

**SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS  
PADA JARINGAN *VEHICULAR AD HOC NETWORK*  
(VANET) MENGGUNAKAN *SIMULATION OF URBAN  
MOBILITY (SUMO)***

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh:  
DEWI MISNASARI  
11.12.503**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

---

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS  
PADA JARINGAN *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)*  
MENGUNAKAN *SIMULATION OF URBAN MOBILITY*  
(*SUMO*)**

**SKRIPSI**

**Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna  
mencapai gelar Sarjana Teknik**

**Disusun Oleh :  
DEWI MISNASARI  
11.12.503**

**Diperiksa dan Disetujui**

**Menyetujui,  
Pembimbing I**

**Menyetujui,  
Pembimbing II**

**Dr. Eng. Arvanto Soetedjo, ST, MT**

**Bima Aulia Firmandani, ST**

**NIP P. 1030800417**



**Mengetahui,  
Kepala Program Studi Teknik Elektro S-1**

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

**NIP P. 1030100358**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**



---

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

NAMA : DEWI MISNASARI  
NIM : 1112503  
JURUSAN : Teknik Elektro S-1  
KONSENTRASI : Teknik Komputer  
MASA BIMBINGAN: SEMESTER GANJIL 2015/2016  
JUDUL : **SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS  
PADA JARINGAN *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)*  
MENGUNAKAN *SIMULATION OF URBAN MOBILITY (SUMO)***

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 21 Februari 2015  
Dengan Nilai : 85,9 (A)

### PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji,

M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji,

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT  
NIP Y.1030100361

### ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I,

Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT  
NIP P. 1030100365

Dosen Penguji II,

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP Y. 1018800189



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK N-AGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dewi Misnasari  
NIM : 11.12.503  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Komputer

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari terdapat pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 12 Maret 2015

Yang membuat Pernyataan,

METERAI  
TEMPEL  
PLACEMENT SLIP  
396EDACF494084381  
FRANKIR SURABAYA  
6000  
DJI  
  
Dewi Misnasari  
NIM : 1112503

SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS PADA  
JARINGAN *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)* MENGGUNAKAN  
*SIMULATION OF URBAN MOBILITY (SUMO)*

DEWI MISNASARI, NIM 11.12.503

Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT, dan  
Bima Aulia Firmandani, ST

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang  
e-mail : [d.miznasari@gmail.com](mailto:d.miznasari@gmail.com)

**Abstrak**

Komunikasi jaringan nirkabel memperkenalkan tipe baru yaitu *Vehicle Ad Hoc Network (VANET)* yang bertujuan untuk menyediakan komunikasi antara kendaraan dengan kendaraan (*Vehicle to Vehicle - V2V*) dan kendaraan dengan infrastruktur (*Vehicle to Infrastructure - V2I*) sehingga dapat digunakan sebagai sistem lalu lintas cerdas yang akan meningkatkan keamanan serta kenyamanan pengendara. *VANET* dapat diterapkan di kota Malang sebagai solusi meningkatkan keamanan pengendara seiring bertambahnya jumlah kendaraan yang terjadi. Simulasi dilakukan dengan mencuplik peta Kota Malang yaitu kawasan Alun-Alun Kota Malang. Pembuatan simulasi dilakukan menggunakan program aplikasi *MOVE*, *SUMO*, dan *NS-2* dengan langkah pembuatan jalur kendaraan dan penentuan *routing protocol*, sehingga menghasilkan simulasi pergerakan kendaraan pada *SUMO* juga grafik *delay*, *throughput*, dan *Packet Delivery Ratio (PDR)*. *Routing Protocol* yang digunakan adalah *AODV*. Dari angka dan grafik yang dihasilkan, *throughput* dan *PDR* yang dihasilkan oleh simulasi pada percobaan pertama lebih baik dibandingkan dengan hasil simulasi pada percobaan kedua maupun ketiga. Tetapi, *delay* yang dihasilkan oleh simulasi pada percobaan pertama lebih tinggi dibandingkan kedua percobaan lainnya, hal tersebut dikarenakan pergerakan kendaraan dari setiap simulasi yang berbeda.

Kata Kunci : *Delay, MOVE, NS-2, PDR, SUMO, Throughput, VANET*

**Abstract**

*Communications introduces a new type of wireless network is Vehicle Ad Hoc Network (VANET) which aims to provide communication between vehicle to vehicle (V2V) and vehicle to infrastructure (V2I), it can be used as an Intelligent Traffic System (ITS) that will improve the safety and comfort of the rider. VANET can be applied in the Malang city as a solution to improve rider safety by increase of number of vehicles that happen. Simulations performed with clipping region map Malang namely Malang Town. The tool use for this simulation are MOVE, SUMO, and NS-2 with make the vehicle route and determine the routing protocol, so vehicle movement simulation and graphs of delay, throughput, and Packet Delivery Ratio (PDR) can be created. In this paper, using routing protocol AODV. Related figures and graphs that generated, throughput and PDR of the first simulation is higher than the simulation results of the second and the third simulation. However, the delay that produced by the first simulation higher, it can be caused by the different of vehicle movement of the both map.*

Keyword : *Delay, MOVE, NS-2, PDR, SUMO, Throughput, VANET*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penelitian yang berjudul **Simulasi dan Analisa Kepadatan Lalu Lintas pada Jaringan *Vehicular Ad Hoc Network (VANET)* Menggunakan *Simulation Of Urban Mobility (SUMO)*** ini dapat terselesaikan tepat waktu.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Nasional Malang, Program Studi Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Komputer.

Tidak lupa penulis memberikan ucapan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT**, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak **Ibrahim Ashari, ST, MT**, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1.
3. Bapak **Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT**, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro S-1.
4. Bapak **Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT**, selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Bapak **Bima Aulia Firmandani, ST**, selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Kedua Orang Tua tercinta Bapak **Misno** dan Ibu **Siti Anisah** yang selalu memberi dukungan dalam segala kondisi serta doa restu yang selalu menyertai.
7. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan penelitian ini kedepannya.

**Malang, Maret 2015**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Jaringan Nirkabel ( <i>Wireless</i> ) .....	6
2.1.1 <i>WPAN</i> .....	7
2.1.2 <i>WLAN</i> .....	9
2.1.3 <i>WMAN</i> .....	12
2.1.4 <i>WWAN</i> .....	14
2.2 Jaringan <i>Ad Hoc</i> .....	15
2.3 <i>VANET</i> .....	16
2.4 <i>AODV</i> .....	20
2.4.1 <i>Sequence Number</i> .....	23
2.4.2 <i>Error Messages</i> .....	24
2.5 <i>MOVE</i> .....	26
2.6 <i>Simulation of Urban Mobility (SUMO)</i> .....	28
2.7 <i>NS</i> .....	29

2.8	<i>Tracegraph</i> .....	32
2.9	<i>Transmission Delay</i> .....	33
2.10	<i>Bandwidth</i> .....	34
2.11	<i>Throughput</i> .....	34
2.12	<i>PDR</i> .....	34
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM</b>		
3.1	Penentuan Area Simulasi.....	35
3.2	Pembuatan Jalur Kendaraan.....	37
3.2.1	<i>Node</i> .....	37
3.2.2	<i>Edge</i> .....	38
3.2.3	<i>Flow</i> .....	38
3.2.4	<i>Turn</i> .....	39
3.3	Penentuan <i>Routing Protocol</i> .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Pengujian Jalur Lalu Lintas dan Simulasi <i>VANET</i> Menggunakan Program Aplikasi <i>SUMO</i> .....	42
4.1.1	Analisa Hasil Pengujian .....	45
4.2	Pengujian Simulasi <i>VANET</i> pada <i>Simulator NAM</i> .....	45
4.2.1	Analisa Hasil Pengujian .....	47
4.3	Pengujian Simulasi terhadap <i>Routing Protocol AODV</i> .....	47
4.3.1	Analisa Hasil Pengujian .....	68
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA .....		72
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> <i>Node</i> Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang .....	37
<b>Tabel 3.2</b> <i>Edge</i> Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	38
<b>Tabel 3.3</b> <i>Flow</i> Peta pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	39
<b>Tabel 3.4</b> <i>Flow</i> Peta pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan.....	39
<b>Tabel 3.5</b> <i>Flow</i> Peta pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	39
<b>Tabel 3.6</b> <i>Turn</i> pada Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	40
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	68
<b>Tabel 4.2</b> Perincian <i>Delay</i> Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang ....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>WPAN</i> .....	7
Gambar 2.2	<i>WLAN</i> .....	10
Gambar 2.3	<i>WMAN</i> .....	13
Gambar 2.4	<i>WWAN</i> .....	14
Gambar 2.5	Paradigma <i>Peer to Peer (P2P)</i> .....	15
Gambar 2.6	Ilustrasi <i>VANET</i> [5] .....	18
Gambar 2.7	<i>Node</i> dengan Jaringan Nirkabel [3] .....	21
Gambar 2.8	<i>Node</i> 1 mengirimkan <i>RREQ</i> kepada <i>Node</i> 4 dan <i>Node</i> 2 [3] .....	22
Gambar 2.9	<i>Node</i> 2 Mengirim <i>RREP</i> kepada <i>Node</i> 1 [3] .....	23
Gambar 2.10	<i>Sequence Number</i> [3] .....	24
Gambar 2.11	Ilustrasi <i>RERR</i> [3] .....	25
Gambar 2.12	Arsitektur <i>MOVE</i> [2] .....	26
Gambar 2.13	<i>Mobility Model Generator</i> .....	27
Gambar 2.14	<i>GUI</i> Program Aplikasi <i>SUMO</i> .....	29
Gambar 2.15	Hirarki Kelas Bahasa Pemrograman pada <i>NS</i> [8] .....	31
Gambar 2.16	<i>GUI</i> pada <i>NAM</i> .....	32
Gambar 2.17	<i>GUI</i> dari <i>Tracegraph</i> .....	32
Gambar 3.1	Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	35
Gambar 3.2	Peta <i>OSM</i> Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	36
Gambar 3.3	<i>Node</i> dan <i>Edge</i> Area Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	36
Gambar 3.4	Blok Diagram Pembuatan Jalur Kendaraan .....	37
Gambar 3.5	Urutan Ekstensi File yang Terbentuk .....	40
Gambar 3.6	Diagram Alir Menentukan <i>Routing Protocol</i> .....	41
Gambar 4.1	<i>GUI</i> pada <i>SUMO</i> .....	42
Gambar 4.2	Jalur Lalu Lintas Simulasi Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	43
Gambar 4.3	Simulasi <i>VANET</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan pada <i>SUMO</i> .....	43
Gambar 4.4	Simulasi <i>VANET</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan pada <i>SUMO</i> .....	44

<b>Gambar 4.5</b>	Simulasi <i>VANET</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan pada <i>SUMO</i> .....	44
<b>Gambar 4.6</b>	<i>GUI</i> simulator <i>NAM</i> .....	45
<b>Gambar 4.7</b>	Simulasi <i>VANET</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan pada <i>NAM</i> .....	46
<b>Gambar 4.8</b>	Simulasi <i>VANET</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan pada <i>NAM</i> .....	46
<b>Gambar 4.9</b>	Simulasi <i>VANET</i> pada Percobaan Pertama dengan 16 Kendaraan pada <i>NAM</i> .....	47
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik <i>Packet Size vs Minimal End to End Delay</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	48
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik <i>Packet Size vs Maximal End to End Delay</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan.....	49
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik <i>Packet Size vs Average End to End Delay</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan.....	49
<b>Gambar 4.13</b>	Grafik <i>Packet Size vs Minimal End to End Delay</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	50
<b>Gambar 4.14</b>	Grafik <i>Packet Size vs Maximal End to End Delay</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	50
<b>Gambar 4.15</b>	Grafik <i>Packet Size vs Average End to End Delay</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	51
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik <i>Packet Size vs Minimal End to End Delay</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	51
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik <i>Packet Size vs Maximal End to End Delay</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	52
<b>Gambar 4.18</b>	Grafik <i>Packet Size vs Average End to End Delay</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	52
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik <i>Throughput of Generating Packets</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	53
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik <i>Throughput of Sending Packets</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	53

<b>Gambar 4.21</b>	Grafik <i>Throughput of Forwarding Packets</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan.....	54
<b>Gambar 4.22</b>	Grafik <i>Throughput of Receiving Packets</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	54
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik <i>Throughput of Dropping Packets</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	55
<b>Gambar 4.24</b>	Grafik <i>Throughput of Generating Bits</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	55
<b>Gambar 4.25</b>	Grafik <i>Throughput of Sending Bits</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	56
<b>Gambar 4.26</b>	Grafik <i>Throughput of Forwarding Bits</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	56
<b>Gambar 4.27</b>	Grafik <i>Throughput of Receiving Bits</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	57
<b>Gambar 4.28</b>	Grafik <i>Throughput of Dropping Bits</i> pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	57
<b>Gambar 4.29</b>	Grafik <i>Throughput of Generating Packets</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	58
<b>Gambar 4.30</b>	Grafik <i>Throughput of Sending Packets</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	58
<b>Gambar 4.31</b>	Grafik <i>Throughput of Forwarding Packets</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	59
<b>Gambar 4.32</b>	Grafik <i>Throughput of Receiving Packets</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	59
<b>Gambar 4.33</b>	Grafik <i>Throughput of Dropping Packets</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	60
<b>Gambar 4.34</b>	Grafik <i>Throughput of Generating Bits</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	60
<b>Gambar 4.35</b>	Grafik <i>Throughput of Sending Bits</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan.....	61
<b>Gambar 4.36</b>	Grafik <i>Throughput of Forwarding Bits</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	61

<b>Gambar 4.37</b>	Grafik <i>Throughput of Receiving Bits</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	62
<b>Gambar 4.38</b>	Grafik <i>Throughput of Dropping Bits</i> pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan .....	62
<b>Gambar 4.39</b>	Grafik <i>Throughput of Generating Packets</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	63
<b>Gambar 4.40</b>	Grafik <i>Throughput of Sending Packets</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	63
<b>Gambar 4.41</b>	Grafik <i>Throughput of Forwarding Packets</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	64
<b>Gambar 4.42</b>	Grafik <i>Throughput of Receiving Packets</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	64
<b>Gambar 4.43</b>	Grafik <i>Throughput of Dropping Packets</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	65
<b>Gambar 4.44</b>	Grafik <i>Throughput of Generating Bits</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	65
<b>Gambar 4.45</b>	Grafik <i>Throughput of Sending Bits</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan.....	66
<b>Gambar 4.46</b>	Grafik <i>Throughput of Forwarding Bits</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	66
<b>Gambar 4.47</b>	Grafik <i>Throughput of Receiving Bits</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	67
<b>Gambar 4.48</b>	Grafik <i>Throughput of Dropping Bits</i> pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan .....	67
<b>Gambar 4.49</b>	Grafik Perbandingan <i>Delay</i> dari Setiap Simulasi.....	69
<b>Gambar 4.50</b>	Grafik Perbandingan <i>Throughput</i> dari Setiap Simulasi.....	69
<b>Gambar 4.51</b>	Grafik Perbandingan <i>Packet Delivery Ratio</i> dari Setiap Simulasi .....	70

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.7</b> <i>Node</i> Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang .....	37
<b>Tabel 3.8</b> <i>Edge</i> Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	38
<b>Tabel 3.9</b> <i>Flow</i> Peta pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan .....	39
<b>Tabel 3.10</b> <i>Flow</i> Peta pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan.....	39
<b>Tabel 3.11</b> <i>Flow</i> Peta pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan.....	39
<b>Tabel 3.12</b> <i>Turn</i> pada Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	40
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.....	68
<b>Tabel 4.4</b> Perincian <i>Delay</i> Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang ....	68

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kepadatan lalu lintas merupakan masalah yang sering terjadi di daerah perkotaan, termasuk di kota Malang. Hal tersebut menyebabkan kemacetan di beberapa titik ruas jalan dan memicu pengendara menjadi ugal-ugalan dalam mengendarai kendaraan di jalan raya.

Perkembangan tidak hanya terjadi dalam hal transportasi, tetapi juga dalam hal komunikasi. Komunikasi jaringan nirkabel memperkenalkan tipe baru dari jaringan yaitu *Vehicle Ad Hoc Network (VANET)* yang merupakan turunan dari *Mobile Ad Hoc Network (MANET)*. *VANET* bertujuan untuk menyediakan komunikasi antara kendaraan dengan kendaraan (*Vehicle to Vehicle – V2V*) dan kendaraan dengan infrastruktur (*Vehicle to Infrastructure – V2I*) sehingga dapat digunakan sebagai sistem lalu lintas cerdas yang akan meningkatkan keamanan serta kenyamanan pengendara dan penumpang kendaraan. *VANET* mendistribusikan data dalam jaringan yang terbentuk dari sekumpulan kendaraan bergerak yang dilengkapi dengan perangkat komunikasi nirkabel.

Jaringan nirkabel dibedakan menjadi dua, yaitu jaringan nirkabel dengan infrastruktur dan jaringan nirkabel tanpa infrastruktur. Jaringan nirkabel dengan infrastruktur merupakan jaringan yang menggunakan *access point* sebagai pusat kendali, sedangkan jaringan nirkabel tanpa infrastruktur tidak menggunakan *access point* untuk melakukan komunikasi antara satu perangkat dengan perangkat lain.

Komunikasi dilakukan dengan mengirimkan data dari satu simpul (*node*) ke *node* lain yang saling berdekatan dan meneruskannya ke *node* lainnya secara *multi-hop* hingga mencapai *node* tujuan, sehingga disebut juga dengan jaringan *ad hoc*. Saat *node-node* tersebut bergerak secara dinamis maka jaringan tersebut disebut dengan *ad hoc* yang bergerak. Sehingga setiap *node* tidak hanya berperan

sebagai *host*, tetapi juga berperan sebagai *router* untuk mengirimkan data menuju *node* tujuan. Proses pencarian jalur dalam pengiriman data dari sumber ke tujuan disebut *routing*.

Terdapat dua jenis *routing protocol* pada jaringan *ad hoc*, yaitu *routing protocol* proaktif dan reaktif. *VANET* yang memiliki mobilitas *node* yang tinggi, tidak cocok menggunakan *routing protocol* proaktif yang menyimpan informasi jaringan dalam bentuk tabel secara berkala sehingga menyebabkan banyaknya konsumsi *bandwidth*. *Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV)* merupakan jenis *routing protocol* reaktif yang hanya memperoleh jalur jika diperlukan saja. Konsumsi *bandwidth* tidak terlalu banyak karena protokol ini hanya melakukan pertukaran informasi *routing* secara berkala tanpa menyimpan informasi topologi jaringan.

Pada penelitian sebelumnya, membahas tentang *delay* dan *throughput* dengan *routing protocol AODV* dan *AOMDV* dari lalu lintas *VANET* menggunakan program aplikasi *NS-2*, yang mengambil *sample* kawasan jalur Jl. Soekarno-Hatta hingga Blimbing Malang, yang merupakan salah satu titik rawan kemacetan di daerah Malang.

Dalam penelitian ini, akan membahas tentang simulasi kepadatan lalu lintas jaringan *VANET* menggunakan program aplikasi *SUMO* dan menganalisa nilai *throughput*, *delay*, dan *Packet Delivery Ratio (PDR)* dengan *routing protocol AODV* yang mengambil *sample* kawasan kota Malang.

Sistem *VANET* jika diimplementasikan akan membutuhkan biaya yang sangat besar, oleh karena itu untuk mempelajari sistem *VANET*, dilakukan dengan pembuatan simulasi dan analisa kepadatan lalu lintas dengan *routing protocol AODV* menggunakan program aplikasi *MOVE*, *SUMO*, dan *NS-2*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana membangun simulasi kepadatan lalu lintas jaringan *VANET* menggunakan program aplikasi *SUMO*?
- b. Bagaimana perbandingan nilai *throughput*, *delay*, dan *PDR* dari *routing protocol AODV* terhadap jaringan *VANET* yang dirancang?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diketahui tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- a. Membuat simulasi pergerakan mengenai kepadatan jaringan *VANET* menggunakan *SUMO*.
- b. Mengamati dan menganalisa nilai *throughput*, *delay*, dan *PDR* dari *routing protocol AODV*.

### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini agar pembahasan manjadi terarah, maka diperlukan batasan-batasan dalam pembahasannya. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Membuat simulasi dan analisa kepadatan lalu lintas pada jaringan *VANET* menggunakan program aplikasi *SUMO*.
- b. *Routing protocol* yang digunakan adalah *AODV*.
- c. Parameter yang digunakan adalah *throughput*, *delay*, dan *PDR*.
- d. Pembuatan simulasi dan analisa didukung dengan program aplikasi *NS-2* dan *MOVE*.
- e. Menggunakan peta kawasan Alun-Alun Kota Malang.
- f. Tidak membahas skala peta.

### 1.5 Metodologi

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam simulasi dan analisa kepadatan lalu lintas pada jaringan *VANET* menggunakan *SUMO* adalah sebagai berikut:

---

a. Studi literatur

Pengumpulan data yang dilakukan dengan mencari bahan-bahan kepustakaan, referensi dari berbagai sumber sebagai landasan teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dijadikan objek penelitian.

b. Perancangan

Perancangan simulasi dengan menganalisa kebutuhan dan desain keseluruhan sistem.

c. Simulasi

Menerapkan dan melakukan uji simulasi terhadap desain sistem yang telah dibuat menggunakan perangkat lunak *MOVE*, *SUMO*, dan *NS-2*.

d. Analisa

Sistem yang telah dibuat melalui simulasi akan dilihat hasilnya melalui grafik yang diperoleh, lalu dianalisa sehingga didapatkan kesimpulan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini merupakan gambaran umum mengenai isi dari keseluruhan pembahasan, yang bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam mengikuti alur pembahasan yang terdapat dalam penulisan skripsi ini. Adapun sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri dari latar belakang tema skripsi, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi penjelasan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan penelitian yang dilakukan.

### **BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas tentang perancangan sistem dari simulasi yang dibuat.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

---

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari simulasi yang telah dibuat dalam pengerjaan skripsi ini.

#### **BAB V : PENUTUP**

Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan, berisi kesimpulan dan saran yang digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.

---

## BAB II

### LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai teori penunjang berkaitan dengan pengerjaan skripsi ini. Berikut ini adalah hal-hal yang akan dibahas:

1. Jaringan Nirkabel
2. Jaringan *Ad Hoc*
3. *Vehicular Ad Hoc Network (VANET)*
4. *AODV*
5. *MOVE*
6. *Simulation of Urban Mobility (SUMO)*
7. *Network Simulator (NS)*
8. *Tracegraph*
9. *Transmission Delay*
10. *Bandwidth*
11. *Throughput*
12. *Packet Delivery Ratio (PDR)*

#### 2.1 Jaringan Nirkabel (*Wireless*)

Jaringan nirkabel (*wireless*) merupakan bidang disiplin berkaitan dengan komunikasi antar sistem tanpa menggunakan media kabel (*UTP, Coaxial, maupun Fiber Optic*), namun memanfaatkan sinyal elektromagnetis. Saat ini sangat banyak yang menggunakan jaringan *wireless*. Misalkan saja layanan internet dari operator (*provider*), *Public Hot Spot* dan *Free WiFi* di sejumlah tempat-tempat publik, fitur *tethering* dan *Smartphone* untuk berbagai koneksi internet secara cepat dan mudah, koneksi *Bluetooth* dan *Infra Red* untuk transfer data, memanfaatkan *RFID (Radio Frequency IDentifier)* untuk transaksi elektronik, pemanfaatan *NFC (Near Field Communication)*, dan lain-lain [1].

Satu hal utama yang menjadi kelebihan jaringan *wireless* adalah kemudahan dan praktis. Pengguna cukup mengaktifkan fitur *wireless* pada

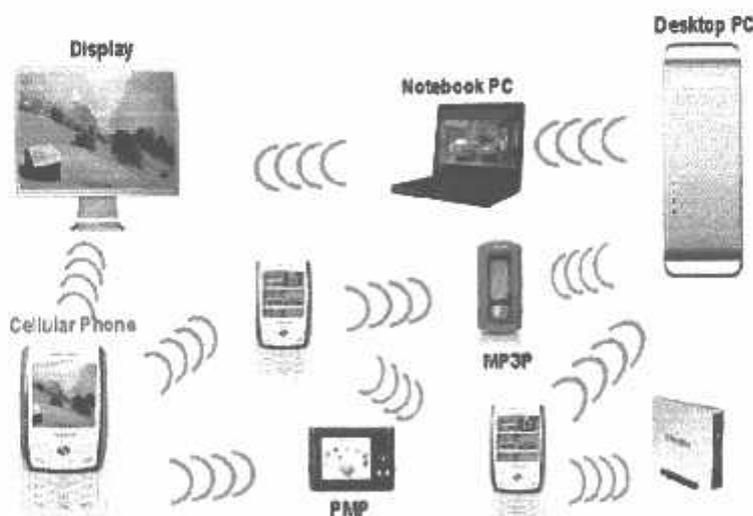
perangkat komputer atau *mobile*, lalu menghubungkan diri ke koneksi *wireless* yang ada (misalkan *Public Hot Spot*). Namun, tentu saja *wireless* menyimpan sejumlah kekurangan. Kekurangan-kekurangan tersebut antara lain [1]:

1. Ancaman interferensi dengan gelombang lainnya (misalnya dengan sinyal radio dan sinyal lainnya) yang akan mengganggu koneksi jaringan.
2. Kemungkinan untuk diserang oleh *attacker* secara *remote*.
3. Penghalang fisik berupa tembok bangunan, pepohonan, dan benda-benda lainnya yang mengganggu sinyal dengan menggunakan jaringan *wireless*.

Jaringan nirkabel dibagi menjadi beberapa macam. Berikut adalah penjelasan mengenai macam-macam jaringan nirkabel:

### 2.1.1 WPAN

*WPAN (Wireless Personal Area Network)* memungkinkan pengguna untuk membangun jaringan nirkabel (*ad hoc*) bagi perangkat sederhana, seperti *PDA*, *handphone* atau laptop. *WPAN* dapat digunakan dalam ruang operasi personal (*Personal Operating Space - POS*). *POS* merupakan ruang lingkup sekitar pengguna yang berjarak hingga 10 meter [6]. Terdapat 2 media transmisi pada *WPAN*, yaitu *Infra Red* dan *Bluetooth*. Gambar 2.1 merupakan ilustrasi *WPAN*.



**Gambar 2.1 WPAN**

(sumber: <http://4.bp.blogspot.com/-E83NnMCoA1M/UZOIPoUL4sI/AAAAAAAAARU/-wewiQa8cfo/s1600/GTGT.gif>)

*Infra Red* merupakan salah satu teknologi dan media transmisi di jaringan komputer dan telekomunikasi berupa radiasi elektromagnetik. Sebelum teknologi *Bluetooth* ditemukan, *Infra Red* digunakan secara luas sebagai media transmisi untuk pertukaran data (misalkan pada *handphone*). Adapun dalam pemanfaatannya sebagai media transmisi pada jaringan komputer, *Infra Red* memiliki sejumlah kelebihan yang ditawarkan kepada pengguna. Antara lain sebagai berikut [1]:

- a. Memudahkan di dalam proses pengiriman paket data di dalam jaringan komputer secara *wireless* tanpa memerlukan kabel jaringan dan juga tidak tergantung pada sinyal.
- b. Biaya pengiriman data memanfaatkan *Infra Red* relatif murah, bahkan gratis (dengan hanya mendekatkan perangkat yang terhubung).

Namun kekurangan-kekurangan *Infra Red* yang menyebabkan perangkat teknologi dan media transmisi ini tidak banyak lagi digunakan dan digantikan dengan *Bluetooth*, antara lain sebagai berikut [1]:

- a. Kecepatan transfer paket data dari *Infra Red* ke perangkat lainnya terbilang lambat, meski proses transfer tersebut dilakukan dengan sangat mudah.
- b. *Infra Red* harus dihubungkan secara segaris (lurus), yang mana sangat merepotkan pada kondisi-kondisi tertentu.
- c. Dilihat dari pengaruh kesehatan, meskipun *Infra Red* dapat digunakan pada bidang kesehatan, namun pengaruh *Infra Red* dapat membahayakan mata.

*Bluetooth* merupakan teknologi dan media transmisi di dalam jaringan komputer, yang dapat digunakan untuk melakukan pertukaran data dengan lebih cepat dibandingkan dengan teknologi terdahulu, yaitu *Infra Red*. Sebagai sebuah media transmisi dan teknologi jaringan yang memanfaatkan sinyal dan gelombang, maka *Bluetooth* menggunakan sebuah frekuensi di dalamnya. *frekuensi yang digunakan oleh Bluetooth adalah 2,4 GHz* [1].

---

Beberapa kelebihan yang ditawarkan oleh teknologi dan media transmisi *Bluetooth* kepada para pengguna jaringan komputer dan telekomunikasi, antara lain sebagai berikut [1]:

- a. Memiliki kecepatan transfer data yang jauh lebih cepat dan lebih baik dibandingkan *Infra Red*.
- b. Menjamin keamanan data melalui adanya proses enkripsi data.
- c. Terdapat otentikasi pengguna, di mana hanya komputer dan pengguna yang terotentikasi saja yang dapat terhubung bersama ke dalam jaringan yang dibentuk.

### 2.1.2 WLAN

*WLAN (Wireless Local Area Network)* merupakan jaringan nirkabel untuk pemakaian pribadi. *WLAN* memiliki skala jangkauan mencakup 1 KM hingga 10 KM. Umumnya *WLAN* lebih banyak diimplementasikan di dalam sebuah ruangan maupun sebuah gedung. Sebagai contoh [1]:

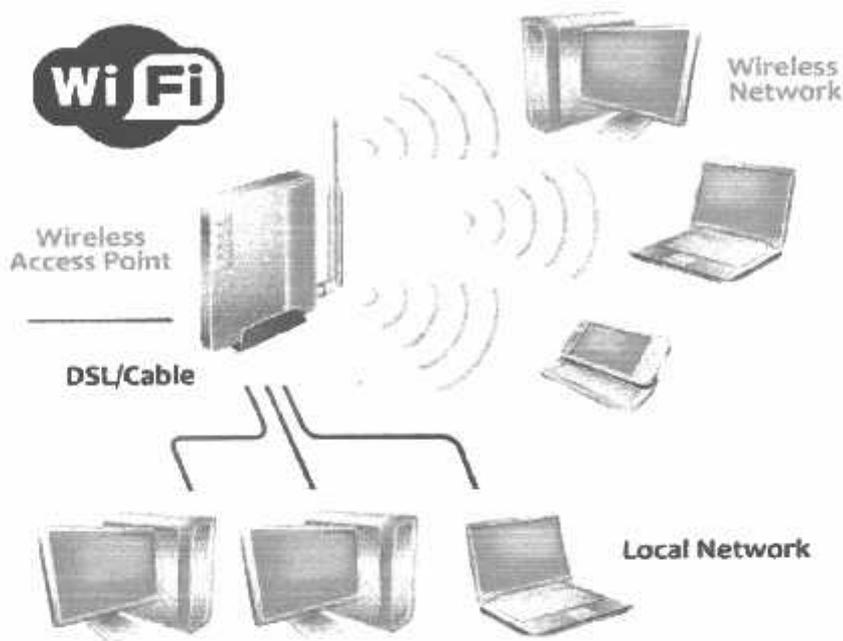
- a. Jaringan lokal di perpustakaan untuk penyediaan *repository ebook* dan layanan sistem informasi perpustakaan.
- b. Jaringan lokal pada laboratorium untuk sarana riset, penelitian, maupun pertukaran data dan informasi.
- c. Jaringan lokal pada kantor swasta, instansi pemerintahan, kampus/perguruan tinggi, sistem informasi, pertukaran data, dan lain-lain.

Jaringan *WLAN* umum juga disebut intranet. *WLAN* berbeda dengan internet. Sesuai namanya, jaringan ini bersifat privat, yaitu hanya diperuntukkan bagi pengguna di dalam internal organisasi/perusahaan/instansi/ruangan bersangkutan saja [1].

Dalam infrastruktur *WLAN*, stasiun *wireless* (seperti *network card radio* atau *modem* eksternal) terhubung ke *access point* nirkabel yang berfungsi sebagai *bridge* antara stasiun-stasiun dan *network backbone* yang ada saat itu, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 [6].

Dalam lingkungan *WLAN* yang sifatnya *peer-to-peer (ad hoc)*, beberapa pengguna dalam area yang terbatas (seperti ruang rapat), dapat membentuk suatu

jaringan sementara tanpa menggunakan *access point*, jika mereka tidak memerlukan akses ke sumber daya jaringan [6].



**Gambar 2.2** *WLAN*

(sumber: <http://www.security-faqs.com/wp-content/uploads/2009/10/WLAN-encryption.jpg> )

Pada tahun 1997, *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* menetapkan standar berkaitan dengan *WLAN*, atau yang lebih dikenal dengan *WiFi*. *WiFi* didefinisikan oleh *WiFi Alliance* ([www.wi-fi.org](http://www.wi-fi.org)) sebagai teknologi dan media transmisi di dalam jaringan komputer, khususnya *wireless*, yang berdasarkan pada standardisasi internasional *IEEE 802.11*.

*WiFi* memiliki setidaknya empat buah tipe standardisasi keamanan, yang memberikan dukugangan keaman dan privasi bagi para pengguna di dalamnya. Ketiga standardisasi keamanan pada *WiFi* tersebut meliputi [1]:

#### 1. *WEP*

*WEP (Wired Equivalent Privacy)* merupakan standardisasi keamanan paling awal yang disediakan oleh *WiFi Alliance* untuk melengkapi keamanan pada layanan teknologi dan media transmisi *WiFi*. Namun seiring dengan makin

banyaknya celah keamanan yang ditemukan di dalam *WEP*, maka pemakaian *WEP* mulai digantikan dengan *WPA*. Beberapa kelemahan dari *WEP* antara lain [1]:

- a. *WEP* masih menggunakan kunci yang bersifat statis, sehingga dengan mudah dapat dibobol (*crack*).
- b. Algoritma *RC4* yang digunakan pada *WEP* memiliki banyak kelemahan terkait dengan keamanan pada jaringan komputer.
- c. *CRC32* (*Cyclic Redundance Check*) dan *IV* (*Initialization Vector*) pada *WEP* memiliki banyak masalah di dalamnya.

## 2. *WPA*

*WPA* (*WiFi Protected Access*) merupakan standarisasi celah keamanan pada *WiFi* yang digunakan untuk menggantikan standarisasi keamanan sebelumnya, yaitu *WEP*. *WEP* dinilai memiliki banyak celah keamanan seiring dengan makin berkembangnya teknologi komputer, jaringan komputer, dan keamanan jaringan komputer [1].

## 3. *WPA PSK*

*WPA PSK* (*WiFi Protected Access Pre Shared Key*) merupakan standarisasi keamanan pada *WiFi*, di mana di dalamnya tidak diperlukan server untuk otentikasi pengguna [1].

## 4. *WPA2*

*WPA2* (*WiFi Protected Access*) versi 2 merupakan bentuk standarisasi dan perbaikan keamanan pada *WiFi* yang diberikan oleh *WiFi Alliance*, dengan menggunakan standarisasi *IEEE 802.11i*. *WPA2* menggantikan standarisasi keamanan *WiFi* untuk *WEP* dan *WPA*, seiring dengan makin banyaknya celah keamanan di dalamnya [1].

*WiFi* memiliki dukungan terhadap beragam jangkauan sinyal untuk memudahkan pengguna di dalam menggunakan layanan jaringan komputer. Terdapat empat buah variasi jangkauan *WiFi*, sesuai dengan standarisasi dukungan oleh *IEEE.80.11*. Keempat variasi tersebut meliputi [1]:

1. *WiFi* 802.11/a dengan frekuensi 5 *Ghz* dan kecepatan transfer paket data mencapai 54 *Mbps*.
2. *WiFi* 802.11/b dengan frekuensi 2,4 *Ghz* dan kecepatan transfer paket data mencapai 11 *Mbps*.
3. *WiFi* 802.11/g dengan frekuensi 2,4 *Ghz* dan kecepatan transfer paket data mencapai 54 *Mbps*.
4. *WiFi* 802.11/n dengan frekuensi 2,4 *Ghz* dan kecepatan transfer paket data mencapai 100 *Mbps*.

*WiFi* memiliki jangkauan yang terbatas yang merupakan salah satu kelemahannya. Kelemahan lain dari *WiFi* adalah rentan terhadap interferensi dengan gelombang (misalkan pohon atau gedung pembatas) [1].

### 2.1.3 *WMAN*

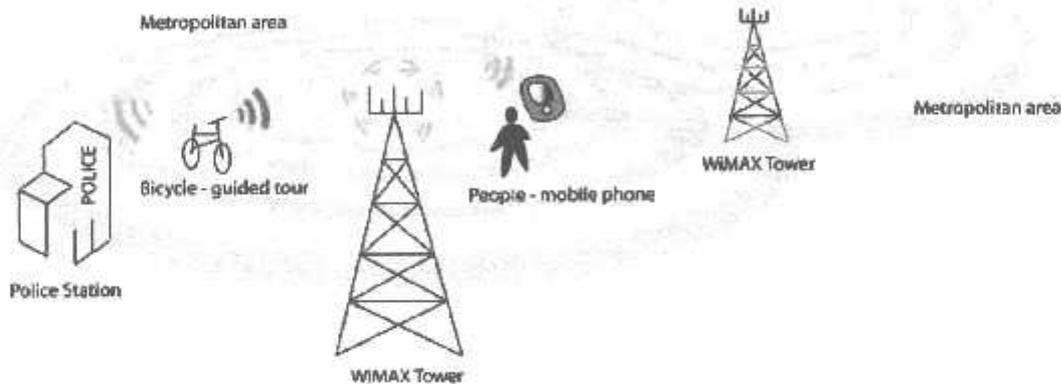
*WMAN* (*Wireless Metropolitan Area Network*) merupakan jaringan nirkabel yang memiliki cakupan area dan luas yang lebih besar dibandingkan *WLAN*. *WMAN* memiliki jangkauan antara 10 KM hingga 50 KM. Wilayah jangkauan *WMAN* dapat mencakup sebuah wilayah kota, yang di dalamnya terdapat banyak gedung dan pemukiman. Ini berarti dalam sebuah *WMAN* telah terintegrasi banyak *WLAN* yang berasal dari berbagai gedung dan pemukiman yang ada [1].

Beberapa kota, terutama yang menerapkan *Smart City*, mulai banyak yang mengimplementasikan *WMAN*. Misalkan saja di Surabaya, Denpasar, Jakarta, Bandung, serta sejumlah kota besar di Eropa, Amerika, Asia, dan Australia.

*WMAN* dapat bertindak sebagai *backup* bagi jaringan yang berbasis kabel dan akan aktif ketika jaringan yang berbasis kabel tadi mengalami gangguan. *WIMAX* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) yang merupakan salah satu standar akses nirkabel *IEEE* 802.16 banyak diminati dalam penerapan *WMAN*.

*WIMAX* merupakan salah satu media transmisi dan teknologi di dalam jaringan komputer, khususnya *wireless network*, dengan kecepatan akses yang lebih tinggi dan jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan *WiFi*. Hal

lainnya yang menjadi nilai lebih tinggi dari *WIMAX* adalah kemampuan *WIMAX* untuk dapat menyediakan koneksi meskipun dapat penghalang gelombang maupun benda fisik (misal pohon dan bangunan). Misalkan saja pada operator penyedia layanan internet, layanan *WIMAX* dapat dinikmati dengan baik melalui jangkauan alat bernama *BTS* (*Base Tranceiver Station*) yang dimiliki dan digunakan oleh *provider* bersangkutan [1], seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.3.



**Gambar 2.3 WMAN**

(sumber: [http://www.wikid.eu/images/thumb/5/51/Working\\_principle.jpg/700px-Working\\_principle.jpg](http://www.wikid.eu/images/thumb/5/51/Working_principle.jpg/700px-Working_principle.jpg))

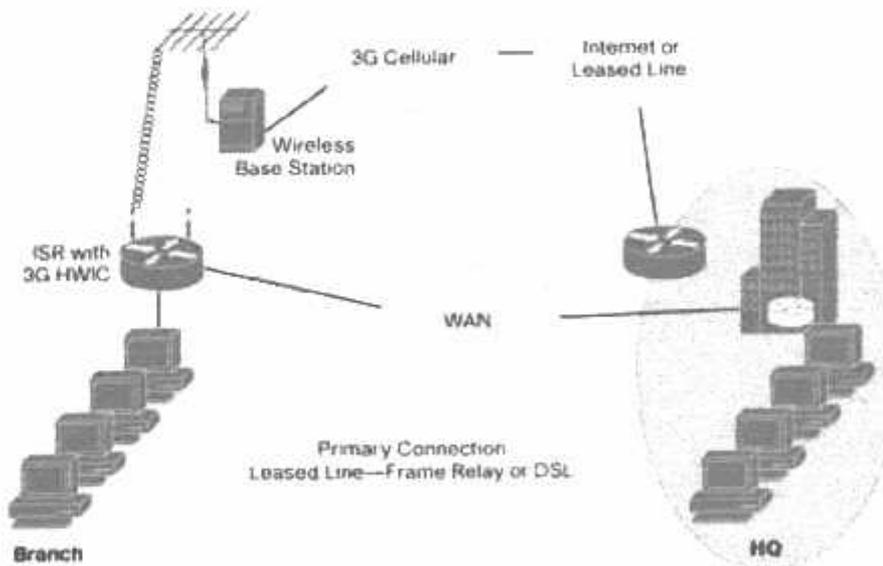
*WIMAX* merupakan jenis media transmisi dan teknologi akses internet *broadband* (akses pita lebar) [1]. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dapat melakukan koneksi dengan sangat baik, proses transfer data dengan sangat cepat, dan *WIMAX* mampu menjangkau lebih banyak ruang dibandingkan media transmisi lainnya (misalkan kabel jaringan, *Infra Red*, *Bluetooth*, dan *WiFi*). Untuk *Data Link Layer* (pada pemodelan layer di jaringan komputer), *WIMAX* mendukung *Connection Oriented*. Hal ini berarti bahwa pengguna dapat dengan mudah menikmati layanan multimedia, multimedia real time, dan peningkatan kualitas layanan pada jaringan komputer (*Quality of Service - QoS*). Hal ini secara tidak langsung telah ikut mengubah perkembangan teknologi jaringan komputer, khususnya internet, ke arah yang lebih baik lagi.

### 2.1.4 WWAN

*WWAN* (*Wireless Wide Area Network*) merupakan jaringan nirkabel yang lebih luas dari *WMAN*, dengan cakupan area seluas sebuah negara atau benua. *WWAN* terdiri atas dua atau lebih *WMAN* di dalamnya. Setiap *WMAN* tersebut terdiri atas dua atau lebih *WLAN* di dalamnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa *WWAN* merupakan gabungan dari sejumlah jaringan nirkabel yang berada dalam satu kawasan seluas sebuah negara ataupun benua. Misalkan saja *WWAN* di negara Indonesia maupun *WWAN* pada sejumlah kota besar di Australia, Eropa, Amerika Serikat, yang saling terhubung satu sama lain [1].

Bentuk komunikasi nirkabel di dalam *WWAN* memerlukan adanya perangkat penghubung, salah satunya berupa *router*. Fungsi *router* adalah membantu di dalam menentukan jalur yang akan ditempuh oleh paket data di dalam proses transmisi paket data dan komunikasi antarperangkat di dalam *WWAN* tersebut.

Teknologi *WWAN* saat ini dikenal dengan sistem *3G* (*third generation*). Inti dari sistem *3G* ini termasuk di dalamnya *GSM* (*Global System for Mobile Communications*), *CDPD* (*Cellular Digital Packet Data*) dan juga *CDMA* (*Code Division Multiple Access*). Gambar 2.4 merupakan ilustrasi penggunaan *WWAN*.

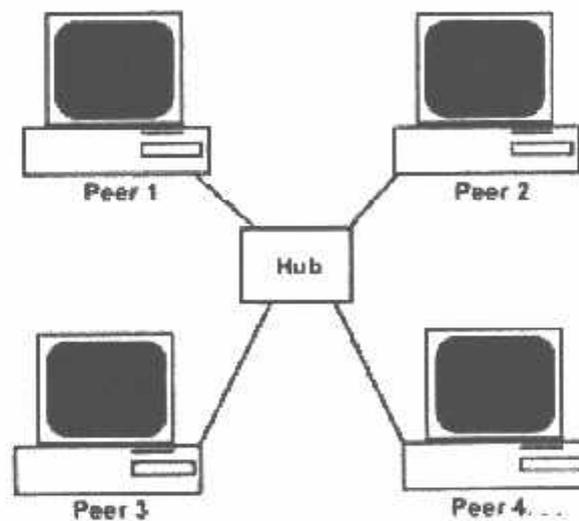


**Gambar 2.4** *WWAN*

(sumber: <http://www.spiritdatacapture.co.uk/data-capture/wwan.jpg>)

## 2.2 Jaringan Ad Hoc

Jaringan *Ad Hoc* merupakan salah satu jenis jaringan komputer yang menggunakan teknologi dan pemodelan jaringan *Peer to Peer (P2P)*. *P2P* merupakan sebuah paradigma, teknologi, dan pemodelan jaringan di mana setiap *peer* (sebutan untuk setiap komputer) saling terhubung dan saling berkontribusi di dalam penyediaan layanan dan pertukaran data. Dengan kata lain, jaringan *P2P* tidak menyediakan adanya *client* dan *server*, karena semua *peer* bertindak sebagai *client* sekaligus *server* (saling memberi dan menerima). *Client* bertugas untuk mengirimkan permintaan (*request*) ke *server*, mengakses data, menggunakan semua sumber daya (*resource*) yang disediakan oleh *server*. Sedangkan *server* bertugas untuk melayani semua permintaan dari *client*, menyediakan akses data untuk *client*, menyediakan semua sumber daya (*resource*) yang diperlukan oleh *client* (untuk dapat digunakan oleh semua *client* dari berbagai komputer yang terhubung). Semua data yang di *sharing* di dalam internal jaringan *P2P* untuk semua atau beberapa *node* yang memerlukan saja. Atau dapat juga *P2P* meminimalisir ketergantungan terhadap komputer *server* [1].



**Gambar 2.5** Paradigma *Peer to Peer (P2P)*

(sumber:

[http://www.ictknowledgebase.org.uk/uploads/RTEmagicC\\_peertopeer.gif.gif](http://www.ictknowledgebase.org.uk/uploads/RTEmagicC_peertopeer.gif.gif))

Dari gambar 2.5 di atas terlihat bahwa pada gambar paradigma *P2P*, semua *peer* (komputer) saling terhubung satu sama lain. Keterhubungan ini dalam rangka saling memberi dan menerima sumber daya (*resource*), data, file, informasi, dan akses lainnya. Hampir tidak ada yang bertindak sebagai *server*, karena setiap *peer* dapat menjadi *server* sekaligus *client* (disebut sebagai *servent*) untuk semua *peer* di dalam jaringan tersebut.

*P2P* bersifat *symmetrical*, yaitu semua *node* (*peer*/komputer) di dalam jaringan *P2P* ini memiliki kemampuan (*capability*) dan respon (*responsibility*) yang sama. Sehingga akan memudahkan di dalam saling melayani dan bertukar data, informasi, dan file satu sama lain. Pertukaran dilakukan secara langsung antar *peer*, sekaligus menjadi jembatan ke jaringan internet. Ini berarti *P2P* dapat diterapkan di internet, intranet, maupun kombinasi keduanya, dengan kebijakan yang ditaati bersama dan penyesuaian akan kebutuhan bersama [1].

### 2.3 VANET

*VANET* (*Vehicular Ad Hoc Network*) merupakan turunan dari *MANET* (*Mobile Ad Hoc Network*). Pada tahun 1990-an *IETF* (*Internet Engineering Task Force*) membentuk kelompok penelitian yang disebut *MANET* yang bertujuan untuk mengembangkan jaringan *ad hoc*. Penelitian tersebut dilakukan karena melihat perkembangan *mobile node* yang begitu pesat. *Mobile node* adalah perangkat yang terkoneksi sebagai *host*, *router*, maupun keduanya (seperti *PDA*-*Personal Digital Assistant*, ponsel, dan perangkat portabel lainnya). Dari hasil penelitian tersebut, didapatkan beberapa poin yaitu [5]:

- a. Beberapa protokol dirancang untuk memungkinkan karakteristik *mobile node* yang diinginkan.
  - b. *IEEE* mengembangkan standar 802.11 dengan modus operasional '*ad-hoc*' tertanam (*embedded*), yang dirancang untuk memungkinkan *host* dapat berperilaku seperti *router*, dinamis, dan sesuai kebutuhan.
  - c. Beberapa algoritma dikembangkan berkaitan dengan *routing*, *streaming*, dan fungsi *node* lainnya. Hasilnya adalah *node* dengan teknik konsumsi energi yang lebih baik. Sekarang, *node* dapat merespon dinamika lingkungan
-

mereka sekaligus juga mengoptimalkan energi yang dengan cara berkolaborasi dengan node lain.

*VANET* diperkenalkan sebagai kasus khusus dari *MANET*. *VANET* adalah jaringan yang terdiri dari kendaraan dan infrastruktur jalan raya. Komunikasi antarkendaraan disebut *V2V (Vehicle to Vehicle)*, sedangkan komunikasi kendaraan dengan infrastruktur jalan raya disebut *V2I (Vehicle to Infrastructure)*. Karena kendaraan bertindak sebagai *host*, *router*, maupun keduanya, setiap kendaraan dapat disebut sebagai *mobile node* [5].

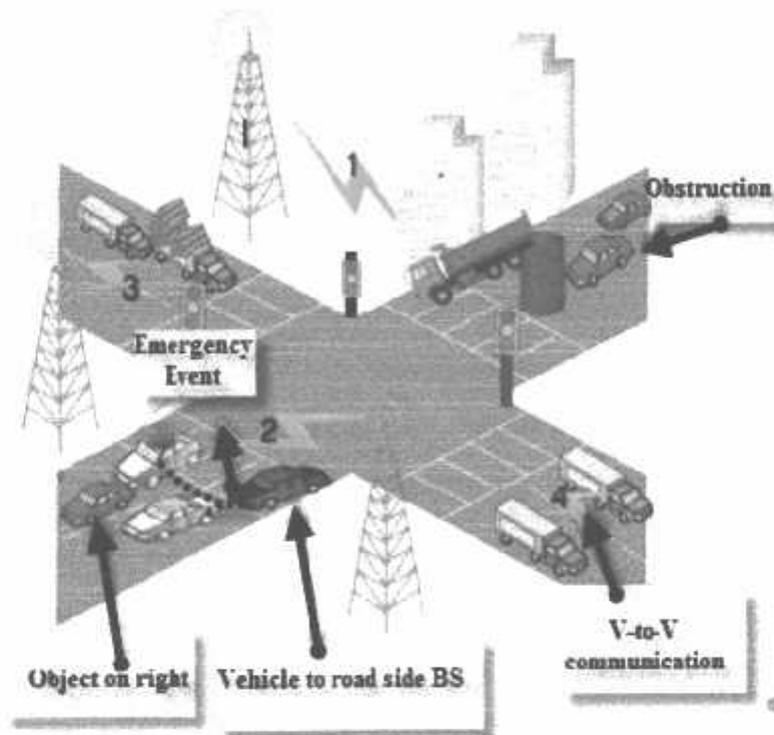
Tujuan utama *VANET* adalah mengimplementasikan keamanan dengan memanfaatkan *link* komunikasi. Hal ini diharapkan dapat mengurangi angka kematian yang diakibatkan oleh kecelakaan lalu lintas. *VANET* dapat dilihat sebagai jaringan *ad hoc* kendaraan yang membantu pengemudi dengan mengirimkan peringatan keamanan (*safety*), peringatan kemacetan, dan sumber tambahan informasi termasuk ramalan cuaca, laporan permukaan jalan, dan informasi lalu lintas [5].

*VANET* dapat dikatakan sebagai bentuk aplikasi *MANET* yang dikategorikan oleh tingginya kecepatan dan derajat mobilitas dari *node*. Gambar 2.6 merupakan ilustrasi dari *VANET*. Pertukaran data dilakukan melalui sistem komunikasi nirkabel yang terjadi antara kendaraan ketika bergerak di sepanjang jalan. Gambar 2.6 menunjukkan kendaraan dengan lampu peringatan dalam keadaan darurat, kendaraan yang menunggu untuk berpindah jalur, dan kendaraan tertunda oleh kendala [5].

*VANET* membuat kemungkinan pertukaran data oleh setiap kendaraan di jalan. Pesan bertukar dari satu kendaraan ke yang lain (seperti pada gambar) dan hampir semua kendaraan memperoleh persepsi dan informasi tentang kondisi dirinya sendiri melalui papan sensor masing-masing. Begitu komunikasi *multi-hop* dilakukan, *VANET* memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi dengan kendaraan lain yang telah pindah keluar dari jangkauan transmisi. Hal ini juga memungkinkan kendaraan untuk mengirimkan informasi melalui infrastruktur jalan raya, sehingga dapat digunakan sebagai sistem lalu lintas cerdas (*ITS* -

---

*Intelligent Transportation Systems*) yang akan meningkatkan keamanan serta kenyamanan pengendara dan penumpang kendaraan [5].



Gambar 2.6 Ilustrasi VANET [5]

Dalam aplikasinya, *VANET* menggunakan berbagai *routing protocol* sesuai dengan kebutuhan. Pada *VANET*, *routing protocol* diklasifikasikan menjadi 5 kategori, yaitu:

a. *Topology Based Routing Protocol*

*Topology Based Routing Protocol* (protokol *routing* berdasarkan topologi) merupakan protokol *routing* yang menggunakan *link* informasi yang terdapat dalam jaringan untuk melakukan pengiriman dan penerusan paket. *Topology Based Routing Protocol* dibagi menjadi 2, yaitu Proaktif dan Reaktif [4].

1. *Routing Protocol* Proaktif

*Routing protocol* proaktif adalah protokol yang menyimpan semua informasi *routing* (seperti *hop* berikutnya) pada tabel *routing* terlepas dari permintaan komunikasi. Kelebihan dari protokol ini adalah tidak perlu lagi untuk melakukan penemuan jalur saat terjadi permintaan komunikasi, karena semua

jalur telah disimpan pada tabel *routing*. Tetapi, kelemahannya adalah konsumsi *bandwidth* yang besar akibat banyaknya jalur yang tersimpan pada tabel *routing*. Contoh *routing protocol* reaktif adalah *LSR*, dan *FSR* [4].

## 2. *Routing Protocol* Reaktif

Pada reaktif *routing*, hanya membuat jalur/rute dari *node* sumber ke tujuan jika diperlukan. Protokol ini mempertahankan rute hanya selama rute tersebut digunakan, hal tersebut dilakukan untuk mengurangi konsumsi *bandwidth* pada jaringan. *Routing protocol* reaktif terdiri dari rute fase penemuan dimana paket *query* membanjiri jaringan untuk pencarian jalur dan fase ini selesai ketika rute ditemukan. Beberapa contoh *routing protocol* reaktif adalah *AODV*, *PGB*, *DSR*, dan *TORA* [4].

### b. *Position Based Routing Protocol*

*Position Based Routing Protocol* (protokol *routing* berdasarkan posisi) berbagi informasi menggunakan posisi geografis untuk memilih *hop forwarding* (langkah untuk meneruskan paket) berikutnya. Hal ini menguntungkan karena tidak ada rute global dari *node* sumber ke tujuan yang perlu dibuat dan dipelihara. Protokol ini dibagi menjadi 2 jenis yaitu *Position Based Greedy V2V Protocols* dan *Delay Tolerant Protocols* [4].

### c. *Cluster Base Routing*

Pada *cluster base routing* sekelompok *node* mengidentifikasi diri mereka sebagai bagian dari kelompok dan sebuah *node* ditunjuk sebagai ketua yang bertugas untuk menyiarkan paket kepada semua anggota kelompok tersebut. Skalabilitas yang baik dapat diberikan untuk jaringan besar, tetapi akan menimbulkan *delay* jika diterapkan pada *VANET* dengan skala besar. Contoh *cluster based routing* adalah *COIN* dan *LORA\_CBF* [4].

### d. *Broadcast Routing*

*Broadcast routing* adalah mengirimkan paket dengan cara menyebarkannya ke seluruh *node* yang terhubung melalui perangkat *VANET*. *Broadcast routing* sering digunakan dalam *VANET* untuk berbagi lalu lintas, cuaca dan keadaan darurat, kondisi jalan antara kendaraan, dan iklan maupun

pengumuman. Beberapa contoh *broadcast routing* adalah *Broadcomm*, *UMB*, *V-TRADE*, dan *DV-CAST* [4].

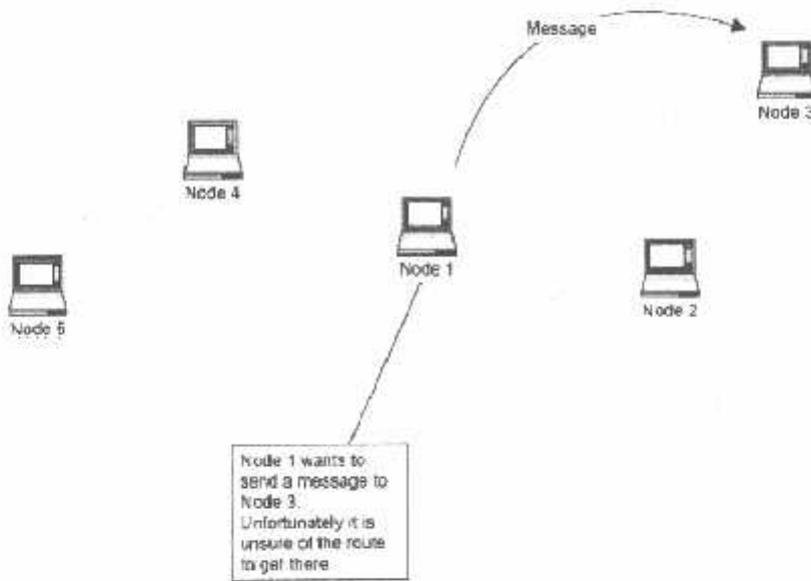
#### e. *Geo Cast Routing*

*Geo cast routing* pada dasarnya adalah *location based multicast routing* (*multicast routing* berdasarkan posisi). Tujuannya adalah mengirimkan paket dari *node* sumber ke semua *node* lain yang berada dalam suatu wilayah geografis tertentu (*Zone of Relevance - ZOR*). Dalam protokol ini, kendaraan yang berada pada zona tujuan tidak disiagakan untuk menghindari rekasi terburu-buru dari pengendara yang akan mengganggu jalannya lalu-lintas. *Geo cast routing* dianggap sebagai layanan *multicast* dalam suatu wilayah geografis tertentu. Biasanya mendefinisikan zona *forwarding* (penerusan paket) yang mengarahkan banjir paket untuk menghindari kepadatan jaringan yang disebabkan oleh penumpukan banjir paket. Pada zona tujuan, protokol ini digunakan untuk meneruskan paket. Protokol-protokol yang berdasar pada *geo cast routing* adalah *IVG*, *DG-CASTOR*, dan *DRG* [4].

## 2.4 *AODV*

*AODV (Ad Hoc On-demand Distance Vector)* adalah salah satu *routing protocol* reaktif yang memungkinkan *mobile computer*, atau *node*, untuk dapat mengirim pesan melalui *node* tetangga menuju *node* tujuan yang letaknya berjauhan yang tidak dapat berkomunikasi secara langsung. *AODV* melakukan hal ini dengan menemukan jalur dari *node* sumber menuju *node* tujuan agar dapat mengirimkan pesan, dan jalur tersebut akan dipertahankan hanya selama dibutuhkan (selama komunikasi berlangsung). *AODV* mampu memasatkan jalur-jalur yang dipilih tidak mengandung *loop* dan mencoba untuk menemukan jalur terpendek. *AODV* juga mampu menangani perubahan jalur dan dapat membuat jalur baru jika terdapat kesalahan (*error*) [3].

Gambar 2.7 menunjukkan 4 *node* dengan jaringan nirkabel. Lingkaran menggambarkan jangkauan komunikasi dari masing-masing *node*. Karena jangkauan yang terbatas, setiap *node* hanya dapat berkomunikasi dengan *node* yang berdekatan [3].



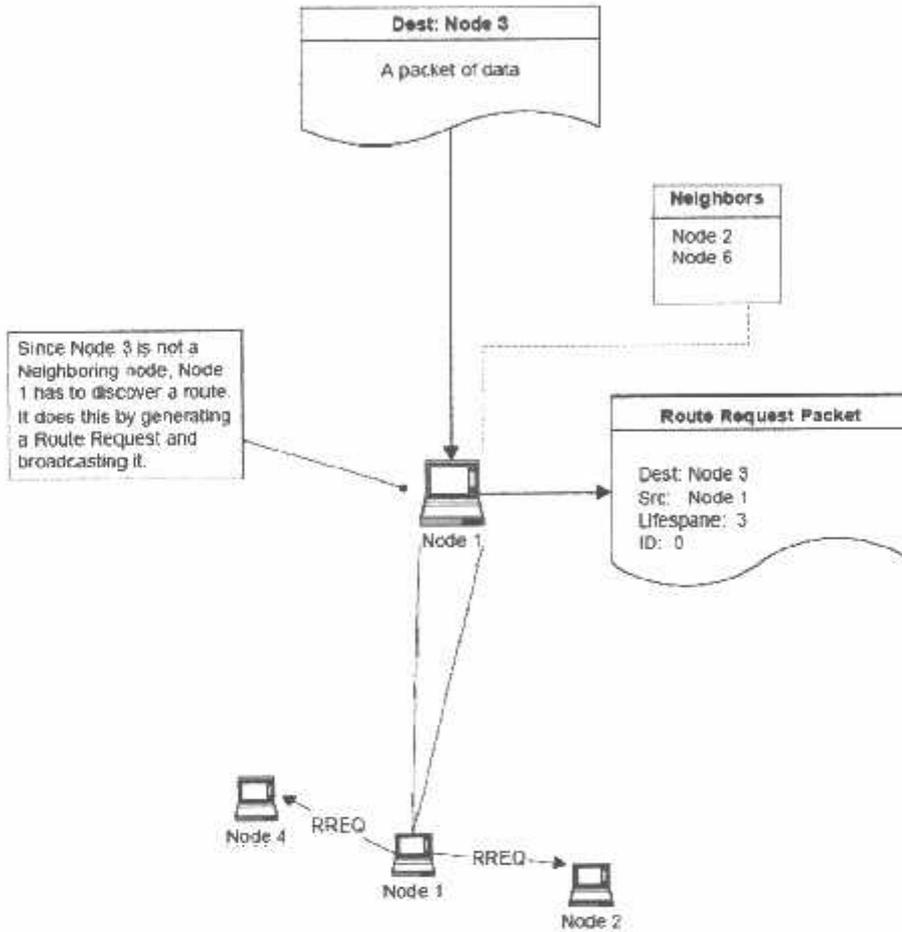
**Gambar 2.7** *Node* dengan Jaringan Nirkabel [3]

*Node* yang dapat berkomunikasi secara langsung disebut *node* tetangga. Sebuah *node* melacak *node* tetangga dengan mendengarkan pesan “HELLO” yang disiarkan oleh setiap *node* pada interval yang ditetapkan. Ketika salah satu *node* ingin mengirim pesan ke *node* lain yang bukan merupakan tetangganya, *node* tersebut menyiarkan pesan *Route Request (RREQ)* kepada *node* tetangga. Pesan *RREQ* berisi beberapa *bit* informasi : *the source* (sumber), *the destination* (tujuan), *lifespan of the message* (umur pesan), dan *Sequence Number* (nomor urutan yang berfungsi sebagai *ID* unik) [3].

Pada contoh yang ditunjukkan oleh gambar 2.8, *Node 1* ingin mengirim pesan kepada *Node 3*. Tetangga dari *Node 1* adalah *Node 2 + 4*. Karena *Node 1* tidak dapat berkomunikasi secara langsung dengan *Node 3*, *Node 1* mengirimkan *RREQ*. *RREQ* tersebut didengar oleh *Node 4* dan *Node 2* [3].

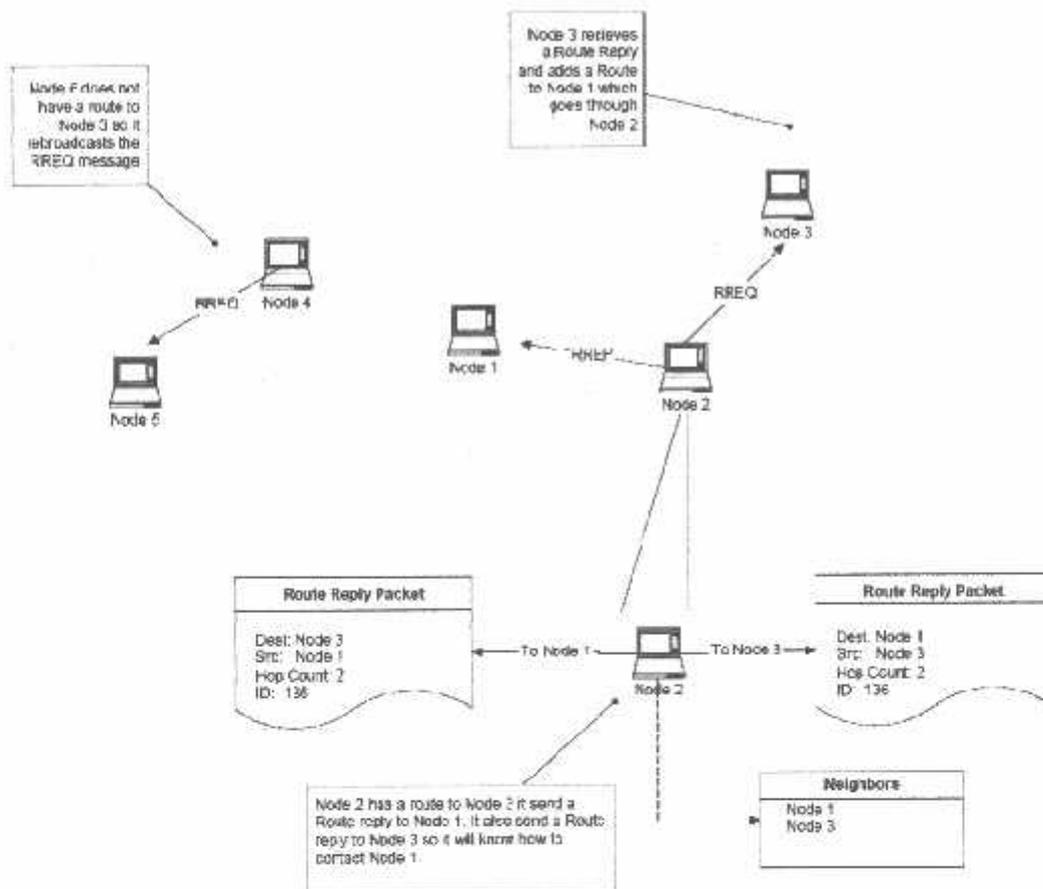
Ketika tetangga *Node 1* menerima pesan *RREQ*, mereka mempunyai 2 pilihan: jika mereka mengetahui jalur menuju *node* tujuan atau jika mereka merupakan *node* tujuan, mereka dapat mengirim pesan *Route Reply (RREP)* kembali ke *Node 1*. Namun jika sebaliknya, mereka akan menyiarkan ulang *RREQ* menuju *node* tetangga mereka. *RREQ* akan tetap disiarkan ulang hingga

mencapai batas umur pesan. Jika *Node 1* tidak menerima balasan dalam kurun waktu tertentu, pesan *RREQ* akan dikirim ulang tetapi dengan umur pesan dan nomor *ID* yang baru. Setiap *node* menggunakan nomor urut pada *RREQ* agar memastikan bahwa mereka tidak menyiarkan ulang pesan *RREQ* yang sama [3].



**Gambar 2.8** *Node 1* mengirimkan *RREQ* kepada *Node 4* dan *Node 2* [3]

Gambar 2.9 menunjukkan *Node 2* memiliki jalur menuju *Node 3* dan membalas *RREQ* dengan mengirimkan *RREP*. Di sisi yang lain, *Node 4* tidak memiliki jalur menuju *Node 3*, jadi *Node 4* menyiarkan ulang *RREQ* kepada *node* tetangganya [3].

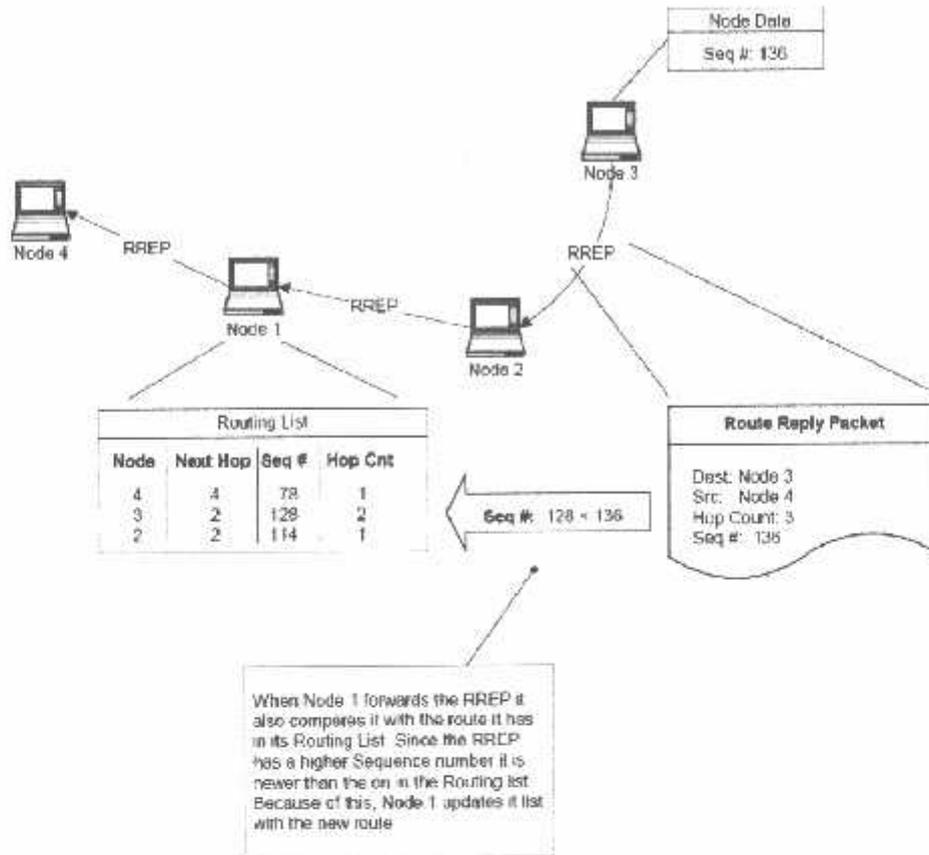


**Gambar 2.9** Node 2 Mengirim RREP kepada Node 1 [3]

### 2.4.1 Sequence Number

*Sequence number* (nomor urut) berfungsi sebagai perangka waktu. Dengan *sequence number*, setiap *node* memungkinkan untuk membandingkan seberapa “fresh” informasi yang mereka terima dari *node* lain. *Sequence number* akan bertambah setiap kali sebuah *node* mengirimkan pesan. Masing-masing *node* mencatat jumlah *sequence number* dari setiap *node* yang berkomunikasi. *Sequence number* yang lebih tinggi, menandakan jalur yang lebih “fresh”. Hal ini memungkinkan *node* mencari tahu mana informasi yang lebih akurat [3].

Gambar 2.10 menunjukkan *Node 1* meneruskan *RREP* menuju *Node 4*. Hal tersebut memberitahukan bahwa jalur yang terdapat pada *RREP* memiliki *sequence number* yang lebih besar dibandingkan dengan jalur yang tercatat pada *Routing List*. Kemudian, *Node 1* mengganti jalur yang sudah ada dengan jalur yang terdapat pada *RREP* [3].

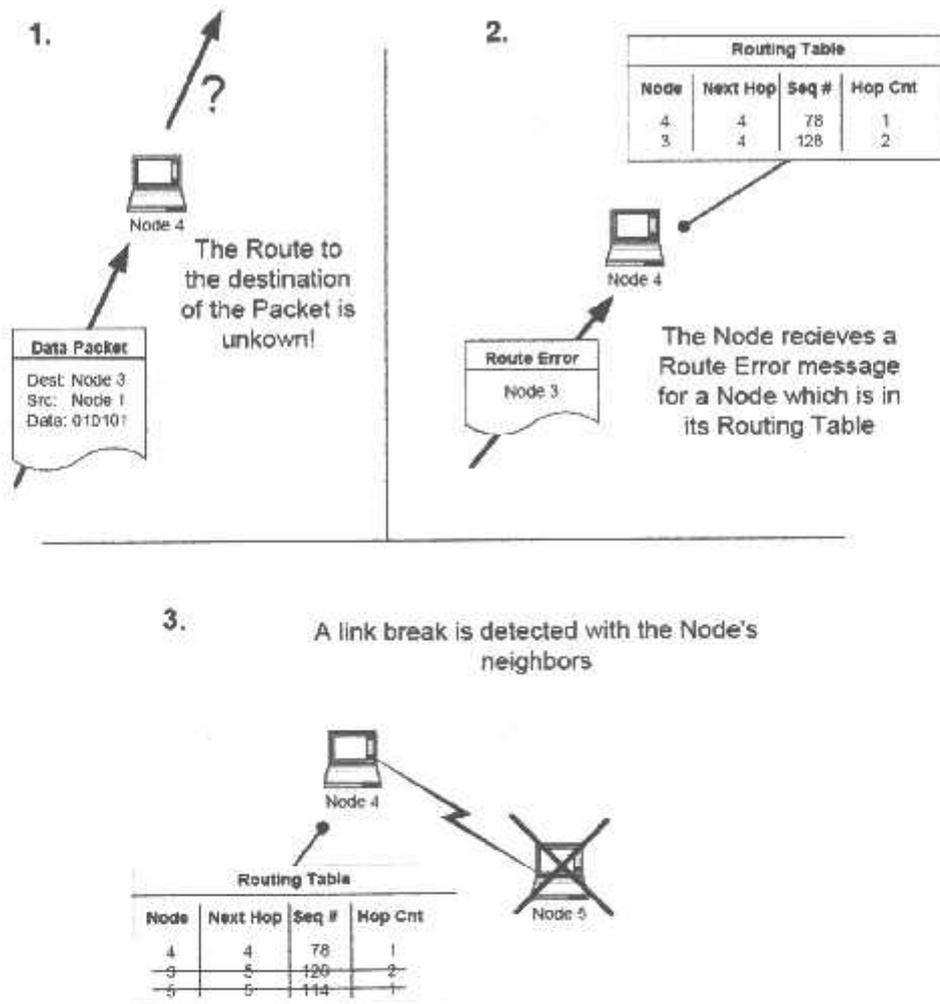


Gambar 2.10 Sequence Number [3]

### 2.4.2 Error Messages

*Route Error Message (RERR)* atau pesan kesalahan, memungkinkan AODV untuk menyesuaikan jalur saat *node* bergerak. Setiap kali *node* menerima RERR, hal itu akan terlihat pada tabel *routing* dan menghapus semua *node* yang tidak benar (tidak akurat). Gambar 2.11 mengilustrasikan 3 keadaan di mana *node* akan menyiarkan RERR kepada tetangganya [3].

Pada skenario pertama, *node* menerima paket data yang seharusnya maju tetapi tidak memiliki jalur ke tujuan. Masalah sebenarnya adalah *node* tidak memiliki jalur. Di lain pihak, masalahnya adalah bahwa beberapa *node* lain berpikir bahwa jalur tersebut sudah benar untuk tujuan adalah melalui *node* itu [3].



Gambar 2.11 Ilustrasi RERR [3]

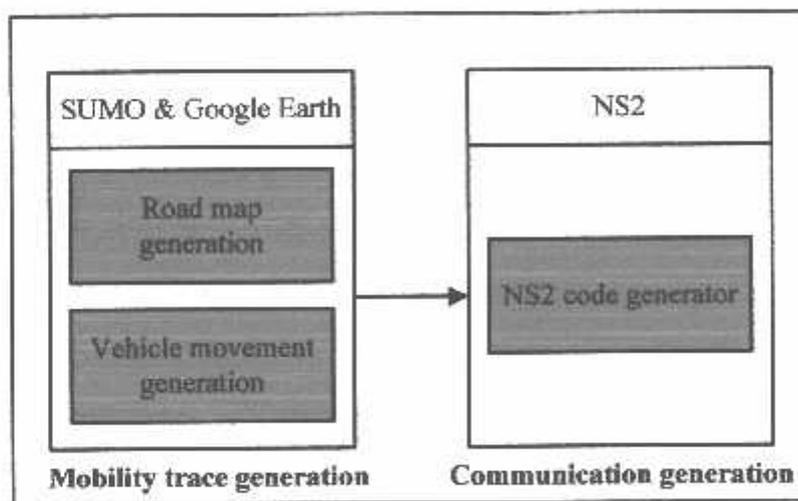
Pada skenario kedua, *node* menerima RERR yang menyebabkan setidaknya 1 jalur yang menjadi tidak *valid*. Jika itu terjadi, *node* kemudian akan mengirimkan RERR kepada semua *node* baru yang sekarang tidak terjangkau [3].

Pada skenario ketiga, *node* mendeteksi bahwa ia tidak dapat berkomunikasi dengan salah satu tetangganya. Saat ini terjadi, akan terlihat pada tabel *routing* untuk jalur yang menggunakan tetangga (yang tidak dapat berkomunikasi) untuk *hop* berikutnya dan menandai mereka sebagai tidak valid. Kemudian mengirimkan sebuah RERR menuju *node* tetangga dan rute jalur tidak valid [3].

## 2.5 MOVE

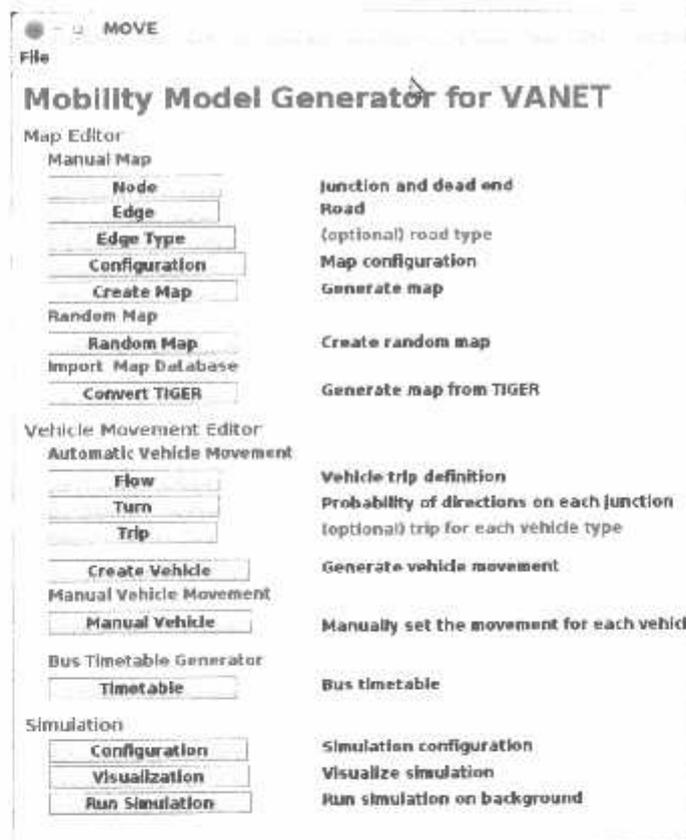
*MOVE* (*MO*bility *model* *generator* *for* *VE*hicular *network*) adalah sebuah program aplikasi yang membantu pengguna agar dengan cepat dapat menghasilkan model mobilitas yang realistis untuk simulasi *VANET*. *MOVE* dibangun di atas *SUMO*. Keluaran dari *MOVE* adalah *file trace* dari mobilitas yang berisi informasi dari gerakan kendaraan yang realistis. *File trace* yang dihasilkan dapat langsung digunakan oleh perangkat lunak *NS-2* atau *Qualnet*. Selain itu, aplikasi ini juga menyediakan *GUI* yang memungkinkan pengguna dengan cepat menghasilkan skenario simulasi realistis [2].

*MOVE* memungkinkan pengguna untuk dengan cepat menghasilkan model mobilitas *VANET* dalam dua aspek: berdasarkan peta dunia nyata yang berasal dari *database* seperti *TIGER* dan *Google Earth*, yang akan digabungkan dengan simulasi. Arsitektur *MOVE* ditampilkan pada gambar 2.12 [2].



Gambar 2.12 Arsitektur *MOVE* [2]

*MOVE* terdiri dari 2 komponen utama, yaitu *Map Editor* (editor peta) dan *Vehicle Movement Editor* (editor pergerakan kendaraan) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.13.



Gambar 2. 13 *Mobility Model Generator*

#### a. *Map Editor*

*Map editor* digunakan untuk membuat topologi jalan. Terdapat 3 cara yang berbeda untuk membuat jalan, yaitu peta dapat dibuat secara manual oleh pengguna, peta yang dihasilkan otomatis, atau diimpor dari peta dunia nyata seperti yang tersedia untuk umum yaitu *TIGER* (*Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing*) yang berasal dari biro sensus *US* [2].

Peta yang dibuat secara manual memerlukan input 2 tipe informasi, yaitu *node* dan *edge*. *Node* adalah titik tertentu pada peta, yang dapat berupa persimpangan atau jalan buntu. *Edge* adalah jalan yang menghubungkan 2 titik (*node*) pada peta. Atribut yang terkait dengan *edge* adalah batas kecepatan, jumlah jalur, prioritas jalan dan panjang jalan.

Pengguna juga dapat membuat *node* menggunakan *Google Earth*. *Google Earth* menyediakan fasilitas yang disebut "*placemark*" (penanda) yang digunakan untuk menandai setiap lokasi pada *Google Earth*. *Placemark* tersebut yang

kemudian berfungsi sebagai *node* yang dapat diintegrasikan ke dalam *MOVE* setelah *placemark* diekstrak ke dalam file yang berektensi *KML*.

Peta jalan juga dapat dihasilkan secara otomatis tanpa input dari pengguna. Tiga jenis peta acak yang tersedia adalah *grid*, *spider* (laba-laba), dan *random network* (peta acak). Terdapat beberapa parameter terkait dengan berbagai jenis *random map*, seperti jumlah *grid* dan jumlah jaring laba-laba dan lingkaran.

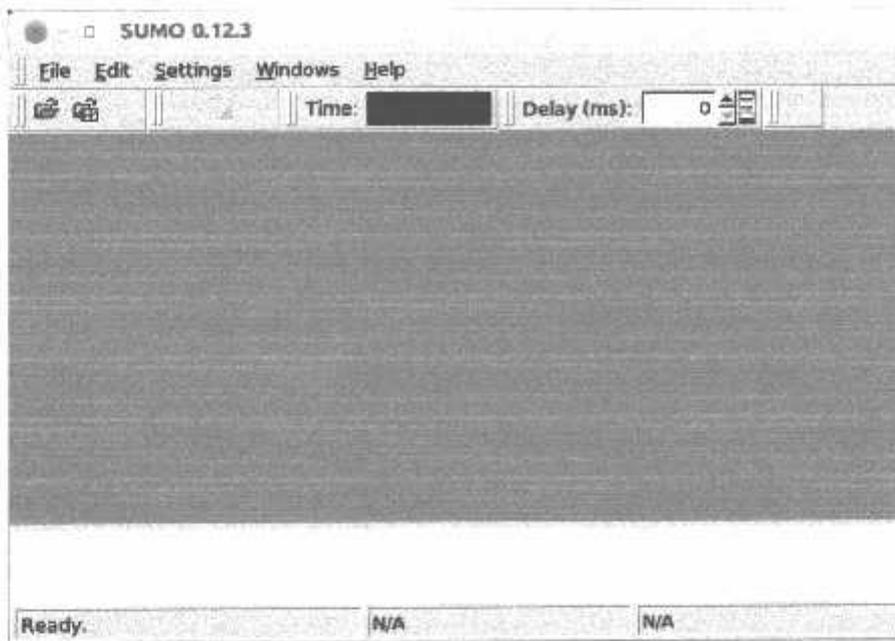
#### b. *Vehicle Movement Editor*

Pergerakan kendaraan dapat dihasilkan secara manual maupun otomatis menggunakan *Vehicle Movement Editor*. Untuk menghasilkan pergerakan kendaraan secara otomatis, yang diperlukan adalah mendefinisikan *flow* (aliran) kendaraan yang menggambarkan armada kendaraan menuju arah yang sama [2]. Parameter yang digunakan adalah *starting road* (jalan asal) dan *destination of the flow* (tujuan aliran) kendaraan, *time start* (waktu mulai) dan *end the flow* (waktu berakhir). Selain itu, pengguna *MOVE* juga dapat menentukan kemungkinan mengubah arah yang berbeda dari setiap persimpangan (misal 0,5 untuk berbelok ke kiri, 0,3 berbelok ke kanan, dan 0,2 untuk berjalan lurus).

Pengguna juga dapat menentukan perjalanan kendaraan dan rute dari masing-masing kendaraan yang akan mengambil satu perjalanan tertentu dengan menentukan sifat rute kendaraan seperti *number of vehicle* (jumlah kendaraan) di jalur tertentu, *departure* (waktu keberangkatan) kendaraan, *origin* (asal) dan *destination* (tujuan) kendaraan, (*duration*) durasi perjalanan, dan *speed* (kecepatan) kendaraan.

## 2.6 *Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

*SUMO* adalah salah satu perangkat lunak *open source*, sangat portabel, mikroskopis paket simulasi lalu lintas jalan, yang dirancang untuk menangani jaringan jalan besar. Fitur utamanya meliputi *collison free vehicle movement* (pergerakan kendaraan yang bebas tabrakan), jenis kendaraan yang berbeda, *routing* kendaraan, multi-jalur, aturan persimpangan, hirarki jenis persimpangan, sebuah antarmuka pengguna grafis *OpenGL (Graphical User Interface - GUI)*, dan *routing* dinamis [7]. Gambar 2.14 merupakan *GUI* program aplikasi *SUMO*.



**Gambar 2.14** GUI Program Aplikasi SUMO

SUMO dikembangkan pada tahun 2000 yang bertujuan untuk mengakomodasi penelitian-penelitian yang melibatkan pergerakan kendaraan di jalan raya, terutama daerah-daerah yang padat penduduk. SUMO dikembangkan kali pertama oleh *Daniel Krajzewicz*, *Eric Nikolay*, dan *Michael Behrisch* (SUMO Developer 2011).

SUMO dapat mengelola lalu lintas dalam skala besar, yaitu 10.000 jalan, dan mampu mengimpor banyak format jaringan seperti *Visum*, *VISSIM*, *ArcView*, atau *XML-Description* [7].

## 2.7 NS

NS-2 (*Network Simulator Version 2*) adalah alat simulasi jaringan yang bersifat *open source* yang banyak digunakan dalam mempelajari struktur dinamik dari jaringan komunikasi. Simulasi dari jaringan *nirkabel* dan protokol (seperti algoritma *routing*, *TCP*, dan *UDP*) dapat diselesaikan dengan baik menggunakan simulator ini [8].

NS petrama kali dibangun sebagai varian dari *real network simulator* pada tahun 1989 di *UCB (University of California Berkeley)*. Pada tahun 1995, sekelompok tim gabungan membuat sebuah perangkat lunak simulasi jaringan

internet untuk kepentingan riset interaksi antar protokol dalam konteks pengembangan protokol internet pada saat itu maupun masa yang akan datang [8].

*NS* bersifat *open source* dibawah *GPL (Gnu Public Lisence)* dan dapat *download* melalui *website NS: <http://www.isi.edu/>*. Sifat *open source* ini mengakibatkan pengembangan *NS* menjadi lebih dinamis, pemodelan media, protokol *network component* dan perilaku *traffic* yang lebih lengkap jika dibandingkan dengan *software simulator* lainnya. Hal ini yang menyebabkan *NS* digunakan oleh banyak periset dunia [8].

*NS* mensimulasikan jaringan *TCP/IP* dengan berbagai macam medianya. *Protocol* jaringan yang dapat disimulasikan diantaranya:

1. *TCP/UDP/RTP.*
2. *Traffic behaviour (FTP, Telnet, CBR, dll).*
3. *Queue management (RED, FIFO, CBQ).*
4. *Algoritma routing unicast (Distance vector, Link state) dan multicast.*
5. *PIM SM, PIM DM, DVMRP, Shared Tree dan Bi directional Shared Tree*
6. *Aplikasi multimedia yang berupa layered video*
7. *QoS video-audio dan transcoding.*

*NS* juga dapat mengimplementasikan:

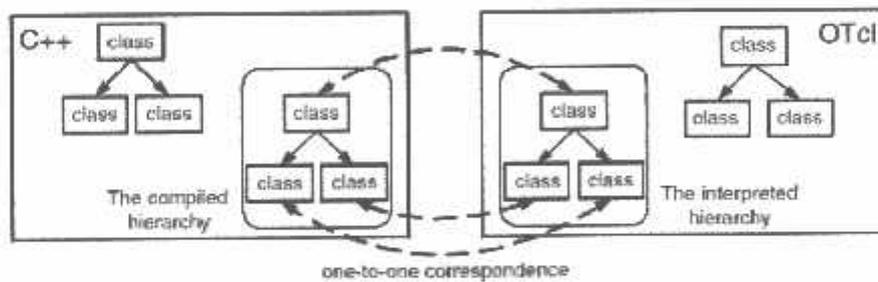
1. *MAC (IEEE 802.3, 802.11)*
2. *Media jaringan kabel (LAN, WAN, point to point)*
3. *Nirkabel (Mobile IP, Wireless LAN)*

*NS* dijalankan dengan menggunakan dua bahasa pemrograman, yaitu *C++* dan *Object-orientes Tool Command Language (OTcl)*. *C++* berfungsi dalam menangani mekanisme internal pada simulasi dengan *NS*. *OTcl* menangani interaksi langsung antara pengguna dengan *simulator* serta menangani interaksi antara objek-objek *OTcl* lainnya. *C++* dan *OTcl* saling terhubung dengan menggunakan komponen *TclCL*. Variabel-variabel pada domain *OTcl* dipetakan pada objek *C++*. Variabel ini cenderung dikenal sebagai sebuah *handle*. Secara konseptual, sebuah *handle* (misal, *n* sebagai *handle* untuk nodal) hanyalah sebuah

---

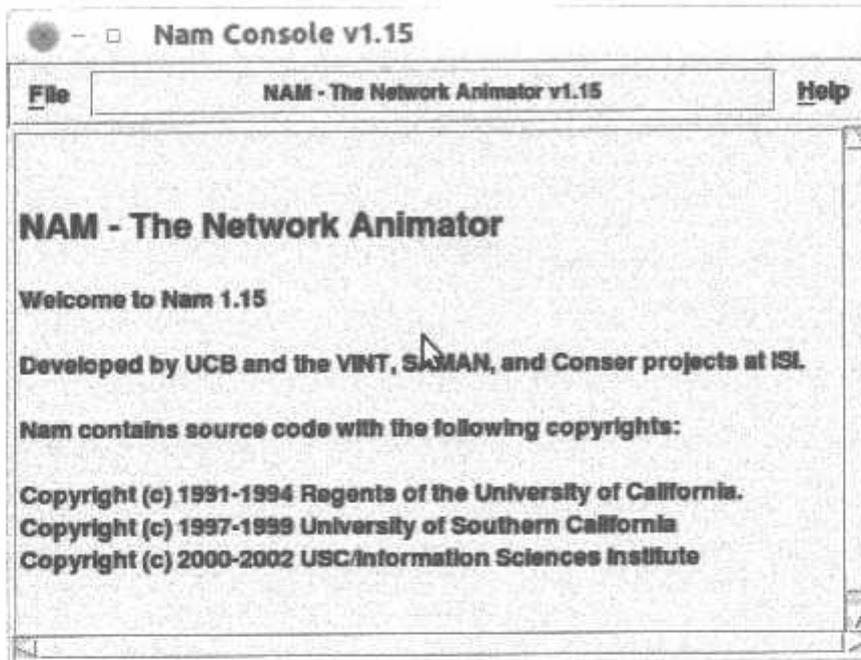
kalimat atau karakter biasa dan tidak memiliki fungsional apapun dalam domain *OTcl*. Fungsionalitas *handle* tersebut (misal, penerimaan paket) didefinisikan pada objek *C++* yang dipetakan (misal, pada kelas *Connector* pada domain *C++*). Dalam domain *OTcl*, sebuah *handle* berfungsi sebagai substansi untuk menangani interaksi *simulator* dengan pengguna, maupun interaksi dengan objek *OTcl* lainnya. Dalam melaksanakan fungsi ini, sebuah *handle* dapat mendefinisikan sendiri prosedur (*procedure*) dan variabel (*variable*) untuk memfasilitasi interaksi tersebut. Pada domain *OTcl*, *procedure* dan *variable* disebut dengan *instance procedure (instproc)* dan *instance variable (instvar)* secara berurutan [8].

Bahasa pemrograman yang digunakan dalam *NS* memiliki hierarki kelas masing-masing. Hirarki kelas dalam *NS* ini dapat berdiri sendiri dan saling terhubung menggunakan *TclCL* sebagai antarmuka penghubungnya. Terdapat dua tipe kelas untuk masing-masing domain tersebut. Tipe pertama terdiri atas kelas-kelas yang terhubung antara domain *OTcl* dan *C++*. Hirarki kelas pada *OTcl* dan *C++* tersebut secara berturut-turut disebut juga dengan *interpreted hierarchy* dan *compiled hierarchy*. Tipe kedua terdiri atas kelas-kelas *OTcl* dan *C++* yang tidak saling terhubung. Masing-masing kelas tersebut tidak termasuk *interpreted hierarchy* dan *compiled hierarchy* [8]. Gambar 2.15 menunjukkan hirarki kelas bahasa pemrograman pada *NS*.



**Gambar 2.15** Hirarki Kelas Bahasa Pemrograman pada *NS* [8]

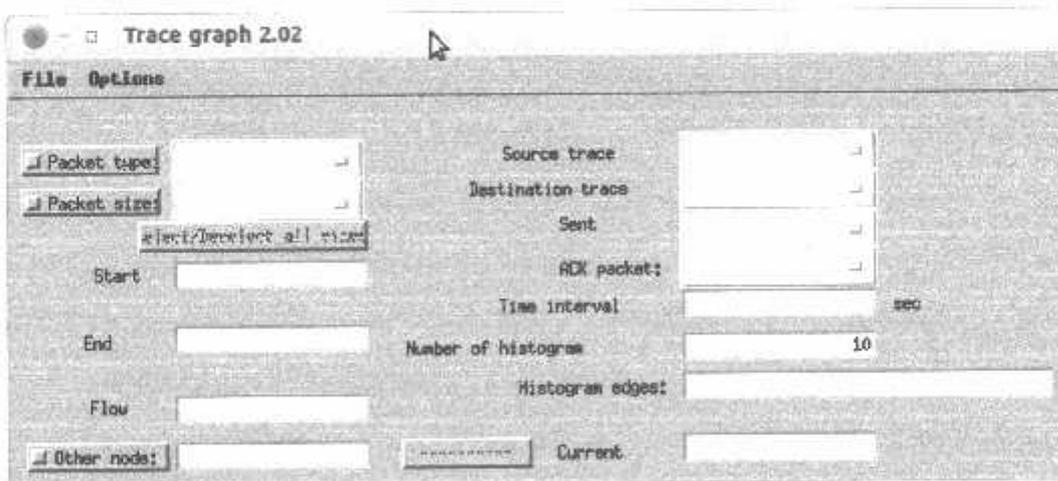
*NS* juga menyediakan *animator* yang disebut *NAM (Network Animator)* digunakan untuk menganimasikan pergerakan dari setiap *node* serta prosesnya dalam pengiriman paket maupun penyebaran sinyal dengan *node* lainnya. Gambar 2.16 merupakan *GUI* dari *NAM*.



Gambar 2.16 GUI pada NAM

## 2.8 Tracegraph

*Tracegraph* adalah sebuah program aplikasi yang dikembangkan oleh NS-2 yang berfungsi untuk menghasilkan grafik dari file berekstensi *.tr*. Program aplikasi ini bekerja di bawah Sistem Operasi *Windows*, *Linux*, *UNIX*, dan *MAC*. *Tracegraph* menyediakan GUI yang menampilkan segala informasi berkaitan dengan file *.tr* yang diproses. Gambar 2.17 merupakan GUI dari *Tracegraph*.



Gambar 2.17 GUI dari Tracegraph

Berikut adalah file *.tr* dari NS-2 yang dapat didukung oleh *Tracegraph* [9]:

1. *Wire*
2. *Satellite*
3. *Wireless (old and new trace)*
4. *New trace*
5. *Wired-wireless*

Berikut adalah macam-macam fitur yang disediakan oleh *Tracegraph* [9]:

1. 238 grafik 2D.
2. 12 grafik 3D.
3. *Delays, jitter, processing times, round trip times, grafik throughput* dan *statistic*.
4. Keseluruhan network, *link* dan grafik *node*, serta *statistic*.
5. Semua hasil dapat disimpan dalam bentuk file teks, grafik, dan dapat juga disimpan dalam format *jpeg* dan *tiff*.
6. Informasi aksis X, Y, Z : minimum, rata-rata, maksimum, standar deviasi, *median* (nilai tengah).

## 2.9 *Transmission Delay*

*Transmission delay* merupakan lamanya waktu atau keterlambatan dalam kurun waktu tertentu di dalam proses transmisi paket data dari sumber ke tujuan. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi *transmission delay* [1], yaitu:

1. Jumlah paket data yang dikirimkan (dalam *bit*).
2. Laju kecepatan pengiriman paket data (dalam *bit*) untuk setiap detik.

Sehingga dari kedua faktor tersebut, dapat dihitung nilai dari suatu *transmission delay* sebagai hasil bagi antara jumlah paket data yang dikirimkan (*bit*) dengan laju kecepatan pengiriman paket data (*bit/detik*). Semakin rendah nilai ujung ke ujung *delay* berarti semakin baik kinerja dari protokol tersebut.

## 2.10 *Bandwidth*

*Bandwidth* didefinisikan sebagai lebar pita jaringan transmisi yang menunjukkan jumlah konsumsi sumber daya untuk komunikasi data dan pertukaran paket data di dalam jaringan komputer dalam bentuk seberapa banyak paket data (dalam *bit*) yang ditransmisikan tiap detik, baik data analog maupun data digital [1].

## 2.11 *Throughput*

*Throughput* didefinisikan sebagai ukuran keberhasilan secara aktual di dalam pengiriman paket data pada jaringan komputer oleh suatu perangkat (baik perangkat keras komputer maupun perangkat lunak komputer ataupun keduanya), dilihat dari berapa banyak paket data (dalam *bit*) yang berhasil dikirimkan dalam kurun waktu satu detik. Sedangkan *bandwidth* merupakan kecepatan teoritisnya. Nilai dari *throughput* diukur dalam satuan *bps* (*bit per second*). Nilai *throughput* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{total bit yang di terima}}{\text{total waktu simulasi}} (\text{bps})$$

## 2.12 *PDR*

*PDR* (*Packet Delivery Ratio*) adalah rasio jumlah paket data yang diterima di tempat tujuan dengan jumlah total paket yang dikirim. Semakin tinggi nilai *PDR* berarti semakin baik kinerja dari protokol tersebut. Nilai *PDR* diukur dalam persentase (%). Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung *PDR*:

$$PDR = \frac{\text{total paket yang diterima}}{\text{total paket yang dikirim}} (\text{bps})$$

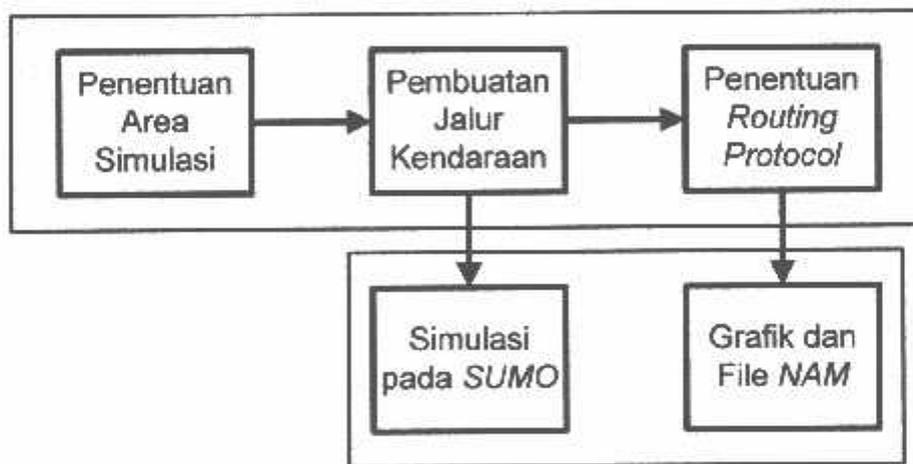
---

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi penjelasan tentang desain sistem keseluruhan yang akan dibuat. Sistem tersebut akan menampilkan simulasi kepadatan lalu lintas *VANET* yang mengambil peta kawasan Alun-Alun Kota Malang sebagai area simulasi, dengan menggunakan *routing protocol AODV*. Selanjutnya, akan dibandingkan nilai *throughput*, *delay*, dan *PDR* berdasarkan jumlah kendaraan yang melintas di area tersebut dengan menghitung jumlah rata-rata kendaraan yang melintas selama 10 detik (1000 ms) dari total pengambilan data selama 12 menit.

Dari perancangan tersebut, dapat digambarkan melalui blok diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



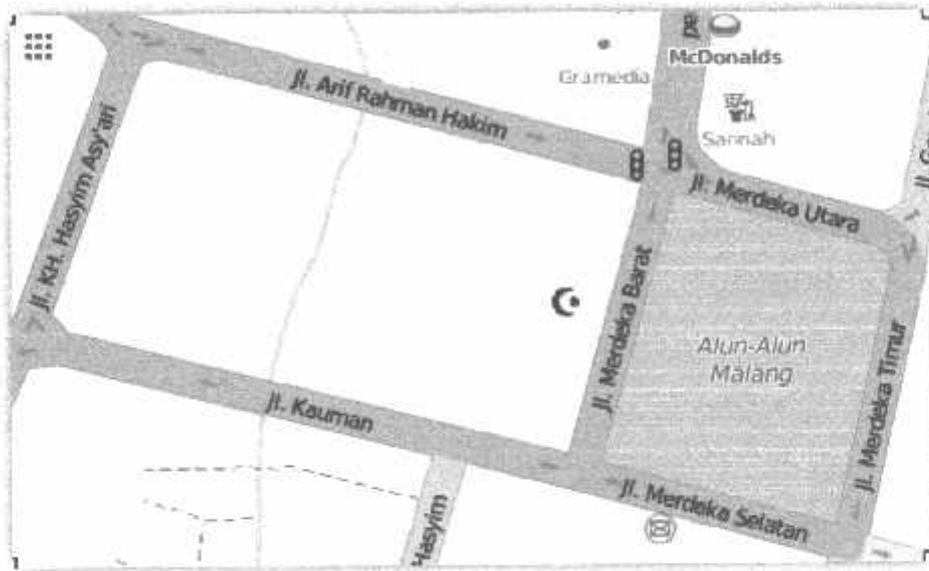
**Gambar 3.1** Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Dari blok diagram diatas, terdapat 3 tahap utama agar mampu menghasilkan simulasi lalu lintas *VANET* serta grafik *throughput*, *delay*, dan *PDR* yaitu tahap penentuan area simulasi, tahap pembuatan jalur kendaraan, dan tahap menentukan *routing protocol*.

#### 3.1 Penentuan Area Simulasi

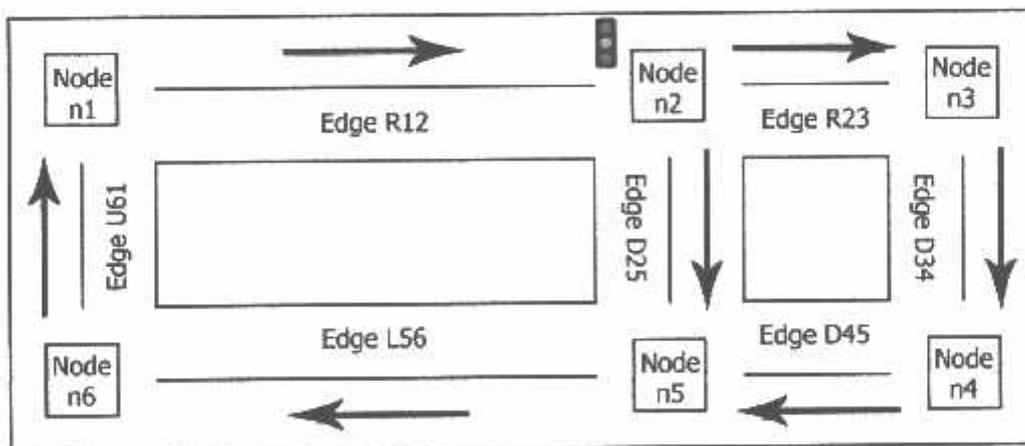
Dalam pembuatan skripsi ini, mencuplik kawasan Alun-Alun Kota Malang sebagai area simulasi. Dimulai dari Jl. Arif Rahman Hakim – Jl. Merdeka Utara –

Jl. Merdeka Barat – Jl. Merdeka Timur – Jl. Merdeka Selatan – Jl. Kauman – hingga menuju Jl. KH. Hasyim Asy'ari. Peta tersebut bersumber dari peta *OSM* yang dapat diunduh melalui <https://www.openstreetmap.org>, seperti yang terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



**Gambar 3.2** Peta *OSM* Kawasan Alun-Alun Kota Malang

Berdasarkan peta *OSM* tersebut, dapat dibentuk *node* dan *edge* sebagai area simulasi seperti pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3** *Node* dan *Edge* Area Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang

Dari hasil gambar diatas, diketahui bahwa peta kawasan Alun-Alun Kota Malang menghasilkan 6 *node* dan 7 *edge*.

### 3.2 Pembuatan Jalur Kendaraan

Jalur kendaraan dibuat menggunakan program aplikasi *MOVE*. Terdapat beberapa tahap yang dilakukan agar jalur dapat terbentuk. Gambar 3.4 merupakan blok diagram tahap-tahap pembuatan jalur kendaraan.



Gambar 3.4 Blok Diagram Pembuatan Jalur Kendaraan

#### 3.2.1 Node

*Node* adalah titik utama yang berdiri sendiri yang merupakan penghubung-penghubung utama, dalam hal ini berupa persimpangan. *Node* area simulasi yang berdasarkan peta *OSM* ditentukan menggunakan koordinat x dan y dari masing-masing *node*. Selain itu ditentukan juga apakah *node* tersebut merupakan *traffic light* atau bukan.

Dalam pengerjaan skripsi ini, menggunakan *node* dengan nama “n” sebagai inisialisasi dari “*node*”, sedangkan angka yang mengikuti huruf “n” merupakan penomoran dari *node* yang dibuat.

Tabel 3.1 merupakan rancangan *node* pada peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang.

Tabel 3.1 *Node* Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang

Nama Node	X	Y	Status
n1	100	300	-
n2	500	300	<i>Traffic Light</i>
n3	700	300	-
n4	700	100	-
n5	500	100	-

n6	100	100	-
----	-----	-----	---

### 3.2.2 Edge

*Edge* adalah kolom yang menghubungkan antara 2 titik utama (*node*), sehingga suatu *node* dapat terhubung dengan *node* lainnya. Dalam hal ini, *edge* merupakan jalan raya yang menghubungkan antarpersimpangan. Dalam pembuatan *edge* pada *VANET*, ditentukan juga jalur dan kecepatan kendaraan yang melaju pada *edge* tersebut.

Dalam pengerjaan skripsi ini, menggunakan nama *edge* dengan inisialisasi “r”, “L”, “d”, dan “u”. “r” merupakan inisialisasi dari *right* (kanan) yang berarti jalur tersebut menuju arah kanan pada peta. “L” merupakan inisialisasi dari *left* (kiri) yang berarti jalur tersebut menuju arah kiri pada peta. “d” merupakan inisialisasi dari *down* (bawah) yang berarti jalur tersebut menuju arah bawah pada peta. “u” merupakan inisialisasi dari *up* (atas) yang berarti jalur tersebut menuju arah atas pada peta. Sedangkan angka yang mengikuti huruf, merupakan perwakilan *node* asal dan *node* tujuan. Sebagai contoh *edge* r12, berarti jalur tersebut menuju arah kanan pada peta dari *node* 1 menuju *node* 2. Detail perancangan *edge* dari peta terdapat pada tabel 3.3.

**Tabel 3.2** *Edge* Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang

Nama <i>Edge</i>	<i>Node</i> Asal	<i>Node</i> Tujuan	Jumlah Jalur	Kecepatan (km/jam)
r12	n1	n2	2	40
r23	n2	n3	2	40
d34	n3	n4	2	40
l45	n4	n5	2	40
l56	n5	n6	2	40
u61	n6	n1	2	40
d25	n4	n5	2	40

### 3.2.3 Flow

*Flow* (aliran) merupakan jalur yang didefinisikan untuk melewati *edge* dan *node*, dalam hal ini merupakan aliran kendaraan yang melintasi jalur pada peta.

Sehingga, kepadatan lalu lintas dapat diatur sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Dalam pengerjaan skripsi ini, menggunakan *flow* dengan nama “f” sebagai inisialisasi dari “*flow*”, sedangkan angka yang mengikuti huruf “f” merupakan penomoran dari *flow* yang dibuat.

Rincian *flow* kendaraan dari masing-masing pencuplikan waktu dijelaskan pada tabel-tabel berikut.

**Tabel 3.3** *Flow* Peta pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan

Nama <i>Flow</i>	<i>Edge</i> Asal	<i>Edge</i> Tujuan	Awal Simulasi (ms)	Akhir Simulasi (ms)	Jumlah Kendaraan
f0	r12	u61	0	1000	11
f1	d34	r12	0	1000	2
f2	d25	r23	0	1000	4

**Tabel 3.4** *Flow* Peta pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan

Nama <i>Flow</i>	<i>Edge</i> Asal	<i>Edge</i> Tujuan	Awal Simulasi (ms)	Akhir Simulasi (ms)	Jumlah Kendaraan
f0	r12	u61	0	1000	11
f1	d34	r12	0	1000	1
f2	d25	r23	0	1000	5

**Tabel 3.5** *Flow* Peta pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan

Nama <i>Flow</i>	<i>Edge</i> Asal	<i>Edge</i> Tujuan	Awal Simulasi (ms)	Akhir Simulasi (ms)	Jumlah Kendaraan
f0	r12	u61	0	1000	11
f1	d34	r12	0	1000	1
f2	d25	r23	0	1000	4

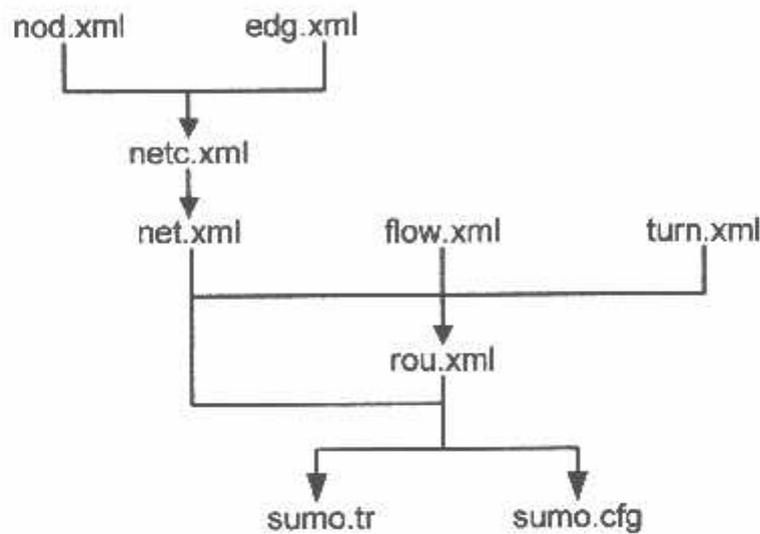
### 3.2.4 *Turn*

*Turn* (belok) merupakan persentase jumlah kendaraan yang berbelok pada suatu jalur yang terdapat persimpangan selama simulasi berlangsung. Tabel 3.6 merupakan perincian *turn* kendaraan dari masing-masing peta.

Tabel 3.6 *Turn* pada Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang

Edge Asal	Edge Tujuan	Persentase (%)	Awal Simulasi (ms)	Akhir Simulasi (ms)
r12	d35	20	0	1000
	r23	80	0	1000

File yang dihasilkan dari tahap-tahap tersebut di disinkronisasi agar dapat menghasilkan ekstensi file akhir yang diharapkan. Gambar 3.5 menunjukkan urutan ekstensi file yang dihasilkan dari setiap tahapnya.



Gambar 3.5 Urutan Ekstensi File yang Terbentuk

Dari beberapa tahap diatas, dapat dihasilkan file berekstensi *sumo.cfg* yang dapat dijalankan pada program aplikasi *SUMO* untuk menampilkan simulasi kendaraan pada peta yang telah dibuat.

### 3.3 Penentuan *Routing Protocol*

Untuk mengatur *routing protocol* pada *VANET* yang dibuat juga menggunakan program aplikasi *MOVE*. Dalam hal ini, dibutuhkan file berekstensi *.tr* dan *net.xml* agar dapat ditetapkan *routing protocol* yang digunakan. Gambar 3.6 adalah diagram alir dalam menentukan *routing protocol*.



**Gambar 3.6** Diagram Alir Menentukan *Routing Protocol*

Dari pergerakan kendaraan yang ditampilkan dalam simulasi pada *SUMO*, menghasilkan *flow* setiap kendaraan yang bergerak. Saat menetapkan *routing protocol*, ditentukan juga *flow* kendaraan mana saja yang akan saling berkomunikasi, sehingga nantinya pada *simulator NAM* akan terlihat proses pertukaran data antara 2 atau lebih *flow* yang telah diatur.

Terdapat 2 pilihan tipe paket data yang digunakan yaitu, *TCP* dan *UDP*. Dalam pembuatan skripsi ini, menggunakan tipe paket data *TCP* dan *routing protocol AODV*.

File berekstensi *.tcl* yang dihasilkan selanjutnya disinkronisasi. Hal tersebut bertujuan agar file berekstensi *.nam* yang dihasilkan dapat dijalankan pada *simulator NAM*, dan file berekstensi *.tr* dapat dijalankan pada program aplikasi *Tracegraph* sehingga didapatkan grafik yang diinginkan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang diperoleh berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Tujuan dari dilakukannya pengujian adalah mengetahui apakah simulasi yang telah dibuat membrikan hasil yang sesuai dengan perencanaan atau tidak. Berikut adalah 3 tahap pengujian yang dilakukan:

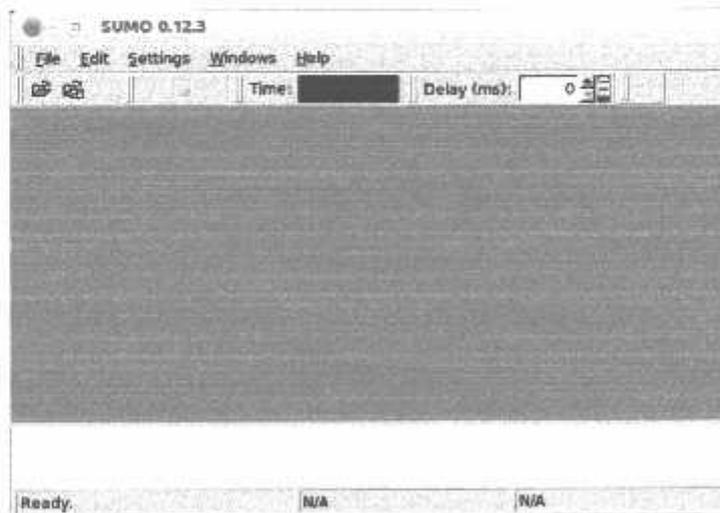
1. Pengujian jalur lalu lintas dan simulasi *VANET* menggunakan program aplikasi *SUMO*.
2. Pengujian simulasi *VANET* pada *simulator NAM*.
3. Pengujian masing-masing simulasi terhadap *routing protocol AODV*.

#### 4.1 Pengujian Jalur Lalu Lintas dan Simulasi *VANET* Menggunakan Program Aplikasi *SUMO*

Dari perancangan yang telah dibuat pada *MOVE*, maka terbentuklah jalur lalu lintas yang dapat ditampilkan pada *SUMO*. Langkah untuk menampilkan *GUI* (*Graphical User Interface*) pada program aplikasi *SUMO* dengan cara masuk ke direktori *SUMO* melalui terminal, lalu ketik:

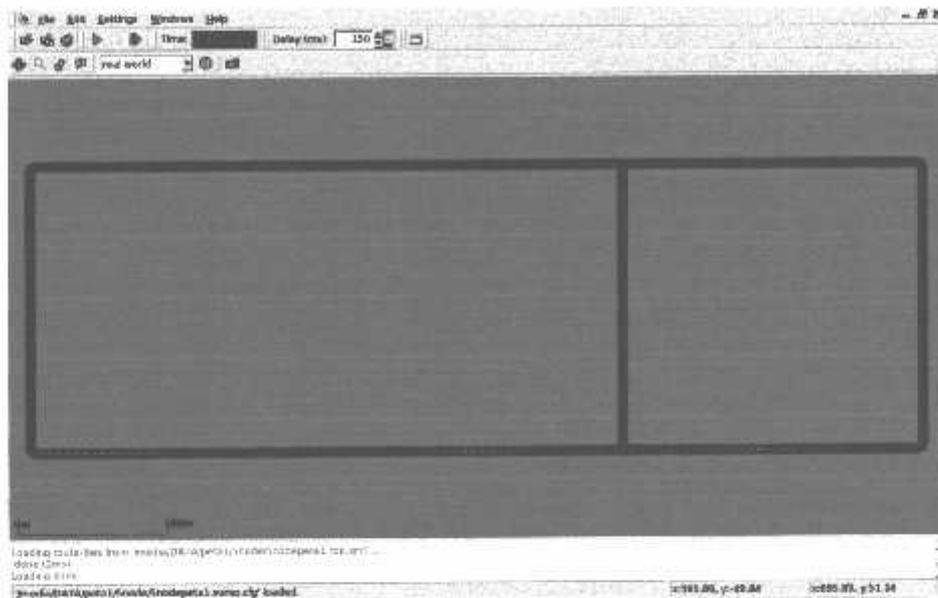
```
gui-SUMO
```

Lalu muncul tampilan *GUI* dari *SUMO* seperti pada gambar 4.1.



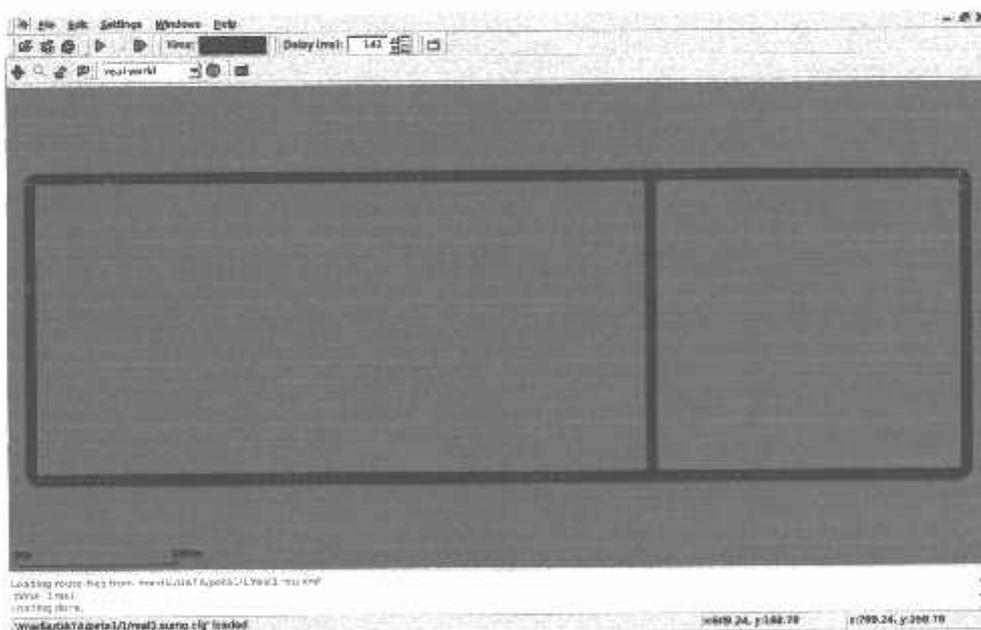
**Gambar 4.1** *GUI* pada *SUMO*

Setelah membuka file peta, maka akan terlihat jalur lalu lintas yang telah dirancang. Gambar 4.2 merupakan jalur lalu lintas kawasan Alun-Alun Kota Malang yang sesuai dengan perancangan (lihat Gambar 3.2 dan Gambar 3.3).

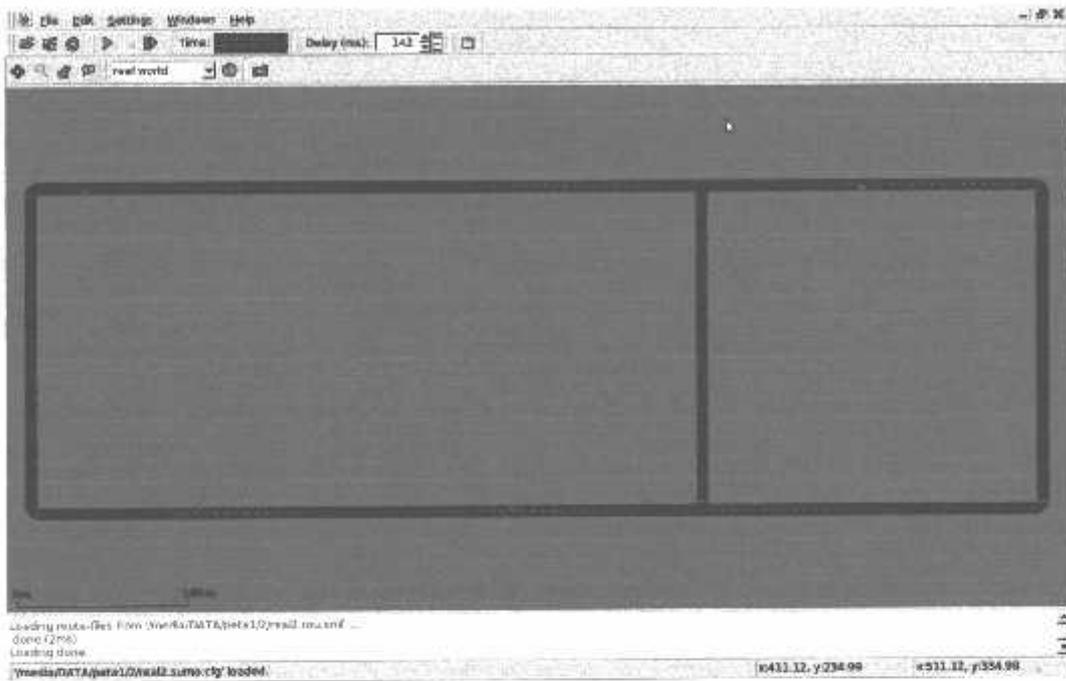


**Gambar 4.2** Jalur Lalu Lintas Simulasi Kawasan Alun-Alun Kota Malang

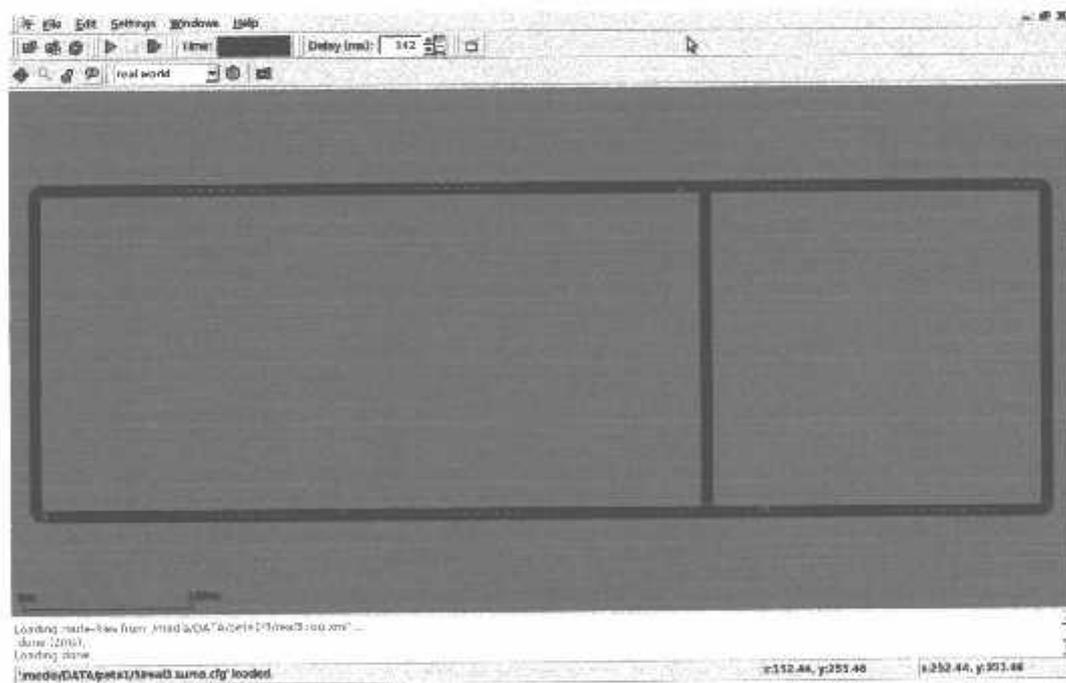
Dari jalur lalu lintas peta tersebut, simulasi *VANET* dapat dijalankan seperti pada gambar-gambar berikut.



**Gambar 4.3** Simulasi *VANET* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan pada *SUMO*



**Gambar 4.4** Simulasi *VANET* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan pada *SUMO*



**Gambar 4.5** Simulasi *VANET* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan pada *SUMO*

### 4.1.1 Analisa Hasil Pengujian

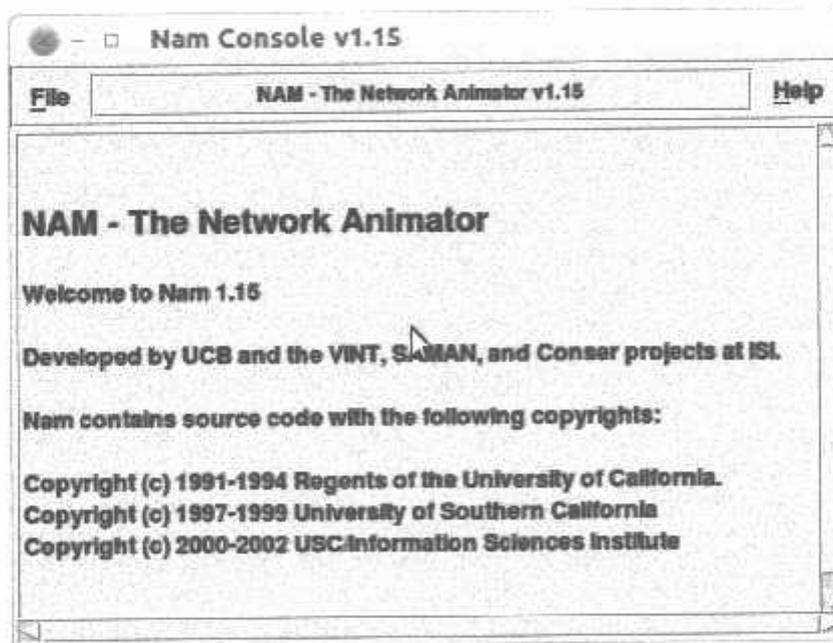
Dari hasil pengujian pada pembuatan jalur lalu lintas simulasi dari peta kawasan Alun-Alun Kota Malang, jalur yang terbentuk pada program aplikasi *SUMO* telah berhasil dan sesuai dengan perancangan. Kendaraan yang berupa mobil juga telah berhasil disimulasikan sesuai dengan jumlah kendaraan yang diatur dan berjalan sesuai dengan alur yang telah ditentukan.

### 4.2 Pengujian Simulasi *VANET* pada *Simulator NAM*

Setelah menentukan *routing protocol* dan *flow* kendaraan yang saling berkomunikasi, akan terbentuk file berekstensi *.nam* yang akan dijalankan pada *simulator NAM*, sehingga akan terlihat proses pengiriman data pada setiap *node*. Untuk membuka file *.nam*, masuk ke direktori tempat penyimpanan file *.nam* melalui terminal, lalu ketik:

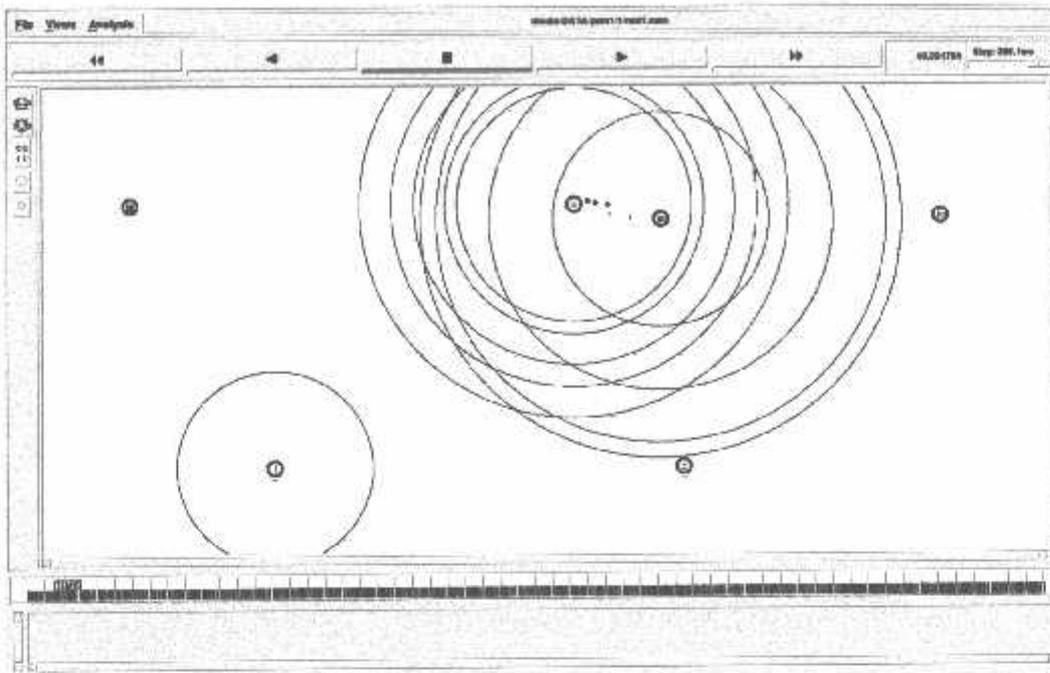
```
nam namafile.nam
```

Akan muncul *GUI simulator NAM* seperti pada gambar 4.6.

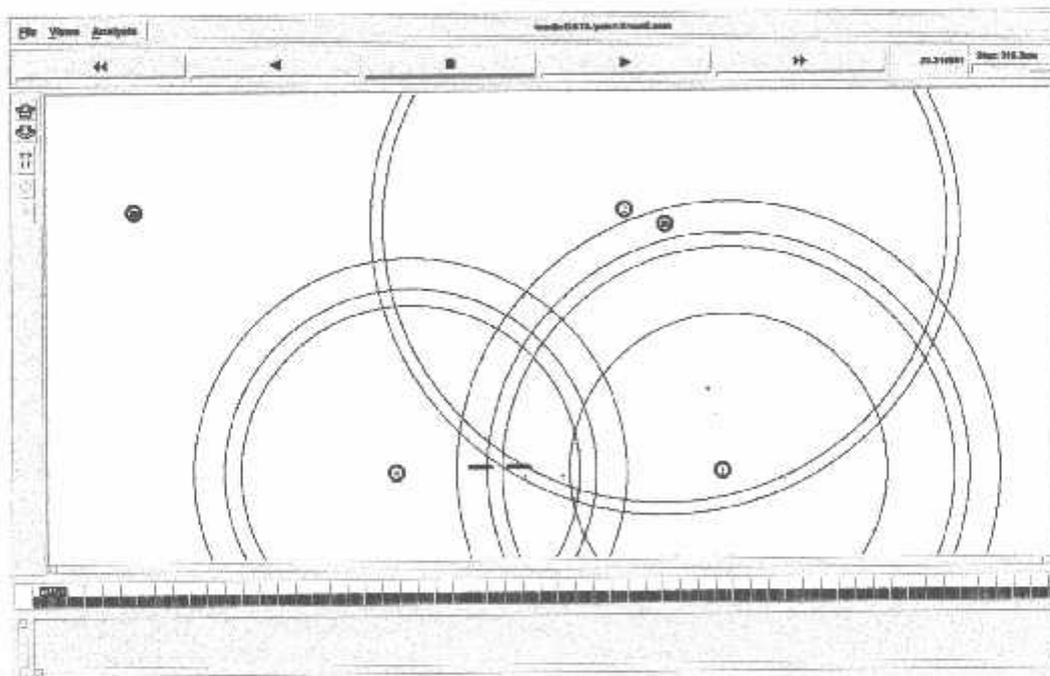


Gambar 4.6 *GUI simulator NAM*

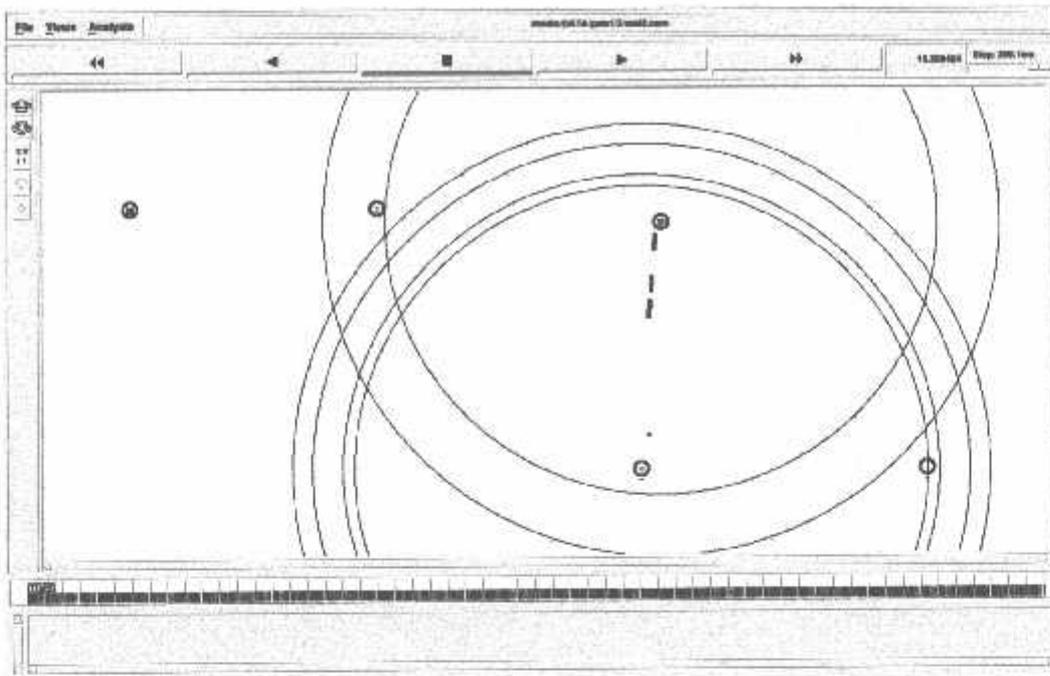
Setelah membuka file *.nam*, maka akan terlihat simulasi pengiriman data oleh setiap *node* (kendaraan) yang bergerak. Berikut adalah gambar-gambar simulasi *VANET* pada *simulator NAM* dari masing-masing percobaan.



**Gambar 4.7** Simulasi *VANET* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan pada *NAM*



**Gambar 4.8** Simulasi *VANET* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan pada *NAM*



**Gambar 4.9** Simulasi *VANET* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan pada *NAM*

#### 4.2.1 Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian pada file *.nam* yang terbentuk dari setiap simulasi, simulasi *VANET* telah berjalan dengan baik pada *simulator NAM*. *Node* (kendaraan) bergerak sesuai dengan simulasi yang dijalankan pada program aplikasi *SUMO*.

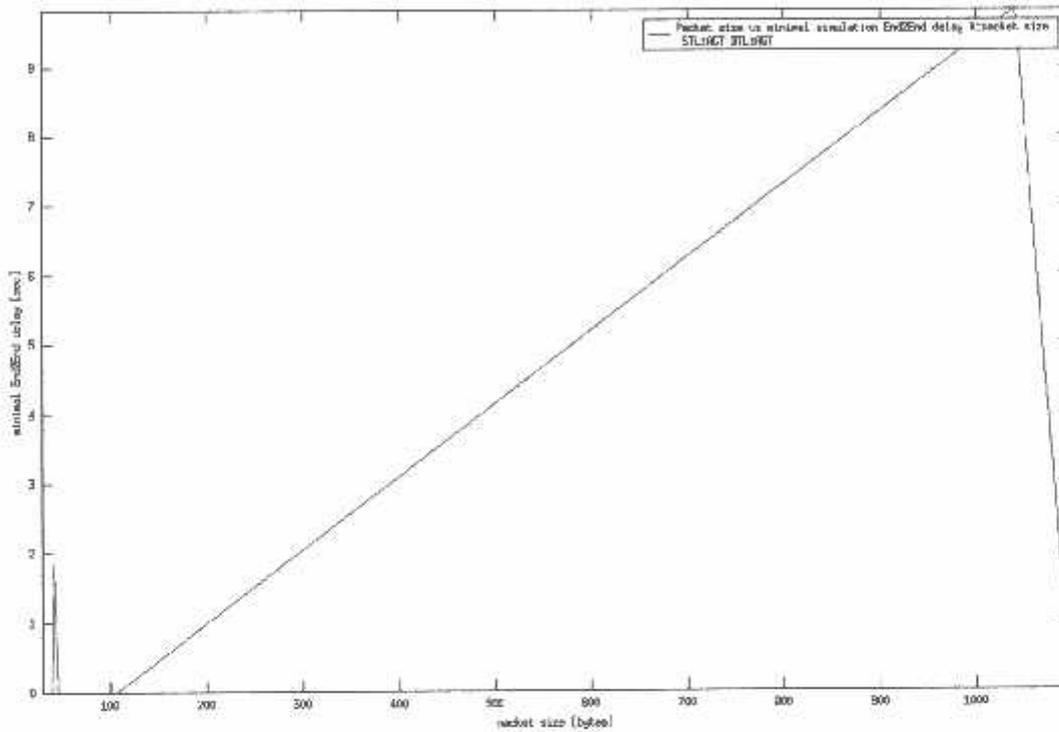
Kendaraan yang terbentuk akan memancarkan sinyal untuk mengirimkan data kepada kendaraan lain yang dituju dengan menumpangkan sinyal melalui kendaraan lain yang melintas, sehingga data dapat sampai ke kendaraan tujuan. Semakin banyak kendaraan yang melintas, semakin banyak pula sinyal-sinyal yang dihasilkan dari setiap kendaraan.

#### 4.3 Pengujian Simulasi terhadap *Routing Protocol AODV*

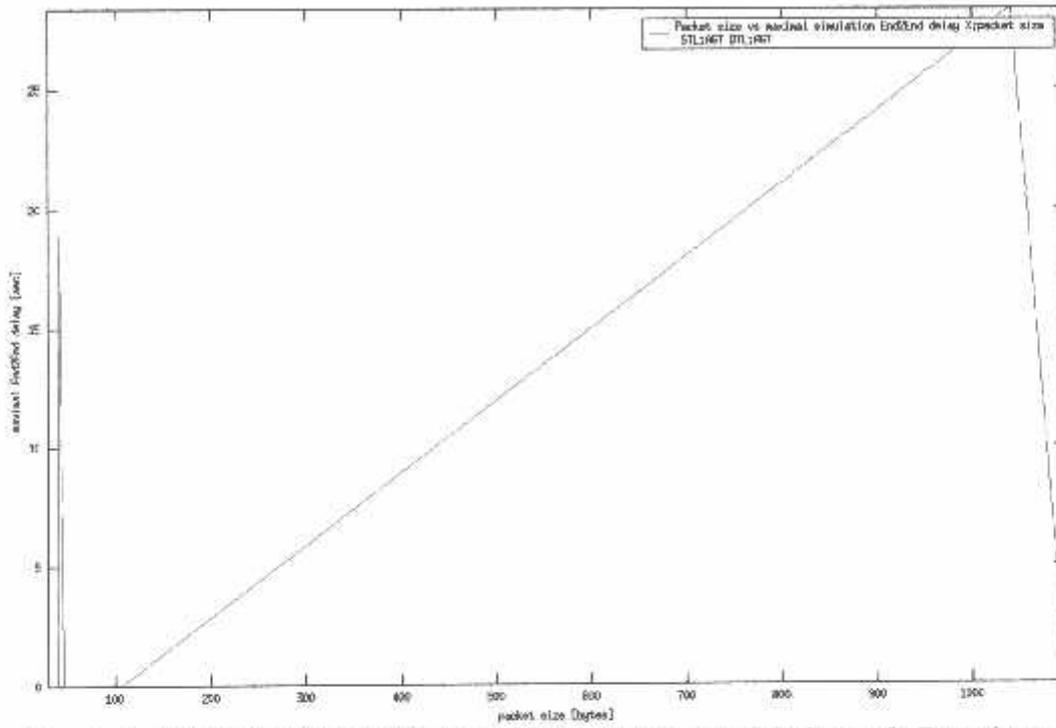
Pengujian simulasi terhadap *routing protocol AODV* bertujuan untuk mendapatkan nilai *delay*, *throughput* dan *PDR*. Nilai-nilai tersebut selanjutnya akan dibandingkan untuk melihat performansi *VANET* jika diterapkan pada kawasan Alun-Alun Kota Malang.

Pengujian *routing protocol AODV* dilakukan menggunakan program aplikasi *Tracegraph*. Untuk memperoleh nilai dan grafik, dibutuhkan file berekstensi *.tr* dari setiap simulasi.

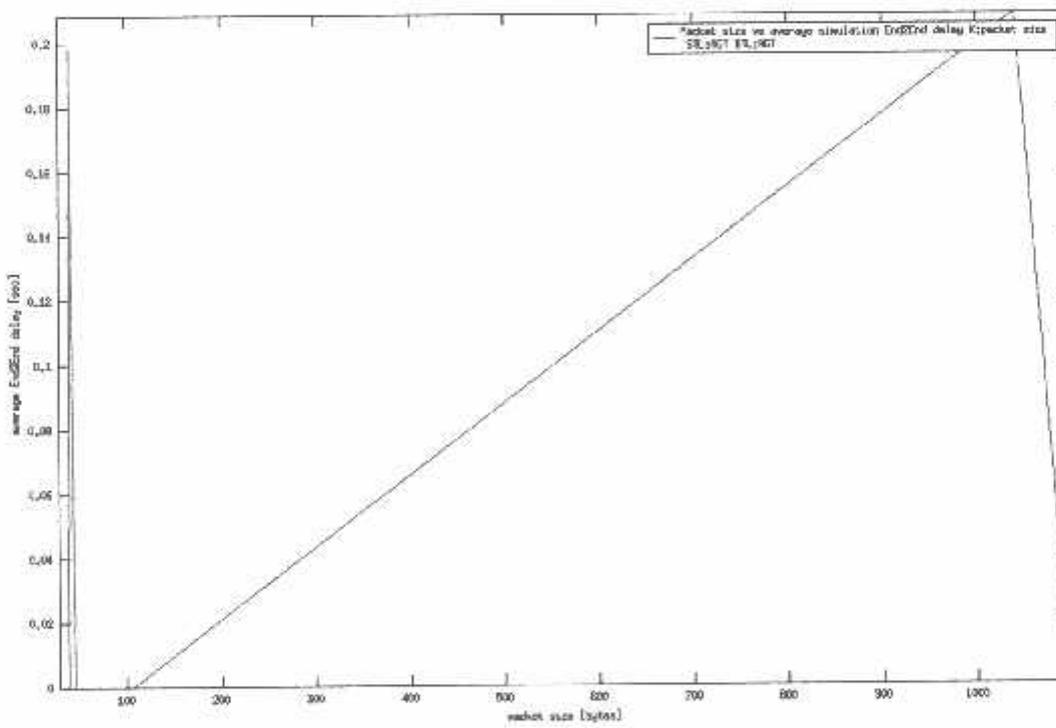
Berikut adalah gambar dari grafik-grafik *delay* dan *throughput* yang dihasilkan dari simulasi peta kawasan Alun-Alun Kota Malang:



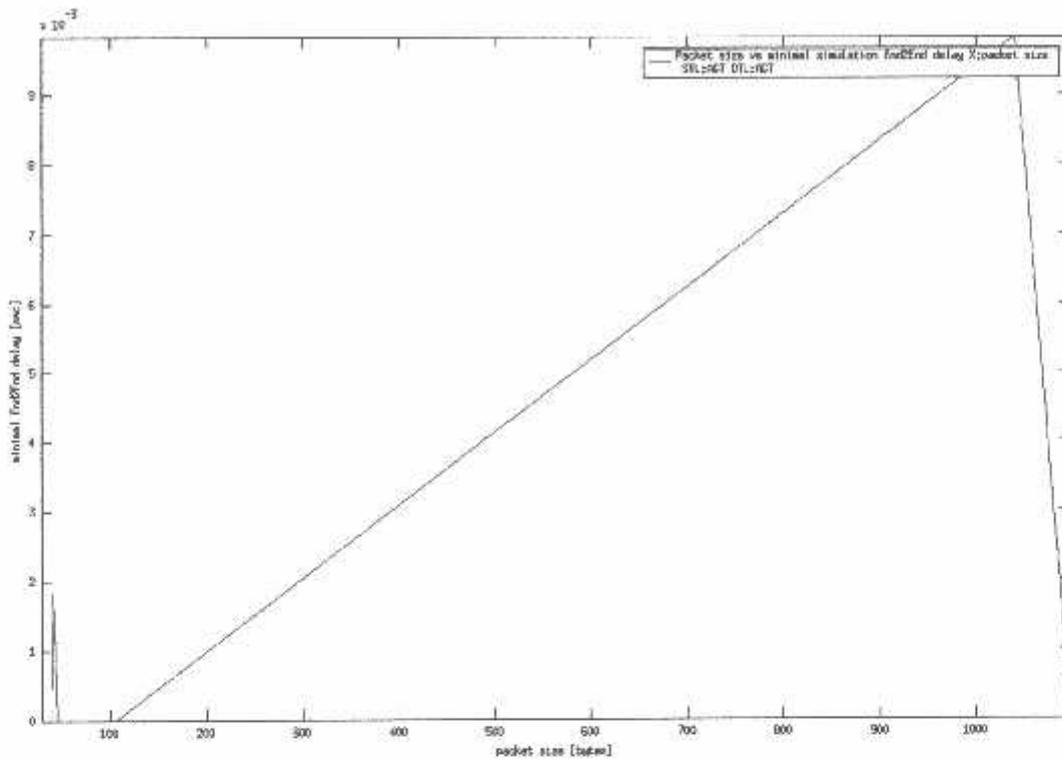
**Gambar 4.10** Grafik *Packet Size vs Minimal End to End Delay* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



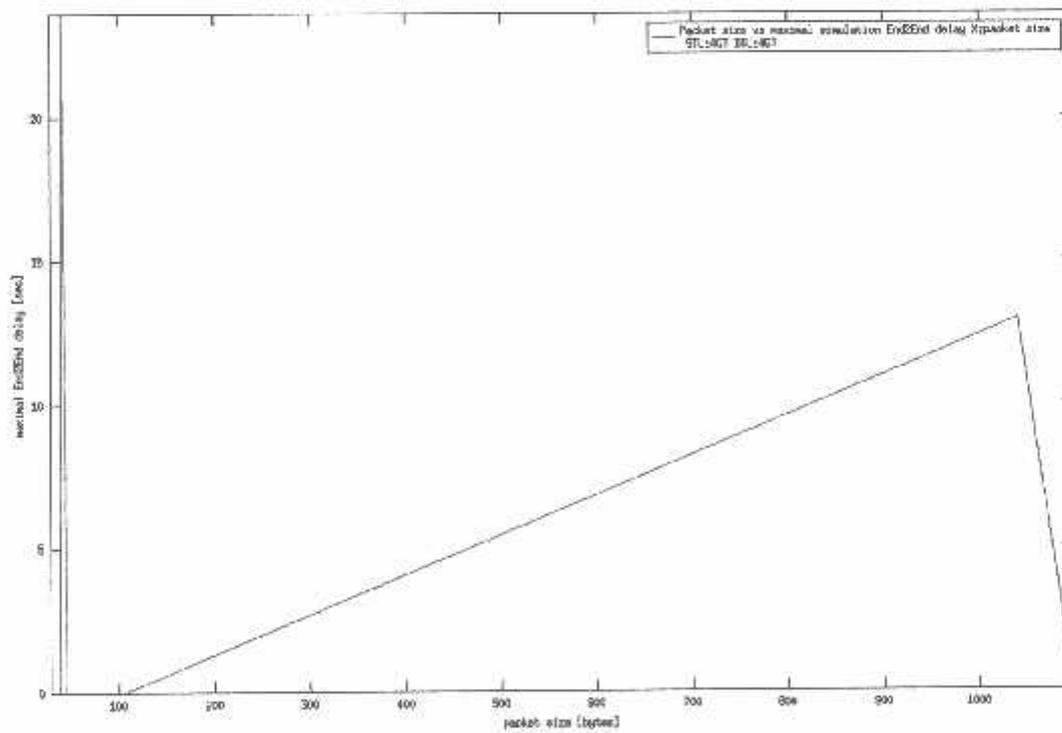
**Gambar 4.11** Grafik *Packet Size vs Maximal End to End Delay* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



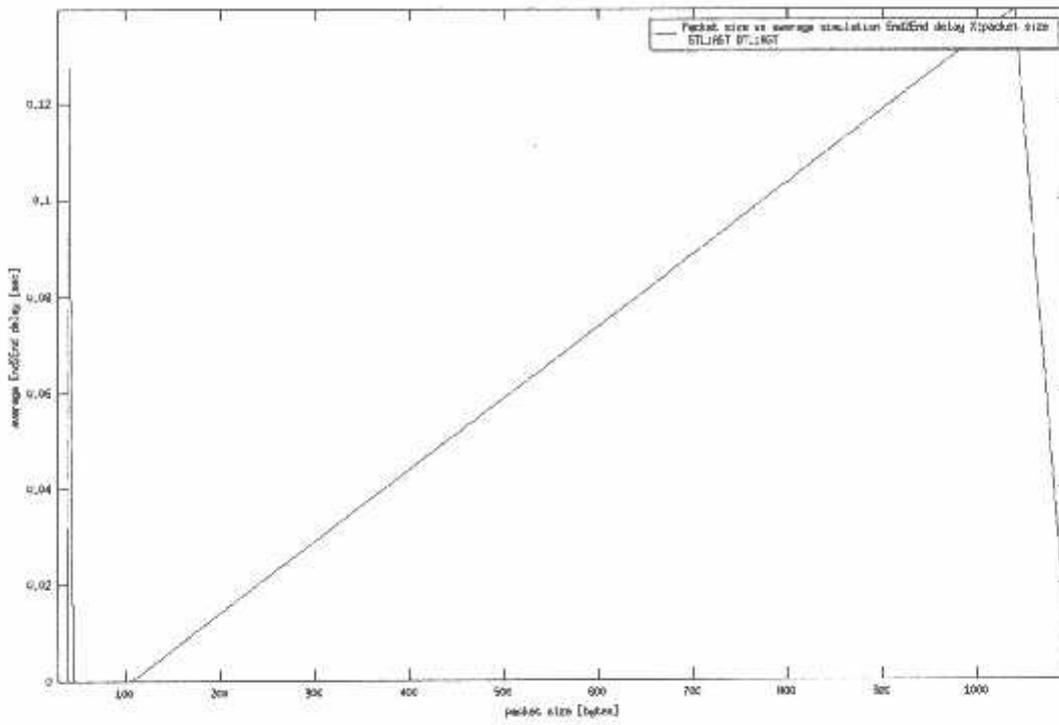
**Gambar 4.12** Grafik *Packet Size vs Average End to End Delay* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



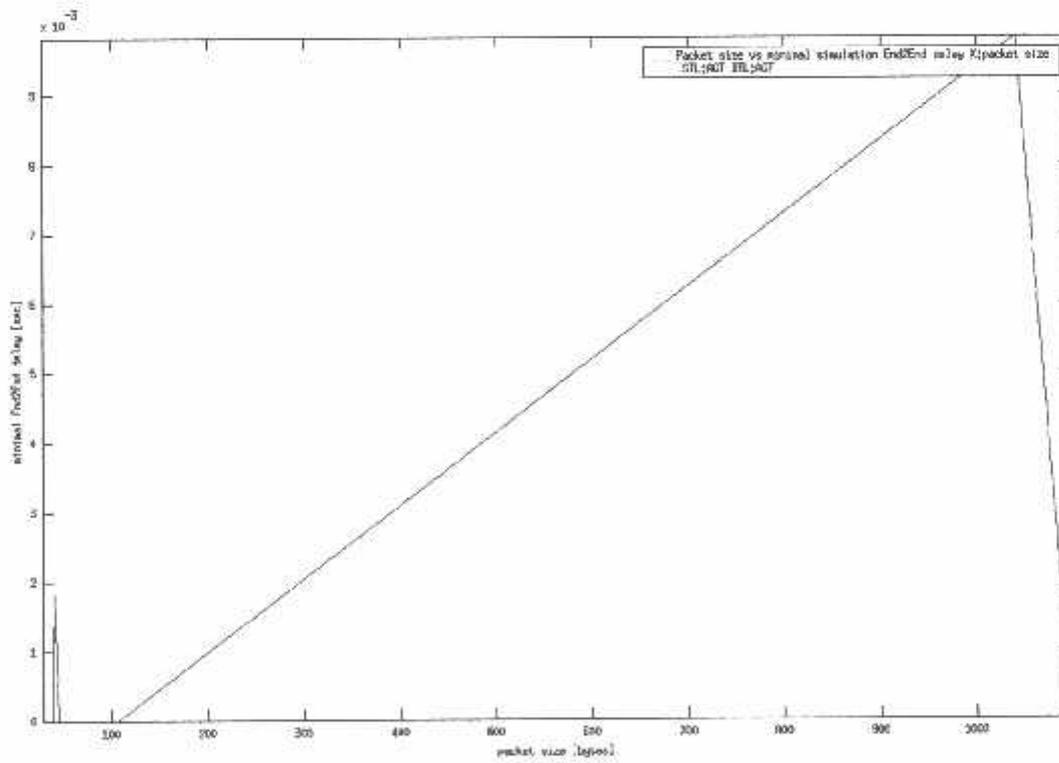
**Gambar 4.13** Grafik *Packet Size vs Minimal End to End Delay* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



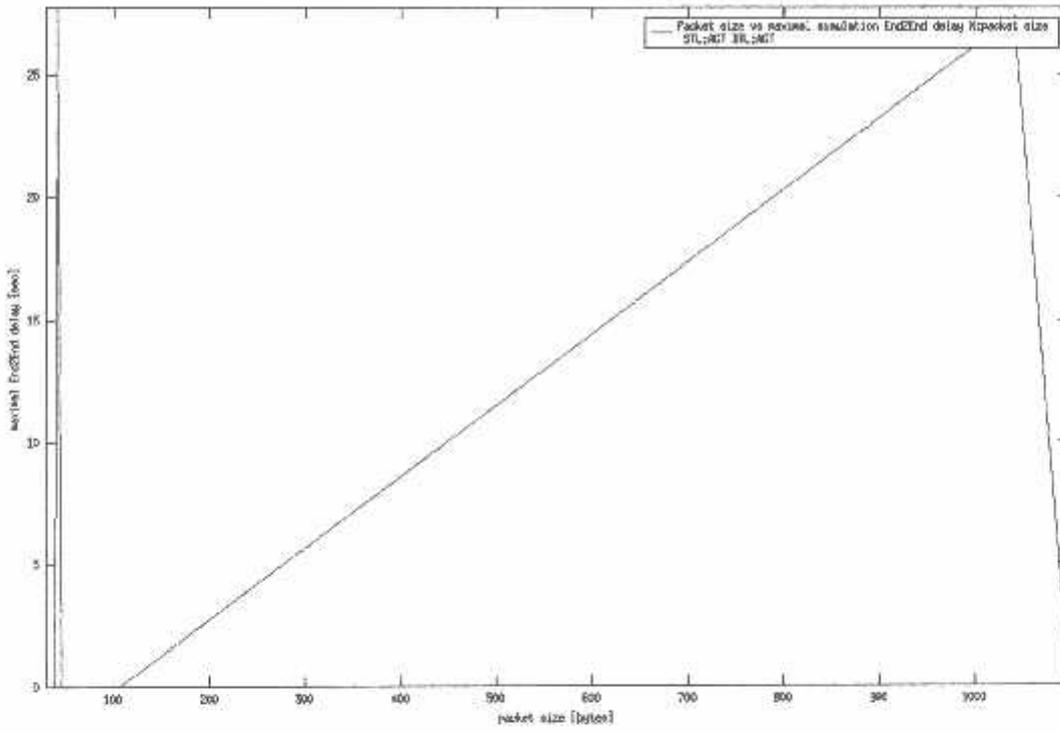
**Gambar 4.14** Grafik *Packet Size vs Maximal End to End Delay* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



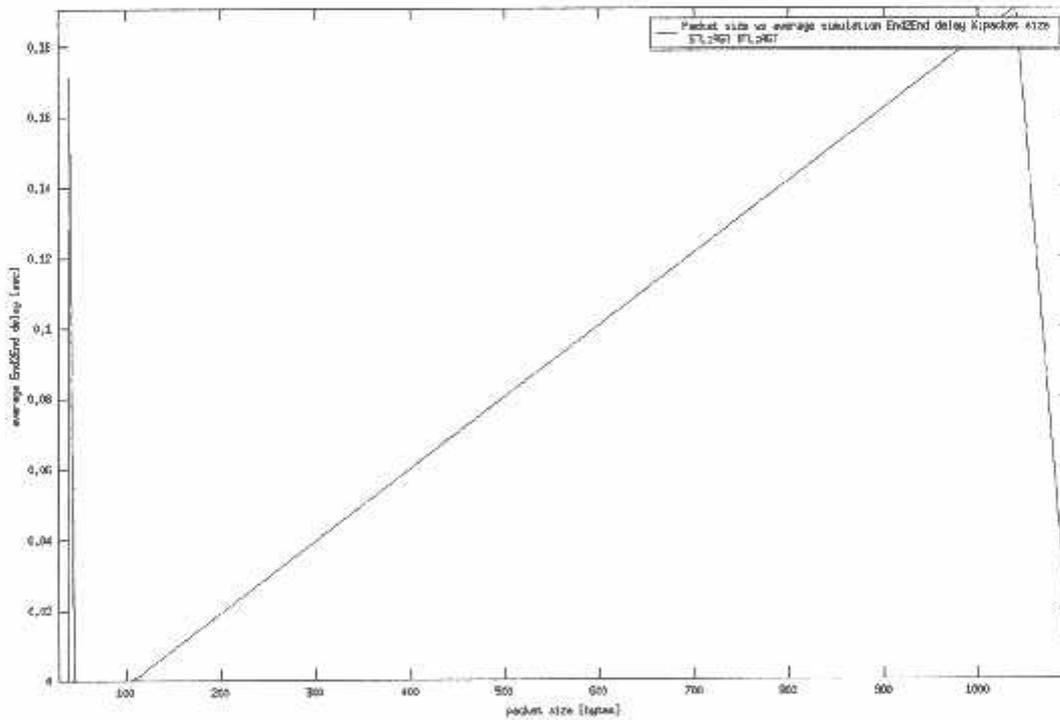
**Gambar 4.15** Grafik *Packet Size vs Average End to End Delay* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



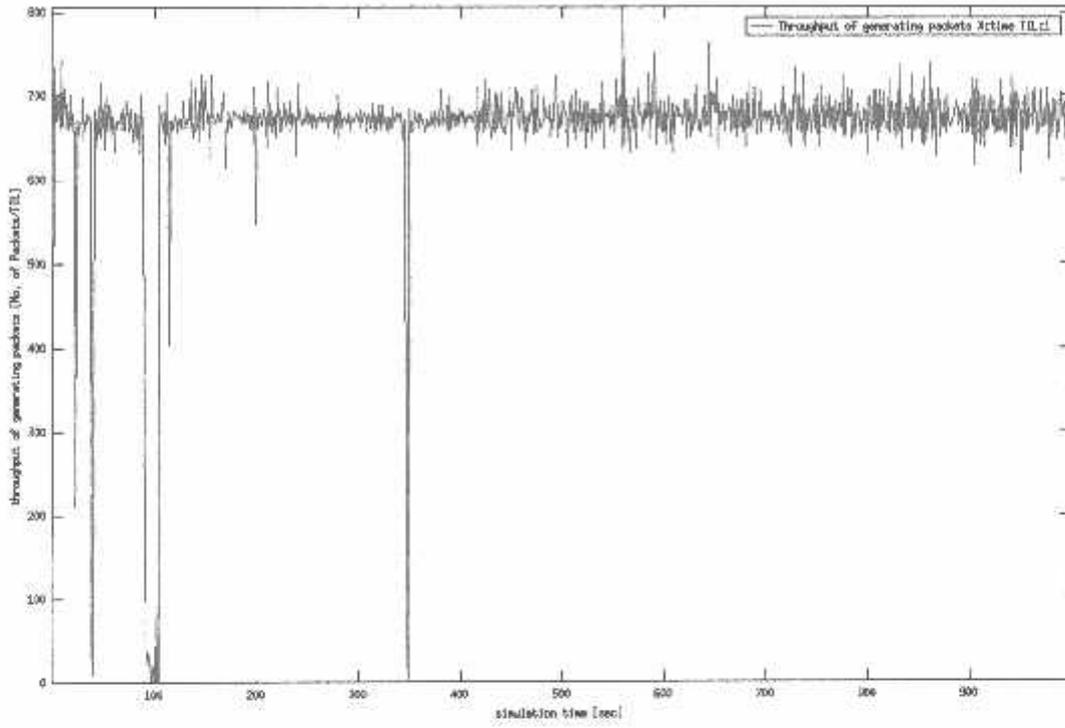
**Gambar 4.16** Grafik *Packet Size vs Minimal End to End Delay* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



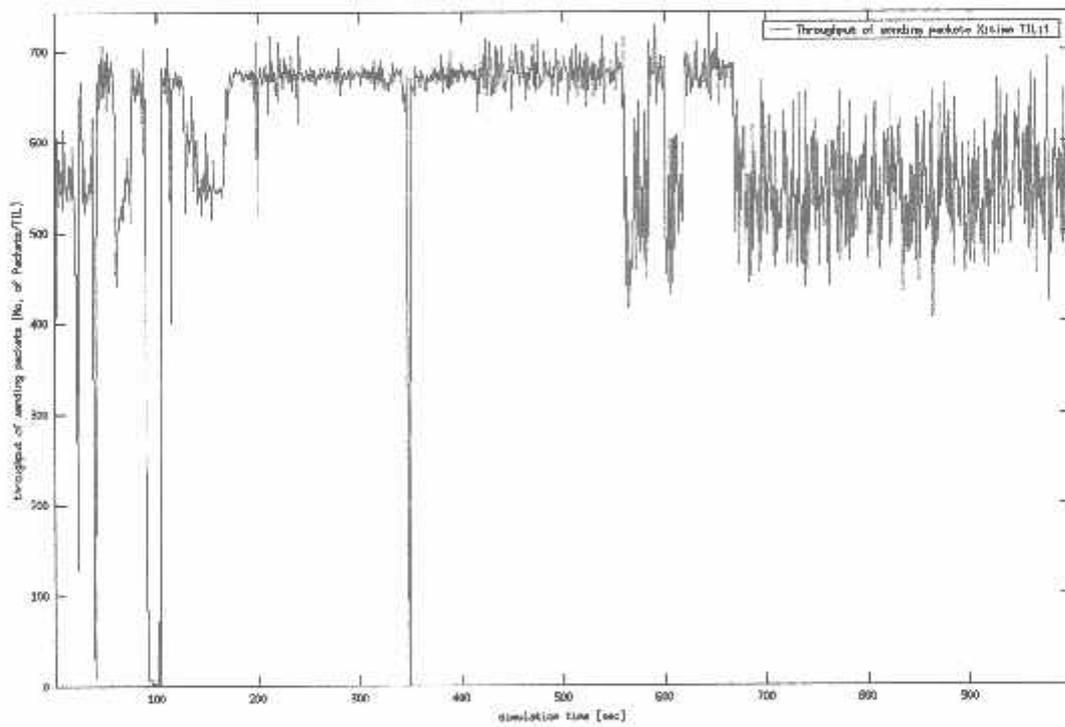
**Gambar 4.17** Grafik *Packet Size vs Maximal End to End Delay* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



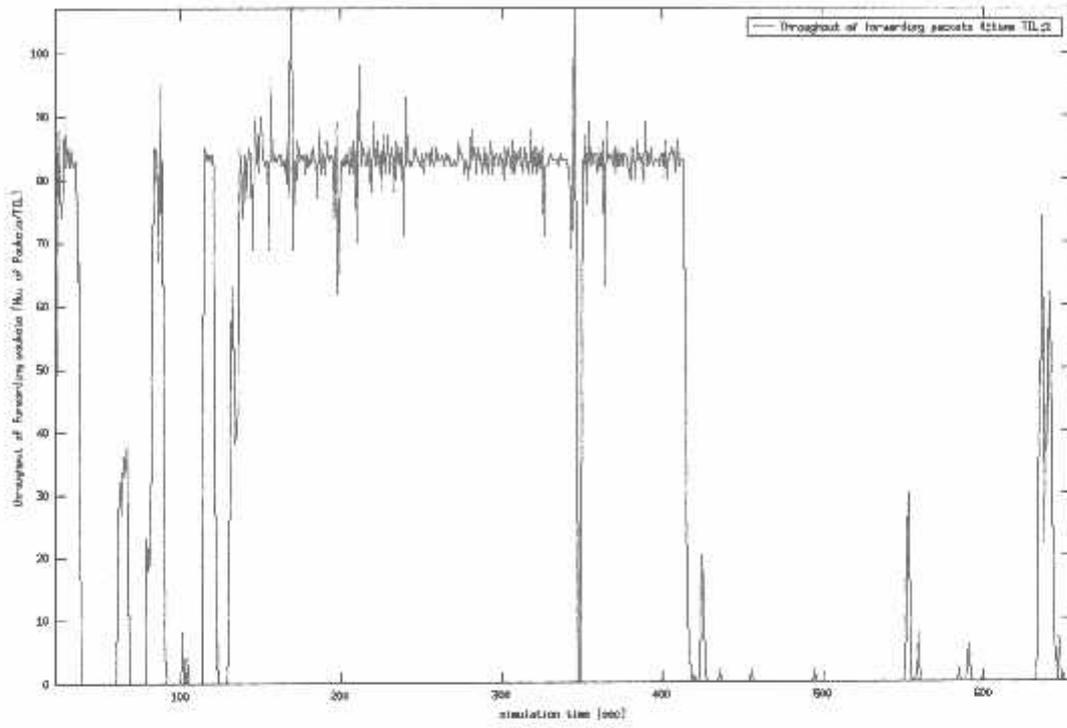
**Gambar 4.18** Grafik *Packet Size vs Average End to End Delay* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



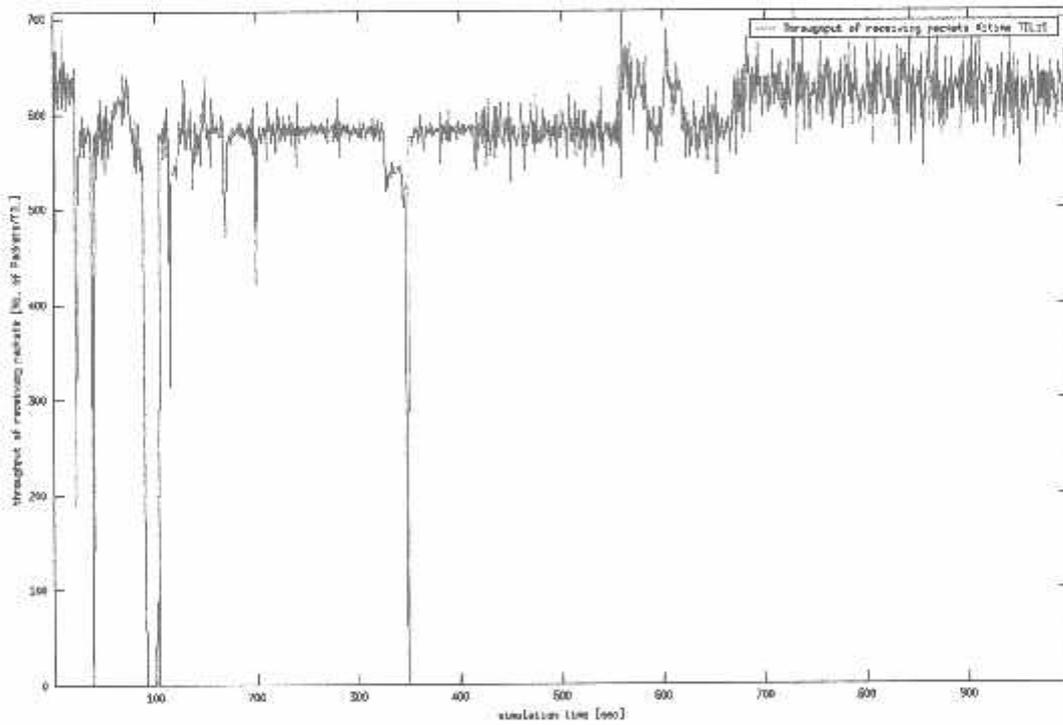
**Gambar 4.19** Grafik *Throughput of Generating Packets* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



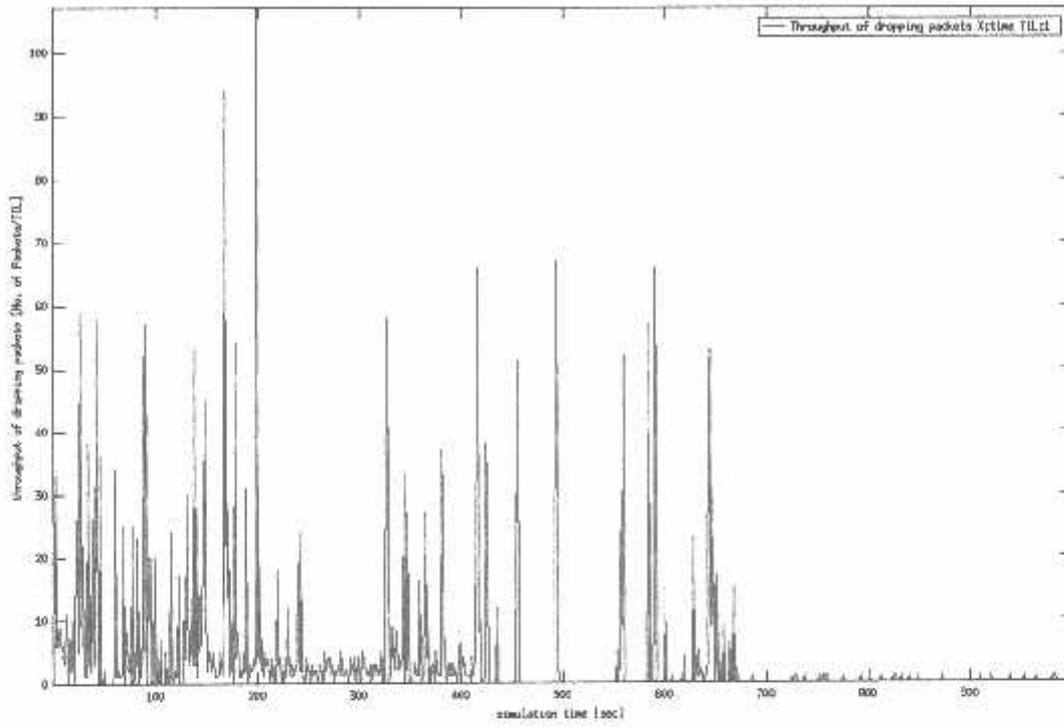
**Gambar 4.20** Grafik *Throughput of Sending Packets* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



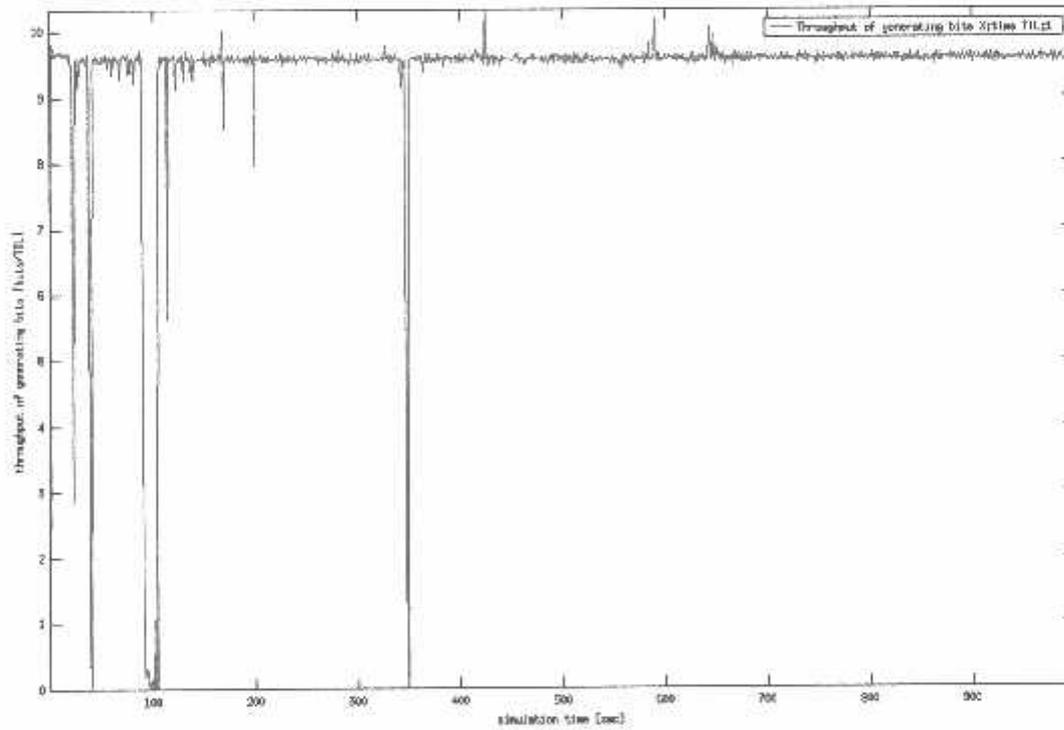
**Gambar 4.21** Grafik *Throughput of Forwarding Packets* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



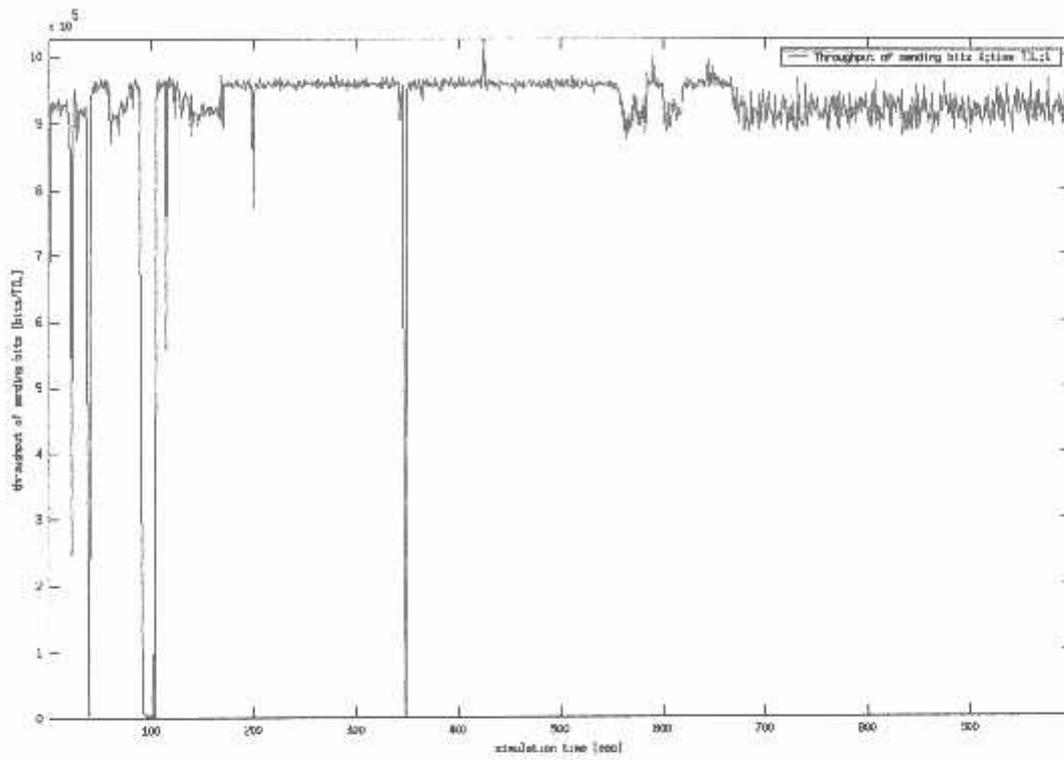
**Gambar 4.22** Grafik *Throughput of Receiving Packets* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



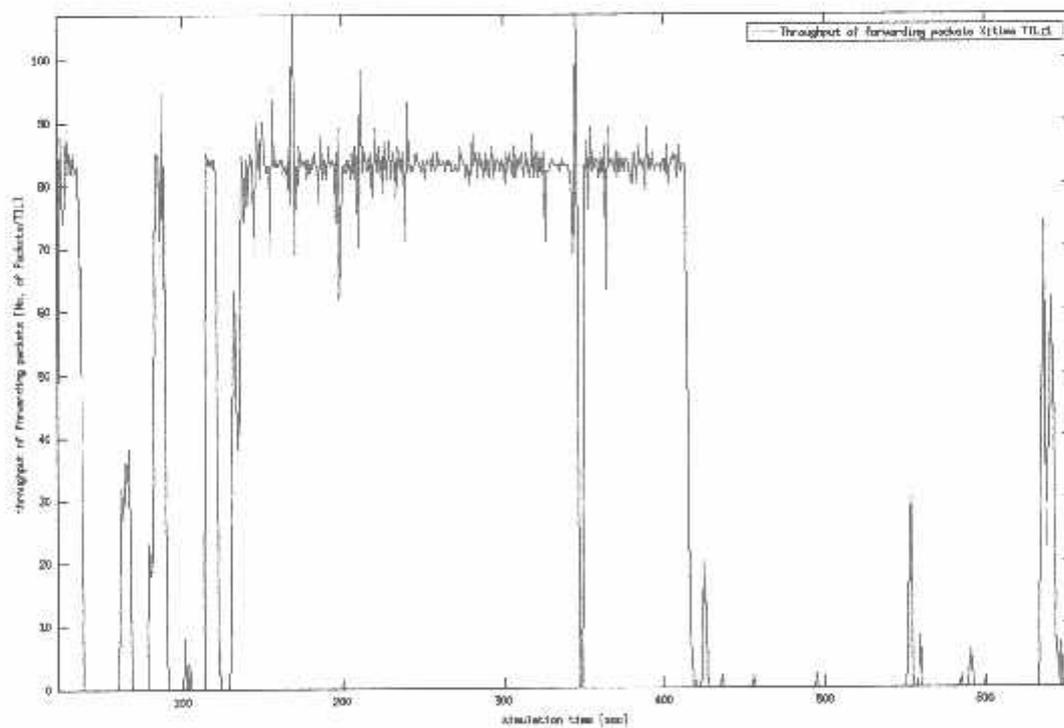
**Gambar 4.23** Grafik *Throughput of Dropping Packets* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



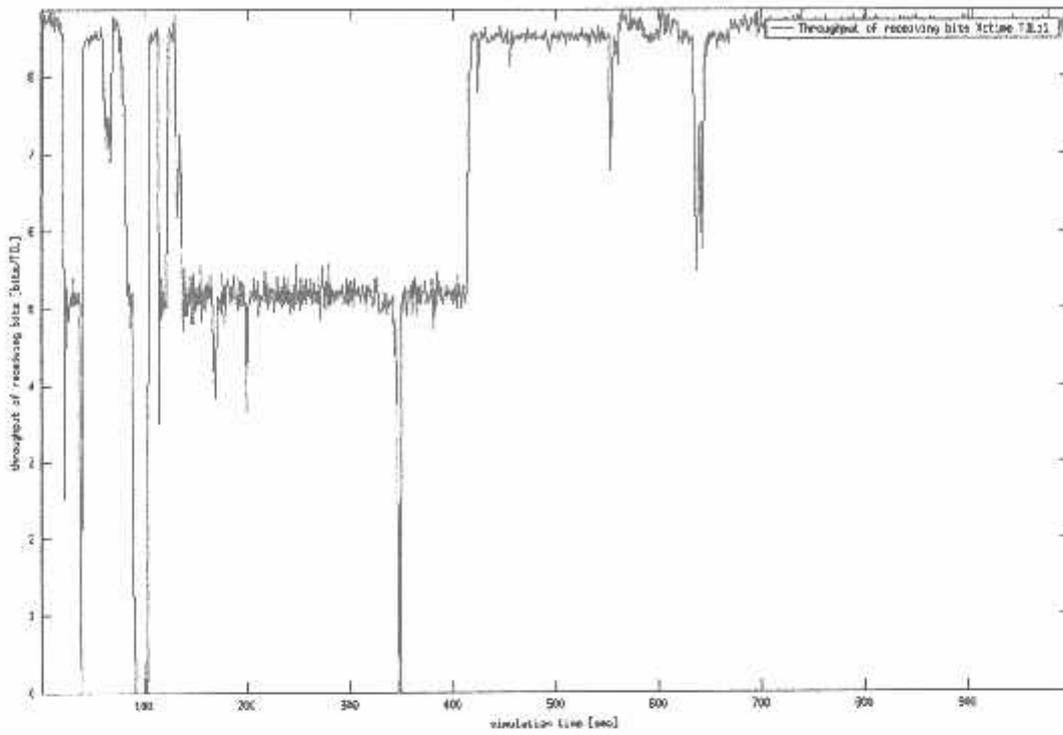
**Gambar 4.24** Grafik *Throughput of Generating Bits* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



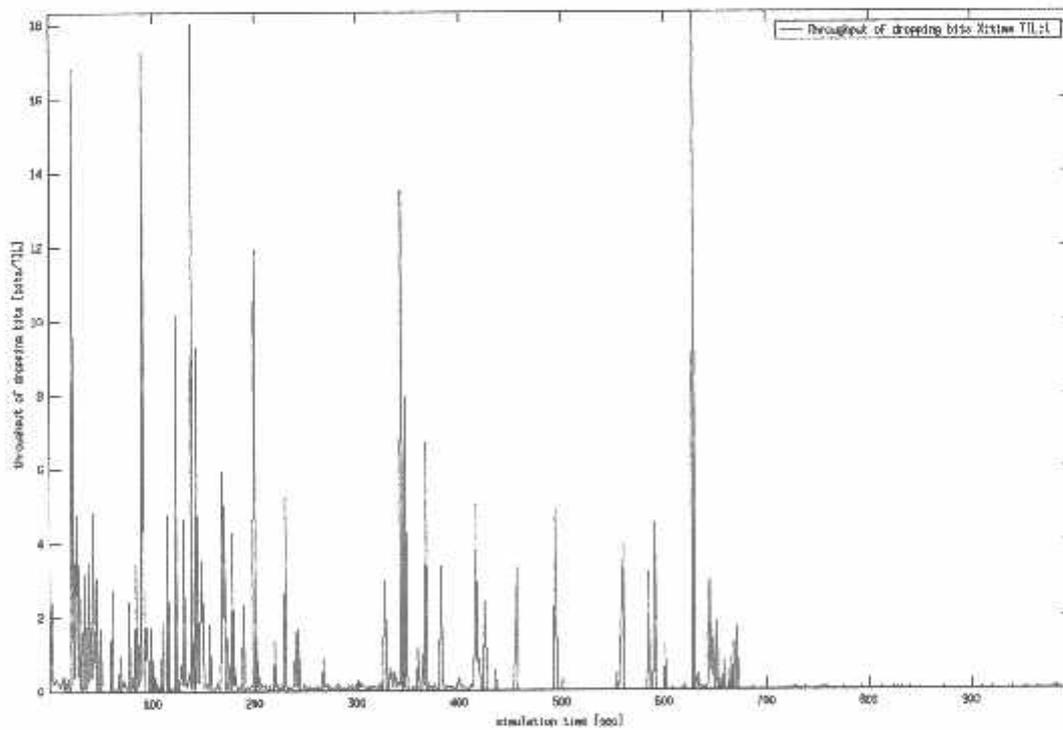
**Gambar 4.25** Grafik *Throughput of Sending Bits* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



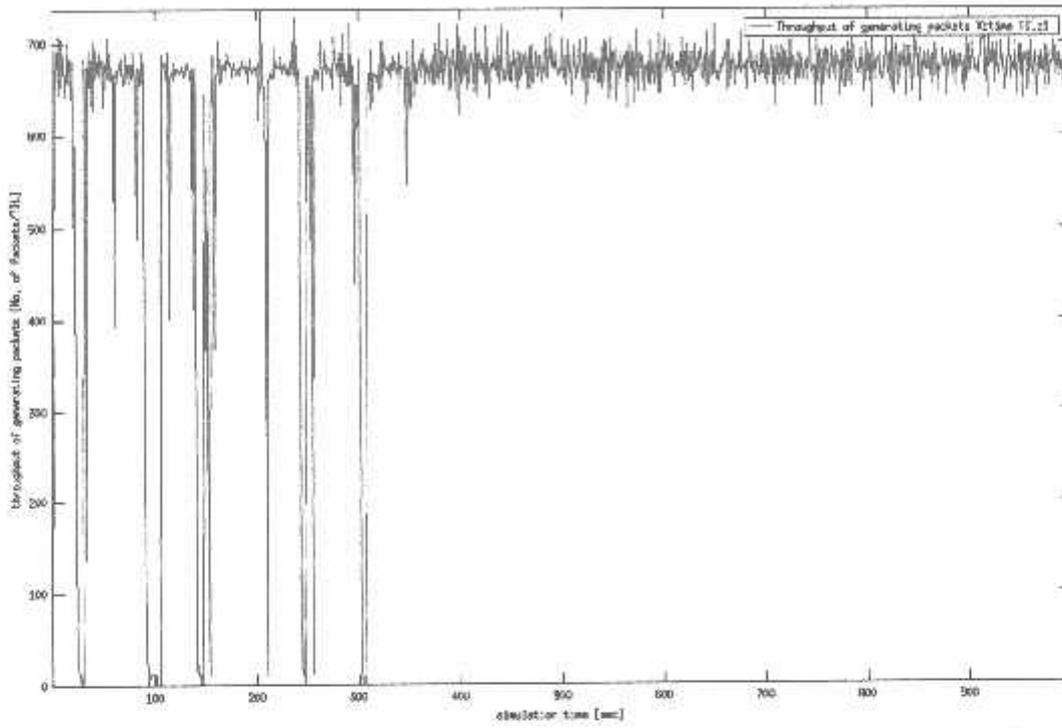
**Gambar 4.26** Grafik *Throughput of Forwarding Bits* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



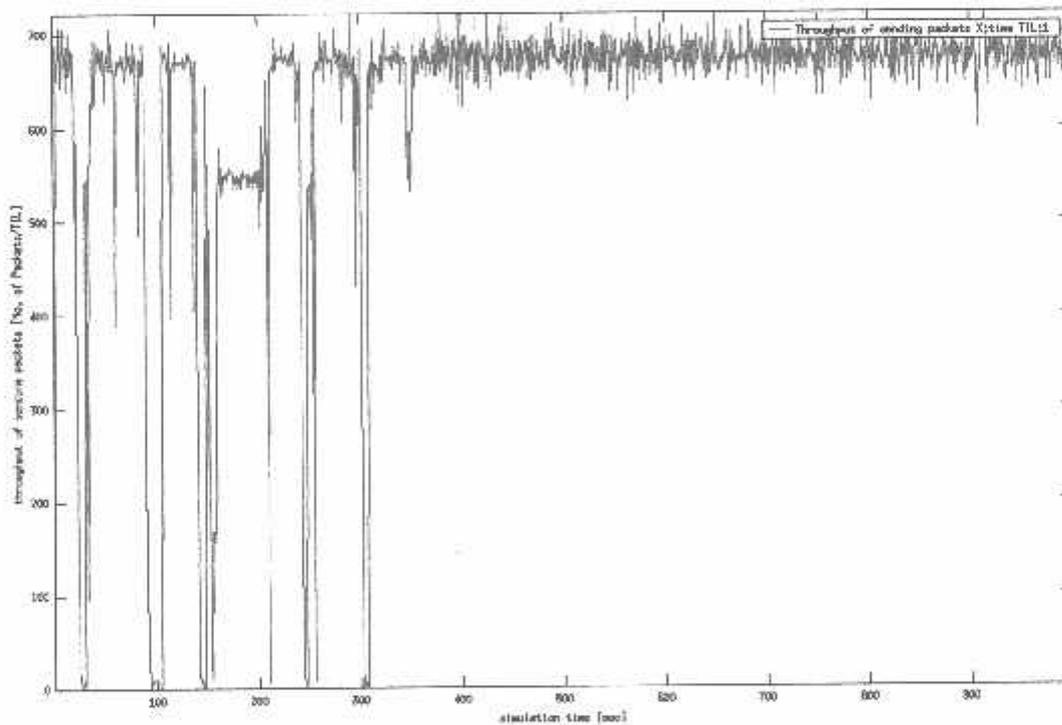
**Gambar 4.27** Grafik *Throughput of Receiving Bits* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



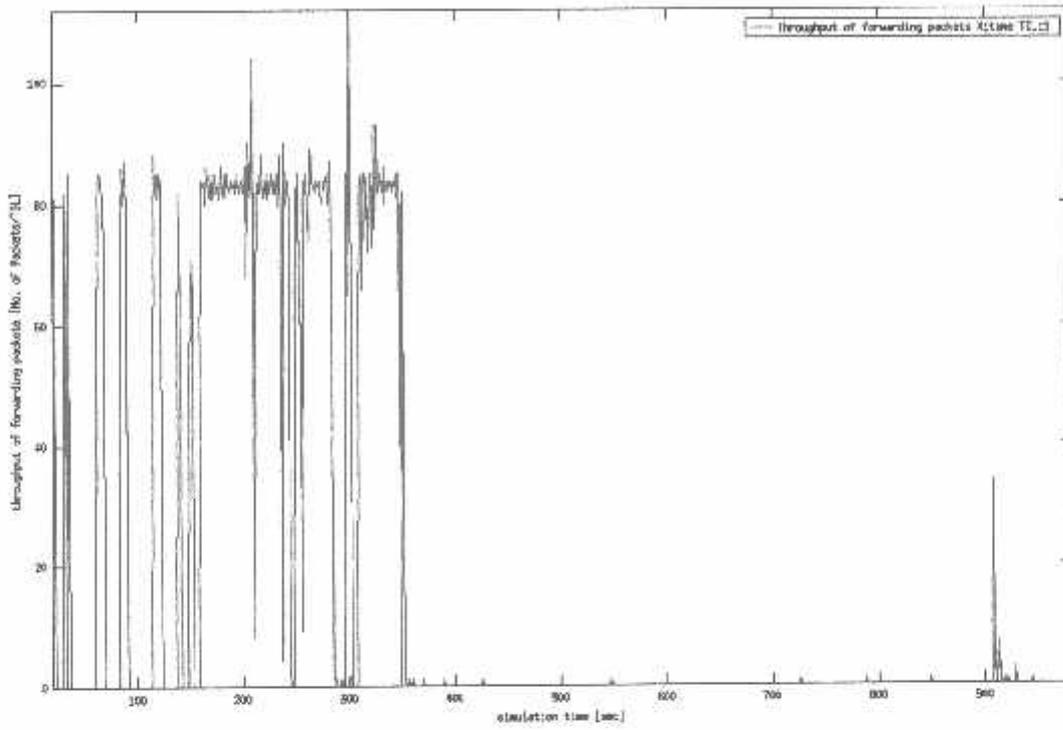
**Gambar 4.28** Grafik *Throughput of Dropping Bits* pada Percobaan Pertama dengan 17 Kendaraan



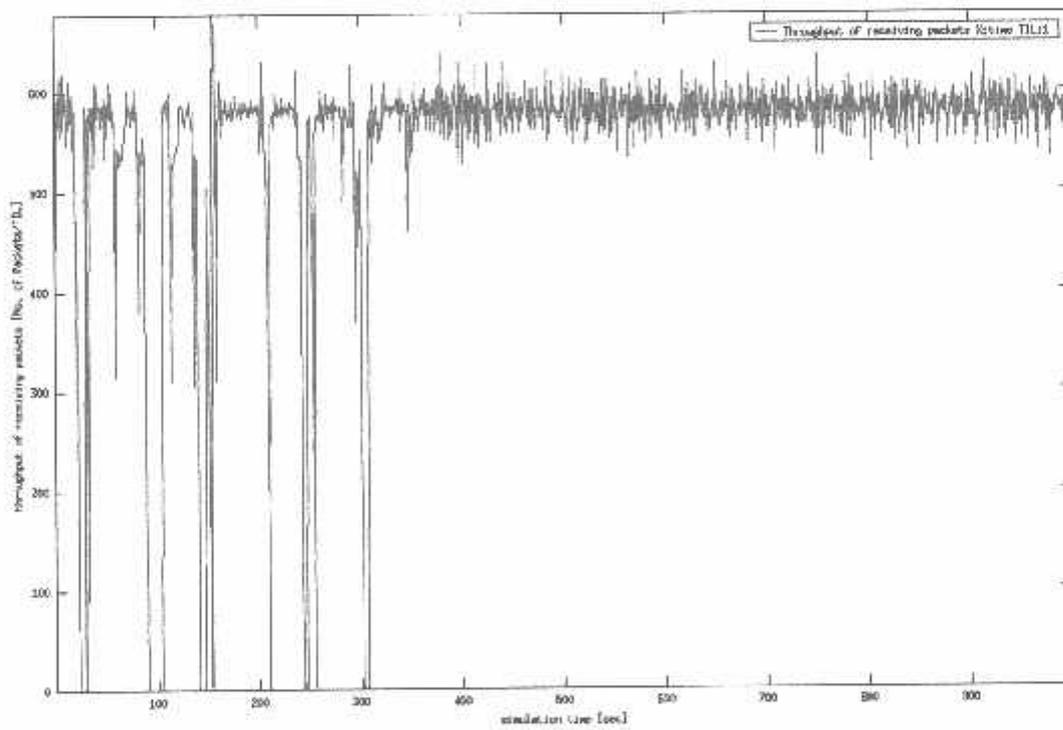
**Gambar 4.29** Grafik *Throughput of Generating Packets* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



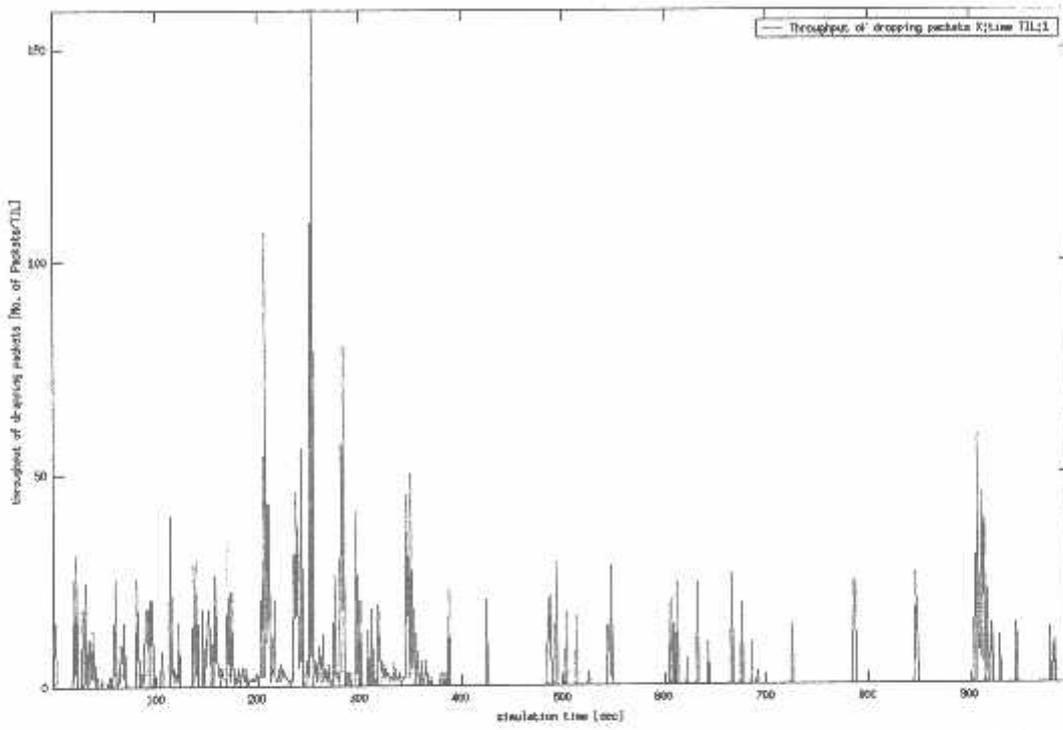
**Gambar 4.30** Grafik *Throughput of Sending Packets* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



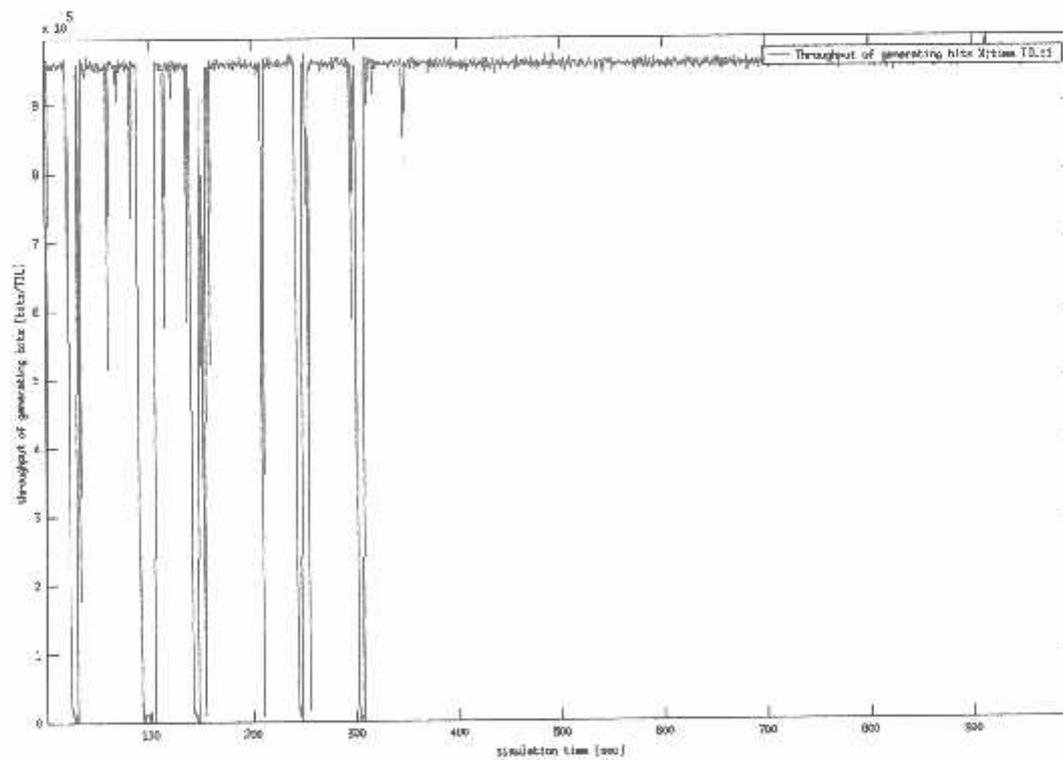
**Gambar 4.31** Grafik *Throughput of Forwarding Packets* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



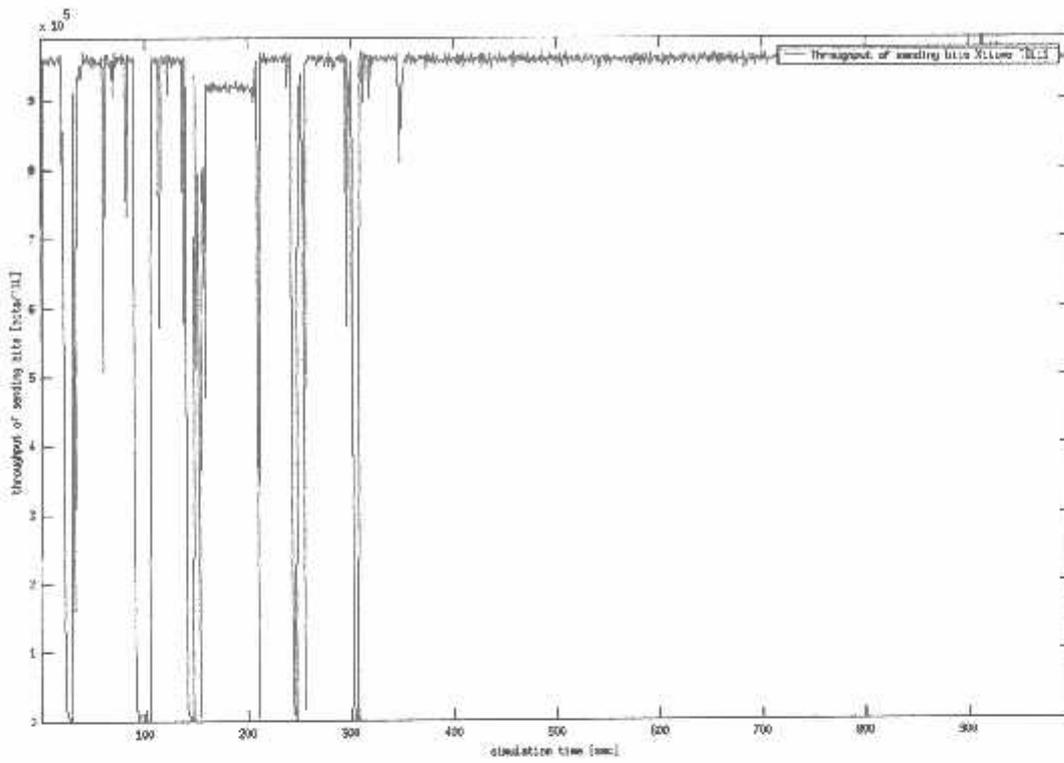
**Gambar 4.32** Grafik *Throughput of Receiving Packets* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



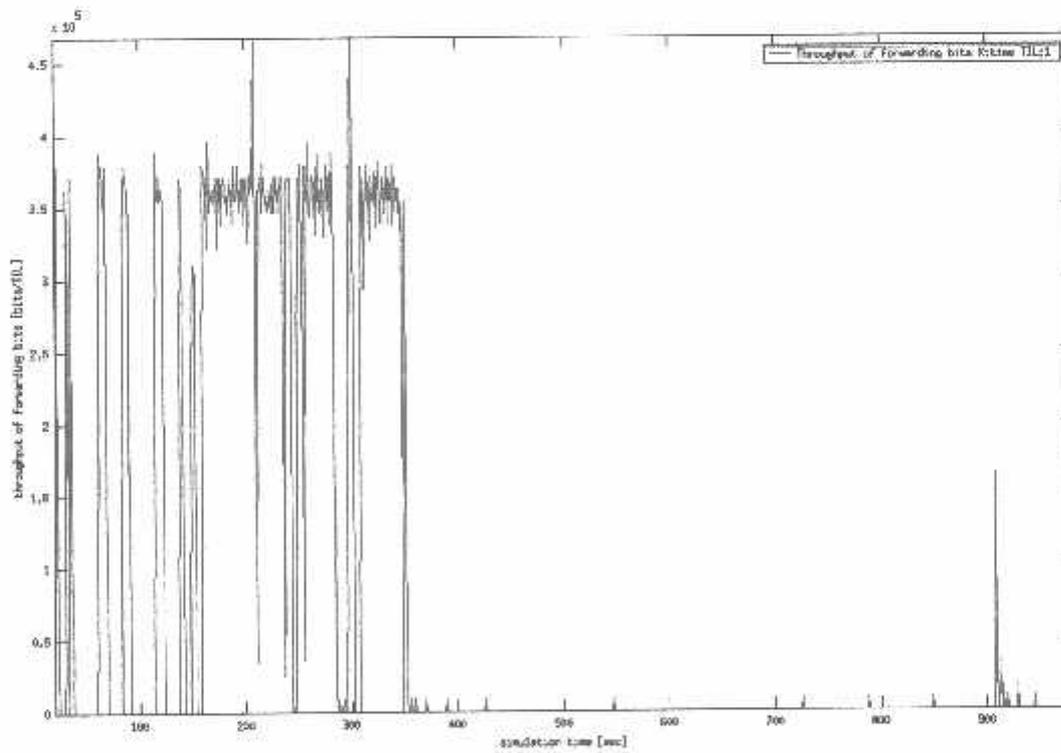
**Gambar 4.33** Grafik *Throughput of Dropping Packets* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



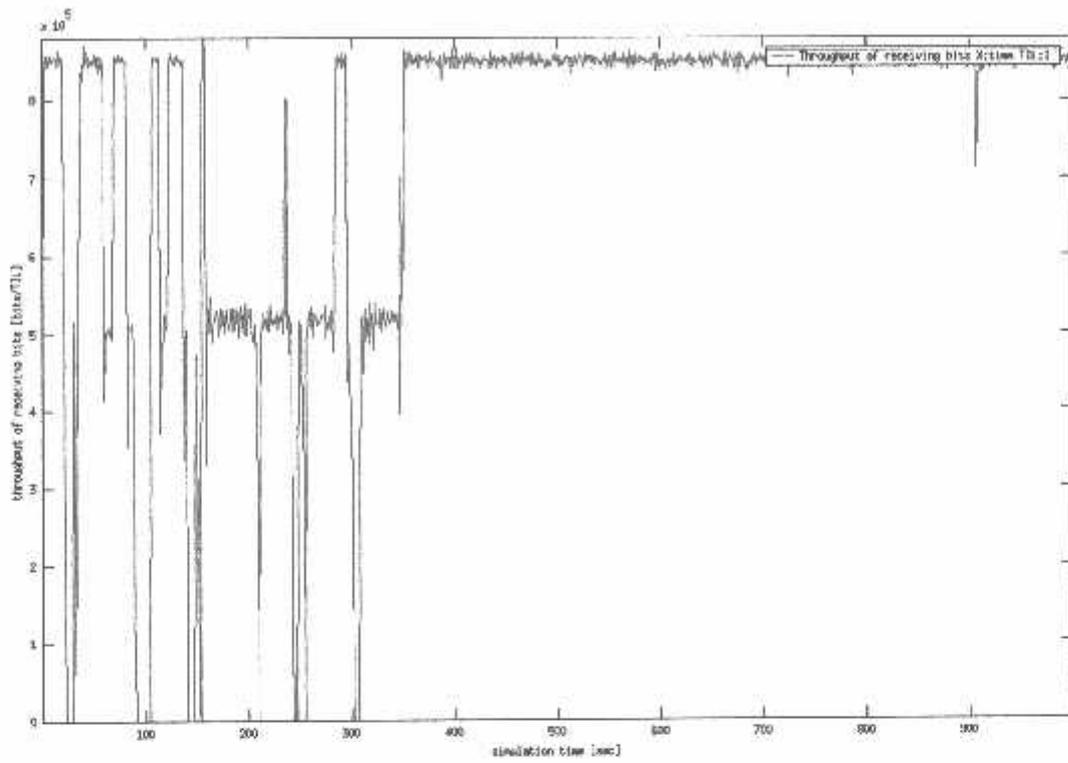
**Gambar 4.34** Grafik *Throughput of Generating Bits* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



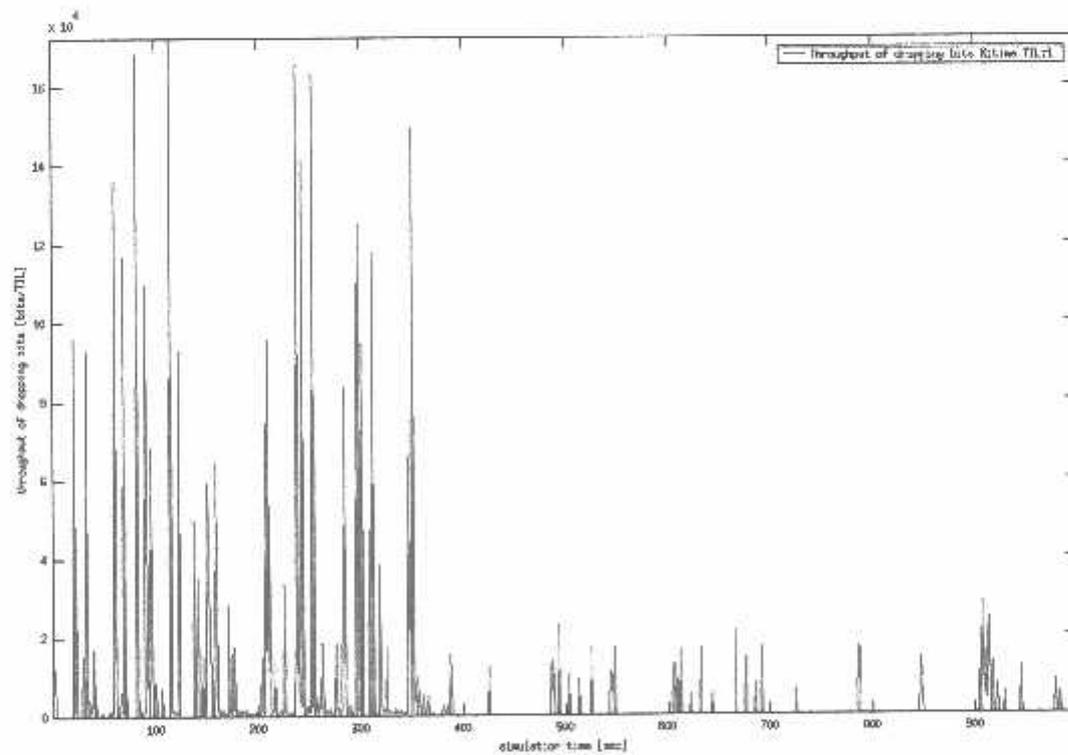
**Gambar 4.35** Grafik *Throughput of Sending Bits* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



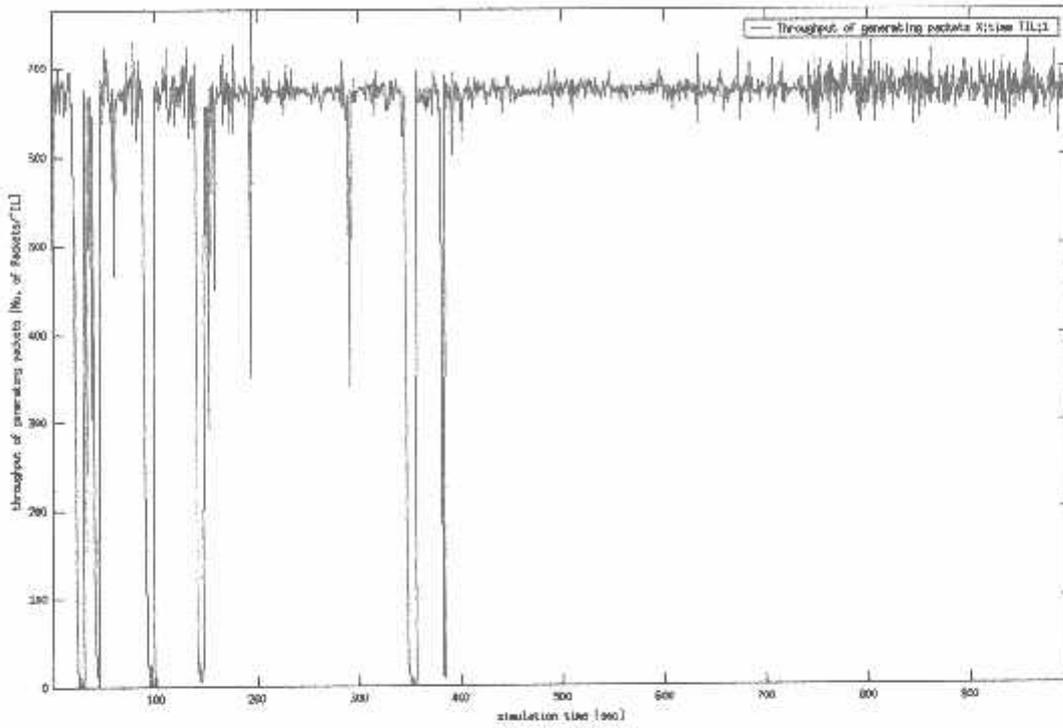
**Gambar 4.36** Grafik *Throughput of Forwarding Bits* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



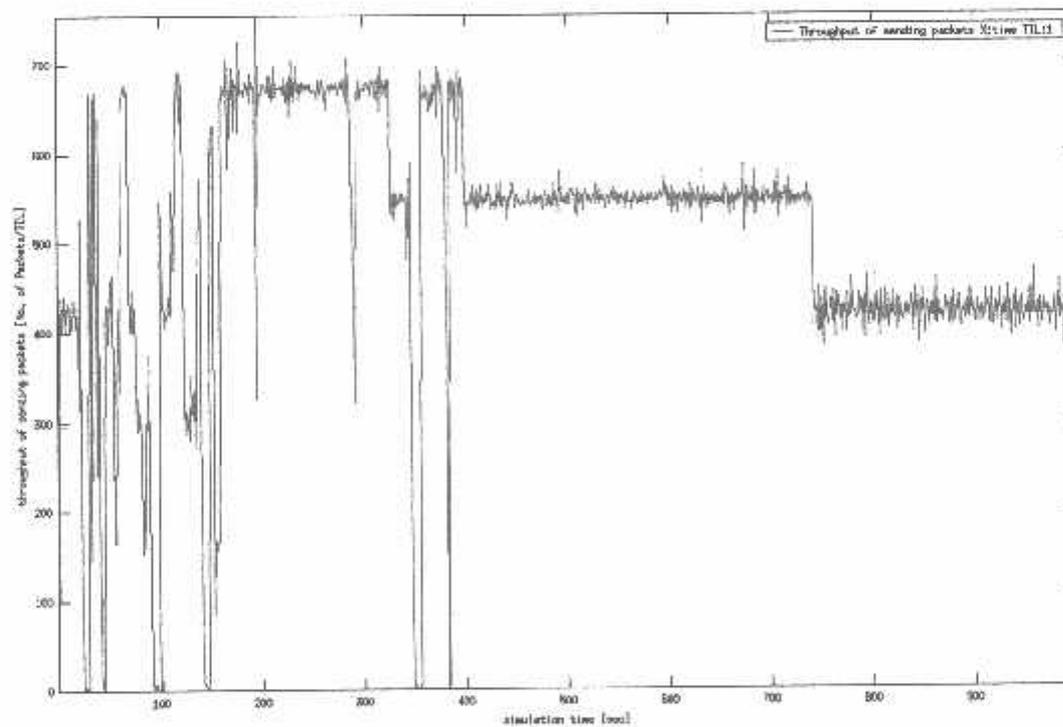
**Gambar 4.37** Grafik *Throughput of Receiving Bits* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



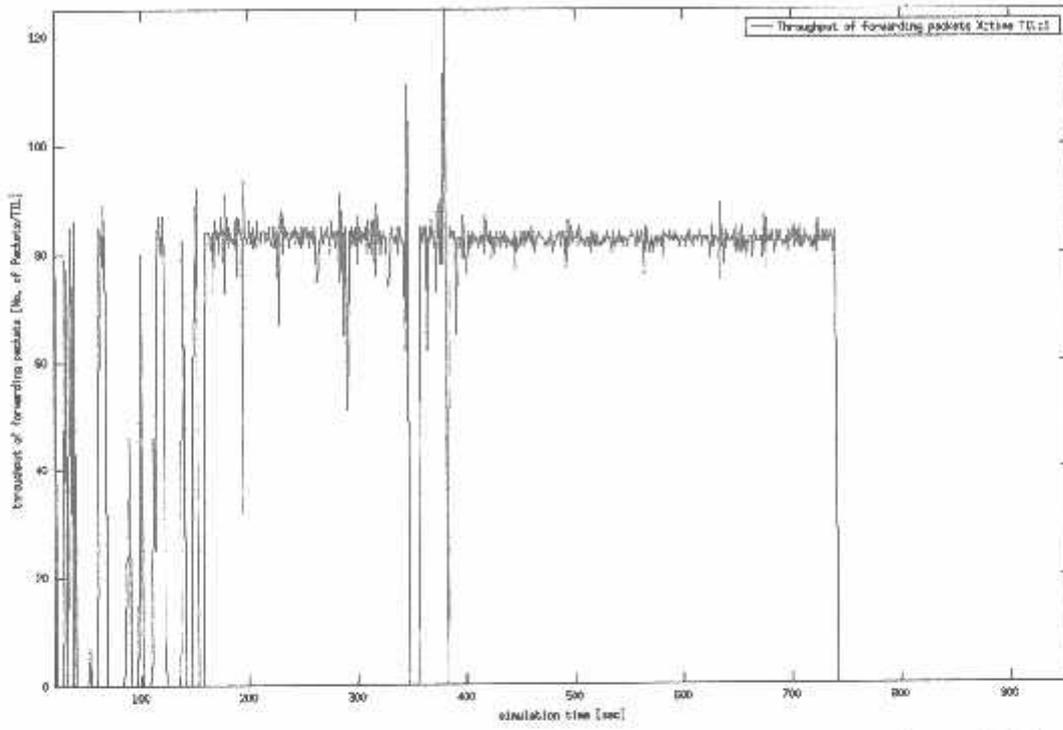
**Gambar 4.38** Grafik *Throughput of Dropping Bits* pada Percobaan Kedua dengan 17 Kendaraan



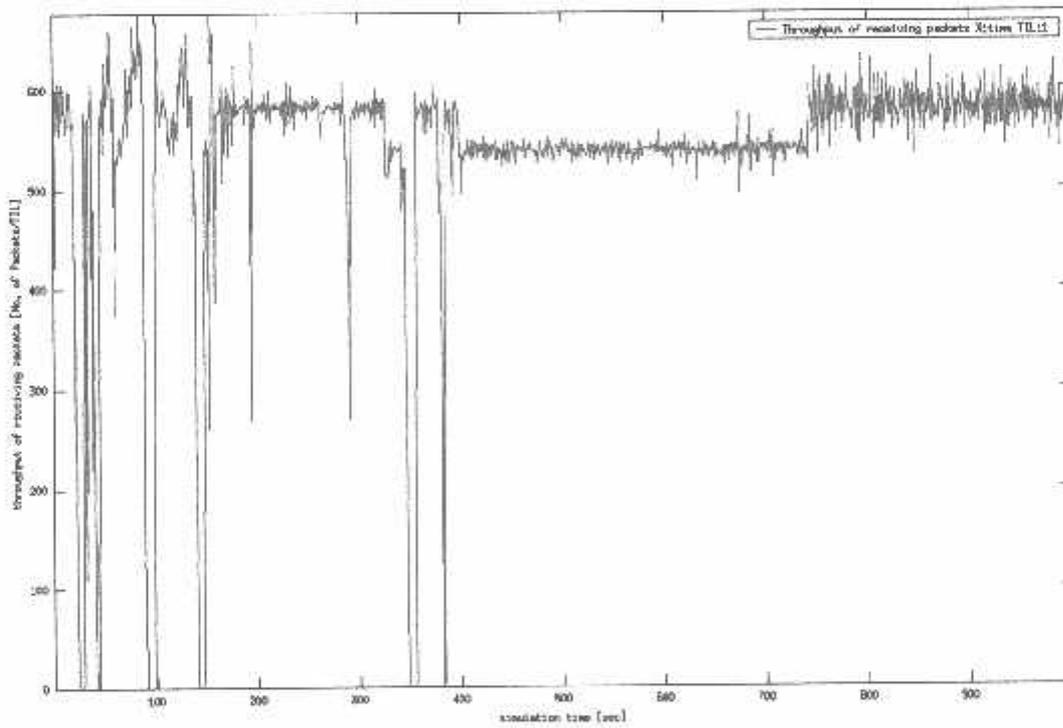
**Gambar 4.39** Grafik *Throughput of Generating Packets* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



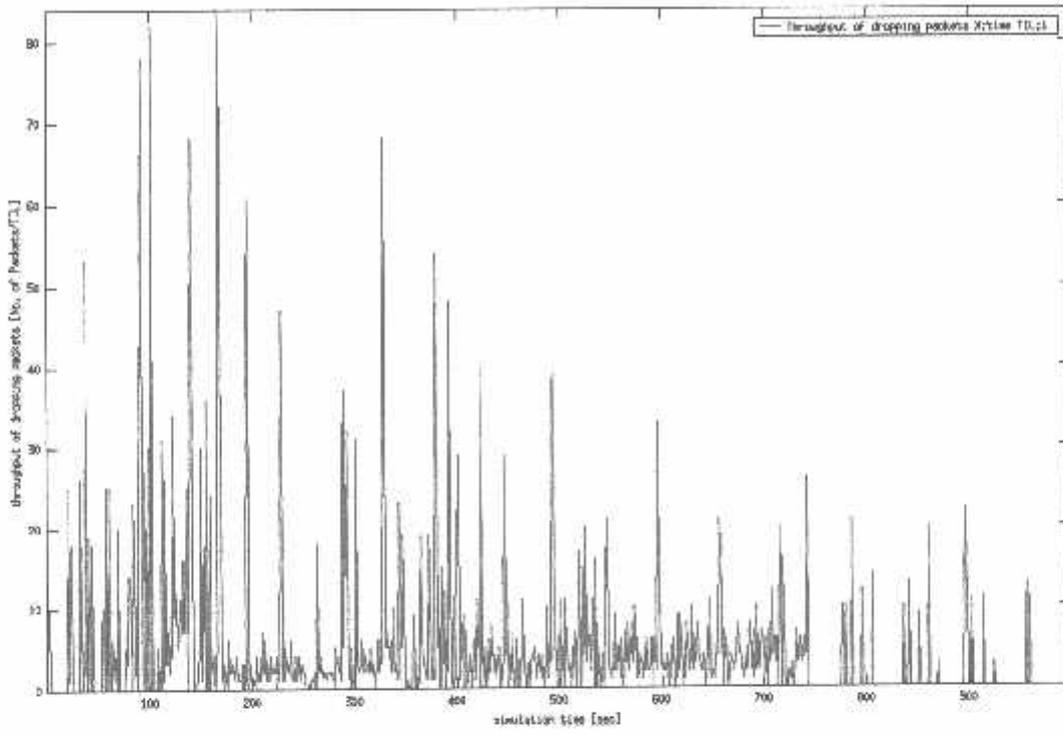
**Gambar 4.40** Grafik *Throughput of Sending Packets* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



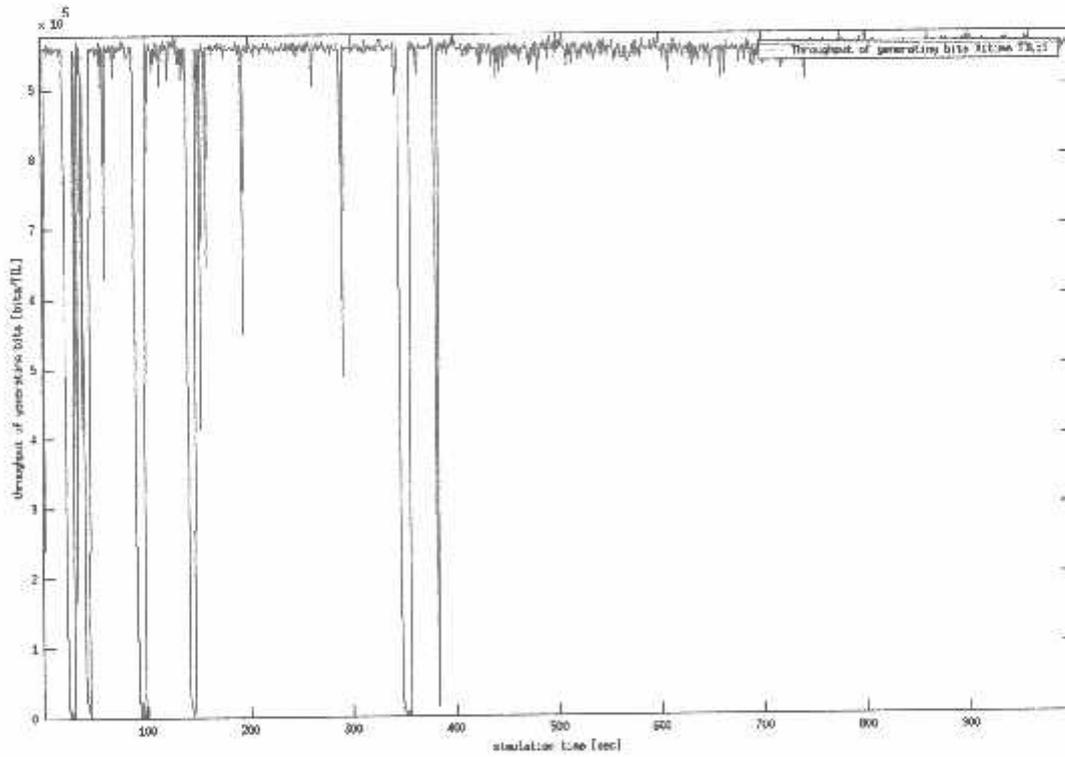
**Gambar 4.41** Grafik *Throughput of Forwarding Packets* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



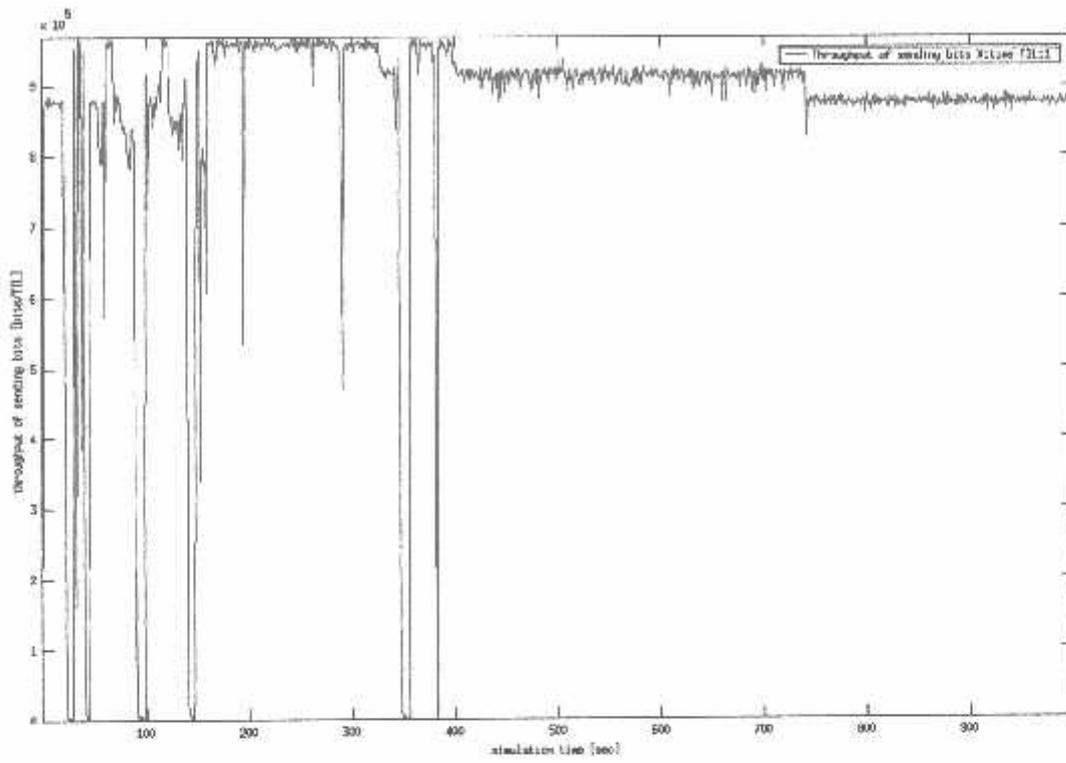
**Gambar 4.42** Grafik *Throughput of Receiving Packets* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



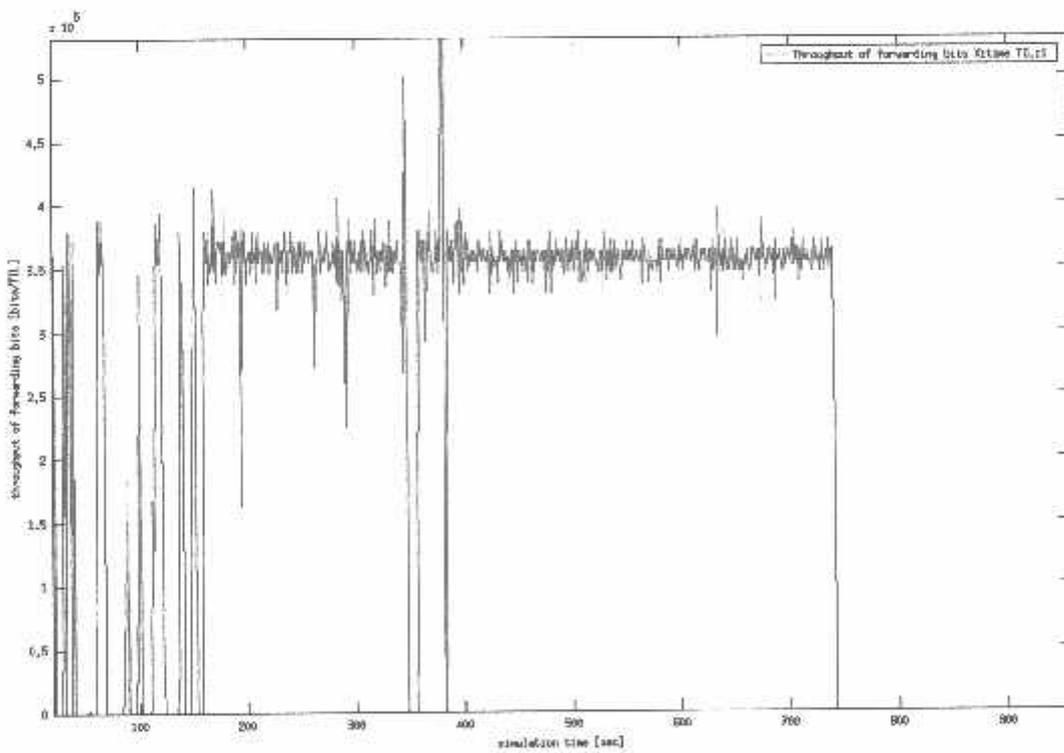
**Gambar 4.43** Grafik *Throughput of Dropping Packets* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



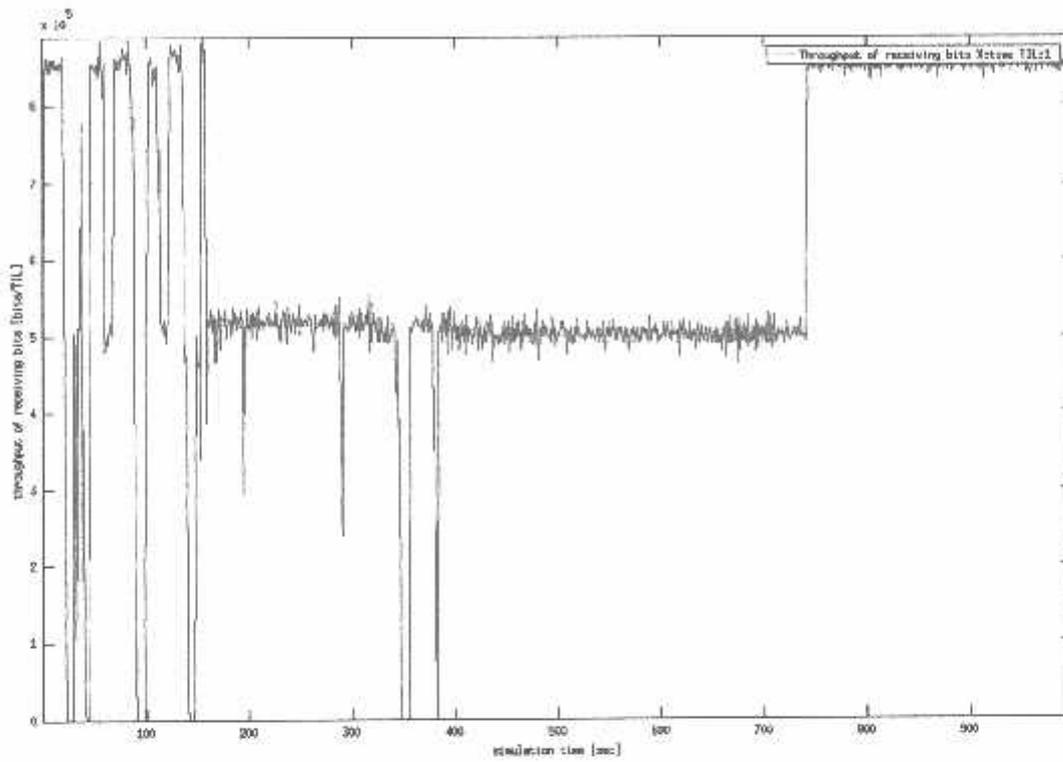
**Gambar 4.44** Grafik *Throughput of Generating Bits* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



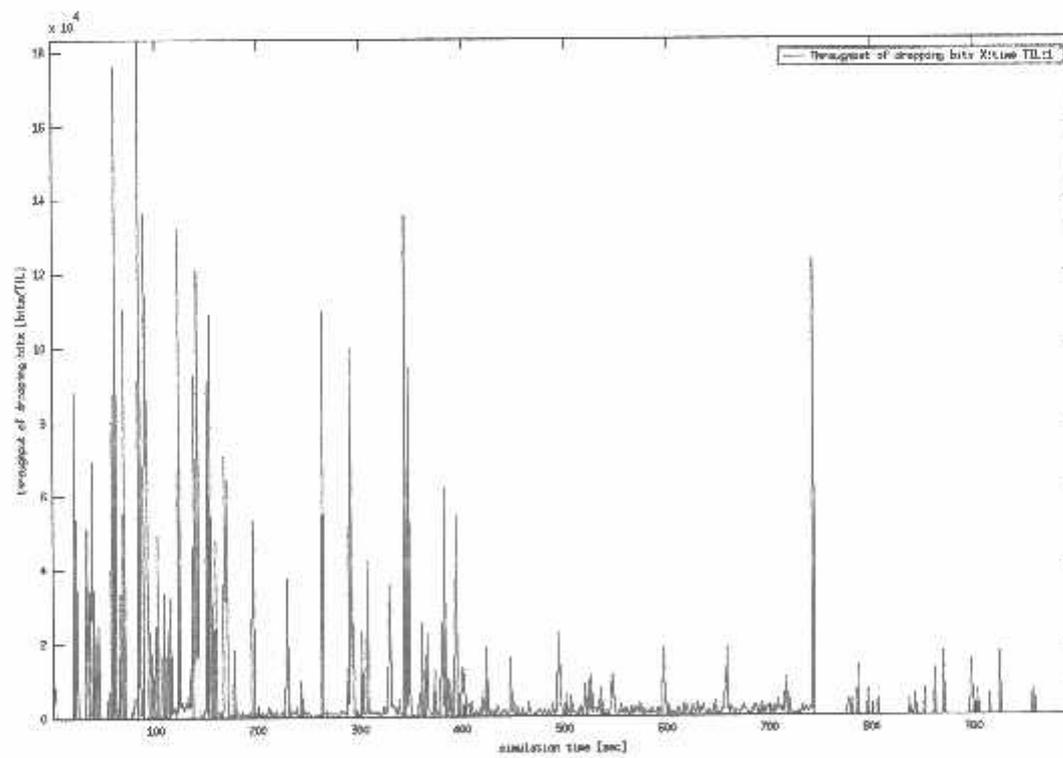
**Gambar 4.45** Grafik *Throughput of Sending Bits* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



**Gambar 4.46** Grafik *Throughput of Forwarding Bits* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



**Gambar 4.47** Grafik *Throughput of Receiving Bits* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan



**Gambar 4.48** Grafik *Throughput of Dropping Bits* pada Percobaan Ketiga dengan 16 Kendaraan

### 4.3.1 Analisa Hasil Pengujian

Dari grafik-grafik yang dihasilkan, didapatkan nilai *delay*, *throughput*, dan *PDR* dari simulasi peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang dalam melakukan pengiriman data. Perincian *delay* *throughput* dan *PDR* dari setiap percobaan dijelaskan pada tabel-tabel berikut:

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang

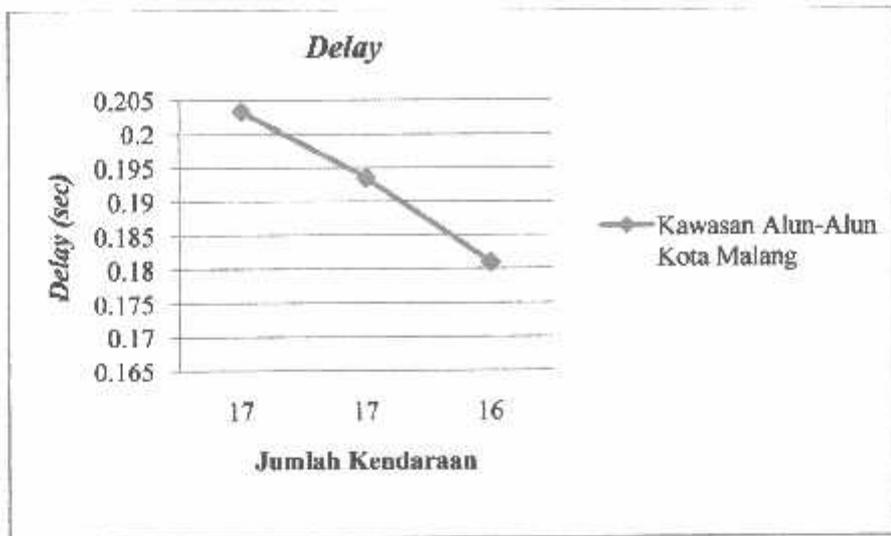
Percobaan	Jumlah Kendaraan	Delay (sec)	Throughput (Bytes/s)	Packet Delivery Ratio (%)
1	17	0.2032847193	106409.383	94.09712
2	17	0.1934625145	105536.435	93.99394528
3	16	0.1810027155	103092.297	93.420776

**Tabel 4.2** Perincian *Delay* Simulasi Peta Kawasan Alun-Alun Kota Malang

Percobaan	Jumlah Kendaraan	Delay (sec)		
		Minimal	Average	Maximal
1	17	0.001824005	0.2032847193	28.36647761
2	17	0.001824111	0.1934625145	23.6260642
3	16	0.001824097	0.1810027155	27.75291184

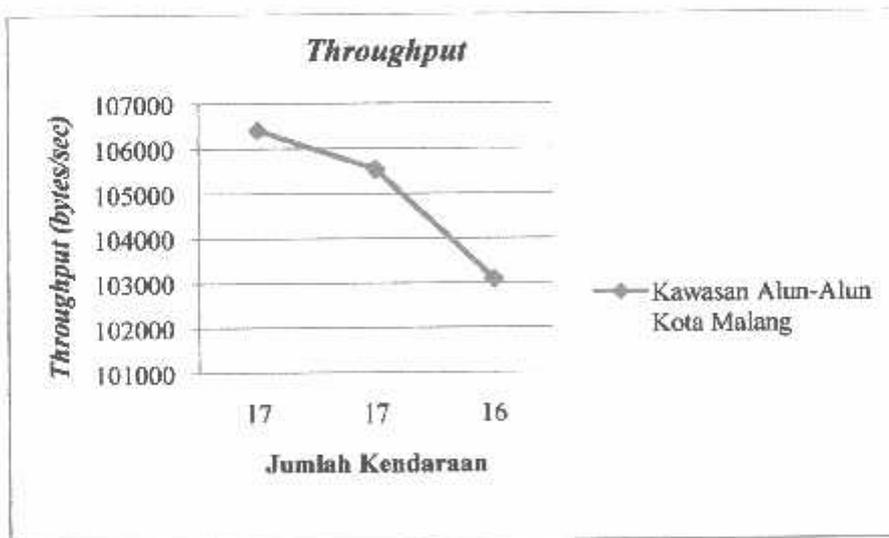
Berdasarkan perbandingan nilai *delay* dari hasil simulasi, dapat diketahui bahwa *delay* yang dihasilkan oleh simulasi pertama lebih besar dibandingkan dengan simulasi kedua maupun simulasi ketiga. Meskipun simulasi pertama dan kedua memiliki jumlah kendaraan yang sama, tetapi pergerakan kendaraan dari kedua simulasi berbeda. Hal tersebut yang menyebabkan perbedaan nilai *delay* keduanya.

Gambar 4.49 adalah grafik perbandingan *delay* yang dihasilkan oleh ketiga simulasi.



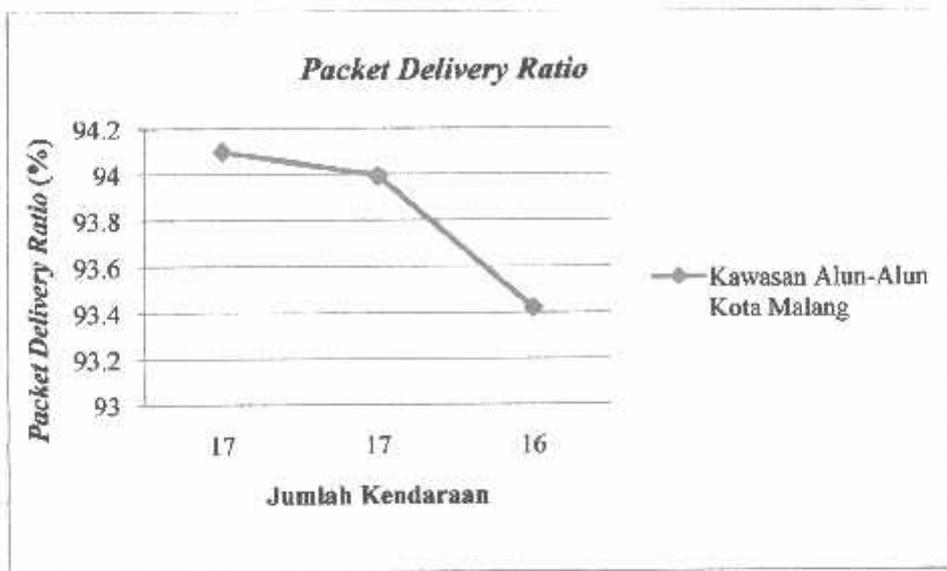
**Gambar 4.49** Grafik Perbandingan *Delay* dari Setiap Simulasi

Meskipun *throughput* dari kedua peta menurun seiring dengan penurunan jumlah kendaraan, *throughput* yang dihasilkan oleh simulasi pertama lebih besar dibandingkan *throughput* hasil simulasi kedua maupun ketiga. Perbandingan nilai *throughput* dari ketiga simulasi, dijelaskan pada gambar 4.50.



**Gambar 4.50** Grafik Perbandingan *Throughput* dari Setiap Simulasi

Gambar 4.51 merupakan grafik yang menjelaskan tentang perbandingan *PDR* antara ketiga simulasi.



**Gambar 4.51** Grafik Perbandingan *Packet Delivery Ratio* dari Setiap Simulasi

Seperti hal-nya *delay* dan *throughput* yang dihasilkan, persentase *PDR* dari kedua peta menurun seiring dengan menurunnya jumlah kendaraan. Persentase *PDR* pada simulasi pertama lebih besar dibandingkan dengan persentase *PDR* yang dihasilkan oleh simulasi kedua maupun ketiga.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Simulasi kepadatan jaringan *VANET* telah berhasil dibuat pada program aplikasi *SUMO* dengan menampilkan pergerakan kendaraan sesuai dengan *input* yang telah ditentukan.
2. Dari hasil analisa, terlihat bahwa *delay* yang dihasilkan simulasi percobaan pertama lebih besar yaitu 0.2032847193 detik dibandingkan dengan kedua percobaan lainnya dengan *delay* 0.1934625145 detik dan 0.1810027155 detik. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah kendaraan, maka *delay* yang dihasilkan semakin besar.
3. Meskipun memiliki *delay* yang lebih besar, simulasi pada percobaan pertama menghasilkan *throughput* dan *PDR* yang lebih baik yaitu dengan nilai *throughput* 106409.383 *byte/sec* dan *PDR* 94.09712 % dibandingkan dengan simulasi pada percobaan kedua dan ketiga yang menghasilkan *throughput* 105536.435 *byte/sec* dan 103092.297 *byte/sec* serta *PDR* 93.99394528 % dan 93.420776 %.
4. Berbedanya perbandingan nilai *delay*, *throughput*, *PDR* disebabkan perbedaan jumlah dan pergerakan kendaraan dari setiap percobaan pada simulasi tersebut.
5. Dari hasil analisa *throughput*, *delay* dan *PDR*, performansi *routing protocol AODV* sudah baik dengan mencapai rata-rata *throughput* 105012.705 *byte/sec*, *delay* 0.192583 detik, dan *PDR* 93.83728043 %.

#### 5.2 Saran

1. Untuk pengembangan selanjutnya, dapat menggunakan perbandingan peta, *routing protocol*, maupun jumlah *node* (kendaraan) yang berbeda.

2. Hasil simulasi *VANET* dapat diimplementasikan pada sistem lalu lintas di Kota Malang.
-

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Eka Pratama, I Putu. 2014. *Handbook Jaringan Komputer*, Bandung: Informatika.
- [2] Feliz Kristianto Karnadi, Zhi Hai Mo, Kun-chan Lan, "Rapid Generation of Realistic Mobility Model for VANET", *IEEE*, 2007
- [3] Luke Klein-Berndt, "A Quick Guide to AODV Routing", *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, US.
- [4] Rakesh Kumar, Mayank Dave, "A Comparative Study of Various Routing Protocol In VANET", *IJCSI*, 2011
- [5] Seenapa, Shilpa. 2014. *The Performance of Realistic Simulation Over Vehicular Networks*. Regina: Saskatchewan.
- [6] Sansierra, Sando. "Macam-Macam Jaringan Nirkabel". 29 Januari 2015. <http://sando-tkj4.blogspot.com/2014/01/macam-macam-jaringan-nirkabel.html>.
- [7] Francisco J. Martinez, Chai Keong Toh, Juan-Carlos Cano, Carlos T. Calafate and Pietro Manzoni, "A Survey and Comparative Study of Simulators for Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs)", *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2011.
- [8] "Network Simulator 2". *University of Berkeley*. 30 Januari 2015. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [9] "Tracegraph – Network Simulator NS-2 Trace Files Analyzer". 4 Februari 2015. [http:// ns-2.blogspot.com/2008/10/trace-graph-network-simulator-ns-2.html](http://ns-2.blogspot.com/2008/10/trace-graph-network-simulator-ns-2.html)

# LAMPIRAN

---



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : DEWI MISNASARI  
 NIM : 1112503  
 Semester : VII  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-I  
 Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**  
**TEKNIK ELEKTRONIKA**  
**TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA**  
**TEKNIK KOMPUTER**  
**TEKNIK TELEKOMUNIKASI**  
 Alamat : JL. PERUSAHAAN 56 E NO. 31 RT 01 - RW 09 DEW. LOSAWI - TUNJUNG TIRTO

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKK) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas  
 Recording Teknik Elektro S-I

*[Signature]*  
 (..... puhan dayani)

Malang, 9 September 2014  
 Pemohon

*[Signature]*  
 (DEWI MISNASARI)

Disetujui  
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

*[Signature]*  
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
 NIP. P. 1030100358

Mengetahui  
 Dosen Wali

*[Signature]*  
 (M. Ibrahim Ashari)

**Catatan:**

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

1 IPK 81,5 / 3-88  
 2 / 132



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-243/EL-FTI/2014

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Bima Aulia Firmandani, ST**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : **DEWI MISNASARI**  
Nim : **1112503**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Komputer**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**" Semester Ganjil Tahun Akademik 2014-2015 "**

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

NIP.P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bundungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karangjo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-243/EL-FTI/2014

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : DEWI MISNASARI  
Nim : 1112503  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Komputer

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Ganjil Tahun Akademik 2014-2015 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

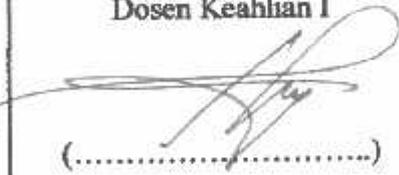
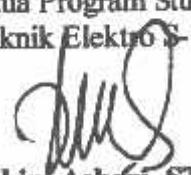
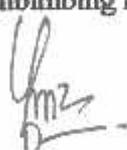
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : Teknik Komputer**

1.	Nim	: 1112503		
2.	Nama	: DEWI MISNASARI		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Komputer		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	2 Oktober 2014	09:00	III.1.4	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS PADA JARINGAN VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET) MENGGUNAKAN SIMULATION OF URBAN MOBILITY (SUMO)		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	 (.....)	(.....)	(.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
 <b>M. Ibrahim Ashari, ST, MT</b> NIP. P 1030100358	Pembimbing I	Pembimbing II		
	 (.....)	 (.....)		





## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Dewi Misnasari  
NIM : 1112503  
Nama Pembimbing : Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST, MT  
Judul Skripsi : Simulasi dan Analisa Kepadatan Lalu Lintas pada Jaringan  
*Vehicle Ad Hoc Network (VANET) Menggunakan  
Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Sabtu 8/11	10:00	- Tutorial SUMO	
2	Sabtu 20/11	12:30	- Dasar Rancangan	
3	Rabu 10/12	11:30	- Progress (sumo)	
4	Rabu 17/12	09:30	- Sumo + NS	
5	Jumat 19/12	10:00	- Gambar peta malang	
6	Senin 22/12	10:00	- Grafik	
7	Jumat 9/1	10:00	- Rancangan Vardit	

Malang, Jumat 09 Januari 2015

Pembimbing

**Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST, MT**  
NIP. 1030800417



## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Dewi Misnasari  
NIM : 1112503  
Nama Pembimbing : Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT  
Judul Skripsi : Simulasi dan Analisa Kepadatan Lalu Lintas pada Jaringan  
*Vehicular Ad Hoc Network (VANET) Menggunakan  
Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	Rabu 14/1/15	13:00	MOVE!	
9	Senin 19/1/15	12:00	Exp. graphs	
10	Jumat 23/1/15	11:00	Bab 1 & 3	
11	Kamis 5/2/15	12:30	Makalah Seminar	
12	Rabu 11/2/15	12:00	Bab 2 & 4	
13	Sabtu 14/2/15	11:00	Bab 2	
14				

Malang, .....

Pembimbing

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT  
NIP 1030800417



## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Dewi Misnasari  
NIM : 1112503  
Nama Pembimbing : Bima Aulia Firmandani, ST  
Judul Skripsi : Simulasi dan Analisa Kepadatan Lalu Lintas pada Jaringan  
*Vehicular Ad Hoc Network (VANET) Menggunakan  
Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Rabu, 15 Oktober 2014	13.00	→ Instalasi SUMO	
2	Kamis, 6 November 2014	13.00	→ Instalasi NS2 trabal shooting	
3	Sabtu, 29 November 2014	12.30	→ Perancangan peta digital → Simulasi SUMO dgn peta	
4	Rabu, 10 Des 2014	12.00	→ SUMO DIKORALAM.	
5	Jumat 19-12-2014	19.00	→ Literatur NS. → Buat/cara membuat NS.	
6	Jumat 9-01-2015	10.30	→ konsultasi grafik	
7	Senin 12-01-2015	09.30	→ Literatur grafik	

Malang, 12 Januari 2015

Pembimbing

**Bima Aulia Firmandani, ST**

NIP. ....



## MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Dewi Misnasari  
NIM : 1112503  
Nama Pembimbing : Bima Aulia Firmandani, ST  
Judul Skripsi : Simulasi dan Analisa Kepadatan Lalu Lintas pada Jaringan  
*Vehicular Ad Hoc Network (VANET) Menggunakan  
Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	Selasa, 13 Januari 2015	13.00	DISKUSI hasil STAKE	
9	Rabu, 14 Januari 2015	13.00	Laporan BAB I	
10	Senin, 19 Januari 2015	09.00	Revisi Laporan BAB I	
11	Rabu, 21 Januari 2015	11.00	Laporan BAB II	
12	23 Januari 2015	10.30	Revisi Laporan BAB II	
13	Rabu, 28 Januari 2015	11.30	Laporan BAB III	
14				

Malang, .....

Pembimbing

**Bima Aulia Firmandani, ST**  
NIP. ....



## MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : DEWI MISNASARI  
NIM : 1112503  
Nama Pembimbing : 1. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT  
2. Bima Aulia Firmandani, ST  
Tempat Skripsi : Laboratorium Pemrograman Komputer dan Multimedia  
Judul Skripsi : SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS  
PADA JARINGAN *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)*  
MENGUNAKAN *SIMULATION URBAN OF MOBILITY (SUMO)*

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka. Lab.
1	Kamis, 9 oktober 2014	09.00	Instalasi SUMO	
2	Jumat, 24 oktober 2014	10.00	Instalasi MOVE	
3	Selasa, 28 oktober 2014	09.30	Instalasi VIS-2	
4	Selasa, 4 oktober 2014	09.00	Convert peta	
5	Senin, 10 oktober 2014	09.30	penentuan node pada peta	
6	Selasa, 18 oktober 2014	11.00	penentuan edge dan flow pada peta	
7	Kamis, 27 oktober 2014	10.00	Menentukan turn dan koneksi dengan SUMO	

Malang, 27 oktober 2014

Kepala Laboratorium  
Pemrograman Komputer dan Multimedia

**Sotvohadi, ST**  
NIP Y. 1039700309



## MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : Dewi Misnasari  
NIM : 1112503  
Nama Pembimbing : 1. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT  
2. Bima Aulia Firmandani, ST  
Tempat Skripsi : Laboratorium Pemrograman Komputer dan Multimedia  
Judul Skripsi : Simulasi dan Analisa Kepadatan Lalu Lintas pada Jaringan  
*Vehicular Ad Hoc Network (VANET) Menggunakan  
Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
8	Rabu, 3 Desember 2014	09.00	Pemeliharaan . nam file pada NS-2	<i>[Signature]</i>
9	Rabu, 10 Desember 2014	10.00	Pengecekan kemajuan sebagai persiapan Seminar Progress	<i>[Signature]</i>
10	Selasa, 16 Desember 2014	11.00	Review masukan saat seminar progress	<i>[Signature]</i>
11	Senin, 22 Desember 2014	09.30	Instalasi tracegraph	<i>[Signature]</i>
12	Kamis, 8 Januari 2015	11.30	Mencari literatur pembuatan grafik	<i>[Signature]</i>
13	Selasa, 13 Januari 2015	10.00	Mencari literatur pembuatan grafik	<i>[Signature]</i>
14	14 Januari 2015	10.30	pembuatan grafik	<i>[Signature]</i>

Malang, 14 Januari 2015

Kepala Laboratorium Pemrograman  
Komputer dan Multimedia

Ir. Botvohadi  
NIP Y. 1039700309

ARSIP JURUSAN / RECORDING

**SURAT PUAS TUGAS / PRAKTIKUM**

Nomor : ITN \_\_\_\_\_ / SPT / 200 \_\_\_\_

Menerangkan bahwa mahasiswa :

Nama : Dewi Misnasari NIM : 1112503  
Jurusan : Teknik Elektro - Teknik Komputer  
Angkatan : 2011 ( )  
Telah menyelesaikan tugas : Skripsi  
Semester : VII ( Tujuh )  
Dengan Hasil : 93

Malang, 17 Februari 2015

Dosen / Asisten ybs.

UNTUK MAHASISWA

**SURAT PUAS TUGAS / PRAKTIKUM**

Nomor : ITN \_\_\_\_\_ / SPT / 200 \_\_\_\_

Menerangkan bahwa mahasiswa :

Nama : Dewi Misnasari NIM : 1112503  
Jurusan : Teknik Elektro - Teknik Komputer  
Angkatan : 2011 ( )  
Telah menyelesaikan tugas : Skripsi  
Semester : VII ( Tujuh )  
Dengan Hasil : 93

Malang, 17 Februari 2015

Dosen / Asisten ybs.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jangjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : DEWI MIBNASARI  
NIM :  
Perbaikan meliputi : 1112503

Data dibuat riil

Malang,

( *Jurany* )



## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi program studi teknik elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada:

Hari : Sabtu  
Tanggal : 21 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh:

Nama : Dewi Misnasari  
NIM : 1112503  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Komputer  
Judul Skripsi : **SIMULASI DAN ANALISA KEPADATAN LALU LINTAS PADA JARINGAN *VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)* MENGGUNAKAN *SIMULATION OF URBAN MOBILITY (SUMO)***

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Menggunakan Data Riil	

Dosen Penguji I,

**Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT**  
NIP P. 1030100365

Dosen Penguji II,

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
NIP Y. 1018800189

Dosen Pembimbing I,

**Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST, MT**  
NIP P. 1030800417

Dosen Pembimbing II,

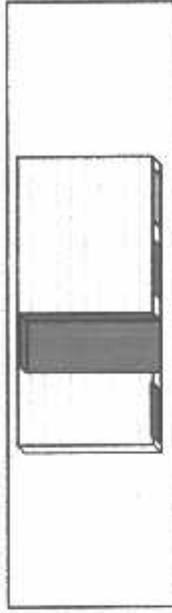
**Bima Aulia Firmandani, ST**



# Results are Ready!

Plagiarism-Detector

Selected Report Details:



Quoted: 0 %  
 Linked: 0 %

Autoblast status: undefined...

Generated Reports: click once to view short details, double-click to view detailed analysis

### Filter Settings:

Check type:

- show all
- show internet only
- show database only

Date:  Filter by Date:  Match

Sorting:

- by generation time
- by plagiarism %
- by references %

View Style:

- detailed\chart
- compact\compare

Plagiarism Alert Threshold %

0 %  - Display only higher than:

Diagram:	Date:	Checked Document Name:	Check Ty
	3/19/2015 9:07:05 AM	journal.docx	Internet
	3/19/2015 7:36:20 AM	BAB 1.docx	Internet

Recommended:

- View in Advanced Report Viewer
- Open the selected report in Browsers
- Open reports folder
- Delete all
- Delete selected
- Refresh (reload available reports)

[Reports List Loading Progress:]



## AUTOBIOGRAFI PENULIS



Penulis skripsi ini bernama Dewi Misnasari yang akrab dipanggil Dewi, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara, lahir di kota Denpasar pada tanggal 11 Januari 1994. Penulis adalah alumni SMPN 5 Denpasar yang lulus pada tahun 2008 dan SMKN 1 Denpasar tamatan 2011. Penulis melanjutkan pendidikannya di ITN Malang pada tahun 2011 hingga 2015. Hingga saat ini, penulis mempunyai hobi membaca, baik karya tulis yang bernilai ilmiah, seni, fiksi, maupun non fiksi. Cita-cita

penulis adalah ingin menjadi seorang profesional yang dapat bermanfaat bagi keluarga dan orang sekitar. Penulis dapat dihubungi melalui email [dewimisnasari94@gmail.com](mailto:dewimisnasari94@gmail.com).

---