

**OPTIMIZATION OF THE 5G VANET ROUTING PROTOCOL ON
AODV COMMUNICATION WITH STATIC INTERSECTION NODE**

**OPTIMALISASI PROTOKOL ROUTING 5G VANET PADA
AODV COMMUNICATION DENGAN STATIC INTERSECTION NODE**

SAHABUDDIN



**SEKOLAH PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2021

**OPTIMALISASI PROTOKOL ROUTING 5G VANET PADA
AODV COMMUNICATION DENGAN STATIC INTERSECTION NODE**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

SAHABUDDIN

Kepada

**SEKOLAH PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS**OPTIMALISASI PROTOKOL ROUTING 5G VANET PADA AODV
COMMUNICATION DENGAN STATIC INTERSECTION NODE**

Disusun dan diajukan oleh

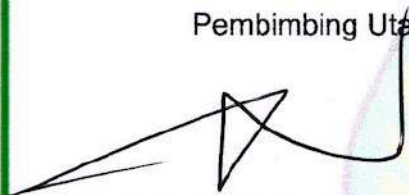
SAHABUDDIN
D032181017

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada Tanggal 18 Juni 2021

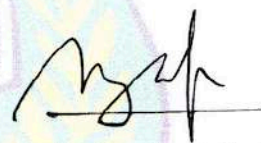
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, M.T.
NIP. 19601231 198703 1 022

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. H. Syafruddin Syarif, M.T.
NIP. 19611125 198802 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Syafaruddin, ST. M.Eng.
NIP. 19740530 199901 1 003

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad, M.T.
NIP. 19601231 198609 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sahabuddin
Nomor Pokok : D032181017
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Juni 2021

Yang menyatakan



SAHABUDDIN

KATA PENGANTAR

Segala puji selalu dipanjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tesis ini yang berjudul, “**Optimalisasi Protokol Routing 5G Vanet Pada Aodv Communication Dengan Static Intersection Node**” Tak lupa pula shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menyinari dunia ini dengan keindahan ilmu dan akhlak yang diajarkan kepada seluruh umatnya.

Penyelesaian tesis ini tidak luput dari bantuan dan motivasi berbagai pihak baik moril maupun materil, maka perkenankan penyusun mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongannya, khusus kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Andani, M.T. dan Prof. Dr. Ir. H. Syafruddin Syarif, M.T. atas bimbingannya, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen pembimbing serta kesediannya mengikut sertakan penulis *pada Seminar International 2021 3rd East Indonesia Conference On Computer and Information Technology (EICONCIT)* tahun 2021.
2. Bapak Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., Ph.D., Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT. Dan Dr. Elyas Palantei, ST., M.Eng. yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan Tesis ini.
3. Ketua program studi Pascasarjana Teknik Elektro Bapak Prof. Dr. Eng. Syafaruddin, ST.,M.Eng.
4. Seluruh Dosen program Pascasarjana Teknik Elektro yang telah memberikan sumbangsih ilmunya kepada penulis.

5. Seluruh staf atas segala bantuannya selama penulis menyelesaikan studi di program Pascasarjana Teknik Elektro.
6. Istri tersayang Nursyamsurya dan kedua anakku Erizq dan Rizqe Auliyah yang selalu memberikan doa dengan tulus dan ikhlas serta selalu menjadi penyemangat.
7. Rekan-rekan S-2 Teknik Elektro angkatan 2018 dan secara khusus Rekan-rekan mahasiswa Teknik Informatika 2018
8. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap semoga tesis ini dapat berguna dan bermanfaat, khususnya bagi penulis.

Makassar, 18 Juni 2021

PENULIS

ABSTRAK

SAHABUDDIN *Optimalisasi Protokol Routing 5G Vanet Pada AODV Communication dengan Static Intersection Node*

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan dan menganalisa performa 5G VANET menggunakan protokol routing AODV dengan penambahan (Static Intersection Node) yang berfungsi mempertahankan dan menstabilkan jalur pengiriman data dari Vehicle to Vehicle.

Penyatuan 5G dan VANET akan menghasilkan sistem transportasi yang cerdas. Relay data 5G dari jaringan seluler ke VANET yang sangat kurang dimanfaatkan dapat mengurangi beban pada jaringan seluler. Teknologi nirkabel sudah digunakan pada kendaraan atau lebih dikenal dengan Vehicular Ad hoc Network (VANET), Salah satu kunci dari keberhasilan pengiriman data pada VANET adalah Algoritma Pemilihan Jalur yang merupakan tugas protokol routing. Protokol routing yang banyak digunakan pada penelitian di lingkungan VANET adalah AODV (Adhoc On Demand Distance Vector), karena diantara protocol-protocol lain AODV yang paling cocok dan sesuai untuk diterapkan di lingkungan VANET, dan AODV juga merupakan salah satu protokol routing reaktif. Studi ini mencakup peningkatan sebuah kinerja protokol routing, maka pada penelitian ini ditambahkan SIN (Static Intersection Node) adalah RSU (Road Side Unit) yang diletakkan di persimpangan jalan (intersection). Yang berfungsi sebagai repeater yang membantu mengirimkan paket data ke kendaraan lain yang berada disekitarnya sehingga dapat meningkatkan Packet Delivery Ratio serta meminimalkan Packet Loss dan End to End Delay. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menentukan posisi Static Intersection Node yang paling ideal sekaligus jumlah Static Intersection Node yang paling efektif.

Kata kunci : 5G, *Vehicular Ad Hoc Networks* (VANETs), *Adhoc On Demand Distance Vector* (AODV), *Static Intersection Node* (SIN)

ABSTRAK

SAHABUDDIN *Optimization Of The 5G VANET Routing Protocol On AODV Communication With Static Intersection Node*

This study aims to optimize and analyze the performance of the 5G VANET using the AODV routing protocol with the addition (Static Intersection Node) which functions to maintain and stabilize the data transmission path from Vehicle to Vehicle.

The integration of 5G and VANET will result in an intelligent transportation system. Relay of 5G data from mobile networks to VANET which is greatly underutilized can reduce the burden on mobile networks. Wireless technology has been used in vehicles or better known as the Vehicular Ad hoc Network (VANET). One of the keys to the success of sending data on VANET is the Path Selection Algorithm which is the task of the routing protocol. The routing protocol that is widely used in research in the VANET environment is AODV (Adhoc On Demand Distance Vector), because among other protocols, AODV is the most suitable and suitable for implementation in the VANET environment, and AODV is also one of the reactive routing protocols. This study includes an increase in the performance of a routing protocol, so in this study, the SIN (Static Intersection Node) is added to the RSU (Road Side Unit) which is located at an intersection. Which functions as a repeater that helps send data packets to other vehicles around it so that it can increase the Packet Delivery Ratio and minimize Packet Loss and End to End Delay. The main focus of this research is to determine the most ideal Static Intersection Node position as well as the most effective number of Static Intersection Nodes.

Keyword : 5G, Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), Adhoc On Demand Distance Vector (AODV), Static Intersection Node (SIN)

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
 Bab I PENDAHULUAN	 1
A. LATAR BELAKANG	1
B. RUMUSAN MASALAH	5
C. TUJUAN PENELITIAN	5
D. MANFAAT PENELITIAN	5
E. BATASAN MASALAH	6
F. SISTEMATIKA PENULISAN	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 10
A. LANDASAN TEORI	10
2.1 Vehicular Ad hoc Network (VANET)	10
2.2 Simulation of Urban Mobility (SUMO)	26
2.3 Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV)	27
2.4 Static Intersection Node (SIN)	34
2.6 Teknologi Internet Nirkabel 5G	38
B. PENELITIAN SEBELUMNYA	46
C. STATE OF THE ART	53
D. KERANGKA PIKIR	56

BAB III	METODE PENELITIAN	58
	A. TAHAPAN PENELITIAN	58
	B. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN	60
	C. JENIS PENELITIAN	60
	D. RANCANGAN SISTEM	61
	E. SUMBER DATA	64
	F. INSTRUMEN PENELITIAN	65
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	66
	A. PARAMETER SIMULASI	66
	B. SKENARIO	67
	C. IMPLEMENTASI	83
	D. PEMBAHASAN	88
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	96
	A. KESIMPULAN	96
	B. SARAN	96
	DAFTAR PUSTAKA	97
	LAMPIRAN	99

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan Protokol Routing AODV, DSR dan DSDV	22
Tabel 2.2 Perbandingan Protokol-protokol Routing (Mekanisme Routing, Mekanisme Forwarding, Skenario, Overhead)	26
Tabel 2.3 Distance Vector table	31
Tabel 2.4 State Of The Art Penelitian	54
Tabel 4.1 Simulation Parameter	66
Tabel 4.2 Data/file mengunduh film	85
Tabel 4.3 Waktu yang dibutuhkan untuk mengunduh file berukuran berbeda di jaringan 5G	85
Tabel 4.4 waktu yang dibutuhkan untuk mengunduh file-file besar di jaringan 5G	86
Tabel 4.5 Data Teknis pada Skenario	88
Tabel 4.6 Hasil ujicoba tanpa Static Intersection Node (SIN)	90
Tabel 4.7 Hasil percobaan dengan SIN	91
Tabel 4.8 Rata – Rata Hasil Percobaan dengan SIN di intersection optimal	93

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar	2.1 Pengelompokan Protokol Routing VANET	17
Gambar	2.2 AODV RREQ & RREP sumber (www.des-testbed.net)	33
Gambar	2.3 Flowchart penentuan posisi SU	35
Gambar	2.4 Psedocode Ballon Expansion Heuristics	36
Gambar	2.5 Teknologi Jaringan Internet 5G dilihat dari Diverse Spectrum dengan Diverse Service & Device	38
Gambar	2.6 Protokol Static-node assisted Adaptive data Dissemination protocol for Vehicular Networks	48
Gambar	2.7 Pseudocode algoritma ROAMER	50
Gambar	2.8 Broadcast emergency message pada kendaraan (b) Broadcast emergency message pada Road Side Unit	52
5Gambar	2.9 Kerangka Pikir Penelitian	56
Gambar	3.1 Alur Penelitian	58
Gambar	3.2 Flowchart Sistem	61
Gambar	4.1 Peta nyata pada website http://openstreetmap.org	67
Gambar	4.2 Peta pada editor JOSM	68
Gambar	4.3 Langkah – langkah pembuatan mobilitas kendaraan	69
Gambar	4.4 Sebaran Node pada peta Kota Makassar	75
Gambar	4.5 Flowchart Pencarian Rute	77
Gambar	4.6 Algoritma untuk flowchart rute	78
Gambar	4.7 Pemrosesan Peta	81
Gambar	4.8 Peta menggunakan fitur Junction pada SUMO	82

Gambar	4.9	Pengujian tanpa Static Intersection Node	89
Gambar	4.10	Percobaan dengan skenario Static Intersection Node	90
Gambar	4.11	Percobaan dengan skenario Static Intersection Node	92
Gambar	4.12	Posisi Static Intersection Node optimal peta	92
Gambar	4.13	Rata – Rata Packet Delivery Ratio	93
Gambar	4.14	Rata – rata Packet Loss pada peta	94
Gambar	4.15	Rata – Rata End to End Delay pada peta	95

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Penyatuan 5G dan VANET akan menghasilkan sistem transportasi yang cerdas. Relay data 5G dari jaringan seluler ke VANET yang sangat kurang dimanfaatkan dapat mengurangi beban pada jaringan seluler. Tetapi VANET lebih spesifik ke kecepatan. Setiap node yang bergerak, akan menyebabkan topologi jaringan yang berubah-ubah dengan cepat. Semua aktifitas jaringan misalnya pencarian rute, dan pengiriman pesan ditangani oleh setiap node. Sehingga setiap node harus mempunyai routing protocol [1].

Teknologi nirkabel sudah digunakan pada kendaraan atau lebih dikenal dengan Vehicular Ad hoc Network (VANET), Salah satu kunci dari keberhasilan pengiriman data pada VANET adalah Algoritma Pemilihan Jalur yang merupakan tugas protokol routing, VANET (Vehicular Adhoc Network) adalah salah satu bidang penelitian yang sedang berkembang [2]. Teknologi ini merupakan pengembangan dari MANET (Mobile Adhoc Network) yang memungkinkan terjadinya pengiriman data antar kendaraan dan dari kendaraan ke Road Side Unit meskipun tidak terdapat infrastruktur jaringan yang tetap diantara pengirim dan penerima. Data dikirimkan antar kendaraan atau dari kendaraan ke Road Side Unit secara bertahap sampai ke kendaraan atau Road Side Unit yang dituju [3]. Dalam hal ini komunikasi

data dilakukan secara nirkabel dengan memanfaatkan protokol Dedicated Short Range Communication (DSRC). Protokol DSRC ini menggunakan sebagian spektrum dari frekuensi 5,9 Ghz untuk mengirimkan data. 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.

Protokol routing yang banyak digunakan pada penelitian di lingkungan VANET adalah AODV (Adhoc On Demand Distance Vector), karena diantara protocol-protocol lain AODV yang paling cocok dan sesuai untuk diterapkan di lingkungan VANET, Ada beberapa tantangan yang dihadapi oleh protokol routing di lingkungan VANET. Tantangan tersebut muncul karena beberapa karakteristik khusus yang dimiliki oleh jaringan vehicular ini. Tantangan pertama adalah kerusakan jalur komunikasi akibat node-node yang terus bergerak keluar masuk jaringan. Adanya kesulitan untuk mempertahankan suatu rute karena perubahan topologi dan kepadatan kendaraan yang berubah-ubah. Hal ini dapat mengakibatkan throughput yang rendah dan routing overhead yang lebih tinggi. Adanya masalah hidden terminal, yaitu problem yang muncul jika terdapat terminal atau node yang di luar jangkauan beberapa node yang lain. Hidden terminal dapat menyebabkan pusat penerimaan paket data yang rendah. Gedung-gedung tinggi di daerah perkotaan juga dapat menimbulkan interferensi, seperti routing loop dan pengiriman data ke arah yang salah, sehingga dapat memperbesar delay . Selain itu, protokol routing juga harus memperhatikan

jenis aplikasi pada VANET. Aplikasi yang menyangkut keselamatan berlalu-lintas memerlukan protokol routing yang mampu menjamin waktu pengiriman yang tepat (*strict time delay*).

Salah satu kunci dari keberhasilan pengiriman data pada VANET adalah Algoritma Pemilihan Jalur yang merupakan tugas protokol routing. Protokol routing yang banyak digunakan pada penelitian di lingkungan VANET adalah AODV (*Adhoc On Demand Distance Vector*), karena diantara protocol-protocol lain AODV yang paling cocok dan sesuai untuk diterapkan di lingkungan VANET, dan AODV juga merupakan salah satu protokol routing reaktif. Pada protokol ini untuk mengetahui jalur menuju penerima atau yang sering disebut dengan *Path Discovery*, menggunakan mekanisme *Route Request* dan *Route Reply*. Mekanisme *Route Request* digunakan untuk mencari jalur menuju penerima sedangkan *Route Reply* digunakan untuk mengirimkan informasi jalur yang telah ditempuh oleh *Route Reply* agar sampai kepada penerima. Sehingga kendaraan pengirim dapat mengetahui kendaraan / jalur mana saja yang dilalui oleh data yang dikirimkan.

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 Static Intersection Node. Static Intersection Node adalah Road Side Unit yang berada di persimpangan jalan. Tujuan dari keberadaan Static Intersection Node adalah untuk

meningkatkan performa protokol AODV dalam menentukan jalur pengiriman data.

Penelitian yang terkait dengan Optimalisasi Protokol Routing 5G VANET Pada AODV Communication Dengan Static Intersection Node yang dilakukan oleh Johan Ericka dengan mengedepankan tentang peningkatan performa protokol routing, dengan penambahan SIN (Static Intersection Node) adalah RSU (Road Side Unit) yang diletakkan di persimpangan jalan (intersection). Fungsi dari Static Intersection Node pada penelitian ini adalah sebagai repeater untuk membantu mengirimkan paket data ke kendaraan lain yang berada disekitarnya sehingga dapat meningkatkan Packet Delivery Ratio serta meminimalkan Packet Loss dan End to End Delay. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menentukan posisi Static Intersection Node yang paling ideal sekaligus jumlah Static Intersection Node yang paling efektif. keberadaan Static Intersection Node pada peta dapat memberikan kontribusi pada perbaikan performa protokol AODV. Pada penelitian ini Static Intersection Node diletakkan pada ruas jalan yang memiliki kepadatan kendaraan rendah dan hasil penelitian menunjukkan terdapat perbaikan performa protokol AODV dengan jumlah Static Intersection Node yang minimal [4].

Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya adalah kecepatan akses data, dengan waktu yang sesingkat mungkin serta penempatan Static Intersection Node yang maksimal dengan penempatan SIN sebanyak 4 buah dengan radius 1200 meter.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana Meningkatkan performa protokol routing AODV pada lingkungan VANET dengan menggunakan Static Intersection Node
2. Bagaimana menentukan lokasi Static Intersection Node yang optimal pada protokol routing AODV pada lingkungan VANET

C. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Untuk Meningkatkan performa protokol routing AODV pada lingkungan VANET dengan menggunakan Static Intersection Node
2. Untuk mengetahui posisi optimal Static Intersection Node pada protokol routing AODV pada lingkungan VANET.

D. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian adalah:

1. Bagi Industri, penelitian yang diusulkan memberikan kontribusi teknologi menuju Teknologi **5G**
2. Bagi peneliti, pengaplikasian dari sejumlah konsep dan pengetahuan dan berguna untuk menambah pengetahuan dan kemampuan/skill

mengenai proses optimalisasi 5G VANET melalui protocol routing dengan adanya Static Intersection Node pada peta.

3. Bagi institusi pendidikan Magister Jurusan Teknik Elektro bidang Informatika, dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dalam penelitian untuk pengembangan metode pengiriman data melalui Protocol Routing yang lain dan mengetahui peranan Static Intersection Node dalam peningkatan keberhasilan pengiriman paket pada lingkungan VANET.

E. BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah penelitian ini :

1. Protokol routing yang diuji coba adalah AODV.
2. Mobilitas kendaraan dibuat menggunakan SUMO.
3. Ukuran kendaraan seragam (sedan) dengan tahun Produksi minimal tahun 2018.
4. Kecepatan kendaraan maksimal 8 m/s atau 30 Km/jam
5. Proses pengujian menggunakan Network Simulator versi terbaru.
6. Peta uji coba menggunakan peta nyata yang didapat dari *Open Street Map*

F. SISTEMATIKA PENELITIAN

Adapun sistematika penulisan pada penelitian Optimalisasi Protokol Routing 5G Vanet Pada AODV Communication dengan Static Intersection Node.

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisikan penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan tentang penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian dan kerangka pemikiran. Diuraikan pula tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Landasan teori merupakan suatu penjelasan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka primer seperti buku, artikel, jurnal, prosiding dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui perkembangan penelitian yang relevan dengan judul atau tema penelitian yang dilakukan dan juga sebagai arahan dalam memecahkan masalah yang diteliti. Dalam bab ini juga diuraikan tentang kerangka pemikiran yang merupakan penjelasan tentang kerangka berpikir untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti, termasuk menguraikan objek penelitian serta State of the art dari beberapa penelitian terkait beserta tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian juga akan dibahas pada bab ini.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini merupakan penjelasan tentang metode penelitian, penentuan masalah, penentuan optimalisasi 5G VANET melalui protocol routing AODV, juga penjelasan bagaimana pengembangan dan penerapan software terhadap optimalisasi 5G VANET melalui protocol routing AODV pada objek penelitian, metode pengumpulan data, metode analisis data, metode pengukuran penelitian, penerapan 5G VANET melalui protocol routing AODV pada masalah penelitian, pengembangan software yang menerapkan 5G VANET melalui protocol routing AODV , analisis kebutuhan, konstruksi sistem dan pengujian sistem.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan penelitian serta implikasi dari penelitian yang dilakukan. Hasil merupakan suatu penjelasan tentang data kuantitatif yang dikumpulkan dari lapangan sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan. Pembahasan merupakan suatu penjelasan tentang pengolahan data dari interpretasinya, baik dalam bentuk deskriptif atau penarikan inferensinya. Implikasi penelitian merupakan suatu penjelasan tentang tindak lanjut penelitian yang terkait dengan aspek manajerial, aspek sistem, maupun aspek penelitian lanjutan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini menjelaskan ringkasan temuan, rangkuman kesimpulan dan saran. 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

KAJIAN PUSTAKA

A. LANDASAN TEORI

2.1 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. Vehicular Ad Hoc Network (VANET) merupakan kategori khusus dari mobile ad hoc networks (MANET's), ditandai dengan mobilitas tinggi dan konektivitas yang rendah [5].

VANET juga dapat dikatakan sebagai sebuah jaringan terorganisir yang dibentuk dengan menghubungkan antar kendaraan dan RSU (Road Side Unit). Lebih lanjut RSU terhubung ke jaringan backbone berkecepatan tinggi melalui koneksi jaringan. Kepentingan peningkatan baru-baru ini telah diajukan pada aplikasi melalui komunikasi V2V (Vehicle to Vehicle) dan V2I (Vehicle to Infrastructur), bertujuan untuk meningkatkan keselamatan mengemudi dan manajemen lalu lintas sementara bagi para pengemudi dan penumpang [6]. 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 [7].

Peneliti juga akan mencoba melakukan studi literature yang membahas tentang perbandingan antara Mobile Ad Hoc (MANET) dengan Vehicular Ad Hoc Network (VANET).

MANET terdiri dari mobile platform seperti router dan perangkat jaringan nirkabel yang pada keadaan tertentu biasa disebut dengan "node" yang bebas bergerak dan berpindah - pindah kemana saja. Node tersebut bisa terdapat dimana saja, seperti di kapal, kereta api, rumah, mobil, dan sebagainya. Pada MANET yang digunakan untuk proses transmisi data, node bersifat bebas baik itu sebagai pengirim, penerima, dan pengirim sekaligus penerima. Setiap node pada jaringan ad hoc ini akan saling terkoneksi satu sama lain dan saling meneruskan paket yang di transmisikan sehingga membutuhkan suatu protokol yang dapat digunakan

untuk mengatur jalur - jalur setiap node tersebut. Sehingga pada jaringan MANET ini terdapat beberapa Routing Protocol yang khusus digunakan pada jaringan MANET ini. Adapun protokol routing yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah Destination Sequence Distance Vector (DSDV), Dynamic Source Routing Protocol (DSR), dan Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV)

Jaringan Mobile Ad Hoc (MANET). Jaringan Mobile ad hoc (MANET) adalah sekumpulan node – node berupa wireless maupun router yang membentuk suatu jaringan secara dinamis tanpa perlu menggunakan infrastruktur jaringan yang ada dan memiliki sifat yang sementara. Node – node tersebut bergerak secara acak dan bebas sehingga memungkinkan koneksi antar satu router ke router yang lain bisa berubah – ubah. Didalam jaringan ini, setiap titik tidak hanya sebagai host, tetapi juga router yang meneruskan paket data kepada perangkat lain Dalam jaringan MANET, terdapat dua node (mobile host) atau lebih yang dapat berkomunikasi dengan node lainnya, namun masih ada dalam jangkauan node tersebut. Terdapat beberapa jenis karakteristik dari jaringan MANET adalah sebagai berikut;

- a. *Memiliki topologi yang dinamis*, Setiap perangkat dalam jaringan ad hoc dapat bergerak dan berpindah secara bebas sehingga topologi jaringan dapat berubah – ubah sewaktu – waktu.
- b. *Lebar pita terbatas*, Hambatan bagi jaringan dibandingkan dengan jaringan kabel adalah keterbatasan lebar pita koneksi.

- c. *Baterai terbatas*, Hampir seluruh perangkat pada jaringan ad hoc beroperasi menggunakan baterai yang terbatas kesedian energinya. Sebuah sistem ad hoc multihop harus didesain untuk menghemat penggunaan energi.
- d. Lemahnya keamanan jaringan secara fisik.

Secara umum routing berarti perjalanan informasi dari sumber ke tujuan di dalam sebuah inter jaringan dengan syarat paling tidak di dalam jaringan tersebut harus terdapat satu node berikutnya di dalamnya. Dua tujuan utama dalam routing adalah:

1. Menentukan jalur terbaik (paling efisien dan efektif).
2. Node sumber atau node berikutnya yang akan menentukan jalur yang akan ditempuh.

Untuk mengoptimalkan jalur yang akan ditempuh, terdapat tiga faktor yang harus dipertimbangkan, yaitu :

1. Jalur terpendek untuk jumlah hop yang paling sedikit.
2. Waktu tempuh terpendek untuk waktu tunda paling sedikit.
3. Berat jalur terpendek dengan melakukan pemanfaatan bandwidth, daya yang tersisa, dan lain – lain.

Dalam hop-by-hop routing, node sumber hanya menentukan tujuan dari sebuah rute di dalam header paket yang akan dikirim, dan kemudian node berikutnya yang akan menentukan hop selanjutnya dengan cara menginspeksi tabel internal routing yang dimiliki node tersebut.

Didasarkan pada fakta bahwa mungkin diperlukan untuk melompati beberapa hops (multi-hop) sebelum sebuah paket mencapai tujuan, maka sebuah protokol routing diperlukan. Protokol routing mempunyai dua fungsi utama, yang pertama yaitu menyeleksi rute untuk beberapa pasang sumber-tujuan dan menyampaikan pesan ke tujuan yang benar. Sedangkan fungsi kedua yaitu secara konseptual menggunakan keragaman dari protokol dan struktur data (routing table).

Routing Protocol dalam Jaringan Mobile Ad hoc. Terdapat banyak cara untuk mengklasifikasikan routing protokol dalam MANET. Tergantung pada bagaimana protokol-protokol tersebut menangani paket untuk diantarkan dari sumber ke tujuan, Klasifikasi routing protokol dalam MANET terdiri dari:

1. *Routing yang bersifat proaktif*, tipe protokol jenis ini biasa disebut juga protokol yang bekerja berdasarkan tabel atau table driven protocol. Di dalam routing, rute adalah telah ditentukan terlebih dahulu. Paket-paket dipindahkan melalui rute yang telah ditentukan sebelumnya tersebut. Dalam skema ini penerusan paket lebih cepat tetapi routing overhead menjadi lebih besar karena satu harus mendefinisikan semua rute sebelum memindahkan paket-paket tersebut. Protokol yang bersifat proaktif mempunyai tingkat penundaan yang lebih rendah karena semua rute dijaga dan dirawat di semua waktu. Contoh dari routing protokol yang bersifat proaktif yaitu DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) dan OLSR (Optimized Link State Routing).

2. *Routing yang bersifat reaktif*, Tipe protokol jenis ini disebut juga On Demand Routing Protocol. Di dalam routing ini, rute-rute tidak ditentukan terlebih dahulu. Sebuah node memanggil route discovery untuk menentukan sebuah rute baru ketika diperlukan. Mekanisme route discovery ini adalah berdasarkan algoritma flooding yang menggunakan teknik, sebuah node hanya melakukan broadcast paket ke semua node tetangga dan intermediate node hanya meneruskan paket ke tetangganya saja. Teknik ini berulang sampai paket mencapai tujuan, teknik reaktif ini mempunyai keuntungan routing overhead yang lebih kecil tetapi mempunyai waktu penundaan (latency) yang lebih tinggi dikarenakan sebuah rute, misal, dari node A ke node B akan ditemukan hanya jika A ingin mengirimkan paket ke B. Contoh dari protokol routing yang bersifat reaktif yaitu DSR (Dynamic Source Routing), AODV (Ad hoc On Demand Distance Vector) dan TORA (Temporary Ordered Routing Algoritma).
3. *Routing yang bersifat campuran (Hybrid)*, merupakan generasi baru protokol, merupakan kombinasi dari jenis proaktif dan reaktif. Protokol jenis ini dirancang untuk menambah skalabilitas dengan mengizinkan node-node yang berjarak dekat untuk bekerja sama membentuk semacam tulang punggung (backbone) untuk mereduksi route discovery overhead. Contoh dari routing protokol yang bersifat hybrid yaitu ZRP (Zone Routing Protocol) yang membagi jaringan menjadi

beberapa zona routing dan dua protokol independen beroperasi di dalam dan antar zona.

2.1.1 Komunikasi Vanet

- a. *Vehicle to Vehicle Communication (V2V)* komunikasi yang terjadi antara satu node dengan node lainnya di dalam jaringan komunikasi.
- b. *Vehicle to infrastructure Communication (V2I)* komunikasi yang terjadi antara node dengan infrastruktur yang berada di jalan raya.
- c. *Vehicle to Roadside (V2R)*
- d. Gabungan antara komunikasi V2V dan V2I

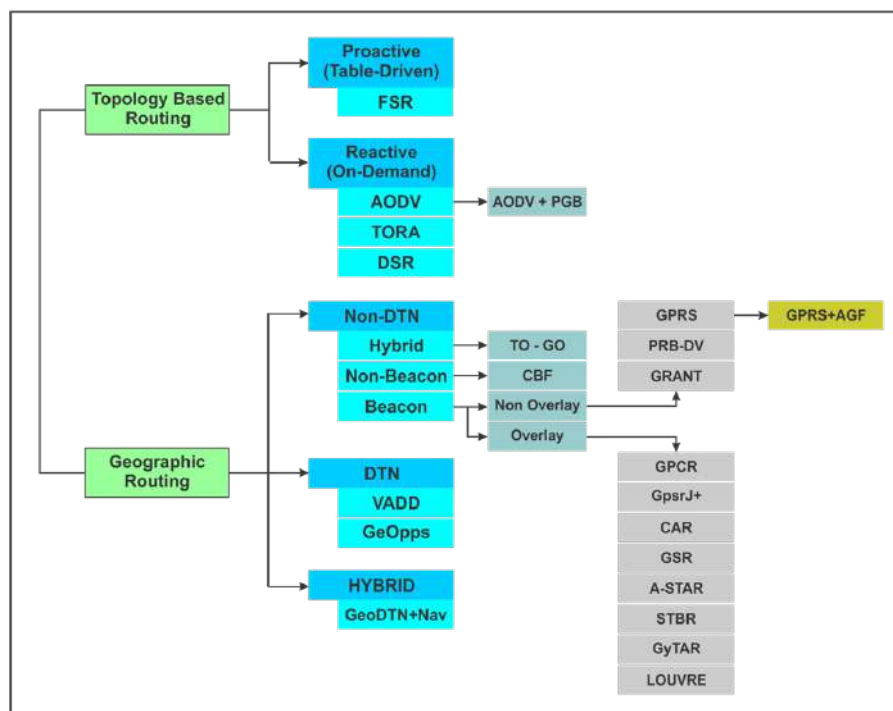
2.1.2 Karakteristik VANET :

- a. Topologi Dinamis Tingkat Tinggi Perubahan topologi pada VANET disebabkan oleh pergerakan dari kendaraan dengan kecepatan tinggi.
- b. Sering Terputusnya Jaringan Hasil dari topologi dinamis dapat diamati bahwa pemutusan sering terjadi antara dua kendaraan ketika sedang bertukar informasi.
- c. Pemodelan Mobilitas Pola mobilitas kendaraan tergantung pada lingkungan lalu lintas, jalan terstruktur, kecepatan kendaraan, perilaku mengemudi dan sebagainya.

- d. Daya Baterai dan Kapasitas Penyimpanan Dalam kendaraan daya baterai dan penyimpanan tidak terbatas. Hal ini berguna untuk komunikasi yang efektif dan membuat rute keputusan.

2.1.3 Protokol Routing pada VANET

Karena pada VANET tidak memiliki topologi yang statis, maka data dikirimkan secara estafet oleh node diantara node source dan node destination. Dibutuhkan algoritma routing yang mampu mencari jalur pengiriman data pada topologi yang dinamis. Para peneliti telah banyak mengembangkan algoritma routing di VANET dengan berbagai kelebihannya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh. terdapat beberapa pengelompokan protokol routing yang dikembangkan pada lingkungan vanet seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini [8]:



Gambar 2. 1 Pengelompokan Protokol Routing VANET [8]

Pada gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa protokol routing pada VANET yang masuk dalam kategori topology based terbagi menjadi 3 bagian yaitu proaktif, reaktif dan hybrid. Protokol routing proaktif selalu berusaha untuk mengetahui informasi node di sekitarnya dengan terus memperbarui tabelnya. Kelebihan dari teknik ini adalah setiap node dapat mengetahui jalur menuju setiap node sehingga ketika ada permintaan untuk mengirimkan data kepada sebuah node maka node pengirim sudah mengetahui jalurnya. Namun karena pada VANET setiap node bergerak yang memungkinkan terjadinya perubahan topologi maka dengan menggunakan topologi ini, setiap node terus memperbarui informasi di dalam tabelnya sesuai informasi dari node lain [9]. Di sisi lain protokol routing yang termasuk kelompok reaktif hanya mengetahui node di sekitarnya saja, sehingga tidak dibutuhkan untuk melakukan pengecekan node yang terlalu banyak. Node pengirim mengirimkan paket route discovery untuk mengetahui jalur menuju node penerima. Sedangkan dalam kelompok hybrid memanfaatkan kelebihan dari kedua kelompok protokol routing yang sekaligus meminimalisir efek negatif dari kedua kelompok protokol routing [9].

2.1.4 Routing Proaktif

Tipe golongan Protokol routing proaktif ini bersifat (table driven routing protocol) yaitu mengelola daftar tujuan dan rute terbaru masing-masing serta bersifat broadcast sehingga sistem pendistribusian table routingnya 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, maka memperlambat aliran data jika terjadi restrukturisasi routing, beberapa contoh algoritma routing proaktif yaitu *Linked Cluster Architecture (LCA)*, *Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)*, *Better Approach to Mobile Ad hoc Network (BATMAN)*, *Highly Dynamic Destination Sequenced Distance Vector routing protocol (DSDV)* [9].

2.1.5 Routing Reaktif

Tipe algoritma protokol routing reaktif ini bersifat on demand, pada intinya node sumber yang akan menentukan node tujuan sesuai prosedur yang diinginkannya, proses pencarian rute hanya akan dilakukan ketika dibutuhkan komunikasi antara node sumber dengan node tujuan saja, jadi routing table yang ada pada node hanyalah informasi route ke tujuan saja. Protokol reaktif ini memanfaatkan metode broadcast untuk membuat route discovery, pembuatan route discovery ini untuk maintaining route agar tidak terputus saat jalur yang tidak digunakan tidak dilalui paket menuju node tujuan, selain itu routing reaktif ini akan membroadcast paket kepada node tetangganya untuk menyampaikan paket kepada node tujuan menggunakan route request setelah menerima maka node tujuan akan memberikan pesan balasan berupa route reply, dengan cara ini agar dapat meminimalkan routing overhead agar tidak membanjiri jaringan berbeda dengan protokol routing proaktif yang membroadcast update routing table ke semua node yang mengakibatkan boros bandwidth karena beberapa

contoh algoritma routing reaktif adalah *Associativity Based Routing (ABR)*, *Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV)*, *Dynamic Source Routing (DSR)*, *AntRouting algorithm for mobile adhoc networks (ARAMA)* [9].

a. Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV).

Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) merupakan jenis protokol reaktif yang digunakan pada jaringan ad hoc. AODV menggunakan dua jenis operasi yaitu menemukan rute (Route Discovery) dan pemeliharaan rute (Route Maintenance).

AODV merupakan protokol hop-by-hop dimana node-node menggunakan tabel routing mereka untuk menentukan hop berikutnya di dalam perjalanan menuju tujuan. AODV merupakan protokol reaktif.

b. Dinamic Source Routing (DSR).

Routing protokol Dynamic Source Routing (DSR) menggunakan pendekatan reaktif sehingga menghilangkan kebutuhan untuk membanjiri jaringan dalam melakukan pembaruan tabel seperti terjadi pada pendekatan table driven. DSR hampir mirip dengan AODV karena membentuk route on demand namun menggunakan source routing bukan routing table pada intermediate device. Protokol ini benar-benar berdasarkan source routing dimana semua informasi routing dipertahankan (terus diperbaharui) pada mobile node. Node intermediate juga memanfaatkan route cache secara efisien untuk

mengurangi kontrol overhead. Siklus penemuan rute yang digunakan untuk menemukan route on-demand. DSR memiliki dua tahap utama untuk menyampaikan jalur rutenya.

c. Destination Sequence Distance Vector (DSDV).

DSDV termasuk dalam kategori tabel driven routing protocol dalam jaringan MANET. DSDV menggunakan metode routing distance vector yang dilengkapi dengan adanya sequence number. Dengan metode distance vector, memungkinkan setiap node dalam jaringan untuk dapat bertukar tabel routing melalui node tetangganya, namun salah satu kekurangan dari metode ini dapat mengakibatkan terjadinya looping dalam jaringan sehingga digunakanlah suatu sequenced number tertentu untuk mencegah terjadinya looping.

Protokol ini memiliki 4 kelebihan yaitu untuk menghindari loops, menghindari hitungan sampai tak hingga, mengurangi routing overhead yang tinggi dan mengurangi latensi untuk penemuan rute yang rendah. Kekurangannya adalah volume yang besar pada pesan control.

Dengan metode routing DSDV, setiap node memelihara sebuah tabel forwarding dan menyebarkan tabel routing ke node tetangganya. Tabel routing tersebut memuat informasi sebagai berikut :

1. Alamat node tujuan (berupa MAC Address).
2. Jumlah hop yang diperlukan untuk mencapai node tujuan

3. Sequence number dari informasi yang diterima. Sequence number tersebut berasal dari node tujuan.

Standard Wireless 802.11b. Pada simulasi tugas akhir ini, standar IEEE yang digunakan adalah 802.11b dimana pada platform ini hanya node sumber dan tujuan yang bergerak dan node tetangga di sekitarnya semua bersifat statis. Frekuensi yang digunakan adalah 2.4 GHz yang mendukung kinerja dari node-node yang pada jaringan ad hoc ini, sehingga cocok untuk node sumber dan tujuan yang bergerak dan node tetangga yang statis. dari 3 jenis protocol di atas, maka kami dapat membedakan melalui Tabel di bawah ini;

Tabel 2.1. Perbandingan Protokol Routing AODV, DSR dan DSDV [10]

Protokol Routing	Packet Loss (%)			Standarisasi TIPHON		
	FTP Low	FTP High	Video	FTP Low	FTP High	Video
AODV	0	20.883	30.860	Sangat Bagus	Sedang	Buruk
DSR	0	17.633	25.503	Sangat Bagus	Sedang	Buruk
DSDV	0	13.220	19.783	Sangat Bagus	Sedang	Buruk

Dari Tabel 2.1 di atas, maka dapat dijelaskan bahwa Nilai tertinggi parameter throughput yaitu untuk layanan FTP High dan video conferencing pada protokol routing AODV, besarnya throughput yang diterima di setiap node pada protokol routing AODV sebesar 20.883%, sedangkan besarnya throughput pada protokol routing DSR sebesar 17.633%. Hal ini dikarenakan pada protokol routing DSR menerapkan source routing untuk menentukan rute (route discovery) dan untuk melewati paket melalui hop

node (hop by hop). Semakin besar nilai throughput maka semakin baik jaringan tersebut bekerja demikian pula dengan Packet Loss, semakin besar nilai presentasi maka semakin besar pula presentasi kehilangan data [10].

2.1.6 Hybrid Routing

Protokol hybrid routing ini dikembangkan dengan pemikiran untuk menggabungkan kelebihan dari protokol routing reaktif dan proaktif sehingga didapatkan sebuah protokol routing yang paling efektif. Protokol routing hybrid menggunakan karakteristik protokol routing reaktif dan proaktif untuk mencari jalur terbaik sesuai dengan tuntutan dan kondisi (on demand) dengan jaringan yang terus di-update. Selain itu, pada protokol routing hybrid, paket Route Request (RREQ) dan Route Reply (RREP) dikirimkan setelah terdapat routing request dengan waktu interval tertentu. Protokol untuk tipe ini adalah: Hybrid Routing Protocol for Large Scale MANET (HRPLS), Zone Routing Protocol (ZRP) [11].

Ada beberapa karakteristik VANET yang mempengaruhi perancangan protokol-protokol yang sesuai untuk VANET, yaitu [11]:

- a. *Jumlah Node*, jumlah dan kepadatan node pada VANET bervariasi. Jumlah node bisa sangat besar di daerah perkotaan pada jam sibuk. Namun jumlah node VANET bisa sangat sedikit di daerah pedesaan dengan jumlah mobil yang dilengkapi kemampuan komunikasi sangat

terbatas. Protokol MAC harus mampu bekerja dengan baik pada kedua keadaan tersebut.

- b. *Mobilitas node yang tinggi*, kendaraan sebagai node dari VANET dapat bergerak dengan kecepatan tinggi, lebih dari 100 km/jam. Hal ini sering menyebabkan diskoneksi antar node. Jika, dimisalkan, suatu kendaraan yang melaju kencang berkomunikasi dengan kendaraan yang berjalan lambat, maka link komunikasi yang terbentuk akan berumur pendek. Hubungan akan terputus karena jarak yang memisahkan kedua node tersebut semakin besar. Protokol MAC harus dapat bekerja baik dengan umur link komunikasi yang singkat.
- c. *Topologi jaringan yang berubah-ubah*, karena node-node VANET memiliki mobilitas tinggi, maka topologi jaringan VANET yang terbentuk juga terus-menerus mengalami perubahan.
- d. *Topologi jaringan yang dapat diprediksi*, walaupun node-node VANET banyak bergerak, namun pergerakannya dibatasi oleh topologi jalan raya yang dilaluinya.
- e. *Ketersediaan informasi lokasi*, Informasi lokasi dari node yang diberikan oleh GPS dapat mengurangi waktu pengiriman data dan meningkatkan throughput jaringan. Selain itu, informasi posisi dan kecepatan node-node melaju juga dapat membantu memperkirakan pola mobilitas dari node-node tersebut.
- f. *Metode komunikasi*, Metode yang digunakan untuk pengiriman pesan dari pengirim ke penerima adalah broadcast.

- g. *Lingkungan komunikasi yang berbeda*, VANET memiliki dua tipe lingkungan komunikasi yang berbeda, yaitu: lingkungan trafik jalan raya (highway) dan lingkungan trafik perkotaan. Tipe yang pertama lebih sederhana dibandingkan tipe trafik di perkotaan.
- h. *Tidak memiliki pusat pengendali*, node-node pada VANET dapat saling terhubung dan berkomunikasi tanpa adanya pengendalian yang terpusat.
- i. *Sumber tenaga/baterei yang tak terbatas*, dibandingkan node-node MANET yang memiliki daya listrik terbatas, node VANET memiliki daya yang tidak terbatas. Batere dari kendaraan yang melaju mampu menyediakan daya terus-menerus untuk mengaktifkan peralatan komunikasi node tersebut

Berdasarkan penjelasan di atas, maka protokol routing yang dikembangkan untuk lingkungan VANET perlu memiliki kemampuan-kemampuan sebagai berikut [11]:

- 1) Mampu membentuk rute secara dinamis dan mempertahankan rute selama proses komunikasi,
- 2) Mampu menemukan rute alternatif jika ada jalur yang putus,
- 3) Mampu menentukan jalur optimal untuk mengurangi waktu untuk perutean,
- 4) Mampu menyediakan banyak jalur dalam suatu jaringan untuk menghindari kemacetan data (congestion),

- 5) Mampu bekerja dengan baik di lingkungan jalan raya (highway) dan perkotaan (urban) dengan kondisi trafik yang padat, maupun sepi.

Tabel 2.2. Perbandingan Protokol-protokol Routing (Mekanisme Routing, Mekanisme Forwarding, Skenario, Overhead)

Protocol	Routing Mechanism	Forwarding Strategy	Scenario	Control Overhead
FSR	Unicast	Multi hop	Urban	High
OLSR	Broadcast	Multi hop	Urban	High
AODV	Unicast	Store & Forwarding	Urban	Low
DSR	Unicast	Multi hop	Urban	Low
TORA	Unicast	Multi hop	Urban	-
GPRS	Unicast	Greedy	Both	Medium
GRS	Unicast	Greedy	Urban	Medium
GPCR	Unicast	Greedy	Urban	Medium
A-STAR	Unicast	Greedy	Urban	-
CBLR	Cluster Based	Multi hop	Urban	Low
SRB	Broadcast	Store & Forwarding	Highway	High

Beberapa persamaan dan perbedaan dari protokol-protokol routing untuk VANET dari berbagai kelompok ditunjukkan oleh tabel 2.2 diatas. Protokol-protokol yang mewakili kelompok protokol routing VANET yang berbeda dibandingkan menurut mekanisme routing dan forwarding yang dilakukan, skenario, besarnya overhead untuk pengendalian, kebutuhan akan peta digital, pemberitahuan posisi node, dan pengelompokkan dalam jaringan (clustering) [12].

2.2 Simulation of Urban Mobility (SUMO)

Simulation of Urban Mobility atau biasa dikenal dengan 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 [13].

SUMO terdiri dari banyak tools yang memiliki fungsi yang berbeda. Berikut merupakan penjelasan beberapa fungsi tools yang dipakai guna mendukung penelitian ini:

- netgenerate.exe
- netconvert.exe
- randomTrips.py
- duarouter.exe
- sumo-gui.exe
- sumo.exe
- traceExporter.py

2.3 *Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV)*

AODV merupakan protokol routing yang bersifat on- demand. AODV termasuk kedalam klasifikasi routing protocol reaktif, yang hanya melakukan request sebuah rute saat dibutuhkan. Protokol routing ini dikembangkan oleh C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das tahun 2003 pada RFC 3561. Route Request (RREQ), Route Reply (RREP), and Route

Error (RERR) adalah jenis-jenis pesan yang didefinisikan oleh AODV. Jenis pesan ini diterima melalui UDP [13].

AODV merupakan sebuah protokol routing dan berhubungan dengan manajemen tabel rute. Informasi tabel rute harus disimpan bahkan untuk rute pendek [13].

- Destination IP Address: berisi alamat IP dari node tujuan yang digunakan untuk menentukan rute.
- Destination Sequence Number : destination sequence number bekerjasama untuk menentukan rute
- Next Hop: 'Loncatan' (hop) berikutnya, bisa berupa tujuan atau node tengah, field ini dirancang untuk meneruskan paket ke node tujuan.
- Hop Count: Jumlah hop dari alamat IP sumber sampai ke alamat IP tujuan.
- Lifetime: Waktu dalam milidetik yang digunakan untuk node menerima RREP.
- Routing Flags: Status sebuah rute; up (valid), down (tidak valid) atau sedang diperbaiki

AODV memiliki ciri utama yaitu menjaga *Timer Based State* pada setiap node sesuai dengan penggunaan *table routing*. Terdapat beberapa tahap pencarian rute pada routing protocol AODV, diantaranya sebagai berikut [14]:

1. Di saat node sumber (S) membutuhkan suatu rute menuju node tujuan (D), tahap awal yang dilakukan oleh node sumber adalah menyiarkan paket *Routing 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 diawal 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 *Routing Reply* (RREP) menuju node sumber menggunakan *reverse path*.

5. Apabila terjadi masalah pada rute, *routing maintenance* yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan rute akan mengirimkan paket *Routing Error* (RERR) menuju *source node* dan rute yang rusak akan dihilangkan dari *routing cache*.
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.

AODV menggunakan tabel routing dengan satu entry untuk setiap tujuan. Tanpa menggunakan routing sumber, AODV mempercayakan pada tabel routing untuk menyebarkan *Route Reply* (RREP) kembali ke sumber dan secara sekuensial akan mengarahkan paket data menuju ketujuan. AODV juga menggunakan *sequence number* untuk menjaga setiap tujuan agar didapat informasi routing yang terbaru dan untuk menghindari *routing loops*. Semua paket yang diarahkan membawa *sequence number*. Penemuan jalur (*Path discovery*) atau *route discovery* diinisiasi dengan menyebarkan *Route Reply* (RREP). Ketika RREP menjelajahi node, ia akan secara otomatis mensetup path. Jika sebuah node menerima RREP, maka node tersebut akan mengirimkan RREP lagi ke node atau *Destination Sequence Number*. Pada proses ini, node pertama kali akan mengecek *Destination Sequence*. Number pada tabel routing, apakah lebih besar dari 1 (satu) pada *Route Request* (RREQ), jika benar, maka node akan

mengirim RREP. Ketika RREP berjalan kembali ke source melalui path yang telah disetup, ia akan mensetup jalur kedepan dan mengupdate timeout. Jika sebuah link ke hop berikutnya tidak dapat dideteksi dengan metode penemuan rute, maka link tersebut akan diasumsikan putus dan *Route Error* (RERR) akan disebarakan ke *node neighbour*. Dengan demikian sebuah node bisa menghentikan pengiriman data melalui rute ini atau meminta rute baru dengan menyebarkan RREQ kembali [14].

AODV termasuk dalam kelompok protokol *Distance Vector* dimana setiap node mengetahui node tetangganya beserta jaraknya .

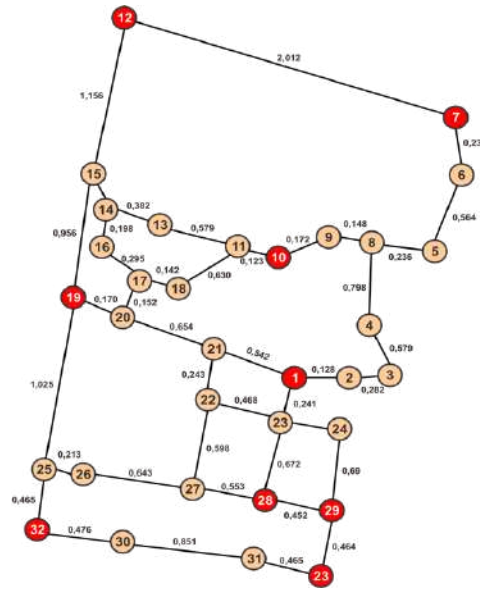
Tabel 2.3 Distance Vector table [2]

Destination	Cost	Next Hop
A	1	A
B	0	B
C	∞	-
D	1	D
E	∞	-

Untuk mencari jalur menuju node destination, AODV menggunakan teknik *Route Request* (RREQ), *Route Reply* (RREP) dan *Route Error* (RERR). *Route Request* (RREQ) digunakan ketika node source hendak mencari jalur untuk mengirimkan data kepada node destination. Sedangkan *Route Reply* digunakan untuk mengirimkan rute / jalur yang telah dibuat kembali kepada node source ketika node destination telah ditemukan. Hal ini terjadi karena pada protokol AODV, setiap node hanya mengetahui node tetangganya melalui mekanisme Hello Message. Hello message adalah

sebuah paket RREP yang memiliki *Time To Live* (TTL) = 1 yang berarti hanya dapat diterima oleh node tetangganya. Selain untuk mengetahui node tetangganya, Hello Message juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerus link. Hal ini dapat dilakukan dengan mengirimkan Hello Message secara berkala sehingga dapat diketahui ketika adanya link yang rusak [13].

Ketika terjadi *broken link*, sebuah node dapat mencoba untuk memperbaiki link ke node tersebut dengan cara mencari jalur lain menuju ke node tersebut dengan mengirimkan kembali RREQ. Apabila upaya ini gagal maka node mengirimkan RERR untuk menginformasikan kepada node lain bahwa terdapat node yang tidak dapat diakses. Maka ketika sebuah node mengirimkan data ke node yang lain, dikirimkan paket *Route Request* (RREQ) untuk mengetahui jalur menuju *node destination*. Setiap node yang mendapatkan paket *Route Request* (RREQ) memeriksa apakah *node destination* berada di daftar tetangganya. Apabila ada maka node tersebut mengirimkan paket *Route Reply* (RREP) baik kepada node source maupun *node destination*. Apabila *node destination* tidak terdapat di daftar tetangganya maka node tersebut meneruskan paket *Route Request* (RREQ) ke node tetangganya. Begitu seterusnya sampai ditemukan node yang menjadi tetangga *node destination*. Secara singkat, cara kerja protokol AODV dapat dilihat dari Gambar 2.5 berikut ini [14]:



Gambar 2.2. AODV RREQ & RREP sumber ([14])

Karena *node source* (ditandai warna merah) tidak memiliki informasi jalur menuju *node destination* (AODV hanya mengetahui node tetangganya saja melalui Hello Message) maka paket RREQ dikirimkan ke node tetangganya. Pada jaringan VANET kemungkinan terjadinya *link breakage* cukup tinggi dikarenakan mobilitas masing – masing node. Ketika sebuah node mengetahui bahwa node tetangganya sudah tidak dapat diakses (keluar dari jangkauan) maka node tersebut mengirimkan RERR (*Route Error*) yang berisi daftar node yang tidak dapat diakses. Node lain yang menerima paket RERR memeriksa di tabelnya apakah terdapat node yang tidak dapat diakses. Jika benar maka tabel di update sesuai dengan informasi terbaru kemudian menyebarkan kembali paket RERR. Paket RREQ berisi informasi *Src. Node, Dst. Node, Lifespan* dan *ID*. Node tetangga yang menerima paket ini memeriksa apakah *Dst. Node* yang dituju terdapat di daftar tetangganya. Apabila tidak ada maka paket RREQ ini dikirimkan kembali ke node

tetangganya. Apabila Dst. Node terdapat di daftar tetangganya maka node mengirimkan paket RREP yang berisi *Dst. Node*, *Src. Node*, *Hop Count* dan *ID* [13].

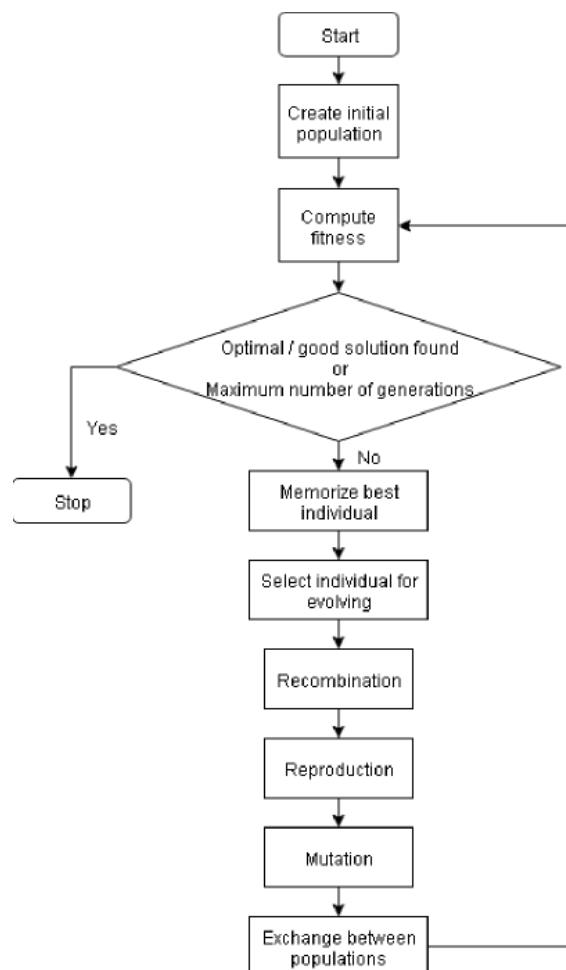
2.4 Static Intersection Node (SIN)

Selain *Vehicle to Vehicle Communication*, VANET juga mendukung untuk melakukan *Vehicle to Infrastructure Communication* (V2I). Infrastruktur dapat berupa *Access Point* atau infrastruktur jaringan lain misal 3G atau HSDPA yang disebut dengan RSU (*Road Side Unit*). Pada beberapa penelitian menyebut infrastruktur sebagai *Road Side Unit*. 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*. 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 [15].

2.4.1 Penentuan Lokasi Static Intersection Node

Pada kondisi nyata dimana banyak terdapat persimpangan jalan tentunya kurang efektif apabila meletakkan setiap Static Intersection Node di setiap persimpangan jalan. Maka harus dilakukan pemilihan terhadap lokasi *Static Intersection Node* yang paling optimal.

Pada penelitian ini menggunakan Algoritma Dijkstra untuk menentukan lokasi *Supporting Unit (Road Side Unit)*. Langkah – langkah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini [15]:



Gambar 2.3. Flowchart penentuan posisi SU [15]

Pada penelitian lain untuk menentukan posisi Road Side Unit yang terbaik digunakan algoritma *Binary Integer Programming* (BIP) yang pada dasarnya menggunakan teknik *branch and bound* serta algoritma *Balloon Expansion Heuristics* (BEH). Dengan menggunakan algoritma BIP & BEH para peneliti dapat merekomendasikan posisi *Road Side Unit* yang terbaik berdasarkan pseudocode seperti pada gambar di bawah ini [16]:

```

1. begin
2.    $B \leftarrow V$ 
3.    $\tau' \leftarrow 0$ 
4.   while  $n(B) > r$  do
5.     Increment  $\tau'$  by a small value
6.     for each  $b \in B$  do
7.       Expand area coverage of  $b$  to  $y$  s.t.  $T_{(b,y)} = \tau'$ 
8.     end
9.     Compute  $Q$ :
       combined area coverage by all RSUs in set  $B$ 
10.    if  $Q \geq \alpha C$  then
11.      for each  $b \in B$  do
12.        Compute Impact Factor  $IF(b)$ 
13.      end
14.      Find  $w \in B$  s.t.  $\min(IF) = IF(w)$ 
15.       $B' \leftarrow \{w\}$ 
16.      Compute  $Q$ :
        combined area coverage by all RSUs in
        set  $\{B - B'\}$ 
17.      if  $Q \geq \alpha C$  then
18.         $B \leftarrow B - B'$ 
19.      end
20.    end
21.  end
22.  Return ( $B$ )
23. end

```

Gambar 2.4. Psedocode Ballon Expansion Heuristics [16]

Sedangkan pada penentuan posisi Road Side Unit melalui beberapa kriteria seperti *intersection priority* dan *intersection connectivity*. Kemudian diukur Intersection priority pada masing – masing intersection. Intersection priority dapat di hitung dari kepadatan kendaraan serta lokasi persimpangan secara geografis. Sedangkan *Intersection Connectivity* dapat dihitung

berdasarkan jumlah kendaraan yang melalui kedua persimpangan. Pada penelitian ini Road Side Unit diletakkan di setiap intersection berdasarkan informasi *intersection priority*. Informasi *intersection priority* didapatkan dari kondisi nyata di lapangan dengan mempertimbangkan lokasi sebuah intersection. Apabila sebuah intersection berada di daerah yang padat seperti pasar atau pusat kota maka diasumsikan banyak kendaraan yang melalui jalan tersebut atau dapat dikatakan padat. Kemudian jumlah *Road Side Unit* dikurangi berdasarkan kriteria lain seperti *intersection connectivity* sampai ditemukan *road side unit* yang benar – benar optimal [17].

Untuk menentukan lokasi optimal Static Intersection Node pada penelitian ini akan menggunakan algoritma Dijkstra merupakan algoritma yang paling cocok untuk menentukan jalur terpendek pada peta. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Algoritma Dijkstra paling cocok digunakan untuk pencarian rute optimal pada peta [17].

Sedangkan pada penelitian ini algoritma Dijkstra akan digunakan untuk mencari jalur dari pengirim ke penerima. Nilai weight yang digunakan diambil dari nilai kepadatan kendaraan pada setiap ruas jalan. Karena pada lingkungan VANET paket data akan diteruskan oleh kendaraan, maka Static Intersection Node akan dibutuhkan pada ruas jalan dengan kepadatan kendaraan yang rendah. Dengan demikian dapat meningkatkan performa pengiriman data [18].

2.5 Teknologi Internet Nirkabel 5G

5G adalah jaringan internet generasi berikutnya dari teknologi jaringan internet seluler setelah 4G. Sama seperti setiap generasi sebelumnya, 5G bertujuan untuk membuat komunikasi seluler lebih cepat dan lebih dapat diandalkan karena semakin banyak perangkat yang online. Dan ini dinyatakan sebagai teknologi internet berkecepatan 10X lipat lebih cepat dibanding 4G. dalam implementasi dari teknologi jaringan internet 5G dapat dilihat dari gambar dibawah ini [19]:



Gambar 2.5 teknologi Jaringan Internet 5G dilihat dari Diverse Spectrum dengan Diverse Service & Device

2.5.1 Manfaat Teknologi Internet 5G

1. Hampir tidak ada jeda ketika memuat streaming video dan bermain game
2. Kecepatan internet 5G 10 hingga 20 kali lipat lebih cepat dibanding 4G

3. Jalanan Kota yang lebih aman dengan kendaraan yang cerdas dan saling terhubung
4. Akses instan ke sebagian besar file online
5. Perangkat yang lebih kecil yang melepaskan persyaratan perangkat keras ke server jarak jauh
6. Ledakan produk dan aplikasi baru yang membutuhkan kecepatan internet yang super cepat
7. Internet andal di daerah-daerah terpencil

5G sangat cepat sehingga tidak hanya tersedia untuk perangkat seluler. Ini berpotensi untuk sepenuhnya menggantikan koneksi kabel berkecepatan tinggi melalui akses nirkabel tetap!

2.5.2 Bagaimana Teknologi 5G Bekerja?

Seperti metode komunikasi nirkabel lainnya, internet 5G mengirim dan menerima data dalam spektrum radio. Namun, tidak seperti apa yang kita gunakan dengan 4G, 5G menggunakan frekuensi yang lebih tinggi (gelombang milimeter) pada spektrum radio untuk mencapai kecepatan ultra cepat.

Kelemahan dari menggunakan frekuensi tinggi untuk mengirimkan data adalah bahwa frekuensi ini mengalami lebih banyak gangguan dari hal-hal seperti pohon dan bangunan, yang berarti tower kecil yang diposisikan secara strategis diperlukan untuk mendorong jaringan di seluruh kota. Namun, tidak semua operator jaringan seluler bekerja dengan cara yang

sama. Beberapa perusahaan menggunakan jaringan internet 5G pada ujung bawah spektrum radio sehingga tower pemancar dapat mencapai area yang lebih luas dan menembus dinding, tetapi pertukarannya adalah kecepatan yang lebih lambat [19].

a. Spesifikasi 5G: Laju Data dan Latensi

Dengan teknologi internet 5G, segala sesuatu yang berkaitan dengan komunikasi seluler lebih cepat, mulai dari kecepatan di mana Anda dapat mengunduh dan mengunggah data ke sejumlah perangkat yang dapat terhubung ke internet secara bersamaan. Sel 5G, yang mengirim dan menerima data seluler, mendukung kecepatan setidaknya 20 Gb / detik untuk download dan 10 Gb / detik untuk upload, dengan latensi serendah 4 ms atau lebih.

Namun, dalam sebagian besar situasi, ini mungkin diterjemahkan ke kecepatan dunia nyata 100 Mb / s (12,5 MB / s) dan 50 Mb / s (6,25 MB / s), masing-masing, tetapi dapat dengan mudah berfluktuasi naik atau turun tergantung pada berbagai keadaan. Sebagai perbandingan, kecepatan download seluler rata-rata di Amerika Serikat adalah sekitar 30 Mbps – tiga kali lebih lambat dari yang tersedia pada jaringan internet 5G.

Sebagai contoh, dalam situasi ideal dengan kecepatan 5G secepat 1 Gb / s, Anda dapat mendownload film 3 GB ke ponsel Anda dalam 24 detik, atau mengupload video YouTube 1GB hanya dalam delapan detik.

b. Teknologi 5G Mendukung Banyak Perangkat

Setidaknya jaringan 5G harus mendukung 1 juta perangkat untuk setiap kilometer persegi (0,386 mil persegi). Ini berarti bahwa dalam jumlah ruang itu, jaringan internet 5G mampu menghubungkan 1 juta perangkat atau lebih ke internet pada saat yang sama. Skenario jenis ini mungkin tampak sulit untuk dipahami mengingat kota-kota dengan kepadatan penduduk tertinggi (seperti Manila Filipina, Jakarta Indonesia dan Mumbai India) “hanya” dapat menampung antara 70.000 hingga 110.000 orang untuk setiap mil persegi.

Namun, teknologi internet 5G tidak perlu mendukung hanya satu atau dua perangkat per orang, tetapi juga jam tangan pintar semua orang, semua kendaraan di area yang mungkin terhubung ke internet, kunci pintar di rumah-rumah terdekat, barang yang dapat dikenakan, dan setiap arus lainnya atau untuk -perangkat baru yang dirilis yang perlu di jaringan internet. Diperkirakan bahwa, secara global, akan ada 1,3 miliar koneksi di jaringan 5G pada akhir tahun 2023.

Sel 5G dapat berkomunikasi dengan semua jenis perangkat, seperti yang digunakan oleh orang yang diam yang tidak bergerak ke seseorang di kendaraan berkecepatan tinggi seperti kereta, yang bepergian hingga 500 km (310 mph).

Mungkin saja area yang berbeda akan membutuhkan stasiun pangkalan seluler yang berbeda untuk mengakomodasi berbagai kecepatan. Misalnya, kota kecil yang hanya memiliki pengguna yang

bepergian dengan mobil dan berjalan kaki mungkin tidak memiliki stasiun pangkalan yang sama dengan kota besar dengan sistem transportasi umum berkecepatan tinggi.

c. Standar Broadband Seluler 5G

5G dan standar broadband seluler lainnya ditetapkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP). 3GPP Release 16 adalah “fase 2” dari proyek 5G, dan akan selesai pada Maret 2020. Setelah 5G tersedia secara luas, ada kemungkinan bahwa itu akan menjadi kemajuan besar saat ini dalam jaringan internet seluler. Alih-alih untuk beralih ke teknologi internet 6G atau 7G nanti, kita mungkin hanya tetap dengan teknologi 5G tetapi mendapatkan peningkatan bertahap dari waktu ke waktu.

Sangat membingungkan ketika berbicara 5G dengan Wi-Fi 5 GHz, tetapi keduanya tidak sama. Yang pertama adalah teknologi jaringan seluler sedangkan yang terakhir adalah pita frekuensi yang digunakan di beberapa router Wi-Fi.

Dan itulah penjelasan lengkap tentang teknologi jaringan internet 5G yang bakal menggantikan 4G di beberapa tahun kemudian. Semoga saja negara kita juga akan membawa 5G dalam jaringannya, tapi tentu saja ketika 5G datang maka perangkat smartphone dan perangkat lain harus menyesuaikan atau kita harus membeli lagi perangkat baru yang mendukung 5G untuk menikmati teknologi baru yang lebih cepat.

2.5.3 Perbedaan 4G dan 5G

5G adalah jaringan seluler terbaru yang menggantikan teknologi 4G saat ini dengan memberikan sejumlah peningkatan dalam kecepatan, jangkauan, dan keandalan. Fokus utama dan alasan perlunya jaringan yang ditingkatkan adalah untuk mendukung semakin banyaknya perangkat yang menuntut akses internet, banyak dari mereka yang membutuhkan bandwidth sangat banyak agar berfungsi secara normal sehingga 4G tidak memotongnya lagi.

5G menggunakan berbagai jenis antena, beroperasi pada frekuensi spektrum radio yang berbeda, menghubungkan lebih banyak perangkat ke internet, meminimalkan penundaan, dan memberikan kecepatan sangat cepat.

2.5.4 5G Bekerja Berbeda Dari 4G

Jaringan seluler dikatakan baru jika jaringan seluler tersebut memiliki perbedaan dalam beberapa hal secara fundamental dari jaringan seluler lama. Satu perbedaan mendasar adalah penggunaan frekuensi radio unik 5G untuk mencapai apa yang tidak bisa dilakukan oleh jaringan 4G.

Spektrum radio dipecah menjadi pita, masing-masing dengan fitur unik saat anda naik ke frekuensi yang lebih tinggi. Jaringan 4G menggunakan frekuensi di bawah 6 GHz, tetapi 5G menggunakan frekuensi yang sangat tinggi dalam rentang 30 GHz hingga 300 GHz. Frekuensi tinggi ini bagus untuk sejumlah alasan, salah satu yang paling penting adalah mereka

mendukung kapasitas besar untuk akses data cepat. Tidak hanya mengurangi ruwetnya dengan data seluler yang ada, dan juga dapat digunakan di masa depan untuk meningkatkan permintaan bandwidth, mereka juga sangat terarah dan dapat digunakan tepat di sebelah sinyal nirkabel lainnya tanpa menimbulkan gangguan. ini sangat berbeda dari menara 4G yang menangkap dan menyebar data ke segala arah, berpotensi membuang energi dan tenaga untuk memancarkan gelombang radio di lokasi yang bahkan tidak meminta akses ke internet.

5G juga menggunakan panjang gelombang yang lebih pendek, yang berarti antena bisa jauh lebih kecil dari antena yang ada sambil tetap memberikan kontrol arah yang tepat. Karena satu stasiun pangkalan dapat menggunakan lebih banyak antena directional, itu berarti bahwa 5G dapat mendukung lebih dari 1.000 perangkat per meter daripada apa yang didukung oleh 4G. Apa artinya semua ini adalah bahwa jaringan 5G dapat mengirimkan data ultrafast ke lebih banyak pengguna, dengan presisi tinggi dan sedikit latensi.

Namun, sebagian besar frekuensi super-tinggi ini hanya berfungsi jika Anda saling berhadapan langsung antara antena dan perangkat yang menerima sinyal. Terlebih lagi, beberapa dari frekuensi tinggi ini mudah diserap oleh kelembaban, hujan, dan benda-benda lainnya, artinya mereka juga akan terganggu dan tidak maksimal jika terkena hambatan semacam itu.

Karena alasan inilah kita dapat mengharapkan banyak antenna yang ditempatkan secara strategis untuk mendukung 5G, baik yang sangat kecil di setiap kamar atau bangunan yang membutuhkannya atau antenna besar yang diposisikan di seluruh kota, bahkan mungkin keduanya. Mungkin juga akan ada banyak stasiun berulang untuk mendorong gelombang radio sejauh mungkin untuk memberikan dukungan 5G jarak jauh.

Perbedaan lain antara 5G dan 4G adalah bahwa jaringan 5G dapat lebih mudah memahami jenis data yang diminta, dan dapat beralih ke mode daya yang lebih rendah ketika tidak digunakan atau ketika memasok tarif rendah ke perangkat tertentu, tetapi kemudian beralih ke yang lebih tinggi. mode bertenaga untuk hal-hal seperti streaming video HD.

Perlu diingat bahwa kecepatan itu identik, mereka hanya menggunakan unit pengukuran yang berbeda. Juga ingat bahwa bit tidak sama dengan byte (pengukuran di atas ditulis dalam bit). Karena ada delapan bit dalam setiap byte, untuk mengubah kecepatan 5G tersebut menjadi megabita (MB) dan gigabita (GB), Anda harus membaginya dengan delapan. Banyak pengukuran di unit ini, bukan megabit dan gigabit, jadi penting untuk memahami keduanya.

5G juga memiliki persyaratan latensi minimum. Latensi mengacu pada selang waktu antara saat menara sel mengirim data dan ketika perangkat tujuan (seperti ponsel Anda) menerima data. 5G membutuhkan latensi minimum hanya 4 ms dengan asumsi bahwa kondisi ideal terpenuhi, tetapi

dapat turun hingga 1 ms untuk beberapa bentuk komunikasi, khususnya komunikasi ultra-reliable dan latensi rendah (URLLC).

Sebagai perbandingan, latensi pada jaringan 4G mungkin sekitar 50-100 ms, yang sebenarnya lebih dari dua kali lebih cepat dari jaringan 3G yang lebih tua!

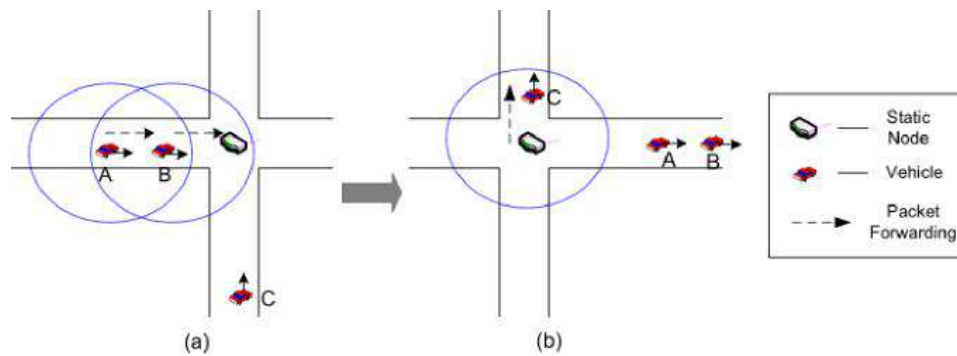
B. PENELITIAN SEBELUMNYA

Beberapa penelitian VANET telah dilakukan dengan menggunakan Static Intersection Node sebagai salah satu komponen pendukung VANET.

1. Komunikasi dapat terjadi dengan cara saling mengirimkan data antar kendaraan sehingga data dapat sampai ke kendaraan tujuan. Maka dibutuhkan protokol routing untuk mengetahui jalur pengiriman data yang dalam penelitian ini menggunakan protokol routing AODV. Untuk meningkatkan performa protokol routing, maka pada penelitian ini ditambahkan SIN (Static Intersection Node). Static Intersection Node adalah RSU (Road Side Unit) yang diletakkan di persimpangan jalan (intersection). Fungsi dari Static Intersection Node pada penelitian ini adalah sebagai repeater untuk membantu mengirimkan paket data ke kendaraan lain yang berada disekitarnya sehingga dapat meningkatkan Packet Delivery Ratio serta meminimalkan Packet Loss dan End to End Delay. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menentukan posisi Static Intersection Node yang paling ideal sekaligus jumlah Static Intersection Node yang paling efektif [20].

2. penelitian tentang *hybrid communication* untuk mencegah terjadinya kecelakaan [14]. Penelitian ini mengusulkan ketika sebuah kendaraan masuk ke dalam jangkauan *Static Intersection Node* maka kendaraan tersebut mendapatkan data terbaru untuk wilayah tersebut (cuaca, halangan dll) sehingga setelah dilakukan pemrosesan data dapat diketahui kondisi jalan di depan nya. Maka ketika terdapat potensi bahaya berdasarkan dari data yang telah diolah, maka pengemudi bisa mendapatkan peringatan dini. Penelitian ini memiliki konsep yang baik namun memiliki kelemahan dalam hal pemrosesan data. Jumlah data berbanding lurus dengan kecepatan pemrosesannya. Sehingga ketika jumlah data yang diterima terlalu banyak maka proses yang dibutuhkan untuk mengolah data tersebut juga semakin lama.
3. Penelitian lain yang menggunakan *Road Side Unit* untuk membantu mengirimkan paket ke node lain juga telah dilakukan [9]. Penelitian ini mengusulkan sebuah protokol baru untuk mengirim data ke node yang berada jauh dari node pengirim yang dinamakan *Static-node assisted Adaptive data Dissemination protocol for Vehicular Networks (SADV)*. Inti dari penelitian ini adalah membuat data berhenti sementara di *Road Side Unit* sampai ditemukan jalur yang paling baik untuk mengirimkan data ke node tujuan seperti pada Gambar 2.6. *Road Side Unit* atau *Static Node* diposisikan di setiap persimpangan. Dengan mempertimbangkan posisi kendaraan yang akan melalui persimpangan tersebut maka *Road Side Unit* akan memberikan data kepada

kendaraan yang diperkirakan menuju ke arah receiver. Dengan demikian diharapkan data dapat lebih cepat untuk mencapai receiver. Namun permasalahan akan terjadi ketika tidak terdapat kendaraan yang menuju ke arah receiver. Untuk mencegah buffer overflow maka diberlakukan mekanisme timeout terhadap data yang berada di *memory Road Side Unit*.



Gambar 2.6. Protokol Static-node assisted Adaptive data Dissemination protocol for Vehicular Networks (SADV)

Gambar 2.6 di atas mengilustrasikan paket data dikirimkan dari node A ke node B. Karena node B telah memasuki *range road side unit* maka data diteruskan ke *Road Side Unit*. Diasumsikan jalur menuju node tujuan telah diketahui sebelumnya, maka *Road Side Unit* meneruskan data ke node C yang lebih cepat mencapai tujuan. Dengan menggunakan teknik ini terdapat keuntungan sekaligus kerugian dimana ketika terdapat node yang bergerak menuju arah node yang dituju oleh data maka data lebih cepat sampai ke tujuan. Namun sebaliknya ketika tidak terdapat node yang searah dengan node tujuan

data maka data expired di Road Side Unit yang menyebabkan data harus di kirim ulang.

4. Protokol routing yang memanfaatkan persimpangan jalan juga telah diteliti. *Shortest Path Based Traffic Aware Routing* (STAR) adalah sebuah protokol yang dikembangkan untuk memaksimalkan penggunaan persimpangan jalan dimana terdapat lampu lalu lintas. STAR memanfaatkan kendaraan yang sedang berhenti di lampu merah untuk memastikan *end to end connectivity*. Untuk mengetahui hubungan antar kendaraan maka menggunakan teknik *broadcast hello message*. Namun teknik ini juga dapat menyebabkan *broadcast storm*. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini diusulkan untuk menggunakan teknik *Red Light First Forwarding* (RLFF). Ketika data sampai di persimpangan jalan, maka kendaraan yang sedang berhenti karena lampu merah yang meneruskan data tersebut sehingga mengurangi broadcast storm. Konsep ini memiliki kelebihan yaitu pada penggunaan lampu lalu lintas sebagai Road Side Unit yang membantu meneruskan paket data. Namun karena lampu lalu lintas menyala bergantian maka terdapat kemungkinan untuk paket data expired ketika menunggu node yang memiliki jalur ke node tujuan.
5. Penelitian lain tentang *Road Side Unit* sebagai *message router* yang dilakukan. mengusulkan sebuah mekanisme pengiriman data untuk kasus dimana antara node pengirim dan penerima terpisah dengan jarak yang cukup jauh sehingga pengiriman data antar node dianggap

kurang efektif. ROAMER (*Roadside Unit As Message Routers in VANETs*) memanfaatkan *hybrid Road Side Unit* dimana sebagian *Road Side Unit* terhubung antara satu sama lain untuk membentuk *backbone* dan sebagian lainnya terhubung ke internet sebagai gateway. Dan kesemua *road side unit* dapat saling terhubung membentuk jaringan mesh. Setiap *Road Side Unit* menerima hello message dari setiap kendaraan yang berada di dalam jangkauannya. Ketika salah satu kendaraan mengirimkan data ke kendaraan lainnya maka data dikirimkan ke *road side unit* terdekat. *Pseudocode algoritma ROAMER* dapat dilihat pada Gambar 2.7 :

```

Vehicle-to-RSU Algorithm
Input: Packet P.
Source: vehicle S.
Destination: RSU R.

start
Step1: if (R is within S range) {
    S sends P directly to R.
    Go to end.
}
else {
    Step2: S defines total path ( $P_{ot}$ ) between itself and R.
    Step3: S determines the set  $S_n$  of neighbors that are nearer from it to R.
    Step4: if ( $S_n = \emptyset$ ) {
        Go to Delay routine.
    }
    else {
        S sends P to  $k$  neighbors in  $S_n$ .
        S drops P.
    }
}
end

Delay routine:
After Delay ends {
    Go to Step1
}

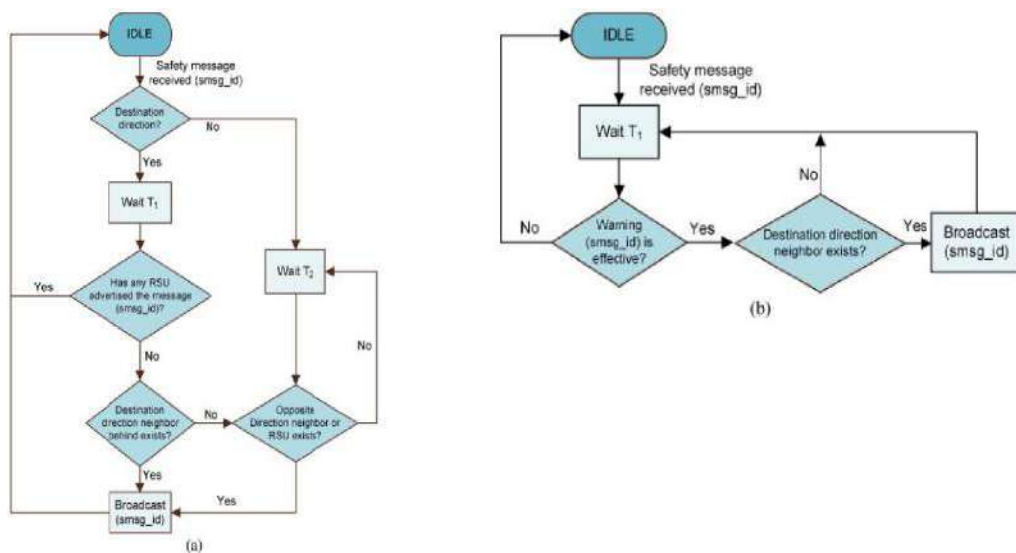
```

Gambar 2.7. Pseudocode algoritma ROAMER [22]

Dari pseudocode pada Gambar 2.7 di atas dapat diketahui bahwa apabila kendaraan pengirim tidak berada dalam jangkauan *Road Side Unit*, maka data dikirimkan ke kendaraan lain sehingga sampai ke *Road Side Unit*. Setelah data berada di *Road Side Unit* maka data di kirimkan

antar *Road Side Unit* sehingga data diterima oleh *Road Side Unit* yang memiliki akses ke kendaraan tujuan data. Dengan demikian dapat mengurangi jumlah hop yang harus di tempuh oleh data untuk sampai di tujuan.

6. Selain digunakan di persimpangan, penelitian terhadap penggunaan *Road Side Unit* di jalan bebas hambatan juga telah dilakukan. Pada penelitian ini, *Road Side Unit* digunakan sebagai *message broadcaster* ketika terjadi *emergency situation*. Ketika sebuah kendaraan mengalami *emergency situation*, maka kendaraan tersebut mengirimkan *emergency message* kepada *Road Side Unit* terdekat. Apabila sebuah *Road Side Unit* mendapatkan *emergency message* maka *Road Side Unit* tersebut melakukan *emergency message broadcast* kepada setiap kendaraan yang searah dengan kendaraan yang mengalami *emergency situation*. Hal ini dapat diketahui dari arah kendaraan yang berada dalam jangkauan *Road Side Unit*. Apabila kendaraan yang mengalami *emergency message* tidak berada di dalam jangkauan *Road Side Unit*, maka *emergency message* dikirimkan ke kendaraan lain yang berjalan berlawanan arah sampai menemukan *rehealing node*. *Rehealing node* dapat berupa *Road Side Unit* atau node lain yang menjadi *head of cluster*. Dengan demikian dapat mengurangi jumlah hop yang harus dilalui data. Flowchart untuk pengiriman *emergency message* dari kendaraan ke *Road Side Unit* dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.8. (a) Broadcast emergency message pada kendaraan (b) Broadcast emergency message pada Road Side Unit

Dari Gambar 2.8. di atas dapat diketahui kendaraan yang menerima *broadcast emergency message* pertama melakukan pengecekan apakah id kendaraan yang berada dalam data tersebut berada didepan nya (searah). Jika benar maka kendaraan menunggu apakah ada data yang sama dari *Road Side Unit*. Jika tidak maka data dikirimkan ke kendaraan lain yang berada dalam jangkauannya. Jika tidak maka data dikirimkan ke *Road Side Unit*. Sedangkan pada sisi *Road Side Unit* ketika menerima data *emergency message* pertama melakukan pengecekan terlebih dahulu apakah pesan tersebut telah expired atau masih aktif.

C. STATE OF THE ART

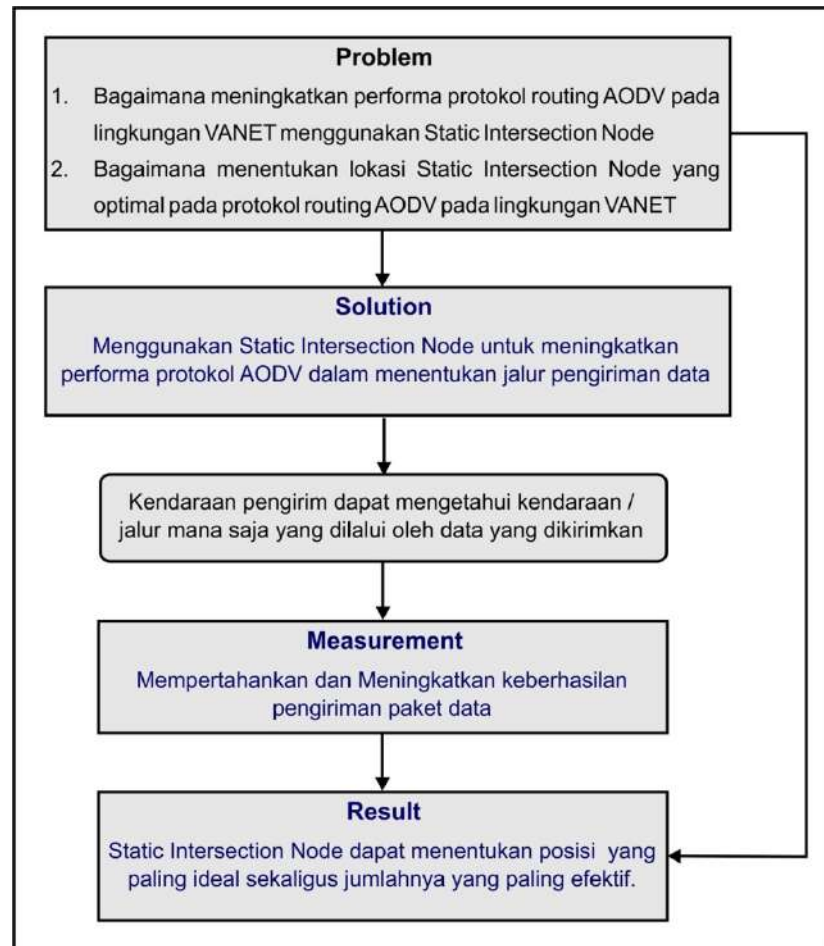
Pada tabel 2.3. menampilkan perkembangan VANET (*Vehicular Adhoc Network*) merupakan teknologi yang dikembangkan dari MANET (*Mobile Adhoc Network*) dimana teknologi ini memungkinkan terjadinya komunikasi antar kendaraan atau *Vehicle to Vehicle Communication* tanpa adanya infrastruktur jaringan yang tetap. Komunikasi dapat terjadi dengan cara saling mengirimkan data antar kendaraan sehingga data dapat sampai ke kendaraan tujuan. Maka dibutuhkan protokol routing untuk mengetahui jalur pengiriman data yang dalam penelitian ini menggunakan *Protokol Routing AODV*. Untuk meningkatkan *performa protokol routing*, maka pada penelitian ini juga ditambahkan SIN (*Static Intersection Node*). Static Intersection Node adalah RSU (*Road Side Unit*) yang diletakkan di persimpangan jalan (*intersection*). Fungsi dari *Static Intersection Node* pada penelitian ini adalah sebagai *repeater* untuk membantu mengirimkan paket data ke kendaraan lain yang berada disekitarnya sehingga dapat meningkatkan *Packet Delivery Ratio* serta meminimalkan *Packet Loss* dan *End to End Delay*. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menentukan posisi Static Intersection Node yang paling ideal sekaligus jumlah Static Intersection Node yang paling efektif.

Tabel 2.4. State Of The Art Penelitian

No.	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil / Relevan	Jumlah Gambar
1.	Authentication-Based Secure Data Dissemination Protocol and Framework for 5G-Enabled VANET	Nishu Gupta , Ravikanti Manaswini, Bongaram Saikrishna and Francisco Silva,and Ariel Teles	www.mdpi.com /journal /futureinternet	2020	IoV architecture	80 %	1
2.	BAGKD: A Batch Authentication and Group Key Distribution Protocol for VANETs	Guangquan Xu, Xiaotong Li, Litao Jiao, Weizhe Wang, Ao Liu, Chunhua Su, Xi Zheng, Shaoying Liu, and Xiaochun Cheng	IEEE Communications Magazine • July 2020	2020	Batch Authentication of Messages	88 %	1 Gambar
3.	A Reputation based Weighted Clustering Protocol in VANET: A Multi-objective Firefly Approach	Christy Jackson Joshua & Rekha Duraismy & Vijayakumar Varadarajan	Mobile Networks and Applications	2019	Multi-objective Particle Swarm Optimization (MOPSO)	76 %	-

No.	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun	Metode	Hasil / Relevan	Jumlah Gambar
5.	Reconfigurability and performance of mobile routing protocols for VANET applications	C. Chaikalis, V. Markoulis, I. K. Savvas and K. E. Anagnostou	IEEE Journal	2018	Membandingkan kinerja AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector), DSR (Dynamic Source Routing), DYMO (Dynamic MANET On-demand) dan OLSR (Optimized Linked State Routing) di bawah model propagasi yang berbeda	86 %	14 Gambar
6.	5G Next generation VANETs using SDN and Fog Computing Framework	Ammara Anjum Khan, Mehran Abolhasan, Wei Ni	IEEE Journal	2018	Sentralisasi BBU dan kerjasama antara RRU dan antenna melalui cloudbased terbuka infrastruktur dapat secara efektif meningkatkan spektrum sistem efisiensi.	76 %	8 Gambar
7.	A Greedy Traffic Light and Queue Aware Routing Protocol for Urban VANETs	Yangyang Xia, Xiaoqi Qin, Baoling Liu, Ping Zhang	IEEE Journal	2018	mengusulkan lampu lalu lintas Greedy Traffic Light And Queue Aware Routing Protocol (GTLQR) yang bersama-sama	67 %	11 Gambar

D. KERANGKA PIKIR



Gambar 2.9. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian di atas menjelaskan alur penelitian yang akan dilakukan. Pada tahap pertama menjelaskan permasalahan yang ada yaitu bagaimana meningkatkan performa protokol AODV untuk pengiriman data antar node pada lingkungan VANET. Setiap node / vehicle pada lingkungan VANET memiliki perangkat nirkabel sehingga dimungkinkan untuk saling menerima & mengirimkan data meskipun tidak memiliki koneksi secara langsung. Karena setiap node bergerak, maka sangat dimungkinkan terjadi perubahan susunan node yang dilalui oleh data.

Ketika jalur data terputus maka node pengirim menghentikan transmisinya sampai menemukan jalur baru. Kecepatan menemukan jalur bergantung kepada beberapa faktor diantaranya kepadatan node, jarak transmisi nirkabel setiap node, arah mobilitas node dan lain sebagainya. Dari permasalahan tersebut maka pada penelitian ini digunakan *Static Intersection Node* untuk meningkatkan performa protokol AODV dalam melakukan pencarian jalur pengiriman data sebelum dilakukan proses pengiriman data. *Static Intersection Node* adalah *Road Side Unit* yang berada di persimpangan jalan. Dengan adanya *Static Intersection Node* diharapkan dapat membantu mempercepat proses *route discovery* serta meningkatkan rasio keberhasilan pengiriman data. Karena pada kondisi nyata cukup banyak persimpangan, akan kurang efektif apabila meletakkan *Static Intersection Node* di setiap persimpangan. Maka perlu ditentukan posisi *Static Intersection Node* yang optimal. Permasalahan berikutnya yaitu bagaimana menentukan posisi *Static Intersection Node* yang optimal. Pada penelitian ini diusulkan menggunakan algoritma Dijkstra untuk mencari jalur yang memiliki tingkat kepadatan paling rendah antara pengirim dan penerima. Kemudian *Static Intersection Node* di pasang pada persimpangan di jalur tersebut. Dengan demikian diharapkan dapat meminimalisir jumlah *Static Intersection Node* yang dipasang namun tetap mengoptimalkan *Packet Delivery Ratio*.