

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA *ROUTING PROTOCOL* AODV DAN
AOMDV TERHADAP *JELLYFISH DELAY VARIANCE*
ATTACK PADA *VEHICULAR AD-HOC NETWORK* (VANET)**

Disusun dan diajukan oleh:

HIDAYAH TRIA ANANDA

D041 19 1078



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KINERJA *ROUTING PROTOCOL AODV* DAN *AOMDV* TERHADAP *JELLYFISH DELAY VARIANCE* *ATTACK* PADA *VEHICULAR AD-HOC NETWORK (VANET)*

Disusun dan diajukan oleh

Hidayah Tria Ananda

D041191078

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 13 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP 19691026 199412 2 001

Pembimbing Pendamping,



Andini Dani Achmad, S.T., M.T.
NIP 19880621 201504 2 003

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hidayah Tria Ananda
NIM : D041191078
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

***ANALISIS KINERJA ROUTING PROTOCOL AODV DAN AOMDV
TERHADAP JELLYFISH DELAY VARIANCE ATTACK PADA
VEHICULAR AD-HOC NETWORK (VANET)***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Hidayah Tria Ananda

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas berkat limpahan rahmat, kesehatan, petunjuk, dan kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Kinerja *Routing Protocol* AODV dan AOMDV Terhadap *Jellyfish Delay Variance Attack* Pada *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET)”. Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu (S1) di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Tugas akhir ini adalah penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kinerja jaringan VANET (*Vehicular Ad-Hoc Network*) menggunakan dua protokol *routing*, yaitu AODV dan AOMDV, dalam kondisi normal dan saat menghadapi serangan *Jellyfish Delay Variance Attack*. Penelitian ini dilakukan melalui simulasi jaringan menggunakan simulator NS-2 dan melibatkan berbagai *parameter Quality of Service* (QoS) seperti *Packet Delivery Ratio*, *Throughput*, *Packet Loss Ratio*, *End-to-end Delay*, dan penggunaan energi. Studi ini memiliki relevansi dengan *Intelligent Transportation System* (ITS) karena berfokus pada pengembangan teknologi komunikasi antara kendaraan dalam kondisi mobilitas tinggi.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, berkat rahmat dan karunia dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala, serta bantuan dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis yang tiada hentinya memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir. Semoga senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Andini Dani Achmad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah memberikan bimbingan, kritik dan saran, maupun arahan yang sangat

berguna dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga Ibu senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.

3. Bapak Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng. dan Bapak Ir. Samuel Panggalo, M.T. selaku dosen penguji yang memberikan saran, koreksi dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir penulis. Semoga Bapak senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.
4. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan. Semoga Bapak dan Ibu senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan.
5. Teman-teman konsentrasi Telekomunikasi serta teman-teman Laboratorium Antena dan Propagasi Gelombang, terima kasih untuk seluruh ilmu, saran, doa, dukungan, dan menjadi tempat untuk berbagi. Semoga kalian selalu diberikan kelancaran, kesehatan, dan kebahagiaan.
6. Asisten Praktikum Dasar Telekomunikasi yang telah memberikan bantuan, kerja sama, dan ilmu yang bermanfaat selama menjadi asisten.
7. Aulia, Dede, Arjun, dan Gabriel, terima kasih untuk seluruh bantuan yang diberikan kepada penulis. Terima kasih sudah menemani hari-hari perkuliahan penulis dan menjadi tempat untuk berkeluh kesah serta berbagi cerita, menjadi sumber keceriaan serta motivasi, dan semangat. Pati, Ayu, Wanda, dan Isnun, terima kasih untuk seluruh bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih sudah membuat masa perkuliahan penulis lebih berwarna. Semoga kalian selalu diberikan kesuksesan, kelancaran, kesehatan, dan kebahagiaan dimanapun kalian berada dan apapun yang kalian raih.
8. Wisel, Salsa, Vivi, Tia, Ahmad, Eben dan May, terima kasih sudah menjadi tempat berbagi untuk penulis. Terima kasih untuk seluruh saran, dukungan, semangat, doa, dan bantuan yang telah diberikan. Semoga kalian senantiasa diberikan kebahagiaan dan kesehatan.
9. Teman-teman PKM (Ridwan, Adam, dan Dani) dan teman-teman SRE UNHAS, terima kasih untuk seluruh bantuan, kerja sama, dan ilmu bermanfaat yang telah dibagikan kepada penulis.

10. Teman-teman KKN 108 Belae, terima kasih untuk pengalaman, doa, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.
11. Teman-teman TR19GER, terima kasih untuk seluruh ilmu, pengalaman, dan cerita yang telah dibagikan kepada penulis, serta terima kasih untuk seluruh dukungan, doa, dan semangat yang diberikan kepada penulis. Terima kasih sudah menemani penulis melalui masa perkuliahan dan membuat masa perkuliahan lebih berwarna serta bermakna. Terima kasih sudah hadir. Semoga dimanapun kalian berada dan apapun yang kalian cita-citakan serta perjuangkan selalu diberikan keberkahan, kebahagiaan, kesehatan, dan kelancaran.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini, tetapi tidak dapat disebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka untuk segala kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak terkait penyusunan tugas akhir ini sebagai bahan evaluasi bagi penulis. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Gowa, 13 Oktober 2023

Hidayah Tria Ananda

ABSTRAK

HIDAYAH TRIA ANANDA. *Analisis Kinerja Routing Protocol AODV dan AOMDV Terhadap Jellyfish Delay Variance Attack Pada Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)* (dibimbing oleh Dewiani dan Andini Dani Achmad)

VANET merupakan jenis jaringan tanpa kabel yang beroperasi di antara kendaraan yang bergerak secara dinamis, dan menjadi fokus utama dalam *Intelligent Transportation System (ITS)* karena mobilitas tinggi dan fleksibilitasnya. VANET memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi langsung satu sama lain dan dengan infrastruktur jalan, membentuk jaringan yang mandiri dan adaptif. Namun, VANET rentan terhadap serangan, termasuk *Jellyfish Delay Variance Attack*, yang sulit dideteksi karena mengikuti aturan protokol jaringan. Serangan ini menyebabkan penundaan pengiriman data dan mengurangi kinerja jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja jaringan VANET menggunakan protokol routing AODV dan AOMDV dalam kondisi normal serta saat menghadapi *Jellyfish Delay Variance Attack*. Metode yang digunakan adalah simulasi jaringan dengan simulator NS-2 (*Network Simulator 2*) dan perangkat lunak pendukung seperti *OpenStreetMap (OSM)*, *Simulation of Urban Mobility (SUMO)*, dan *Network Animator (NAM)*. Jumlah kendaraan (*node*) yang diuji mencakup 30, 50, 70, 100, dan 120 *node*. Parameter *Quality of Service (QoS)* yang dianalisis meliputi *Packet Delivery Ratio*, *Throughput*, *Packet Loss Ratio*, *End-to-end Delay*, dan *Energy*. Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa saat terjadi *Jellyfish Delay Variance Attack*, protokol AOMDV memiliki penurunan *Packet Delivery Ratio* dan *Throughput* yang lebih rendah serta peningkatan *Packet Loss Ratio* yang lebih kecil dibandingkan AODV. Selain itu, AOMDV menunjukkan adaptabilitas yang lebih baik dalam mengatasi *End-to-end Delay*. Hal ini menunjukkan bahwa AOMDV lebih efektif dalam menghadapi serangan *Jellyfish Delay Variance* karena mekanisme AOMDV yang menyediakan jalur alternatif dalam proses pengiriman data. Namun, dalam hal penggunaan energi, AODV unggul karena memiliki mekanisme *on-demand routing* dan *route maintenance* yang berperan penting dalam menjaga efisiensi penggunaan energi.

Kata Kunci: VANET, AODV, AOMDV, *Jellyfish Delay Variance Attack*, *Packet Delivery Ratio*, *Throughput*, *Packet Loss Ratio*, *End-to-end Delay*, *Energy*.

ABSTRACT

HIDAYAH TRIA ANANDA. *Performance Analysis of AODV and AOMDV Routing Protocols against Jellyfish Delay Variance Attack in Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)* (supervised by Dewiani dan Andini Dani Achmad)

Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) is a form of wireless network that operates among dynamically moving vehicles. Due to its high mobility and flexibility, VANET has become a primary focus in Intelligent Transportation Systems (ITS). VANET enables vehicles to communicate directly with each other and with road infrastructure, creating a self-organizing and adaptive network. However, VANET is vulnerable to attacks, including the Jellyfish Delay Variance Attack, which is difficult to detect as it follows network protocol rules. This attack causes data delivery delays and reduces network performance. The aim of this research is to analyze the performance of VANET using the AODV (Ad-Hoc On-Demand Distance Vector) and AOMDV (Ad-Hoc On-Demand Multi Distance Vector) routing protocols under normal conditions and when facing the Jellyfish Delay Variance Attack. The method used involves network simulation using the NS-2 (Network Simulator 2) and supporting software such as OpenStreetMap (OSM), Simulation of Urban Mobility (SUMO), and Network Animator (NAM). The number of vehicles (nodes) tested includes 30, 50, 70, 100, and 120 nodes. Quality of Service (QoS) parameters analyzed include Packet Delivery Ratio, Throughput, Packet Loss Ratio, *End-to-end Delay*, and Energy. The test results and analysis show that during the Jellyfish Delay Variance Attack, the AOMDV protocol experiences lower decreases in Packet Delivery Ratio and Throughput and smaller increases in Packet Loss Ratio compared to AODV. Additionally, AOMDV exhibits better adaptability in handling *End-to-end Delay*. This indicates that AOMDV is more effective in countering the Jellyfish Delay Variance Attack due to its mechanism of providing alternative paths in the data delivery process. However, in terms of energy consumption, AODV outperforms AOMDV due to its on-demand routing and route maintenance mechanisms, which play a vital role in ensuring energy usage efficiency.

Keywords: VANET, AODV, AOMDV, Jellyfish Delay Variance Attack, Packet Delivery Ratio, Throughput, Packet Loss Ratio, End-to-end Delay, Energy.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Jaringan Komputer.....	7
2.2 Perangkat Jaringan.....	7
2.2.1 Router.....	7
2.2.2 NIC (<i>Network Interface Cards</i>)	8
2.2.3 <i>On Board Unit</i> (OBU).....	8
2.2.4 <i>Road Side Unit</i> (RSU).....	9
2.2.5 <i>Application Unit</i> (AU).....	9
2.3 Jaringan <i>Ad-Hoc</i>	10
2.4 <i> Vehicular Ad-Hoc Network</i> (VANET)	10
2.5 <i>Routing Protocol</i>	12
2.5.1 AODV	14
2.5.2 AOMDV	16
2.6 <i>Denial of Service</i> (DOS)	18
2.7 <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	18
2.8 <i>Quality of Service</i>	19
2.8.1 <i>Packet Delivery Ratio</i>	20
2.8.2 <i>Throughput</i>	20
2.8.3 <i>Packet Loss Ratio</i>	20
2.8.4 <i>End-to-end Delay</i>	20
2.8.5 <i>Energy</i>	21
2.9 Model OSI	21
2.9.1 <i>Application Layer</i>	21
2.9.2 <i>Presentation Layer</i>	21
2.9.3 <i>Session Layer</i>	22
2.9.4 <i>Transport Layer</i>	22
2.9.5 <i>Network Layer</i>	22
2.9.6 <i>Data Link Layer</i>	22
2.9.7 <i>Physical Layer</i>	23

2.10 <i>User Datagram Protocol (UDP)</i>	23
2.11 Simulasi	23
2.11.1 <i>Network Simulator 2 (NS2)</i>	23
2.11.2 <i>Network Animator (NAM)</i>	24
2.11.3 <i>OpenStreetMap (OSM)</i>	24
2.11.4 <i>Simulation of Urban Mobility (SUMO)</i>	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian.....	26
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
3.3.1 Alat Penelitian.....	26
3.3.2 Bahan Penelitian.....	27
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.4.1 Data Primer	28
3.4.2 Data Sekunder	28
3.5 Skenario Simulasi	28
3.5.1 Simulasi Skenario 1.....	29
3.5.2 Simulasi Skenario 2.....	30
3.5.3 Simulasi Skenario 3.....	31
3.5.4 Simulasi Skenario 4.....	32
3.6 Teknik Analisis Data	33
3.7 Alur Penelitian.....	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Langkah Percobaan.....	36
4.1.1 Mengunduh Peta Nyata di Openstreetmap.....	36
4.1.2 Konversi <i>file</i> Openstreetmap.....	37
4.1.3 Konversi <i>file</i> Konfigurasi SUMO	38
4.1.4 Konfigurasi <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i> Pada AODV dan AOMDV... 39	
4.1.5 Konfigurasi Skenario Simulasi	42
4.1.6 Penerapan <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i> Pada Jaringan.....	43
4.2 Pengujian Simulasi	43
4.2.1 Pengujian Konfigurasi Simulasi.....	43
4.2.2 Pengujian Konfigurasi UDP.....	44
4.2.3 Pengujian Konfigurasi Serangan.....	45
4.3 Hasil Pengujian Simulasi Skenario	46
4.3.1 Hasil Simulasi Skenario 1	49
4.3.2 Hasil Simulasi Skenario 2	60
4.3.3 Hasil Simulasi Skenario 3	72
4.3.3 Hasil Simulasi Skenario 4	90
4.4 Analisis Hasil Pengujian Simulasi Skenario.....	110
4.4.1 <i>Packet Delivery Ratio (PDR)</i>	110
4.4.2 <i>Packet Loss Ratio (PLR)</i>	122
4.4.3 <i>Throughput</i>	133
4.4.4 <i>End-to-end Delay (E2ED)</i>	144
4.4.5 <i>Energy</i>	156
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	168

5.1 Kesimpulan.....	168
5.2 Saran.....	170
DAFTAR PUSTAKA	171

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Router	8
Gambar 2 NIC (<i>Network Interface Cards</i>).....	8
Gambar 3 <i>On Board Unit</i> (OBU).....	9
Gambar 4 Road Side Unit (RSU).....	9
Gambar 5 <i>Application Unit</i> (AU).....	10
Gambar 6 <i>Routing Protocol</i> pada VANET	12
Gambar 7 Cara kerja <i>routing protocol</i> AODV	15
Gambar 8 Cara kerja <i>routing protocol</i> AOMDV	17
Gambar 9 <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	19
Gambar 10 Tampilan <i>Network Simulator 2</i>	24
Gambar 11 Tampilan <i>Network Animator</i>	24
Gambar 12 Tampilan <i>OpenStreetMap</i>	25
Gambar 13 Tampilan <i>Simulation of Urban Mobility</i>	25
Gambar 14 Diagram alur penelitian	34
Gambar 15 Peta Jl. A.P. Pettarani	36
Gambar 16 <i>Syntax</i> untuk penggunaan fungsi Netconvert	37
Gambar 17 <i>Syntax</i> untuk penggunaan fungsi Polyconvert	37
Gambar 18 <i>Syntax</i> untuk penggunaan fungsi randomTrips	37
Gambar 19 <i>Script</i> konfigurasi simulasi SUMO	38
Gambar 20 Simulasi kendaraan dengan SUMO	38
Gambar 21 <i>Syntax</i> untuk mencatat pergerakan kendaraan	38
Gambar 22 <i>Syntax</i> untuk konversi file SUMO ke .tcl.....	38
Gambar 23 Deklarasi <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	39
Gambar 24 Deklarasi variabel t.....	39
Gambar 25 Inisialisasi <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i> pada AODV	40
Gambar 26 Inisialisasi <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i> pada AOMDV	40
Gambar 27 Konfigurasi default <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	40
Gambar 28 Konfigurasi fungsi <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	41
Gambar 29 <i>Command</i> untuk menerapkan perubahan pada AODV dan AOMDV	41
Gambar 30 Parameter simulasi	42
Gambar 31 Konfigurasi pengiriman UDP.....	42
Gambar 32 Penerapan <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i> pada jaringan.....	43
Gambar 33 <i>Command</i> untuk menjalankan <i>file</i> skenario1.tcl	43
Gambar 34 Pengujian skenario simulasi	43
Gambar 35 Pengiriman paket UDP pada detik 30	44
Gambar 36 Pengiriman paket UDP pada detik ke 41	44
Gambar 37 Pengiriman Paket UDP Pada Detik ke 47	45
Gambar 38 Penerapan serangan pada jaringan	45
Gambar 39 AWK <i>script</i> untuk mendapatkan nilai parameter QoS.....	48
Gambar 40 <i>Command</i> untuk menjalankan awk <i>script</i>	48
Gambar 41 Nilai parameter QoS sebelum terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	48

Gambar 42	Nilai parameter QoS setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	49
Gambar 43	Grafik Hasil PDR skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	49
Gambar 44	Grafik Hasil PDR skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	50
Gambar 45	Hasil PDR skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	51
Gambar 46	Grafik Hasil PLR skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	52
Gambar 47	Grafik Hasil PLR skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	52
Gambar 48	Grafik Hasil PLR skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	53
Gambar 49	Grafik Hasil <i>Throughput</i> skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	54
Gambar 50	Grafik Hasil <i>Throughput</i> skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	55
Gambar 51	Grafik Hasil <i>Throughput</i> skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	55
Gambar 52	Grafik Hasil E2ED skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	56
Gambar 53	Grafik Hasil E2ED skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	57
Gambar 54	Grafik Hasil E2ED skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	58
Gambar 55	Grafik Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	58
Gambar 56	Grafik Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	59
Gambar 57	Grafik Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	60
Gambar 58	Grafik Hasil PDR skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	61
Gambar 59	Grafik Hasil PDR skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	62
Gambar 60	Grafik Hasil PDR skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	62
Gambar 61	Grafik Hasil PLR skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	63
Gambar 62	Grafik Hasil PLR skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	64
Gambar 63	Grafik Hasil PLR skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	64
Gambar 64	Grafik Hasil <i>Throughput</i> skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	65

Gambar 65	Grafik Hasil <i>Throughput</i> skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	66
Gambar 66	Grafik Hasil <i>Throughput</i> skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	67
Gambar 67	Grafik Hasil E2ED skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	67
Gambar 68	Grafik Hasil E2ED skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	68
Gambar 69	Grafik Hasil E2ED skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	69
Gambar 70	Grafik Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	70
Gambar 71	Grafik Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	70
Gambar 72	Grafik Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	71
Gambar 73	Grafik Hasil Rata-rata PDR skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	73
Gambar 74	Grafik Hasil Rata-rata PDR skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	74
Gambar 75	Grafik Hasil Rata-rata PDR skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	75
Gambar 76	Grafik Hasil Rata-rata PLR skenario 3 dengan 1 pengirim dan 1 penerima.....	76
Gambar 77	Grafik Hasil Rata-rata PLR skenario 3 <i>node</i> dengan 3 pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	77
Gambar 78	Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	78
Gambar 79	Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	80
Gambar 80	Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	81
Gambar 81	Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	82
Gambar 82	Grafik Hasil Rata-rata E2ED skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	83
Gambar 83	Grafik Hasil Rata-rata E2ED skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	84
Gambar 84	Grafik Hasil Rata-rata E2ED skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	86
Gambar 85	Grafik Hasil Rata-rata <i>Average Residual Energy</i> skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	87
Gambar 86	Grafik Hasil Rata-rata <i>Average Residual Energy</i> skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	88
Gambar 87	Grafik Hasil Rata-rata <i>Average Residual Energy</i> skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	90

Gambar 88 Grafik Hasil Rata-rata PDR skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	91
Gambar 89 Grafik Hasil Rata-rata PDR skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	93
Gambar 90 Grafik Hasil Rata-rata PDR skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	94
Gambar 91 Grafik Hasil Rata-rata PLR skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	95
Gambar 92 Grafik Hasil Rata-rata PLR skenario 4 dengan 3 pengirim dan 3 penerima.....	96
Gambar 93 Grafik Hasil Rata-rata PLR skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	98
Gambar 94 Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	99
Gambar 95 Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 4 <i>node</i> dengan 3 pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	100
Gambar 96 Grafik Hasil Rata-rata <i>Throughput</i> skenario 4 <i>node</i> dengan 5 pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	101
Gambar 97 Grafik Hasil Rata-rata E2ED skenario 4 dengan 1 pengirim dan 1 penerima.....	103
Gambar 98 Grafik Hasil Rata-rata E2ED skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	104
Gambar 99 Grafik Hasil Rata-rata E2ED skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	105
Gambar 100 Grafik Hasil Rata-rata <i>Average Residual Energy</i> skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	106
Gambar 101 Grafik Hasil Rata-rata <i>Average Residual Energy</i> skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	108
Gambar 102 Grafik Hasil Rata-rata <i>Average Residual Energy</i> skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	109
Gambar 103 Grafik hasil perbandingan PDR dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	110
Gambar 104 Grafik hasil perbandingan PDR dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	114
Gambar 105 Grafik hasil perbandingan PDR dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	118
Gambar 106 Grafik hasil perbandingan PLR dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	123
Gambar 107 Grafik hasil perbandingan PLR dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	126
Gambar 108 Grafik hasil perbandingan PLR dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	129
Gambar 109 Grafik hasil perbandingan <i>Throughput</i> dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	133
Gambar 110 Grafik hasil perbandingan <i>Throughput</i> dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	137

Gambar 111 Grafik hasil perbandingan <i>Throughput</i> dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima.....	140
Gambar 112 Grafik hasil perbandingan E2ED dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima.....	144
Gambar 113 Grafik Hasil perbandingan E2ED dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	148
Gambar 114 Grafik Hasil perbandingan E2ED dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	152
Gambar 115 Grafik hasil perbandingan <i>Average Residual Energy</i> dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima.....	156
Gambar 116 Grafik hasil perbandingan <i>Average Residual Energy</i> dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima.....	160
Gambar 117 Grafik hasil perbandingan <i>Average Residual Energy</i> dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima.....	164

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Alat penelitian	26
Tabel 2 Bahan penelitian.....	27
Tabel 3 Parameter simulasi skenario 1.....	29
Tabel 4 Parameter simulasi skenario 2.....	30
Tabel 5 Parameter simulasi skenario 3.....	31
Tabel 6 Parameter simulasi skenario 4.....	32
Tabel 7 Hasil PDR skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima....	49
Tabel 8 Hasil PDR skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima....	50
Tabel 9 Hasil PDR skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima....	51
Tabel 10 Hasil PLR skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima ...	51
Tabel 11 Hasil PLR skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima ...	52
Tabel 12 Hasil PLR skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima ...	53
Tabel 13 Hasil <i>Throughput</i> skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	54
Tabel 14 Hasil <i>Throughput</i> skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	54
Tabel 15 Hasil <i>Throughput</i> skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	55
Tabel 16 Hasil E2ED skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.	56
Tabel 17 Hasil E2ED skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.	57
Tabel 18 Hasil E2ED skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.	57
Tabel 19 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 1 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	58
Tabel 20 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 1 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	59
Tabel 21 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 1 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	60
Tabel 22 Hasil PDR skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima... 61	61
Tabel 23 Hasil PDR skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima... 61	61
Tabel 24 Hasil PDR skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima... 62	62
Tabel 25 Hasil PLR skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima ... 63	63
Tabel 26 Hasil PLR skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima ... 63	63
Tabel 27 Hasil PLR skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima ... 64	64
Tabel 28 Hasil <i>Throughput</i> skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	65
Tabel 29 Hasil <i>Throughput</i> skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	66
Tabel 30 Hasil <i>Throughput</i> skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	66
Tabel 31 Hasil E2ED skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.	67
Tabel 32 Hasil E2ED skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.	68
Tabel 33 Hasil E2ED skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.	69
Tabel 34 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 2 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	69

Tabel 35 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 2 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	70
Tabel 36 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 2 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	71
Tabel 37 Hasil PDR skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima...	72
Tabel 38 Hasil PDR skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima...	73
Tabel 39 Hasil PDR skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima...	74
Tabel 40 Hasil PLR skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima...	76
Tabel 41 Hasil PLR skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima...	77
Tabel 42 Hasil PLR skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima...	78
Tabel 43 Hasil <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	79
Tabel 44 Hasil <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	80
Tabel 45 Hasil <i>Throughput</i> skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	81
Tabel 46 Hasil E2ED skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.	83
Tabel 47 Hasil E2ED skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.	84
Tabel 48 Hasil E2ED skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.	85
Tabel 49 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 3 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	86
Tabel 50 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 3 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	88
Tabel 51 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 3 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	89
Tabel 52 Hasil PDR skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima...	90
Tabel 53 Hasil PDR skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima...	92
Tabel 54 Hasil PDR skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima...	93
Tabel 55 Hasil PLR skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima...	94
Tabel 56 Hasil PLR skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima...	96
Tabel 57 Hasil PLR skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima...	97
Tabel 58 Hasil <i>Throughput</i> skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	98
Tabel 59 Hasil <i>Throughput</i> skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	100
Tabel 60 Hasil <i>Throughput</i> skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	101
Tabel 61 Hasil E2ED skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	102
Tabel 62 Hasil E2ED skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	103
Tabel 63 Hasil E2ED skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	104
Tabel 64 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 4 dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima.....	106
Tabel 65 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 4 dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima.....	107
Tabel 66 Hasil <i>Average Residual Energy</i> skenario 4 dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima.....	108

Tabel 67 Hasil perbandingan PDR dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	110
Tabel 68 Penurunan nilai PDR AODV dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	113
Tabel 69 Penurunan nilai PDR AOMDV dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	113
Tabel 70 Hasil perbandingan PDR dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	114
Tabel 71 Penurunan nilai PDR AODV dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	117
Tabel 72 Penurunan nilai PDR AOMDV dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	117
Tabel 73 Hasil perbandingan PDR dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	118
Tabel 74 Penurunan nilai PDR AODV dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	120
Tabel 75 Penurunan nilai PDR AOMDV dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	120
Tabel 76 Hasil perbandingan PLR dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	122
Tabel 77 Peningkatan nilai PLR AODV dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	124
Tabel 78 Peningkatan nilai PLR AOMDV dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	125
Tabel 79 Hasil perbandingan PLR dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	126
Tabel 80 Peningkatan nilai PLR AODV dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	128
Tabel 81 Peningkatan nilai PLR AOMDV dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	128
Tabel 82 Hasil perbandingan PLR dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima	129
Tabel 83 Peningkatan nilai PLR AODV dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	131
Tabel 84 Peningkatan nilai PLR AOMDV dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	131
Tabel 85 Hasil perbandingan <i>Throughput</i> dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima	133
Tabel 86 Penurunan nilai <i>Throughput</i> AODV dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	135
Tabel 87 Penurunan nilai <i>Throughput</i> AOMDV dengan 1 <i>node</i> pengirim dan 1 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	135
Tabel 88 Hasil perbandingan <i>Throughput</i> dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima	136
Tabel 89 Penurunan nilai <i>Throughput</i> AODV dengan 3 <i>node</i> pengirim dan 3 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	139

Tabel 90	Penurunan nilai <i>Throughput</i> AOMDV dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	139
Tabel 91	Hasil perbandingan <i>Throughput</i> dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima	140
Tabel 92	Penurunan nilai <i>Throughput</i> AODV dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	142
Tabel 93	Penurunan nilai <i>Throughput</i> AOMDV dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	143
Tabel 94	Hasil perbandingan E2ED dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima	144
Tabel 95	Peningkatan nilai E2ED AODV dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	146
Tabel 96	Peningkatan nilai E2ED AOMDV dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	146
Tabel 97	Hasil perbandingan E2ED dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima	148
Tabel 98	Peningkatan nilai E2ED AODV dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	150
Tabel 99	Peningkatan nilai E2ED AOMDV dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	150
Tabel 100	Hasil perbandingan E2ED dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima	152
Tabel 101	Peningkatan nilai E2ED AOMDV dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	154
Tabel 102	Peningkatan nilai E2ED AOMDV dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	154
Tabel 103	Hasil perbandingan <i>Average Residual Energy</i> dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima.....	156
Tabel 104	Peningkatan nilai <i>Average Residual Energy</i> AODV dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	158
Tabel 105	Peningkatan nilai <i>Average Residual Energy</i> AOMDV dengan 1 node pengirim dan 1 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	158
Tabel 106	Hasil perbandingan <i>Average Residual Energy</i> dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima.....	160
Tabel 107	Perubahan nilai <i>Average Residual Energy</i> AODV dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	162
Tabel 108	Perubahan nilai <i>Average Residual Energy</i> AOMDV dengan 3 node pengirim dan 3 node penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	162
Tabel 109	Hasil perbandingan <i>Average Residual Energy</i> dengan 5 node pengirim dan 5 node penerima.....	163

Tabel 110 Perubahan nilai <i>Average Residual Energy</i> AODV dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	166
Tabel 111 Perubahan nilai <i>Average Residual Energy</i> AOMDV dengan 5 <i>node</i> pengirim dan 5 <i>node</i> penerima setelah terjadinya <i>Jellyfish Delay Variance Attack</i>	166

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses komunikasi data tidak terlepas dari pentingnya keberadaan jaringan dalam proses pengiriman dan penerimaan data. Prinsip dasar dari sebuah jaringan adalah terjadinya proses pengiriman data atau informasi dari pengirim ke penerima melalui sistem media komunikasi tertentu. Keberadaan jaringan ini memiliki peran untuk membawa data dari sisi pengirim ke penerima secara tepat dan cepat tanpa adanya kesalahan melalui media transmisi. (Dewi & Putra, 2021)

Penggunaan jaringan terbagi atas dua jenis, yaitu jaringan kabel dan nirkabel. Namun, seiring berkembangnya teknologi, jaringan nirkabel (*wireless*) semakin banyak digunakan dibandingkan dengan jaringan kabel. Hal ini disebabkan karena kemudahan implementasi dalam memenuhi kebutuhan para pengguna. Untuk menunjang konektivitas dengan mobilitas tinggi, dibutuhkan sebuah jenis jaringan yang dapat diakses oleh banyak pengguna sekaligus dan dapat digunakan tanpa bergantung pada topologi atau infrastruktur tertentu. Berbeda dengan jenis jaringan yang membutuhkan infrastruktur, jaringan nirkabel *ad-hoc* adalah suatu jenis jaringan yang dibangun tanpa infrastruktur yang mana masing-masing perangkat dilengkapi dengan fitur penerima jaringan. (Firnanda dkk., 2017)

Hadirnya *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) menjadi solusi bagi perangkat bergerak (*mobile*) seperti telepon pintar, laptop, dan sebagainya untuk berkomunikasi satu sama lain tanpa infrastruktur jaringan. Selain digunakan untuk perangkat bergerak, teknologi MANET sudah mulai dikembangkan ke dalam sektor transportasi. Dengan teknologi tersebut, tiap kendaraan dapat saling bertukar informasi yang berkaitan dengan kondisi lalu lintas. Kendaraan-kendaraan yang dilengkapi dengan perangkat *wireless* yang bergerak menempuh perjalanan dapat diasumsikan sebagai sebuah pergerakan

node yang mana *node* yang bergerak ini membentuk jaringan *ad-hoc* yang disebut *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET). (Dimiyati dkk., 2016)

VANET sebagai sebuah jenis jaringan jenis baru yang terdapat pada kendaraan mulai dikembangkan dan diterapkan pada *Intelligent Transportation System* (ITS). Jaringan VANET dilengkapi dengan komunikasi dan sensor teknologi yang memungkinkan agar kendaraan dapat saling bertukar informasi dalam komunikasi atau *Vehicle-to-Vehicle* (V2V) dan juga dengan infrastruktur jaringan atau *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I). (Gupta dkk., 2017)

Berlangsungnya komunikasi dan pengiriman informasi antara dua *node* bergantung pada protokol *routing*. Protokol *routing* pada jaringan VANET terbagi atas dua, yaitu *routing* proaktif (*table-driven*) dan reaktif (*on-demand*). *Ad-Hoc On-Demand Distance Vector* (AODV) merupakan salah satu contoh dari protokol reaktif. AODV dirancang untuk mengelola informasi perutean terbaru dengan menggunakan prosedur penemuan rute dan *routing table* yang diperbarui. Penemuan dan perubahan pada AODV dilakukan jika ada sumber yang ingin menghubungi tujuan atau membutuhkan informasi. Protokol AODV terdiri atas dua mekanisme, yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. *Route discovery* terdiri atas *route request* (RREQ) dan *route reply* (RREP). *Data, route update, dan route error* (RRER) merupakan bagian dari *route maintenance*. (Alamsyah dkk., 2018)

Kekurangan dari AODV adalah hanya mampu mendukung hubungan simetris antara *node* sumber dengan *node* tujuan. *Ad-Hoc On-Demand Multi Distance Vector* (AOMDV) merupakan pengembangan dari AODV. Berbeda dengan AODV yang hanya memilih satu RREP, pada AOMDV setiap RREP akan dipertimbangkan oleh *node* asal sehingga akan ditemukan beberapa *path* dalam satu pencarian rute. Sehingga, apabila kegagalan rute terjadi pada saat pengiriman data, maka proses pengiriman dapat dipindahkan ke rute yang lain. (RATNASIH dkk., 2018)

Jaringan *ad-hoc* adalah suatu jaringan yang tidak terpusat dan tidak memerlukan infrastruktur tetap. Setiap pengambilan keputusan pencarian rute pada jaringan *ad-hoc* akan bergantung terhadap partisipasi *node* pada jaringan

VANET. Pengambilan keputusan yang tidak terpusat ini menyebabkan jaringan VANET rentan mengalami serangan yang akan menyebabkan terjadinya masalah pada pengiriman data. Selain itu, serangan ini dapat menjadi ancaman bagi keamanan jaringan yang dapat menurunkan atau memperburuk kinerja layanan atau fungsi jaringan. (Mustikawati dkk., 2017)

Salah satu jenis serangan *Denial Of Service* (Dos) adalah *Jellyfish Attack* yang mana serangan ini sulit dideteksi dan dicegah. *Jellyfish Attack* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *JF Delay Variance*, *JF Periodic Dropping Attack*, dan *JF Reorder Attack*. Serangan ini menunda paket data sehingga akan terjadi *end to end delay* pada jaringan dan mengurangi kinerja dari jaringan. Sulitnya mendeteksi serangan ini karena serangan ini mengikuti semua aturan protokol pada jaringan. Mekanisme dari *Jellyfish Attack* adalah dengan melakukan penambahan *delay* pada setiap paket data tanpa mengubah urutan paket. (Thapar & Sharma, 2020)

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait jaringan *ad-hoc* terhadap serangan *Jellyfish*. Pada penelitian berjudul *Analisis Dampak Serangan Blackhole dan Jellyfish terhadap Protokol Routing Ad-Hoc on Demand Distance Vector (AODV) dengan Model Mobilitas Random pada VANET* (Alfarisi et al., 2022), dilakukan percobaan serangan *Jellyfish Attack* menggunakan protokol AODV pada jaringan VANET. Kemudian, pada penelitian kedua, yaitu *Network Security Analysis in Vanet Against Black Hole and Jellyfish Attack with Intrusion Detection System Algorithm* (Mustikawati et al., 2017) dilakukan percobaan serangan *Jellyfish Attack Delay Variance* dengan menggunakan protokol AODV pada jaringan VANET. Pada penelitian ketiga, *Analisis Kinerja Routing Protocol AOMDV Terhadap Serangan Jellyfish Delay Variance dan Jellyfish Periodic Dropping Pada Vehicular Ad-Hoc Network* (Fikri, Muhammad Daffa., 2019) dilakukan percobaan serangan *Jellyfish Delay Variance* dan serangan *Jellyfish Periodic Dropping* menggunakan protokol AOMDV pada jaringan VANET.

Pada penelitian sebelumnya, analisis kinerja *Routing Protocol* terhadap *Jellyfish Delay Variance* hanya dilakukan pada AODV atau AOMDV saja, sehingga pada penelitian ini akan membandingkan kinerja *Routing Protocol*

AODV dan AOMDV terhadap *Jellyfish Delay Variance Attack* pada satu lingkungan VANET yang sama dengan menganalisis beberapa parameter, yaitu *packet delivery ratio*, *throughput*, *packet loss ratio*, *End-to-end Delay*, dan *energy*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *Routing Protocol* AODV dan AOMDV dalam menghadapi *Jellyfish Delay Variance Attack* pada VANET yang mana untuk mengetahui efektivitasnya, dilakukan analisis menggunakan beberapa parameter *Quality of Service* (QoS) seperti *packet delivery ratio*, *throughput*, *packet loss ratio*, *End-to-end Delay*, dan *energy*. Selain itu, melalui analisis tersebut, akan ditentukan protokol routing yang dapat bekerja secara optimal ketika menghadapi *Jellyfish Delay Variance Attack* dengan menunjukkan nilai parameter QoS yang tidak jauh berbeda dari kondisi normal jaringan tanpa *Jellyfish Delay Variance Attack*.

Dengan demikian, penelitian ini akan mengidentifikasi protokol-routing yang paling efektif dan optimal dalam menghadapi tantangan dari serangan *Jellyfish Delay Variance Attack* pada lingkungan VANET. Percobaan pada penelitian ini akan disimulasikan pada *Network Simulator 2* atau NS2. Simulasi mobilitas kendaraan akan dilakukan dengan menggunakan *Simulation of Urban Mobility* (SUMO). Adapun judul dari penelitian ini adalah **ANALISIS KINERJA ROUTING PROTOCOL AODV DAN AOMDV TERHADAP JELLYFISH DELAY VARIANCE ATTACK PADA VEHICULAR AD-HOC NETWORK (VANET)**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perancangan model dan skenario kendaraan pada lingkungan VANET?
2. Bagaimana performansi jaringan VANET dengan *routing protocol* AODV dan AOMDV sebelum dan setelah mendapat serangan *Jellyfish Delay Variance* dengan parameter *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss ratio*, *End-to-end Delay*, dan *energy*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang model dan skenario kendaraan pada lingkungan VANET
2. Menganalisis dan membandingkan performansi jaringan VANET dengan *routing protocol* AODV dan AOMDV pada keadaan sebelum dan setelah mendapat serangan *Jellyfish Delay Variance*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui kinerja *routing protocol* AODV dan AOMDV apabila terkena serangan *Jellyfish Delay Variance* pada jaringan VANET.
2. Untuk menambah data dan informasi yang ditujukan kepada peneliti lain yang akan mengembangkan dan memperbaiki sistem jaringan VANET terhadap serangan.
3. Untuk memberikan informasi terkait perbandingan kinerja *protocol routing* AODV dan AOMDV.

1.5 Batasan Masalah

Dalam menyelesaikan masalah dalam penelitian ini, terdapat batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis jaringan yang digunakan adalah jaringan VANET dengan komunikasi *Vehicle to Vehicle* (V2V).
2. Protokol *routing* yang digunakan adalah AODV dan AOMDV.
3. Serangan yang akan diuji adalah serangan *Jellyfish Delay Variance*.
4. Parameter yang akan diukur adalah *throughput*, *packet delivery ratio*, *packet loss ratio*, *End-to-end Delay*, dan *energy*.
5. *Transmission Protocol* yang digunakan adalah UDP.
6. Jalan yang digunakan dalam simulasi penelitian ini adalah Jalan A.P. Pettarani karena kondisi lalu lintas yang padat dan sulit diprediksi
7. Kecepatan maksimum yang digunakan kendaraan adalah 8.33 m/s atau 30 km/jam.
8. Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan variasi jumlah *node* sebanyak 30, 50, 70, 100 dan 120 buah. Masing-masing *node*

menggambarkan kepadatan kendaraan mulai dari sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas terkait teori yang berhubungan dengan penelitian dan mendasari analisis permasalahan yang berhubungan dengan pembahasan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi pembahasan atau pemaparan jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta tahapan yang dilakukan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan terkait hasil penelitian yang telah didapatkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk perbaikan atau penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah dua atau lebih komputer yang saling terhubung dan dapat membagi data, aplikasi, peralatan komputer, dan koneksi internet atau beberapa kombinasi, baik berupa *software* ataupun *hardware* serta perangkat lainnya yang saling terhubung satu sama lain. Sebuah jaringan memungkinkan sebuah komputer dapat berinteraksi atau berkomunikasi dengan komputer lainnya, serta memungkinkan terjadinya interaksi komputer dengan perangkat yang ada di jaringan komputer tersebut. (Fahriani dkk., 2017)

Setiap jaringan komputer terdiri atas *client* dan juga *server*. Jaringan komputer dapat berperan menjadi *client* dan *server* sekaligus. Maka dari itu, berdasarkan fungsinya, jaringan komputer dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *client-server* dan *peer-to-peer*. *Client-server* adalah jaringan komputer dan komputer yang didedikasikan khusus sebagai *server*. Sebuah layanan atau *service* bisa diberikan oleh sebuah komputer atau lebih. Sedangkan, *Peer-to-peer* adalah jaringan komputer dimana setiap *host* dapat menjadi *server* dan juga menjadi *client* secara bersamaan. (Hidakyah, 2017)

2.2 Perangkat Jaringan

2.2.1 Router

Router adalah perangkat jaringan komputer yang digunakan untuk menghubungkan dua jaringan atau lebih dan berfungsi untuk mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai *routing*. Protokol *routing* terjadi pada lapisan 3 (*Network Layer*) dari *stack* protokol tujuh-lapis OSI. Sebuah *router* mampu mengirimkan data atau informasi dari satu jaringan ke jaringan lain yang berbeda. Dalam mengirimkan sebuah pesan, *router* akan mencari jalur terbaik berdasarkan atas alamat tujuan dan alamat asal. *Router* mengetahui alamat masing-masing komputer di lingkungan jaringan lokalnya. (Sari dkk., 2013)



Gambar 1 Router

2.2.2 NIC (*Network Interface Cards*)

NIC adalah sebuah perangkat yang menyediakan media untuk menghubungkan antara komputer. Kebanyakan kartu jaringan adalah kartu internal, yaitu kartu yang dipasang pada slot ekspansi di dalam komputer. Setiap NIC memiliki *MAC address* sebagai identitas. (Micro, 2012)



Gambar 2 NIC (*Network Interface Cards*)

2.2.3 *On Board Unit (OBU)*

On Board Unit adalah perangkat WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) yang biasanya dipasang pada kendaraan untuk bertukar informasi dengan RSU atau dengan OBU lainnya. OBU terdiri dari sebuah prosesor yang berisi memori baca/tulis yang berfungsi menyimpan dan memulihkan informasi, antarmuka khusus untuk terhubung ke OBU lainnya, dan perangkat jaringan untuk komunikasi nirkabel. (Barskar & Chawla, 2015)



Gambar 3 *On Board Unit (OBU)*

2.2.4 *Road Side Unit (RSU)*

Road Side Unit (RSU) adalah suatu perangkat yang digunakan sebagai *access point* dan ditempatkan di sepanjang jalan seperti persimpangan yang padat dan tempat yang rawan akan kecelakaan. RSU berfungsi sebagai sebuah *node* untuk memberikan informasi kepada kendaraan serta sebagai *access* untuk pertukaran data baik antar kendaraan maupun dengan infrastruktur. Keberadaan Road Side Unit dapat membantu *node* untuk mengirimkan paket data baik ke *node* yang berada di sekitarnya maupun ke Road Side Unit lainnya. (Hadiwiryanto dkk., 2018)

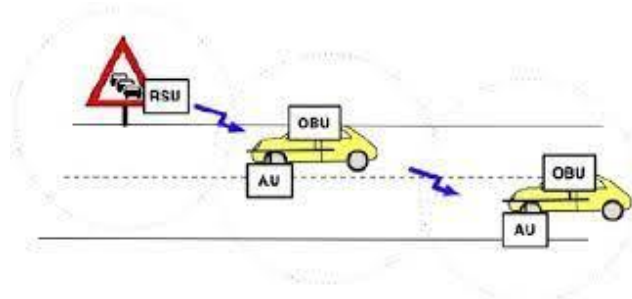


Gambar 4 Road Side Unit (RSU)

2.2.5 *Application Unit (AU)*

Application Unit adalah perangkat WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) yang dilengkapi di dalam kendaraan yang menggunakan aplikasi yang disediakan oleh provider dengan menggunakan kemampuan komunikasi dari OBU. AU dapat menjadi perangkat khusus untuk aplikasi keamanan atau perangkat normal seperti *Personal Digital Assistant (PDA)* untuk menjalankan internet, AU dapat dihubungkan ke OBU melalui koneksi kabel atau nirkabel dan dapat

berada dengan OBU dalam satu unit fisik tunggal. Perbedaan antara AU dan OBU adalah AU berkomunikasi dengan jaringan hanya dengan menggunakan OBU yang mengambil tugas untuk semua fungsi mobilitas dan jaringan. (Barskar & Chawla, 2015)



Gambar 5 *Application Unit (AU)*

2.3 Jaringan *Ad-Hoc*

Jaringan *ad-hoc* adalah sekelompok perangkat komunikasi atau *node* yang berkomunikasi satu sama lain tanpa topologi (infrastruktur) tetap. Maka dari itu, jaringan *ad-hoc* dapat didefinisikan sebagai jaringan dinamis. Setiap *node* memiliki kapasitas untuk berkomunikasi langsung dengan *node* lain. Jaringan *ad-hoc* dapat dibuat dengan menggunakan teknologi nirkabel seperti Bluetooth, Wi-Fi, dan lainnya. (Sharmila & Shanthi, 2016)

Jaringan *ad-hoc* adalah suatu jenis koneksi sementara antara *computer-to-computer*. Dalam jaringan *ad-hoc*, pengguna dapat mengatur koneksi nirkabel langsung ke komputer lain tanpa harus terhubung ke *access point* atau *router* Wi-Fi. Fitur dari jaringan *ad-hoc* adalah sebagai berikut:

1. Jaringan *ad-hoc* dapat digunakan untuk berbagi *file* atau data langsung dengan perangkat lain tanpa menggunakan jaringan Wi-Fi.
 2. Dapat tersambung dengan lebih dari satu perangkat selama perangkat tersebut tersambung ke (*service state identifier*) SSID yang sama.
 3. Dapat digunakan untuk berbagi koneksi internet dengan perangkat lain.
- (Uy, 2021)

2.4 *Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)*

Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) adalah bentuk dari jaringan nirkabel yang bersifat *ad-hoc* dan merupakan pengembangan dari *Mobile Ad-Hoc Network (MANET)* yang menganggap semua kendaraan di dalam

jaringan sebagai *node* yang digunakan untuk berkomunikasi dengan kendaraan lainnya pada cakupan tertentu. Pada MANET maupun VANET, *node* yang bergerak bergantung pada *ad-hoc routing protocol* untuk menentukan bagaimana cara mengirimkan pesan dari *source node* menuju *destination node*. Meskipun menggunakan routing protokol yang sama, VANET memiliki perbedaan karakteristik dengan MANET. Pergerakan pada VANET dibatasi oleh bentuk jalan yang dilalui kendaraan dan kecepatan kendaraan yang cenderung lebih cepat. Terdapat dua jenis *node* yang tergabung pada VANET, yaitu *Road-side Unit (RSU)* dan *On-board Unit (OBU)*. OBU merupakan alat yang berada pada kendaraan yang berjalan pada suatu bidang jalan. (Arditya dkk., 2017)

Jaringan VANET memiliki beberapa karakteristik khusus, yaitu sebagai berikut:

1. Topologi jaringan sangat dinamis: karena bersifat memiliki kecepatan tinggi yang tinggi, VANET topologinya sering berubah. Misalnya jika kecepatan dua kendaraan sekitar 60 mph, hubungan antara keduanya hanya dapat bertahan kurang dari 10 detik.
2. Sering terjadi Pemutusan: dengan kecepatan tinggi dan distribusi kendaraan yang tidak kontinu maka akan sering terjadi pemutusan koneksi, atau koneksi akan bertahan pada vehicle tersebut sampai ada kendaraan berikutnya.
3. Pemodelan Mobilitas: Pemodelan mobilitas adalah salah satu hal membedakan antara VANET dengan MANET, selain kecepatan dan mobilitas VANET yang lebih tinggi, mobilitas pada VANET memiliki pola yang jelas yaitu mobilitas kendaraan yang dibatasi oleh geografi atau bentuk jalan yang sifatnya tetap.
4. Daya Baterai: Daya baterai pada VANET cenderung lebih baik dari MANET karena ketersediaan daya/energi bersifat berkelanjutan dalam bentuk baterai kendaraan.
5. Interaksi Dengan Sensor Onboard: Gerakan dan posisi kendaraan saat ini dapat dengan mudah diketahui seperti penggunaan GPS.