

IMPLEMENTASI SERANGAN *BLACK HOLE* PADA *MOBILE AD-HOC NETWORK* DENGAN PERGERAKAN DINAMIS TERSTRUKTUR MENGGUNAKAN PROTOKOL *DYNAMIC SOURCE ROUTING*

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Tasrahmiati Istiqomah
NIM: 135150201111163



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

PENGESAHAN

IMPLEMENTASI SERANGAN *BLACK HOLE* PADA *MOBILE AD-HOC NETWORK*
DENGAN PERGERAKAN DINAMIS TERSTRUKTUR MENGGUNAKAN PROTOKOL
DYNAMIC SOURCE ROUTING

SKRIPSI

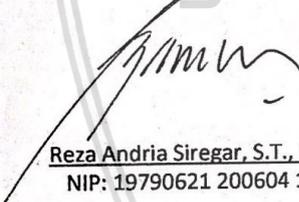
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Tasrahmiati Istiqomah
NIM: 135150201111163

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
31 Juli 2018
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


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


Danv Primanita Kartikasari, S.T., M.Kom
NIP: 19771116 200501 2 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika




H. 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, 31 Juli 2018



Tasrahmiati Istiqomah

NIM: 135150201111163





KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Impelemntasi Serangan *Black Hole* pada *Mobile Ad-Hoc Network* dengan Pergerakan Dinamis Terstruktur menggunakan Protokol *Dynamic Source Routing*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer.

Untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini, penulis tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan serta dukungan dalam hal sekecil apapun. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Reza Andria Siregar, S.T, M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar, tekun, tulus, dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran dalam memberikan arahan, bimbingan, motivasi dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi.
2. Ibu Dany Primanita Kartikasari, S.T. M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar, tekun, tulus, dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran dalam memberikan arahan, bimbingan, motivasi dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi.
3. Orang tua, keluarga, teman-teman dan seluruh orang yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan doa untuk penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua dan berguna untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Juli 20118

Tasrahmiati Istiqomah

iistiqomah56@gmail.com

ABSTRAK

MANET merupakan salah satu teknologi nirkabel yang terdiri dari beberapa node bergerak yang tersusun tanpa infrastruktur tetap. Dengan tidak adanya suatu infrastruktur yang tetap, maka menimbulkan tantangan dalam aspek keamanan. Salah satu serangan MANET yang sering ditemui adalah *serangan black hole*. Serangan *black hole* merupakan serangan pengambilan data dengan mengirimkan pesan balasan palsu ke node pengirim data yang menyatakan dirinya sebagai node terpendek dan tercepat untuk menuju ke node tujuan. Dimana sebelum sampai ke node tujuan, paket data tersebut telah *didrop*. Serangan *black hole* memiliki dua jenis serangan, diantaranya; serangan yang hanya dilakukan oleh satu node penyerang dan serangan *collaborative black hole* yang dilakukan oleh lebih dari satu node penyerang. Dalam penelitian ini penulis menggunakan model pergerakan *manhattan grid mobility* dan protokol routing. Salah satu protokol routing yang terdapat pada MANET adalah protokol routing DSR. simulasi pengujian ini dilakukan menggunakan simulator NS-3 dengan skenario pengujian berdasarkan jumlah node, jumlah node *black hole* dan luas area simulasi. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh serangan *black hole* terhadap pengiriman data dengan parameter pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total*. Dari simulasi tersebut didapatkan hasil pengujian bahwa serangan *black hole* bekerja cukup signifikan dengan *packet loss total* sebesar 89.6552% dan hasil pengujian *packet delivery ratio* paling baik sebesar 53.3333%.

Kata kunci: *Black hole*, MANET, *Manhattan Grid Mobility*, DSR, *Packet Delivery Ratio*, *Packet Loss*, NS-3, NetAnim.

ABSTRACT

MANET is a wireless technology that consists of several mobile nodes with no fixed infrastructure. Therefore, it poses a challenge in terms of security. One of the MANET attacks that are often encountered is black hole attacks. A black hole attack is a data retrieval attack by sending fake reply messages to the data sending node that declares itself as the shortest and fastest node to get to the destination node. Before reach destination node, the data packet has been dropped. Black hole attack has two types of attacks, including; an attack which is only done by one attacker node and a collaborative black hole attack performed by more than one attacking node. In this study we use the model of manhattan mobility grid movement and routing protocol. We use DSR routing protocol. For our work the simulation of this test is done using NS-3 simulator with test scenario based on number of nodes, number of black hole nodes and the area of simulation area. The test was conducted to determine the effect of black hole attacks of data transmission with packet delivery ratio testing parameters and total packet loss. From the simulation, the test result shows that black hole attack works quite significantly with total packet loss 89.6552% and the best packet delivery ratio is 53.3333% .

Keywords: Black hole, MANET, Manhattan Grid Mobility, DSR, Packet Delivery Ratio, Packet Loss, NS-3, NetAnim.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------------------------|
| PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN ORISINALITAS | Error! Bookmark not defined. |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Manfaat..... | 2 |
| 1.5 Batasan masalah | 2 |
| 1.6 Sistematika pembahasan..... | 3 |
| BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN | 5 |
| 2.1 Kajian Pustaka | 5 |
| 2.2 Istilah..... | 6 |
| 2.3 Serangan <i>Black hole</i> | 8 |
| 2.4 <i>Mobile Ad-Hoc Network</i> | 10 |
| 2.5 <i>Dynamic Source Routing (DSR)</i> | 10 |
| 2.5.1 Mekanisme <i>Route Discovery</i> | 10 |
| 2.5.2 Mekanisme <i>Route Maintenance</i> | 14 |
| 2.6 <i>Manhattan Grid Mobility</i> | 16 |
| 2.7 <i>Simulation Of Urban Mobility (SUMO)</i> | 16 |
| 2.8 <i>Packet Delivery Ratio (PDR)</i> | 17 |
| 2.9 <i>Packet Loss</i> | 17 |
| 2.10 <i>Network Simulator 3 (NS3)</i> | 18 |
| BAB 3 METODOLOGI | 19 |
| 3.1 Diagram Blok..... | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2 Studi Literatur | 20 |
| 3.3 Analisis Kebutuhan | 20 |
| 3.3.1 Kebutuhan Fungsional..... | 20 |
| 3.4 Perancangan Sistem..... | 21 |
| 3.4.1 Perancangan Simulasi | 21 |
| 3.4.2 Perancangan Serangan..... | 21 |
| 3.4.3 Perancangan parameter pengujian..... | 21 |
| 3.5 Implementasi Sistem | 21 |
| 3.6 Pengujian dan Analisis | 21 |
| 3.6.1 Pengujian..... | 21 |
| 3.6.2 Analisis Hasil..... | 22 |
| 3.7 Penutupan..... | 22 |
| 3.7.1 Kesimpulan..... | 22 |
| 3.7.2 Saran..... | 22 |
| BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN..... | 23 |
| 4.1 Ruang Lingkup..... | 23 |
| 4.2 Deskripsi Umum Sistem..... | 23 |
| 4.2.1 Kegunaan..... | 23 |
| 4.2.2 Karakteristik Pengguna | 23 |
| 4.2.3 Batasan Sistem | 24 |
| 4.3 Spesifikasi Kebutuhan | 24 |
| 4.3.1 Kebutuhan Pengguna | 24 |
| 4.3.2 Kebutuhan Fungsional..... | 24 |
| 4.3.3 Kebutuhan Perangkat Keras..... | 24 |
| 4.3.4 Kebutuhan Perangkat Lunak | 25 |
| BAB 5 Perancangan dan implementasi | 26 |
| 5.1 Perancangan | 26 |
| 5.1.1 Perancangan Simulasi | 26 |
| 5.1.2 Model Pergerakan..... | 27 |
| 5.1.3 <i>Source code</i> dan penjelasan program..... | 27 |
| 5.1.4 Simulasi Model Pergerakan..... | 31 |
| 5.1.5 Konversi Model Pergerakan | 33 |

| | |
|---|----|
| 5.1.6 Perancangan Serangan <i>Black hole</i> | 37 |
| 5.1.7 Perancangan Parameter Pengujian..... | 41 |
| 5.2 Implementasi | 41 |
| 5.2.1 Lingkungan Implementasi | 41 |
| 5.2.2 Implementasi Sistem..... | 41 |
| BAB 6 hasil pengujian dan analisis hasil pengujian..... | 48 |
| 6.1 Hasil Pengujian..... | 48 |
| 6.1.1 Hasil pengujian 10 node dengan luas area simulasi 250x250m . | 48 |
| 6.1.2 Hasil pengujian 10 node dengan luas area simulasi 500x500m . | 50 |
| 6.1.3 Hasil pengujian 10 node dengan luas area simulasi 1000x1000m | 51 |
| 6.1.4 Hasil pengujian jumlah node 20 dengan luas area simulasi 250x250m..... | 53 |
| 6.1.5 Hasil pengujian jumlah node 20 dengan luas area simulasi 500x500m..... | 54 |
| 6.1.6 Hasil pengujian jumlah node 20 dengan luas area simulasi 1000x1000m..... | 55 |
| 6.1.7 Hasil pengujian jumlah node 30 dengan luas area simulasi 250x250m..... | 57 |
| 6.1.8 Hasil pengujian jumlah node 30 dengan luas area simulasi 500x500m..... | 58 |
| 6.1.9 Hasil pengujian jumlah node 30 dengan luas area simulasi 1000x1000m..... | 60 |
| 6.1.10 Hasil pengujian jumlah node 50 dengan luas area simulasi 250x250..... | 61 |
| 6.1.11 Hasil pengujian jumlah node 50 dengan luas area simulasi 500x500..... | 63 |
| 6.1.12 Hasil pengujian jumlah node 50 dengan luas area simulasi 1000x1000..... | 64 |
| 6.2 Analisis Hasil Pengujian..... | 66 |
| 6.2.1 Analisis Hasil Pengujian <i>Packet Delivery Ratio</i> | 66 |
| 6.2.2 Analisis Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i> | 67 |
| BAB 7 kesimpulan dan saran..... | 69 |
| 7.1 Kesimpulan..... | 69 |
| 7.2 Saran | 70 |

DAFTAR PUSTAKA..... 71
LAMPIRAN 73



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Kajian Pustaka | 5 |
| Tabel 2.2 Daftar Istilah | 6 |
| Tabel 3.1 Skenario Pengujian | 22 |
| Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras | 24 |
| Tabel 5.1 Parameter Simulasi..... | 26 |
| Tabel 5.2 Posisi node <i>black hole</i> | 42 |
| Tabel 5.3 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 10 Node pada..... | 42 |
| Tabel 5.4 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 10 Node pada..... | 43 |
| Tabel 5.5 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 10 Node pada..... | 43 |
| Tabel 5.6 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 20 Node pada..... | 44 |
| Tabel 5.7 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 20 Node pada..... | 44 |
| Tabel 5.8 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 20 Node pada..... | 44 |
| Tabel 5.9 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 30 Node pada..... | 45 |
| Tabel 5.10 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 30 Node pada..... | 45 |
| Tabel 5.11 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 30 Node pada..... | 46 |
| Tabel 5.12 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 50 Node pada..... | 46 |
| Tabel 5.13 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 50 Node pada..... | 46 |
| Tabel 5.14 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 50 Node pada..... | 47 |
| Tabel 6.1 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 250x250m..... | 48 |
| Tabel 6.2 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 500x500m..... | 50 |
| Tabel 6.3 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 1000x1000m | 51 |
| Tabel 6.4 Hasil pengujian 20 node luas area simulasi 250x250m..... | 53 |
| Tabel 6.5 Hasil pengujian 20 node luas area simulasi 500x500m..... | 54 |
| Tabel 6.6 Hasil pengujian 20 node luas area simulasi 1000x1000m | 56 |
| Tabel 6.7 Hasil pengujian 30 node luas area simulasi 250x250m | 57 |
| Tabel 6.8 Hasil pengujian 30 node luas area simulasi 500x500m..... | 59 |
| Tabel 6.9 Hasil pengujian 30 node luas area simulasi 1000x1000m | 60 |
| Tabel 6.10 Hasil pengujian 50 node luas area simulasi 250x250m | 62 |
| Tabel 6.11 Hasil pengujian 50 node luas area simulasi 500x500m | 63 |
| Tabel 6.12 Hasil pengujian 50 node luas area simulasi 1000x1000m | 65 |

Tabel 6.13 Hasil Analisis *Packet Delivery Ratio* 66
Tabel 6.14 Hasil Analisis *Packet Loss total* 67



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 <i>Single Black hole Attack</i> | 9 |
| Gambar 2.2 <i>Collaborative Black hole Attack</i> | 9 |
| Gambar 2.3 Flowchart proses <i>RREQ</i> | 12 |
| Gambar 2.4 Flowchart proses <i>RREP</i> | 13 |
| Gambar 2.5 Flowchart mekanisme <i>route maintenance</i> | 15 |
| Gambar 2.6 Topologi <i>Manhattan Grid Mobility</i> | 16 |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian | 19 |
| Gambar 5.1 Simulasi Model Pergerakan..... | 32 |
| Gambar 5.2 Flowchart <i>Single Black Hole attack</i> | 39 |
| Gambar 5.3 Flowchart <i>Collaborative Black Hole</i> | 40 |
| Gambar 5.4 <i>Screenshot</i> hasil simulasi..... | 42 |
| Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 10 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250..... | 49 |
| Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 10 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500..... | 51 |
| Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 10 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000..... | 52 |
| Gambar 6.4 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 20 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250..... | 54 |
| Gambar 6.5 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 20 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500..... | 55 |
| Gambar 6.6 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 20 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000..... | 57 |
| Gambar 6.7 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 30 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250..... | 58 |
| Gambar 6.8 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 30 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500..... | 60 |
| Gambar 6.9 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 30 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000..... | 61 |
| Gambar 6.10 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 50 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250..... | 63 |
| Gambar 6.11 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 50 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500..... | 64 |

Gambar 6.12 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 50 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000 66



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Serangan *Black Hole* adalah sejenis serangan *Denial Of Service* (Dos) pada MANET. Serangan ini terbagi menjadi dua macam yaitu serangan yang hanya dilakukan oleh satu node penyerang dan serangan *collaborative black hole* yang dilakukan oleh lebih dari satu node penyerang. Serangan *black hole* menjadi berbahaya karena memberikan informasi pada node sumber bahwa ia memiliki rute tercepat untuk menuju node tujuan, sehingga node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui node *Black Hole*. Kemudian secara diam-diam node *black hole* membuang paket yang diterimanya dengan menyamarkan dirinya layaknya sebuah node normal (Mahamuni & Chandrasekar). Oleh karena itu, pada jaringan *Mobile Ad-Hoc* ini sangatlah rentan terhadap ancaman serangan, Hal ini akan sangat berbahaya jika paket yang dikirimkan adalah sebuah paket yang berisi informasi-informasi penting (Pratomo & Hizburrahman, 2015). Pada penelitian sebelumnya dengan judul "*A Black Hole Attack in MANET: A Review*" membahas tentang node *black hole* dapat mempengaruhi dalam proses pengiriman data, yang menyebabkan data-data yang dikirimkan akan dibuang begitu saja oleh serangan yang sering terjadi pada MANET ini (Garg & Garg, 2016).

Mobile Ad Hoc Network (MANET) merupakan sebuah jaringan *wireless* yang terdiri dari banyak node yang bersifat mobile tanpa adanya infrastruktur. Karakteristik pada MANET adalah memiliki topologi yang dinamis sehingga node pada MANET dapat bergerak bebas kemana saja. Pergerakan ini dapat dikategorikan dalam; model pergerakan *Column Mobility Model (CMM)*, *Random Waypoint model (RWP)*, *Manhattan Grid Model (MGM)*, *Reference Point Group Mobility (RGPM)*, dan lain-lain (Henny, Suartana & Yudhi, 2016). Setiap node pada jaringan MANET tidak hanya berperan sebagai pengirim dan penerima data, akan tetapi berperan sebagai router yang bertanggung jawab untuk mencari dan menangani jalur ke setiap node tujuan dalam jaringan. Routing menjadi peranan terpenting pada jaringan *ad-hoc*. Dengan adanya routing yang tepat, maka pengiriman paket pada jaringan *ad-hoc* dapat dilakukan (Araghi, et al., 2013). Terdapat dua jenis *routing protokol untuk jaringan Ad-hoc* yaitu *table driven* bersifat proaktif dan *on demand* bersifat reaktif. Beberapa contoh diantaranya adalah sebagai berikut; OLSR, DSDV, B.A.T.M.A.N (*table driven*), DSR, AODV (*on demand*), dan ZRP (*hybrid*). Dari masing-masing routing protokol diatas memiliki karakteristik yang berbeda-beda berdasarkan cara kerjanya (Kaul & Kapoor, 2013). Protokol routing DSR termasuk dalam routing protokol reaktif yang bersifat *on demand routing protocol*. Protokol ini bekerja saat ada permintaan dari node sumber untuk melakukan pengiriman pesan ke node tujuan. Dalam melaksanakan tugasnya DSR menggunakan dua mekanisme yaitu *route discovery* dan *route maintenance*.

Karena node-node pada MANET berfungsi sebagai router dan memiliki infrastruktur yang tidak tetap. Oleh karena itu, dalam jaringan akan sangat sering

keluar-masuk node, dan node-node tersebut pun bergerak secara dinamis. Hal ini tentunya akan sangat rentan terhadap serangan, salah satunya adalah serangan *black hole* karena serangan ini akan sangat mengganggu jalannya jaringan saat proses pengiriman data dilakukan. Sehingga dibutuhkanlah suatu protokol yang mampu menjamin pesan terkirim dengan aman dan model pergerakan yang sesuai agar node pada MANET dapat bergerak secara dinamis tetapi terstruktur. (Chitkara & Ahmad, 2014).

Pada penelitian ini akan mengimplementasikan serangan *black hole* menggunakan jaringan MANET dan mensimulasikannya menggunakan *network simulator 3 (NS-3)* untuk mengetahui pengaruh yang diberikan oleh serangan *black hole* dalam keberhasilan pengiriman data dengan protokol routing DSR pada model pergerakan dinamis terstruktur, dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti jumlah node *black hole* dan luas area.

1.2 Rumusan masalah

Adapun beberapa masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu:

Bagaimana melakukan perancangan serangan *black Hole*?

1. Bagaimana melakukan perancangan pergerakan dinamis terstruktur pada MANET dengan menggunakan protokol DSR?
2. Bagaimana implementasi serangan *black Hole* dengan pergerakan dinamis terstruktur di MANET menggunakan protokol DSR pada simulator NS3?
3. Bagaimana pengaruh serangan *black hole* dengan pergerakan dinamis terstruktur pada MANET menggunakan protokol DSR?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *serangan black hole* yang bergerak secara dinamis pada protokol DSR di jaringan MANET.

1.4 Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah agar penulis dapat mengetahui pengaruh dari serangan *black hole* yang bergerak secara dinamis pada protokol DSR di jaringan MANET.

1.5 Batasan masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas sebagai berikut:

1. Implementasi dilakukan pada lingkungan simulasi, simulator yang digunakan adalah simulator N-S3 versi 3.25.
2. Protokol routing yang di uji hanya protokol routing DSR saja.
3. Model pergerakan yang digunakan hanya *manhattan grid mobility*.

4. Hasil pengujian yang di dapat hanya terbatas pada spesifikasi yang telah disebutkan pada bab perancangan.

1.6 Sistematika pembahasan

Sistematika penulisan menjelaskan mengenai struktur penulisan dari penelitian ini yang dapat dibagi ke dalam 7 bab sebagai berikut:

BAB 1 : Pendahuluan

Menguraikan tentang latar belakang permasalahan pada keamanan jaringan MANET dan menentukan rumusan masalah untuk selanjutnya menentukan tujuan dan manfaat dari penelitian ini. Selain itu dibahas juga mengenai batasan-batasan masalah yang ada untuk mengurangi ruang lingkup penelitian serta sistematika pembahasan.

BAB 2 : Landasan Kepustakaan

Membahas kajian pustaka dan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan Implementasi serangan *black hole* pada MANET. Kajian pustaka ini berasal dari referensi-referensi berkaitan dan mendukung dalam penelitian ini.

BAB 3 : Metodologi Penelitian

Bab ini membahas langkah-langkah kerja yang akan dilakukan dalam penelitian agar penelitian dapat berjalan secara terstruktur dan sistematis. Dalam metodologi dijabarkan mengenai studi literatur, rekayasa kebutuhan dan perancangan, implementasi, pengujian dan analisis hasil pengujian, serta kesimpulan dan saran.

BAB 4 : Rekayasa Kebutuhan

Membahas tentang kebutuhan yang dibutuhkan dari implementasi serangan *black hole* pada MANET dengan pergerakan dinamis terstruktur menggunakan protokol routing DSR.

BAB 5 : Perancangan dan Impelementasi

Menjelaskan bagaimana proses perancangan serangan *black hole* pada jaringan MANET dengan menggunakan pergerakan dinamis terstruktur dalam protokol DSR, beserta dengan implementasinya dengan menyertakan potongan-potongan kode.

BAB 6 : Pengujian dan Analisis Hasil Pengujian

Menjelaskan tentang hasil pengujian simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui dampak serangan serta analisis terkait hasil pengujian tersebut.

BAB 7 : Penutup

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah sebelumnya. Pada bab ini juga disertakan saran yang dapat digunakan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar yang menjadi acuan dan penunjang dalam penelitian yang akan dilakukan. Bagian tersebut meliputi penjelasan mengenai routing *black hole attack*, MANET, protokol *dynamic source routing* (DSR), *packet delivery ratio*, *packet loss*, dan simulator NS-3.25, dan penelitian yang terkait.

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penelitian ini dicantumkan beberapa penelitian terkait untuk dijadikan pertimbangan dan studi literatur dalam pengerjaan penelitian. Berikut beberapa penelitian terkait yang dijadikan bahan pertimbangan yang ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

| No | Nama Penulis, Tahun, dan Judul | Persamaan | Perbedaan | |
|----|---|---|--|---|
| | | | Hasil Penelitian Terdahulu | Rencana Penelitian |
| 1 | Shashi Gurung, Aditya Kumar, Krishan Kumar Saluja [2013]. <i>Perfomance Analysis of AODV under Black Hole Attack</i> . Proceedings of International Joint Conference. | Melakukan analisis terhadap serangan <i>black hole</i> pada jaringan MANET. | Membandingkan kinerja protokol AODV menggunakan serangan dan tanpa serangan. Dengan hasil simulasi yaitu nilai rata-rata dari average-delay, troughput dan PDR mengalami penurunan saat adanya serangan. | Analisis serangan menggunakan protokol routing DSR |
| 2 | Lineo Mejaele, Elisha Oketch Ochola (2015). <i>Analysing the impact of black hole attack on DSR-based MANET: The Hidden Network Destructor</i> . Mathematics | Melakukan analisis dampak serangan <i>black hole</i> pada protokol DSR. | Dengan menggunakan 20 node yang konstan nilai <i>Troughput</i> , <i>delay</i> , dan rasio pengiriman paket berkurang pada saat adanya serangan. | Pengujian menggunakan node yang bervariasi yakni, 10, 20, 30, dan 50 node |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| | and Computer Science Department, Roma. University of South Africa. | | | |
| 3 | Henni Endah Wahanani, I Made Suartana, Yudhi Nur Hasyim (2015). <i>Perfomance Evaluation Of DSR with Mobility Models</i> . University of Pembangunan Nasional. | Menggunakan model pergerakan Manhattan mobility. | Model pergerakan manhattan mobility pada protokol routing DSR, dan model pergerakan <i>manhattan grid mobility</i> lebih baik daripada model pergerakan random way point, dimana nilai <i>packet delivery ratio</i> rata-rata mengalami peningkatan dengan nilai <i>average delay</i> yang cukup rendah seiring dengan bertambahnya jumlah node, waktu simulasi dan ukuran jaringan. | Menggunakan parameter simulasi jumlah node serangan agar dapat melihat pengaruhnya dengan menggunakan model mobility manhattan grid. |

2.2 Istilah

Tabel 2.2 Daftar Istilah

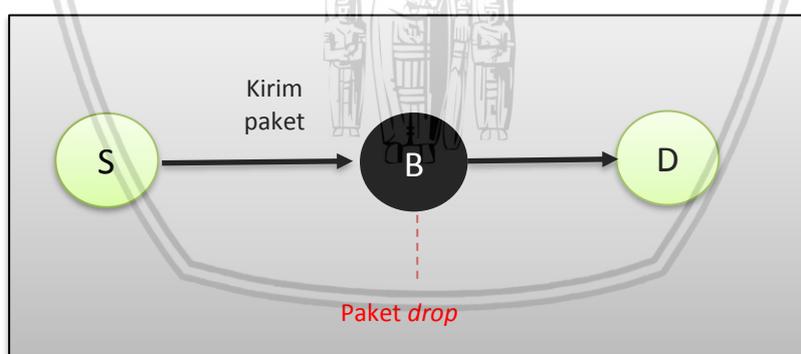
| No | Istilah | Definisi |
|----|--------------------------------------|---|
| 1 | <i>Mobile Ad-Hoc Network</i> (MANET) | Sebuah jaringan seluler nirkabel yang terdiri dari banyak node mobile yang dapat di <i>set-up</i> secara dinamis tanpa infrastruktur, sehingga memebentuk jaringan yang bersifat sementara. |
| 2 | <i>Dynamic Source Routing</i> (DSR) | Protokol routing yang bersifat reaktif, protokol routing ini akan mencari rute secara <i>on demand</i> , yaitu hanya akan mencari rute jika |



| | | |
|----|------------------------------|---|
| | | ada <i>request</i> . Pada saat node sumber membutuhkan routing ke node tujuan, node sumber melakukan 2 fase utama: <i>Route discovery</i> dan <i>Route maintenance</i> . |
| 3 | <i>Route Request</i> (RREQ) | Paket yang dikirimkan oleh node sumber menuju node tujuan dengan tujuan untuk mencari jalur routing. |
| 4 | <i>Route Reply</i> (RREP) | Paket yang dikirimkan oleh node tujuan, yaitu sebuah paket balasan dari RREQ untuk memberikan informasi kepada node sumber bahwa jalur routing untuk proses pengiriman paket sudah terbentuk. |
| 5 | <i>Route Error</i> (RRER) | Paket yang dikirimkan oleh ke node sumber bahwa terdapat jalur routing yang mengalami kerusakan. |
| 6 | <i>Black Hole</i> | Salah satu jenis serangan pada MANET yang melakukan drop paket di setiap node yang melewati dirinya. |
| 7 | <i>Packet delivery ratio</i> | Jumlah keseluruhan paket yang sampai ke node tujuan, yaitu dengan rasio antara jumlah paket yang diterima dengan jumlah paket yang dikirimkan. |
| 8 | NS-3 | Simulator jaringan, yang dapat melakukan simulasi jaringan komunikasi seperti TCP, routing dan protokol multicast melalui jaringan kabel maupun tanpa kabel. |
| 9 | <i>NetAnim</i> | Interface animasi simulasi jaringan yang dilkakukan pada NS-3. |
| 10 | <i>SUMO</i> | Apliasi pendukung yang digunakan untuk mengimplementasikan model pergerakan <i>manhattan grid mobility</i> dan luas area. |

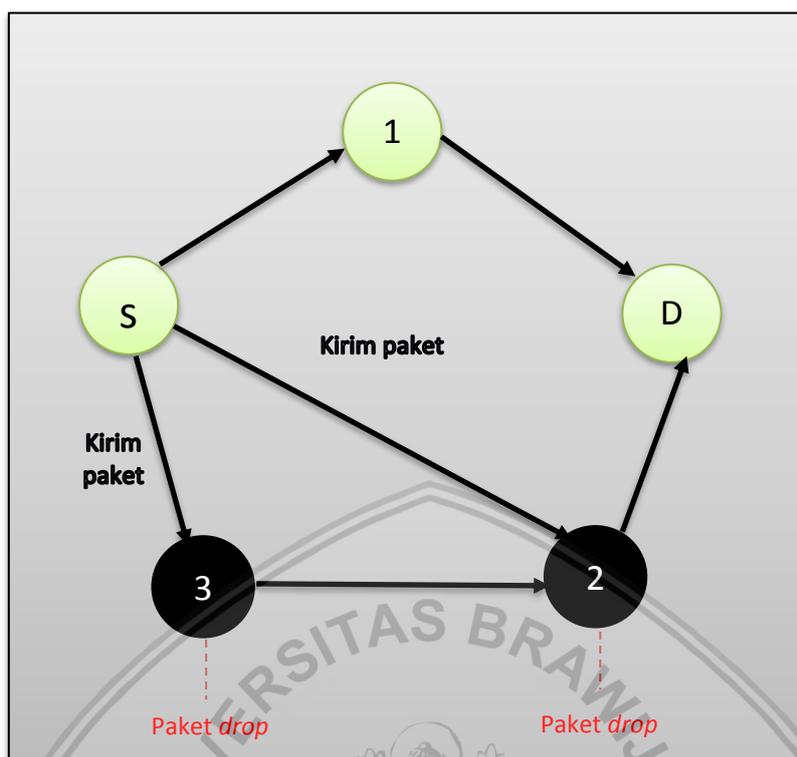
2.3 Serangan *Black hole*

Serangan *black hole* pada MANET merupakan salah satu serangan yang mempunyai dampak yang sangat besar dalam hasil pengiriman data. Serangan ini berfokus pada pengambilan paket data untuk selanjutnya di *drop* (Medadian, et al., 2013). *Black hole* bekerja dengan menyatakan dirinya kepada node sumber bahwa ia memiliki rute terpendek untuk menuju node tujuan. Saat node *black hole* menerima paket RREQ dengan respon yang cepat node *black hole* mengirim balasan paket RREP palsu kepada node sumber (Hizburrahman, hizrian & Pratomo, Istas, 2015). Dengan cara tersebut node sumber akan menolak paket RREP dari node lain yang telah membalas paket RREQ tersebut. Meskipun yang dibalas adalah rute yang benar. Serangan *black hole* sendiri memiliki dua jenis serangan yaitu *single black hole attack* dan *collaborative black hole attack* (Lohi, Chancal & Kumar, Sanjay, 2014). Pada Gambar 2.1 adalah serangan menggunakan satu node *black hole*, node S sebagai node sumber, node B sebagai node *black hole* dan node D sebagai node tujuan. Serangan dengan satu node *black hole* bekerja dengan mengirimkan RREP palsu kepada node sumber kemudian saat node sumber melakukan pengiriman paket data melalui node *black hole*, paket data tersebut di *drop*. Sedangkan gambar 2.2 adalah serangan menggunakan lebih dari satu node *black hole*. node S sebagai node sumber, node 2 dan 3 sebagai node *black hole*, node 1 sebagai node perantara dan node D sebagai node tujuan. Dengan menggunakan lebih dari satu node serangan *black hole* mereka bekerja sama melakukan *drop* paket data.



Gambar 2.1 *Single Black hole Attack*

Sumber : *Journal of Advances in Computer Network (2016)*



Gambar 2.2 Collaborative Black hole Attack

Sumber : *Journal of Advances in Computer Network (2016)*

2.4 Mobile Ad-Hoc Network

Mobile Ad-Hoc network(MANET) merupakan sebuah jaringan nirkabel yang memiliki struktur jaringan abstrak. Arsitektur MANET terdiri dari beberapa node yang mampu mengatur dirinya sendiri tanpa kontrol terpusat. Setiap node dapat bertindak sebagai sumber, tujuan ataupun relay yang dapat menghubungkan satu node dengan node yang lainnya. Antarmuka nirkabel yang dimiliki oleh setiap node pada MANET saling berkomunikasi melalui gelombang radio. Beberapa contoh dari node ad-hoc yaitu *notebook, netbook dan smartphone*. (Sunitha, Jayashree, 2016).

Pada dasarnya MANET merupakan jaringan nirkabel yang tidak memiliki infrastruktur tetap untuk digunakan. Dengan tidak adanya suatu infrastruktur yang tetap, menimbulkan beberapa jenis tantangan dalam meningkatkan kualitas layanan untuk jaringan ad-hoc network. Diantara yaitu: Routing, dimana pada proses ini yang bertugas untuk mengirimkan dan memberikan paket secara efisien untuk node-node mobile yang terdapat didalam jaringan. Setiap perangkat dalam MANET dapat bergerak bebas secara independent ke segala arah yang ada, oleh karena itu di setiap node akan mengubah jalur pengiriman ke perangkat lain secara berkala. Setiap node yang terdapat didalam jaringan harus meneruskan dan mengirimkan paket yang dikirim, walaupun paket tersebut bukan dari atau menuju node tersebut. Tantangan yang utama dalam MANET adalah melengkap



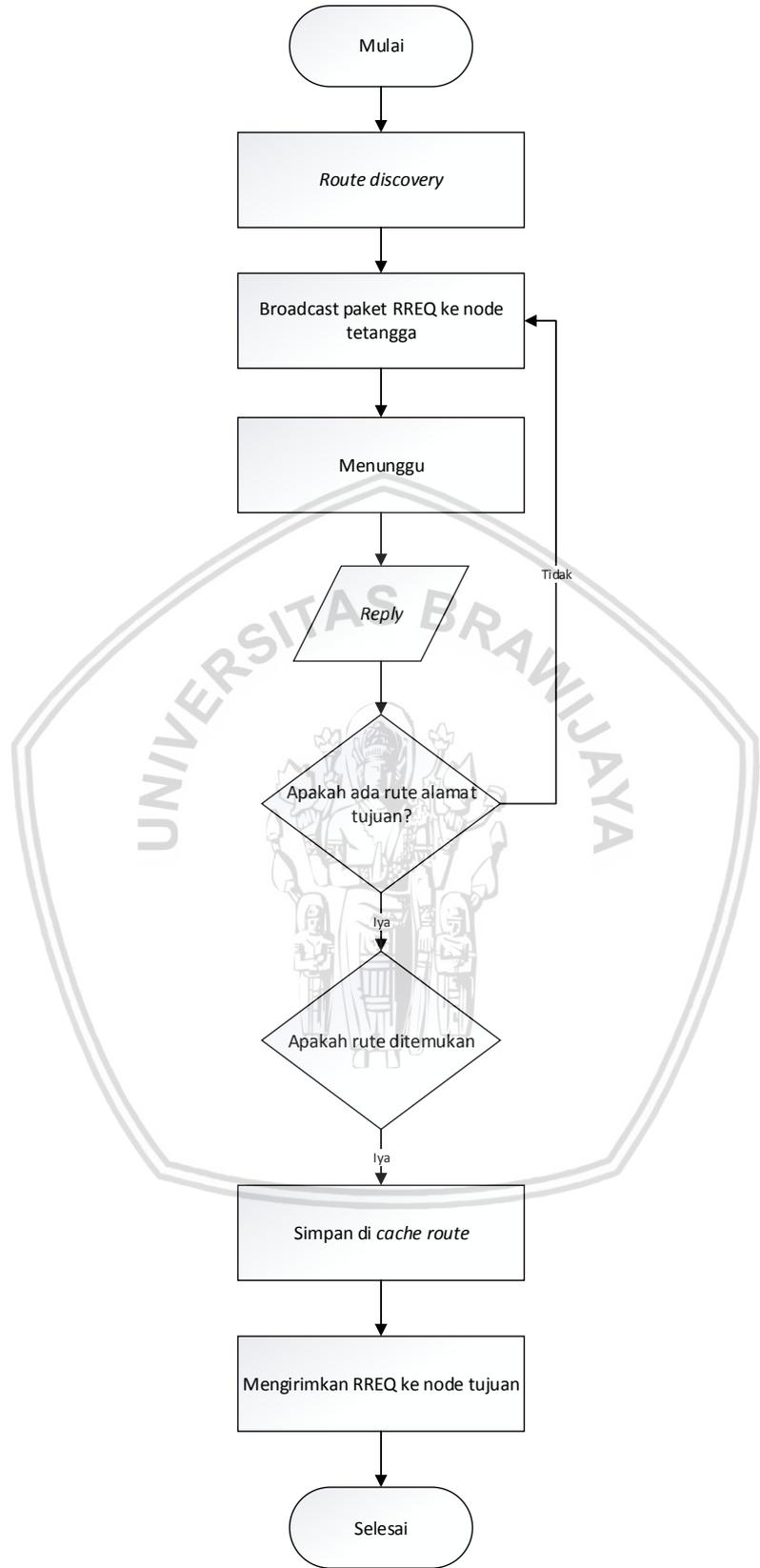
setiap perangkat agar dapat terus menjaga informasi-informasi yang diperlukan dalam pencarian jalur pengiriman data yang benar (Papadopoulos, et al., 2014).

2.5 Dynamic Source Routing (DSR)

Protokol routing DSR (*Dynamic Source Routing*) merupakan protokol routing reaktif. Protokol routing ini bekerja saat ada permintaan dari node sumber untuk mengirimkan paket data menuju ke node tujuan. Proses routing pada protokol ini terdiri dari dua mekanisme, yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. *Route discovery* adalah mekanisme yang mana node sumber ingin melakukan pengiriman paket kepada node tujuan, tanpa mengetahui rute atau jalur sebelumnya. Sedangkan *route maintenance* adalah mekanisme yang dijalankan pada saat node sumber telah mengetahui rute atau jalur menuju ke node tujuan dan menentukan apakah rute yang sedang dipakai saat ini masih berlaku atau tidaknya, karena apabila terjadi perubahan topologi yang mempengaruhi rute menuju node tujuan, maka rute tersebut tidak dapat dipakai kembali (Kothari & Dembla, 2013).

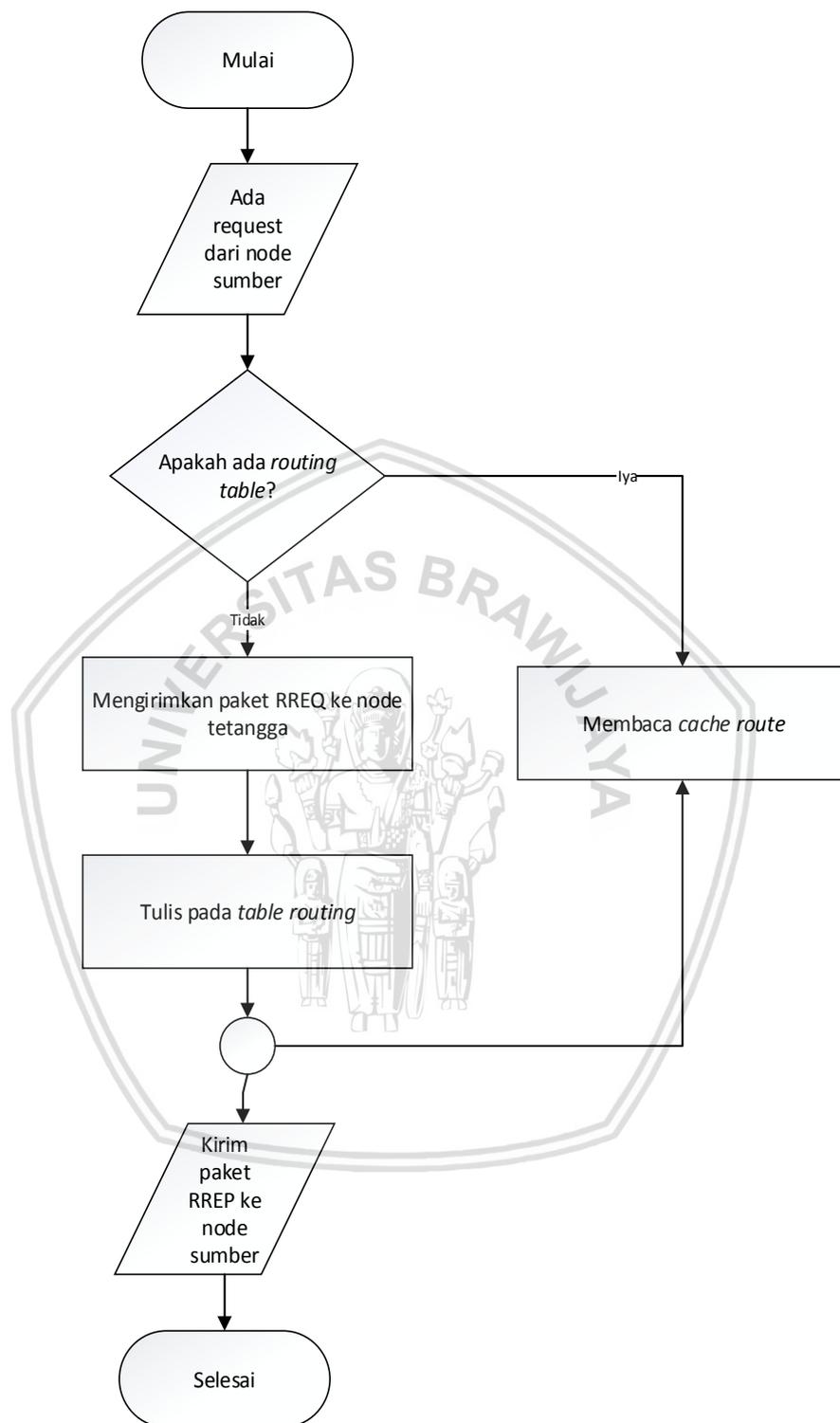
2.5.1 Mekanisme *Route Discovery*

Route discovery yaitu suatu mekanisme pada DSR yang berfungsi untuk melakukan pencarian route di dalam jaringan *ad-hoc*. Proses melakukan penentuan *route* ini terbagi menjadi dua tahap yaitu RREQ dan RREP. Untuk mekanisme dasar pada *route discovery* yaitu pada saat node pengirim melakukan *broadcast* paket *route request* untuk menemukan *route* menuju ke node tujuan (Hajlaoui, et al., 2015). Cara kerja dari algoritma routing ini adalah pada awalnya node sumber akan melakukan *route discovery* dengan mengirimkan paket *RouteRequest* (RREQ) ke node node tetangganya. RREQ sendiri berisi informasi untuk dicatat pada *header packet*. Saat node-node tetangga mendapatkan RREQ, node-node tersebut meneruskan paket ke node tetangganya yang belum menerima paket RREQ. Apabila ada satu node yang mendapatkan dua paket RREQ, maka salah satu paket RREQ tersebut akan dibuang. Paket RREQ tersebut akan terus diteruskan melalui node-node perantara sampai menemukan node yang dituju. Pada saat RREQ telah sampai pada node yang dituju, maka node tujuan akan mengirimkan kembali paket *route reply* (RREP) melalui rute yang memungkinkan pada saat melakukan *route discovery* sebelumnya. Dibawah ini digambarkan proses *Route Request* (RREQ) dan *Route Reply* (RREP) ada pada Gambar 2.3 dan 2.4.



Gambar 2.3 Flowchart proses RREQ

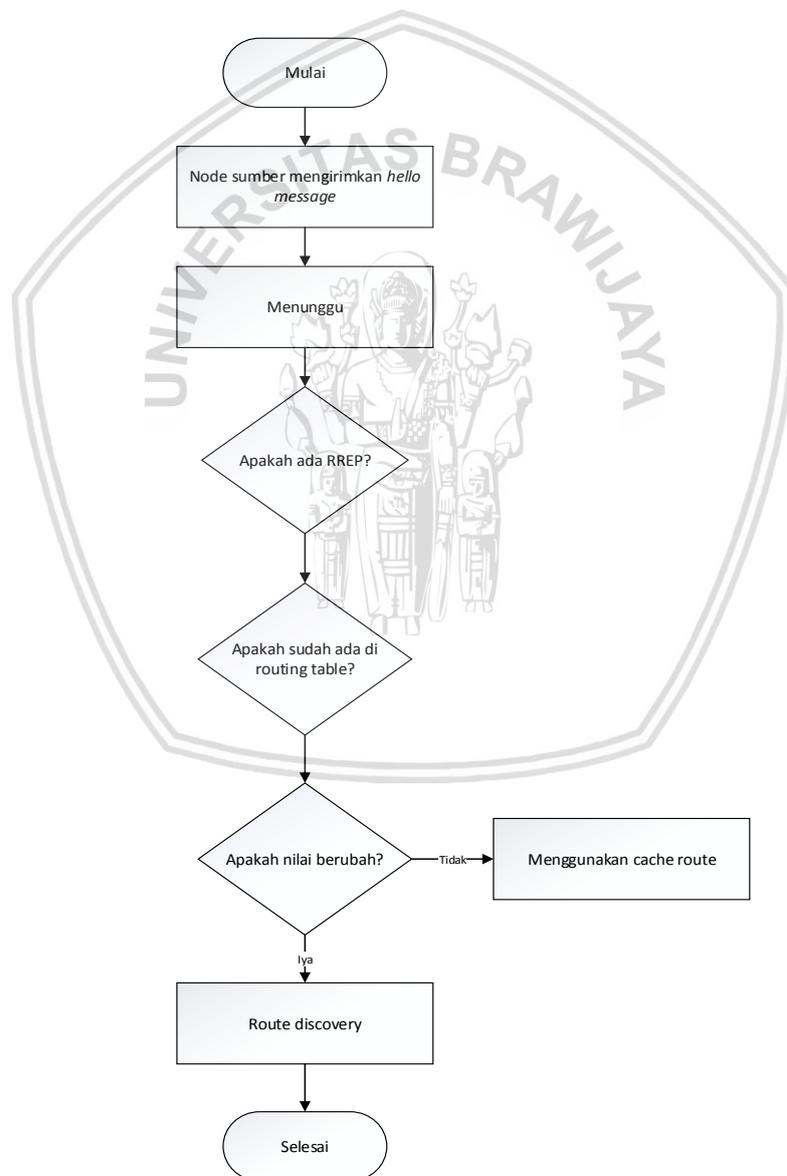




Gambar 2.4 Flowchart proses RREP

2.5.2 Mekanisme *Route Maintenance*

Mekanisme *Route Maintenance* pada protokol DSR hanya dilakukan jika di dalam jaringan terjadi perubahan topologi pada saat node sumber sedang mengirimkan pesan ke node tujuan. Jika hal ini terjadi, maka node akan mengirimkan pesan route error (RRER). Untuk mengirimkan pesan tersebut, node sumber akan mencari jalur alternatif dengan menggunakan jalur yang terdapat pada cache router. Oleh karena itu, tabel routing yang tersimpan pada cache router akan di-update secara berkala. Dan jika kerusakan rute tidak dapat diatasi dengan bantuan cache route. Maka melakukan mekanisme *route discovery* untuk menemukan jalur terbaru dari node sumber menuju ke node tujuan. Dibawah ini digambarkan proses mekanisme route ada pada Gambar 2.5.

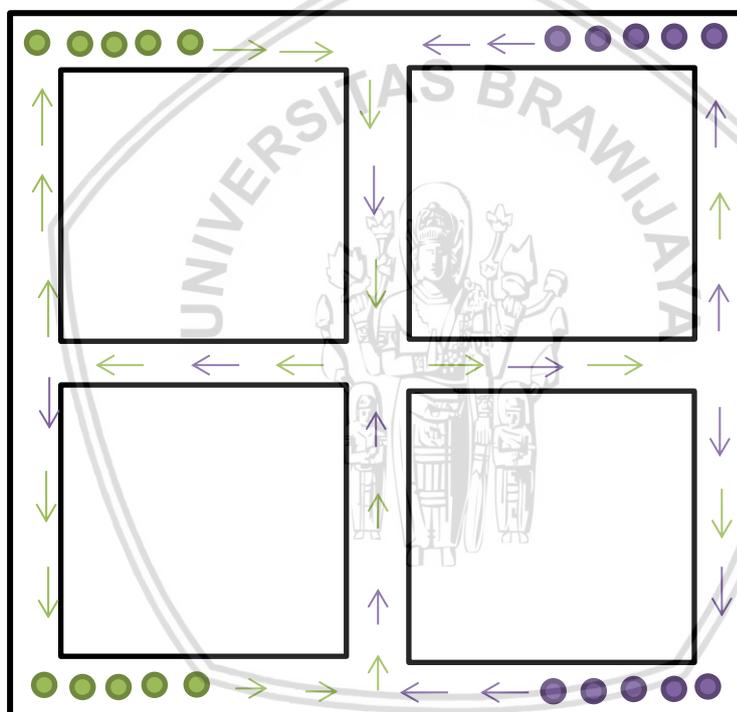


Gambar 2.5 Flowchart mekanisme *route maintenance*



2.6 Manhattan Grid Mobility

Pada model pergerakan *manhattan grid* node atau kendaraan bergerak pada arah horizontal dan vertikal mengikuti jalur yang telah ditetapkan. Model pergerakan ini melakukan pergerakan kendaraan layaknya jalur di perkotaan. Pada persimpangan jalan horizontal dan vertikal, kendaraan hanya dapat berbelok ke arah kiri, kanan serta lurus. (Kaur & Mittal, 2014). Model mobilitas manhattan merupakan salah satu model mobilitas untuk menggambarkan pergerakan mobile node dari VANET yang peta pergerakannya ditampilkan seperti model perkotaan manhattan. Pada Gambar 2.6 adalah gambaran mengenai model *manhattan grid* yang akan menjadi jalur pada penelitian. Penulis menggunakan area tipe 2x2 sebagai jalur pergerakan node. Node-node mobile akan bergerak melewati area di sepanjang jalur vertikal dan horizontal saja, awal mula node melakukan pergerakan melalui titik diujung kiri dan kanan area.



Gambar 2.6 Topologi Manhattan Grid Mobility

Sumber : *international Journal of Soft Computing and Engineering* (2013)

2.7 Simulation Of Urban Mobility (SUMO)

Simulation of Urban Mobility (SUMO) merupakan program *open source* simulator untuk lalu lintas yang memungkinkan pengguna membangun simulasi pergerakan kendaraan pada topologi jaringan VANET yang disesuaikan. Pada tahun 2001 SUMO pertamakali di implementasikan dan di rilis *open source* pada tahun 2002 yang dikembangkan oleh Daniel Krajzewicz, Jakob Erdmann, Michae Behrisch, dan Laura Bieker (Behrisch, et al. 2009 dalam Nutrihadi, et al. 2016).

Terdapat berbagai macam *tools* yang berbeda pada SUMO, termasuk memiliki fungsi yang berbeda pula. Berikut beberapa fungsi *tools* yang dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam penyusunan penelitian ini:

1. netgenerate.exe
2. netconvert.exe
3. randomTrips.py
4. duarouter.exe
5. sumo-gui.exe
6. sumo.exe
7. traceExporter.py

2.8 Packet Delivery Ratio (PDR)

Packets delivery ratio merupakan rasio antara banyaknya paket data yang diterima oleh node tujuan dengan banyaknya paket yang dikirimkan oleh node sumber. Perhitungan PDR ini nantinya akan digunakan untuk membuktikan bahwa berapa banyak paket yang terserang oleh *malicious node*. Perhitungan *packet delivery ratio* dapat dilihat dari rumus berikut:

Pada rumus diatas, didapatkan informasi bahwa:

$$PDR = \frac{(\text{Packet Delivered})}{(\text{Packet Sent})} \times 100\% \quad (2.1)$$

Packet Delivered: jumlah paket data yang diterima atau paket sampai ke node tujuan.

Packet Sent: jumlah paket data yang dikirim atau paket yang dikirimkan oleh node sumber.

2.9 Packet Loss

Packet loss merupakan paket yang hilang selama berlangsungnya proses transmisi paket dari node sumber menuju node tujuan. *Packet loss* dapat terjadi karena beberapa hal berikut ini, diantaranya: *congestion* yaitu disebabkan karena antrian yang berlebihan dalam jaringan, node-node yang bekerja didalam jaringan melebihi kapasitas *buffer* dan memory yang terbatas pada node policing atau mengontrol jaringan untuk memastikan bahwa jumlah trafik yang mengalir sesuai dengan besarnya *bandwidth*. Apabila besarnya *bandwidth* mengalir didalam jaringan tesebut melebihi dari kapasitas *bandwidth* yang ada maka *policing control* akan membuang kelebihan trafik yang ada (Ekaputra,2016). Berikut adalah rumus dari *packet loss*:

$$PL = \frac{(\text{Packet Sent} - \text{Packet Delivered})}{(\text{Packet Sent})} \times 100\% \quad (2.2)$$

2.10 Network Simulator 3 (NS3)

Network Simulator 3 adalah simulasi jaringan yang dibuat untuk penelitian dan Pendidikan. NS3 adalah freeware yang berlisensi GNU GPLv. Tujuan dari pembuatan NS3 adalah untuk pengembangan simulasi di bidang jaringan, disesuaikan dengan kebutuhan simulasi riset jaringan modern. NS3 berkomitmen untuk membangun simulasi yang terdokumentasi dengan baik mudah digunakan dan sesuai dengan kebutuhan alur kerja simulasi, mulai dari konfigurasi sampai dengan pengumpulan hasil dan analisis. Network simulator 3 mengembangkan model simulasi yang cukup realistis untuk memungkinkan NS3 menjadi simulator jaringan secara *realtime*, yang dapat disesuaikan dengan realnya, sehingga dapat diimplementasikan di keadaan nyata. NS3 memiliki beberapa pengembangan dari simulator NS-2 (Nabar, Sidharth, & Poovendran, 2011) yaitu sebagai berikut:

1. Core dari network simulator versi 3 ini ditulis dengan Bahasa pemrograman C++ serta terdapat beberapa antarmuka dari simulator ini ditulis dengan Bahasa pemrograman Python.
2. Ns-3 dapat diintegrasikan dengan eksperimen testbed, sehingga pada protokol yang baru dapat dikembangkan dan juga di uji kinerjanya.
3. Dapat mensimulasikan *socket* dan bermacam-macam perangkat jaringan, mendukung *multiple interfaces*, penggunaan alamat IP, dan lain – lain.
4. Dalam sebuah jaringan simulasi yang besar, tentu saja dibutuhkannya banyak koneksi untuk mengatur antara nod, NetDevice serta channel. Ns-3 disini memfasilitasi objek *topology Helpers* untuk mengatur simulasi-simulasi jaringan semudah mungkin.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Diagram Blok

Penjelasan mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini di gambarkan melalui sebuah diagram. Berikut adalah gambaran umum tahapan metodologi penelitian yang digunakan digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Pada Gambar 3.1 merupakan gambaran metodologi penelitian yang digunakan. Studi literatur digunakan sebagai pembelajaran mengenai dasar-dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian. Rekayasa kebutuhan digunakan untuk menganalisis segala kebutuhan sistem. Perancangan digunakan untuk mendesain perangkat-perangkat sistem yang akan digunakan. Implementasi digunakan untuk menerapkan hasil perancangan ke dalam simulasi. Pengujian dan analisis digunakan untuk menguji sistem yang kemudian akan di analisis. Yang terakhir adalah membuat kesimpulan dan saran.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mempelajari dan memahami teori dan referensi yang digunakan pada penelitian. Teori dan referensi tersebut dapat berasal dari jurnal, buku, dan penelitian sebelumnya. Adapun bahan studi literatur yang perlu dijelaskan adalah: Serangan *black hole*, *mobile ad-hoc network*, *Dynamic Source Routing (DSR)*, *Route discovery*, *route maintenance*, *packet delivery ratio*, *packet loss* dan *network simulator 3 (NS-3)*. Studi literatur tersebut dirancang sebagai pedoman pengetahuan dasar dalam melakukan analisis, perancangan, implementasi dan pengujian dalam tahap-tahap penelitian. Hal ini bertujuan agar mendapat pemahaman yang lebih mendalam terhadap pokok bahasan yang diangkat.

3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui pengujian yang dilakukan. Hal ini dilakukan agar pengujian sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis kebutuhan akan dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1 Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai permasalahan dan prosedur yang sedang berjalan saat ini. Berikut adalah prosedur yang sedang berjalan dalam Pengaplikasian pengaruh serangan *black hole* terhadap protokol routing DSR pada jaringan MANET dengan pergerakan dinamis terstruktur:

1. Sistem dapat mensimulasikan protokol routing DSR pada MANET dengan NS3.
2. Sistem dapat mensimulasikan model pergerakan *Manhattan Grid Mobility* pada MANET.
3. Sistem dapat mensimulasikan serangan *black hole* terhadap protokol DSR pada MANET.
4. Sistem mendapatkan rincian hasil simulasi berupa data selama proses simulasi dilakukan.
5. Sistem dapat menghitung jumlah paket data yang diterima dari node sumber ke node tujuan.

6. Sistem dapat menghitung jumlah paket yang hilang selama proses pengiriman berlangsung.

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan simulasi serangan black hole meliputi tiga bagian yaitu perancangan simulasi, perancangan serangan dan perancangan parameter pengujian.

3.4.1 Perancangan Simulasi

Perancangan simulasi dimulai dengan parameter simulasi yang akan digunakan, yaitu jumlah node *black hole*, posisi node *black hole*, kepadatan node, model pergerakan serta tiga jenis luas wilayah yang digunakan.

3.4.2 Perancangan Serangan

Pada penelitian ini perancangan serangan yang dilakukan adalah dengan menambahkan node *black hole* pada *script* yang kemudian node *black hole* akan membuang paket data dan memanggil fungsi protokol DSR yang terdapat di library NS3.

3.4.3 Perancangan parameter pengujian

Perancangan pengujian dilakukan dengan menuliskan formula parameter pengujian dalam *script* agar dapat menemukan hasil pengujian *packet delivery ratio* untuk melihat paket yang sampai kepada node tujuan setelah dilakukannya serangan *black hole* dan *packet loss* untuk melihat banyaknya paket yang hilang selama pengiriman paket data berlangsung.

3.5 Implementasi Sistem

Software yang digunakan untuk mengimplementasikan penelitian yang terlebih dahulu membuat simulasi dari perancangan yang telah dibuat sebelumnya menggunakan simulator NS-3 kemudian hasil animasi ditampilkan pada Netanim. Dalam simulator NS-3 ini adapun yang akan diimplementasikan antara lain: protokol routing DSR, model pergerakan *manhattan grid mobility*, dan serangan *black hole*. Seluruh Implementasi tersebut disimulasikan menggunakan bahasa pemrograman dalam kode program c++.

3.6 Pengujian dan Analisis

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk dapat menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja atau berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

3.6.1 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari serangan *black hole* pada MANET menggunakan protokol DSR di pergerakan dinamis terstruktur, dimana menggunakan dua parameter pengujian

yaitu *packet delivery ratio* dan *packet loss* . Adapun skenario pengujian yang digunakan ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Skenario Pengujian

| Jumlah Node | Luas Area Simulasi | Jumlah Node <i>Black hole</i> | Posisi Node <i>Black hole</i> |
|-------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 10, 20, 30 dan 50 | 250x250m | 1,2,3,4 dan 5 | Node ke-4, 6, 5, 7 dan 9 |
| | 500x500m | | |
| | 1000x1000m | | |

3.6.2 Analisis Hasil

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan digunakan pada proses analisis yang bertujuan untuk menganalisa hasil dari kinerja serangan *black hole* di MANET pada pergerakan dinamis terstruktur dengan menggunakan protokol DSR. Pada proses ini peneliti dapat mengatur jumlah node yang digunakan, posisi node *black hole*, posisi node sumber, waktu simulasi, dan ukuran paket yang akan dikirimkan dari node sumber. Analisis hasil dilakukan untuk membandingkan hasil parameter pengujian *packet delivery ratio* adalah mengitung banyaknya paket yang sampai ke node tujuan dan *packet loss* adalah melihat paket yang hilang didalam jaringan yang berdasarkan terhadap penambahan node *black hole* dan luas area simulasi yang bervariasi yaitu mengacu pada tabel 3.1.

3.7 Penutupan

Penutupan pada penelitian ini akan berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan peneliti, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

3.7.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil dari pengujian dan analisis dari pengaruh serangan *black hole* pada MANET dengan pergerakan dinamis terstruktur menggunakan protoko DSR.

3.7.2 Saran

Saran berisi tentang usulan serta harapan dari penulis kepada para pengembang dan pengguna jaringan MANET agar dapat membantu untuk pengembangan jaringan *Mobile Ad Hoc Network* khususnya dalam sistem keamanan juga dapat memperkecil tingkat serangan yang terjadi pada MANET di dalam protokol routing DSR.

BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

Pada bab ini menjelaskan secara rinci mengenai sistem yang dijalankan dalam implementasi serangan *black hole* pada protokol routing DSR dalam jaringan MANET.

4.1 Ruang Lingkup

Penelitian ini mengimplementasikan salah satu serangan yang sangat sering ditemukan pada jaringan MANET, yaitu serangan *black Hole*. Implementasi ini dilakukan agar dapat mengetahui pengaruh atau dampak yang ditimbulkan dari serangan *black Hole* saat proses pengiriman data antar node berlangsung. Penelitian ini menggunakan protokol routing *Dynamic Source Routing* (DSR) dalam jaringan MANET. Kemudian hasil pengujian dianalisis berdasarkan jumlah node *black hole* yang digunakan, kepadatan node dan luas area.

Karena jaringan MANET merupakan sebuah teknologi yang tergolong teknologi baru, maka Implementasi pada penelitian ini ditunjukkan kepada penulis dan pembaca agar dapat mengetahui pengaruh dari serangan *black hole* pada saat pengiriman paket data menggunakan protokol routing DSR.

4.2 Deskripsi Umum Sistem

Sistem ini dapat berjalan sebagaimana mestinya apabila dalam sistem ini menerapkan mekanisme dan mengimplementasikan serangan *black Hole* dalam protokol routing DSR pada jaringan MANET. Posisi node *black hole* sudah ditentukan oleh penulis bahwa node berapa sajakah yang akan menjadi node *black hole*, untuk lebih rinci-nya dapat dilihat di Tabel 3.1. Kemudian parameter hasil pengujian yang dilakukan adalah *packet delivery ratio* untuk menghitung rasio keberhasilan pengiriman data dan *packet loss* untuk mengetahui berapa banyak paket yang hilang saat melakukan pengiriman.

4.2.1 Kegunaan

Dengan adanya sistem ini untuk mengimplementasikan serangan *black hole* pada protokol routing DSR menggunakan pergerakan dinamis terstruktur untuk mengetahui pengaruh atau dampak yang dilakukan pada serangan *black hole* sendiri.

4.2.2 Karakteristik Pengguna

Pada sistem ini pengguna hanya dapat melihat simulasi yang sedang berjalan melalui animasi jaringan *NetAnim* yang terdapat di simulator NS-3 serta melihat hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss* pada *command*.

4.2.3 Batasan Sistem

Berikut adalah beberapa Batasan sistem yang diterapkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Arsitektur jaringan yang digunakan dalam simulasi adalah *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET).
2. Protokol routing yang digunakan untuk menerapkan mekanisme serangan *black hole* yaitu *Dynamic Source Routing* (DSR).
3. model pergerakan yang digunakan hanya model pergerakan *manhattan grid mobility*.
3. Terdapat 5 node serangan *black hole* yang berada dalam jaringan dan akan berjalan sampai waktu yang telah ditentukan.

4.3 Spesifikasi Kebutuhan

4.3.1 Kebutuhan Pengguna

Sistem ini dapat mengimplementasikan serangan *black hole* dalam jaringan MANET yang menggunakan protokol routing DSR sebagai protokol untuk pengiriman data dan *manhattan grid mobility* sebagai jalur pergerakan node.

4.3.2 Kebutuhan Fungsional

1. Sistem dapat mengimplementasikan protokol routing DSR.
2. Sistem dapat mengimplementasikan area simulasi.
3. Sistem dapat mengimplementasikan model pergerakan *manhattan grid mobility*.
4. Sistem dapat mengimplementasikan Node *Black hole*.
5. Sistem dapat menampilkan dan menghitung *packet delivery ratio* dalam persen.
6. Sistem dapat menampilkan dan menghitung *packet loss* dalam persen.

4.3.3 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras merupakan spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam melakukan penelitian ini. Spesifikasi dijelaskan pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

| Nama Komponen | Spesifikasi |
|---------------|---------------------------------|
| Processor | Intel Core i5 – 3337U, 1.80 Ghz |
| Memori (RAM) | 4 GB DDR 3 |
| Harddisk | 500 GB 540 RPM |

4.3.4 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini antara lain:

1. OS ubuntu versi 12.04

Digunakan sebagai system operasi yang mendukung aplikasi NS-3 dan Netanim dalam komputer.

2. Aplikasi Network Simulator v3

Digunakan sebagai aplikasi simulasi untuk mengimplementasikan penelitian dan aplikasi pendukung lainnya.

3. Network Animator (Netanim)

Digunakan untuk menampilkan animasi proses pengiriman data selama simulasi berlangsung.



BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

5.1 Perancangan

Perancangan meliputi perancangan simulasi, model pergerakan, simulasi model pergerakan, konversi model pergerakan, area simulasi, pergerakan node, perancangan serangan *black hole* dan perancangan parameter pengujian.

5.1.1 Perancangan Simulasi

Pada perancangan simulasi ini akan dijelaskan parameter-parameter simulasi yang digunakan dalam proses simulasi serangan. Yang dimana parameter-parameter ini nantinya digunakan sebagai acuan dalam proses simulasi. Parameter yang berbeda pada setiap skenario akan mengakibatkan perbedaan hasil pada nilai *packet delivery ratio* dan *packet loss*. Parameter-parameter yang penulis tetapkan selama simulasi berlangsung seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Parameter Simulasi

| PARAMETER | NILAI |
|-------------------------------|---|
| Simulator | NS-3.25 |
| Waktu simulasi | Disesuaikan dengan luas area simulasi |
| Kepadatan Node | 10, 20, 30 dan 50 node. |
| Protokol Routing | DSR |
| Area Simulasi | 250 x 250 m, 500 x 500 m, dan 1000 x 1000 m |
| Model Pergerakan | <i>Manhattan Grid</i> |
| Tipe Wfi Mac | MAC 802.11b |
| Ukuran Paket | 512 byte |
| Tipe Koneksi | UDP |
| Tipe Kanal | <i>Wireless</i> |
| Jenis serangan | <i>Black Hole</i> |
| Jumlah node <i>black hole</i> | 5 node |

Berikut merupakan penjelasan dari parameter simulasi yang digunakan:

1. Simulator yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Network Simulator 3* versi 3.25
2. Waktu simulasi disesuaikan dengan luas area simulasi yang telah ditentukan.
3. Kepadatan node yang digunakan dalam proses simulasi adalah 10, 20, 30 dan 50 node.
4. Area simulasi yang digunakan selama proses simulasi yaitu berukuran: 250x250m, 500x500m dan 1000x1000m.
5. Model pergerakan yang digunakan adalah model *pergerakan Manhattan Grid mobility*.
6. Tipe wifi yang digunakan pada penelitian ini adalah Wifi MAC 802.11b.
7. Ukuran paket pada simulasi adalah 512 *byte*.
8. Tipe koneksi yang digunakan untuk mentransmisikan paket data pada simulasi ini adalah tipe koneksi UDP.
9. Node *black hole* yang digunakan dalam penelitian ini node *black hole* yang bersifat dinamis
10. Jumlah node *black hole* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 node *black hole attack*. Dengan skenario pengujian di tabel 3.1.
11. Simulasi pada penelitian ini menggunakan *library* protokol DSR pada NS3.

5.1.2 Model Pergerakan

Pada penelitian ini menggunakan model pergerakan *Manhattan Grid Mobility*. Model pergerakan ini digunakan sebagai media uji komunikasi antara node dengan protokol yang telah ditentukan. Uji coba penelitian ini dilakukan secara simulasi melalui aplikasi Network Simulator v3.25.

Terdapat dua tahapan untuk merancang model pergerakan pada penelitian ini yaitu tahap perancangan area simulasi dan tahap perancangan pergerakan, area simulasi ini nantinya akan digunakan sebagai jalur yang akan dilalui node. Pada tahap perancangan pergerakan akan membentuk suatu node yang dinamis terstruktur yang akan melewati jalur yang telah dirancang.

5.1.3 Source code dan penjelasan program

(a). Memanggil library NS-3

Network Simulator 3 telah menyediakan beberapa modul yang dapat digunakan penggunaannya agar lebih mudah dan lebih cepat saat proses pemrograman simulasi berlangsung. Modul-modul yang disediakan ini tidak hanya dalam bentuk source code melainkan juga dalam bentuk file hasil kompilasi file, kode program dibawah ini disimpan pada file scratch dalam NS3 dengan nama file *blackholemanet.cc*. Fungsi-fungsi yang terdapat dalam kode file tersebut dapat dihubungkan (include) dengan kode program yang sudah

ada didalam Network Simulator 3. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis memasukkan modul-modul seperti dibawah ini:

```

1 #include"ns3/core-module.h"
2 #include"ns3/event-id.h"
3 #include"ns3/simulator.h"
4 #include"ns3/nstime.h"
5 #include"ns3/network-module.h"
6 #include"ns3/mobility-module.h"
7 #include"ns3/config-store-module.h"
8 #include"ns3/wifi-module.h"
9 #include"ns3/internet-module.h"
10 #include"ns3/netanim-module.h"
11 #include"ns3/ptr.h"
12 #include"ns3/packet.h"
13 #include"ns3/header.h"
14 #include"ns3/flow-monitor-module.h"
15 #include"ns3/ns2-mobility-helper.h"
16 #include"ns3/dsr-module.h"
17 #include<iostream>
18 #include<fstream>
19 #include<vector>
20 #include<string>
21 #include<map>
22 #include<list>
23 #include <math.h>

```

(b). Fungsi utama

Fungsi utama ini berisi berbagai perintah untuk membuat node, menentukan node *black hole*, menentukan model pergerakan node, menghitung nilai *packet delivery ratio*, *packet loss* dan menjalankan fungsi simulasi secara keseluruhan. Dengan fungsi utama diawali dengan script:

```

1 int main (int argc, char *argv[])
2 {

```

(c). Script untuk membuat node

Script berikut merupakan script yang digunakan penulis untuk membuat dan menentukan node biasa atau *good node* (*g_decodeQ*) serta node *black hole* atau *malicious node* (*m_decodeQ*).

```

1 Int nodesize_global=50;
2 double anonymityTotal = 0;
3 double threshold_global = 1.0;
4 int messageCount = 99;
5 std::vector<bool> maliciousVector(nodesize_global,
6 false);
7 std::vector<bool> maliciousVector(nodesize_global,
8 true);
9 int rawTotalSent = 0;
10 int gTotalSent = 0;
11 std::vector<int> gTotalDecode;
12 std::vector<int> m_decodeQ;
13 std::vector<int> g_decodeQ;
14 std::vector<uint64_t> messageSendTime(messageCount,

```

```

15 Seconds(0.0).GetMilliseconds();
16 std::vector<uint64_t> messageReceivedTime(messageCount,
17 0);
18 NodeContainer c;

```

(d). Inisialisasi dan pengaturan wifi

Script ini digunakan untuk mengatur wifi dan jenis wifi yang digunakan sebagai media pengiriman dan penerimaan paket data. Kemudian program akan membuat channel yang digunakan sebagai penghubung antar node.

```

1 WifiHelper wifi;
2     if (verbose)
3     {
4         wifi.EnableLogComponents ();
5     }
6     wifi.SetStandard (WIFI_PHY_STANDARD_80211b);
7     YansWifiPhyHelper wifiPhy = YansWifiPhyHelper::Default
8     ();
9     wifiPhy.Set ("RxGain", DoubleValue (0) );
10    wifiPhy.SetPcapDataLinkType(YansWifiPhyHelper::DLT_IEEE802
11    _11_RADIO);
12    YansWifiChannelHelper wifiChannel;
13    wifiChannel.SetPropagationDelay
14    ("ns3::ConstantSpeedPropagationDelayModel");
15    wifiChannel.AddPropagationLoss
16    ("ns3::RangePropagationLossModel", "MaxRange", DoubleValue
17    (100.0));
18    wifiPhy.SetChannel (wifiChannel.Create ());
19
20    NqosWifiMacHelper wifiMac = NqosWifiMacHelper::Default
21    ();
22    wifi.SetRemoteStationManager("ns3::ConstantRateWifiMan
23    ager",
24    "DataMode",StringValue (phyMode),
    "ControlMode",StringValue (phyMode));

```

(e). Membuat Device

Script ini digunakan untuk membuat *device* pada setiap node yang berfungsi untuk menghubungkan antara node dan *channel* yang dibuat sebelumnya.

```

1 wifiMac.SetType ("ns3::AdhocWifiMac");
2     NetDeviceContainer devices = wifi.Install (wifiPhy,
3     wifiMac, c);

```

(f). Mengatur IP address pada Device

Script ini digunakan untuk mengatur IP Address pada tiap-tiap node. Selain itu bisa juga digunakan untuk mengatur range IP Address yang akan digunakan tiap-tiap node. Tidak ada alasan khusus penulis untuk mengatur IP Address simulasi ini dengan 10.1.0.0 dan netmask 255.255.255.0

```

1 Ipv4AddressHelper ipv4;
2     NS_LOG_INFO ("Assign IP Addresses.");
3     ipv4.SetBase ("10.1.0.0", "255.255.0.0");
4     Ipv4InterfaceContainer i = ipv4.Assign (devices);

```

(g). Fungsi protokol DSR

Script ini digunakan untuk mengenali fungsi protokol DSR yang terdapat pada library NS-3.25.

```

1  InternetStackHelper internet;
2      internet.Install (c);
3
4      DsrHelper dsr;
5      DsrMainHelper dsrMain;

```

(h). Menentukan node tujuan

Script berikut ini digunakan untuk menginisiasi node yang akan menjadi node tujuan

```

1  std::vector<MyReceiver* > myReceiverSink
2  (nodesize_global);
3  for (uint32_t n = 0; n < (uint32_t) nodesize_global;
4  n++) {
5  MyReceiver *receiver = new MyReceiver (c.Get(n), tid);
6  receiver -> Receive (MakeCallback
7  (&MyReceiver::ReceivePacket, receiver));
8  myReceiverSink.at(n) = receiver;

```

(i). Mengatur Koneksi UDP

Script ini berfungsi untuk mengatur paket yang akan dikirimkan dengan menggunakan koneksi UDP.

```

1  TypeId tid = TypeId::LookupByName
2  ("ns3::UdpSocketFactory");

```

(j). memulai dan menghentikan simulasi

Script ini berfungsi untuk menentukan awal paket yang akan dikirimkan dari node sumber sampai waktu simulasi yang telah ditentukan selesai.

```

1  MyReceiver* source =
2  myReceiverSink.at(sourceNodeSimulator::Schedule (Seconds
3  (20.0), &MyReceiver::SayMessage, source, numPackets,
4  Seconds (2.0), (uint16_t) 999, myReceiverSink);
5  Simulator::Schedule (Seconds (20.0+movingDelay),
6  &MyReceiver::SayKey, source, numPackets, Seconds
7  (2.0+movingDelay), (uint16_t) 999, myReceiverSink);
8
9  FlowMonitorHelper flowmon;
10 Ptr<FlowMonitor> monitor = flowmon.InstallAll();
11 Simulator::Stop (Seconds (210.0));

```

(k). Membuat file xml

Selain menggunakan Network Simulator 3, penulis juga menggunakan aplikasi NetAnim untuk memvisualisasikan program simulasi yang dibuat. Untuk dapat melihat tampilan visual simulasi, maka diperlukan file berformat .xml. Script berikut ini yang harus di masukkan kedalam program, agar program yang dibuat dapat divisualisasikan menggunakan NetAnim.

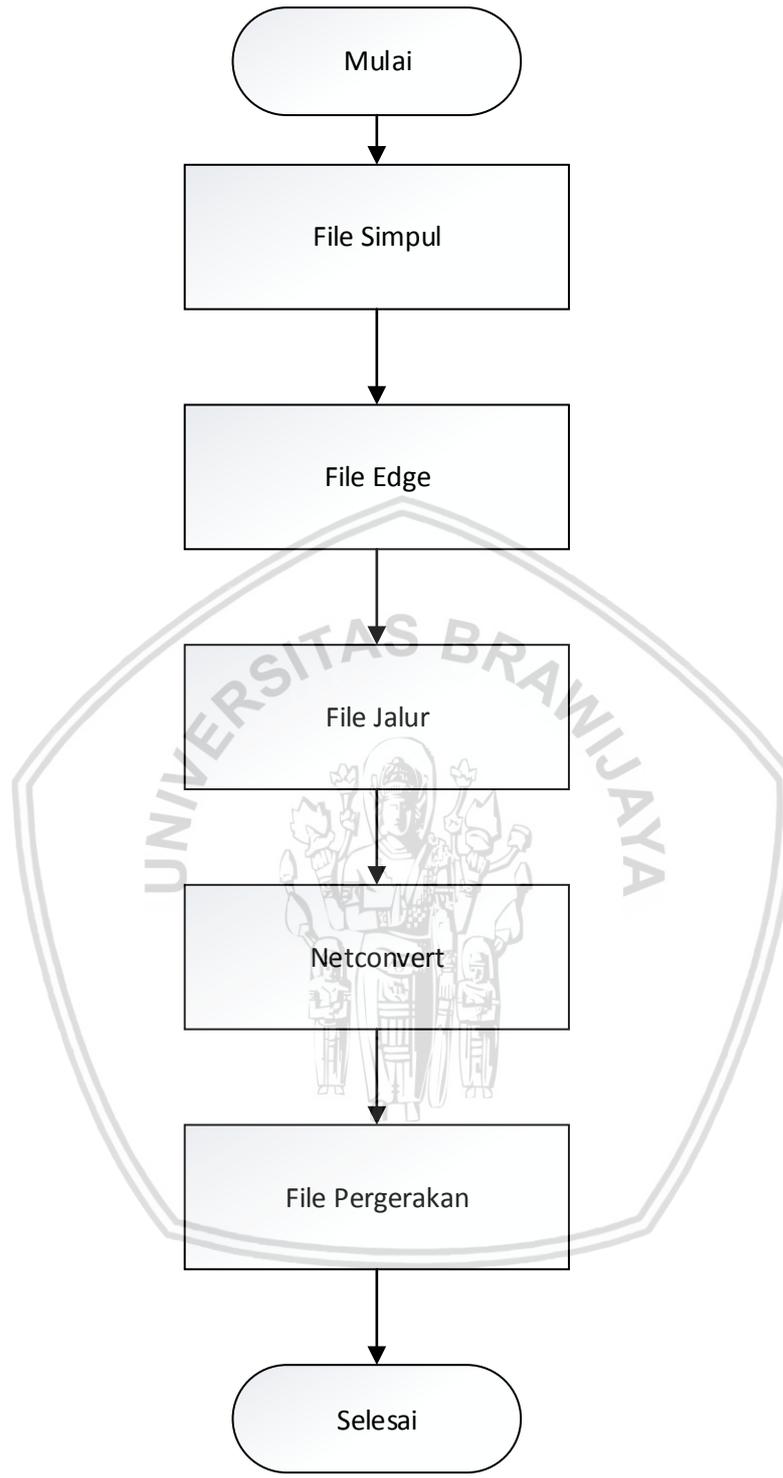
```
1 AnimationInterface anim ("skripsiblackhole.xml");
```

5.1.4 Simulasi Model Pergerakan

Setelah melakukan inialisasi seperti program NS3 diatas, pada sub bab ini menjelaskan cara agar mendapatkan model pergerakan manhattan grid diperlukan aplikasi bantu yaitu *Simulation Urban Mobility* (SUMO). Pada aplikasi membuat skenario untuk area simulasi dan banyaknya node yang dibutuhkan. Kemudian file-file ini nantinya akan dituangkan kedalam format file XML (*Extensible Markup Language*). Dengan perincian sebagai berikut :

1. Konfigurasi simpul dimasukkan ke dalam file dengan format *example.nod.xml*
2. Konfigurasi tepi (edge) dimasukkan ke dalam file dengan format *example.edg.xml*
3. Konfigurasi jalur dimasukkan ke dalam file dengan format *flow.xml*
4. Pergerakan kendaraan dimasukkan ke dalam file dengan format *example.rou.xml*.

Pada Gambar 5.1 merupakan seluruh file yang berhubungan dengan peta pergerakan digabungkan menggunakan kaskas bantu netconcert yang menghasilkan keluaran berupa file **example.net.xml*, file inilah nantinya digunakan oleh SUMO untuk melakukan pergerakan yang dinamis terstruktur.



Gambar 5.1 Simulasi Model Pergerakan

5.1.5 Konversi Model Pergerakan

Network Simulator V3 dapat mengoperasikan area simulasi dan model pergerakan dengan bantuan aplikasi SUMO (*Simulation of Urban Mobility*). Dalam menjalankan kode program, aplikasi SUMO dan NS-3 memiliki kesamaan terhadap penggunaan format XML (*Extensible Markup Language*). Berikut adalah tahapan-tahapan agar model pergerakan *manhattan grid* dapat berjalan di NS-3 dari hasil konversi SUMO :

1. Menggunakan tools bantu netconvert yang dijalankan pada terminal. Perintah ini merupakan file konfigurasi untuk area simulasi dan pergerakan yang dihasilkan berdasarkan perancangan dan implementasi pada SUMO.

```
$ netconvert -n example.nod.xml -e example.edg.xml -o example.net.xml
```

2. Perintah ini digunakan untuk mendapatkan file jalur agar node dapat berjalan dengan terstruktur.

```
$ duarouter -n example.net.xml -f flow.xml -o example.rou.xml
```

3. Perintah ini digunakan untuk menghasilkan file rekam jejak seluruh aktifitas pergerakan.

```
$ sumo -c example.sumo -fcd-output sumoTrace.xml
```

4. Setelah mendapatkan file rekam jejak, perintah ini akan menghasilkan file *mobility.tcl* dengan kaskas bantu "*traceExporter*" yang nantinya dapat digunakan untuk menjalankan pergerakan node – node yang terstruktur di NS3.

```
$ python traceExporter.py --fcd-input /home/esti/example/sumoTrace.xml  
--ns2mobility-output /home/esti/example/mobility.tcl
```

5. Kemudian tahapan konversi yang terakhir ini merupakan perintah untuk menghasilkan node dan model pergerakan yang telah dibuat sebelumnya menggunakan aplikasi bantuan SUMO.

```
$ ./waf --run "ns2berhasil --traceFile=scratch/mobility.tcl --nodeNum=80 --  
duration=150.0 --logFile=scratch/main-ns2-mob.log"
```

Setelah selesai melakukan tahapan-tahapan diatas maka dibuatlah beberapa baris kode program agar simulasi dapat dijalankan di Network Animator (Netanim) pada NS-3. Oleh karena itu pada kode program 5.1 merupakan potongan kode program .cc dalam NS-3. Dimana pada kode program baris 1-3 ini berfungsi untuk memanggil hasil konversi file SUMO tadi untuk dapat dilakukannya simulasi pergerakan node. File yang dipanggil bertempat di folder *scratch* pada NS-3 dengan file yang dipanggil berformat *tcl*.

```

1 Ns2MobilityHelper ns2 = Ns2MobilityHelper
2 ("scratch/mobility.tcl");
3 ns2.Install ();

```

5.1.5.2 Area Simulasi

Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis area simulasi yang memiliki luas wilayah yang berbeda-beda yaitu 250x250m, 500x500m dan 1000x1000m, dimana node hanya dapat bergerak disepanjang jalur horizontal dan vertikal saja. Pembuatan area simulasi ini menggunakan bantuan aplikasi SUMO (*Simulation of Urban Mobility*) yang dikeluarkan oleh *Institute of Transportation System*, Berlin. Berikut adalah penjelasan dan potongan kode program dari jenis-jenis area simulasi dengan luas wilayah dengan berbeda-beda:

1. Area simulasi dengan luas wilayah 250x250m

```

1 </nodes>
2 <node id="0" x="0" y="0" />
3 <node id="1" x="100" y="0" />
4 <node id="2" x="125" y="0" />
5 <node id="3" x="250" y="0" />
6 <node id="4" x="0" y="125" />
7 <node id="5" x="125" y="125" />
8 <node id="6" x="250" y="125" />
9 <node id="7" x="0" y="250" />
10 <node id="8" x="125" y="250" />
11 <node id="9" x="250" y="250" />
12 </nodes>

```

Kode Program 5.1 nod.xml 250x250m

Potongan kode program 5.1 diatas merupakan potongan kode program dengan nama file *example.nod.xml* dalam SUMO. Potongan kode tersebut menjelaskan "node id" merupakan parameter yang menentukan jumlah node yang akan di gunakan. seperti yang terlihat di baris 1-10 bahwa menggunakan 10 node dan diikuti dengan titik koordinat X dan Y untuk mengatur luas wilayah, yaitu dimulai dari titik koordinat (0;0) hingga (250;250). Kemudian dalam Hal ini membuktikan bahwa area simulasi yang digunakan adalah dengan luas wilayah 250x250m. Pada area simluasi ini terdapat 20, 30 dan 50 node yang telah dibuat dengan kode program yang sama seperti kode program diatas

2. Area simulasi dengan luas wilayah 500 x 500m

```

1 <node>
2 <node id="0" x="0" y="0" />
3 <node id="1" x="125" y="0" />
4 <node id="2" x="250" y="0" />

```

| | |
|----|--|
| 5 | <code><node id="3" x="500" y="0" /></code> |
| 6 | <code><node id="4" x="0" y="225" /></code> |
| 7 | <code><node id="5" x="250" y="225" /></code> |
| 8 | <code><node id="6" x="500" y="225" /></code> |
| 9 | <code><node id="7" x="0" y="500" /></code> |
| 10 | <code><node id="8" x="250" y="500" /></code> |
| 11 | <code><node id="9" x="500" y="500" /></code> |
| 12 | <code>/nodes></code> |

Kode Program 5.2 nod.xml 500x500m

Potongan kode program 5.2 merupakan potongan kode program dengan nama file *example.nod.xml* dalam SUMO. di baris 1-11 menjelaskan "node id" merupakan parameter yang menentukan jumlah node yang akan di gunakan dan diikuti dengan titik koordinat X dan Y untuk mengatur luas wilayah, yaitu dimulai dari titik koordinat (0;0) hingga (500;500). Yang dalam Hal ini membuktikan bahwa area simulasi yang digunakan adalah dengan luas wilayah 250x250m. Sama halnya dengan menggunakan 20, 30 dan 50 node.

3. Area simulasi dengan luas 1000 x 1000m

| | |
|----|--|
| 1 | <code><nodes></code> |
| 2 | <code><node id="0" x="0" y="0" /></code> |
| 3 | <code><node id="1" x="250" y="0" /></code> |
| 4 | <code><node id="2" x="500" y="0" /></code> |
| 5 | <code><node id="3" x="1000" y="0" /></code> |
| 6 | <code><node id="4" x="0" y="500" /></code> |
| 7 | <code><node id="5" x="500" y="500" /></code> |
| 8 | <code><node id="6" x="1000" y="500" /></code> |
| 9 | <code><node id="7" x="0" y="1000" /></code> |
| 10 | <code><node id="8" x="500" y="1000" /></code> |
| 11 | <code><node id="9" x="1000" y="1000" /></code> |
| 12 | <code></nodes></code> |

Kode Program 5.3 nod.xml 1000x1000m

Sama halnya dengan kode program 5.1 dan 5.2. hanya saja pada kode program 5.3 ini membuat area simulasi dengan luas wilayah 1000x1000m. Pada baris 1 diketahui memiliki titik koordinat (0;0) dan baris 12 memiliki titik koordinat (1000;1000). Sama halnya dengan menggunakan 20, 30 dan 50 node.

5.1.5.3 Pergerakan Node

Pergerakan node disusun berdasarkan kepadatan node dan luas area simulasi seperti yang telah di rancang diatas. Berikut terdapat 4 kelompok node yang akan diimplementasikan pada penelitian ini :

1. Node dengan tingkat kepadatan rendah, dengan jumlah maksimal node di dalam area simulasi sebanyak 10 node.
2. Node dengan tingkat kepadatan menengah rendah, dengan jumlah maksimal node di dalam area simulasi sebanyak 20 node.
3. Node dengan tingkat kepadatan menengah tinggi, dengan jumlah maksimal node di dalam area simulasi sebanyak 30 node.
4. Node dengan tingkat kepadatan tinggi, dengan jumlah maksimal node di dalam area simulasi sebanyak 50 node.

Node akan bergerak sesuai dengan waktu yang telah di tentukan dan skenario arah pergerakan disesuaikan dengan model mobilitas yang diimplementasikan. Pada penelitian ini, pergerakan node berjalan melalui jalur lurus, belok kiri dan belok kanan. Berikut terdapat potongan kode program dan gambar untuk pergerakan node:

```

1  <edges>
2  <edge id="a" from="0" to="1" priority="1" numLanes="3"
3  speed="10" />
4  <edge id="b" from="1" to="2" priority="1" numLanes="3"
5  speed="10" />
6  <edge id="c" from="3" to="2" priority="1" numLanes="3"
7  speed="10" />
8  <edge id="d" from="4" to="0" priority="1" numLanes="3"
9  speed="10" />
10 <edge id="e" from="2" to="5" priority="1" numLanes="3"
    speed="10" />
11 </edges>

```

Kode Program 5.4 edge.xml

Kode program 5.4 diatas merupakan potongan kode program dengan nama file *example.edg.xml* dalam SUMO. Pada baris 1-11 terdapat parameter "edge id" yang berfungsi untuk menempatkan node-node yang telah dibuat sebelumnya pada file *example.node.xml* agar nantinya dapat berjalan sesuai dengan jalur area simulasi yang akan dilalui.

```

1  <flows>
2  <flow id="0" color="1,1,0" from="a" to="d" begin="0"
3  end="40" number="10" />
4  <flow id="1" color="0,0,1" from="a" to="d" begin="50" end="90"
5  number="10" />
6

```



```

7 <flow id="2" color="1,1,0" from="c" to="f" begin="0" end="40"
8   number="10" />
9 <flow id="3" color="0,0,1" from="c" to="f" begin="50"
   end="90" number="10" />

```

Kode Program 5.5 flow.xml

Kode program 5.5 diatas merupakan potongan kode program dengan nama file *flow.xml* dalam SUMO. Pada baris 1-9 terdapat parameter "*flow id*" yang berfungsi untuk membuat jakur pergerakan node secara teratur dan terstruktur. "*color*" berfungsi untuk menentukan warna node/kendaraan yang ingin digunakan pada saat dijalkannya simulasi pada SUMO. "*From*" berfungsi agar node dapat berjalan dengan benar sesuai dengan bentuk area simulasi yang telah dibuat sebelumnya.

5.1.6 Perancangan Serangan *Black hole*

Pada perancangan serangan *black hole* dijelaskan bagaimana penyerangan dilakukan dalam jaringan MANET dengan menggunakan protokol routing DSR. Pada perancangan ini node *black hole* yang digunakan adalah random dan bersifat dinamis. Jumlah *black hole* pada penelitian ini berbeda-beda pada setiap uji simulasinya, yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole*. Berikut adalah potongan kode untuk perancangan node *black hole* :

```

1 MyHeader keyNum;
2   Packet -> RemoveHeader(keyNum);
3   Time t = Simulator::Now();
4       bool matchFound = false;
5   if (packetType.GetData() == (uint16_t) 1) {
6       if (keyQ.at(keyNum.GetData()) > 0 &&
7       decodeQ.at(keyNum.GetData()) == false) {
8           uint64_t currTime = t.GetMilliseconds();
9           if (currTime - keyQ.at(keyNum.GetData()) <= 1500) {
10              matchFound = true;
11              decodeQ.at(keyNum.GetData()) = true;
12          if (messageReceivedTime.at(keyNum.GetData()) == (uint64_t)
13          0) {
14              messageReceivedTime.at(keyNum.GetData()) = currTime;
15
16          if (this -> isMalicious)
17          if(std::find(m_decodeQ.begin(), m_decodeQ.end(),
18          keyNum.GetData()) == m_decodeQ.end()) {
19              m_decodeQ.push_back(keyNum.GetData());
20          }

```

Kode Program 5.6 Black hole melakukan serangan

Pada potongan kode program 5.6 menjelaskan bahwa node *black hole* melakukan serangan pada saat melakukan pengiriman data. Sebelum melakukan pengiriman data, node sumber terlebih dahulu mengirimkan paket RREQ (*Route Request*) kepada node - node terdekat untuk diteruskan ke seluruh node tujuan. Setelah proses RREQ selesai akan melakukan balasan berupa paket RREP palsu memberitahu bahwa informasi jalur terdekat menuju node tujuan telah di dapat.

Setelah jalur telah dibentuk, maka proses pengiriman data dilakukan dengan terdapat node *black hole* didalamnya.

```
1 maliciousVector[4] = true;
2 maliciousVector[6] = true;
3 maliciousVector[5] = true;
4 maliciousVector[7] = true;
5 maliciousVector[9] = true;
```

Kode Program 5.7 Letak node *black hole*

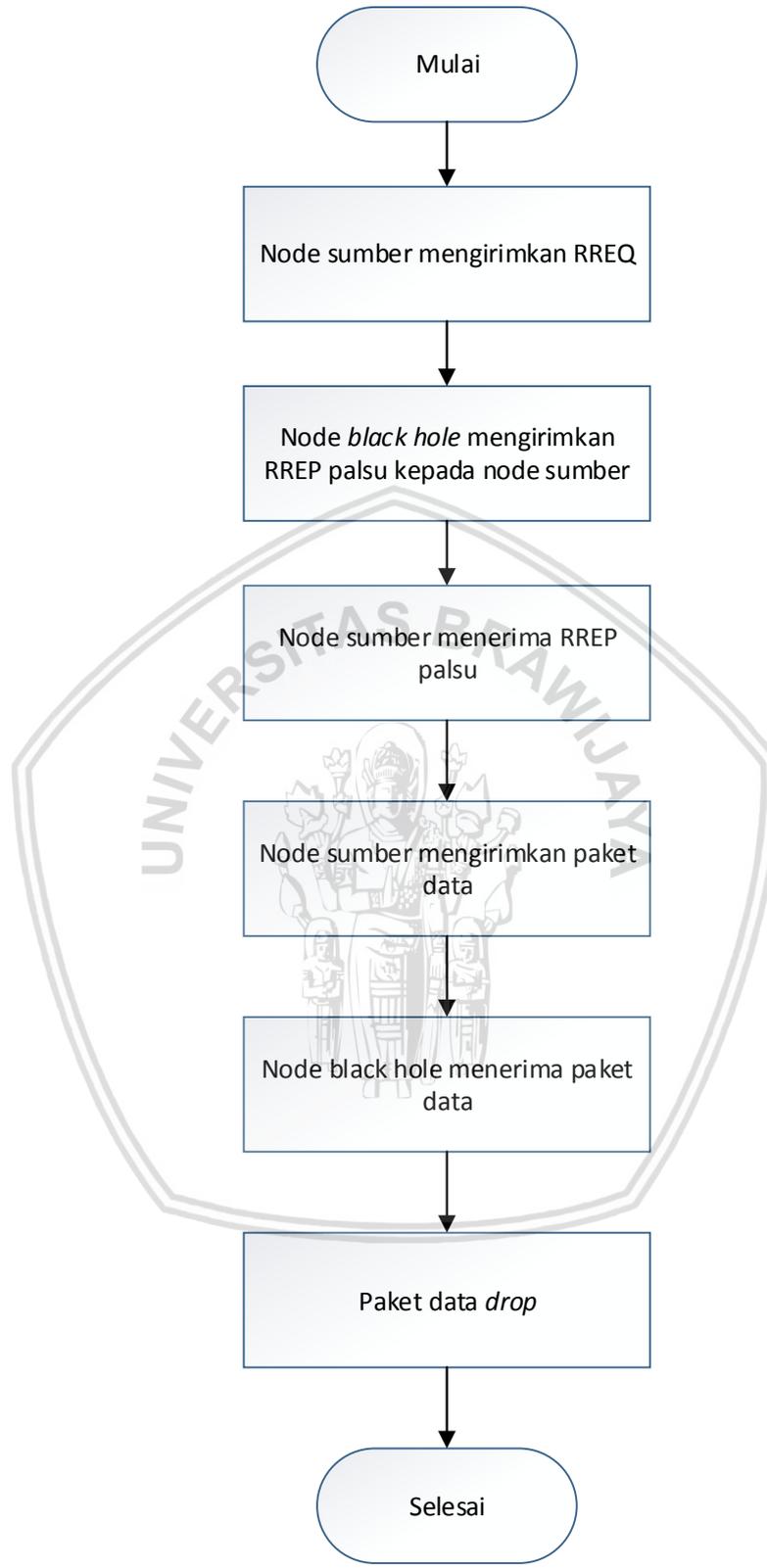
Pada penelitian ini menggunakan lima node *black hole* . Kode program 5.7 diatas ini menjelaskan tentang posisi di node ke berapakah *black hole* attack akan dipasang untuk nantinya akan dianalisis. Perancangan serangan tersebut menggunakan *single black hole* dan *collaborative black hole*.

```
1 void
2 MyReceiver::SetMalicious (uint16_t id)
3 {
4     if (maliciousVector[id] == true
5         this -> isMalicious = true;
6     else
7         this -> isMalicious = false;
```

Kode Program 5.8 aktifkan node *black hole*

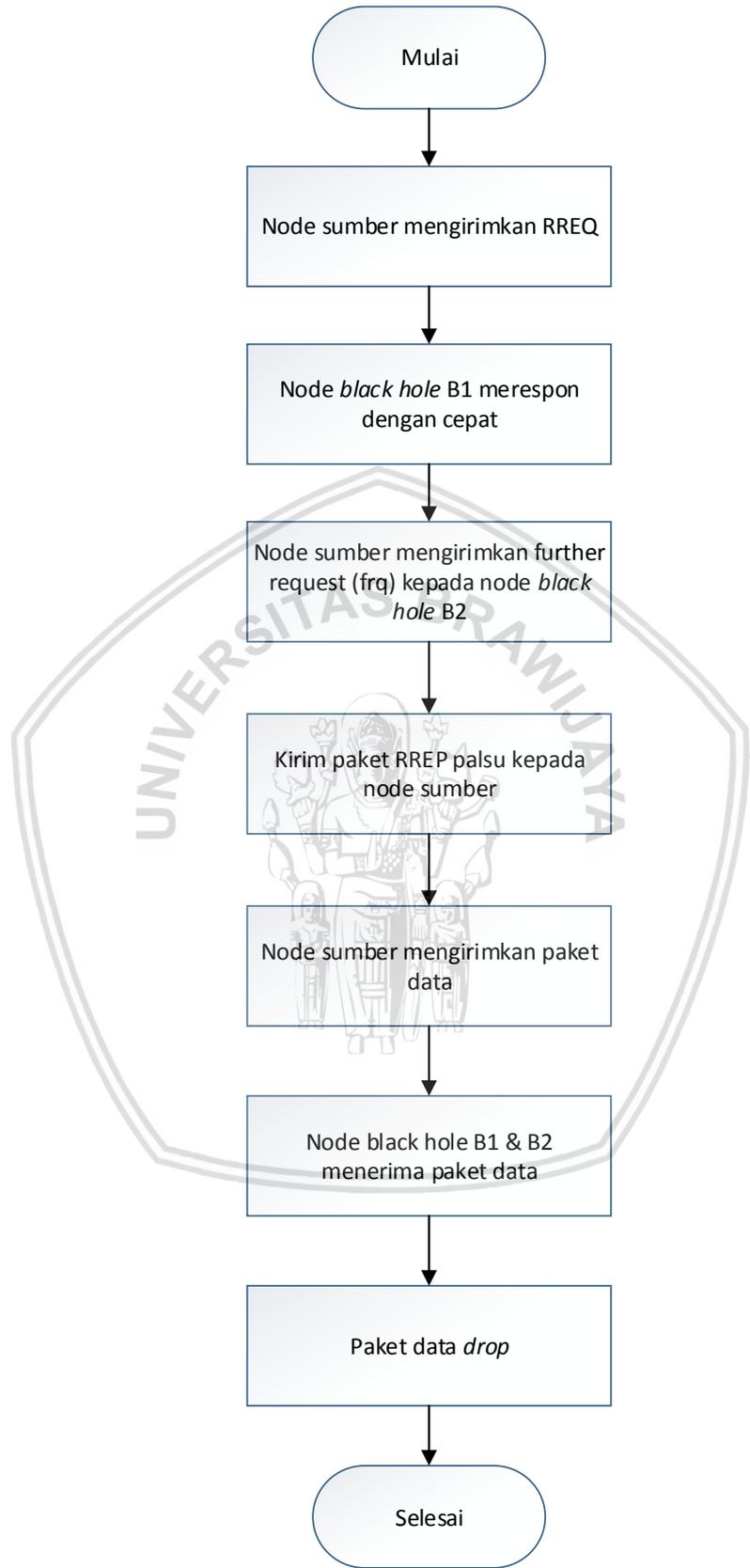
Kode program 5.8 diatas berfungsi untuk mengaktifkan node serangan agar aktif atau tidak aktif saat melakukan simulasi pengujian. Serangan *black hole* yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu pengujian dengan *single black hole* dan *collaborative black hole*. Pada *single black hole* node sumber mengirimkan paket RREQ kepada semua node tetangga. Setelah melakukan pengiriman, node jahat atau node *black hole* dengan cepatnya menanggapi paket RREQ yang dikirmkan tadi dengan sequence number yang paling tinggi daripada node perantara lainnya, dimana node *black hole* mengklaim dirinya memiliki rute tercepat ke node tujuan. Setelah paket data diterima oleh node sumber maka tahap selanjutnya adalah proses pengiriman paket data. Kemudian perlahan paket data tersebut di *drop* oleh serangan *black hole*.

Pada *collaborative black hole* sendiri bahwa node sumber mengirimkan paket RREQ kepada semua node tetangga. Setelah node sumber melakukan pengiriman, node *black hole* B1 dengan cepatnya menanggapi bahwa dirinya memiliki rute tercepat menuju node tujuan kemudian node sumber mengirimkan *further request (Frq)* kepada node *black hole* yang selanjutnya menanyakan terlebih dahulu apakah memiliki rute melewati B1 dan node tujuan, karena node *black hole* B1 dan B2 saling berkerja sama maka node B2 akan menjawab “Ya”. Dengan tanpa memeriksa benar atau tidaknya rute tersebut, node sumber mulai megirimkan paket meuju node tujuan dan paket data tersebut langsung di drop oleh node *black hole*. Dibawah ini digambarkan flowchart *single black hole* dan *collaborative black hole* ada pada Gambar 5.2 dan 5.3.



Gambar 5.2 Flowchart *Single Black Hole attack*





Gambar 5.3 Flowchart Collaborative Black Hole

5.1.7 Perancangan Parameter Pengujian

Pada penelitian ini menggunakan parameter pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss*. Dimana parameter ini akan menghitung rasio dari banyaknya paket yang telah diterima oleh node tujuan dengan banyaknya paket yang dikirimkan oleh node sumber. Berikut adalah cara menghitung untuk mendapatkan nilai pada rumus yang terdapat di persamaan (2.1) dan (2.2).

| | |
|---|---|
| 1 | NS_LOG_UNCOND("Rasio pengiriman Paket dalam % : "<<((totalDecoded * 100)/gTotalSent)); |
| 2 | NS_LOG_UNCOND("packet loss dalam % : "<<((gTotalSent - totalDecoded + m_decodeQ.size())/gTotalSent * 100)); |

Kode Program 5.9 Parameter pengujian

Pada kode program 5.9 diatas baris-1 merupakan perhitungan untuk mengasilkan nilai *Packet delivery ratio* dengan variable totalDecode merupakan variable untuk paket yang diterima oleh node tujuan dan gTotalSent merupakan variable untuk paket yang dikirim oleh node sumber. Sedangkan pada baris ke-2 perhitungan untuk menghasilkan nilai *packet loss* didalam jaringan.

5.2 Implementasi

Sub bab ini membahas mengenai tahapan yang dilakukan dalam proses implementasi serangan *black hole* dalam protokol routing DSR dengan pergerakan dinamis dan terstruktur pada jaringan MANET meliputi spesifikasi lingkungan perangkat lunak dan Bahasa pemrograman yang digunakan.

5.2.1 Lingkungan Implementasi

Lingkungan perangkat lunak yang digunakan dalam implementasi serangan *black hole* dengan pergerakan node dinamis terstruktur pada jaringan MANET menggunakan protokol routing DSR yaitu *Network Simulator 3 (NS-3)* sebagai aplikasi simulasi dan NetAnim sebagai interface simulasi.

5.2.2 Implementasi Sistem

Implementasi serangan *black hole* pada jaringan MANET menggunakan protokol routing DSR ini melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak NS-3. Node yang berwarna kuning merupakan node sumber sedangkan node yang berwarna hitam merupakan node *black hole*. Implementasi dilakukan menggunakan jumlah node yang bervariasi yaitu 10, 20, 30 dan 50 node dengan model pergerakan *manhattan grid mobility* pada luas area simulasi 250x250m, 500x500m dan 1000x1000n. Posisi node *black hole* dijelaskan pada Tabel 5.2 dan contoh hasil simulasi yang menjelaskan jumlah paket yang dikirim, paket diterima, paket yang terbuang oleh *black hole* serta *packet delivery ratio* dan *packet loss* ditampilkan pada Gambar 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.2 Posisi node *black hole*

| Jumlah Node | Posisi Node <i>black hole</i> |
|-------------|-------------------------------|
| 1 node | Node ke-4 |
| 2 node | Node ke-4, 6 |
| 3 node | Node ke-4, 6, 5 |
| 4 node | Node ke-4, 6, 5, 7 |
| 5 node | Node ke 4, 6, 5, 7, 9 |

```
Total packets sent : 15
Total packets received : 8
Total packets dropped : 0
Packet delivery ratio % : 53.3333
Packet loss % : 46.6667
esti@esti-X450CC:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$
```

Gambar 5.4 Screenshot hasil simulasi

5.2.2.1 Simulasi dengan Sepuluh Node

(a). Area simulasi 250x250m

Simulasi dengan area simulasi 250x250m dijalankan dengan waktu 62 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 10 Node pada Area Simulasi 250x2500m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Peket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 15 paket data | 8 paket data | 0 paket data |
| 2 node | 15 paket data | 8 paket data | 3 paket data |
| 3 node | 15 paket data | 8 paket data | 3 paket data |
| 4 node | 15 paket data | 4 paket data | 8 paket data |
| 5 node | 15 paket data | 4 paket data | 8 paket data |



(b). Area simulasi 500x500m

Simulasi dengan area 500x500m dijalankan dengan waktu 95 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 10 Node pada Area Simulasi 500x500m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 29 paket data | 10 paket data | 1 paket data |
| 2 node | 29 paket data | 10 paket data | 4 paket data |
| 3 node | 29 paket data | 10 paket data | 4 paket data |
| 4 node | 29 paket data | 3 paket data | 10 paket data |
| 5 node | 29 paket data | 3 paket data | 10 paket data |

(c). Area simulasi 1000x1000m

Simulasi dengan area 1000x1000m dijalankan dengan waktu 220 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 10 Node pada Area Simulasi 1000x1000m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 67 paket data | 24 paket data | 2 paket data |
| 2 node | 67 paket data | 24 paket data | 13 paket data |
| 3 node | 67 paket data | 24 paket data | 13 paket data |
| 4 node | 67 paket data | 17 paket data | 22 paket data |
| 5 node | 67 paket data | 3 paket data | 22 paket data |

5.2.2.2 Simulasi dengan Duapuluh Node

(a). Area simulasi 250x250m

Simulasi dengan area 250x250m dijalankan dengan waktu 72 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 20 Node pada Area Simulasi 250x250m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 12 paket data | 6 paket data | 2 paket data |
| 2 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |
| 3 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |
| 4 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |
| 5 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |

(b). Area simulasi 500x500m

Simulasi dengan area 500x500m dijalankan dengan waktu 127 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.7 dibawah ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 20 Node pada Area Simulasi 500x500m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 30 paket data | 14 paket data | 1 paket data |
| 2 node | 30 paket data | 14 paket data | 7 paket data |
| 3 node | 30 paket data | 14 paket data | 11 paket data |
| 4 node | 30 paket data | 14 paket data | 13 paket data |
| 5 node | 30 paket data | 14 paket data | 13 paket data |

(c). Area simulasi 1000x1000m

Simulasi dengan area 1000x1000m dijalankan dengan waktu 217 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.8 dibawah ini.

Tabel 5.8 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 20 Node pada Area Simulasi 1000x1000m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 62 paket data | 31 paket data | 2 |
| 2 node | 62 paket data | 31 paket data | 4 |
| 3 node | 62 paket data | 31 paket data | 4 |
| 4 node | 62 paket data | 31 paket data | 14 |
| 5 node | 62 paket data | 31 paket data | 14 |

5.2.2.3 Simulasi dengan Tigapuluh Node

(a). Area simulasi 250x250m

Simulasi dengan area 250x250m dijalankan dengan waktu 71.5 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.9 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 30 Node pada Area Simulasi 250x250m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 12 paket data | 6 paket data | 1 paket data |
| 2 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |
| 3 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |
| 4 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |
| 5 node | 12 paket data | 6 paket data | 6 paket data |

(b). Area simulasi 500x500m

Simulasi dengan area 500x500m dijalankan dengan waktu 126 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 30 Node pada Area Simulasi 500x500m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 30 paket data | 15 paket data | 2 paket data |
| 2 node | 30 paket data | 15 paket data | 7 paket data |
| 3 node | 30 paket data | 15 paket data | 9 paket data |
| 4 node | 30 paket data | 15 paket data | 11 apket data |
| 5 node | 30 paket data | 15 paket data | 11 paket data |

(c). Area simulasi 1000x1000m

Simulasi dengan area 1000x1000m dijalankan dengan waktu 227 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 30 Node pada Area Simulasi 1000x1000m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 64 paket data | 29 paket data | 5 paket data |
| 2 node | 64 paket data | 29 paket data | 8 paket data |
| 3 node | 64 paket data | 29 paket data | 8 paket data |
| 4 node | 64 paket data | 29 paket data | 17 paket data |
| 5 node | 64 paket data | 29 paket data | 17 paket data |

5.2.2.4 Simulasi dengan Limapuluh Node

(a). Area simulasi 250x250m

Simulasi dengan area 250x250m dijalankan dengan waktu 88 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 50 Node pada Area Simulasi 250x250m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 14 paket data | 7 paket data | 3 paket data |
| 2 node | 14 paket data | 7 paket data | 6 paket data |
| 3 node | 14 paket data | 7 paket data | 6 paket data |
| 4 node | 14 paket data | 7 paket data | 7 paket data |
| 5 node | 14 paket data | 7 paket data | 7 paket data |

(b). Area simulasi 500x500m

Simulasi dengan area 500x500m dijalankan dengan waktu 124 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada tabel 5.13

Tabel 5.13 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 50 Node pada Area Simulasi 500x500m

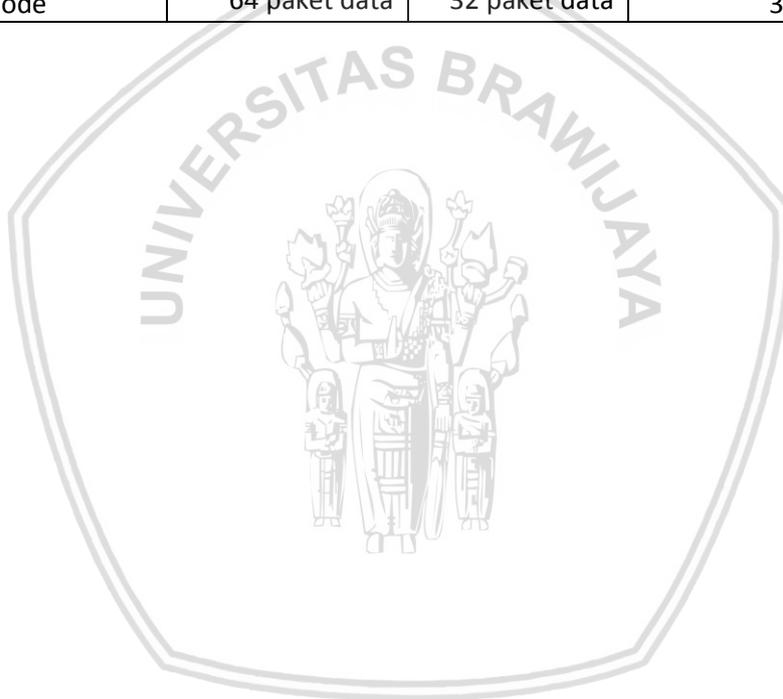
| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 29 paket data | 14 paket data | 3 paket data |
| 2 node | 29 paket data | 14 paket data | 8 paket data |
| 3 node | 29 paket data | 14 paket data | 11 paket data |
| 4 node | 29 paket data | 14 paket data | 13 paket data |
| 5 node | 29 paket data | 14 paket data | 14 paket data |

(c). Area simulasi 1000x1000m

Simulasi dengan area 1000x1000m dijalankan dengan waktu 232 detik. Pada area ini pengujian berhasil mendapatkan informasi pengiriman paket data yang ditampilkan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Pengiriman Paket Data dengan 50 Node pada Area Simulasi 1000x1000m

| Jumlah node <i>black hole</i> | Paket dikirim | Paket diterima | Paket <i>drop</i> oleh <i>black hole</i> |
|-------------------------------|---------------|----------------|--|
| 1 node | 64 paket data | 32 paket data | 2 paket data |
| 2 node | 64 paket data | 32 paket data | 14 paket data |
| 3 node | 64 paket data | 32 paket data | 14 paket data |
| 4 node | 64 paket data | 32 paket data | 31 paket data |
| 5 node | 64 paket data | 32 paket data | 31 paket data |



BAB 6 HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini membahas mengenai pengujian yang telah dilakukan yaitu hasil pengujian serta analisisnya. Proses pengujian pada penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap pengaruh dari serangan *black hole* menggunakan protokol routing DSR. Pengujian ini dilakukan dengan 10, 20, 30 dan 50 node dengan jumlah node *black hole* dan luas area simulasi yang bervariasi. Parameter yang digunakan pada pengujian ini adalah *packet delivery ratio* untuk menentukan seberapa besar paket data yang diterima oleh node tujuan akibat serangan *black hole* dan *Packet loss* untuk menentukan seberapa banyak data yang hilang selama dilakukannya proses transmisi paket dari node sumber menuju node tujuan. Analisis hasil pengujian dilakukan dengan memasukkan data ke dalam grafik untuk dapat melihat hasil pengujiannya.

6.1 Hasil Pengujian

Pengujian terhadap sistem dilakukan berdasarkan skenario-skenario dari perancangan sistem pada bab 5. Hasil dari pengujian kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui apakah telah sesuai dengan tahap kebutuhan dan perancangan sebelumnya.

6.1.1 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 250x250m

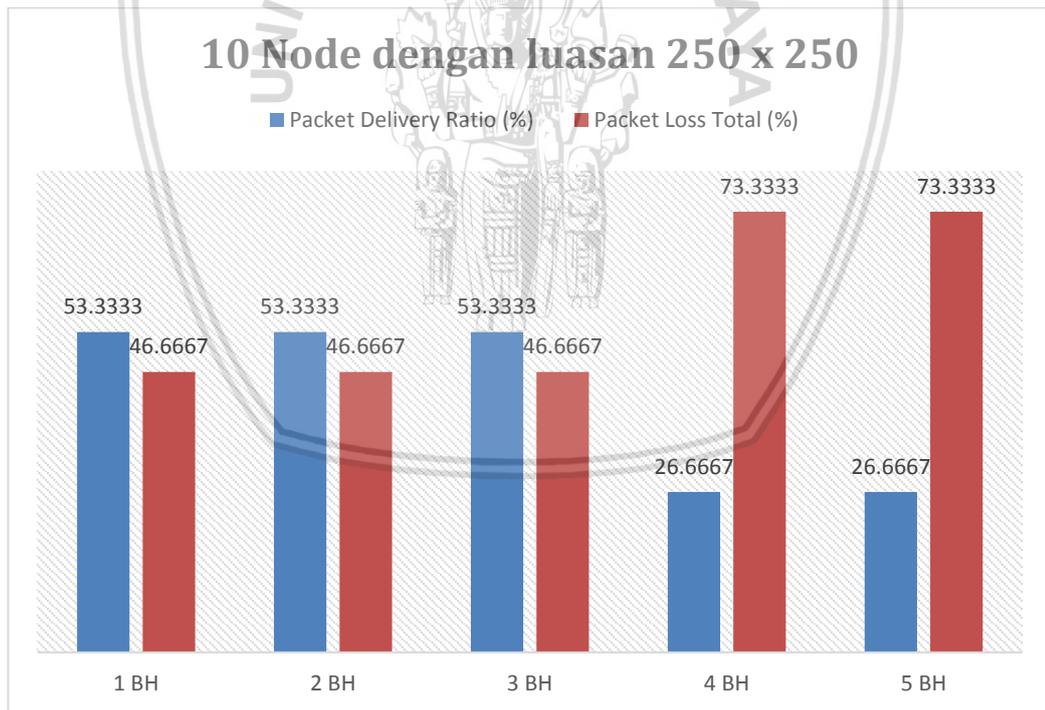
Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 250x250m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 53.3333 % | 46.6667 % | 0 % |
| 2 Node | 53.3333 % | 26.6667 % | 20 % |
| 3 Node | 53.3333 % | 26.6667 % | 20 % |
| 4 Node | 26.6667 % | 20 % | 53.3333 % |
| 5 Node | 26.6667 % | 20 % | 53.3333 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 10 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area 250x250m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian ini menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* paling tinggi di angka 53.3333% dengan melakukan tiga kali penambahan jumlah node *black hole* yang terdiri dari: 1 node *black hole* di posisi node keempat, 2 node *black hole* di posisi node keempat dan node keenam, 3 node *black hole* di posisi node keempat, node keenam, node kelima sedangkan pada jumlah 4 dan 5 node *black hole* hasil presentase *packet delivery ratio* menurun menjadi 26.6667%.

Pada pengujian menggunakan 1 node *black hole* yang terlihat adalah tidak ada paket yang terbuang oleh serangan. Pada percobaan ini serangan *black hole* tidak bekerja karena posisi node *black hole* tidak dapat dijangkau oleh node sumber. Jumlah node *black hole* 2 dan 3 terlihat serangan *black hole* bekerja, dengan *packet loss total* sebesar 46.6667% sedangkan pada jumlah 4 dan 5 node *black hole*, serangan bekerja secara signifikan, dengan *packet loss total* sebesar 73.3333%. Oleh karena itu Semakin menurunnya nilai *packet delivery ratio* dan naik-nya nilai *packet loss total* disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *Black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 250x250m dengan 10 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 62 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-8.0 dan berhenti pada detik ke-54. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 10 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250



6.1.2 Hasil pengujian 10 node dengan luas area simulasi 500x500m

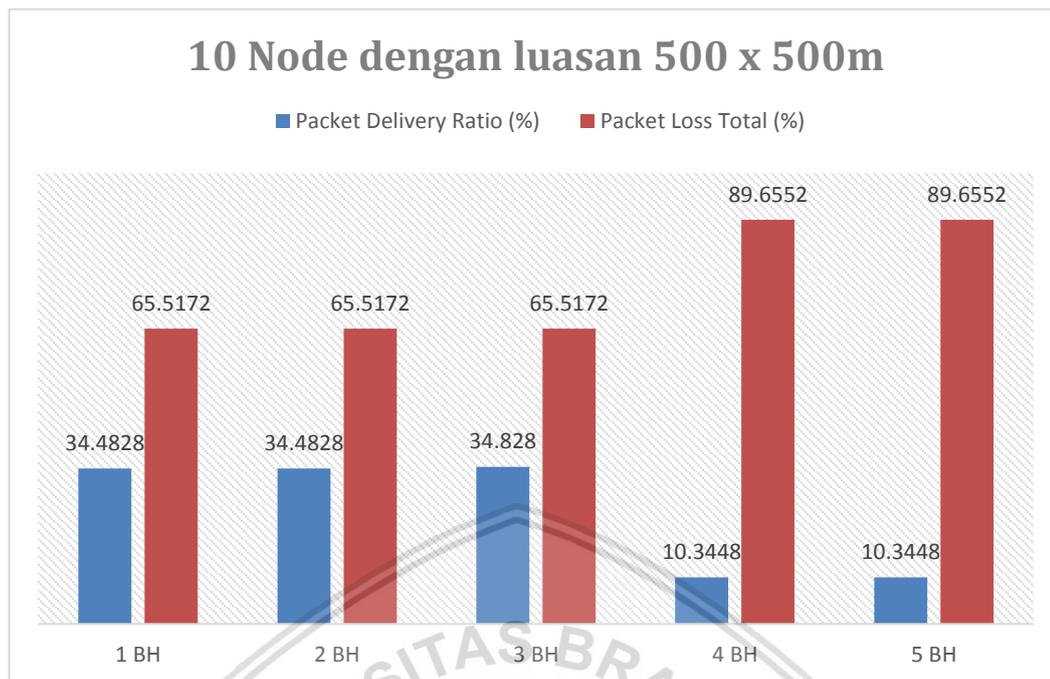
Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 500x500m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | <i>Paket Drop oleh Black Hole</i> |
| 1 Node | 34.4828 % | 62.069 % | 3.4482 % |
| 2 Node | 34.4828 % | 51.7241 % | 13.7931 % |
| 3 Node | 34.4828 % | 51.7241 % | 13.7931 % |
| 4 Node | 10.3448 % | 55.1724 % | 34.4828 % |
| 5 Node | 10.3448 % | 55.1724 % | 34.4828 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 10 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 500x500m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* paling tinggi pada angka 34.4828% dengan melakukan tiga kali penambahan jumlah node *black hole* yang terdiri dari: 1 node *black hole* di posisi node keempat, 2 node *black hole* di posisi node keempat dan node keenam, 3 node *black hole* di posisi node keempat, node keenam, node kelima sedangkan pada jumlah 4 dan 5 node *black hole* hasil presentase *packet delivery ratio* menurun menjadi 10.3448%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2 dan 3 node *black hole* terlihat cukup signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* sebesar 65.5172%. sedangkan pada jumlah 4 dan 5 node *black hole* terlihat bahwa serangan bekerja dengan signifikan apabila dibandingkan dengan menggunakan jumlah node *black hole* 1,2 dan 3, dengan *packet loss total* sebesar 89.6552%. Oleh karena itu Semakin menurunnya nilai *packet delivery ratio* dan naik-nya nilai *packet loss total* disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *Black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 500x500m dengan 10 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 103.5 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-8.5 dan berhenti pada detik ke-95. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 10 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500

6.1.3 Hasil pengujian 10 node dengan luas area simulasi 1000x1000m

Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.3.

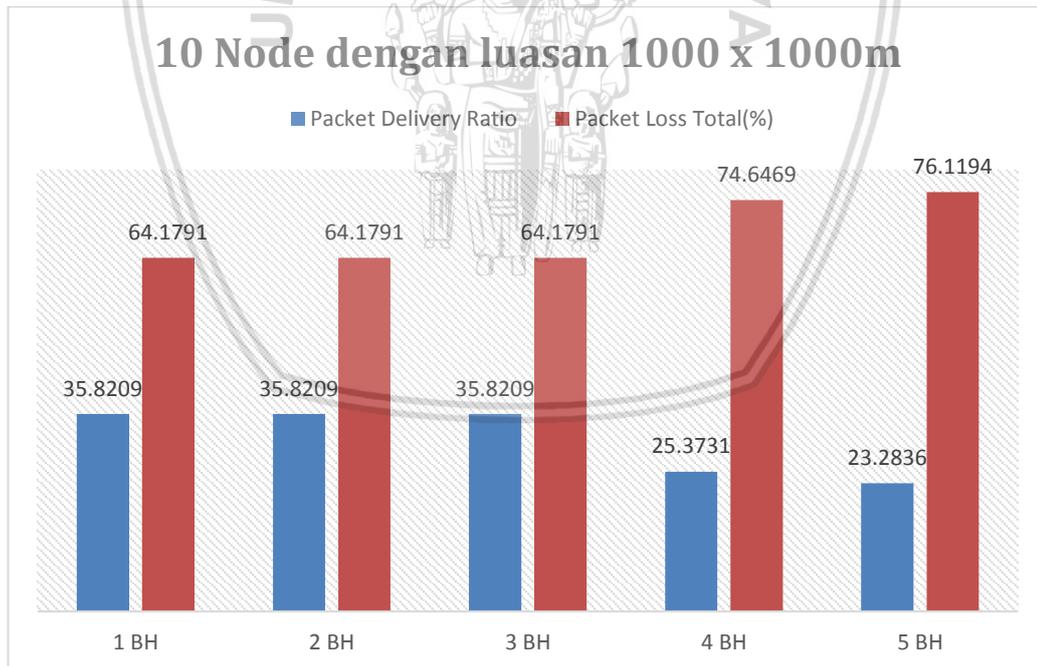
Tabel 6.3 Hasil pengujian 10 node luas area simulasi 1000x1000m

| Jumlah Node Black Hole | Packet Delivery Ratio | Packet Loss Total | |
|------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| | | Packet Loss | Paket Drop oleh Black Hole |
| 1 Node | 35.8209 % | 61.194 % | 2.9851 % |
| 2 Node | 35.8209 % | 44.7761 % | 19.403 % |
| 3 Node | 35.8209 % | 44.7761 % | 19.403 % |
| 4 Node | 25.3731 % | 41.791 % | 32.8359 % |
| 5 Node | 23.8806 % | 43.2836 % | 32.8358 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 10 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 1000x1000m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase PDR paling tinggi pada angka 35.8209% dengan melakukan tiga kali penambahan jumlah node *black hole* yang terdiri dari: 1 node *black hole* di posisi node keempat, 2 node *black hole* di posisi node keempat dan node keenam, 3 node *Black hole* di posisi node keempat, node keenam, node kelima. Pada 4 jumlah node *black hole* hasil

presentase PDR menurun menjadi 25.3731% dan 5 node *black hole* juga mengalami penurunan menjadi 23.8806%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2 dan 3 node *black hole* terlihat cukup signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* sebesar 64.1791%. Pada 4 dan 5 node *black hole* terlihat serangan *black hole* bekerja secara signifikan dengan *packet loss total* mengalami kenaikan sebesar 74.6269% dan 76.1194%. Oleh karena itu Semakin menurunnya nilai *packet delivery ratio* dan naik-nya nilai *packet loss total* disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *Black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 1000x1000m dengan 10 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 220.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-10.0 dan berhenti pada detik ke-210.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.3.



Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 10 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000



6.1.4 Hasil pengujian jumlah node 20 dengan luas area simulasi 250x250m

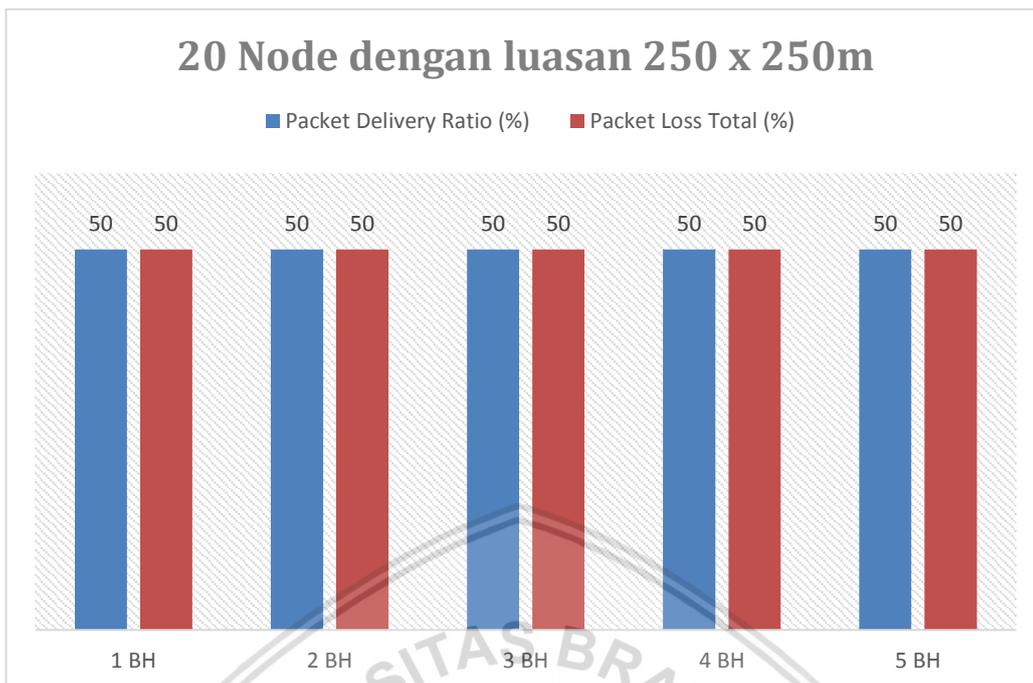
Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil pengujian 20 node luas area simulasi 250x250m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 50 % | 35.7143 % | 14.2857 % |
| 2 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 3 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 4 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 5 Node | 50 % | 0 % | 50 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 20 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 250x250m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 50%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat cukup signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 50% memiliki nilai yang sama besarnya dengan parameter *packet delivery ratio*. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 250x250m dengan 20 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 72.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-18.0 dan berhenti pada detik ke-54.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 20 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250

6.1.5 Hasil pengujian jumlah node 20 dengan luas area simulasi 500x500m

Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Hasil pengujian 20 node luas area simulasi 500x500m

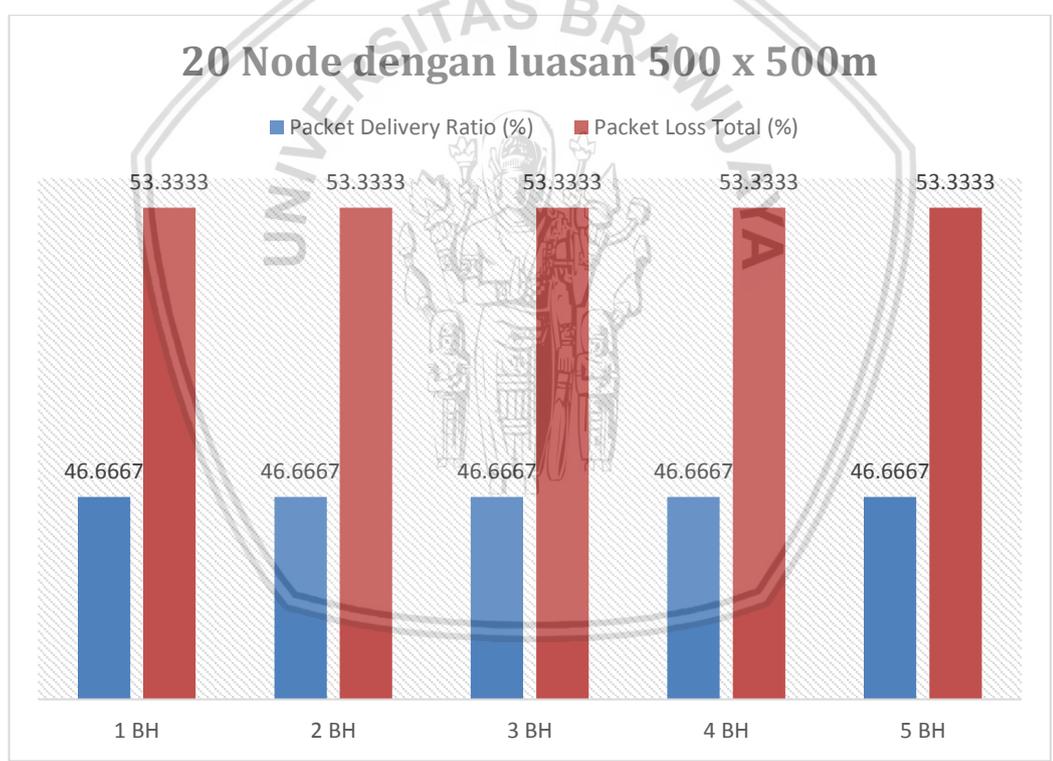
| Jumlah Node Black Hole | Packet Delivery Ratio | Packet Loss Total | |
|------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| | | Packet Loss | Paket Drop oleh Black Hole |
| 1 Node | 46.6667 % | 50 % | 3.3333 % |
| 2 Node | 46.6667 % | 30 % | 23.3333 % |
| 3 Node | 46.6667 % | 16.6667 % | 36.6666 % |
| 4 Node | 46.6667 % | 10 % | 43.3333 % |
| 5 Node | 46.6667 % | 10 % | 43.3333 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 20 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 500x500m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 46.6667%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan



presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 53.3333% memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *Black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 500x500m dengan 20 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 127.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-18.0 dan berhenti pada detik ke-109.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 20 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500

6.1.6 Hasil pengujian jumlah node 20 dengan luas area simulasi 1000x1000m

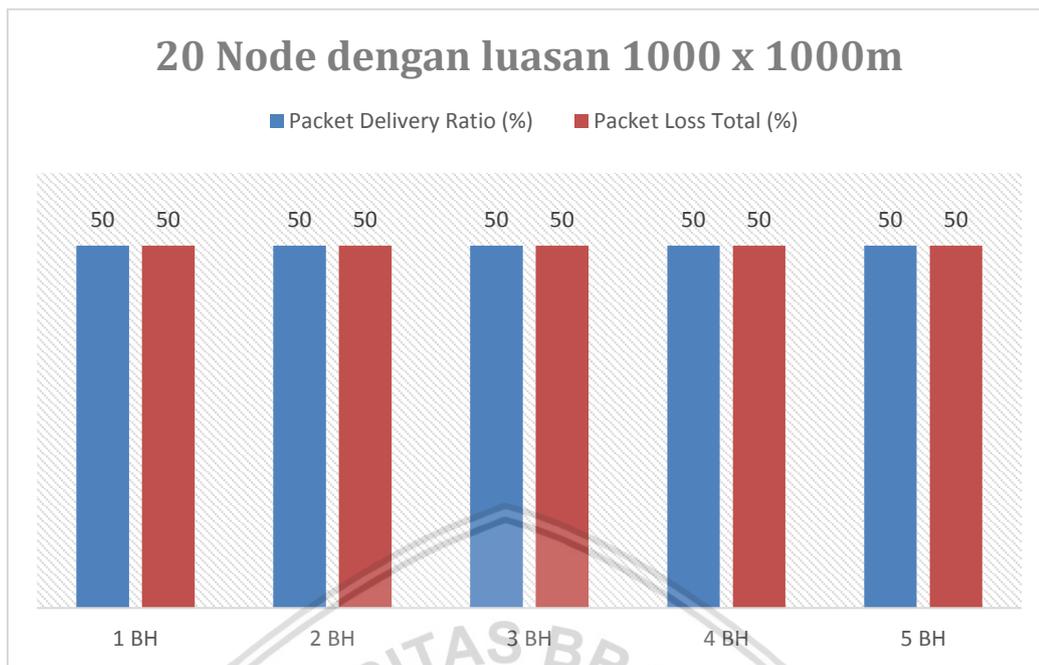
Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Hasil pengujian 20 node luas area simulasi 1000x1000m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 50 % | 46.7742 % | 3.2258 % |
| 2 Node | 50 % | 43.5484 % | 6.4516 % |
| 3 Node | 50 % | 43.5484 % | 6.4516 % |
| 4 Node | 50 % | 27.4194 % | 22.5806 % |
| 5 Node | 50 % | 27.4194% | 22.5806 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 20 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 1000x1000m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 50%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 50% memiliki nilai yang sama besarnya dengan nilai *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di drop, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme source routing ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 1000x1000m dengan 20 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 217.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-15.0 dan berhenti pada detik ke-202.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.6.



Gambar 6.6 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 20 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000

6.1.7 Hasil pengujian jumlah node 30 dengan luas area simulasi 250x250m

Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.7.

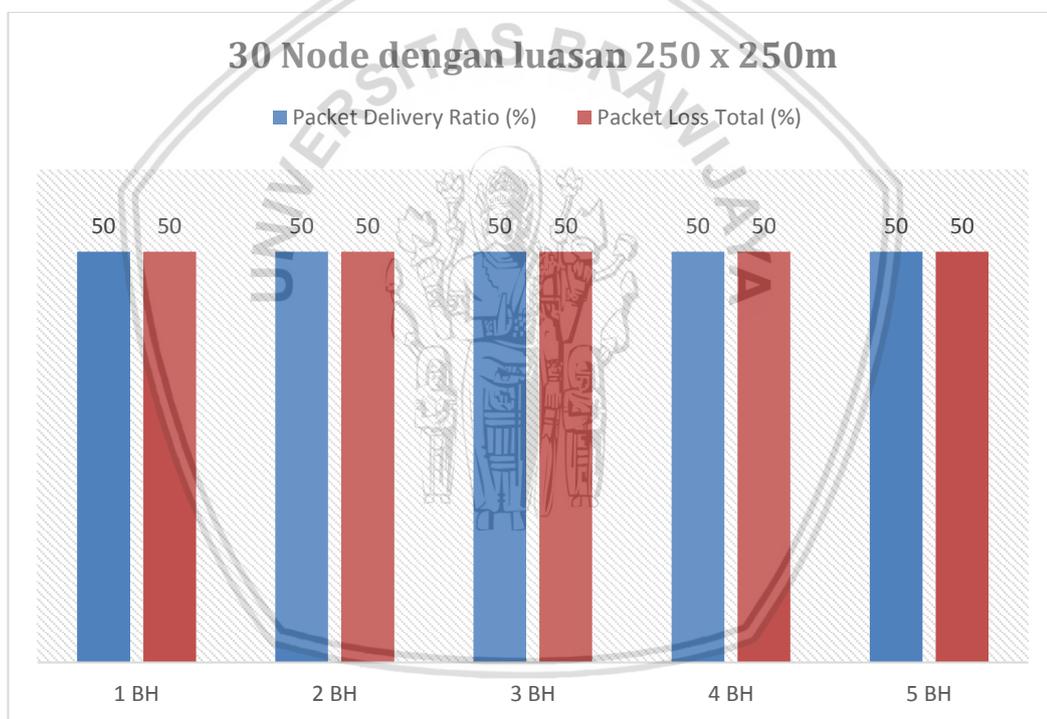
Tabel 6.7 Hasil pengujian 30 node luas area simulasi 250x250m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | Packet Delivery Ratio | Packet Loss Total | |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| | | Packet Loss | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 50 % | 41.6667 % | 8.3333 % |
| 2 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 3 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 4 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 5 Node | 50 % | 0 % | 50 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 30 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 250x250m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 50%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan

presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 50% memiliki nilai yang sama besarnya dengan nilai *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 250x250m dengan 30 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 54.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-17.5 dan berhenti pada detik ke-109.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.7.



Gambar 6.7 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 30 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250

6.1.8 Hasil pengujian jumlah node 30 dengan luas area simulasi 500x500m

Hasil pengujian pada penjelasan simulasi 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.6.

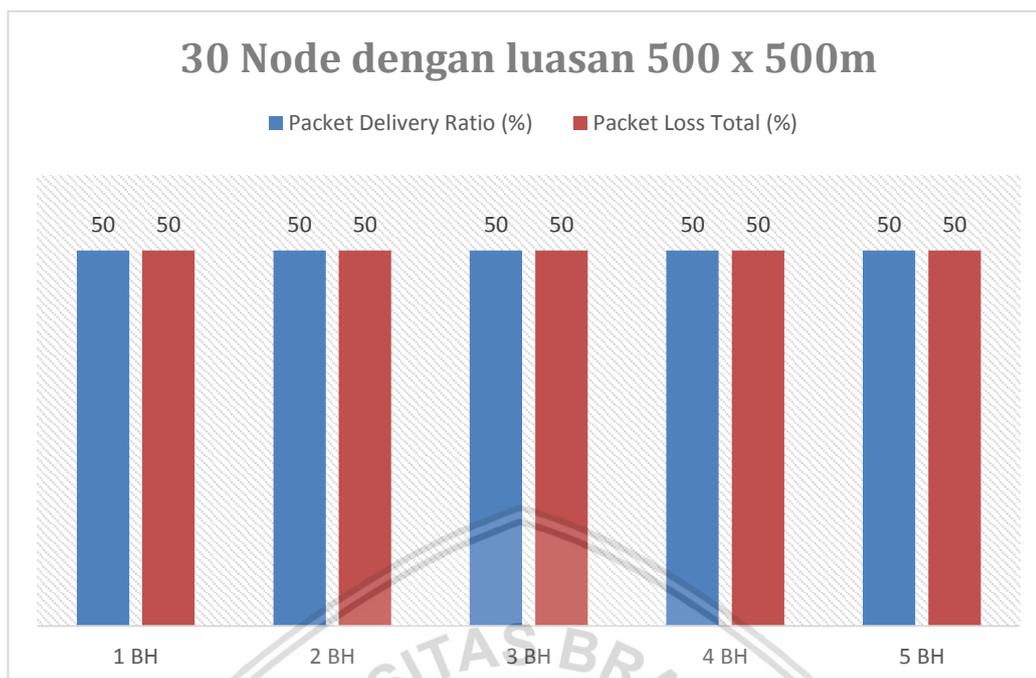


Tabel 6.8 Hasil pengujian 30 node luas area simulasi 500x500m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 50 % | 43.3333 % | 6.6667 % |
| 2 Node | 50 % | 26.6667 % | 23.3333 % |
| 3 Node | 50 % | 20 % | 30 % |
| 4 Node | 50 % | 13.3333 % | 36.6667 % |
| 5 Node | 50 % | 13.3333 % | 36.6667 % |

Hasil pengujian PDR dan PL 30 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 500x500m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 50%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 50% memiliki nilai yang sama dengan nilai *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di *drop*, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 500x500m dengan 30 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 126.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-18.0 dan berhenti pada detik ke-108.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.8.



Gambar 6.8 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 30 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500

6.1.9 Hasil pengujian jumlah node 30 dengan luas area simulasi 1000x1000m

Hasil pengujian pada penjelasan simulasi di 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.9.

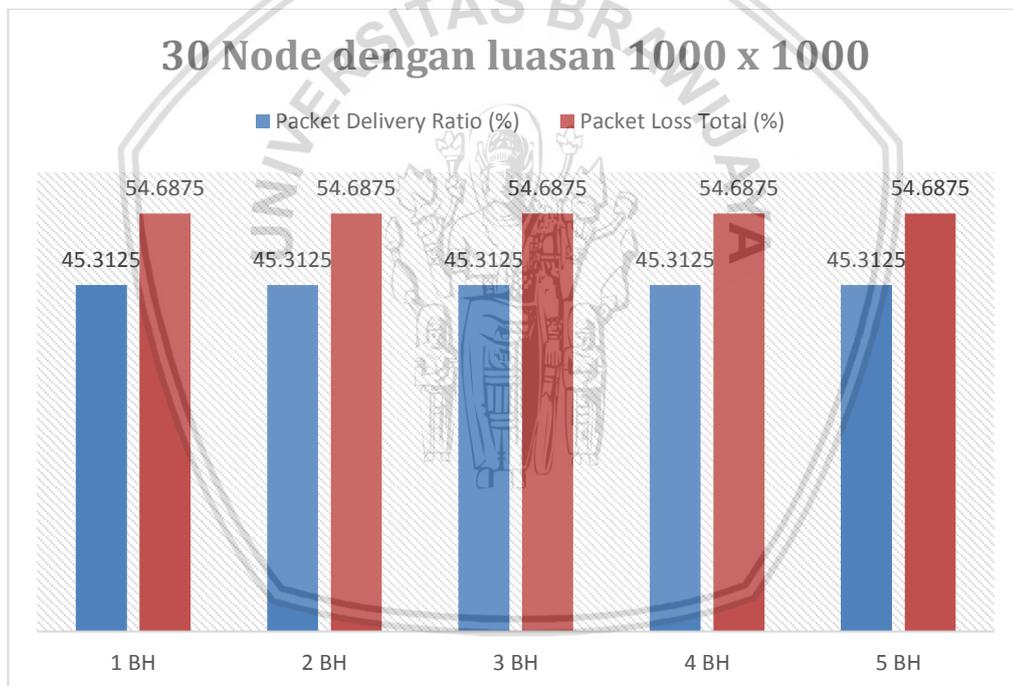
Tabel 6.9 Hasil pengujian 30 node luas area simulasi 1000x1000m

| Jumlah Node Black Hole | Packet Delivery Ratio | Packet Loss Total | |
|------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| | | Packet Loss | Paket Drop oleh Black Hole |
| 1 Node | 45.3125 % | 46.875 % | 7.8125 % |
| 2 Node | 45.3125 % | 42.1875 % | 12.5 % |
| 3 Node | 45.3125 % | 42.1875 % | 12.5 % |
| 4 Node | 45.3125 % | 28.125 % | 26.5625 % |
| 5 Node | 45.3125 % | 28.125 % | 26.5625 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 30 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 1000x1000m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 45.3125%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan

presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 54.6875% memiliki nilai yang lebih tinggi daripada nilai *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di drop, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 1000x1000m dengan 30 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 227.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-17.0 dan berhenti pada detik ke-210.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.9.



Gambar 6.9 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 30 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000

6.1.10 Hasil pengujian jumlah node 50 dengan luas area simulasi 250x250

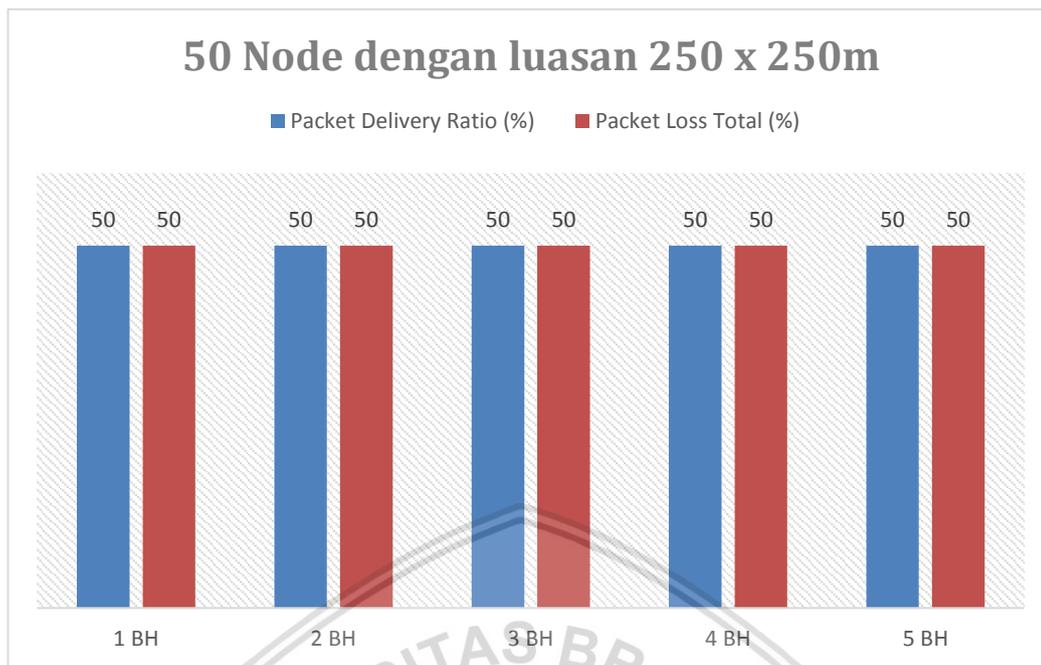
Hasil pengujian pada penjelasan simulasi di 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Hasil pengujian 50 node luas area simulasi 250x250m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 50 % | 28.5714 % | 21.4286 % |
| 2 Node | 50 % | 7.14286 % | 42.85714 % |
| 3 Node | 50 % | 7.14286 % | 42.85714 % |
| 4 Node | 50 % | 0 % | 50 % |
| 5 Node | 50 % | 0 % | 50 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* 50 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 250x250m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 50%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 50% memiliki nilai yang sama besarnya dengan nilai *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di drop, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 250x250m dengan 50 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 88.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-23.0 dan berhenti pada detik ke-65.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.10.



Gambar 6.10 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 50 Node dengan Luas Area Simulasi 250x250

6.1.11 Hasil pengujian jumlah node 50 dengan luas area simulasi 500x500

Hasil pengujian pada penjelasan simulasi di 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.11.

Tabel 6.11 Hasil pengujian 50 node luas area simulasi 500x500m

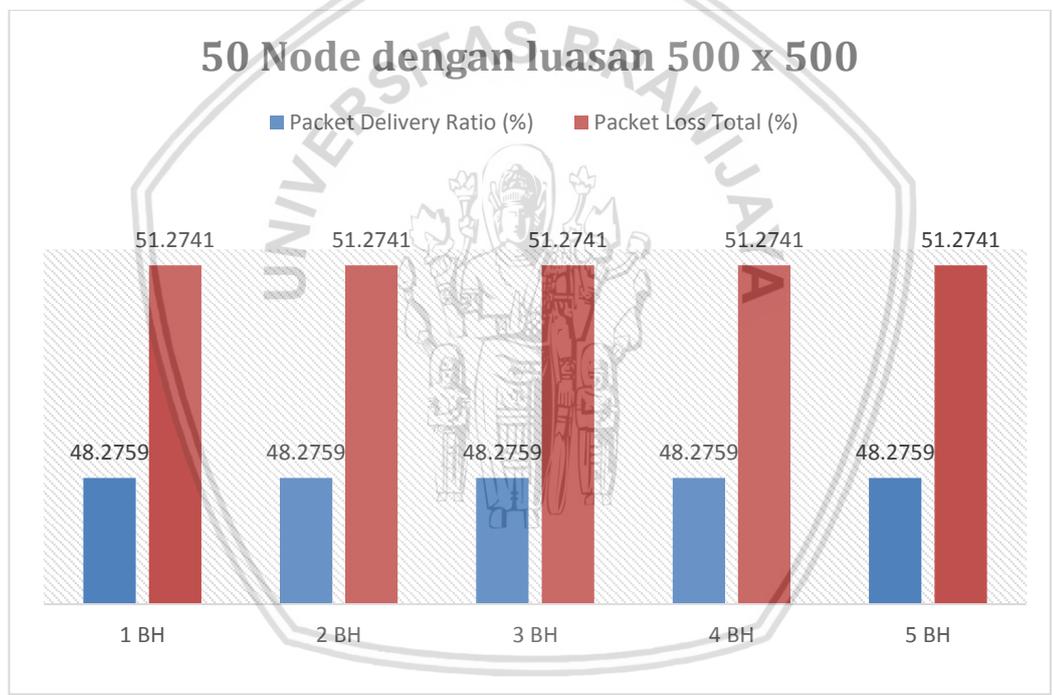
| Jumlah Node Black Hole | Packet Delivery Ratio | Packet Loss Total | |
|------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| | | Packet Loss | Paket Drop oleh Black Hole |
| 1 Node | 48.2759 % | 41.3793 % | 10.3448 % |
| 2 Node | 48.2759 % | 24.1379 % | 27.5862 % |
| 3 Node | 48.2759 % | 13.7931 % | 37.931 % |
| 4 Node | 48.2759 % | 6.89655 % | 44.82755 % |
| 5 Node | 48.2759 % | 3.44828 % | 48.27582 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* untuk 50 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 500x500m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 48.2759%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah



node *black hole* yaitu sebesar 51.2741% memiliki nilai yang lebih besar daripada nilai pada *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di drop, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 500x500m dengan 50 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 124.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-17.0 dan berhenti pada detik ke-107.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.11.



Gambar 6.11 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 50 Node dengan Luas Area Simulasi 500x500

6.1.12 Hasil pengujian jumlah node 50 dengan luas area simulasi 1000x1000

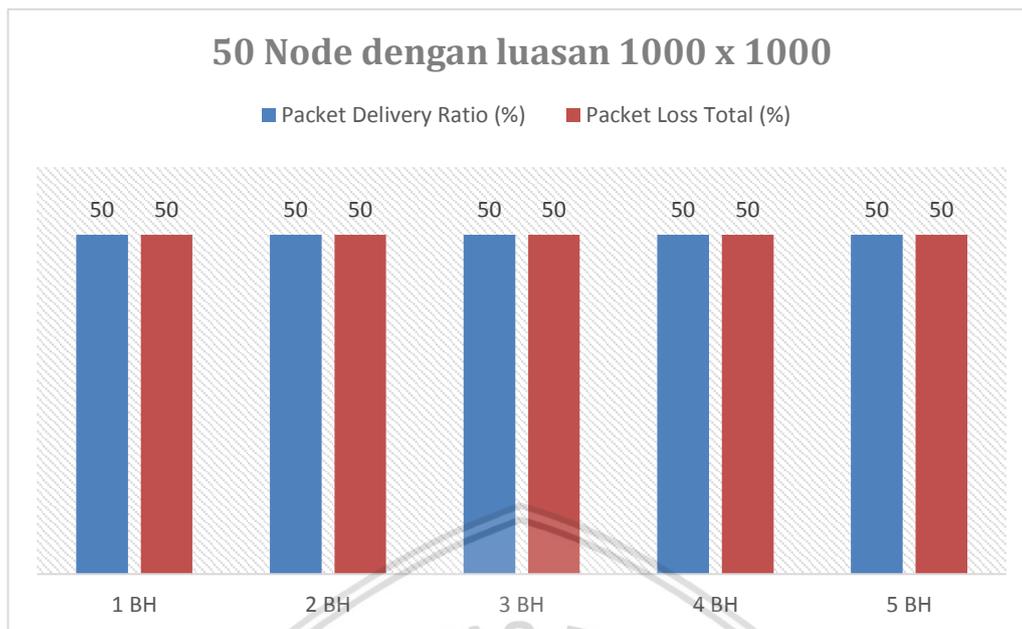
Hasil pengujian pada penjelasan simulasi di 5.2.2 diatas ditampilkan pada Tabel 6.12 dibawah ini.

Tabel 6.12 Hasil pengujian 50 node luas area simulasi 1000x1000m

| Jumlah Node <i>Black Hole</i> | <i>Packet Delivery Ratio</i> | <i>Packet Loss Total</i> | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Packet Loss</i> | Paket Drop oleh <i>Black Hole</i> |
| 1 Node | 50 % | 46.875 % | 3.125 % |
| 2 Node | 50 % | 28.125 % | 21.875 % |
| 3 Node | 50 % | 28.125 % | 21.875 % |
| 4 Node | 50 % | 1.5625 % | 48.4375 % |
| 5 Node | 50 % | 1.5625 % | 48.4375 % |

Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss total* untuk 50 node menggunakan model pergerakan *Manhattan grid* dengan luas area simulasi 500x500m dapat diketahui bahwa grafik batang yang berwarna biru menunjukkan hasil dari *packet delivery ratio* dan warna merah merupakan hasil dari *packet loss total*. Dari pengujian menunjukkan hasil presentase *packet delivery ratio* menggunakan 1 sampai 5 penambahan node *black hole* memiliki hasil yang konstan yaitu sebesar 50%.

Pada pengujian menggunakan node *black hole* sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 node *black hole* terlihat signifikan dalam melakukan penyerangan dengan presentase *packet loss total* bernilai konstan pada setiap penambahan jumlah node *black hole* yaitu sebesar 50% memiliki nilai yang sama dengan nilai pada *packet delivery ratio* yang didapatkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh banyaknya node *black hole* dan pengaruh posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan pada pergerakan dinamis terstruktur. Karena semakin dekat jarak node serangan terhadap node sumber maka node sumber akan mengirimkan pakatnya melalui jalur node serangan tersebut yang mencakup range-nya dan kemudian paket langsung di drop, ini dikarenakan mekanisme pencarian rute berdasarkan node sumber yang membuat protokol routing DSR mengalami lebih banyak *packet loss* pada saat *black hole* terjadi. Mekanisme *source routing* ini tidak efektif untuk menghadapi serangan *black hole* di jaringan MANET. Luas area 1000x1000m dengan 50 node membutuhkan waktu pengiriman paket data sebesar 232.0 detik dengan waktu awal pengiriman di detik ke-20.0 dan berhenti pada detik ke-212.0 detik. Penjelasan diatas dapat dilihat di Gambar 6.12.



Gambar 6.12 Grafik Hasil Pengujian PDR dan PL 50 Node dengan Luas Area Simulasi 1000x1000

6.2 Analisis Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui apakah telah sesuai dengan tahap kebutuhan dan perancangan sebelumnya.

6.2.1 Analisis Hasil Pengujian *Packet Delivery Ratio*

Hasil pengujian *packet delivery ratio* untuk pengiriman paket data pada lingkungan MANET berdasarkan jumlah node, jumlah node *black hole* dan area simulasi dapat dilihat pada Tabel 6.13.

Tabel 6.13 Hasil Analisis *Packet Delivery Ratio*

| Jumlah Node | Area Simulasi | Jumlah Node <i>Black Hole</i> | | | | |
|-------------|---------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 Node | 250x250m | 53.3333 % | 53.3333 % | 53.3333 % | 26.6667 % | 26.6667 % |
| | 500x500m | 34.4828 % | 34.4828 % | 34.4828 % | 10.3448 % | 10.3448 % |
| | 1000x1000m | 35.8209 % | 35.8209 % | 35.8209 % | 25.3731 % | 23.2836 % |
| 20 Node | 250x250m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |
| | 500x500m | 46.6667 % | 46.6667 % | 46.6667 % | 46.6667 % | 46.6667 % |
| | 1000x1000m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |
| 30 Node | 250x250m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |
| | 500x500m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |

| | | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1000x1000m | 45.3125 % | 45.3125 % | 45.3125 % | 45.3125 % | 45.3125 % |
| 50 Node | 250x250m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |
| | 500x500m | 48.2759 % | 48.2759 % | 48.2759 % | 48.2759 % | 48.2759 % |
| | 1000x1000m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |

Berikut adalah penjelasan hasil analisis Tabel 6.13:

(a). Analisis berdasarkan penambahan luas area

Dengan menggunakan node yang tetap dengan masing-masing node 10, 20, 30 dan 50 node namun luas area yang ditambah yaitu 250x250m, 500x500m dan 1000x1000m, maka hasil pengujiannya adalah, pada 10 node area simulasi dari 250x250m ke 500x500m *packet delivery ratio* mengalami penurunan sedangkan area simulasi 1000x1000m mengalami kenaikan. Pada 20, 30 dan 50 node nilai *packet delivery ratio* cenderung naik-turun. Pertambahan area simulasi menyebabkan waktu untuk melakukan simulasi semakin besar dan paket yang dikirimkan pun akan semakin besar. Hal ini juga berpengaruh pada jumlah node *black hole* di dalam jaringan serta poisisi node sumber terhadap *node black hole* di pergerakan node yang dinamis terstruktur.

(b). Analisis berdasarkan penambahan penambahan jumlah node

Dengan menggunakan luas area yang tetap dan dilakukan penambahan node yakni 10, 20, 30 dan 50 maka hasil *packet delivery ratio* pada 10 node 250x250m sebesar 53.3333% apabila node ditambah hingga 50 *packet delivery ratio* konstan menjadi 50%. Pada area simulasi 500x500m dan 1000x1000m dengan penambahan node dari 10 hingga 50 nilai *packet delivery ratio* mengalami naik-turun. Hal ini disebabkan oleh pertambahan node serta luas area, juga jumlah node *black hole* dan posisi node *black hole* terhadap node sumber di dalam jaringan MANET pada pergerakan node yang dinamis terstruktur.

6.2.2 Analisis Hasil Pengujian Packet Loss

Hasil pengujian *packet loss* untuk pengiriman paket data pada lingkungan MANET berdasarkan jumlah node, jumlah node *black hole* dan area simulasi dapat dilihat pada Tabel 6.14.

Tabel 6.14 Hasil Analisis Packet Loss total

| Jumlah Node | Area Simulasi | Jumlah Node Black Hole | | | | |
|-------------|---------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 Node | 250x250m | 46.6667 % | 46.6667 % | 46.6667 % | 73.3333 % | 73.3333 % |
| | 500x500m | 65.5172 % | 65.5172 % | 65.5172 % | 89.6552 % | 89.6552 % |



| | | | | | | |
|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1000x1000m | 64.1791 % | 64.1791 % | 64.1791 % | 74.6469 % | 76.1194 % |
| 20 Node | 250x250m | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| | 500x500m | 53.3333 % | 53.3333 % | 53.3333 % | 53.3333 % | 53.3333 % |
| | 1000x1000m | 50 % | 50% | 50% | 50% | 50% |
| 30 Node | 250x250m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |
| | 500x500m | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |
| | 1000x1000m | 54.6875 % | 54.6875 % | 54.6875 % | 54.6875 % | 54.6875 % |
| 50 Node | 250x250m | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| | 500x500m | 51.2741 % | 51.2741 % | 51.2741 % | 51.2741 % | 51.2741 % |
| | 1000x1000m | 50% | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % |

Berikut adalah penjelasan hasil analisis Tabel 6.14:

(a). Analisis berdasarkan penambahan luas area

Dengan menggunakan node yang tetap dengan masing-masing node 10, 20, 30 dan 50 node namun luasan wilayah yang ditambah yaitu 250x250m, 500x500m dan 1000x1000m, maka hasil pengujian dari *packet loss total* mengalami naik-turun. Pada 10 node area simulasi 500x500 nilai *packet loss total* paling tinggi sebesar 89.6552% , 20 node luas area 500x500m *packet loss total* paling tinggi sebesar 53.3333%, 30 node luas area 1000x1000 nilai *packet loss total* paling tinggi sebesar 51.2741% dan 50 node luas area 500x500 nilai *packet loss total* paling tinggi sebesar 51.2741%. dari seluruh pengujian tersebut nilai *packet loss total* paling rendah berada di 10 node dengan luas area 250x250m. Hal ini disebabkan dengan semakin banyak node *black hole* dan semakin besar luas area di dalam maka paket data yang terbuang akan semakin banyak.

(b). Analisis berdasarkan penambahan penambahan jumlah node

Dengan menggunakan luasan area yang tetap dan dilakukan penambahan node yakni 10, 20, 30, 50, nilai *packet loss total* cenderung menurun dan terdapat beberapa pengujian dengan nilai yang naik. Hal ini disebabkan karena penambahan jumlah node, luas area pada simulasi, juga banyaknya node *black hole* yang terdapat di dalam jaringan yang dapat membuang paket data.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan uraian kesimpulan beserta saran untuk penelitian selanjutnya. Uraian kesimpulan dibuat berdasarkan hasil dari tahap perancangan, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari perancangan, implementasi, pengujian dan hasil analisis yang telah dilakukan pada serangan *black hole* terhadap MANET dengan pergerakan dinamis terstruktur menggunakan protokol *dynamic source routing*, maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Implementasi model pergerakan *Manhattan Grid Mobility* pada jaringan MANET bekerja sesuai dengan mekanisme yang ditentukan dan sudah di ulas pada bab 4 mengenai perancangan dan implementasi model pergerakan. Model pergerakan ini bergerak secara terstruktur disepanjang jalur vertikal dan horizontal saja melintasi jalur area peta 2x2 dengan posisi node awal pergerakan tepat di sudut kiri dan kanan area simulasi. Kemudian node akan berhenti setelah mengelilingi peta tepat pada posisi semula node melakukan pergerakan. Simulasi pergerakan dilakukan dengan luas area simulasi yang bervariasi yaitu 250x250m, 500x500m, dan 1000x1000m. s
2. Implementasi serangan *black hole* di dalam jaringan MANET dengan pergerakan dinamis terstruktur bekerja cukup signifikan dalam mengganggu proses pengiriman paket data terhadap protokol routing DSR. Hal ini dibuktikan dari penambahan jumlah node *black hole* di setiap pengujian yang dilakukan. Pengujian simulasi dilakukan menggunakan simulator NS-3, dengan skenario pengujian menggunakan lima node *black hole*, kepadatan node dengan jumlah 10, 20, 30 dan 50 node serta area simulasi 250x250m, 500x500m dan 1000x1000m. Semakin banyak node *black hole* maka peluang dari node *black hole* sendiri semakin besar untuk melakukan *drop* paket data.
3. Berdasarkan implementasi tersebut dapat dilihat pengaruh serangan *black hole* berdasarkan penambahan luas area menunjukkan bahwa nilai *packet delivery ratio* paling besar terletak di luas area 250x250m pada 10 node sebesar 53.333% dengan jumlah node *black hole* sebanyak 1, 2, dan 3. *Packet delivery ratio* paling rendah di luas area 500x500m pada 10 node dengan jumlah node *black hole* 4 dan 5 hal ini dipengaruhi oleh banyak dan sedikitnya node *black hole* dan luas area yang digunakan, semakin kecil area maka jumlah paket yang sampai ke node tujuan akan lebih besar. Sedangkan nilai *packet loss total* mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya luas area dan jumlah node *black hole* pada simulasi pergerakan dinamis terstruktur.

Pengaruh serangan *black hole* berdasarkan penambahan jumlah node dengan area simulasi yang tetap menunjukkan bahwa bertambahnya jumlah node dan luas area dapat mempengaruhi nilai *packet delivery ratio* pada pengujian karena semakin besar luas area dan jumlah node yang digunakan,

maka paket yang dikirimkan semakin besar juga akan tetapi hal ini mempengaruhi dari nilai *packet loss total* karena terdapat node *black hole* di dalamnya yaitu semakin banyak gangguan dari serangan *black hole* mengakibatkan paket data yang terbuang akan semakin besar. Oleh karena itu serangan *black hole* bekerja signifikan dalam membuang paket data dapat dilihat pada Tabel 6.14 *packet loss total* paling tinggi sebesar 89.6552% dari seluruh pengujian yang dilakukan dengan penambahan 4 dan 5 node *black hole* di dalam jaringan MANET menggunakan protokol DSR pada pergerakan dinamis terstruktur.

7.2 Saran

Setelah menyelesaikan penelitian ada beberapa saran yang diperoleh dari hasil penelitian Implementasi Serangan *black Hole* pada *Mobile Ad-Hoc Network* dengan pergerakan dinamis terstruktur menggunakan protokol *Dynamic Source Routing* adalah sebagai berikut:

1. Penelitian berikutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan protokol routing proaktif dan protokol routing reaktif lainnya untuk mengetahui perbandingan kinerjanya dalam serangan *black hole* di MANET.
2. Penelitian berikutnya dapat menggunakan parameter pengujian yang lebih beragam.
3. Digunakan model pergerakan yang lain sebagai pembanding.
4. Dilakukan penelitian penanganan terhadap serangan *black hole* pada jaringan MANET sehingga dapat meminimalisir paket *loss* yang disebabkan oleh serangan *black hole*.

DAFTAR PUSTAKA

- Araghi, T. K., Zamani, M. & Mnaf, A. A., 2013. Performance Analysis in Reactive Routing Protocols in Wireless Mobile Ad Hoc Networks Using DSR, AODV and AOMDV. *International Conference on Informatics and Creative Multimedia*.
- Chitkara, M. & Ahmad, M. W., 2014. Review on Manet : Characteristics, Challenges, Imperatives and Routing Protocols. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Volume 3.
- Dharmayanti, Yulia., & Hendratoro, Gamantyo. (2013). *Analisis Perbandingan Kinerja Protokol Dynamic Source Routing and Ad Hoc On-Demand Distance Vector Pada Mobile Ad Hoc Network untuk system komunikasi Taktis Kapal Perang*.
- Garg, Chandni, (2013). *Analysis Of Blackhole And Worm Hole Attack On AODV Routing Protocol In MANET*. *Asian Journal of Computer Science And Information Technology*. 9-11.
- Hamamreh A. Rushdi dan Salem Abdul-Rahman. *Protocol to Avoid Multiple Black Hole Attack in MANETs* Vol. 4, September 2016
- Hajlaoui, R., Touil, S. & Achour, W., 2015. NETWORK, O-DSR: OPTIMIZED DSR ROUTING PROTOCOL FOR MOBILE AD HOC. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, Volume 7.
- K, Mahmuni dan Chandrasekar. (2016). *Trusty DSR Protocol for MANET To Mitigate BLACKHOLE Attacks*. *International Journal of Applied Engineering Research* Volume 11, ISSN 0973-4562
- Kaul, T. & Kapoor, R. K., 2013. Mobility Contrast Effect on Environment in Manet as Mobility Model. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, Volume 13.
- Kaur, A. & Mittal, M., 2014. A COMPREHENSIVE REVIEW ON PERFORMANCE OF AODV AND DSDV PROTOCOL USING MANHATTAN GRID MOBILITY MODEL. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Volume 03.
- Kothari, R. & Dembla, D., 2013. Implementation of Black Hole Security Attack using Malicious Node for Enhanced - DSR Routing Protocol of MANET. *International Journal of Computer Applications*, Volume 64.
- lohi, C. & Sharma, S. K., 2016. A survey blackhole. *international journal technology*.
- Medadian, M., Fardad, K. & Mebadi, A., 2013. Proposing a Method to Remove Gray Hole Attack in AODV Protocol in MANET. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, Volume 2.
- Pandit, C. & Ladhe, S., 2014. Detecting Malicious Node : Survey. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4(1 (version 2)).

Papadopoulos, M., Mavromous, C. X. & Skourletopoulos, G., 2014. Performance Analysis of Reactive Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks. *International Journal Conference on Telecommunication and Multimedia (TEMU)*.

Pratomo, I. & Hizburrahman, M. H., 2015. Pendeteksian Dan Pencegahan Serangan Black Hole & Gray Hole Pada Manet. *JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering*, Volume 13.

Srivastava, Nitika, Dubey, P, & Yadav, N. (2016). *A Comparative Exploration and Analysis of AODV, DSDV, and DSR for MANET*.

