protocol*.

5.1.3.2 Average End to End Delay

Hasil pengujian dari nilai *average end to end delay* untuk skenario 70 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.8 Average End to End Delay 70 Node

Jumlah black hole	Average End to End Delay(ms)	
	LAR 70 node	DYMO 70 node
0 node	82,05	25,81
2 node	112,61	26,01
4 node	70,00	23,37
6 node	74,83	23,60
8 node	53,51	13,36
10 node	52,85	13,34

Tabel 5.8 menjabarkan nilai *average end to end delay* dari *routing protocol* LAR pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 82,05 ms. Untuk 2 *node black hole*, 112,61 ms. Untuk 4 *node black hole*, 70,00 ms. Untuk 6 *node black hole*, 74,83 ms. Untuk 8 *node black hole*, 53,51 ms. Untuk 10 *node black hole*, 52,85 ms. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 *node* atau tanpa menggunakan *node black hole*, 25,81 ms. Untuk 2 *node black hole*, 26,01 ms. Untuk 4 *node black hole*, 23,37 ms. Untuk 6 *node black hole*, 23,60 ms. Untuk 8 *node black hole*, 13,36 ms. Untuk 10 *node black hole*, 13,34 ms. *Average end to end delay* adalah rentang waktu rata-rata yang dibutuhkan sebuah *routing protocol* dalam mengirimkan paket data hingga sampai ke *node tujuan*, ketika melewati *node black hole* paket data akan di-drop, sehingga paket yang di-drop oleh *node black hole* tidak akan dihitung nilai delaynya.

5.1.3.3 Normalized Routing Load

Hasil pengujian dari *normalized routing load* untuk skenario 70 *node* dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.

Tabel 5.9 Normalized Routing Load 70 Node

Jumlah black hole	Normalized Routing Load	
	LAR 70 node	DYMO 70 node
0 node	2,50	0,70
2 node	2,32	0,68
4 node	2,83	0,59
6 node	3,18	0,67
8 node	2,51	0,58
10 node	2,7	6,95

Pada tabel 5.9 nilai *normalized routing load* dari *routing protocol* LAR pada 0 node atau tanpa menggunakan *node black hole*, 2,50. Untuk 2 *node black hole*, 2,32. Untuk 4 *node black hole*, 2,83. Untuk 6 *node black hole*, 3,18. Untuk 8 *node black hole*, 2,51. Untuk 10 *node black hole*, 2,7. Sedangkan dari *routing protocol* DYMO pada 0 node atau tanpa menggunakan *node black hole*, 0,70. Untuk 2 *node black hole*, 0,68. Untuk 4 *node black hole*, 0,59. Untuk 6 *node black hole*, 0,67. Untuk 8 *node black hole*, 0,58. Untuk 10 *node black hole*, 6,95. Dari tabel tersebut variasi dari jumlah serangan *black hole* menunjukkan kenaikan terhadap nilai *normalized routing load* dari kedua *routing protocol*.

5.2 Analisis

Bagian ini membahas analisis dari hasil percobaan yang telah dilakukan. Analisis dapat dilakukan dengan melihat grafik. Parameter pengujian yang akan dianalisis yaitu *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

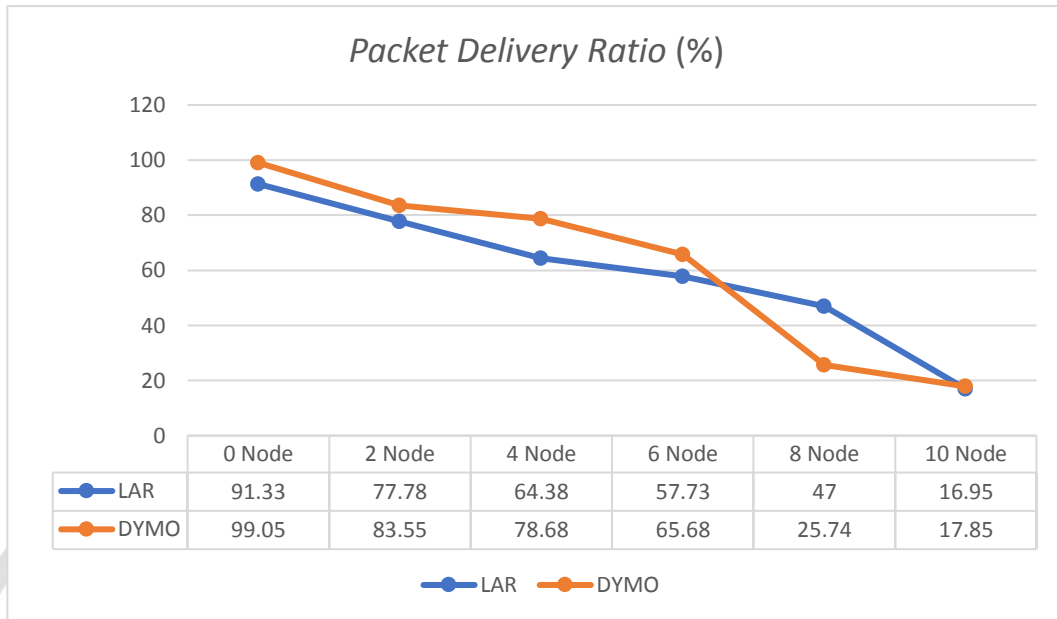
5.2.1 Analisis Pengujian 50 Node

Analisis dari pengujian tanpa adanya serangan *black hole*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan *routing protocol* LAR dan DYMO. Jumlah *node* yang digunakan yaitu 50 dengan parameter *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

5.2.1.1 Packet Delivery Ratio

Analisis pengujian dari nilai *packet delivery ratio* untuk skenario 50 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant

bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



Gambar 5.1 Analisis *Packet Delivery Ratio* 50 *Node*

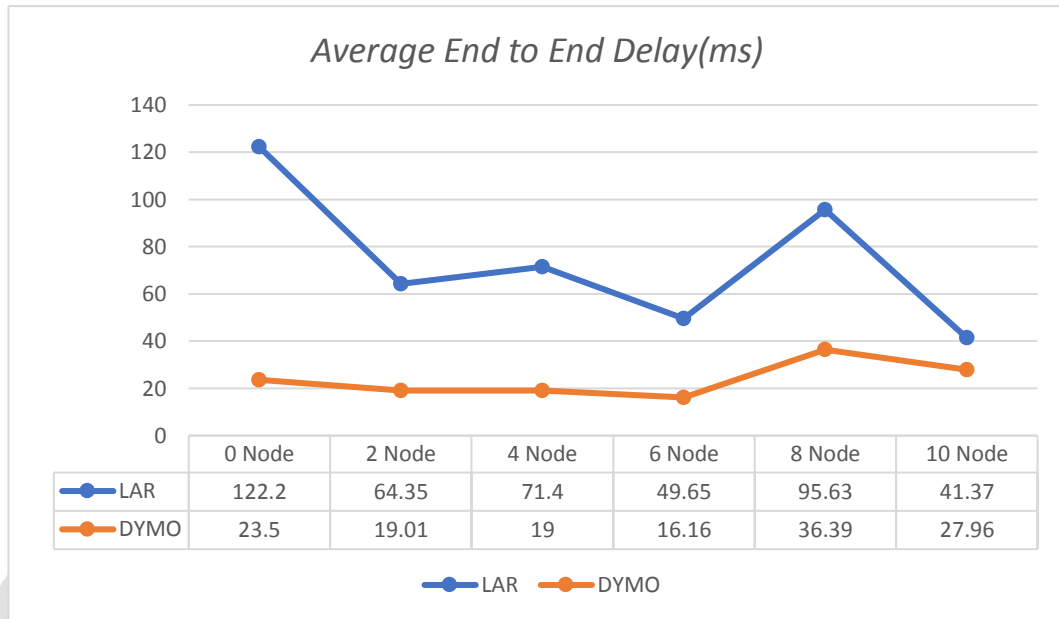
Gambar 5.1 merupakan hasil pengujian sebelum serangan *black hole* mempunyai *packet delivery ratio* tidak pernah kurang dari 90 % dari setiap *node* yang diujikan. Sedangkan hasil pengujian setelah serangan *black hole* secara umum mengalami penurunan seiring dengan variasi jumlah *node black hole*. Dilihat dari grafik diatas *protocol* DYMO mengalami penurunan pada 8 *node* yaitu 25,74 % dikarenakan saat proses *dropping* paket, *drop* paket data yang dilakukan pada setiap *node* berbeda-beda sedangkan *protocol* LAR mengalami penurunan dengan nilai 16,95 % pada 10 *node black hole*. Secara keseluruhan *protocol* DYMO lebih baik dibandingkan *protocol* LAR, karena cara kerja *routing* DYMO lebih cepat menemukan jalur baru saat terjadinya perubahan jumlah *node black hole* dengan memanfaatkan fitur *path accumulation*. Sedangkan *protocol* LAR saat terjadinya perubahan jumlah *node black hole* memungkinkan terjadinya link failure sehingga *routing protocol* LAR harus kembali mem-*broadcast* RREQ untuk mendapatkan rute ke *node* tujuan.

5.2.1.2 Average End to End Delay

Analisis pengujian dari nilai *average end to end delay* untuk skenario 50 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant



bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



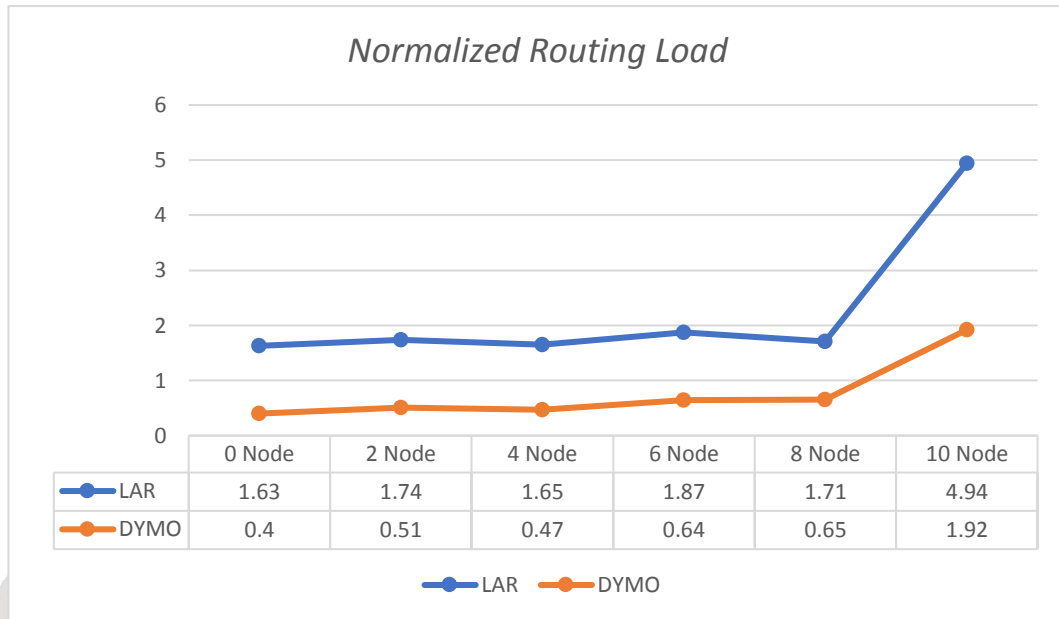
Gambar 5.2 Analisis Average End to End delay 50 Node

Gambar 5.2 merupakan hasil pengujian sebelum serangan *black hole protocol* LAR mempunyai nilai *average end to end delay* yang tinggi sebesar 122,2 dan 95,63 ms. *Routing protocol* LAR memiliki delay yang lebih besar dikarenakan terlalu banyaknya *route request* yang di-*broadcast* ke *node* tetangga. Selain itu dipengaruhi dari kepadatan jaringan dimana besar *delay* yang dihasilkan tiap paket berbeda. Sedangkan *protocol* DYMO nilai *average end to end delay* yang tinggi sebesar 36,39 ms pada 8 *node black hole*. *Routing protocol* DYMO memiliki delay yang cenderung stabil. Hal ini disebabkan oleh karakteristik DYMO yang memiliki design yang lebih simple dan juga menyederhanakan implementasi *protocol*. Jika terjadi link-failure maka paket update yang disebarkan tidak banyak, cukup dikirimkan pada *node* yang sebelumnya telah membentuk rute sehingga lebih cepat dalam menemukan rute kembali.

5.2.1.3 Normalized Routing Load

Analisis pengujian dari *normalized routing load* untuk skenario 50 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan node 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate).

Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



Gambar 5.3 Analisis *Normalized Routing Load* 50 *Node*

Gambar 5.3 merupakan hasil pengujian parameter *normalized routing load* dari *protocol* LAR dan DYMO mengalami kenaikan pada 10 *node black hole* sebesar 4,94 dan 1,92. Nilai *normalized routing load* dari kedua *routing protocol* memiliki trend grafik yang *fluktuatif* naik, hal ini dapat disebabkan karena LAR dan DYMO merupakan *routing protocol* yang reaktif yang pembentukan tabel *routing* jika ada permintaan pembuatan route link baru atau perubahan link dan bertambahnya jumlah *node black hole*.

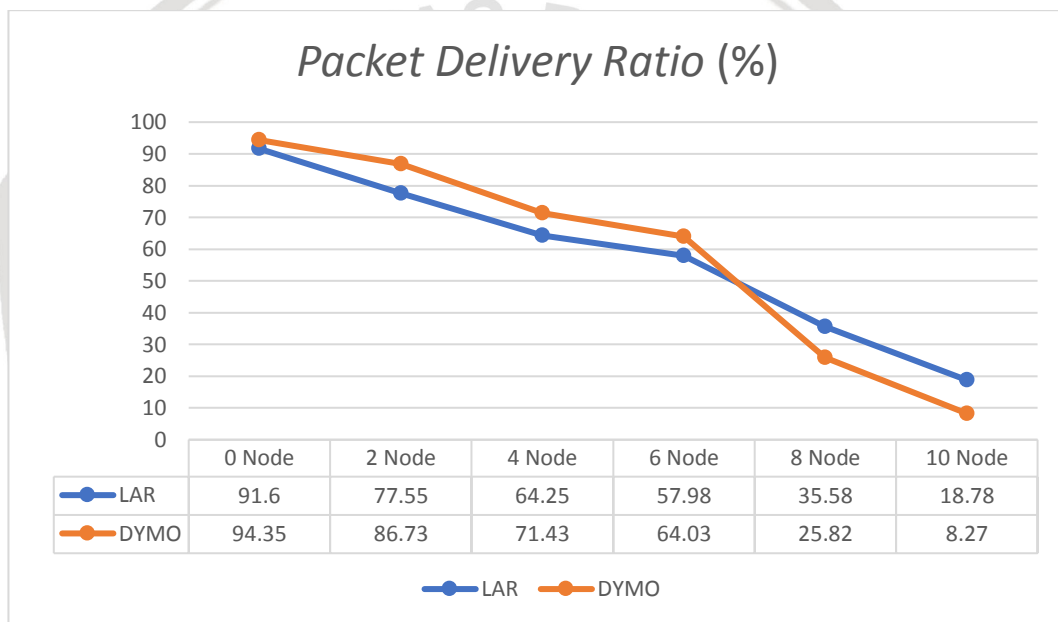
Routing protocol LAR memiliki nilai NRL yang lebih tinggi dikarenakan *routing protocol* LAR menggunakan flooding untuk menemukan rute dan mengirim paket ke *node* tujuan. Berbeda dengan DYMO *route discovery* hanya dilakukan jika *node* ingin mengirim data. Hal tersebut tentunya mengurangi kepadatan *traffic* pada jaringan. Ketika terjadi link-failure, paket error tidak disebarkan ke semua tetangga, namun hanya pada *node* yang telah membentuk jalur sebelumnya sehingga *node* tidak perlu mengirimkan paket *routing* (RRER) ke *node* yang tidak terlibat. Hal itu tentunya akan mengurangi dampak *routing overhead* pada jaringan. Sehingga DYMO menghasilkan NRL yang lebih kecil dan stabil walaupun jumlah *node black hole* bertambah.

5.2.2 Hasil Pengujian 60 Node

Analisis dari pengujian dengan membandingkan *routing protocol* LAR dan DYMO. Jumlah *node* yang digunakan yaitu 60 dengan parameter *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.

5.2.2.1 Packet Delivery Ratio

Analisis pengujian dari nilai *packet delivery ratio* untuk skenario 60 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



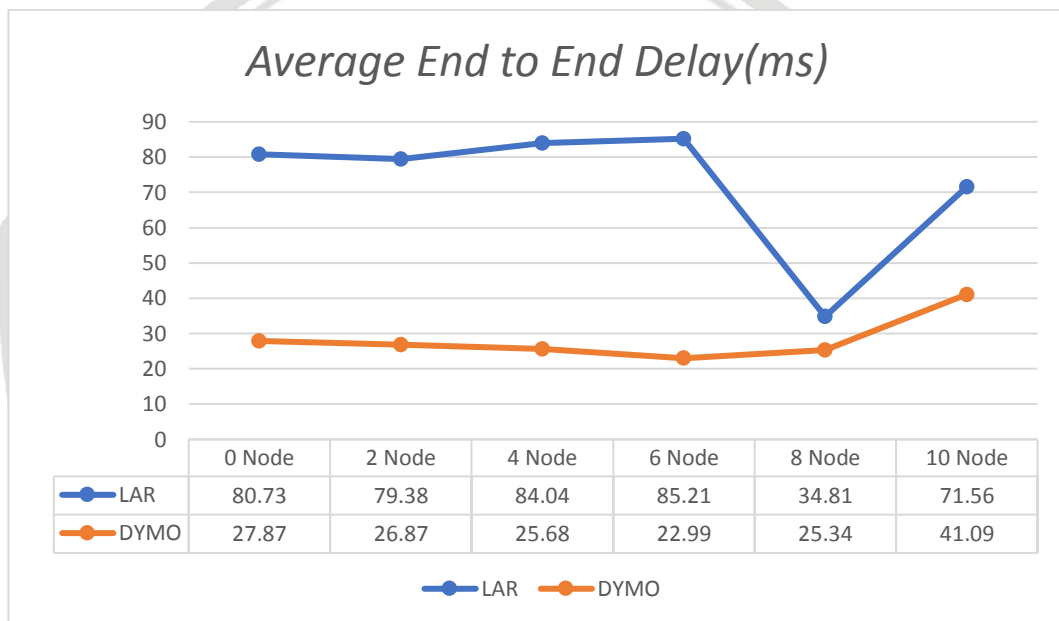
Gambar 5.4 Analisis Packet Delivery Ratio 60 Node

Gambar 5.4 merupakan hasil pengujian sebelum serangan *black hole* mempunyai *packet delivery ratio* tidak pernah kurang dari 90 % dari setiap *node* yang diujikan. Sedangkan hasil pengujian setelah serangan *black hole* mengalami penurunan seiring dengan variasi jumlah *node black hole*. Dilihat dari grafik diatas *protocol* DYMO mengalami penurunan terendah yaitu 8,27 % dan *protocol* LAR dengan nilai 18,78 % pada 10 *node black hole*. Secara keseluruhan *protocol* DYMO lebih baik dibandingkan *protocol* LAR, karena cara kerja *routing* DYMO lebih cepat menemukan jalur baru saat terjadinya perubahan jumlah *node black hole* dengan memanfaatkan fitur *path accumulation*. Sedangkan *protocol* LAR saat terjadinya perubahan jumlah *node black hole* memungkinkan terjadinya

link failure sehingga *routing protocol* LAR harus kembali mem-*broadcast* RREQ untuk mendapatkan rute ke *node* tujuan.

5.2.2.2 Average End to End Delay

Analisis pengujian dari nilai *average end to end delay* untuk skenario 60 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



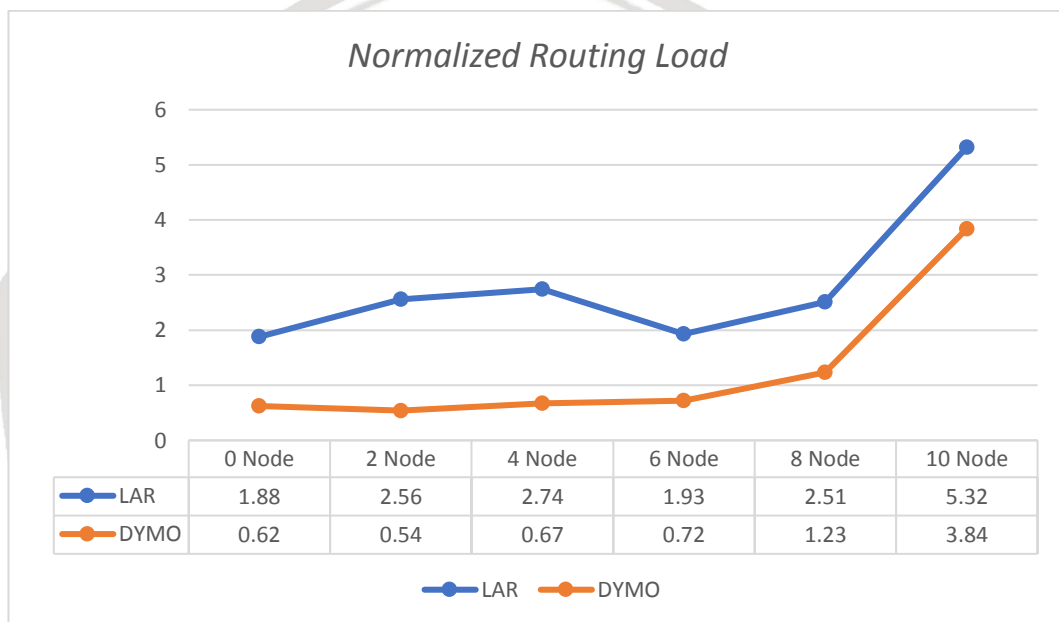
Gambar 5.5 Analisis Average End to End Delay 60 Node

Gambar 5.5 merupakan hasil pengujian dari nilai *average end to end delay* pada *protocol* LAR terjadi penurunan pada 8 *node black hole* dengan nilai 34,81 ms dikarenakan nilai *delay* yang dihasilkan tiap paket berbeda-beda sehingga nilai *delay* pada 8 *node* lebih kecil dari pada jumlah *node* yang lain. Sedangkan *protocol* DYMO mengalami kenaikan nilai *delay* pada 10 *node black hole* sebesar 41,09 ms. Secara umum *routing protocol* LAR memiliki *delay* yang lebih besar dikarenakan terlalu banyaknya *route request* yang di *broadcast* ke *node* tetangga. Sedangkan *protocol* DYMO nilai *average end to end delay* yang dihasilkan cenderung stabil. Hal ini disebabkan oleh karakteristik DYMO yang memiliki design yang lebih simple dan juga menyederhanakan implementasi *protocol*. Jika terjadi link-failure maka paket update yang disebarkan tidak

sebanyak pada LAR, cukup dikirimkan pada *node* yang sebelumnya telah membentuk rute sehingga lebih cepat dalam menemukan rute kembali.

5.2.2.3 Normalized Routing Load

Analisis pengujian dari *normalized routing load* untuk skenario 60 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan node 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



Gambar 5.6 Analisis *Normalized Routing Load* 60 *Node*

Gambar 5.6 merupakan hasil pengujian parameter *normalized routing load* terbesar pada *protocol* LAR sebesar 5,32 dan *protocol* DYMO sebesar 3,84 pada 10 *node black hole*. Nilai *normalized routing load* dari kedua *routing protocol* memiliki trend grafik yang fluktuatif naik, hal ini dapat disebabkan karena LAR dan DYMO merupakan *routing protocol* yang reaktif yang pembentukan tabel *routing* jika ada permintaan pembuatan route link baru atau perubahan link dan bertambahnya jumlah *node black hole*.

Routing protocol LAR memiliki nilai NRL yang lebih tinggi dikarenakan *routing protocol* LAR menggunakan flooding untuk menemukan rute dan mengirim paket ke *node* tujuan. Berbeda dengan DYMO *route discovery* hanya dilakukan jika *node* ingin mengirim data. Hal tersebut tentunya mengurangi kepadatan *traffic* pada jaringan. Ketika terjadi link-failure , paket error tidak disebarkan ke semua

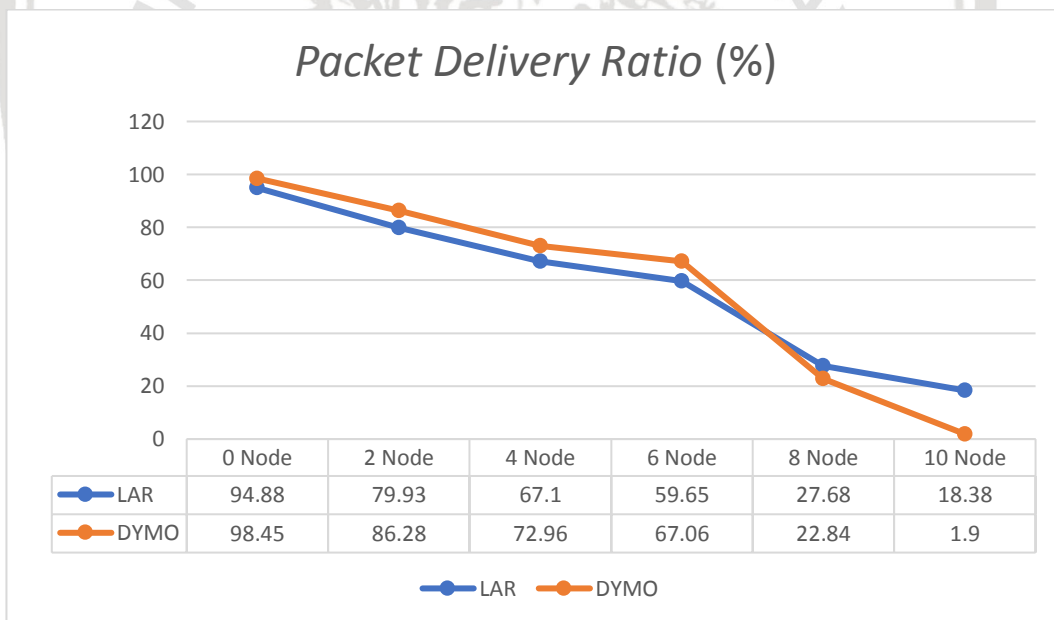
tetangga, namun hanya pada *node* yang telah membentuk jalur sebelumnya sehingga *node* tidak perlu mengirimkan paket *routing* (RRER) ke *node* yang tidak terlibat. Hal itu tentunya akan mengurangi dampak *routing* overhead pada jaringan. Sehingga DYMO menghasilkan NRL yang lebih kecil dan stabil walaupun jumlah *node black hole* bertambah.

5.2.3 Hasil Pengujian 70 Node

Analisis dari pengujian dengan membandingkan *routing protocol* LAR dan DYMO. Jumlah *node* yang digunakan yaitu 70 dengan parameter *normalized routing load, average end to end delay, dan packet delivery ratio*.

5.2.3.1 Packet Delivery Ratio

Analisis pengujian dari nilai *packet delivery ratio* untuk skenario 70 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



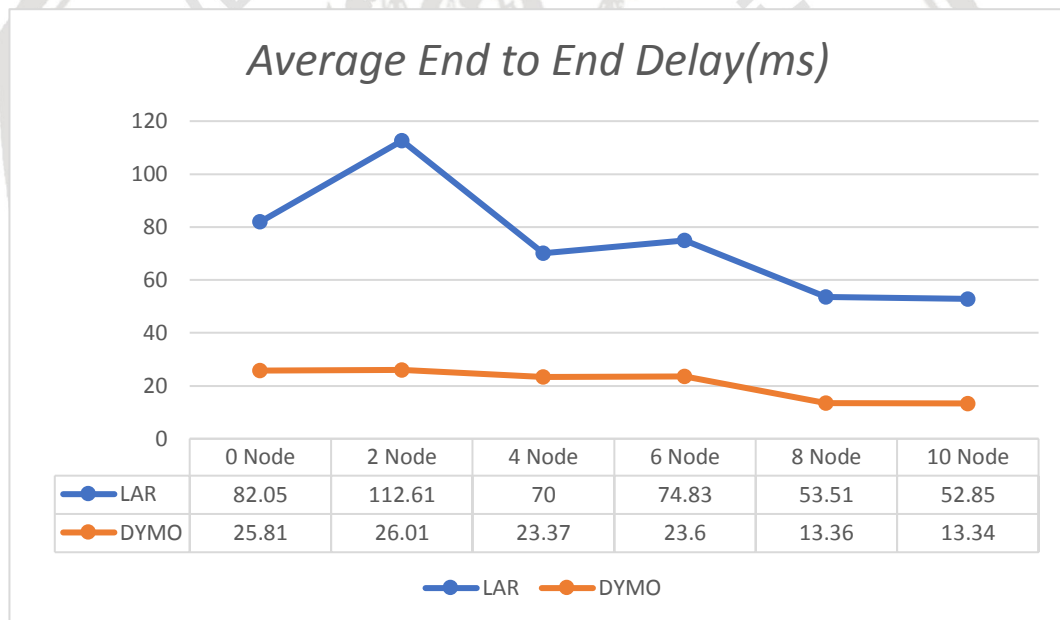
Gambar 5.7 Analisis Packet Delivery Ratio 70 Node

Gambar 5.7 merupakan hasil pengujian sebelum serangan *black hole* mempunyai *packet delivery ratio* tidak pernah kurang dari 90 % dari setiap *node* yang diujikan. Sedangkan hasil pengujian setelah serangan *black hole* mengalami penurunan seiring dengan variasi jumlah *node black hole*. Dilihat pada grafik di atas *protocol* DYMO mengalami penurunan terendah yaitu 1,9 % dan *protocol*

LAR dengan nilai 18,38 % pada 10 node black hole. Secara keseluruhan *protocol* DYMO lebih baik dibandingkan *protocol* LAR, karena cara kerja *routing* DYMO lebih cepat menemukan jalur baru saat terjadinya perubahan jumlah *node* blackhole dengan memanfaatkan fitur *path accumulation*. Sedangkan *protocol* LAR saat terjadinya perubahan jumlah *node black hole* memungkinkan terjadinya *link failure* sehingga *routing protocol* LAR harus kembali *mem-broadcast* RREQ untuk mendapatkan rute ke *node* tujuan.

5.2.3.2 Average End to End Delay

Analisis pengujian dari nilai *average end to end delay* untuk skenario 70 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



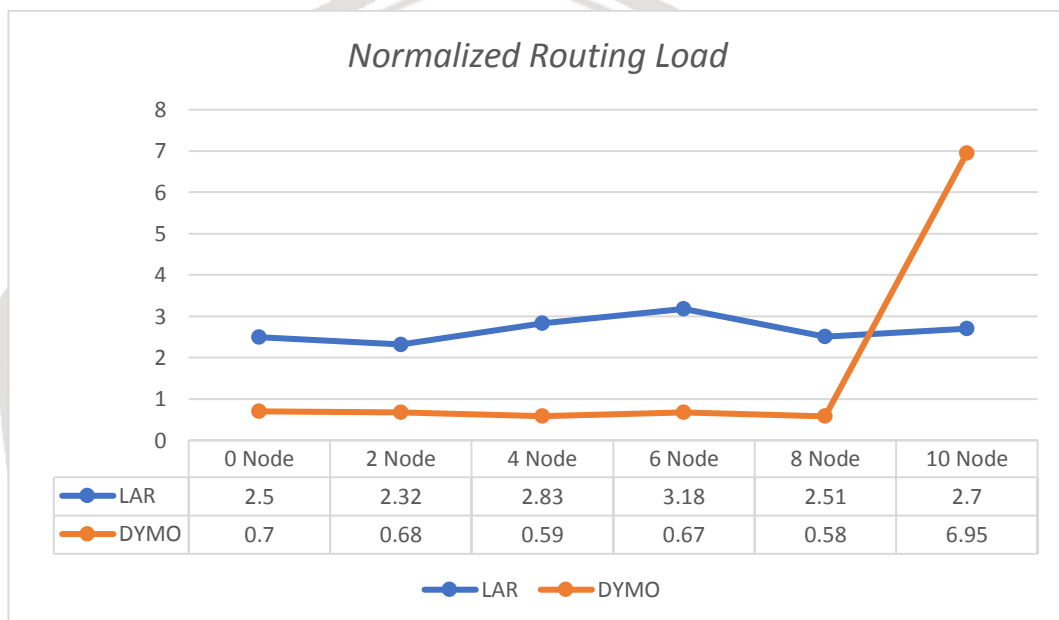
Gambar 5.8 Analisis Average End to End Delay 70 Node

Gambar 5.8 merupakan hasil pengujian dari nilai *average end to end delay* terbesar pada *protocol* LAR terjadi pada 2 *node black hole* sebesar 112,61 ms dan *protocol* DYMO pada 2 *node black hole* sebesar 26,01 ms. Secara umum *routing protocol* LAR memiliki delay yang lebih besar dikarenakan terlalu banyaknya *route request* yang di-*broadcast* ke *node* tetangga. Sedangkan *protocol* DYMO nilai *average end to end delay* yang dihasilkan cenderung stabil. Hal ini disebabkan oleh karakteristik DYMO yang memiliki design yang lebih simple dan juga menyederhanakan implementasi *protocol*. Jika terjadi *link-failure* maka

paket update yang disebar tidak sebanyak pada LAR, cukup dikirimkan pada *node* yang sebelumnya telah membentuk rute sehingga lebih cepat dalam menemukan rute kembali.

5.2.3.3 Normalized Routing Load

Analisis pengujian dari *normalized routing load* untuk skenario 70 *node* dengan luas area simulasi 1000x1000 m², Menggunakan pergerakan *node random way point* dengan kecepatan maksimal pergerakan *node* 1.5 m/s. Besar Paket data yang digunakan yaitu 512 bytes dengan tipe koneksi CBR (constant bit rate). Waktu simulasi yang digunakan dalam simulasi yaitu 1000 s dengan variasi jumlah *node black hole* yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 *node* pada *routing protocol* LAR dan DYMO.



Gambar 5.9 Analisis *Normalized Routing Load* 70 *Node*

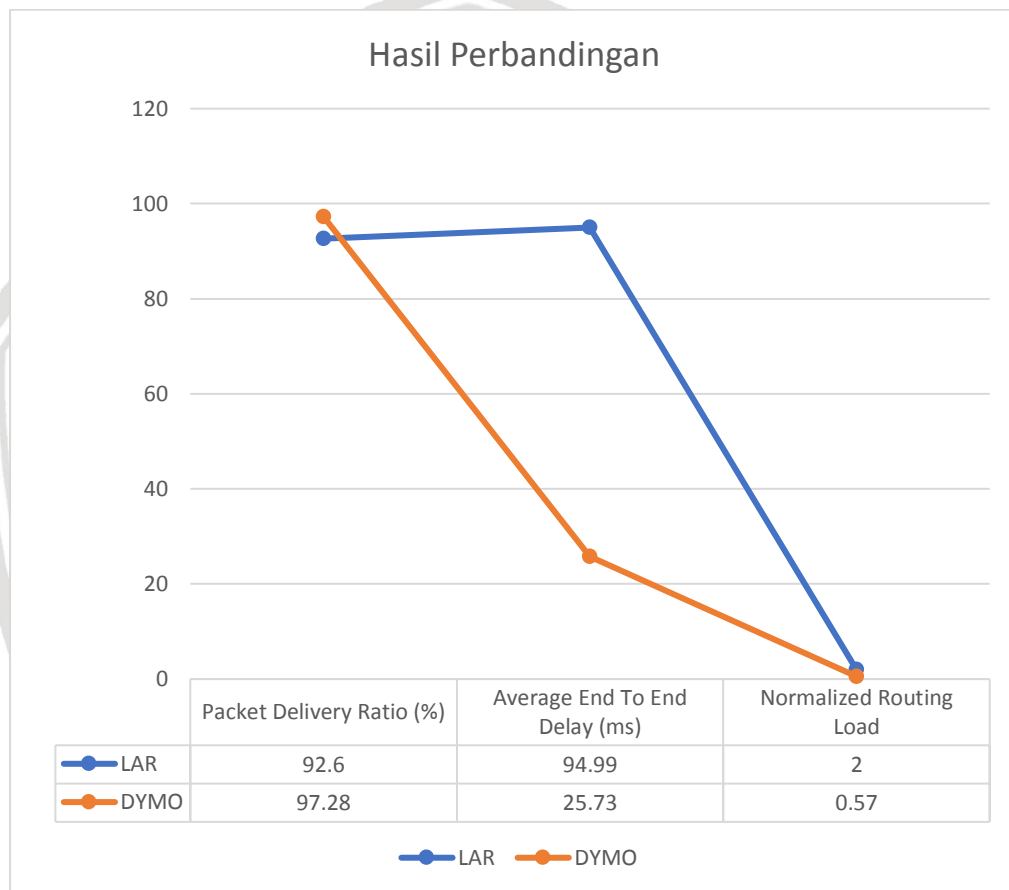
Gambar 5.9 Nilai *normalized routing load* dari kedua *routing protocol* memiliki trend grafik yang fluktuatif naik, hal ini dapat disebabkan karena LAR dan DYMO merupakan *routing protocol* yang reaktif yang pembentukan tabel *routing* jika ada permintaan pembuatan route link baru atau perubahan link dan bertambahnya jumlah *node black hole*. Hasil pengujian parameter *normalized routing load* terbesar pada *protocol* LAR sebesar 3,18 pada 6 *node black hole* dan *protocol* DYMO sebesar 6,95 pada 10 *node black hole*. Dikarenakan nilai pembagi (jumlah paket data) yang diterima berbeda-beda pada *node*, jika pembaginya semakin kecil maka hasil nilai *normalized routing load* akan besar.

Routing protocol LAR memiliki nilai NRL yang lebih tinggi dikarenakan *routing protocol* LAR menggunakan flooding untuk menemukan rute dan mengirim paket ke *node* tujuan. Berbeda dengan DYMO *route discovery* hanya dilakukan jika *node* ingin mengirim data. Hal tersebut tentunya mengurangi kepadatan *traffic*

pada jaringan. Ketika terjadi link-failure , paket error tidak disebarkan ke semua tetangga, namun hanya pada *node* yang telah membentuk jalur sebelumnya sehingga *node* tidak perlu mengirimkan paket *routing* (RRER) ke *node* yang tidak terlibat. Hal itu tentunya akan mengurangi dampak *routing* overhead pada jaringan. Sehingga DYMO menghasilkan NRL yang lebih kecil dan stabil walaupun jumlah *node black hole* bertambah.

5.3 Hasil Perbandingan LAR dan DYMO

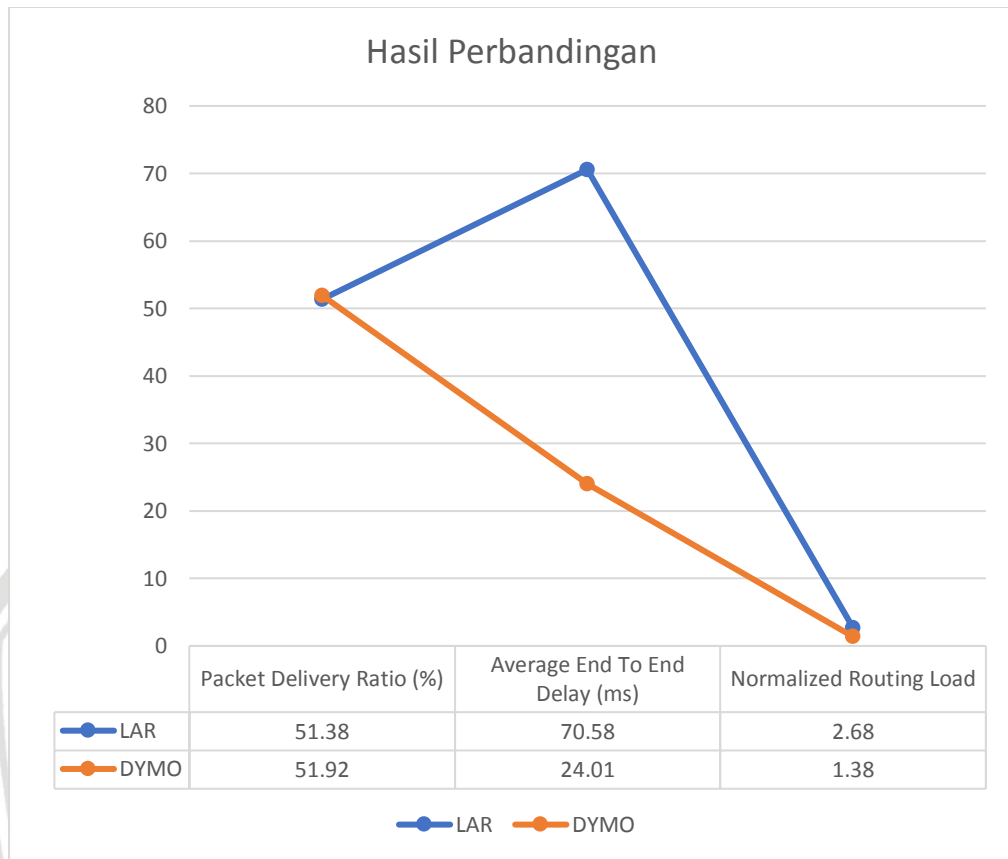
Pada sub bab ini berisi mengenai hasil perbandingan dengan parameter pengujian yaitu *normalized routing load*, *average end to end delay*, dan *packet delivery ratio*.



Gambar 5.10 Hasil Perbandingan Sebelum Serangan *Black Hole*

Semakin tinggi nilai *packet delivery ratio* maka semakin baik kinerja sebuah *routing protocol* dalam keberhasilan pengiriman paket data ke *node* tujuan. *Average end to end delay* merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk pengiriman paket data hingga sampai ke *node* tujuan. Semakin tinggi nilai *normalized routing load* maka semakin kurang efisien kinerja suatu *routing protocol*. Gambar 5.10 menunjukkan pengukuran kinerja dari nilai rata-rata parameter pengujian. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat menunjukkan

bahwa kinerja *routing protocol* DYMO lebih baik dan unggul dibandingkan dengan *routing protocol* LAR dalam skenario sebelum terjadinya serangan *black hole*.



Gambar 5.11 Hasil Perbandingan Serangan *Black Hole*

Semakin tinggi nilai *packet delivery ratio* maka semakin baik kinerja sebuah *routing protocol* dalam keberhasilan pengiriman paket data ke *node* tujuan. *Average end to end delay* merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk pengiriman paket data hingga sampai ke *node* tujuan. Semakin tinggi nilai *normalized routing load* maka semakin kurang efisien kinerja suatu *routing protocol*. Gambar 5.10 menunjukkan pengukuran kinerja dari nilai rata-rata parameter pengujian. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat menunjukkan bahwa kinerja *routing protocol* DYMO lebih baik dan unggul dibandingkan dengan *routing protocol* LAR dalam skenario terjadinya serangan *black hole*.

BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Hasil Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis dari kinerja *routing protocol* LAR dan DYMO terhadap serangan *black hole* pada MANET yaitu :

- Pengimplementasian *routing protocol* LAR dan DYMO dalam jaringan *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) pada *network simulator* (NS-2.34) dapat diterapkan dan bekerja sesuai dengan skenario yang telah ditetapkan.
- Kinerja *routing protocol* LAR dan DYMO saat sebelum serangan *black hole* mempunyai rasio keberhasilan paket data yang diterima tidak pernah kurang dari 90 % dari setiap skenario yang diujikan. Sedangkan saat sesudah serangan *black hole* kedua *routing protocol* mengalami penurunan rasio keberhasilan paket data yang diterima. Hal ini disebabkan saat paket data melewati node penyerang, node tersebut akan melakukan proses *dropping* paket data.
- Hasil perbandingan sebelum terjadinya serangan *black hole* nilai rata-rata *packet delivery ratio routing protocol* LAR dan DYMO yaitu 92,60 % dan 97,28 %. Nilai rata-rata *average end to end delay routing protocol* LAR dan DYMO yaitu 94,99 ms dan 25,73 ms. Nilai rata-rata *normalized routing load routing protocol* LAR dan DYMO yaitu 2,00 dan 0,57. Saat terjadinya serangan *black hole* nilai rata-rata *packet delivery ratio routing protocol* LAR dan DYMO yaitu 51,38 % dan 51,92 %. Nilai rata-rata *average end to end delay routing protocol* LAR dan DYMO yaitu 70,58 ms dan 24,01 ms. Nilai rata-rata *normalized routing load routing protocol* LAR dan DYMO yaitu 2,68 dan 1,38.

6.2 SARAN

Berdasarkan penelitian ini dapat diambil beberapa saran untuk pengembangan skripsi yang lebih baik yaitu :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan skala *node* yang lebih besar dan model pergerakan yang berbeda.
- Perlu sebuah pencegahan terhadap serangan *black hole* pada *routing protocol* LAR dan DYMO sehingga dapat memperbesar hasil paket data yang berhasil diterima akibat serangan.

DAFTAR REFERENSI

- Alpasha, F., Adriansyah, N. M. & Yovita, L. V., 2014. Analisis Performansi Ad-Hoc On-Demand Multipath Distance Vector Routing (AOMDV) Dan Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV) Pada Manet. Pp. 1-8.
- Alslaim , M. N., Alaqel, H. A. & Zaghoul, S. S., 2014. A Comparative Study Of Manet Routing Protocols. *Ieee*, Pp. 178-182.
- Alubady, R. Et Al., 2015. Performance Analysis Of Reactive And Proactive Routing Protocols In Manet. *Arpn Journal Of Engineering And Applied Sciences*, 10(3), Pp. 1468-1478.
- Aulia, I., Yulianto, F. A. & Herutomo, A., 2014. Analisis Perbandingan Performansi Routing Protocol AOMDV Dan DYMO Pada Vehicular Ad Hoc Network. Pp. 1-6.
- Bai, F. & Helmy, A., 2014. A Survey Of Mobility Models.
- Budiarjo, S., Virgono, A. & Saputra, R. E., 2017. Simulasi Dan Analisa Performansi Protokol Routing A-Star Pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET).
- Dharmawat, A. & Agal, S., 2018. Security Issues In Manet: A Review Of Black Hole Attacks In Manet. 9(3), Pp. 15-18.
- Garg, D. & Gohil, P., 2012. Ant Colony Optimized Routing For Mobile Adhoc Networks (MANET). *International Journal Of Smart Sensors And Ad Hoc Networks (Ijssan)*, 2(3), Pp. 8-13.
- Ghonge , M. & Nimbhorkar, S. U., 2012. Simulation Of Aodv Under Blackhole Attack In. *International Journal Of Advanced Research In Computer Science And Software Engineering*, 2(2).
- Gupta, A. K., Sadawarti , H. & Verma, A. K., 2013. Implementation Of Dymo Routing Protocol. *International Journal Of Information Technology, Modeling And Computing (Ijitmc)* , 1(2), Pp. 49-57.
- Harahap, E. H., 2014. Analisis Performansi Protokol AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector) Dan DSR (Dynamic Source Routing) Terhadap Active Attack Pada MANET (Mobile Ad Hoc Network) Ditinjau Dari QOS (Quality Of Service) Jaringan.
- Hnatyshin, V., Ahmed, M., Cocco, R. & Urbano, D., 2011. A Comparative Study Of Location Aided Routing Protocols For Manet.
- Issariyakul, T. & Hossain, E., 2009. *Introduction To Network Simulator Ns2*. S.L.:Springer Science+Business Media.
- Khaerul, A. N., 2010. Analisis Dan Perancangan Manajemen Jaringan Dengan Menggunakan Mikrotik Routers, Jakarta: Fakultas Sains Dan Teknologi Uin.

- Ko, Y.-B. & Vaidya, N. H., 2000. *Location-Aided Routing (LAR) In Mobile Ad Hoc Networks. Wireless Networks* .
- Roopak, M. & Reddy, B., 2013. *Blackhole Attack Implementation In Aodv Routing Protocol. International Journal Of Scientific & Engineering Research*, 4(5), Pp. 402-406.
- Suryadilaga, M. A., Munadi, R. & Negara, R. M., 2016. Analisis Kinerja Protokol Routing *GPSR Dan LAR* Pada Simulasi Jaringan *Vehicular Ad Hoc Network (Vanet)*. S.L.:S.N.
- Widyaningrum, S. & Salman, M., 2014. Analisis Kinerja Routing Protocol AODV OLSR Dan TORA Terhadap Stabilitas Jaringan Pada *Mobile Ad Hoc Network (MANET)* Berbasis Ipv6.

