

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH *HIDDEN NODE* PADA *VEHICULAR
AD HOC NETWORK* (VANET)**

Disusun dan diajukan oleh

NUR HASANA ABUNAWAS

D121181002



DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH HIDDEN NODE PADA VEHICULAR AD HOC NETWORK (VANET)

Disusun dan diajukan oleh

Nur Hasana Abunawas
D121181002

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informasi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 10 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Indrabayu, S.T., M.T.,
M.Bus.Sys., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 19750716 200212 1 004


Dr. Eng. Wardi, S.T., M.Eng.
NIP. 19720828 199903 1 003

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 19750716 200212 1 004



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nur Hasana Abunawas

NIM : D121181002

Program Studi : Teknik Informatika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Analisis Pengaruh *Hidden Node* Pada *Vehicular Ad Hoc Network (VANET)*”

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

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

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

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

Gowa, 3 Maret 2023

Yang Menyatakan



Nur Hasana Abunawas

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 “**Analisis Pengaruh *Hidden Node* pada *Vehicular Ad Hoc Network (VANET)*”** Penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata- 1 di Departemen Teknik Informatika 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 Subhanau Wata’ala 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 Proyek Akhir.
3. Orang Tua tercinta penulis, Bapak Abunawas Kampunu dan Ibu Sitti Normasi 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. Jamaluddin Jompa, M.Sc. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dekan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

6. Bapak Prof. Dr. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM., ASEAN Eng., selaku pembimbing utama dan Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah menyempatkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir;
7. Bapak Dr.Eng. Wardi, ST. M.Eng., selaku pembimbing kedua yang telah menyempatkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir.
8. Bapak Prof.Dr.Ir. Syafruddin Syarif, M.T, selaku penguji utama dan Ibu Dr.Eng.Ir. Dewiani, M.T., selaku penguji kedua yang telah menyempatkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir;
9. Bapak dan ibu Dosen di Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas didikan dan arahnya selama masa perkuliahan;
10. Segenap Staf Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu semasa perkuliahan dan dalam penyelesaian tugas akhir;
11. Ibu Rasna yang telah menyempatkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membantu penulis selama proses penyusunan tugas akhir;
12. Saudara-saudara kandung penulis yang sangat penulis dicintai Sri Rezeki Abunawas, S.Kom, Nur Afni Pratiwi, S.T., Fauziah Putri Abunawas, Aissa Azalfa Abunawas yang selalu memberikan cinta kasih kepada penulis, tiada

hentinya mendoakan dan memberikan dukungan materi dan moril kepada penulis.

13. Richard Christopher Suwandi, atas pengertian dan kasih sayangnya dalam mendampingi dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas Akhir ini.
14. Sahabat penulis yang sangat dicintai yaitu Fitriani, yang selalu bisa menjadi saudara dan mendampingi penulis baik disaat senang maupun susah, selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis, selalu mendengarkan setiap keluh kesah, yang selalu setia menolong penulis mulai awal perkuliahan di tahun 2018 hingga saat ini.
15. Sahabat-sahabat terbaik penulis yang disayangi Indah, Dee, Lisyah dan Tiara membantu dan memberikan semangat di kondisi apapun sehingga penulis bisa melewati seluruh rangkaian semester dalam perkuliahan ini.
16. Sahabatku, Sakinah Paramitha Aulia dan Moh. Betrawan Saputra Laronga yang selalu membantu serta memberikan arahan dan masukan dalam menjalani pendidikan hingga menyelesaikan tugas Akhir ini.
17. Sahabatku, Aty, Suci Azzahrah, Suci Rahmadani, fitri dan rindy yang selalu yang selalu memberikan bantuan tanpa pamrih, terimakasih banyak atas bantuan, saran, motivasi, dorongan, canda, tawa, suka, duka, dan nasehatnya yang selalu membangun.
18. Kawan-kawan Laboratorium Artificial Intelligence Teknik Informatika, Mage, Nana, Firda, Ayu, Arum, Dandy, Andika, Jabal, dan Fandly yang telah menemani proses pengerjaan TA, serta teman bercanda ria dalam pengerjaan tugas akhir.

19. Kawan-kawan Teman-teman Angkatan Teknik Informatika 2018 Universitas Hasanuddin yang telah membantu, baik secara langsung maupun secara tidak langsung.
20. Semua orang yang telah membantu dan menginspirasi penulis namun tidak sempat disebutkan.

Dan juga kepada siapapun yang telah memberikan doa, motivasi, dan dorongan serta bantuan, hanya Allah yang Maha Melihat dan Maha Mengetahui *Insyallah* akan dibalas dengan sebaik-baiknya balasan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena kesempurnaan yang hakiki hanyalah milik *Allah 'Azza wa Jalla Rabb* yang Maha Sempurna. Untuk itu, kritik dan saran yang sifatnya konstruktif sangat penulis harapkan. Harapan penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Bangsa, Negara dan Agama. *Aamiin Yaa Rabbal'Aalamiin*.

Gowa, Maret 2023

Penulis

ABSTRACT

Transportation numbers in Indonesia were grown rapidly, based on data from the Central Bureau of Statistics of Indonesia, the number of vehicles in Indonesia reached 136.13 million in 2020, and each year at least increased by 5%. These enhancements raise new challenges, such as Indonesian government's program named "100 smart cities". This challenge is supported by development of VANET technology that allows vehicles to communicate each other in real time. Unfortunately, IEEE 802.1p network standard used on VANET only allows one transmission at time and prohibits simultaneous transmission. This can lead to hidden node. To overcome the hidden node problem through arranged the data transmissions by choosed suitable routing protocol. This study aims to simulate the realistic situation at Letjen Hertasning Street Makassar City, then analyze the performance of routing protocols. This study was implemented in four phases: literature study, design scenario, hidden node simulation using AODV and OLSR routing protocols and analysis simulation results. To test the performance of both routing protocol, it is used 3 testing metrics which are PDR, average throughput, and E2ED. The result of the simulation shows that OLSR routing protocol performance is superior compared to AODV. OLSR has a better performance that is PDR of 93.40 %, average throughput of 3.48 Kbps, and E2ED of 223.94 seconds, when compared with AODV with score PDR of 90.80%, average throughput of 2.71 Kbps, and E2ED of 1212 seconds.

Keywords: VANET, *hidden node*, AODV, OLSR, *protokol routing*

ABSTRAK

Perkembangan jumlah transportasi di Indonesia sangatlah pesat, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik jumlah kendaraan di Indonesia mencapai 136,13 juta pada 2020, dan tiap tahun setidaknya meningkat 5%. Peningkatan jumlah ini menimbulkan berbagai tantangan baru, salah satunya adalah program pemerintah Indonesia yaitu 100 *smart city*. Hal ini didukung dengan adanya pengembangan sistem VANET yang memungkinkan kendaraan dapat saling berkomunikasi. Sayangnya, standar jaringan IEEE 802.11p yang digunakan pada VANET hanya mengizinkan satu transmisi pada satu waktu dan melarang transmisi simultan. Hal ini dapat menyebabkan *hidden node*. Salah satu cara untuk mengatasi masalah *hidden node* adalah dengan mengatur proses transmisi data dengan memilih protokol *routing* yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan keadaan realistis di Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar, kemudian akan menganalisis performa protokol *routing* pada masalah *hidden node* di daerah padat kendaraan Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap: studi pustaka, perancangan skenario simulasi, simulasi *hidden node* menggunakan protokol *routing* AODV dan OLSR kemudian dilakukan pengujian dan analisis terhadap hasil simulasinya. Hasil penelitian ini diukur menggunakan parameter PDR, *average throughput*, dan E2ED. Hasil simulasi menunjukkan performansi protokol *routing* OLSR lebih unggul dibandingkan dengan AODV. Protokol *routing* OLSR memiliki performansi yang lebih baik yaitu PDR sebesar 93,40 %, *average throughput* sebesar 3.48 *Kbps*, dan E2ED sebesar 223,94 *seconds*, jika dibandingkan dengan protokol *routing* AODV yaitu PDR sebesar 90,80 %, *average throughput* sebesar 2,71 *Kbps*, dan E2ED sebesar 1212 *seconds*.

Kata kunci: VANET, *hidden node*, AODV, OLSR, protokol *routing*

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRACT.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 VANET (<i>Vehicular Ad Hoc Network</i>).....	8
2.2 <i>Hidden Node</i>	11
2.3 Protokol <i>Routing</i>	13
2.4 Parameter Pengujian (QoS).....	18
2.5 <i>OpenStreetMap</i> (OSM).....	20
2.6 <i>Java OpenStreetMap</i> (JOSM).....	21
2.7 <i>Simulation of Urban Mobility</i> (SUMO).....	21
2.8 <i>Network Simulation 3</i> (NS3).....	23
2.9 Penelitian Terkait.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Tahapan Penelitian	27
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	28
3.3 Jenis Penelitian	29

3.4	Sumber Data	29
3.5	Instrumen Sistem	31
3.6	Perancangan Sistem.....	32
3.7	Pengujian Sistem	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Hasil Simulasi Mobilitas pada SUMO	44
4.2	Analisis Pengaruh <i>Hidden Node</i> pada Protokol <i>Routing</i> AODV dan OLSR.....	47
BAB V PENUTUP.....		59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Hidden Node</i>	12
Gambar 2. Penyebaran Pesan RREQ	15
Gambar 3. Tahapan Penelitian	27
Gambar 4. Peta Jalan	31
Gambar 5. Rancangan Sistem	33
Gambar 6. Tampilan saat pengunduhan peta di Jalan Letjen Hertasning	33
Gambar 7. Tampilan saat penyuntingan JOSM peta di Jalan Letjen Hertasning	34
Gambar 8. Konversi dengan <i>netconvert</i>	34
Gambar 9. Konversi dengan <i>polyconvert</i>	35
Gambar 10. Konversi dengan <i>randomTrip.py</i>	35
Gambar 11. Sintaks pada file *.sumo.cfg	36
Gambar 12. Diagram Alir Simulasi <i>Hidden Node</i>	39
Gambar 13. Tampilan Simulasi Mobilitas pada SUMO	44
Gambar 14. Tampilan File <i>Skenario.tcl</i>	46
Gambar 15. Tampilan File <i>Mobility.tcl</i>	46
Gambar 16. Tampilan File <i>Activity.tcl</i>	47
Gambar 17. <i>Propagation Range</i>	47
Gambar 18. Proses <i>Running</i> Simulasi	48
Gambar 19. Pengiriman Paket pada <i>NetAnim</i>	48
Gambar 20. Grafik Perbandingan PDR	52
Gambar 21. Grafik Perbandingan <i>Average Throughput</i>	54
Gambar 22. Grafik Perbandingan E2ED	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Evolusi Standar Komunikasi <i>Vehicle Ad Hoc Network</i>	11
Tabel 2. Kategori PDR	18
Tabel 3. Kategori E2ED	19
Tabel 4. Kategori <i>Throughput</i>	20
Tabel 5. Spesifikasi Perangkat Keras	32
Tabel 6. Parameter Simulasi Mobilitas	37
Tabel 7. Parameter Simulasi <i>Hidden Node</i> Skenario 1	39
Tabel 8. Parameter Simulasi <i>Hidden Node</i> Skenario 2	40
Tabel 9. Parameter Simulasi <i>Hidden Node</i> Skenario 3	41
Tabel 10. Hasil Uji Skenario 1	49
Tabel 11. Hasil Uji Skenario 2	50
Tabel 12. Hasil Uji Skenario 3	51
Tabel 13. Hasil Rata-Rata PDR.....	52
Tabel 14. Hasil Rata-Rata <i>Average Throughput</i>	54
Tabel 15. Hasil Rata-Rata E2ED.....	55

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AODV	Adhoc On Deman Distance Vector
E2ED	End to End Delay
JOSM	Java OpenStreetMap
OLSR	Optimized Link State Routing
OSM	OpenStreetMap
PDR	Packet Delivery Ratio
SUMO	Simulation Urban Mobility
V2V	Vehicle to Vehicle
VANET	Vehicular Ad Hoc Network

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan jumlah transportasi di Indonesia sangatlah pesat, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik jumlah kendaraan di Indonesia mencapai 136,13 juta pada tahun 2020, dan tiap tahun setidaknya meningkat 5%. Peningkatan jumlah ini menimbulkan berbagai tantangan baru salah satunya adalah program pemerintah Indonesia yaitu 100 *smart city*. Berdasarkan kajian pengembangan *smart city* di Indonesia oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) pada tahun 2015, salah satu tolak ukur *smart city* adalah *smart mobility* yang memanfaatkan dan mengoptimalkan jaringan untuk pergerakan kendaraan. Hal ini didukung dengan adanya pengembangan *Intelligent Transportation System (ITS)*. Sistem ini menawarkan suatu pemodelan baru yang mengintegrasikan teknologi jaringan, *wireless* dan jaringan lalu lintas yang mendukung komunikasi antar kendaraan di jalan secara *real time* (M. R. Ghorri, 2018).

Teknologi ini disebut *Vehicle Ad Hoc Network (VANET)*. Teknologi ini merupakan salah pendekatan memastikan produktivitas dan mobilitas yang lebih aman dan efisien dengan memanfaatkan infrastruktur dan layanan yang ada. VANET merupakan kemajuan teknologi jaringan nirkabel agar setiap kendaraan dapat bertukar data dengan kendaraan terdekat melalui komunikasi *Vehicle to Vehicle (V2V)*, *Vehicle to Infrastructure (V2I)* dan melalui jaringan seluler secara *real time* (M. R. Ghorri, 2018). Konsep V2V merupakan sistem komunikasi dimana

kendaraan dapat saling berhubungan dan bertukar informasi seperti kecepatan, posisi dan arah satu sama lain. Penggunaan komunikasi V2V yang lain yaitu dapat digunakan sebagai layanan keselamatan, non-keselamatan dan hiburan. Layanan keselamatan bertujuan untuk meminimalkan kecelakaan dan risiko bagi penumpang dan pengguna jalan (X. Wang, 2017).

Dalam melakukan komunikasi, proses transmisi data pada VANET berbeda dengan jaringan pada umumnya yang bersifat statis. Perutean paket mengikuti gerakan *node* dan mengakibatkan topologi jaringan VANET bersifat dinamis, sehingga menjadi tantangan dalam menentukan protokol *routing* yang akan digunakan pada kondisi ini. Disisi lain, distribusi tingkat kepadatan dan kecepatan kendaraan juga mempengaruhi performa protokol *routing*. Di wilayah perkotaan, pergerakan kendaraan tidak dapat prediksi karena adanya perubahan laju kecepatan dan distribusi yang tidak merata sehingga hal ini menyebabkan jalan tertentu mengalami kemacetan sedangkan jalan lainnya lengang. Untuk itu, perancangan dan pembangunan mobilitas realitis perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian terhadap protokol *routing* (Hidayah, R. N, 2018).

Pemilihan metode juga berpengaruh terhadap performa protokol *routing*, hal ini untuk menghindari masalah tabrakan transmisi data saat proses pengiriman data. Salah satu masalah serius yang selalu menjadi tantangan yaitu *hidden node*. *Hidden node* adalah masalah yang muncul jika terdapat kendaraan atau *node* yang di luar jangkauan beberapa node yang lain yang sedang melakukan transmisi data (Aziza, 2017). Hal ini terjadi karena pada sistem VANET menggunakan standar jaringan IEEE 802.11p yang menggunakan skema CSMA/CA dimana hanya mengizinkan

satu transmisi pada satu waktu dan melarang transmisi simultan. CSMA/CA melarang *neighborhood* untuk mengirimkan data selama transmisi sedang berlangsung untuk menghindari potensi gangguan/tabrakan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengatur proses transmisi data dengan memilih *routing protocol* yang tepat (A. N. Dharsandiya, 2016).

Salah satu protokol *routing* yang banyak digunakan pada penelitian di lingkungan VANET adalah AODV (*Adhoc On Demand Distance Vector*). AODV merupakan protokol *routing* reaktif yang dapat digunakan untuk mendukung komunikasi *unicast* atau *multicast* (Aziza & Puji Catur Siswipraptini, 2017). Protokol ini berfungsi untuk meminimalisir kegagalan pengiriman data dan meningkatkan *throughput* sistem. Selain itu, AODV juga memastikan rute ini tidak mengandung perulangan (*looping*), dan membuat rute baru apabila terjadi *error* (Sahabudin, 2020). Protokol *routing* OLSR (*Optimized Link State Routing*) adalah 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 (Anisia, Munadi, & Negara, 2016).

Penelitian ini akan membandingkan pengaruh *hidden node* terhadap kinerja dari protokol *routing* reaktif dan proaktif terhadap skenario simulasi di Jalan Letjen Hertasning, Kota Makassar. Parameter uji kinerja dalam penelitian ini yaitu *packet delivery ratio* (PDR) merupakan perbandingan antara jumlah paket yang diterima oleh *node* tujuan dengan jumlah paket yang dikirim oleh *node* sumber, *end to end delay* (E2ED) merupakan waktu yang diperlukan suatu paket sampai ke *node* tujuan

sejak di kirim dari *node* sumber, dan *throughput* ialah jumlah total paket yang berhasil diterima dalam selang masa tertentu.

Penelitian ini akan mensimulasikan protokol *routing* 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 pengaruh *hidden node* terhadap kinerja dari protokol *routing* reaktif dan proaktif di jaringan VANET.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mensimulasikan kondisi jalan Letjen Hertasning menggunakan SUMO?
2. Bagaimana analisis performa protokol *routing* pada masalah *hidden node* dengan mobilitas padat kendaraan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mensimulasikan kondisi jalan Letjen Hertasning menggunakan SUMO.
2. Untuk mengetahui performa protokol *routing* pada masalah *hidden node* dengan mobilitas padat kendaraan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat, penelitian ini memberi informasi dan membantu pihak terkait untuk memanfaatkan protokol *routing* pada VANET di wilayah perkotaan.
2. Bagi institusi pendidikan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi akademisi maupun peneliti berikutnya dalam melakukan penelitian mengenai pengaruh *hidden node* pada protokol *routing* dalam lingkup VANET pada wilayah perkotaan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang diolah berupa peta jalan Letjen Hertasning yang digunakan dalam simulasi mobilitas.
3. Simulasi mobilitas dengan *Simulation Urban Mobility* (SUMO).
4. Simulasi jaringan dengan *Network Simulation 3*.
5. Parameter pengujian simulasi adalah *average throughput*, *PDR*, dan *E2ED*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian rancangan mobilitas realistik pada kota Makassar adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan tentang latar belakang perancangan model mobilitas yang realistik, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian serta 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

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, tahapan pada penelitian, perancangan yang akan disimulasikan pada VANET.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil, pembahasan dan implementasi dari sistem yang dibuat.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Kesimpulan merupakan pernyataan secara general atau spesifik yang berisi hal-hal penting dan menjadi temuan penelitian yang bersumber pada

hasil dan pembahasan. Saran merupakan pernyataan atau rekomendasi peneliti yang berisi hal-hal penting sebagaimana yang telah disampaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 VANET (*Vehicular Ad Hoc Network*)

Vehicular ad-hoc networks (VANET) merupakan perkembangan dari *mobile ad-hoc network* (MANET), VANET akan membentuk jaringan *multi-hop* antar kendaraan yang dapat digunakan untuk mengirimkan data kepada kendaraan lain ataupun *Static Intersection Node*. VANET memungkinkan kendaraan berkomunikasi di jalan dengan sejumlah peralatan canggih yang terkait dengan teknologi akses nirkabel yang digabungkan dengan kendaraan. Dalam lingkungan jaringan kendaraan yang jarang, infrastruktur yang telah ditentukan sebelumnya atau kendaraan reguler yang telah ditentukan sebelumnya dari rute tertentu seperti BUS digunakan sebagai sisi jalan (RSU) untuk menyediakan komunikasi di antara kendaraan di jalan (Nakamura et al, 2010).

VANET diharapkan mampu menyediakan berbagai layanan yang dapat meningkatkan keselamatan di jalan raya dan memperbaiki efisiensi trafik lalu lintas. Contohnya, kendaraan yang terhubung pada jaringan *ad-hoc* ini dapat memberitahukan kendaraan lain tentang informasi perbaikan jalan yang berpotensi menimbulkan kecelakaan, pemberitahuan adanya kemacetan di suatu lokasi sehingga memberi kesempatan bagi pengendara-pengendara untuk mencari jalur alternatif, adanya aplikasi lampu rem otomatis, sampai penyediaan akses internet di dalam kendaraan (Aziza, 2016).

Komunikasi pada VANET dibagi menjadi empat tipe komunikasi yaitu komunikasi *In-vehicle*, *Vehicle-to-vehicle* (V2V), *Vehicle-to-road*

infrastructure (V2I), dan *Vehicle-to-broadband* (V2B) (Liang et al., 2015). Komunikasi *In-vehicle* menyediakan berbagai informasi yang berhubungan dengan kejadian di dalam suatu kendaraan, misalnya: kecepatan dan posisi kendaraan, informasi apakah pengemudi mengantuk atau mengalami kelelahan. V2V mengatur bagaimana kendaraan-kendaraan dapat saling bertukar informasi yang berhubungan dengan lalu lintas. Komunikasi V2I menghubungkan kendaraan dengan berbagai perangkat infrastruktur, termasuk RSU. V2I memungkinkan pengemudi menerima informasi tentang kondisi lalu lintas, cuaca, dan informasi lain dari sensor yang tergabung dalam VANET secara *real time*. Tipe komunikasi V2B menghubungkan kendaraan dengan jaringan *wireless broadband*, seperti 3G/4G (Liang et al., 2015).

2.1.1. Jenis Pesan pada VANET

Pesan-pesan yang dikomunikasikan antar kendaraan atau kendaraan dengan RSU, dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian (Rathore et al., 2010). Kelompok-kelompok tersebut memiliki prioritas yang tidak sama. Protokol MAC harus mampu mendeteksi jenis pesan yang diterima dan memperlakukan pesan tersebut sesuai dengan prioritasnya. Adapun 4 jenis pesan tersebut adalah sebagai berikut :

a. *Emergency and Warning Message*

Pesan ini dapat berisi informasi penting yang diharapkan dapat mencegah terjadinya kecelakaan, atau peringatan tentang berbagai kejadian di jalan raya yang perlu diketahui oleh pengguna jalan raya. Pesan jenis ini dikirimkan ke kendaraan-kendaraan berdasarkan adanya kejadian membahayakan atau berpotensi menimbulkan bahaya yang terdeteksi oleh suatu atau beberapa

node. Kelompok pesan ini memiliki prioritas tertinggi. Kelompok ini tidak memerlukan pesat data yang tinggi karena ukuran pesan yang dikirimkan pendek, yang diutamakan adalah waktu pengiriman pesan ke *node* yang dituju.

b. *Routing and Basic Safety Message*

Pesan ini biasanya dikirimkan oleh suatu *node* secara periodik, *broadcast* dan berisi berbagai informasi tentang status *node* tersebut, antara lain: posisi, kecepatan, dan arah *node*.

c. *Infotainment Message*

Pesan ini berisi informasi yang dapat memberikan kenyamanan pengendara, maupun penumpang kendaraan. Pesan berisi info tentang keberadaan stasiun pengisian bahan bakar dan rumah makan yang terdekat dan paket data *streaming* radio/TV adalah contoh pesan yang termasuk kelompok ini. Kelompok ini tidak memerlukan prioritas tinggi, namun seringkali membutuhkan kecepatan transmisi yang tinggi.

d. *Inter-personal message*

Berisi informasi tentang pengendara atau penumpang kendaraan.

2.1.2. IEEE 802.11p

WAVE (*Wireless Ad-hoc Vehicular Environments*) adalah arsitektur protokol yang dikembangkan oleh IEEE untuk jaringan *ad-hoc vehicular*. Untuk memanfaatkan potensi yang ada pada sistem komunikasi antar kendaraan saat ini, IEEE sedang mengembangkan suatu perubahan standar IEEE 802.11p atau yang disebut dengan WAVE (Miao,dkk.,2013).

Tabel 1. Evolusi Standar Komunikasi *Vehicle Ad Hoc Network*

Standar	Bandwidth (MHz)	Frequency (GHz)	Ket
802.11a	5/10/20	5	
802.11b	20	2.4	
802.11g	20	2.4	IEEE 802.11 WLAN Standar
802.11p	5/10	5.9	VANET Standar 2010
802.11n	20/40	2.4/5	
802.11ac	20/40/80/160	5	
802.11ax	20/40/80/160	2.4/5/6	Wi-fi standar terakhir (2019)

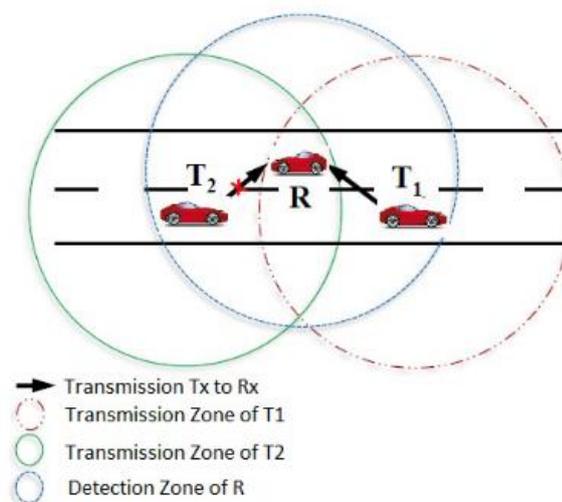
IEEE 802.11p adalah untuk sistem komunikasi antar kendaraan dengan sistem komunikasi yang digunakan adalah DSRC (*Dedicated Short Range Range Communication*) (Pramadya, 2011). Standar IEEE 802.11p ini diharapkan mampu mendukung komunikasi V2V dan V2I dengan jarak maksimum 350 meter dan dengan kecepatan kendaraan, absolut maupun *relative*, hingga 30m/menit (108 km/jam) pada beberapa macam kondisi, yaitu : pedesaan, perkotaan dan jalan raya (Teixeira et al., 2014).

2.2 *Hidden Node*

Lapisan *protocol* MAC di VANET diatur dalam standar IEEE 802.11p. Secara umum, lapisan *protocol* MAC harus mengelola akses kendaraan ke jaringan dan memastikan saluran berbagi, untuk menyediakan akses saluran yang andal, adil dan efisien dengan menghindari tabrakan transmisi. Standar ini menggunakan pendekatan CSMA/CA yang dirancang untuk memberikan keandalan dan memiliki persyaratan latensi yang rendah, tetapi memiliki kekurangan yaitu kurangnya QoS dan tidak cocok untuk lalu lintas dengan waktu yang nyata. Kinerja jaringan lapisan

MAC melarang transmisi secara bersamaan di zona deteksi yang sama untuk menghindari kemungkinan gangguan antara kendaraan tetangga (A. Triwinarko, 2020).

Permasalahan yang terjadi di lapisan MAC adalah akses yang diprioritaskan dan respon yang tidak terduga. Gambar 1 menunjukkan komunikasi yang andal dalam sistem nirkabel sulit karena masalah *hidden node*.



Gambar 1. Hidden Node

Masalah *hidden node* terjadi ketika sebuah *node* terlihat dari *access point* dan tidak terlihat oleh *node* lain yang sedang berkomunikasi dengan *access point* tersebut. Seperti pada gambar 1 *access point* R terletak dalam rentang baik *node* T₂ dan *node* T₁. *Node* T₂ dapat langsung berkomunikasi dengan *access point* R tetapi tidak dengan *node* T₁, demikian pula *node* T₁ dapat langsung berkomunikasi dengan *access point* R tetapi tidak dengan *node* T₂. Jadi dikatakan bahwa *node* T₂ tersembunyi dari *node* T₁ (Gihan, 2019).

Ketika *node* T2 dan *node* T1 secara bersamaan mengirim data ke *node* R itu akan menyebabkan tabrakan/*collusion*. Karena *node* T2 dan T1 tidak melihat satu sama lain, keduanya akan merasa *medium free* atau dalam keadaan *idle* sebelum mengirim data, dan tidak akan mendeteksi tabrakan apa pun saat mengirim data. Akibatnya, *node* R akan menerima data yang rusak/*corrupted*. Ini dikenal sebagai *hidden node* (Gihan, 2019).

2.3 Protokol Routing

Routing merupakan suatu mekanisme penentuan jalur komunikasi dari *node* pengirim ke *node* penerima. *Routing* bekerja pada *layer* ketiga OSI (*layer Network*). Protokol *routing* diperlukan karena untuk mengirimkan paket data dari *node* pengirim ke *node* penerima, akan melewati beberapa *node* penghubung (*intermediate node*), dimana protokol *routing* berfungsi untuk mencari *route link* yang terbaik dari *link* yang akan dilalui (Pradana, dkk, 2017).

Protokol *routing* untuk VANET dibagi menjadi beberapa kelompok. Mega Chhabra membagi protokol *routing* berdasarkan topologi menjadi 2 kelompok, yaitu: protokol reaktif dan protokol proaktif (Chhabra, Gupta, & Almomani, 2013). Protokol *routing* 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 protokol *routing proaktif* adalah OLSR (*Optimized Link State Routing*), DSDV (*Destination Sequenced*

Distance Vector), CGSR (*Cluster Head Gateway Switch Routing*), dan WRP (*Wireless Routing Protocol*).

Sedangkan protokol yang *reaktif* merupakan protokol *on-demand*, yaitu protokol akan memulai proses pencarian rute jika permintaan dari suatu *node* untuk berkomunikasi dengan *node* lainnya. Dibandingkan dengan kelompok *proaktif*, protokol ini menghasilkan lebih sedikit *overhead* karena rute yang dipertahankan hanya rute yang sedang digunakan untuk pengiriman data. Contoh protokol yang masuk kelompok ini adalah AODV (*Ad Hoc On Demand Distance Vector*), DSR (*Dynamic Source Routing*), dan TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm Protocol*) (Erritali& Ouahidi, 2013).

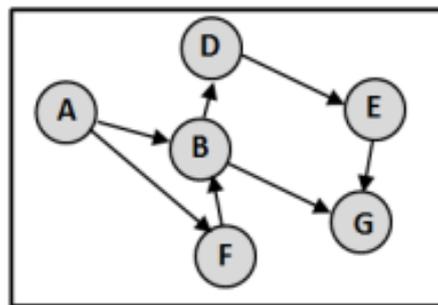
Dalam penelitian ini, jenis protokol *routing topology-based* digunakan yaitu AODV dan OLSR. AODV dipilih karena *routing* ini dapat digunakan dalam mobilitas dengan tingkat lalu lintas data yang bervariasi sehingga protokol *routing* ini dianggap sesuai dengan mobilitas tinggi, sedangkan OLSR dipilih karena memiliki delay rendah dibanding protokol lainnya.

2.3.1 AODV (*On Demand Distance Vector*)

AODV adalah protokol *routing reaktif* yang dapat digunakan untuk mendukung komunikasi *unicast* atau *multicast*. Protokol ini tidak menyimpan informasi rute yang lengkap, melainkan hanya informasi node yang harus dituju pada lompatan berikutnya. Protokol ini terdiri dari dua mekanisme utama, yaitu: mekanisme pencarian 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-node* di sekitarnya

untuk menemukan *node* tujuan. Jadi, paket RREQ digunakan untuk mengawali pembentukan rute menuju tujuan.

Langkah-langkah pencarian rute pada AODV yang lengkap adalah sebagai berikut (Pradana, dkk, 2017):



Gambar 2. Penyebaran Pesan RREQ

- 1) Jika suatu *node* sumber (S) membutuhkan suatu rute menuju *node* tujuan (D), tahap awal yang dilakukan oleh *node* sumber adalah menyebarkan paket *route request* (RREQ) menuju *node* tetangganya, seperti ditunjukkan pada gambar 3.
- 2) Apabila *node* yang menerima RREQ memiliki informasi rute menuju D, maka *node* tersebut akan mengirim paket RREP kembali menuju *node* sumber melalui *reverse path* yang diciptakan RREQ setiap kali *flooding* dilakukan. Namun, jika *node* tersebut tidak memiliki informasi rute menuju D, maka *node* tersebut akan menyiarkan ulang pesan RREQ ke *node* di sekitarnya.
- 3) *Node* yang menerima RREQ dengan nilai alamat sumber dan nilai *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 D menerima RREQ, maka *node* tersebut akan melakukan perbandingan antara nilai *destination sequence number* yang telah dimiliki dengan *sequence number* yang ada pada RREQ. Jika *sequence number* pada *node* lebih besar atau sama dengan yang ada di RREQ, maka *node* akan mengirim paket RREP menuju S. Jika *sequence number* pada RREQ lebih kecil, maka pesan RREQ akan diteruskan ke *node* lain.
- 5) Jika terdeteksi adanya kerusakan rute, mekanisme *route maintenance* akan mengirimkan paket *route error* (RERR) menuju S dan *node* sumber akan kembali menyebarkan paket RREQ.
- 6) Informasi masa aktif rute akan diberikan oleh *node* antara yang menerima RREQ. Informasi untuk perutean dari sumber (S) ke D akan dihapus jika waktu aktifnya telah habis.

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. 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 (Chhabra, Gupta, & Almomani, 2013).

2.3.2 OLSR (*Optimized Link State Routing*).

OLSR adalah protokol perutean 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 (Anisia, Munadi, & Negara, 2016).

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 (*Multipoint Relay*) bekerja dengan baik dalam konteks ini. Semakin besar dan padat jaringan, semakin banyak optimasi yang dapat dicapai dibandingkan dengan algoritma *link state klasik*. 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*, dan lain-lain. 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).

2.4 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:

2.4.1 *Packet Delivery Ratio* (PDR)

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

$$PDR = \frac{\text{Paket yang diterima}}{\text{Paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (1)$$

Pada Tabel 2 menunjukkan kategori kelayakan PDR berdasarkan *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) (ETSI, 1999).

Tabel 2. Kategori PDR

Kategori	PDR %	Indeks
<i>Perfect</i>	100	4
<i>Good</i>	97 – 100	3
<i>Medium</i>	85 – 97	2
<i>Poor</i>	75 – 85	1

2.4.2 End to End Delay (E2ED)

E2ED merupakan waktu yang diperlukan suatu paket sampai ke *node* tujuan sejak dikirim dari *node* sumber. E2ED dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$E2ED = \sum_{i=0}^n (Pr_i - Pt_i) \quad (2)$$

Dimana Pr adalah waktu saat paket diterima, dan Pt adalah waktu saat paket ditransmisikan. Berikut kategori E2ED berdasarkan *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)* dapat dilihat pada Tabel 3 (ETSI, 1999).

Tabel 3. Kategori E2ED

Kategori	E2ED	Indeks
<i>Best</i>	< 150 ms	4
<i>High</i>	< 250 ms	3
<i>Medium</i>	< 350 ms	2
<i>Low</i>	< 450 ms	1

2.4.3 Throughput

Throughput ialah istilah yang mendefinisikan jumlah total paket yang berhasil diterima dalam selang masa tertentu. Secara umum *throughput* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{\text{Paket yang diterima}}{\text{waktu pengiriman data}} \times \text{ukuran data} \quad (3)$$

Tabel 4 menunjukkan kategori performansi sebuah jaringan berdasarkan *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) (ETSI, 1999).

Tabel 4. Kategori *Throughput*

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
<i>Excelent</i>	>2,1 Mbps	4
<i>Good</i>	1200 kbps – 2,1 Mbps	3
<i>Fair</i>	700 – 1200 kbps	2
<i>Poor</i>	338 – 700 kbps	1
<i>Bad</i>	0 – 338 kbps	0

2.5 *OpenStreetMap* (OSM)

OSM adalah proyek untuk membuat peta di dunia yang bisa diedit secara bebas. Selain itu, OSM juga digunakan sebagai suatu pendekatan dalam mengumpulkan informasi geografis (Ramm and Topf, 2010). Peta-peta pada OSM berasal dari perangkat *portable* GPS, foto udara, sumber bebas lainnya atau hanya dari pengetahuan lokal. Terdapat 3 jenis data pada OSM, yaitu :

1. Simpul adalah sepasang koordinat lintang/bujur. Hal ini digunakan sebagai bangunan blok untuk fitur lain dan sebagai fitur itu sendiri (*Point of Interest*).
2. Jalan adalah penghubung antara dua simpul atau lebih yang menggambarkan fitur linier seperti jalan. Simpul-simpul dapat anggota beberapa jalan.
3. Relasi digunakan untuk menentukan hubungan antar obyek dan juga dapat memodelkan obyek abstrak.

OSM menyediakan fitur untuk mengekstrak data dengan mengkonversi data OSM dari format aslinya ke dalam format yang diinginkan. Hal ini digunakan

karena data OSM yang terlalu besar. Ekstrak data dilakukan dengan cara memotong bagian peta yang akan digunakan.

2.6 *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 OSM. JOSM pertama kali dikembangkan oleh Immanuel Scholz pada tahun 2005. Aplikasi ini tidak membutuhkan koneksi internet kala menyunting data OSM (JOSM, 2015).

2.7 *Simulation of Urban Mobility (SUMO)*

SUMO merupakan program simulasi lalu lintas yang dikembangkan di *Institute of Transportation System* di *German Aerospace Center*. SUMO adalah simulasi lalu lintas mikropis yang berarti bahwa setiap kendaraan dimodelkan secara jelas. Model dikonfigurasi secara bebas dan digunakan untuk mendefinisikan aspek yang berbeda dan dinamika berkedaraan setiap kendaraan (Behrisch et al., 2014).

SUMO disebut sebagai simulasi *multi-modal*, yang berarti bahwa tidak hanya gerakan mobil dalam kota yang dapat dimodelkan tetapi juga sistem transportasi umum di jaringan jalan. SUMO digunakan untuk mensimulasikan jaringan lalu lintas kota. Dalam jaringan jalan lintas ukuran sebuah kota, SUMO dirancang untuk mensimulasikan gerakan beberapa entitas termasuk mobil, sistem angkutan umum (bus dan kereta), kendaraan bermotor dan pejalan kaki (Bitam and Mellouk, 2014).

SUMO bersifat *open source* termasuk aplikasi simulasinya sendiri beserta sejumlah alat-alat pendukungnya, terutama untuk impor jaringan dan pemodelan permintaan. SUMO telah membantu untuk menyelidiki berbagai macam topik penelitian, terutama dalam konteks manajemen lalu lintas dan jaringan komunikasi kendaraan (Krajzewicz et al., 2012).

SUMO terdiri dari beberapa *tools* yang dapat membantu pembuatan simulasi lalu lintas pada tahap-tahap berbeda. Berikut merupakan penjelasan beberapa fungsi *tools* yang dipakai guna mendukung penelitian ini:

1. *Netconvert* merupakan fungsi yang berfungsi untuk melakukan konversi pada peta seperti OSM menjadi format *native* SUMO. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan *netconvert* untuk mengkonversi peta dari OSM.
2. *RandomTrips.py* merupakan *tool* dalam SUMO untuk membuat rute acak yang akan dilalui oleh kendaraan dalam simulasi.
3. *Sumo.exe* merupakan program yang melakukan simulasi lalu lintas berdasarkan data-data yang didapatkan dari *netconvert*. Hasil simulasi dapat di *export* ke sebuah file untuk nantinya dikonversi menjadi format lain.
4. *Sumo-gui* merupakan GUI untuk melihat simulasi yang dilakukan oleh SUMO secara grafis.
5. *TraceExporter.py* merupakan *tool* yang bertujuan untuk mengkonversi output dari SUMO menjadi format yang dapat digunakan pada simulator lain. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan *tracerExporter.py* untuk mengkonversi data menjadi format *.tcl yang dapat digunakan pada NS3.

2.8 Network Simulation 3 (NS3)

Network Simulation (NS) dibangun pada tahun 1989 di *University of California Berkeley* untuk kepentingan riset interaksi antar protokol dalam konteks pengembangan protokol internet. NS3 bersifat *open source* dan merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk mempelajari struktur dinamik dan jaringan komunikasi. NS3 bertujuan untuk mengembangkan model simulasi jaringan dengan lingkungan yang luas, yang memenuhi kebutuhan pengembangan simulasi jaringan modern. Infrastruktur simulasi NS3 juga mendukung pengembangan model simulasi jaringan yang mendekati kondisi dan fitur dunia nyata sebagai simulator jaringan nirkabel ataupun kabel (NSNAM, 2011).

NS3 mempunyai kelebihan tersendiri dibandingkan simulator jaringan lainnya, yaitu memiliki beberapa *script* yang dapat dikembangkan sesuai kebutuhan jaringan yang diinginkan. Ditulis dengan bahasa *C++* dan *Python*. Namun, *script* yang disajikan hanya berupa *script* dasar, sehingga pengguna perlu mengembangkan sendiri sesuai kebutuhan jaringan. Simulator ini ditargetkan pada penelitian jaringan dan memberikan dukungan yang baik untuk simulasi *routing*, protokol *multicast*, dan protokol IP, 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).

2.9 Penelitian Terkait

Dalam melakukan komunikasi, proses transmisi data pada VANET berbeda dengan jaringan pada umumnya yang bersifat statis. Perutean paket mengikuti gerakan *node* dan mengakibatkan topologi jaringan VANET bersifat dinamis, hal ini sering memunculkan masalah salah satunya adalah terjadinya *hidden node* sehingga menjadi hal tantangan dalam menentukan protokol *routing* yang akan digunakan pada kondisi ini, belum lagi adanya. Oleh karena itu, sebelum menentukan protokol *routing* yang akan digunakan, sejumlah penelitian telah dilakukan untuk membandingkan dan mengevaluasi kinerja protokol *routing* pada lingkungan perkotaan juga pengaruhnya terhadap *hidden node*. Beberapa penelitian tersebut antara lain :

1. Penelitian dengan judul “*Analisis Hidden Node Pada Jaringan Wireless Fidelity (Wi-Fi) di Telkom University*” pada tahun 2017 menganalisis *hidden node* pada jaringan *wireless fidelity* di Universitas Telkom dengan menggunakan metode RTS/CTS. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin padat jumlah *station* dan *hidden station* pada suatu jaringan maka mengakibatkan performansi *throughput*, PDR yang semakin menurun dan *delay* yang mengalami peningkatan waktu dalam pengiriman data karena probabilitas *collision* dan *packet loss* (Winana Aperta Libar, dkk, 2017).
2. Penelitian dengan judul “*A comparative study on routing protocols for VANETs*” pada tahun 2019 menganalisis perbandingan kinerja protokol *routing* AODV dan DSR pada intensitas kendaraan yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan ketika jumlah kendaraan 20, *throughput* dan PDR *routing protocol*

AODV lebih unggul. Sedangkan ketika jumlah kendaraan 40-60, *throughput* dan PDR *routing protocol* DSR lebih unggul dari AODV. Pada *delay*, DSR lebih unggul daripada AODV (Suman Malik, dkk, 2019).

3. Penelitian dengan judul “*Comparison and Analysis Performance in Topology Based Routing Protocols in Vehicular Ad-hoc Network (VANET)*” pada tahun 2021 menyelidiki algoritma *routing* yang paling sesuai dalam VANET dengan membandingkan protokol AODV, DSDV, OLSR, and DSR. Hasil penelitian ini menunjukkan *throughput* pada AODV lebih baik dibandingkan dengan protokol lainnya, namun protokol ini memiliki *delay* yang lebih tinggi jika kecepatan kendaraan meningkat. Pada perbandingan ini protokol *routing* OLSR memiliki *delay* yang lebih rendah dibandingkan protokol yang lainnya (Mohammed Rajhi, dkk, 2021).
4. Penelitian dengan judul “*Simulation-Based Performance Evaluation of VANET Routing Protocols Under Indian Traffic Scenarios*” pada tahun 2022 melakukan simulasi dengan membandingkan performansi metode AODV dan DSDV protokol *routing* pada jalan macet di Jaipur, India. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa AODV adalah protokol yang lebih baik dalam metrik rasio *throughput* dan pengiriman paket daripada DSDV (Seema, 2022).
5. Penelitian dengan judul “*Effect of Speed on the Performance of VANET Routing Protocol*” pada tahun 2022 menyelidiki pengaruh kecepatan terhadap performansi protokol *routing* dengan metode AODV. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performa protokol lebih bagus ketika berada di *low speed* dibanding *high speed*, hal ini dikarenakan ketika kecepatan bertambah, persentase kegagalan

dari *link* meningkat dan mendorong penurunan dari pengiriman paket akibat meningkatnya *rate* kehilangan paket dan meningkatnya *delay* pada pengiriman paket (Mohammed Sami Noori, 2022).