

SKRIPSI

**PERBANDINGAN *ROUTING PROTOCOL* REAKTIF DAN
PROAKTIF MENGGUNAKAN SIMULASI SUMO DAN NS3 DI
JARINGAN VANET (STUDI KASUS PADA KAWASAN
PANTAI LOSARI, KOTA MAKASSAR)**

Disusun dan diajukan oleh:

**IHSANUL AHSAN. B
D041 18 1005**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PERBANDINGAN *ROUTING PROTOCOL* REAKTIF DAN PROAKTIF
MENGUNAKAN SIMULASI SUMO DAN NS3 DI JARINGAN VANET
(STUDI KASUS PADA KAWASAN PANTAI LOSARI,
KOTA MAKASSAR)**

Disusun dan diajukan oleh:

IHSANUL AHSAN. B

D041 18 1005


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 22 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

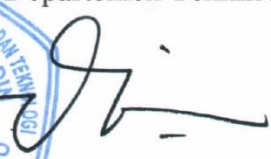
Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. Andani Achmad, MT.
NIP. 19601231 198703 1 022


Dr. Eng. Wardi, ST., M.Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003

Ketua Departemen Teknik Elektro,




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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Ihsanul Ahsan. B
NIM : D041181005
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

PERBANDINGAN *ROUTING PROTOCOL* REAKTIF DAN PROAKTIF
MENGUNAKAN SIMULASI SUMO DAN NS3 DI JARINGAN VANET
(STUDI KASUS PADA KAWASAN PANTAI LOSARI, KOTA MAKASSAR)

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

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

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

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

Gowa, 14 Maret 2023

Yang menyatakan



Ihsanul Ahsan. B

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena hanya atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini berjudul **“Perbandingan *Routing Protocol* Reaktif dan Proaktif Menggunakan Simulasi SUMO dan NS3 Di Jaringan VANET (Studi Kasus pada Kawasan Pantai Losari, Kota Makassar)”** Penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 di Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, sangatlah sulit untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Baik di masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan Kesehatan dan keselamatan selama melakukan penelitian Proyek Akhir ini.
2. Rasulullah Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam sebagai panutan serta tauladan dalam berahlak, bermuamalah dan menjalankan amanah serta sunnah beliau dalam melaksanakan penelitian tugas akhir.
3. Orang Tua tercinta penulis dan keluarga, yang telah memberikan dukungan moril maupun materil serta doa yang tak pernah putus selama penulis menjalani pendidikan hingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Andani Achmad, M.T., selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah menyempatkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.
5. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., selaku penguji utama dan Bapak Asran Budi Arief, S.T., M.T., selaku penguji kedua yang telah memberi saran dan kritikan dalam penyusunan tugas akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen/Staf di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas didikan dan arahnya selama masa perkuliahan.

7. Teman-teman Metong Squad; Nismel, Atend, Firdha, Tirsa, Marwa, Diah, Fathur, Ardy, Randy, Naufal, dan Ahmad yang menemani penulis healing jika dibutuhkan.
8. Teman-teman Lab. Jaringan Komputer; Kiky, Amirul, Fina, Rani, Muslimin, Renia, dan Opi yang selalu menemani penulis selama penelitian di laboratorium.
9. Teman-teman CAL18RATOR yang telah banyak menemani penulis baik suka maupun duka dari awal hingga akhir perkuliahan.
10. Semua orang yang telah membantu dan menginspirasi penulis namun tidak sempat disebutkan.
11. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.*

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini mungkin masih terdapat kekurangan, oleh karenanya penulis mengharapkan saran serta masukan yang membangun darisemua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi penulis sendiri maupun kepentingan bersama.

Gowa, Februari 2023

Penulis

ABSTRAK

IHSANUL AHSAN. B. *Perbandingan Routing Protocol Reaktif dan Proaktif Menggunakan Simulasi SUMO dan NS3 Di Jaringan VANET (Studi Kasus pada Kawasan Pantai Losari, Kota Makassar)* (dibimbing oleh Achmad dan Wardi).

Perkembangan *Information Communication Technology* sekarang ini mengalami peningkatan yang cepat. Seiring dengan perkembangan tersebut, ditemukan pula permasalahan yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu teknologi yang dapat membantu dalam menyelesaikan permasalahan ini dengan menggunakan teknologi *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) yang memungkinkan produktivitas dan mobilitas yang baik dan efisien. VANET merupakan jaringan nirkabel dan sub bagian dari *Mobile Ad-Hoc Network* yang merepresentasikan *node* sebagai kendaraan dan jalan raya sebagai rute yang akan dilalui oleh kendaraan atau *node* tersebut. Di wilayah perkotaan, pergerakan kendaraan tidak dapat diprediksi karena adanya perubahan laju kecepatan dan distribusi yang tidak merata. Penelitian ini akan membandingkan kinerja dari *routing protocol* reaktif (AODV) dan proaktif (OLSR) dengan skenario simulasi di kawasan Pantai Losari, Kota Makassar. Pengujian kinerja *routing protocol* tersebut menggunakan parameter pengujian *Quality of Service* diantaranya *packet delivery ratio* (PDR), *end to end delay* (E2ED), dan *throughput*. Dari penelitian dengan menggunakan skenario 50, 80 dan 110 *node* diketahui OLSR dengan performa terbaik di skenario 50 *node* pada PDR sebesar 87,4%, E2ED sebesar 0,09311 ms, dan *throughput* sebesar 2,43002 Kbps. Sementara untuk AODV dengan performa terbaik di skenario 50 *node* dengan PDR sebesar 89,2%, E2ED dengan nilai 1,72425 ms, dan *throughput* sebesar 2,05873 Kbps. Sehingga *routing protocol* OLSR merupakan *routing protocol* yang sesuai digunakan untuk wilayah perkotaan dengan jumlah kendaraan yang cukup padat. Sementara untuk AODV dapat digunakan dalam berbagai kondisi mobilitas tidak padat dan mudah beradaptasi.

Kata Kunci: *routing protocol*, VANET, AODV, OLSR

ABSTRACT

IHSANUL AHSAN. B. *Comparison of Reactive and Proactive Routing Protocols Using SUMO and NS3 Simulations in VANET Networks (Case Study in the Losari Beach Area, Makassar City)* (supervised by Achmad and Wardi)

The development of Information Communication Technology is currently experiencing rapidly increase. Along with these developments, there are also problems that we can find in everyday life. One technology that can help solve this problem is by using Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) technology which is enables good and efficient productivity and mobility. VANET is a wireless network and a subsection of the Mobile Ad-Hoc Network which represents nodes as vehicles and highways as routes that will be traversed by these vehicles or nodes. In urban areas, we cannot predict the movement of vehicles because of changes in speed and uneven distribution. This study will compare the performance of reactive (AODV) and proactive (OLSR) routing protocols with simulation scenario in the Losari Beach area, Makassar City. The routing protocol performance test uses Quality of Service test parameters including packet delivery ratio (PDR), end to end delay (E2ED), and throughput. Using scenarios research of 50, 80 and 110 nodes, it is known that OLSR has the best performance in the 50 node scenario at a PDR of 87.4%, E2ED of 0.09311 ms, and throughput of 2.43002 Kbps. Meanwhile for AODV with the best performance in the 50 node scenario with a PDR of 89.2%, E2ED with a value of 1.72425 ms, and a throughput of 2.05873 Kbps. So that the OLSR routing protocol is a suitable routing protocol for urban areas with a fairly dense number of vehicles. Meanwhile, AODV can be used in various conditions, mobility is not dense and easy to adapt.

Keywords: routing protocol, VANET , AODV, OLSR

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. <i>Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)</i>	6
2.3. IEEE 802.11p.....	7
2.4. <i>Routing Protocol</i>	8
2.2.1. <i>Routing protocol</i> reaktif.....	8
2.2.2. <i>Routing protocol</i> proaktif	9
2.5. <i>AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector)</i>	9
2.6. <i>OLSR (Optimized Link State Routing)</i>	10
2.7. Propagasi <i>Two Ray Ground</i>	12
2.8. Parameter Pengujian (QoS).....	13
2.6.1. <i>Packet delivery ratio (PDR)</i>	13
2.6.2. <i>End to end delay (E2ED)</i>	14
2.6.3. <i>Throughput</i>	14
2.9. <i>Simulation of Urban Mobility (SUMO)</i>	14
2.10. Network Simulator 3 (NS-3).....	15
2.11. <i>Java OpenStreetMap (JOSM)</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1. Rancangan Penelitian	16
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian	17
3.3. Kebutuhan Sistem	18
3.3.1. Kebutuhan perangkat keras	18
3.3.2. Kebutuhan perangkat lunak	19
3.4. Perancangan Sistem	19
3.4.1. <i>Input dan output data</i>	19
3.4.2. Parameter simulasi.....	21
3.4.3. Perancangan peta simulasi.....	23
3.4.4. Perancangan simulasi jaringan VANET	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26

4.1. Perancangan Skenario Simulasi	26
4.1.1. Pembuatan peta simulasi	26
4.1.2. Konversi <i>file.osm</i> di aplikasi SUMO.....	27
4.1.3. Konfigurasi <i>file vanet-routing-compare.cc</i>	32
4.2. Pengujian Konfigurasi.....	34
4.3. Hasil Uji Coba.....	36
4.3.1. Skenario 1	36
4.3.2. Skenario 2	38
4.4. Pengujian <i>Quality of Service (QoS)</i>	40
4.4.1. Hasil pengujian <i>packet delivery ratio</i>	40
4.4.2. Hasil pengujian <i>end to end delay</i>	42
4.4.3. Hasil pengujian <i>throughput</i>	44
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Simpulan	47
5.2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kategori <i>packet delivery ratio</i>	13
Tabel 2 Kategori <i>end to end delay</i>	14
Tabel 3 Jadwal pelaksanaan penelitian	17
Tabel 4 Spesifikasi perangkat keras	19
Tabel 5 Parameter simulasi skenario 1.....	22
Tabel 6 Parameter simulasi skenario 2.....	22
Tabel 7 Variasi kecepatan <i>node</i>	30
Tabel 8 Hasil <i>quality of service</i> skenario 1	36
Tabel 9 Hasil <i>quality of service</i> skenario 2	38
Tabel 10 Perbandingan <i>packet delivery ratio</i> AODV dan OLSR	40
Tabel 11 Perbandingan <i>end to end delay</i> AODV dan OLSR.....	42
Tabel 12 Perbandingan <i>throughput</i> AODV dan OLSR	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Penentuan rute AODV	10
Gambar 2 Topologi <i>multipoint relay</i> pada OLSR.....	11
Gambar 3 Diagram alir penelitian.....	16
Gambar 4 Peta kawasan penelitian	18
Gambar 5 Alur pembuatan skenario peta pada SUMO.....	24
Gambar 6 Alur perancangan simulasi jaringan VANET	25
Gambar 7 Tampilan saat pengunduhan peta kawasan Pantai Losari	26
Gambar 8 Proses penyuntingan *.osm pada JOSM	27
Gambar 9 Tampilan map pada aplikasi SUMO	29
Gambar 10 Perbedaan warna tiap <i>node</i>	29
Gambar 11 Konfigurasi warna kecepatan <i>node</i>	30
Gambar 12 Tampilan <i>skenario.tcl</i>	31
Gambar 13 Tampilan <i>mobility.tcl</i>	32
Gambar 14 Tampilan <i>activity.tcl</i>	32
Gambar 15 Proses pengiriman paket menggunakan <i>routing protocol</i> OLSR dengan 50 <i>node</i>	33
Gambar 16 Hasil pengiriman paket menggunakan <i>routing protocol</i> OLSR dengan 50 <i>node</i>	33
Gambar 17 Proses pengiriman paket menggunakan <i>routing protocol</i> AODV dengan 50 <i>node</i>	34
Gambar 18 Hasil pengiriman paket menggunakan <i>routing protocol</i> AODV dengan 50 <i>node</i>	34
Gambar 19 Animasi pengiriman paket pada <i>NetAnim</i> menggunakan AODV	35
Gambar 20 Animasi pengiriman paket pada <i>NetAnim</i> menggunakan OLSR	35
Gambar 21 <i>Packet delivery ratio</i> skenario 1	37
Gambar 22 <i>End to end delay</i> skenario 1	37
Gambar 23 <i>Throughput</i> skenario 1	38
Gambar 24 <i>Packet delivery ratio</i> skenario 2.....	39
Gambar 25 <i>End to end delay</i> skenario 2	39
Gambar 26 <i>Throughput</i> skenario 2	39
Gambar 27 Grafik perbandingan <i>packet delivery ratio</i> AODV dan OLSR.....	40
Gambar 28 Grafik perbandingan <i>end to end delay</i> AODV dan OLSR.....	42
Gambar 29 Grafik perbandingan <i>throughput</i> AODV dan OLSR	44

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Isi <i>skenario.tcl</i>	51
LAMPIRAN 2	Isi <i>mobility.tcl</i>	52
LAMPIRAN 3	Isi <i>activity.tcl</i>	61
LAMPIRAN 4	Konfigurasi AODV <i>vanet-routing-compare.cc</i>	64
LAMPIRAN 5	<i>Network Performance Calculation</i>	67

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AODV	Ad Hoc On Demand Distance Vector
E2ED	End to End Delay
ITS	Intelligent Transport System
JOSM	Java OpenStreetMap
MANET	Mobile Ad-Hoc Network
MID	Multiple Interface Declaration
MPR	Multipoint Relay
NS-3	Network Simulator 3
OLSR	Optimized Link State Routing
PDR	Packet Delivery Ratio
QoS	Quality of Service
SUMO	Simulation of Urban Mobility
TC	Topology Control
TIPHON	Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks
UDP	User Data Protocol
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
VANET	Vehicular Ad-Hoc Network

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan *Information Communication Technology* (ICT) sekarang ini mengalami peningkatan yang cepat. Seiring dengan perkembangan tersebut, ditemukan pula permasalahan yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu masalah yang sering dijumpai dalam kota adalah kecelakaan lalu lintas, kemacetan dan pencarian rute alternatif. Komunikasi antar kendaraan yang efisien dan *real time* sangat dibutuhkan dengan pengembangan *Intelligent Transportation System* (ITS) dimana kendaraan saling terhubung langsung dan membentuk jaringan (Hidayah, Indrabayu, & Areni, 2018).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Makassar, jumlah kendaraan bermotor di tahun 2020 telah mencapai 1.690.457 unit, dengan jumlah sebanyak itu akan mengakibatkan kemacetan dan kecelakaan lalu lintas (Sulsel, 2021). Meskipun pengaturan *traffic*, perluasan jalan, serta pembangunan jalan tol telah dilakukan namun solusi ini tidak mampu menyelesaikan permasalahan tersebut.

Salah satu teknologi yang dapat membantu dalam menyelesaikan permasalahan ini dengan menggunakan teknologi *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) yang memungkinkan produktivitas dan mobilitas yang baik dan efisien. VANET merupakan jaringan nirkabel dan sub bagian dari *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) yang merepresentasikan *node* sebagai kendaraan dan rute sebagai jalan raya yang akan dilalui oleh kendaraan atau *node* tersebut (Chhabra, Gupta, & Almomani, 2013). Dalam melakukan komunikasi, *node* menggunakan *routing protocol* untuk mengirimkan paket data yang bersifat statis, dimana perutean paket akan mengikuti gerakan *node* yang mengakibatkan jaringan VANET bersifat dinamis. Karena hal inilah yang mempengaruhi kinerja dari suatu *routing protocol*. Di wilayah perkotaan, pergerakan kendaraan tidak dapat diprediksi karena adanya perubahan laju kecepatan dan distribusi yang tidak merata (Hidayah, Indrabayu, & Areni, 2018).

Routing protocol untuk VANET dibagi menjadi beberapa kelompok, *routing protocol* berdasarkan topologi menjadi 2 kelompok, yaitu: protokol reaktif dan protokol proaktif (Aziza & Puji Catur Siswipraptini, 2017) (Paul, Ibrahim, & Bikas, 2011). *Routing protocol* ini merupakan kunci utama dalam terbentuknya sebuah komunikasi antar kendaraan yang handal, kontinu, dan aman. AODV merupakan *routing protocol* reaktif yang dapat digunakan untuk mendukung komunikasi unicast atau multicast (Aziza & Puji Catur Siswipraptini, 2017). OLSR protokol perutean proaktif yang menentukan tabel peruteannya dengan memperbarui tabel peruteannya setiap kali tautan berubah yang menggunakan teknik multipoint relaying untuk meminimalkan *overhead* jaringan karena *flooding* manajemen rute (Anisa, Munadi, & Negara, 2016).

Penelitian ini akan membandingkan kinerja dari *routing protocol* reaktif dan proaktif dengan skenario simulasi di kawasan Pantai Losari, Kota Makassar. Parameter uji kinerja dalam penelitian ini adalah *Packet Delivery Ratio* merupakan perbandingan antara jumlah paket yang diterima oleh *node* tujuan dengan jumlah paket yang dikirim oleh *node* sumber, *End to End Delay* merupakan jumlah dari keseluruhan *delay* rata-rata paket yang berhasil diterima selama proses pengiriman paket berdasarkan waktu simulasi, dan *Throughput* ialah istilah yang mendefinisikan bilangan bit yang diterima dalam selang masa tertentu, diukur dalam Kilobit per *second*.

Penelitian ini akan mensimulasikan *routing protocol* menggunakan *Network Simulator 3* (NS3), *Simulation for Urban Mobility* (SUMO), serta *OpenStreetMap* yang akan digunakan untuk pengambilan rute simulasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai kinerja dari *routing protocol* reaktif dan proaktif di jaringan VANET, serta membantu dalam mengurangi kemacetan dan kecelakaan akibat bertambahnya jumlah kendaraan di jalan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka dapat rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan kinerja antara *routing protocol* AODV dan OLSR di jaringan VANET?
2. Bagaimana *routing protocol* yang cocok diterapkan Pantai Losari, Kota Makassar?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis perbandingan kinerja *routing protocol* AODV dan OLSR di jaringan VANET.
2. Menetapkan *routing protocol* yang cocok diterapkan di kawasan Pantai Losari, Kota Makassar.

Setelah dilakukannya proses penelitian ini diharapkan memperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran mengenai kinerja *routing protocol* AODV dan OLSR di jaringan VANET.
2. Mengetahui *routing protocol* yang cocok diterapkan di kawasan Pantai Losari, Kota Makassar.

1.4. Ruang Lingkup

Adapun batasan pekerjaan yang ditentukan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jaringan yang digunakan adalah VANET dengan peta kawasan Pantai Losari, Kota Makassar.
2. Tipe pe-*routing*-an yang digunakan adalah AODV dan OLSR.
3. *Software* simulasi yang digunakan adalah *Network Simulator 3* (NS3) dan *Simulation of Urban Mobility* (SUMO).
4. Tidak membahas tentang keamanan jaringan.
5. Parameter perbandingan yang digunakan yaitu *Packet Delivery Ratio*, *End to End Delay*, dan *Throughput*.

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran mengenai tugas akhir ini, maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori dasar yang relevan dengan bahan penelitian yang bersumber dari referensi-referensi baik berupa buku, jurnal, artikel ilmiah, internet, dan lain-lain.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang waktu dan tempat penelitian, perancangan yang akan disimulasikan pada VANET.

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS

Dalam bab ini berisi tentang hasil, pembahasan dan implementasi dari system yang dibuat.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Studi literatur sejenis dilakukan dengan mencari jurnal penelitian yang berkaitan dengan topik penelitian. Ini bertujuan untuk membandingkan dan melengkapi studi dengan tema serupa. Perbandingan dilakukan untuk menghindari kesamaan subjek penelitian dari segi objek, algoritma, dan parameter yang digunakan. Perbandingan juga dapat memberikan arahan agar topik penelitian dapat dikembangkan.

Pada penelitian oleh Firdaus Nutrihadi, Radityo Anggoro, dan Royyana Muslin Ijtihadie, dilakukan sebuah studi kinerja VANET untuk implementasi *routing protocol* AODV pada dua generator yaitu SUMO dan VanetMobisim, dengan parameter simulasi yang digunakan adalah jumlah *node* kisaran 50 hingga 125 dengan area simulasi $1500 \times 1500 \text{ m}^2$, kecepatan pergerakan *node* maksimal 15 m/s, dan menggunakan pergerakan *Random WayPoint*. Kinerja dari protokol ini diukur menggunakan parameter-parameter QoS seperti *Packet Delivery Ratio*, *End to End Delay*, dan *Routing Overhead*. Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa *routing protocol* AODV memiliki performa yang baik dan stabil pada SUMO dibandingkan VanetMobisim dan nilai PDR yang semakin besar memberikan RO yang semakin kecil.

Pada penelitian Rianda Anisa, Rendy Munadi, dan Ridha Muldina Negara, dilakukan perbandingan terhadap dua macam *routing protocol* yaitu OLSR dan AOMDV pada jaringan VANET dengan berbagai parameter simulasi adalah menggunakan jumlah *node* 80, 120, 160, dan 200 dengan kecepatan minimal 20 km/jam maksimal 50 km/jam. Perbandingan antara protokol tersebut dilihat dari hasil pengamatan terhadap *Packet Delivery Ratio*, *Average Throughput*, *Average End to End Delay*, *Normalized Routing Load*, dan *Routing Overhead*. Hasil dari penelitian ini bahwa AOMDV lebih unggul hampir pada semua metrik performansi. Dari hasil yang di dapat perubahan jumlah *node* dan perubahan kecepatan *node* mempengaruhi performansi dari *routing protocol*. Begitu juga pada perubahan kecepatan semakin cepat suatu *node* akan menyebabkan jarak

antar *node* semakin jauh dan menyebabkan kemungkinan terjadinya *link failure* akan semakin tinggi.

Pada penelitian Ahmad Romadan, Linna Oktaviana Sari dan Ery Safrianti, dilakukan analisis terhadap kinerja protokol OLSR dan protokol DSR dengan parameter simulasi yang dilakukan adalah jumlah *node* 20, 50, 100, dan 120 dengan area simulasi $7426 \times 6926 \text{ m}^2$ pada peta dengan kondisi lingkungan *urban*. Parameter pengujian yang digunakan untuk menguji kinerja dari *routing protocol* adalah *packet delivery ratio* (PDR), dan *end to end delay*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *routing protocol* DSR unggul pada *packet delivery ratio*. Sedangkan *routing protocol* OLSR unggul pada *end-to-end delay*.

Penelitian yang dilakukan oleh Yonas Sidharta, menganalisis *reactive routing protocol* AODV dan DSR. Kinerja jaringan yang diukur adalah *throughput*, *delay*, *jitter*, *packet delivery ratio*, *packet loss*, dan *routing overhead* pada skenario yang berbeda berdasarkan penambahan jumlah *node* dan jumlah koneksi. Simulasi dilakukan menggunakan NS2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *routing protocol* DSR lebih baik berdasarkan parameter jaringan *delay*, *jitter*, *packet delivery ratio*, *packet loss*, dan *routing overhead* dibandingkan AODV untuk skenario berdasarkan penambahan jumlah *node* dan jumlah koneksi.

2.2. Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)

Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) merupakan bagian dari *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) yang menghubungkan kendaraan antara satu sama lain melalui sebuah jaringan *Ad-Hoc* yang memungkinkan terjadinya komunikasi antar kendaraan sebagai pengembangan *Intelligent Transport System* (ITS) dengan tujuan meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara (Gadkari & Sambre, 2012).

Kepentingan peningkatan baru-baru ini telah diajukan pada aplikasi melalui komunikasi V2V (*Vehicle to Vehicle*) dan V2I (*Vehicle to Infrastructure*), bertujuan untuk meningkatkan keselamatan mengemudi dan manajemen lalu lintas sementara bagi para pengemudi dan penumpang. Dalam VANET, RSU (*Road Side Unit*) dapat memberikan bantuan dalam menemukan fasilitas seperti restoran dan pom bensin serta mem-broadcast pesan yang terkait seperti kecepatan

kendaraan kepada pengendara lain. Sebagai contoh sebuah kendaraan dapat terhubung dengan lampu lalu lintas melalui komunikasi V2I dan lampu lalu lintas dapat memberikan informasi ke kendaraan ketika dalam keadaan lampu ke kuning atau merah. Ini dapat berfungsi sebagai tanda pemberitahuan kepada pengemudi dan akan sangat membantu para pengendara ketika mereka sedang berkendara selama kondisi cuaca buruk atau di daerah asing. Hal ini dapat mengurangi terjadinya kecelakaan (Gadkari & Sambre, 2012). Melalui komunikasi V2V, pengendara bisa mendapatkan informasi yang lebih cepat dan lebih baik serta mengambil tindakan awal untuk menghadapi situasi yang abnormal. Untuk mencapai hal ini, suatu OBU (On-Board Unit) secara teratur menyiarkan pesan yang terkait dengan informasi dari posisi pengendara, waktu sekarang, arah pengemudian, kecepatan, status rem, lampu sen, percepatan/perlambatan, kondisi jalan (Nazibullah, 2020).

2.3. IEEE 802.11p

IEEE 802.11p merupakan penyempurnaan standar IEEE 802.11 untuk mengakses WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) yang diperlukan untuk mendukung pengaplikasian ITS (*Intelligent Transportation System*) termasuk pertukaran data antar kendaraan dengan kecepatan tinggi serta antar kendaraan dan infrastruktur (Miao, Djouani, Wyk, & Hamam, 2013).

Standar IEEE 802.11p beroperasi pada *bandwidth* 10 MHz dan *frequency* 5,9 GHz dengan menggunakan sistem *multiplexing* OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) dan dapat mencapai kecepatan penransmisian data antara 6 – 27 Mbps (Ilmal Alifriansyah Rahardjo & Arunanto, 2017). Standar IEEE 802.11p ini diharapkan mampu mendukung komunikasi V2V dan V2I dengan jarak maksimum 350 meter dan dengan kecepatan kendaraan, absolut maupun *relative*, hingga 30 m/menit (108 km/jam) pada beberapa macam kondisi, yaitu : pedesaan, perkotaan dan jalan raya (Teixeira, Silva, Leoni, Macedo, & Nogueira, 2014).

2.4. *Routing Protocol*

Mekanisme routing pada jaringan vehicular bertanggung jawab menjaga supaya pertukaran informasi, mengenai topologi jaringan dan kondisi tiap jalur (*link state*), antar *node* yang sebagian besar mobil dapat berlangsung terus menerus. Informasi tersebut diperlukan untuk menentukan rute terbaik dan memelihara jalur komunikasi yang terbentuk antar sepasang *node* pada jaringan. Jadi, *routing protocol* di VANET merupakan kunci untuk terbentuknya komunikasi antar kendaraan yang handal, kontinyu, dan aman.

Selain itu, *routing protocol* juga harus memperhatikan jenis aplikasi pada VANET. Aplikasi yang menyangkut keselamatan berlalu-lintas memerlukan *routing protocol* yang mampu menjamin waktu pengiriman yang tepat (*strict time delay*). Maka *routing protocol* yang dikembangkan untuk lingkungan VANET perlu memiliki kemampuan-kemampuan sebagai berikut (Aziza & Puji Catur Siswipraptini, 2017):

- 1) Mampu membentuk rute secara dinamis dan mempertahankan rute selama proses komunikasi,
- 2) Mampu menemukan rute alternatif jika ada jalur yang putus,
- 3) Mampu menentukan jalur optimal untuk mengurangi waktu untuk perutean,
- 4) Mampu menyediakan banyak jalur dalam suatu jaringan untuk menghindari kemacetan data (*congestion*),
- 5) Mampu bekerja dengan baik di lingkungan jalan raya (*highway*) dan perkotaan (*urban*) dengan kondisi trafik yang padat, maupun sepi.

Routing protocol untuk VANET dibagi menjadi beberapa kelompok. Mega Chhabra membagi *routing protocol* berdasarkan topologi menjadi 2 kelompok, yaitu: protokol reaktif dan protokol proaktif. (Chhabra, Gupta, & Almomani, 2013) (Paul, Ibrahim, & Bikas, 2011).

2.2.1. *Routing protocol reaktif*

Routing protocol reaktif bersifat *on-demand*, yang berarti protokol tersebut menetapkan rute dari *node* sumber ke *node* tujuan hanya atas permintaan *node* sumber. Dengan cara ini, proses pencarian rute dilakukan hanya ketika *node* sumber perlu berkomunikasi dengan *node* tujuan. Tabel *routing* yang dimiliki

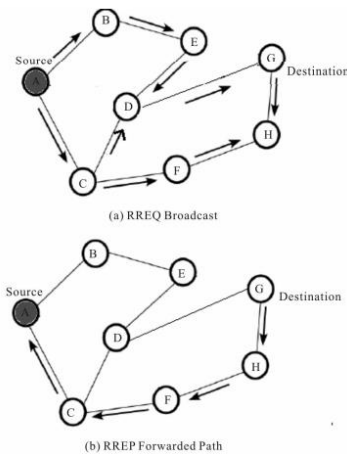
oleh sebuah *node* hanya berisi informasi routing ke *node* tujuan. Contoh dari *routing protocol* reaktif adalah AODV (*Ad Hoc On Demand Distance Vector*), DSR (*Dynamic Source Routing*), TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm*), SSR (*Signal Stability Routing*), dan ASR (*Associativity Based Routing*).

2.2.2. Routing protocol proaktif

Routing protocol proaktif sebagian besar didasarkan pada algoritma jalur terpendek. Mereka menyimpan informasi dari semua *node* yang terhubung dalam bentuk *link* karena protokol ini berbasis tabel. Selanjutnya, meja-meja ini juga dibagikan dengan tetangga mereka. Setiap kali ada perubahan pada topologi jaringan, setiap *node* memperbarui tabel peruteannya. Adapun contoh *routing protocol* proaktif adalah OLSR (*Optimized Link State Routing*), DSDV (*Destination Sequenced Distance Vector*), CGSR (*Cluster Head Gateway Switch Routing*), dan WRP (*Wireless Routing Protocol*).

2.5. AODV (*Ad Hoc On Demand Distance Vector*)

AODV adalah *routing protocol* reaktif yang dapat digunakan untuk mendukung komunikasi unicast atau multicast. Protokol tidak menyimpan informasi routing yang lengkap, tetapi hanya informasi *node* yang harus ditangani pada hop berikutnya. Mirip dengan DSR, protokol ini juga memuat dua mekanisme utama, yaitu: mekanisme penemuan rute dan pemeliharaan rute. Pesan RREQ (*Route Request*) dan RREP (*Route Reply*) digunakan untuk pencarian rute. *Node* yang akan mengirimkan data akan menyebarkan paket RREP ke *node* sekitarnya untuk menemukan *node* tujuan. Oleh karena itu, paket RREQ digunakan untuk memulai pembentukan rute ke tujuan. Gambar 1 menunjukkan proses penemuan rute di AODV (Aziza & Puji Catur Siswipraptini, 2017).



Sumber : (Aziza & Puji Catur Siswipraptini, 2017)

Gambar 1 Penentuan rute AODV

Keuntungan utama dari protokol ini adalah rute dibuat berdasarkan permintaan atau sesuai dengan kebutuhan dan nomor urut tujuan digunakan untuk memeriksa pembaruan rute dalam jaringan. Keuntungan lain dari AODV adalah tidak menciptakan rute tambahan untuk komunikasi di sepanjang rute yang telah ada. Perutean vektor jarak sederhana dan tidak memerlukan banyak memori ataupun perhitungan (Chhabra, Gupta, & Almomani, 2013).

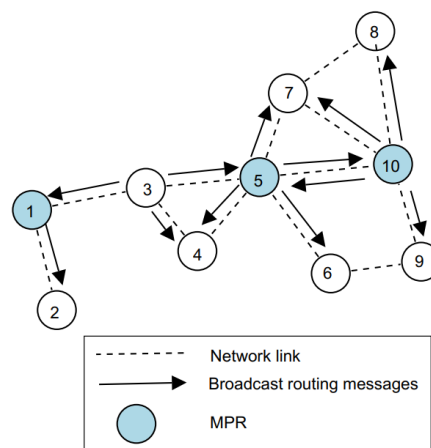
Selain dari keuntungannya, AODV juga memiliki kekurangan yaitu AODV membutuhkan lebih banyak waktu untuk membuat koneksi karena sebelum mengirim paket data, rute ke tujuan dicari dan komunikasi awal untuk membuat rute berat. Kelemahan lain dari protokol ini adalah *node* perantara dapat menyebabkan rute yang tidak konsisten, jika nomor urut sumber sangat tua dan *node* perantara memiliki nomor urut tujuan yang lebih tinggi tetapi bukan yang terbaru, sehingga memiliki entri yang basi. Selain itu beberapa paket RREP sebagai respons terhadap satu paket RREQ dapat menyebabkan *overhead* kontrol yang berat (Chhabra, Gupta, & Almomani, 2013).

2.6. OLSR (*Optimized Link State Routing*)

Optimized Link State Routing (OLSR) adalah *routing protocol* proaktif yang menentukan tabel peruteannya dengan memperbarui tabel peruteannya setiap kali tautan berubah. OLSR menggunakan teknik yang disebut *multipoint relaying* untuk meminimalkan *overhead* jaringan karena *flooding* manajemen rute (Anisa, Munadi, & Negara, 2016).

Optimalisasi pada OLSR ini didasarkan pada konsep *Multipoint Relay* (MPR). Di OLSR, hanya *node* yang bertindak sebagai MPR yang bertanggung jawab untuk kontrol aliran kontinu (paket kontrol), yang ditujukan untuk penyebaran di seluruh jaringan. *Multipoint Relay* (MPR) menyediakan mekanisme untuk mengontrol lalu lintas dengan mengurangi jumlah transmisi yang diperlukan (Nazibullah, 2020).

Langkah-langkah topologi *multipoint relay* pada *routing protocol* OLSR lebih lengkapnya pada Gambar 2 (Clausen & Jacquet, 2003):



Sumber : (Clausen & Jacquet, 2003)

Gambar 2 Topologi *multipoint relay* pada OLSR

1. Setiap *node* dalam jaringan memilih satu set *node* di sekitarnya yang dapat mentransmisikan ulang pesannya. Tetangga *node* N yang tidak dalam set MPR-nya, dapat menerima dan memproses pesan siaran tetapi tidak mentransmisikan ulang pesan siaran yang diterima dari *node* N.
2. Setiap *node* menyiarkan pesan “HELLO” termasuk informasi tentang daftar *selector* MPR dan topologi jaringan menggunakan mekanisme *relaying multipoint*.
3. *Node* yang menerima pesan akan memelihara informasi topologi dalam tabel *routing*. Tabel *routing* yang dipelihara di setiap *node* dapat diperbarui secara berkala setiap kali ada perubahan topologi jaringan.
4. Ketika sebuah *node* ingin berkomunikasi dengan *node* lain, pertama-tama ia memeriksa tabel *routing* untuk mengidentifikasi rute antara *node* pengirim dan penerima.

5. Setelah menemukan jalur terpendek, maka prosedur transmisi data akan dilakukan dengan menggunakan mekanisme RTS/CTS.

OLSR mengoptimalkan reaktivitas terhadap perubahan topologi dengan mengurangi interval waktu maksimum untuk transmisi pesan kontrol berkala. OLSR secara terus menerus memelihara rute ke semua tujuan dalam jaringan, protokol ini bermanfaat untuk pola lalu lintas dimana sebagian besar *node* berkomunikasi dengan subset *node* besar lainnya, dan di mana sumber dan tujuan berubah seiring waktu. Protokol ini sangat cocok untuk jaringan yang besar dan padat, karena optimasi yang dilakukan menggunakan MPR bekerja dengan baik dalam konteks ini. Semakin besar dan padat jaringan, semakin banyak optimasi yang dapat dicapai dibandingkan dengan algoritma *link state*. OLSR tidak memerlukan pengiriman pesan secara berurutan. Dengan demikian penerima pesan kontrol dapat dengan mudah mengidentifikasi informasi mana yang lebih baru - bahkan jika pesan telah dipesan ulang saat dalam transmisi (Clausen & Jacquet, 2003).

OLSR menyediakan dukungan untuk ekstensi protokol seperti operasi mode tidur, perutusan *multicast*, dll. Ekstensi tersebut dapat diperkenalkan sebagai tambahan pada protokol tanpa merusak kompatibilitas mundur dengan versi sebelumnya. OLSR tidak memerlukan perubahan format paket IP. Jadi setiap tumpukan IP yang ada dapat digunakan apa adanya: protokol hanya berinteraksi dengan manajemen tabel perutean (Clausen & Jacquet, 2003).

2.7. Propagasi *Two Ray Ground*

Propagasi *Two Ray Ground* merupakan propagasi dengan satu sinar yang dipantulkan dan satu sinar langsung (*direct*). Dalam *mobile radio channel*, *single direct path* antara *base station* dan *mobile* terkadang hanya peralatan fisik biasa untuk propagasi dan rumus pada *free space* kurang akurat jika dalam penggunaannya berdiri sendiri.

Model propagasi *Two Ray Ground* merupakan model yang berguna karena berdasar pada optik geometri dan dapat digunakan untuk *direct path* dan refleksi dari *ground* antara *transmitter* dan *receiver*. Model ini dirasa sangat akurat untuk memperkirakan kekuatan sinyal dalam skala luas dengan jarak beberapa kilometer

untuk sistem *mobile* radio dengan menggunakan menara yang tinggi. *Power* yang diterima dengan jarak d diberikan pada persamaan berikut (Sugara, 2020):

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{d^4 L} \quad (1)$$

dimana P_t adalah *power* yang ditransmisikan, G_t dan G_r adalah tegangan antena pada *transmitter* dan *receiver*, h_t dan h_r adalah tinggi dari antena *transmitter* dan *receiver*, nilai L diasumsikan bebas hambatan $L = 1$ (Sugara, 2020).

2.8. Parameter Pengujian (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan metode untuk mengukur seberapa baik kinerja dari sebuah jaringan dengan melihat dari berbagai performa atau parameter yang dijadikan sebagai tolak ukur. Berikut parameter yang akan digunakan dalam menguji dan mengukur kinerja dari penelitian ini, sebagai berikut:

2.6.1. Packet delivery ratio (PDR)

Packet Delivery Ratio merupakan perbandingan antara jumlah paket yang diterima oleh *node* tujuan dengan jumlah paket yang dikirim oleh *node* sumber. Secara umum *Packet Delivery Ratio* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PDR = \frac{\text{Paket yang diterima}}{\text{Paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

Berikut kategori *Packet Delivery Ratio* berdasarkan *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) dapat dilihat pada Tabel 1 (ETSI, 1999).

Kategori	Besar Delay (ms)	Indeks
<i>Perfect</i>	100%	4
<i>Good</i>	97%	3
<i>Medium</i>	85%	2
<i>Poor</i>	75%	1

Sumber : ETSI, 1999

2.6.2. End to end delay (E2ED)

End to End Delay merupakan jumlah dari keseluruhan *delay* rata-rata paket yang berhasil diterima selama proses pengiriman paket berdasarkan waktu simulasi. *End to End Delay* dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$E2ED = \sum \left(\frac{\text{Waktu paket diterima} - \text{waktu paket dikirim}}{\text{Paket yang diterima}} \right) \quad (3)$$

Berikut kategori *End to End Delay* berdasarkan *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) dapat dilihat pada Tabel 2 (ETSI, 1999).

Tabel 2 Kategori *end to end delay*

Kategori	Besar Delay (ms)	Indeks
<i>Best</i>	< 150	4
<i>High</i>	< 250	3
<i>Medium</i>	< 350	2
<i>Low</i>	< 450	1

Sumber : ETSI, 1999

2.6.3. Throughput

Throughput ialah istilah yang mendefinisikan bilangan bit yang diterima dalam selang masa tertentu, diukur dalam satuan *byte per second*. Secara umum *throughput* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{\text{Paket yang diterima}}{\text{Waktu pengamatan}} \times \text{ukuran paket} \quad (4)$$

2.9. Simulation of Urban Mobility (SUMO)

Simulation of Urban Mobility (SUMO) adalah rangkaian simulasi lalu lintas sumber terbuka dan gratis. SUMO dilisensikan di bawah Lisensi Publik Eclipse V2. "Eclipse SUMO" adalah merek dagang dari Eclipse Foundation. Diperkenalkan pada tahun 2001, memungkinkan pemodelan sistem transportasi antar moda, termasuk kendaraan jalan, angkutan umum, dan pejalan kaki. SUMO mencakup sejumlah besar alat pendukung yang mengotomatiskan tugas-tugas inti dari pembuatan, pelaksanaan dan evaluasi simulasi lalu lintas, seperti impor jaringan, perhitungan rute, visualisasi dan perhitungan emisi. SUMO dapat

ditingkatkan dengan model khusus dan menyediakan berbagai API untuk mengontrol simulasi dari jarak jauh (Lopex, Behrisch, Bieker-Walz, & all, 2018).

2.10. Network Simulator 3 (NS-3)

NS-3 adalah simulator jaringan *discrete event* yang ditujukan terutama untuk penelitian dan penggunaan pendidikan. NS-3 adalah perangkat lunak bebas, dilisensikan di bawah lisensi GNU GPLv2. NS-3 memulai proyeknya pada Juli 2006, dan rilis pertama pada 30 Juni 2008 adalah *open source* dan tersedia di berbagai lintas *platform*, sehingga dapat digunakan secara *universal* untuk tujuan penelitian, pengembangan, dan penggunaan. NS-3 bertujuan untuk mengembangkan model simulasi jaringan dengan lingkungan yang luas, yang memenuhi kebutuhan pengembangan simulasi jaringan modern. Infrastruktur simulasi NS-3 juga mendukung pengembangan model simulasi jaringan yang mendekati kondisi dan fitur dunia nyata sebagai simulator jaringan nirkabel ataupun kabel (NSNAM, 2011).

Simulator ini ditargetkan pada penelitian jaringan dan memberikan dukungan yang baik untuk simulasi *routing*, *multicast protocol*, dan *IP protocol*, seperti UDP, TCP, RTP, jaringan nirkabel dan jaringan satelit. Beberapa keuntungan menggunakan *network simulator* sebagai perangkat lunak simulasi yaitu dilengkapi dengan *tools* validasi, pembuatan simulasi jauh lebih mudah daripada menggunakan *software developer* seperti Delphi atau C++ (Fadillah, 2018)

2.11. Java OpenStreetMap (JOSM)

Java OpenStreetMap atau biasa disingkat JOSM merupakan sebuah aplikasi desktop berbasis Java dan dapat dioperasikan pada sistem operasi seperti Windows, Mac OS, dan Linux. JOSM dilisensikan di bawah lisensi GNU General Public License. JOSM adalah alat penyunting bagi data OpenStreetMap. JOSM pertama kali dikembangkan oleh Immanuel Scholz pada tahun 2005. Aplikasi ini tidak membutuhkan koneksi internet kala menyunting data OSM (JOSM, 2015).