

SKRIPSI

**PENENTUAN *ROAD SIDE UNIT* YANG OPTIMAL UNTUK
MENINGKATKAN RASIO PENGIRIMAN PAKET DATA PADA
JARINGAN VANET DI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN
*SOFTWARE SUMO***

Disusun dan diajukan oleh:

NURAENI

D041 18 1009



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENENTUAN *ROAD SIDE UNIT* YANG OPTIMAL UNTUK MENINGKATKAN
RASIO PENGIRIMAN PAKET DATA PADA JARINGAN VANET DI KOTA
MAKASSAR MENGGUNAKAN *SOFTWARE SUMO***

Disusun dan diajukan oleh:

NURAENI

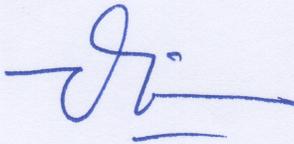
D041 18 1009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 10 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

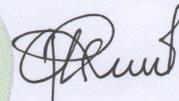
Menyetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,

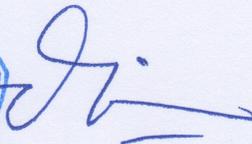


Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP. 19691026 199412 2 001



Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng., Ph.D.
NIP. 19751205 200501 2 002

Ketua Departemen Teknik Elektro,



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

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

PENENTUAN *ROAD SIDE UNIT* YANG OPTIMAL UNTUK MENINGKATKAN RASIO PENGIRIMAN PAKET DATA PADA JARINGAN VANET DI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN *SOFTWARE SUMO*

Oleh:

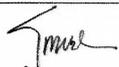
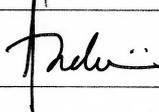
NURAENI

D041 18 1009

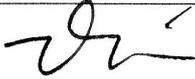
Skripsi ini telah dipertahankan pada Ujian Akhir Sarjana pada tanggal 10 Agustus 2022

Telah dilakukan perbaikan penulisan dan isi skripsi berdasarkan usulan dari
penguji dan pembimbing skripsi.

Persetujuan perbaikan oleh tim penguji:

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.	
Sekretaris	Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng., Ph.D.	
Anggota	Ir. Samuel Panggalo, M.T.	
	Andini Dani Achmad, S.T., M.T.	

Persetujuan perbaikan oleh tim pembimbing:

Pembimbing	Nama	Tanda Tangan
I	Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.	
II	Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng., Ph.D.	

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Nuraeni
NIM : D041181009
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Penentuan *Road Side Unit* Yang Optimal untuk Meningkatkan Rasio Pengiriman
Paket Data pada Jaringan VANET di Kota Makassar Menggunakan *Software*
SUMO

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.

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.

Makassar, 19 Agustus 2022

Yang Menyatakan



(Nuraeni)

ABSTRAK

NURAENI. *Penentuan Road Side Unit yang Optimal untuk Meningkatkan Rasio Pengiriman Paket Data pada Jaringan VANET di Kota Makassar Menggunakan Software SUMO (dibimbing oleh Dewiani dan Merna Baharuddin)*

Road Side Unit (RSU) adalah suatu perangkat yang digunakan sebagai *access point* dan ditempatkan di sepanjang jalan seperti persimpangan yang padat dan tempat yang rawan akan kecelakaan. RSU berperan sebagai *repeater* yang dapat menguatkan sinyal, sehingga jangkauan kendaraan dalam mengirim dan menerima data menjadi lebih luas. Tujuan dari keberadaan RSU adalah untuk meningkatkan performa protokol AODV dalam menentukan jalur pengiriman data. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan RSU yang optimal pada komunikasi kendaraan di jalan serta mengevaluasi efektivitas penentuan RSU yang optimal dalam meningkatkan kinerja protokol *routing* AODV. Penentuan posisi RSU yang optimal dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan pada suatu jalan dengan tingkat kepadatan jalan. Apabila tingkat kepadatan kendaraan lebih kecil dari jumlah kendaraan minimum, maka perlu diletakkan RSU pada jalan tersebut. Dan apabila tingkat kepadatan kendaraan tidak dibawah jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan, maka tidak perlu diletakkan RSU pada jalan tersebut. Pada penelitian ini, jumlah RSU yang digunakan dapat dikurangi sebanyak 60 unit RSU tanpa mengurangi performa jaringannya. RSU terbukti dapat meningkatkan performa protokol *routing* AODV dalam melakukan pengiriman data. RSU yang diletakkan di titik yang optimal pada peta terbukti tetap menunjukkan performa yang baik dengan hasil pengujian yaitu *Packet Delivery Ratio* sebesar 90,00%, *Packet Loss* sebesar 10,00%, dan *End to End Delay* sebesar 1,475 detik. Hasil simulasi menunjukkan kinerja protokol *routing* AODV sangat baik diterapkan untuk jaringan VANET di Kota Makassar.

Kata Kunci: Road Side Unit, Protokol Routing AODV, VANET, Kota Makassar

ABSTRACT

NURAENI. *Determination of the Optimal Road Side Unit to Increase the Ratio of Data Packet Delivery on the VANET Network in Makassar City Using SUMO Software* (supervised by Dewiani and Merna Baharuddin)

Road Side Unit (RSU) is a device that is used as an access point and is placed along roads such as busy intersections and places that are prone to accidents. RSU acts as a repeater that can amplify the signal, so that the range of vehicles in sending and receiving data becomes wider. The purpose of the existence of the RSU is to improve the performance of the AODV protocol in determining the data transmission path. This study aims to determine the optimal RSU for vehicle communication on the road and evaluate the effectiveness of determining the optimal RSU in improving the performance of the AODV routing protocol. Determining the optimal position of the RSU can be done by comparing the minimum number of vehicles needed on a road with the level of road density. If the vehicle density level is less than the minimum number of vehicles, it is necessary to place an RSU on the road. And if the vehicle density level is not below the minimum required number of vehicles, then there is no need to place an RSU on the road. In this study, the number of RSUs used can be reduced by 60 RSU units without reducing network performance. RSU is proven to improve the performance of the AODV routing protocol in sending data. The RSU which is placed at the optimal point on the map is proven to still show good performance with test results, namely Ratio of packet delivery is 90,00%, loss of packet is 10,00%, and End to End of Delay is 1.475 seconds. The simulation results show that the performance of the AODV routing protocol is very well applied to the VANET network in Makassar City.

Keywords: *Road Side Unit, AODV Routing Protocol, VANET, Makassar City*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas berkat limpahan rahmat, kesehatan, petunjuk, dan kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Penentuan *Road Side Unit* yang Optimal untuk meningkatkan Rasio Pengiriman Paket Data pada Jaringan VANET di Kota Makassar menggunakan *Software* SUMO”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu (S1) di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Terselesaikannya skripsi ini tak lepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang selalu ada dalam setiap langkah, atas karunia, hidayah, akal, pikiran, kekuatan, kesehatan dan segala kemudahannya.
2. Orang tua tercinta, Bapak Mansyur, Ibu Masuara, Kakak Arpah, Musdalifah dan Al Ansari yang tiada hentinya memberikan doa, dukungan, serta kasih sayang dalam bentuk apapun, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Merna Baharuddin, S.T., M.Tel.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah memberikan bimbingan, kritik dan saran maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Samuel Panggalo, M.T. selaku Dosen Penguji I dan Ibu Andini Dani Achmad, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II skripsi penulis yang telah bersedia

meluangkan waktunya untuk menguji penulis, memberikan kritik serta saran terkait penyusunan skripsi ini.

5. Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu dan waktu yang tak terbatas selama kuliah serta membantu untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Sahabuddin selaku Pembimbing Eksternal penulis yang telah meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan informasi terkait penyusunan skripsi ini.
7. Teman-teman member Lab. Antena dan Propagasi Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah bersedia membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman SISIBA (Icha, Sakinah, Hikmah, Wana, Meyke, Nisa, dan Ilma) yang selalu menemani, memberikan semangat, bantuan dan menjadi wadah berkeluh kesah penulis sejak awal masuk perkuliahan hingga akhir penyusunan skripsi ini.
9. Kak Taufiqurrahman Abbas yang selalu memberikan dukungan, bantuan dan menjadi wadah berkeluh kesah terbaik bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman Lab. Jaringan Komputer (Muslimin, Amirul, Rani, Fina, dan Ihsanul) yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman GENGS (Nadya, Dijah, Lili, Meil, Lani, Fika dan Devi) yang menjadi wadah berkeluh kesah, memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman Gurlss to Jannah (Geby, Chusnul, Kaltzum, Stevanny, Balqis, Ulfa dan Irna) yang selalu memberikan dukungan, bantuan, motivasi dan menjadi wadah berkeluh kesah penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Annisa Triani, Vina Muthia, Yusti, Vhia, Syajidah dan Airin yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan menjadi tempat berkeluh kesah terbaik bagi penulis selama penyusunan skripsi ini.

14. Teman-teman KKN Posko 4 Nipa-Nipa (Hanifa, Adinda dan Yudha) yang menjadi wadah berkeluh kesah dan memberikan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
15. Teman-teman CAL18RATOR yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu berbagi kebahagiaan, waktu, dan kesedihan selama berproses menjadi mahasiswa.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis sangat berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Makassar, 15 Agustus 2022

Nuraeni

DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8

2.1 Penelitian Terkait.....	8
2.2 <i>Road Side Unit</i> (RSU)	9
2.3 Parameter-parameter yang digunakan	10
2.3.1 <i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR).....	10
2.3.2 <i>Packet Loss</i> (PL).....	10
2.3.3 <i>End to End Delay</i> (E2D).....	11
2.4 <i>Vehicular Ad-Hoc Network</i> (VANET)	11
2.5 <i>Simulation of Urban Mobility</i> (SUMO)	13
2.6 Protokol <i>Routing Proaktif</i>	15
2.7 Protokol <i>Routing Reaktif</i>	15
2.8 <i>Ad-Hoc On Demand Distance Vector</i> (AODV)	16
2.9 <i>OpenStreetMap</i> (OSM)	17
2.10 <i>Java OpenStreetMap</i> (JOSM)	18
2.11 <i>Network Simulator 2</i> (NS-2).....	18
2.12 Standar Optimalisasi Penentuan RSU	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Jenis Penelitian	20
3.2 Lokasi Penelitian	20
3.3 Waktu Penelitian	20
3.4 Teknik Pengumpulan Data	20

3.5 Teknik Analisis Data	21
3.6 Alur Penelitian.....	22
3.6.1 Studi Literatur	23
3.6.2 Penentuan Posisi RSU yang Optimal.....	23
3.6.3 Merancang Skenario Simulasi	24
3.6.4 Pengujian Skenario Simulasi	26
3.6.5 Analisis Hasil Pengujian.....	26
3.6.6 Penarikan Kesimpulan	27
3.7 Lingkungan Uji Coba	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Langkah Percobaan	29
4.2 Pengujian Skenario.....	42
4.3 Pengujian Skenario Protokol <i>Routing</i> AODV	43
4.3.1 Pengujian Skenario tanpa RSU	44
4.3.2 Pengujian Skenario dengan RSU di Semua Persimpangan	45
4.3.3 Pengujian Skenario dengan RSU di Persimpangan Tertentu.....	46
4.3.4 Pengujian Skenario dengan Pengurangan RSU secara Bertahap.....	47
4.4 Hasil Pengujian dan Analisis.....	55
4.5 Perbandingan Standar Optimal dengan Hasil Simulasi yang didapatkan ...	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60

5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Road Side Unit</i>	10
Gambar 2. 2 Tampilan <i>Simulation of Urban Mobility</i> (SUMO).....	14
Gambar 2. 3 Tampilan <i>OpenStreetMap</i>	18
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penentuan <i>Road Side Unit</i>	22
Gambar 3. 2 Langkah-langkah merancang mobilitas kendaraan.....	24
Gambar 4. 1 Peta Kota Makassar yang didapat dari <i>website openstreetmap.org</i> .	29
Gambar 4. 2 Peta Kota Makassar yang di <i>edit</i> menggunakan JOSM	30
Gambar 4. 3 Hasil peta Kota Makassar yang telah di <i>edit</i> dari JOSM.....	30
Gambar 4. 4 Penggunaan fungsi <i>netconvert</i>	31
Gambar 4. 5 Penggunaan fungsi <i>randomTrips</i>	31
Gambar 4. 6 Penggunaan fungsi <i>duarouter</i>	31
Gambar 4. 7 <i>Script .sumo.cfg</i> yang digunakan pada simulasi	32
Gambar 4. 8 Penggunaan fungsi <i>sumo</i>	32
Gambar 4. 9 Simulasi mobilitas kendaraan dengan SUMO	32
Gambar 4. 10 Konversi <i>output</i> dari SUMO ke format <i>.tcl</i>	33
Gambar 4. 11 Perintah untuk menjalankan <i>script .tcl</i> pada NS-2.....	33
Gambar 4. 12 <i>Script .awk</i> untuk menghitung PDR dan PL	34
Gambar 4. 13 <i>Script .awk</i> untuk menghitung <i>End to End Delay</i>	35
Gambar 4. 14 Penempatan RSU di semua persimpangan jalan.....	36
Gambar 4. 15 Pemberian nomor node RSU di semua persimpangan jalan	38
Gambar 4. 16 Posisi RSU yang sudah diseleksi	42
Gambar 4. 17 Posisi node S (Pengirim) dan node R (Penerima) pada peta.....	43

Gambar 4. 18 Percobaan pengiriman data tanpa RSU.....	44
Gambar 4. 19 Parameter hasil pengujian tanpa RSU.....	44
Gambar 4. 20 Percobaan pengiriman data dengan RSU di semua persimpangan	45
Gambar 4. 21 Parameter hasil pengujian dengan RSU di semua Persimpangan..	45
Gambar 4. 22 Percobaan pengiriman data dengan RSU di persimpangan tertentu.....	46
Gambar 4. 23 Parameter hasil pengujian dengan RSU di Persimpangan tertentu	46
Gambar 4. 24 Percobaan pengiriman data dengan 75 RSU di Persimpangan jalan....	47
Gambar 4. 25 Parameter hasil pengujian dengan 75 RSU di Persimpangan jalan	47
Gambar 4. 26 Percobaan pengiriman data dengan 65 RSU di Persimpangan jalan....	48
Gambar 4. 27 Parameter hasil pengujian dengan 65 RSU di Persimpangan jalan	48
Gambar 4. 28 Percobaan pengiriman data dengan 55 RSU di Persimpangan jalan....	49
Gambar 4. 29 Parameter hasil pengujian dengan 55 RSU di Persimpangan jalan	49
Gambar 4. 30 Percobaan pengiriman data dengan 45 RSU di Persimpangan jalan....	50
Gambar 4. 31 Parameter hasil pengujian dengan 45 RSU di Persimpangan jalan	50
Gambar 4. 32 Percobaan pengiriman data dengan 35 RSU di Persimpangan jalan....	51
Gambar 4. 33 Parameter hasil pengujian dengan 35 RSU di Persimpangan jalan	51
Gambar 4. 34 Percobaan pengiriman data dengan 25 RSU di Persimpangan jalan....	52
Gambar 4. 35 Parameter hasil pengujian dengan 25 RSU di Persimpangan jalan	52
Gambar 4. 36 Percobaan pengiriman data dengan 15 RSU di Persimpangan jalan....	53
Gambar 4. 37 Parameter hasil pengujian dengan 15 RSU di Persimpangan jalan	53
Gambar 4. 38 Percobaan pengiriman data dengan 5 RSU di Persimpangan jalan	54
Gambar 4. 39 Parameter hasil pengujian dengan 5 RSU di Persimpangan jalan .	54
Gambar 4. 40 Percobaan pengiriman data untuk <i>Packet Delivery Ratio</i> dengan 3 skenario.....	55

Gambar 4. 41 Percobaan pengiriman data untuk <i>Packet Delivery Ratio</i> dengan pengurangan RSU.....	56
Gambar 4. 42 Percobaan pengiriman data untuk <i>Packet Loss</i> dengan 3 skenario	57
Gambar 4. 43 Percobaan pengiriman data untuk <i>Packet Loss</i> dengan pengurangan RSU	57
Gambar 4. 44 Percobaan pengiriman data untuk <i>End to End Delay</i> dengan 3 skenario.....	58
Gambar 4. 45 Percobaan pengiriman data untuk <i>End to End Delay</i> dengan pengurangan RSU.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi perangkat keras yang digunakan	27
Tabel 3. 2 Parameter lingkungan uji coba penelitian	28
Tabel 4. 1 RSU di semua persimpangan jalan	37
Tabel 4. 2 Perhitungan untuk penentuan lokasi RSU	39
Tabel 4. 3 Data Teknis Pengujian Skenario	43

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
BPS	Badan pusat statistik
ITS	Intelligent transport system
TIK	Teknologi informasi dan komunikasi
VANET	Vehicular ad-hoc network
MANET	Mobile ad-hoc network
RSU	Road side unit
AODV	Ad-hoc on demand distance vector
PDR	Packet delivery ratio
PL	Packet loss
E2D	End to end delay
SUMO	Simulation of urban mobility
NS-2	Network simulator 2
OBU	On board unit
V2V	Vehicle to vehicle
V2I	Vehicle to Infrastructure
R2R	Roadside to roadside

RREQ	Route request
RREP	Route reply
OSM	Openstreetmap
JOSM	Java openstreetmap
CBR	Constant bit rate
UDP	User datagram protocol
m	Satuan panjang jalan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Makassar adalah ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan. Luas wilayah Kota Makassar adalah 175,8 km² yang merupakan Kota terbesar ke-empat di Indonesia dan terbesar di Kawasan Timur Indonesia. Jumlah penduduk Kota Makassar sesuai data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar, 2021 sebanyak 1.427.619 jiwa. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, maka jumlah kendaraan yang ada juga makin bertambah. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Makassar, jumlah kendaraan mengalami peningkatan mencapai 8-12% setiap tahunnya [1].

Peningkatan jumlah kendaraan yang cukup signifikan telah berpengaruh pada kepadatan lalu lintas [2]. Peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya juga tidak diimbangi dengan infrastruktur lalu lintasnya, yang akhirnya menyebabkan kemacetan. Pengguna jalan sering mengalami kemacetan yang berarti hampir semua jalan di Kota Makassar selalu mengalami kemacetan. Jalan-jalan yang sering mengalami kemacetan parah di Kota Makassar yaitu Jalan A.P. Petarani, Jalan Perintis Kemerdekaan, Jalan Sultan Alauddin dan Jalan Urip Sumoharjo. Kemacetan mengakibatkan pengguna jalan merasakan stres, waktu terbuang, mengurangi jam kerja atau belajar, pemborosan bensin dan hilangnya pendapatan [3].

Salah satu teknologi yang hadir sebagai solusi pemecah permasalahan kepadatan lalu lintas yang muncul akhir-akhir ini adalah *Intelligent Transport System* (ITS). ITS adalah suatu manajemen sistem transportasi berbasis pada Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) [2]. ITS menawarkan paradigma pemodelan baru yang mengintegrasikan teknologi jaringan *wireless* dan jaringan lalu lintas yang mendukung komunikasi antar kendaraan di jalan. Teknologi ini disebut *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET). VANET merupakan salah satu

pendekatan yang mampu memastikan produktivitas dan mobilitas yang lebih aman dan efisien dengan memanfaatkan infrastruktur dan layanan yang ada [4]. VANET merupakan pengembangan dari *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) dimana implementasinya berfokus pada node kendaraan yang memungkinkan terjadinya pengiriman data antar kendaraan dan dari kendaraan ke *Road Side Unit* meskipun tidak terdapat infrastruktur jaringan yang tetap di antara pengirim dan penerima. Dikatakan *Ad-Hoc* karena jaringan dapat tercipta dan hilang setiap saat. Hal ini dikarenakan posisi kendaraan yang selalu berubah, maka topologi yang tercipta selalu berubah karena mobilitas kendaraan tersebut [5].

Pada kondisi nyata, khususnya di Kota Makassar banyak terdapat persimpangan jalan, tentunya tidak efektif apabila meletakkan RSU di setiap persimpangan jalan. Maka harus dilakukan pemilihan terhadap lokasi dan jumlah RSU yaitu dengan melakukan analisis lokasi penempatan RSU yang optimal, sehingga dapat mengurangi jumlah RSU yang diperlukan dan dapat menghemat biaya untuk implementasi tanpa mengurangi performanya. Penentuan lokasi RSU yang optimal adalah dengan mempertimbangkan jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan untuk transmisi data yang stabil pada suatu jalan. Dengan membandingkan jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan pada suatu jalan dengan tingkat kepadatan kendaraan, maka dapat dianalisis jalan mana yang membutuhkan RSU untuk membantu komunikasi data antar kendaraan. Jalur yang digunakan adalah Jalan AP. Pettarani, Jalan Boulevard, Jalan Adhyaksa Baru dan Jalan Abdullah Daeng Sirua Kota Makassar [6].

Pada penelitian ini, salah satu kunci dari keberhasilan pengiriman data pada VANET adalah algoritma pemilihan jalur yang merupakan tugas protokol *routing*. Protokol *routing* adalah sebuah protokol yang menentukan pencarian jalur dari pengirim ke penerima sebelum terjadi pengiriman data. Protokol *routing* yang banyak digunakan pada penelitian di lingkungan VANET adalah AODV (*Ad-hoc On Demand Distance Vector*), karena diantara protokol-protokol lain AODV yang paling cocok dan sesuai untuk diterapkan di lingkungan VANET. AODV juga merupakan salah satu protokol *routing* reaktif dimana protokol ini lebih baik kinerjanya dibandingkan dengan protokol *routing* proaktif pada jaringan dengan

mobilitas tinggi. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan kinerja protokol *routing* tersebut sebelum dan sesudah dilakukan pemilihan lokasi RSU yang optimal pada jaringan VANET [6].

Karena proses pengiriman data bergantung pada kendaraan yang menjadi perantara pengiriman, maka tingkat keberhasilan pengiriman paket data bervariasi. Untuk meningkatkan keberhasilan pengiriman paket data, maka pada penelitian ini memanfaatkan *Road Side Unit*. *Road Side Unit* berperan sebagai *repeater* yang dapat menguatkan sinyal, sehingga jangkauan kendaraan dalam mengirim dan menerima data menjadi lebih luas. Tujuan dari keberadaan *Road Side Unit* adalah untuk meningkatkan performa protokol AODV dalam menentukan jalur pengiriman data [6].

Penelitian yang terkait mengenai “Penentuan Lokasi *Road Side Unit* yang Optimal untuk Meningkatkan Rasio Pengiriman Paket Data pada Jaringan VANET (Studi Kasus : Kota Mataram)” yang dilakukan oleh Saleh Firdausi dengan membandingkan 2 protokol *routing*, DSR (*Dynamic Source Routing*) dan AODV (*Ad-Hoc On-Demand Distance Vector*), dengan hasil pengujian protokol *routing* AODV setelah meletakkan RSU di titik optimal adalah *Packet Delivery Ratio* sebesar 100,00%, *Packet Loss* sebesar 0,00%, dan *End to End Delay* sebesar 0,654715 ms. Sedangkan untuk protokol *routing* DSR adalah *Packet Delivery Ratio* sebesar 100,00%, *Packet Loss* sebesar 0,00%, dan *End to End Delay* sebesar 1,74788 ms. Hasil simulasi menunjukkan protokol *routing* AODV lebih baik diterapkan untuk jaringan VANET di Kota Mataram karena memiliki *End to End Delay* yang lebih baik dari DSR [6].

Dalam tugas akhir ini, peneliti akan melakukan penelitian untuk menentukan *Road Side Unit* yang optimal untuk komunikasi kendaraan di Kota Makassar serta menganalisis beberapa parameter seperti *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss* (PL), dan *End to End Delay* (E2D). Adapun judul dari tugas akhir ini adalah **PENENTUAN ROAD SIDE UNIT YANG OPTIMAL UNTUK MENINGKATKAN RASIO PENGIRIMAN PAKET DATA PADA JARINGAN VANET DI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN SOFTWARE SUMO.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan *Road Side Unit* yang optimal untuk komunikasi kendaraan di Jalan AP. Pettarani, Jalan Boulevard, Jalan Adhyaksa Baru dan Jalan Abdullah Daeng Sirua Kota Makassar menggunakan *Software* SUMO?
2. Bagaimana efektivitas penentuan *Road Side Unit* yang optimal dalam meningkatkan kinerja protokol *routing* AODV menggunakan *Software* SUMO?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *Road Side Unit* yang optimal untuk meningkatkan Rasio Pengiriman Paket Data pada Jaringan VANET di Kota Makassar. Adapun tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *Road Side Unit* yang optimal untuk komunikasi kendaraan di Jalan AP. Pettarani, Jalan Boulevard, Jalan Adhyaksa Baru dan Jalan Abdullah Daeng Sirua Kota Makassar menggunakan *Software* SUMO.
2. Mengevaluasi efektivitas penentuan *Road Side Unit* yang optimal dalam meningkatkan kinerja protokol *routing* AODV menggunakan *Software* SUMO.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mengoptimalkan penelitian, maka akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Protokol *routing* yang digunakan adalah *Ad-Hoc On Demand Distance Vector* (AODV).

2. Jalur simulasi menggunakan peta nyata Jalan AP. Pettarani, Jalan Boulevard, Jalan Adhyaksa Baru dan Jalan Abdullah Daeng Sirua Kota Makassar yang didapat dari *OpenStreetMap*.
3. Kendaraan tipe sedan dengan tahun produksi minimal tahun 2018.
4. Mobilitas kendaraan dibuat menggunakan *Simulation of Urban Mobility* (SUMO)
5. Proses pengujian menggunakan *Network Simulator 2* (NS-2).
6. Parameter yang digunakan yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss* (PL), dan *End to End Delay* (E2D).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang di uraikan berikut ini:

1. Dapat memberikan saran penempatan *Road Side Unit* yang optimal untuk komunikasi kendaraan di Kota Makassar.
2. Dapat mengetahui kinerja penerapan protokol *routing* AODV pada lingkungan VANET, khususnya peta Jalan AP. Pettarani, Jalan Boulevard, Jalan Adhyaksa Baru dan Jalan Abdullah Daeng Sirua Kota Makassar.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penulisan ini guna menyelesaikan masalah, antara lain:

1. Studi Literatur
Tahap pertama adalah pengumpulan literatur-literatur berupa konsep dan teori, baik berupa tugas akhir, jurnal, artikel dari internet, dan sumber-sumber lainnya.
2. Penentuan Posisi RSU yang Optimal
Tahap kedua, menentukan posisi RSU yang optimal berdasarkan pada analisis data kepadatan jalan sesuai dengan kondisi nyata pada Jalan AP. Pettarani,

Jalan Boulevard, Jalan Adhyaksa Baru dan Jalan Abdullah Daeng Sirua Kota Makassar. RSU dibutuhkan apabila *Packet Delivery Rationya* rendah dan *Packet Lossnya* tinggi.

3. Perancangan dan Pengujian Skenario Simulasi

Tahap ketiga, melakukan perancangan skenario simulasi dan melakukan pengujian skenario simulasi untuk mendapatkan parameter-parameter yang diinginkan.

4. Analisis Hasil Pengujian

Tahap keempat, dilakukan proses analisis terhadap hasil yang diperoleh dari proses pengujian skenario penelitian yang dilakukan.

5. Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir dari penelitian ini ialah menarik simpulan dari analisis data mengenai semua masalah yang dibahas. Hal ini berguna untuk menjawab semua masalah yang telah diuraikan sebelumnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Agar pembahasan yang disajikan lebih sistematis, maka penelitian ini akan dibagi ke dalam lima bab. isi masing-masing dari bab diuraikan secara singkat dibawah ini:

BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tentang teori dasar yang menunjang dan berhubungan dalam penulisan laporan ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi tentang perancangan skenario simulasi, membahas langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, serta metode pengumpulan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi pengujian skenario simulasi dan analisis hasil simulasi dari skenario penelitian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, berisi simpulan dan saran-saran dari penulis yang perlu di tingkatkan dalam penelitian di kemudian hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

No	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan
1	Penentuan Lokasi <i>Road Side Unit</i> untuk Peningkatan Rasio Pengiriman Paket Data	Menggunakan jalur yang dimana jumlah kendaraan yang dilalui tersebut dibawah rata-rata jumlah kendaraan yang melalui jalan lain.	Hasil pengujian yang didapatkan adalah peningkatan rasio pengiriman data sampai 20% dengan meletakkan <i>Road Side Unit</i> pada ruas jalan yang relatif sedikit dilalui oleh kendaraan.	Penelitian ini hanya menghitung <i>Packet Delivery Ratio</i> .
2	Optimalisasi Protokol <i>Routing</i> 5G VANET pada AODV dengan <i>Static Intersection Node</i>	Membandingkan jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan pada suatu jalan dengan tingkat kepadatan jalan.	Hasil penelitian yang menunjukkan adanya peningkatan setelah diletakkan <i>Static Intersection Node</i> pada beberapa titik optimal pada peta yaitu <i>Packet Delivery Ratio</i> sebesar 77,5%. Demikian juga dengan <i>Packet Loss</i> dan <i>End to End Delay</i> mengalami penurunan, <i>Packet Loss</i> sebesar 22,5% dan <i>End to End Delay</i> sebesar 1,56 detik.	Penelitian ini menggunakan beberapa jenis jumlah kendaraan untuk melakukan pengujian.
3	Penentuan Lokasi <i>Road Side Unit</i> yang Optimal untuk Meningkatkan Rasio Pengiriman Paket Data pada Jaringan VANET (Studi Kasus : Kota Mataram)	Membandingkan jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan pada suatu jalan dengan tingkat kepadatan jalan.	Hasil pengujian protokol <i>routing</i> AODV setelah meletakkan RSU di titik optimal adalah <i>Packet Delivery Ratio</i> sebesar 100,00%, <i>Packet Loss</i> sebesar 0,00%, dan <i>End to End Delay</i> sebesar 0,654715ms. Sedangkan untuk protokol <i>routing</i> DSR adalah PDR sebesar 100,00%, PL sebesar 0,00%, dan E2D sebesar 1,74788ms. Hasil simulasi menunjukkan protokol <i>routing</i> AODV lebih baik diterapkan untuk jaringan VANET karena memiliki E2D yang lebih baik dari DSR.	Penelitian ini membandingkan protokol <i>routing</i> AODV dan DSR untuk pengujianya.
4	Analisis Performansi Protokol <i>Routing</i> Proaktif pada Jaringan <i>Mobile Adhoc</i>	Mempertimbangkan indeks tingkat pelayanan jalan yang mendekati kapasitas jalan dengan karakteristik kondisi operasional dalam arus lalu lintas yang tidak stabil.	Hasil simulasi yang diperoleh berbeda pada <i>routing protocol</i> DSDV dan OLSR ini. Hasil simulasi menunjukkan PDR tertinggi sebesar 88.62% pada skenario 125 node menggunakan OLSR. Dan pada OR kinerja terbaik juga ditunjukkan oleh OLSR dengan persentase <i>overhead</i> terendah 57.11%. Sedangkan pada E2ED, walaupun rata-rata <i>delay</i> hampir sama, hasil terbaik diperoleh DSDV dengan nilai 0.523 detik pada skenario 125 node. Kinerja kedua <i>routing protocol</i> mengalami fase terbaik pada skenario 125 node. Hal ini menunjukkan kedua <i>routing protocol</i> belum mampu mengatasi kondisi lalu lintas perkotaan yang sangat padat.	Penelitian ini menganalisis performansi protokol <i>routing</i> proaktif.

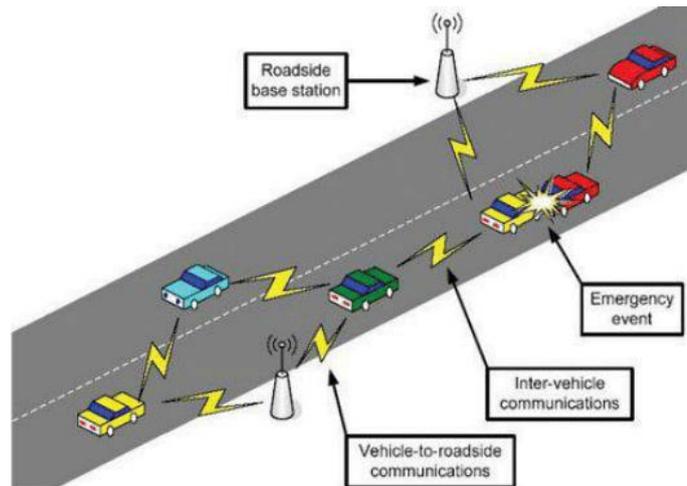
2.2 Road Side Unit (RSU)

Road Side Unit (RSU) adalah suatu perangkat yang digunakan sebagai *access point* dan ditempatkan di sepanjang jalan seperti persimpangan yang padat dan tempat yang rawan akan kecelakaan [7]. Salah satu permasalahan utama pada VANET adalah topologi yang dinamis sehingga keberhasilan pengiriman data sangat bergantung kepada posisi node. Untuk meningkatkan performa protokol *routing*, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan *Road Side Unit* [8]. RSU berfungsi sebagai sebuah *node* untuk memberikan informasi kepada kendaraan serta sebagai *access* untuk pertukaran data baik antar kendaraan maupun dengan infrastruktur [7]. Keberadaan *Road Side Unit* dapat membantu node untuk mengirimkan paket data baik ke node yang berada di sekitarnya maupun ke *Road Side Unit* lainnya. Komunikasi yang terjadi antar node maupun node dengan *Road Side Unit* disebut dengan komunikasi *hybrid*. Pengembangan dari *Road Side Unit* adalah *Static Intersection Node*. *Static Intersection Node* merupakan *Road Side Unit* yang berada pada *intersection* [8].

RSU mempunyai prosedur dalam menyampaikan informasinya antara lain:

- RSU mempunyai kewajiban untuk lebih memperluas jangkauan jaringannya karena semakin jauh atau luas jangkauannya maka semakin banyak pula kendaraan atau *node* yang bisa berkomunikasi.
- RSU diharuskan bisa memberikan informasi terkait dengan keamanan dan keselamatan dalam berkendara.
- RSU diharuskan menyediakan konektivitas internet ke *On Board Unit* (OBU) [7].

Dalam jaringan VANET, RSU berperan sebagai *repeater* yang dapat menguatkan sinyal sehingga dapat memperluas jangkauan kendaraan dalam mengirim dan menerima data [6].



Gambar 2. 1 *Road Side Unit*

Gambar 2.1 di atas merupakan gambaran penerapan dari *Road Side Unit*, dimana terjadi komunikasi antar kendaraan serta antar *Road Side Unit* dengan kendaraan.

2.3 Parameter-parameter yang digunakan

2.3.1 *Packet Delivery Ratio (PDR)*

Packet Delivery Ratio (PDR) adalah rasio paket data yang berhasil diterima oleh tujuan dengan banyaknya paket yang dikirim oleh sumber. PDR didapatkan dengan persamaan berikut:

$$PDR = \frac{received}{sent} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dengan, received adalah banyaknya paket data yang diterima dan sent adalah banyaknya paket data yang dikirimkan [6].

2.3.2 *Packet Loss (PL)*

Packet Loss adalah paket yang gagal sampai ke tujuan. *Packet loss* didapatkan dengan persamaan berikut:

$$PL = \frac{sent-received}{sent} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dengan, *received* adalah banyaknya paket data yang diterima dan *sent* adalah banyaknya paket data yang dikirimkan [6].

2.3.3 End to End Delay (E2D)

Delay atau E2D adalah waktu yang dibutuhkan paket dalam jaringan atau waktu tunda dalam pengiriman paket data dari pengirim ke penerima. E2D didapatkan dengan persamaan berikut:

$$E2D = \frac{\sum_{i=0}^{i=sent} t_{received[i]} - t_{sent[i]}}{sent} \quad (2.3)$$

Dengan, $t_{received[i]}$ adalah waktu penerimaan paket dengan urutan ke- i , $t_{sent[i]}$ adalah waktu pengiriman paket dengan urutan ke- i , dan *sent* adalah banyaknya paket data yang dikirimkan [6].

2.4 Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)

Sejumlah kendaraan yang terhubung satu sama lain melalui sebuah rangkaian *ad hoc* membentuk suatu jaringan nirkabel yang disebut *Vehicular Ad-Hoc Network* (VANET) [9]. VANET adalah teknologi hasil pengembangan dari *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) yang difokuskan untuk kendaraan bergerak. VANET disebut jaringan *ad-hoc* karena jaringan yang ada bisa terbentuk dan terhapuskan pada waktu acak tertentu karena mobilitas kendaraan yang terus-menerus bergerak dan berpindah lokasi. VANET umumnya menggunakan Wi-Fi IEEE 802.11b, Wi-Fi IEEE 802.11p, atau Wi-Max sebagai teknologi transmisi datanya [10]. Teknologi VANET memungkinkan terjadinya pengiriman data antar kendaraan dan dari kendaraan ke *Static intersection node* meskipun tidak terdapat infrastruktur jaringan yang tetap diantara pengirim dan penerima. Secara umum, model komunikasi jaringan VANET terbagi atas 3 kelompok, yaitu *Vehicle to Vehicle* (V2V) atau *Inter-Vehicle*, *Vehicle to Infrastructure* (V2I) atau *Vehicle to RSU*, dan juga *Roadside to Roadside* (R2R) atau *Inter-RSU*, yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan mengemudi dan manajemen lalu lintas sementara bagi para pengemudi dan penumpang [11].

Tujuan dari arsitektur VANET adalah untuk memungkinkan koneksi antar kendaraan atau antar kendaraan dengan RSU yang mengarah ke tiga kemungkinan berikut:

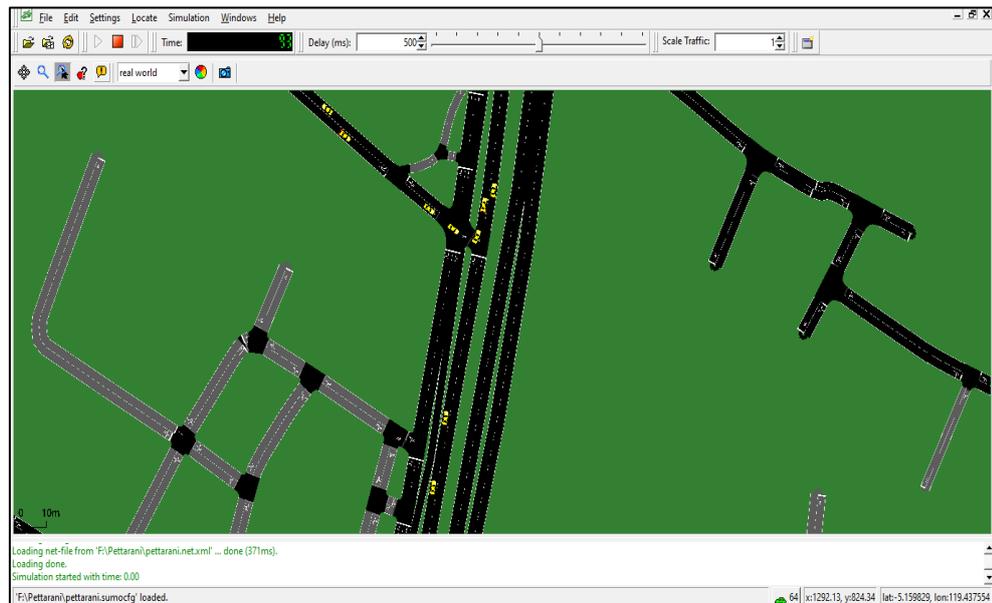
- Jaringan *ad-hoc Vehicle to Vehicle* (V2V): memungkinkan komunikasi kendaraan langsung tanpa bergantung pada dukungan infrastruktur tetap dan dapat digunakan terutama untuk aplikasi keamanan, keselamatan dan penyebaran.
- Jaringan *Vehicle to Infrastructure* (V2I): memungkinkan kendaraan untuk berkomunikasi dengan RSU terutama untuk aplikasi pengumpulan informasi dan data.
- Arsitektur *hybrid*: menggabungkan komunikasi V2I dan V2V. Dalam skenario ini, kendaraan dapat berkomunikasi dengan infrastruktur RSU baik secara *multi-hop* atau *single-hop*, tergantung pada jarak, yaitu apakah dapat atau tidak mengakses langsung RSU. Hal ini memungkinkan koneksi jarak jauh ke internet atau ke kendaraan yang jauh [12].

Dalam VANET, RSU (*Road Side Unit*) dapat memberikan bantuan dalam menemukan fasilitas seperti restoran dan pompa 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. 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 [13].

Hal yang membedakan VANET dengan MANET adalah mobilitas pada VANET terbatas pada jalan (*road*) yang telah ditentukan dari peta (*map*). Mobilitas ini dapat mengakibatkan perubahan susunan *node*. VANET membentuk jaringan *multi-hop* antar *node* yang dapat digunakan untuk mengirimkan data kepada *node* lain ataupun *Road Side Unit* [6].

2.5 Simulation of Urban Mobility (SUMO)

Simulation of Urban Mobility (SUMO) merupakan sebuah program *open source simulator* lalu lintas jalan yang memungkinkan pengguna untuk membangun simulasi pergerakan kendaraan pada topologi jaringan VANET yang disesuaikan. Pengimplementasian SUMO dimulai pada tahun 2001, dengan sebuah rilis *open source* tahun 2002, dikembangkan oleh Daniel Krajzewicz, Jakob Erdmann, Michael Behrisch, and Laura Bieker. setiap kendaraan dimodelkan secara eksplisit, memiliki rute sendiri, dan bergerak secara individu melalui jaringan [14]. SUMO memiliki kelengkapan fitur dan permodelannya, termasuk kemampuan jalannya jaringan untuk membaca format yang berbeda, permintaan dengan skala besar hingga pengaturan *routing* dan semua yang berhubungan dengan penelitian pergerakan dalam lalu lintas yang berfokus pada daerah padat penduduk (*urban*) [6].



Gambar 2. 2 Tampilan *Simulation of Urban Mobility* (SUMO)

Gambar 2.2 di atas merupakan tampilan dari Simulator SUMO (*Simulation of Urban Mobility*) pada saat dilakukan simulasi. Pada simulator SUMO digunakan untuk membuat skenario mobilitas yang merupakan proses terjadinya pergerakan kendaraan pada peta jalan yang digunakan.

SUMO terdiri dari beberapa macam *tools* yang digunakan dalam membangun simulasi lalu lintas pada tahap yang berbeda, diantaranya yaitu:

- *netconvert*, berfungsi untuk melakukan konversi dari peta seperti *OpenStreetMap* menjadi format mentah SUMO.
- *netgenerate*, berfungsi untuk membuat peta berbentuk seperti *grid*, *spider* dan bahkan *random network*. Sebelum melakukan proses *netgenerate*, pengguna dapat membuat *traffic light* pada peta dan menentukan kecepatan maksimum jalan. Hasil dari *netgenerate* ini berupa file dengan ekstensi (.net.xml).
- *randomTrips.py*, berfungsi membuat *route random* yang akan dilalui oleh kendaraan dalam simulasi.
- *route2trips.py*, berfungsi membuat detail perjalanan setiap kendaraan berdasarkan *output* dari *randomTrips.py*.
- *duarouter*, *tool* yang berfungsi melakukan perhitungan *route* berdasarkan definisi yang diberikan dan memperbaiki kerusakan *route*.

- *sumo-gui*, GUI untuk melihat simulasi yang dilakukan oleh SUMO secara grafis.
- *traceExporter.py. tool* yang berfungsi untuk mengkonversi *output* dari sumo menjadi format yang dapat digunakan pada *simulator* lain. [6].

2.6 Protokol *Routing* Proaktif

Protokol *routing* proaktif adalah protokol berdasarkan routing table yang terus menerus diperbarui secara regular [15]. Algoritma dari golongan protokol ini akan mengelola daftar tujuan dan rute terbaru masing-masing serta bersifat *broadcast* sehingga sistem pendistribusian *table routing*nya selalu diupdate secara periodik, maka dari itu perlu penggambaran keseluruhan node jaringan serta setiap node akan merespon perubahan dalam mengupdate agar terjadi konsistensi *routing table*. Hal ini akan memperlambat aliran data jika terjadi restrukturisasi *routing*nya [16]. Kelebihan dari protokol *routing* proaktif adalah tidak memerlukan *route discovery* dikarenakan *route* tujuan telah disimpan sebelumnya [17]. Contoh protokol *routing* proaktif adalah DSDV dan OLSR [15].

2.7 Protokol *Routing* Reaktif

Protokol *routing* reaktif adalah protokol yang bekerja berdasarkan permintaan untuk membuat rute baru atau perubahan rute [15]. Tipe algoritma protokol *routing* reaktif bersifat *on demand*, pada intinya node sumber yang akan menentukan node tujuan sesuai prosedur yang diinginkannya. Jadi *routing table* yang ada pada node hanyalah informasi *route* ke tujuan saja [16]. Kelebihan dari protokol *routing* reaktif adalah pencarian rute dilakukan apabila dibutuhkan oleh node untuk saling berkomunikasi. Protokol *routing* reaktif terdiri dari fase *Route Discovery* dimana paket yang diminta akan melakukan *flooding*/menbanjiri jaringan untuk pencarian jalur [17]. Contoh protokol *routing* reaktif adalah AODV dan DSR [15].

2.8 Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV)

Ad-Hoc on Demand Distance Vector (AODV) merupakan salah satu jenis protokol *routing reactive* pada VANET dimana AODV menggunakan algoritme *distance vector* yang memungkinkan suatu node mengetahui node di sekitarnya beserta jarak yang dibutuhkan. AODV membuat rute jaringan hanya ketika dibutuhkan saja sehingga memiliki nilai *routing overhead* yang lebih rendah dibandingkan protokol *routing proactive* [11]. AODV memiliki ciri utama yaitu menjaga *timer-based state* pada setiap node sesuai dengan penggunaan tabel *routing* [6]. AODV memiliki *Route Discovery* dan *Route Maintenance*. *Route Discovery* berupa *Route Request (RREQ)* dan *Route Reply (RREP)*, sedangkan *Route Maintenance* berupa data, *Route Update* dan *Route Error (RRER)*. *Route Request (RREQ)*, *Route Reply (RREP)*, and *Route Error (RERR)* adalah jenis-jenis pesan yang didefinisikan oleh AODV. Jenis pesan ini diterima melalui UDP [18].

Terdapat beberapa tahap pencarian rute pada *routing protocol AODV*, diantaranya sebagai berikut:

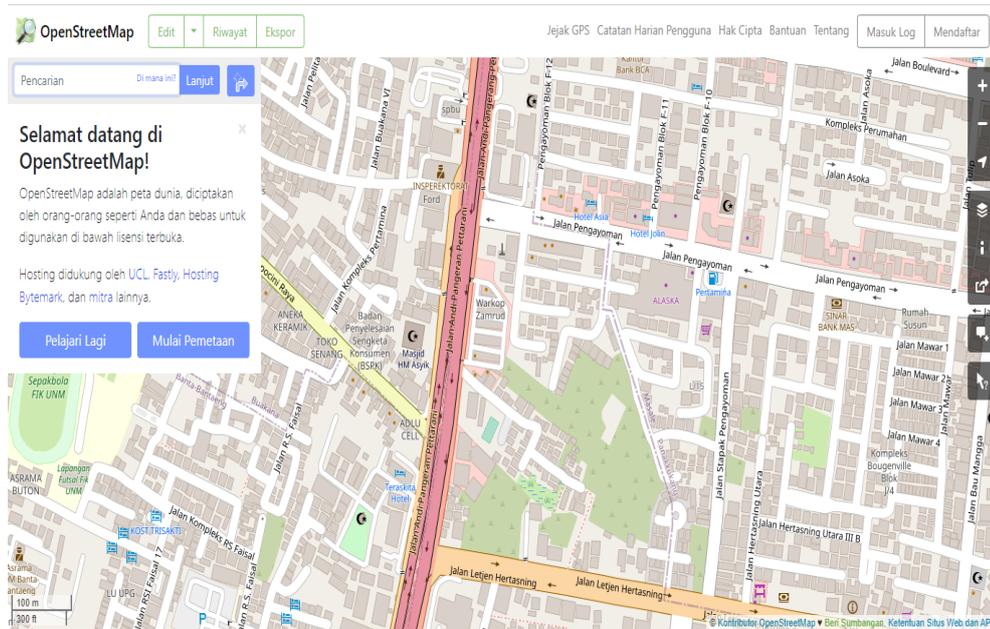
- 1) Di saat node sumber (S) membutuhkan suatu rute menuju node tujuan (D), tahap awal yang dilakukan oleh node sumber adalah menyiarkan paket *route request (RREQ)* menuju node tetangganya.
- 2) Apabila node yang menerima RREQ memiliki informasi rute menuju node tujuan, maka node tersebut akan mengirim paket RREP kembali menuju node sumber melalui *reverse path* yang diciptakan RREQ setiap kali *flooding* dilakukan. Namun, jika node yang menerima RREQ tidak memiliki informasi rute menuju node tujuan, maka node tersebut akan menyiarkan ulang RREQ ke node tetangganya.
- 3) Node yang menerima RREQ dengan nilai *source address* dan *broadcast ID* yang sama dengan RREQ yang diterima sebelumnya, akan mempertahankan RREQ yang sudah diterima di awal dan membuang RREQ baru.
- 4) Ketika sebuah node yang memiliki informasi rute menuju node tujuan menerima RREQ, maka node tersebut akan melakukan perbandingan antara

nilai *destination sequence number* yang dia miliki dengan nilai *destination sequence number* yang ada di RREQ berdasarkan nilai yang lebih besar. Apabila nilai *destination sequence number* yang ada di RREQ lebih besar dari nilai yang dimiliki oleh node maka paket RREQ tersebut akan disiarkan kembali ke node tetangganya, namun apabila nilai *destination sequence number* yang ada di node lebih besar atau sama dengan nilai yang ada di RREQ maka node tersebut akan mengirim *route reply* (RREP) menuju node sumber menggunakan *reverse path*.

- 5) Apabila terjadi masalah pada rute, *route maintenance* yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan rute akan mengirimkan paket *route error* (RERR) menuju *source node* dan *source node* akan kembali menyiarkan paket *route request* (RREQ) dalam proses *route discovery*.
- 6) Informasi *timeout* (masa aktif rute) diinformasikan oleh *Intermediate* node yang menerima RREP, dan informasi rute sumber ke tujuan akan dihapus apabila waktu *timeout* telah habis [19].

2.9 OpenStreetMap (OSM)

OpenStreetMap (OSM) merupakan sebuah peta dunia yang dapat diakses dan diubah atau memperbaharui data untuk membuat peta yang lebih akurat, terperinci dan *up-to-date* secara gratis dan terbuka oleh siapapun. OSM sebagai “Wikipedianya Peta” memiliki peta yang lebih rinci daripada *Google Maps*, karena setiap menit terdapat pembaharuan pada peta OSM. Hal ini terjadi karena lebih dari dua juta yang terdaftar *editor* OSM yang terus-menerus membuat perubahan peta di seluruh dunia [6]. OSM dibangun sepenuhnya oleh sukarelawan dengan melakukan survei dan mengumpulkan data menggunakan perangkat GPS, fotografi udara, dan sumber bebas lainnya, dimanfaatkan untuk beragam kebutuhan termasuk navigasi. Siapapun dapat berkontribusi untuk OSM. *OpenStreetMap* dirintis pertama kali oleh Steve Coast di Britania Raya pada tahun 2004 [20].



Gambar 2. 3 Tampilan *OpenStreetMap*

Gambar 2.3 di atas dapat dilihat tampilan dari *OpenStreetMap* yang merupakan *website* yang digunakan untuk membuat peta yang ingin di uji coba.

2.10 *Java OpenStreetMap (JOSM)*

Java OpenStreetMap Editor atau biasa disingkat JOSM merupakan sebuah aplikasi desktop berbasis *Java* dan dapat dioperasikan pada sistem operasi seperti *Windows*, *Mac OS*, dan *Linux*. 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, sedangkan situs untuk mengunduhnya dapat diakses di josm.openstreetmap.de untuk mendapatkan versi terbaru dari aplikasi ini [20].

2.11 *Network Simulator 2 (NS-2)*

Network Simulator 2 atau biasa disingkat NS-2 merupakan sebuah *network simulator* yang dibuat dengan tujuan riset dan pendidikan. Awalnya, NS dibangun sebagai varian dari *real Network Simulator* pada tahun 1989 di UCB (*University of*

California Berkeley). NS-2 merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat menampilkan secara simulasi proses komunikasi dan bagaimana proses komunikasi tersebut berlangsung. NS-2 melayani simulasi untuk komunikasi dengan kabel dan nirkabel. NS-2 memiliki beberapa fitur kelebihan yang dapat dimanfaatkan dalam pemodelan dan pengujian VANET. NS-2 memiliki tools validasi yang berfungsi untuk menguji validitas pemodelan yang ada pada NS-2. NS-2 bersifat *open source* dibawah GPL (GNU Public Licence) [20].

2.12 Standar Optimalisasi Penentuan RSU

Standar optimalisasi dari penentuan RSU dikatakan optimal yaitu apabila *Packet Delivery Ratio* yang dihasilkan tidak dibawah 75%, *Packet Loss* tidak melebihi 25%, dan *End to End Delay* tidak melebihi 3 detik [21].