

# Evaluasi Kinerja Protokol Perutean AODV dan SDGR+R pada VANET dengan Studi Kasus Pelabuhan Lembar

( *Evaluation of Performance of Routing Protocol AODV and SDGR+R of VANET With Study Case of Lembar Portship* )

Valian Yoga Pudya Ardhana<sup>[1]\*</sup>, Esther Sanda Manapa<sup>[2]</sup>, Tommy Wijaya Sagala<sup>[3]</sup>, Yonathan Anggiansihaan<sup>[4]</sup>, Eliyah Acantha M Sampetoding<sup>[5]</sup>,

<sup>[1]</sup>Teknologi Informasi, Universitas Qamarul Huda Badaruddin, Kabupaten Lombok Tengah, Indonesia  
E-mail: [valianpa81@gmail.com](mailto:valianpa81@gmail.com)

<sup>[2]</sup>Transportasi, Universitas Hasanuddin, Kota Makassar, Indonesia  
E-mail: [esmanapa@gmail.com](mailto:esmanapa@gmail.com)

<sup>[3],[5]</sup>Teknik Informatika, STIK Rajawali Talaud, Kabupaten Talaud, Indonesia  
E-mail: [wijayabox@gmail.com](mailto:wijayabox@gmail.com), [eacantha@gmail.com](mailto:eacantha@gmail.com)

<sup>[4]</sup>Sistem Informasi, STIK Rajawali Talaud, Kabupaten Talaud, Indonesia  
E-mail: [yonathananggiansihaan@gmail.com](mailto:yonathananggiansihaan@gmail.com)

KEYWORDS:  
VANET, SDN, SDGR+R, AODV

#### ABSTRACT

*The Vehicular ad-hoc Network (VANET) is a subclass of Mobile ad-hoc networks (MANETs). VANET is a wireless network created from the concept of building a vehicle network (node) to exchange data information (data communication). There is a new concept technique for VANET communication used, namely the use of the concept of Software Defined Network (SDN) on VANET. For data communication between vehicles, a routing protocol required. The most common routing protocol used on VANET since 2003 is AODV. In 2014 several studies were using the SDN paradigm tried on VANET technology to improve the performance of Quality of Service (QoS), one of which is a Geographic-based SDN, called SDGR in 2016. Multicast is a method of routing data on a network that allows one node or a group of nodes to communicate efficiently with the receiving node. The multicast concept supports one-to-many routing in nodes that send packet data to a group of nodes. The development of the SDGR routing protocol using the idea of multicast technique to SDGR based on the Direction called SDGR + R carried out in 2019. This study uses a case study of vehicle transportation simulations in the Lamber Port area of Lombok. The simulation results knew that SDGR + R is better than AODV in terms of service quality (QoS) at a latency of 15.58% and packet delivery ratio (PDR) of 47.78%.*

KATA KUNCI:  
VANET, SDN, SDGR+R, AODV

#### ABSTRAK

*Vehicular ad-hoc Network (VANET) adalah subkelas dari Mobile ad-hoc network (MANETs). VANET adalah jaringan nirkabel yang dibuat dari konsep membangun jaringan kendaraan (node) untuk saling bertukar informasi data (komunikasi data). Terdapat teknik yang merupakan konsep baru untuk komunikasi VANET, saah satu teknik yang digunakan yakni penggunaan konsep Software Defined Network (SDN) pada VANET. Untuk berkomunikasi data antar kendaraan dibutuhkan routing protocol. Routing protocol yang umum digunakan pada VANET sejak tahun 2003 adalah AODV. Pada tahun 2014 terdapat beberapa penelitian penggunaan paradigma SDN yang dicoba pada teknologi VANET untuk meningkatkan kinerja Quality of Service (QoS) salah satunya adalah SDN berbasis Geographic yaitu yang disebut SDGR pada tahun 2016. Multicast adalah metode perutean data pada jaringan yang memungkinkan satu node atau sekelompok node untuk berkomunikasi secara efisien dengan node penerima. Konsep multicast mendukung perutean one-to-many dalam node yang mengirimkan data paket ke sekelompok node. Pengembangan routing protocol SDGR menggunakan konsep teknik multicast ke SDGR berdasarkan Arah yang disebut SDGR+R dilakukan pada tahun 2019. Penelitian ini menggunakan studi kasus simulasi transportasi kendaraan di wilayah Pelabuhan Lembar Lombok Barat. Hasil simulasi menunjukkan bahwa SDGR+R lebih baik daripada AODV dalam hal kualitas layanan (QoS) pada latency sebesar 15.58% dan packet delivery ratio (PDR) sebesar 47.78%.*

## I. PENDAHULUAN

*Vehicular ad-hoc Network* (VANET) adalah pengembangan dari jaringan nirkabel yaitu *Mobile ad-hoc network* (MANET) [1]. MANET adalah suatu jaringan non infrastruktur yang dilakukan secara langsung antar *node* tanpa memerlukan infrastruktur sebagai pusat kendali [2]. Konsep teknologi VANET adalah suatu pertukaran informasi data komunikasi antar kendaraan lebih cepat dan efisien [3].

Sistem komunikasi pada VANET dapat dilakukan antar kendaraan (*inter-vehicle*), kendaraan dengan infrastruktur diruas jalan (*vehicle to roadside*), dan infrastruktur diruas jalan dengan infrastruktur telekomunikasi yang memfasilitasi komunikasi nirkabel antara piranti komunikasi dan jaringan operator (*roadside unit to base station*) [4]. VANET memiliki karakteristik yang berbeda dengan jaringan *ad-hoc* seperti tingkat kecepatan maupun kecepatan perpindahan kendaraan, variasi jalan, dan lokasi geografis [5]. Oleh sebab itu VANET perlu *routing protocol* yang tepat pada komunikasi data antar kendaraan [6].

Ada berbagai contoh *routing protocol* pada VANET yakni AODV (*Ad-hoc On Demand Distance Vector*), *Dynamic Source Control Routing* (DSR), *Dynamic Manet on Demand* (DYMO), dan *Greedy Stateless Routing* (GPSR). Jenis *routing protocol* AODV yang paling banyak digunakan pada simulasi pada VANET [7]. Hal ini disebabkan karena AODV memungkinkan *multihop* perutean yang dinamis antar kendaraan yang bergerak dalam membentuk jaringan *ad hoc* [8].

Pada bidang jaringan nirkabel telah berkembang paradigma baru dalam mendesain, mengelola dan mengimplementasi jaringan yang disebut *Software Defined Network* (SDN) [9]. Perbedaan antara SDN dan jaringan tradisional adalah adanya pemisahan antara *control plane* dan *data plane* yang diatur secara terpusat [10]. SDN dapat berupa jenis teknologi jaringan dengan server terpusat untuk membuat jaringan lebih fleksibel seperti melakukan pengaturan pemilihan jalur pengiriman data yang disebut dengan perutean [11].

Konsep penggunaan SDN sebagai pengontrol jaringan pada VANET diusulkan oleh Ku [12] dan Zhu [13] dengan tujuan memisahkan *data-plane* dan *control-plane* pada perangkat jaringan. Penggunaan SDN pada VANET dilakukan pada metode

*GeoBroadcast* [14] dalam meningkatkan kinerja sehingga menghasilkan salah satu protokol perutean yang disebut SDGR [15]. Pada SDGR dilakukan penambahan teknik *multicast* pada jaringan yang memungkinkan kendaraan berkomunikasi lebih langsung secara efisien [16] selanjutnya dilakukan informasi arah pergerakan kendaraan dengan menggunakan teknik *multicast* yang disebut SDGR+R [17]. Hasilnya berubah sebuah rancang bangun protokol perutean terbaru yakni SDGR+R yang sudah dilakukan uji coba dengan wilayah penelitian area stasiun kota Bogor [18].

Hasil pengukuran evaluasi kinerja pada penelitian ini diharapkan menjadi salah satu referensi uji coba penggunaan protokol perutean SDGR+R. Evaluasi kinerja yang diukur adalah *Quality of Service (QoS)* [19] dari dua buah protokol perutean yakni AODV dan SDGR+R pada jaringan VANET yang hasilnya dilihat menggunakan *Network Simulator 2 (NS2)*. Nilai yang diukur adalah *latency* dan *packet delivery ratio*.

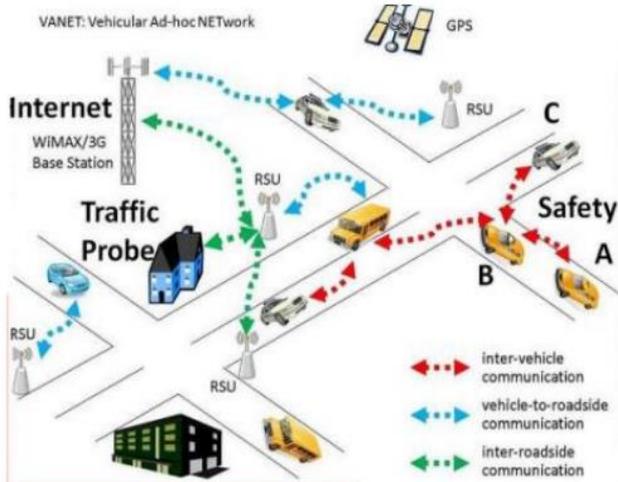
## II. METODOLOGI

### A. Vehicular ad-hoc Network (VANET)

Jaringan *ad-hoc* adalah solusi yang memadai dalam komunikasi antar kendaraan di jalan. *Ad-hoc* terdiri dari sekumpulan kendaraan (*node*) yang berkomunikasi antar *node* tanpa melibatkan *access point* [1]. Setiap *node* pada jaringan *ad-hoc* memiliki *interface wireless* tidak hanya berfungsi sebagai pengirim dan penerima informasi tetapi juga berfungsi sebagai pendukung jaringan yakni *router*. VANET akan berperan pada pengembangan teknologi *Intelligent Transportation System* [20] dalam menyediakan aplikasi seperti informasi kejadian di jalan yang akan dilalui, trafik lalu lintas, dan sisi komersial seperti iklan video. Konsep gambaran komunikasi VANET dapat dilihat pada Gbr. 1.

VANET mendorong bidang penelitian *Inter-Vehicle Communication (IVC)* dengan pesat karena kemajuan dalam komunikasi selular dan nirkabel, serta kemampuan *microprocessing* pada kendaraan saat ini. Infrastruktur permanen di jalan raya seperti *access points*, *base stations* yang banyak dapat digunakan pada IVC dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi cakupan jaringan komunikasi antar kendaraan [21]. Pada komunikasi IVC setiap kendaraan telah dilengkapi dengan on board unit seperti GPS (*Global Positioning System*),

sehingga kendaraan dapat mendeteksi sendiri pesan lalu lintas dan berkomunikasi dengan kendaraan tetangga secara *periodic* [15]. Sebagai contohnya apabila IVC memiliki informasi peta perjalanan setiap kendaraan sehingga *road side unit* memberitahukan kepada kendaraan mengenai jalur komunikasi antar kendaraan.



Gbr. 1 Arsitektur Sistem VANET [3]

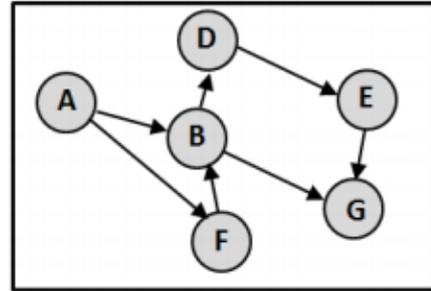
Pada komunikasi antar kendaraan digunakan teknik *forwarding packet* secara *unicast* atau *multicast* antar sumber dan tujuan [22]. Teknik *forwarding packet* secara *unicast* adalah jenis paket yang berasal dari satu titik kendaraan dan hanya memiliki tujuan pada satu titik kendaraan lainnya, sedangkan penggunaan *multicast* memungkinkan bantuan pertukaran paket data dari kendaraan lain yang menjadi penengah [19].

### B. Ad-hoc On Demand Distance Vector (AODV)

AODV adalah protokol perutean reaktif yang digunakan dalam mendukung komunikasi *unicast* atau *multicast*. Protokol AODV hanya menyimpan informasi node yang harus dituju pada lompatan berikutnya dan tidak menyimpan informasi rute yang lengkap [23]. Konsep yang digunakan pada AODV adalah menggunakan pesan *Route Request* (RREQ) dan *Route Reply* (RREP) dalam mencari rute komunikasi [3].

Terdapat beberapa tahapan [23] dalam pencarian rute pada cara komunikasi AODV. Tahap awal yakni *node* sumber menyebarkan paket *Route Request* (RREQ) ke *node* tetangganya (Gbr. 2). Tahap berikutnya adalah, apabila *node* memiliki informasi menuju *node* yang dituju, maka *node* tersebut akan mengirimkan paket RREP kembali menuju *node*

sumber melalui jalur yang diciptakan RREQ. Selanjutnya, jika terdeteksi adanya kerusakan rute komunikasi, mekanisme perbaikan rute akan mengirimkan paket *route error* (RERR) ke salah satu *node* dijalur dan *node* sumber akan kembali menyebarkan paket RREQ. Informasi masa aktif rute akan diberikan oleh *node* yang menerima RREQ. Informasi perutean antara *node* sumber ke *node* jalur akan dihapus jika waktu aktifnya telah habis.



Gbr. 2 Contoh Penyebaran Pesan RREQ [23]

### C. Penelitian SDN pada VANET

Protokol perutean berbasis SDN pada VANET adalah domain penelitian baru pada bidang jaringan *ad-hoc*. SDN terintegrasi dengan VANET dengan memisahkan control plane serta data plane yang mana SDN mampu memberikan kemampuan fleksibilitas dan kemampuan program ke dalam jaringan nirkabel [12]. Penggunaan SDN pada VANET mampu membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan informasi gabungan dari berbagai sumber daripada persepsi individu dari setiap kendaraan.

Penelitian oleh Zhu [13] mengusulkan *framework* pada SDN-based perutean untuk mengurangi *latency* dan *overhead*. Kendaraan secara berkala memperbaharui statusnya ke *routing server* pusat melalui WiMAX. Setelah kendaraan menerima informasi dari routing server, ada pertukaran data antar kendaraan melalui tautan WiFi. Ketika *link* dengan server routing terputus, terdapat metric baru dengan nama MOT (*Minimum Optimistic Time*) yang digunakan untuk menghitung rute terpendek dari *node* sumber ke tujuan.

Penelitian Liu [14] mengusulkan arsitektur SDN untuk perutean *GeoBroadcast* di VANET dengan menambah komponen manajemen RSU secara otomatis. *GeoBroadcast* dalam jaringan VANET mendukung pesan secara berkala dari *node* sumber ke *node* tujuan yang terletak di wilayah geografis

tertentu. SDN *controller* membangun jalur *routing* berdasarkan informasi topologi dan geografis RSU.

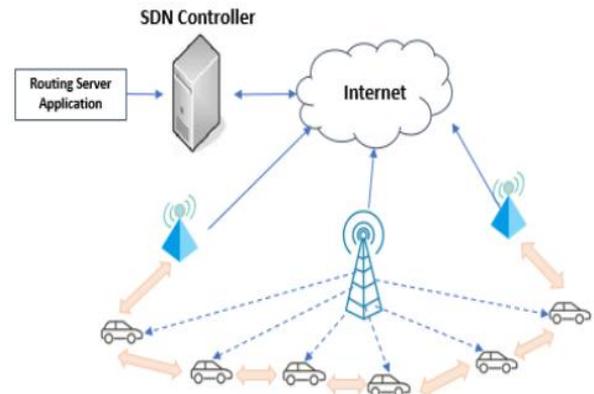
Penelitian He [24] mengusulkan protokol perutean SDVN dalam memprediksi lintasan kendaraan untuk memperbaharui status kendaraan termasuk lokasi, kecepatan, dan konektivitas dengan dua entitasnya, yakni status manager dan topology manager. Penulis tidak merinci bagaimana SDN *controller* dapat memprediksi lintasan kendaraan dan table alur untuk kendaraan.

Penelitian berikutnya Ji [15] menguji coba paradig SDN yang diterapkan teknologi VANET dalam rangka meningkatkan beberapa kinerja. Algoritma yang diusulkan adalah SDGR (SDN-Based Geographic Routing Protocol). Cara kerjanya adalah lokasi node dikirim secara berkala, termasuk lokasi *node* dalam peta digital. SDN controller menggunakan algoritma *optimal forwarding path* dan *packet forwarding selection* untuk menghitung jalur efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SDGR mendapat perfromansi lebih baik dibandingkan protokol perutean yang tidak menggunakan SDN.

Penelitian oleh Saido [25] mengusul konsep SDN-Architecture dalam penggunaan *Intelligent Vehicular Sensors Networks*. Penelitian oleh Ghafoor [26] mengusulkan penggunaan teknik AHP (*Analytic Hierarchy Process*) untuk data komunikasi antar *node*, serta Noorani [27] melakukan pengembangan lanjutan dengan SDN-Based on *Intersections and Fog Computing*. Selanjutnya Penelitian terakhir pengembangan SDN pada VANET sampai yakni penggunaan *multicast* pada SDN seperti Khadim [16] yang mengklasifikasi dan penjadwalan pengiriman paket dan Manapa [18] yang melakukan faktor penambahan arah pada *range* transmisi.

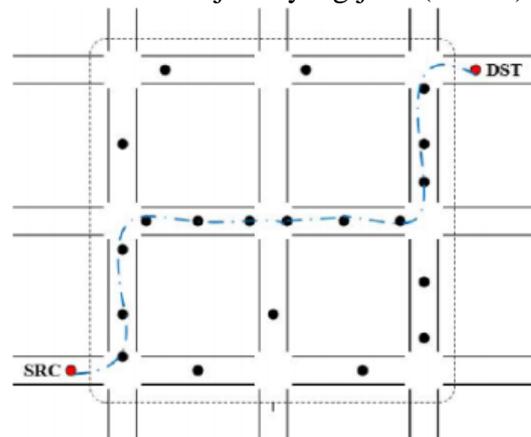
#### D. SDGR Berbasis Arah (SDGR+R)

Desain aritektur SDN-based geographic (SDGR) pada VANET dapat dilihat pada Gbr. 4 . SDGR adalah protocol perutean berbasis geografis yang diusulkan untuk VANET. Algoritma inti pada SDGR yakni *optimal forwarding path algorithm* (ofp) dan *packet forwarding algorithm* [15].



Gbr. 4 SDGR routing framework [18]

Algoritma *ofp* akan membentuk jalur penerusan paket data dari *node* sumber ke *node* tujuan dengan cara mengecek panjang jalan dan kepadatan kendaraan. Algoritma Dijkstra diterapkan untuk menemukan jalur terpendek dengan bobot minimum *optimal path*. Fungsi metric *ofp* diusulkan oleh Lin [28] dengan mempertimbangkan kepadatan kendaraan setiap jalan untuk menghindari *sparse connectivity* yang mana *node* akan sulit saling berkomunikasi karena jarak yang jauh (Gbr. 5).



Gbr. 5 Optimal forwarding path algorithm [15]

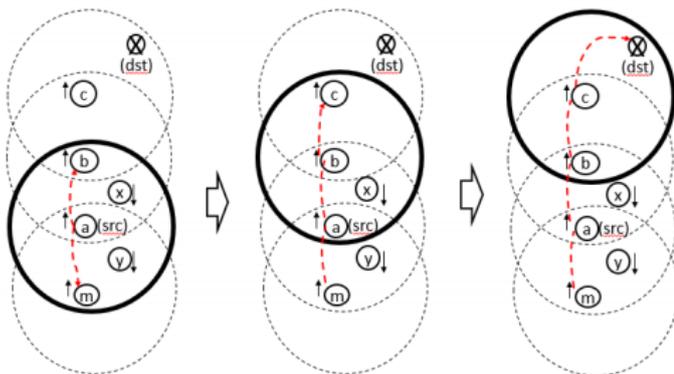
Pengembangan Protokol Perutean SDGR berbasis arah yang disebut dengan SDGR+R [29] dengan melakukan penambahan algoritma *ip\_dest* (baris ke-1 dan ke-2 pada Gbr. 6) dari SDGR [15], agar *node* melakukan penerusan *packet* terhadap *node* yang sejalur dengan catatan masih masuk dalam jarak transmisi komunikasi.

```

Input: N, State[N], Map, src, dest
// is the number of vehicles, State[N] is the immediate state of
vehicle including position, speed, and direction, src is the source vehicle,
dest is the destination vehicle
Output: NextHop
1: if ip_dest same route and ip_dest in neigh_list
2:   return NextHop ← ip_dest
3: else ip_dest exist in neigh_list
4:   return NextHop ← ip_dest
5: End if
6: if ip_cur=ip_src
7:   ofp ← Optimal Forwarding Path (ip_src, ip_dest, State [N], Map)
8:   insert ofp into packet
9: else
10:  get ofp from packet
11: end if
12: return NextHop ← Packet Forwarding (ofp, neigh_list)
    
```

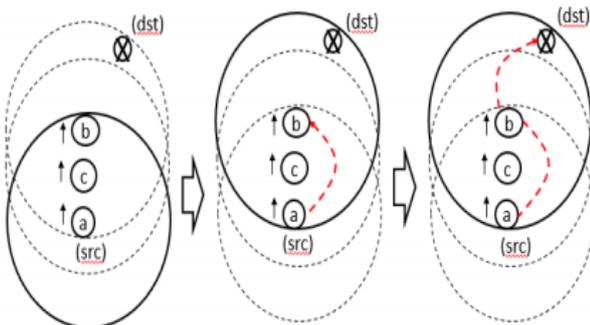
Gbr. 6 Pseudocode Algoritma SDGR+R [29]

Pada SDGR+R dilakukan penambahan dengan konsep multicast, dengan tujuan agar *node* melakukan penerusan paket terhadap *node* yang searah. *Node* tersebut mencari jarak terdekat dari *node* a ke *node* x yang dapat dilalui dalam pengiriman paket data, sehingga akan terbentuk topologi komunikasi dari *node* a – *node* b – *node* c – *node* x seperti pada Gbr. 7.



Gbr. 7 Prinsip pengiriman paket antar *node* [18]

Pada SDGR+R juga ditunjukkan apabila terdapat *node* c dan *node* b dalam jangkauan *range* transmisi *node* a, dan jarak terdekat *node* a adalah *node* c, dan diketahui bahwa *node* b ini dekat dengan *node* x sebagai *node* tujuan, maka *node* a langsung berkomunikasi dengan *node* b (Gbr. 8).

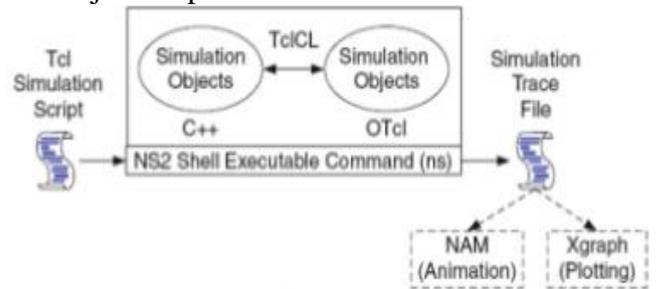


Gbr. 8 Prinsip penerusan paket antar *node* [18]

### E. Network Simulator-2 (NS2)

NS2 adalah sebuah *tools simulator* yang didesain pada penelitian dalam bidang jaringan komunikasi komputer [30]. NS bersifat *open-souce* dengan GPL (*GNU Public License*) sehingga pengembangan NS lebih dinamis.

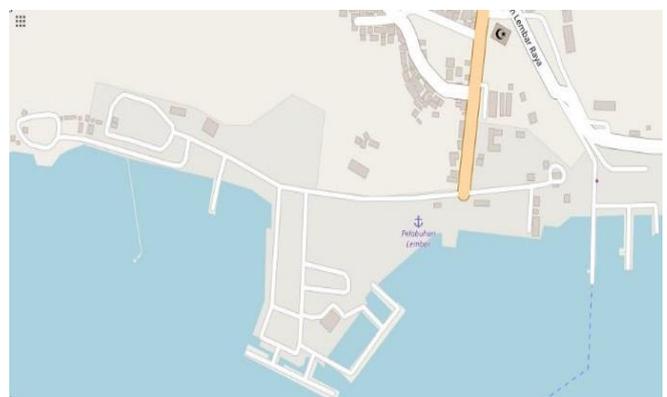
Terdapat 2 buah bahasa pemrograman yang digunakan pada NS2. Pertama bahasa pemrograman C++ sebagai *library* yang berisi *event scheduler*, protokol, dan *network component* yang diimplementasikan pada simulasi oleh user. Kedua adalah bahasa Tcl/Otcl yang digunakan pada script simulasi yang ditulis oleh NS user. Arsitektur dasar NS ditunjukkan pada Gbr. 9.



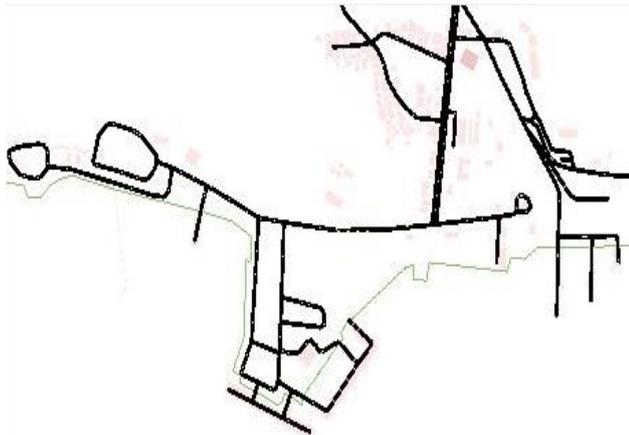
Gbr. 9 Arsitektur Dasar Network Simulator [30]

### F. Simulation of Urban Mobility (SUMO)

Pada evaluasi kinerja, *tools* data penelitian berupa peta yang digunakan dalam simulasi VANET adalah *Simulation of Urban Mobility* (SUMO). Data pada penelitian ini berupa peta pelabuhan Lamber Lombok. Penggunaannya diambil dari *OpenStreetMap* (OSM) yang ditunjukkan pada Gbr. 10. Penggunaan SUMO untuk melakukan pemanggilan mobility generator yang digunakan pada simulasi VANET di NS2 (Gbr. 11). Tujuan pemilihan ujicoba pada peta pelabuhan adalah salah satu cara pemilihan protokol perutean yang tepat cocok diterapkan pada transportasi Pelabuhan [31].



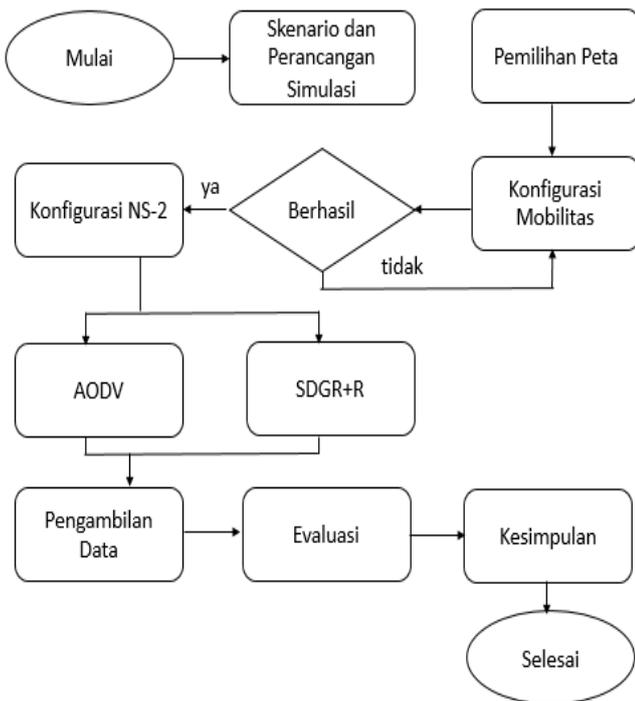
Gbr. 10 Peta Pelabuhan Lembar Lombok



Gbr. 11 Peta Digital Lembar Lombok dalam Sumo

G. Perancangan Simulasi

Simulasi VANET dengan membandingkan dua buah routing protokol yakni AODV dan SDGR+R dengan langkah seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 12.



Gbr. 12 Flowchart pengerjaan penelitian

Pada simulasi VANET, tiap node dianggap adalah sebuah kendaraan. Kendaraan tersebut sesuai dengan kondisi lalu lintas pada peta. Protokol perutean yang digunakan pada AODV dan SDGR+R yakni Simulator NS-2.34. Pengambilan data yang diambil adalah *latency* dan *Packet Delivery Ratio (PDR)*.

H. Parameter dan Skenario Simulasi

Simulasi menggunakan NS2 dilakukan terhadap protokol perutean AODV dan SDGR+R. Area simulasi berada pada ukuran 1500m x 1500. Kendaraan bergerak bersifat dinamis sehingga protokol selama proses pengiriman data pada VANET yang digunakan adalah UDP. Jarak transmisi yang digunakan adalah 200m. Parameter simulasi ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I  
PARAMETER SIMULASI

Parameter	Ukuran
Area Simulasi	1500 x 1500 (m)
MAC Type	IEEE 802.11p
Lingkungan Simulasi	Urban – Port
Pergerakan Node	Random
Kecepatan Node	Random
Jumlah Node	50, 100, 150, 200
Data Packet Size	512 byte
Jarak Komunikasi Transmisi	200m
Interval	0.5
Packet Sending Rate	512 kbps
Traffic Model	CBR, UDP
Waktu Simulasi	150 detik
Mobility Model	SUMO Trace

I. Pengukuran Evaluasi

Penelitian ini melakukan pengukuran kinerja yakni *latency* dan *PDR (Packet Delivery Ratio)*. *Latency* adalah waktu yang dibutuhkan dari *node* sumber menuju *node* tujuan. Semakin tinggi jeda waktu *latency* tersebut maka akan semakin tinggi resiko kegagalan akses. *PDR* adalah untuk mengukur kemampuan dari jumlah paket yang berhasil dikirimkan oleh *node* asal dan yang diterima *node* tujuan.

Parameter kinerja nilai *latency* dinyatakan dalam persamaan (1) dan nilai *PDR* dinyatakan dalam persamaan (2) sebagai berikut:

$$Latency = \frac{\sum_{i=0}^n t_{diterima} [i] - t_{terkirim} [i]}{pkt} \quad (1)$$

di mana :

*i* adalah indeks paket

*t<sub>diterima</sub>* adalah waktus sampainya paket.

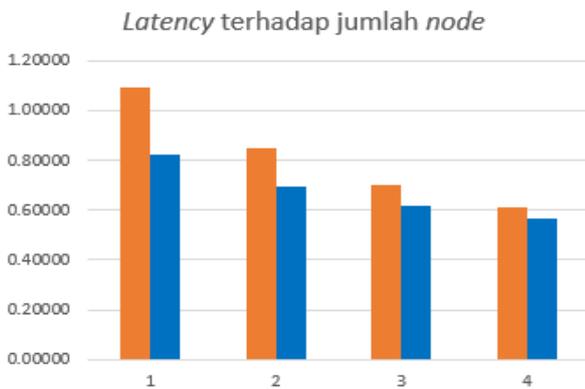
*t<sub>terkirim</sub>* adalah waktu dikirimkan paket.

*pkt* jumlah total paket yang sampai tujuan.

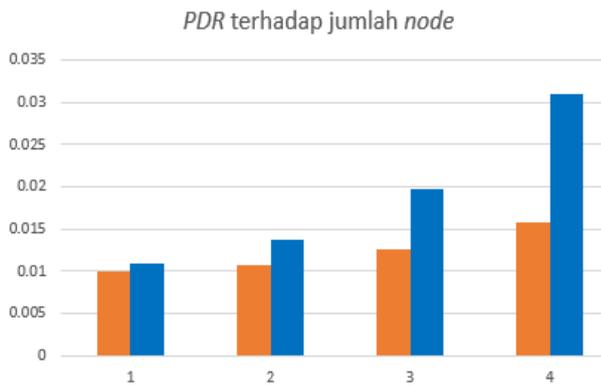
$$PDR = \frac{\text{Data}_{diterima}}{\text{Data}_{terkirim}} \quad (2)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan dengan menggunakan 4 buah kelompok data uji dengan jumlah nodes masing-masing berjumlah 50, 100, 150, 200. Setiap data uji dilakukan ujicoba selama 10 kali, setelah itu diambil nilai rata-rata nya. Grafik hasil simulasi pada PDR ditunjukkan pada Gbr. 13 dan Grafik hasil simulasi pada *latency* ditunjukkan pada Gbr. 14.



Gbr. 13 Grafik kinerja *latency* terhadap jumlah *node*



Gbr. 14 Grafik kinerja PDR

Berdasarkan grafik perbandingan diatas, secara keseluruhan hasil simulasi didapatkan bahwa protokol perutean SDGR+R memiliki nilai PDR dan *latency* lebih baik dibandingkan AODV.

TABEL II  
KUMULATIF SELISIH LATENCY DAN PDR

Nodes	Latency		PDR	
	Selisih	%	Selisih	%
50	0.26661	24.38%	0.000962	9.59%
100	0.15617	18.36%	0.002933	27.26%
150	0.08494	12.05%	0.007276	58.07%
150	0.04619	7.51%	0.015225	96.18%

Pada jumlah node 50, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 9.59% dari AODV sedangkan nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 24.38% dari AODV. Pada jumlah node 100, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 27.26% dari AODV sedangkan nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 18.36% dari AODV. Pada jumlah node 150, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 58.07% dari AODV sedangkan nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 12.05% dari AODV. Pada jumlah node 200, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 96.18% dari AODV sedangkan nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 7.51% dari AODV. Nilai rata-rata secara keseluruhan SDGR+R memiliki kinerja *latency* lebih baik 15.58% dan kinerja PDR lebih baik 47.78%.

Pada Tabel II terlihat apabila jumlah nodes semakin banyak maka selisih perbandingan kinerja *latency* nya semakin kecil, berbeda apabila jumlah nodes semakin banyak maka selisih perbandingan kinerja PDR nya semakin besar.

### IV. PENUTUP

Penelitian ini mencoba penggunaan protokol perutean terbaru pada SDN yakni SDGR+R [18] yang dibandingkan dengan AODV. Pada ujicoba skenario dengan studi kasus pelabuhan Lembar Lombok didapatkan bahwa Protokol perutean SDGR+R lebih baik dari protokol perutean AODV dalam hal *latency* sebesar 15.58% dan *packet delivery ratio* sebesar 47.78%

Kedepannya diperlukan berbagai ujicoba skenario untuk dilakukan uji statistik kemampuan SDGR+R terhadap berbagai protokol perutean VANET lainnya. Selain itu SDGR+R perlu dilakukan ujicoba kehandalannya terlebih dahulu sebelum diterapkan pada konsep VANET.

## REFERENSI

- [1] S. Zeadally, R. Hunt, Y. S. Chen, A. Irwin dan A. Hassan, "Vehicular ad hoc networks (VANETS): status, results, and challenges," *Telecommunication Systems*, vol. 50, no. 4, pp. 217-241, 2012.
- [2] A. Hinds, M. Ngulube, S. Zhu dan H. Al-Aqrabi, "A Review of Routing Protocols for Mobile," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 1-5, 2013.
- [3] P. D. Pradana, R. M. Negara dan F. Dewanta, "Evaluasi Performansi Protokol Routing DSR dan AODV Pada Simulasi Jaringan Vehicular AD-HOC Network (VANET) Untuk Keselamatan Transportasi Dengan Studi Kasus Mobil Perkotaan," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 1996-2004, 2017.
- [4] J. Luo, X. Gu, T. Zhao dan W. Yan, "A Mobile Infrastructure Based VANET Routing Protocol in the Urban Environment," dalam *2010 International Conference on Communications and Mobile Computing*, Shenzhen, China, 2010.
- [5] K. Indrayana, Studi Kinerja AODV-PNT dengan Weight Factor Dinamis pada Lingkungan VANET, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [6] E. S. Manapa, E. A. M. Sampetoding dan G. Lewakabessy, "POTENSI PENGGUNAAN MOBILE AD-HOC NETWORK (MANET) SEBAGAI ALAT KOMUNIKASI DATA PADA TRANSPORTASI DI INDONESIA," *DynamicSaint*, vol. 4, no. 2, pp. 865-868, 2019.
- [7] I. Wahid, A. A. Ikram, M. Ahmad, S. Ali dan A. Ali, "State of the Art Routing Protocols in VANETS: A Review," *Procedia Computer Science*, vol. 130, pp. 689-694, 2018.
- [8] G. Arifiyan, S. Djanali dan R. Anggoro, "AODV-PNT Performance Study with Added Factor Number of Neighbor Nodes on VANET," dalam *The 3rd International Seminar on Science and Technology*, Surabaya, Indonesia, 2017.
- [9] S. Constanzo, L. Galluccio, G. Morabito dan S. Palazzo, "Software Defined Wireless Networks: Unbridling SDNs," dalam *2012 European Workshop on Software Defined Networking*, Darmstadt, Germany, 2012.
- [10] D. Gopi, S. Cheng dan R. Huck, "Comparative analysis of SDN and conventional networks using routing protocols," dalam *2017 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)*, Dalian, China, 2017.
- [11] D. Kiswanto, S. Wahjuni dan S. N. Neyman, Uji Performansi Algoritma Dijkstra Dengan Beban Dinamis Untuk Routing pada Software Defined Network, Bogor: IPB Repository, 2019.
- [12] I. Ku, Y. Lu, M. Gerla, R. L. Gomes, F. Ongaro dan E. Cerqueira, "Towards software-defined VANET: Architecture and services," dalam *2014 13th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (MED-HOC-NET)*, Piran, Slovenia, 2014.
- [13] M. Zhu, J. Cao, D. Pang, Z. He dan M. Xu, "SDN-Based Routing for Efficient Message Propagation in VANET," dalam *Springer International*, Qufu, China, 2015.
- [14] Y. C. Liu, C. Chen dan S. Chakraborty, "A Software Defined Network architecture for GeoBroadcast in VANETs," dalam *2015 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, London, UK, 2015.
- [15] X. Ji, H. Q. Yu, G. S. Fan dan W. H. Fu, "SDGR: An SDN-Based Geographic Routing Protocol for VANET," dalam *2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, Chengdu, China, 2016.
- [16] A. J. Khadim dan S. A. H. Seno, "Energy-efficient multicast routing protocol based on SDN and fog computing for vehicular networks," *Ad Hoc Networks*, vol. 84, pp. 68-81, 2019.
- [17] E. A. Manapa, S. Wahjuni, S. N. Neyman dan E. S. Manapa, "Using Multicast Technique to SDGR+R Routing Protocol for Vehicular Ad-Hoc Network," dalam *The 15th IMT-GT International Conference on Mathematics, Statistics, and Their Applications (ICMSA 2019)*, Bogor, Indonesia, 2019.
- [18] E. A. Manapa, S. Wahjuni dan S. N. Neyman, "Rancang Bangun Protokol Perutean SDGR+R pada Vehicular AD-HOC Network Berbasis Arah," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, 2020.
- [19] S. Xu, P. Guo, B. Xu dan H. Zhou, "QoS evaluation of VANET routing protocols," *Journal of Networks*, vol. 8, no. 1, pp. 132-139, 2013.
- [20] Y. Yang dan R. Bagrodia, "Evaluation of VANET-based advanced intelligent transportation systems," dalam *VANET '09: Proceedings of the sixth ACM international workshop on VehiculAr InterNETworking*, Beijing, China, 2009.
- [21] F. Li dan Y. Wang, "Routing in vehicular ad hoc networks: A survey," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 2, no. 2, pp. 12-22, 2007.
- [22] J. Kakarla, S. S. Sathya, B. G. Laxmi dan R. Babu, "A Survey on Routing Protocols and its Issues in VANET," *International Journal of Computer Applications*, vol. 28, no. 4, pp. 38-44, 2011.
- [23] R. N. Aziza, P. C. Siswipraptini dan R. Cahyaningtyas, "Protokol Routing pada VANET: Taksonomi dan Analisis Perbandingan," *JURNAL ILMIAH FIFO*, vol. 9, no. 2, pp. 98-109, 2017.
- [24] Z. He, J. Cao dan X. Liu, "SDVN: enabling rapid network innovation for heterogeneous vehicular communication," *IEEE Network*, vol. 30, no. 4, pp. 10-15, 2016.
- [25] O. Saido, I. Ngom dan C. Lishou, "SDN Architecture for Intelligent Vehicular Sensors Networks," dalam *2018 UKSim-AMSS 20th International Conference on*

- Computer Modelling and Simulation (UKSim)*, Cambridge, UK, 2018.
- [26] H. Ghafoor dan I. Koo, "CR-SDVN: A Cognitive Routing Protocol for Software-Defined Vehicular Networks," *IEEE Sensors Journal*, vol. 18, no. 4, pp. 1761-1772, 2018.
- [27] N. Noorani dan S. A. H. Seno, "Routing in VANETs Based on Intersection Using SDN and Fog Computing," dalam *2018 8th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE)*, Mashhad, Iran, 2018.
- [28] Y. Lin, W. Huang dan Y. Tang, "Map-based multi-path routing protocol in VANETs," dalam *2015 IEEE 9th International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID)*, Xiamen, China, 2015.
- [29] E. A. M. Sampetoding, S. Wahjuni dan S. N. Neyman, *Pengembangan Protokol Perutean SDN-Based Geographic Pada VANET Berbasis Arah Kendaraan (SDGR+R)*, Bogor: IPB University, 2020.
- [30] A. Bolang, "Network Simulator NS2 Handbook," 16 December 2013. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/ArdiBolang/network-simulator-ns2handbook>.
- [31] S. Jaurianty, M. Y. Jinca dan E. S. Manapa, "Stakeholder Knowledge of Sustainable Road Implementation In Buru Regency," *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, vol. 15, no. 2, pp. 38-42, 2018.
- [32] S. Singh dan S. Agrawal, "VANET routing protocols: Issues and challenges," dalam *2014 Recent Advances in Engineering and Computational Sciences (RAECS)*, Chandigarh, India, 2014.