

RANCANG BANGUN PROTOKOL PERUTEAN SDGR+R PADA VEHICULAR AD-HOC NETWORK BERBASIS ARAH

Eliyah Acantha Manapa^{*1}, Sri Wahjuni², Shelvie Nidya Neyman³

^{1,2,3}Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Email: ¹acantha_19@apps.ipb.ac.id, ²my_juni04@apps.ipb.ac.id, ³shelvie@apps.ipb.ac.id

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 21 Desember 2019, diterima untuk diterbitkan: 26 November 2020)

Abstrak

Vehicle Ad-Hoc Network (VANET) merupakan pengembangan jaringan *wireless* yang melakukan komunikasi secara *Inter Vehicle Communication (IVC)*. VANET memiliki mobilitas yang tinggi untuk setiap *node* nya sehingga jaringan komunikasi jenis ini adalah jaringan yang bersifat sementara dikarenakan *node* bergerak di lintasan dengan arah dan kecepatan yang dinamis. Dengan demikian, pengiriman paket data dari *node* sumber ke *node* tujuan menggunakan VANET memerlukan beberapa teknik komunikasi. Teknik terbaru komunikasi VANET saat ini adalah menggunakan SDN (*Software Defined Network*) yang berbasis *geographic* (SDGR) sebagai *control plane* dalam mengontrol komunikasi *ad-hoc* antar *node*. Dalam membentuk topologi jaringan komunikasi, SDGR mencari nilai jalur terpendek antar *node* dan kepadatan *node* yang tinggi. Tujuan utama penelitian ini melakukan analisis konsep protokol perutean (*routing protocol*) SDGR dan dilakukan pengembangannya dengan mempertimbangkan arah rute (SDGR+R). Pada SDGR+R, penambahan basis arah rute menggunakan *multicast*. Selanjutnya, dilakukan perbandingan kinerja antara SDGR dan SDGR+R. Hasil simulasi menunjukkan SDGR+R memiliki kinerja lebih baik daripada SDGR dalam hal *latency* sebesar 1.88% dan *packet delivery ratio (PDR)* sebesar 8.12%. Perancangan protokol perutean SDGR+R menambah ide pengembangan teknologi pada VANET untuk masa mendatang.

Kata kunci: *vanet, software defined network, protocol routing, multicast, latency, packet delivery ratio*

SDGR+R: A ROUTING PROTOCOL FOR VEHICULAR AD HOC NETWORK BASED ON DIRECTION

Abstract

Vehicle Ad-Hoc Network (VANET) is a wireless network developed for communication on *Inter-Vehicle Communication (IVC)*. Each *node* in a VANET has high mobility so that this type of communication network is a temporary network because the *node* moves on the track with dynamic direction and speed. Thus, sending data packets from source *node* to destination *node* using VANET requires some communication techniques. The latest technology for VANET communication is to use SDN-based geographic-based SDN (SDGR) as a control plane in controlling *Ad-hoc* communication between *nodes*. In forming the communication network topology, SDGR looks for the shortest path value between *nodes* and high *node* density. The main objective of this research is to analyze the concept of SDGR routing protocol and to develop it, considering the direction of the route (SDGR+R). In SDGR + R, the addition of route base directions uses *multicast*. Next, we compare the performance between SDGR and SDGR+R. Simulation results show SDGR+R has better performance than SDGR in terms of *latency* of 1.88% and *packet delivery ratio* of 8.12%. The design of the SDGR+R routing protocol gives to the idea of technology development on VANET in the future.

Keywords: *vanet, software defined network, routing protocols, multicast, latency, packet delivery ratio*

1. PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel dibedakan menjadi dua yaitu jaringan nirkabel dengan infrastruktur dan jaringan nirkabel tanpa infrastruktur. Jaringan nirkabel dengan infrastruktur adalah jaringan yang menggunakan *access point* sebagai pusat kendali (*central*

controller), sedangkan jaringan nirkabel tanpa infrastruktur adalah jaringan yang tidak memerlukan *access point* untuk dapat saling berkomunikasi antara satu perangkat dengan perangkat lainnya (Zeadally, et al., 2012). Komunikasi pada jaringan non infrastruktur dilakukan secara langsung antara satu simpul (*node*) dengan simpul lainnya melalui suatu

sistem yang disebut jaringan *ad hoc*. Jaringan *ad hoc* yang memiliki simpul bergerak dengan posisi yang berubah secara dinamis dikenal dengan istilah MANET (*Mobile Ad Hoc Network*) (Dewi, et al., 2016).

Pada pengembangan selanjutnya, MANET untuk *node* yang memiliki pergerakan cepat pada lintasan jalan yang dilalui disebut VANET (*Verhicular Ad Hoc Network*) (Dewi, et al., 2016). VANET memungkinkan komunikasi antar kendaraan tanpa infrastruktur pada suatu lingkup area dalam jarak 100 – 500 meter. Terdapat tiga jenis model komunikasi di dalam sistem VANET, yakni (1) *inter-vehicle* yaitu komunikasi antar *vehicle*, (2) *vehicle to roadside* yaitu komunikasi *vehicle* dengan *roadside unit*, (3) *inter-roadside* yaitu komunikasi antara *roadside* dengan *base station* (Pradana, et al., 2017).

VANET memiliki *routing protocol* untuk saling berkomunikasi mempertukarkan data satu sama lain. *Routing protocol* yang umum digunakan yakni AODV (*Ad Hoc On Demand Vector*) dan GSPR (*Greedy Primeter Stateless Routing*) (Ji, et al., 2016). Selain kedua *routing protocol* tersebut, saat ini telah berkembang paradigma baru dalam mengontrol jaringan yang memisahkan antara *data-plane* dan *control-plane* pada perangkat jaringan yang disebut SDN (*Software Defined Network*) (Ku, et al., 2014). Penerapan SDN pada VANET diusulkan pertama kali oleh Zhu et al. (2015).

Liu et al. (2015) mengusulkan arsitektur SDN untuk perutean *GeoBroadcast* di VANET dengan menambahkan komponen manajemen RSU secara otomatis. *GeoBroadcast* dalam jaringan VANET mendukung pesan secara berkala dari *node* sumber ke *node* destinasi yang terletak di wilayah geografis tertentu. Konsep SDN terhadap VANET adalah untuk mengetahui lokasi *node* kendaraan, kepadatan kendaraan dan peta digital secara umum (He, et al., 2016). SDN berfungsi sebagai pengontrol pusat dalam mengumpulkan informasi *node* yang terkoneksi dengan jaringan *switch* atau RSU (*Road side unit*), dan menghitung jalur *routing* optimal untuk *node* berdasarkan informasi yang diperoleh dari RSU (Zhu, et al., 2015).

Paradigma SDN ini dicoba pada teknologi VANET dengan *GeoBroadcast* guna meningkatkan beberapa kinerja (Liu, et al., 2015). Penelitian berikutnya mengusulkan SDGR (*SDN-based Geographic Routing Protocol*) dan dibandingkan dengan AODV dan GSPR (Ji, et al., 2016). Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode SDGR mendapatkan kinerja lebih baik dibandingkan AODV dan GSPR dalam *packet delivery ratio* (PDR) dan *latency*. Adaptasi metode SDN sebagai pusat kontrol pada VANET dalam SDGR dapat menampilkan keadaan di jalan secara menyeluruh seperti mekanisme deteksi kepadatan *node* yang memainkan peran penting dalam keseimbangan beban untuk

node, serta mengurangi *packet loss ratio* dan *delay* transmisi lebih efektif.

Selama ini belum ada penelitian yang melibatkan arah pergerakan *node* dalam mempertimbangkan rute pada penggunaan SDGR pada VANET, sehingga topik penelitian ini adalah pengembangan *routing protocol* SDGR dengan berbasis pergerakan *node* dan arah rute (SDGR+R). Hasil penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kinerja pada VANET khususnya implementasi pada penentuan rute untuk *packet* yang akan dikirim ke sebuah *node*.

Berkenaan hal tersebut digunakan ide *Local computation based on intersection* (Noorani & Seno, 2018) untuk mendukung perhitungan transmisi *range* komunikasi dari antar setiap *node*. Sementara untuk mengetahui *range* (jarak) antar *node* konsep yang digunakan adalah *source within communications range* (Ghafoor & Koo, 2018). Kedua konsep tersebut adalah menggunakan teknik *multicast*. *Multicast* adalah teknik komunikasi *one-to-many* yang artinya sebuah data dikirimkan oleh *node* ke beberapa *node* dalam grup tertentu. Penentuan grup *multicast* yang digunakan pada penelitian ini adalah arah rute sebuah *node*. Berdasarkan hal tersebut, maka secara otomatis komunikasi pengiriman paket antar *node* mempertimbangkan arah rute sebuah *node* yang masih dalam area *node* tersebut.

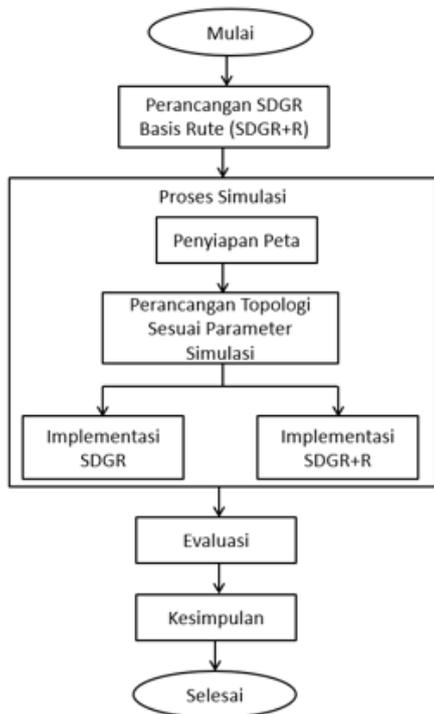
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu, analisis algoritma SDGR, perancangan algoritma SDGR berbasis Rute (SDGR+R), perancangan proses simulasi, konfigurasi mobilitas, konfigurasi NS, pengambilan data, membandingkan parameter terkait, dan evaluasi. Tahapan alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

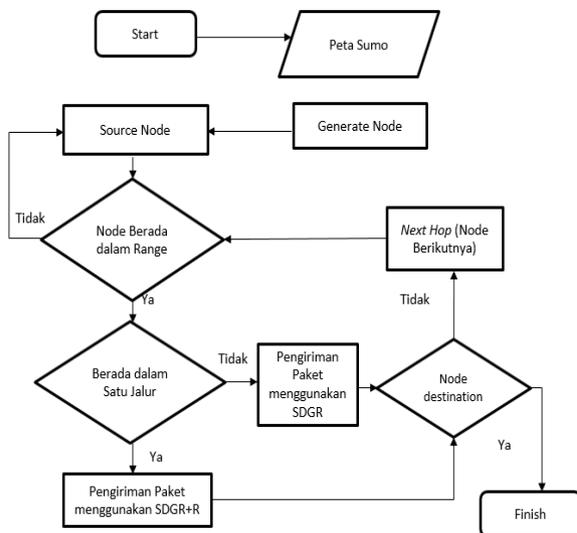
2.1. Konsep SDGR Basis Rute (SDGR+R)

Pada SDGR+R, *node* untuk membentuk jalur pengiriman dan penerusan paket data dari *node* sumber ke *node* tujuan yang diutamakan adalah memiliki jalur rute yang sama. Setiap kendaraan (*node*) diberitahu tentang situasi tetangganya, selanjutnya paket data ditransmisikan melalui komunikasi V2V ke *node* yang memiliki rute yang searah. Pada Gambar 1 rancangan penelitian menggunakan dua buah konsep dasar dalam tahap proses simulasi. Dari data evaluasi yang diperoleh, bila terdapat perbedaan akan dilanjutkan dengan evaluasi dan penarikan kesimpulan.

SDGR+R dilakukan penambahan algoritma *ip_dest sameroute* dengan konsep *multicast*, dengan tujuan agar *node* melakukan penerusan paket terhadap *node* yang sejajar. Sebagai contoh apabila *node* a masuk dalam *range node* b, maka *node* a masuk dalam tabel *connectivitylist node* b sehingga dapat saling berhubungan.



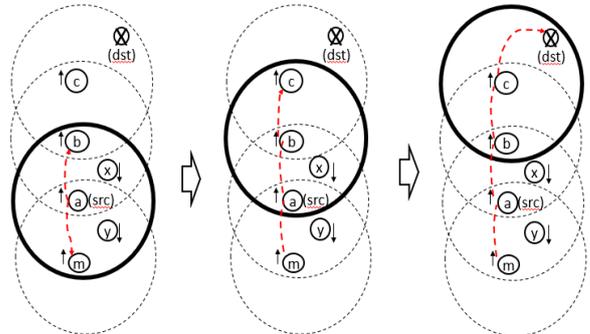
Gambar 1. Tahapan penelitian



Gambar 2. Flow chart SDGR+R

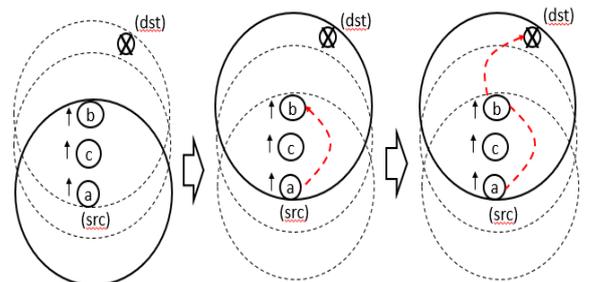
Algoritma arah rute di SDGR+R menggunakan informasi titik kemunculan *node* dan range *connectivity node* menggunakan tinjauan global yang disediakan oleh SDN, selanjutnya dapat mempertimbangkan rute *node* dengan kepadatan kendaraan tinggi. *Multicast* adalah metode perutean data pada jaringan yang memungkinkan *node* tunggal atau sekelompok *node* untuk berkomunikasi secara efisien dengan *node receiver* (Kadhim & Seno, 2019). *Multicast* mendukung *one-to-many routing* dalam satu perangkat (*node*) mengirimkan data ke sekelompok *node*. Selain itu, *multicast* juga mendukung *routing many-to-many*. Sebagai contohnya, apabila *node a* (*source*) ingin mengirim

data ke *node x* (*destination*). *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 Gambar 3.



Gambar 3. Prinsip pengiriman paket antar *node* pada SDGR+R

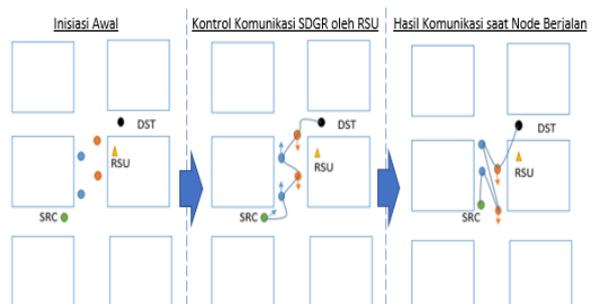
Pada Gambar 4 ditunjukkan jika terdapat *node c* dan *node b* dalam jangkauan *range* transmisi *node a*, dan jarak terdekat *node a* adalah *node c*, dan diketahui bahwa *node b* ini dekat dengan *node x* sebagai *destination*, maka *node a* langsung berkomunikasi dengan *node b* tanpa perlu melalui *node c*.



Gambar 4. Prinsip penerusan paket antar *node* pada SDGR+R

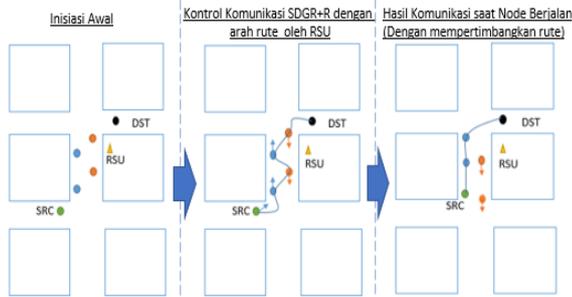
2.2. Topologi SDGR dan SDGR+R

Konsep *ofp* pada SDGR adalah menghitung jumlah kendaraan yakni *nodes* secara langsung termasuk posisinya, kecepatannya dan arahnya, *src* adalah kendaraan sumber, *dst* adalah kendaraan tujuan. *Node* sumber (*src*) berkomunikasi dengan *node* tujuan (*dst*) dapat dilihat pada Gambar 5. Kelemahan dari SDGR adalah jika terjadi *delay* dan perubahan topologi, hasil *ofp* pada *tabel routing* terlambat untuk diperbaharui.



Gambar 5. Konsep dasar SDGR

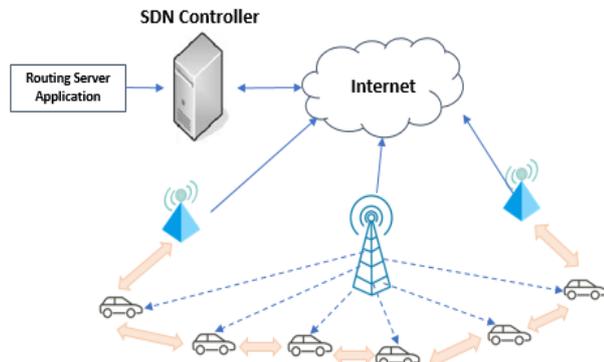
Pada konsep SDGR+R dilakukan penambahan atribut berupa arah rute pada *node* untuk menentukan *next-hop*. Jadi pembentukan jalur antar *node* dilakukan dengan mempertimbangkan rute yang searah dan *node* tersebut berada dalam jangkauan transmisi. Dengan demikian, diharapkan komunikasi antara *node src* dengan *node dest* akan lebih efektif tanpa harus berganti topologi (Gambar 6).



Gambar 6. Konsep SDGR+R

3. SDN-BASED GEOGRAPHIC ROUTING

SDN *controller* terkoneksi dengan internet untuk mengatur VANET, dalam berbagai hal yakni *routing*, *access control* dan *flow control* (Zhu, et al., 2015). Pemanfaatan SDN oleh kendaraan menggunakan *road side units* (RSU) dan *base station* untuk mengirim pesan kontrol dan menggunakan komunikasi *vehicle-to-vehicle* (V2V) dalam meneruskan data (Ji, et al., 2016). Desain arsitektur *SDN-based geographic* (SDGR) pada VANET dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. SDGR routing framework

SDGR adalah *routing protocol* berbasis geografis yang diusulkan untuk VANET dengan mengetahui lokasi *node* dan kepadatan kendaraan pada peta digital. Algoritma inti pada SDGR yakni *optimal forwarding path algorithm* (*ofp*) dan *packet forwarding algorithm*.

Pada SDGR, setiap *client* memperbaharui informasi secara berkala dari lokasi dan kecepatan kendaraan saat ini dengan mengirimkan pesan status terbaru ke server *routing* (SDN). Informasi lokasi dan kecepatan dikumpulkan oleh perangkat GPS kendaraan dan sensor kecepatan kendaraan. Setelah menerima status pesan terbaru, SDN akan

memperbaharui status jaringan pada kendaraan tersebut. Berikut ini adalah pseudo code dari SDGR (Ji, et al., 2016).

```

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

Ketika sebuah *node* sumber memiliki paket untuk dikirim, pertama-tama *routing* akan memeriksa apakah *node* tujuannya ada dalam *table routing* atau tidak. Jika ada, klien *routing* akan mengirimkan paket ke tujuan secara langsung. Setelah menerima pesan permintaan, SDN akan memanggil algoritma *ofp* untuk menghitung jalur pengiriman paket dari *node* sumber ke *node* tujuan. Hal ini dilakukan untuk memilih *next-hop* berikutnya yang ideal sampai paket mencapai tujuan.

Gagasan utama dari *optimal forwarding path* (*ofp*) adalah menemukan urutan persimpangan dari *node* sumber ke *node* tujuan dengan panjang jalan yang lebih pendek dan kepadatan yang lebih tinggi. 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* (Lin, et al., 2015).

Struktur VANET dapat dianggap sebagai *graph undirected* $D = (V, E)$, dimana V adalah satu set persimpangan dan E adalah seperangkat jalan raya. Fungsi metrik *ofp* menggabungkan kendaraan dan panjang jalan diusulkan oleh Lin et al. (2015). Nilai bobot setiap jalur (w_{r_i}) didefinisikan pada Persamaan(1;2).

$$w_{r_i} = \beta * f(L_{r_i}) + \frac{\gamma}{g(T_{r_i})} \tag{1}$$

T_{r_i} adalah kepadatan kendaraan

L_{r_i} adalah panjang jalan yang menghubungkan dua persimpangan.

Nilai β dan γ adalah faktor konstan.

$$W_k = \sum w_{r_i}, (k = 1, 2, \dots, m) \tag{2}$$

W_k adalah jumlah total nilai bobot setiap jalur

m adalah angka dari semua potensi jalur penerusan paket dari *node* sumber ke *node* tujuan

Jika hasil nilai bobot setiap jalur tidak unik, selanjutnya menggunakan hitungan derivasi setiap

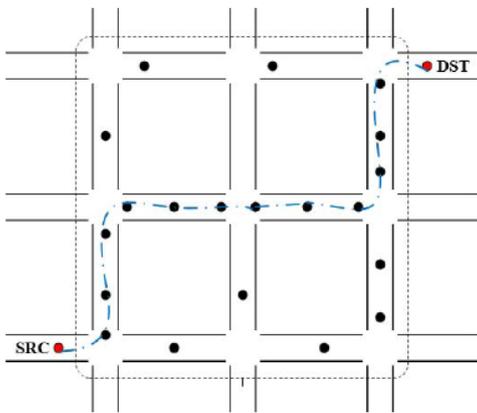
jalur lalu memilih jalur terendah sebagai jalur *optimal forwarding path* dengan Persamaan (3; 4).

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (T_{p_i} - \mu_k)^2} \quad (3)$$

$$\mu_k = \frac{1}{N} \sum T_{p_i} \quad (4)$$

N adalah jumlah jalan raya yang terdapat pada jalur penerusan paket.

Penentuan jalur penerusan (*ofp*) dengan memilih nilai W_k yang minimum dan σ_k yang kecil. Algoritma *ofp* juga mempertimbangkan kepadatan kendaraan di setiap jalan untuk menghindari *sparse connectivity* dimana *node* akan sulit saling berkomunikasi karena jarak yang jauh antar node karena lebih sedikit jumlahnya. Sebagai contohnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Optimal forwarding path* (Ji, et al., 2016)

Setelah *node* sumber mengetahui jalur untuk mengirim paket ke *node*, langkah selanjutnya adalah algoritma *packet forwarding* untuk *next-hop* berikutnya dalam proses pengiriman paket. *Nodes* (Kendaraan) memperoleh informasi mobilitas satu sama lain dengan mengirim paket ‘hello’ untuk *handshaking*. Terdapat dua bagian *packet forward* yakni *forthright mode* dan *junction mode*. Pada *forthright mode*, *client routing* memilih paket *next-hop* untuk meneruskan paket dengan informasi sesuai nilai jalur *ofp* yang didapatkan. Jika nilai *ofp* sama, maka *junction mode* diterapkan pada mekanisme deteksi kemacetan dalam memilih *node* yang tepat dalam melakukan *broadcast* jaringannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

Data dalam penelitian ini berupa peta angkutan umum kota Bogor di sekitar Stasiun Kereta Api Bogor yang diambil dari *OpenStreetMap* (OSM) (Gambar 9). Peta rute yang didapat dari OSM dijadikan peta digital menggunakan *tools Simulation of Urban Mobility* (SUMO) untuk *mobility generator* yang digunakan pada simulasi VANET (Gambar 10). Hasilnya berupa *generate node* dalam bentuk nilai yakni angka koordinat lokasi dalam suatu waktu. Nilai tersebut dapat baca pada *tools Network*

Simulator (NS2) untuk digunakan mengukur kinerja pada jaringan.



Gambar 9. Peta stasiun kota Bogor



Gambar 10. Peta Digital Trace file dalam Sumo

Simulasi menggunakan NS2 dilakukan terhadap *protocol routing* AODV yakni konsep protocol pertama komunikasi pada VANET (Abedi, et. al., 2009), SDGR *protocol routing* menggunakan SDN pada VANET, dan SDGR+R *protocol routing* yang diusulkan dalam penelitian ini. Parameter simulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Simulasi Parameter (Ji, et al., 2016)

Parameter	Ukuran
Area Simulasi	1500m x 1500m
Jumlah Node	50 – 100 – 150 - 200
Protokol Kontrol Radio	IEEE 802.11p
Tipe Trafik Jaringan	CBR
Ukuran Paket	512byte
Jarak Komunikasi Transmisi	200m
Interval	0.5 – 0.75 – 1
Mobility Model	SUMO Trace

Luas area simulasi berada di antara 1500m x 1500m dengan jumlah kendaraan (*node*) yang diujicoba pada simulasi 50 hingga 200 (Ji, et al., 2016). *Node* yang bersifat dinamis sehingga topologi selalu berubah oleh sebab itu protokol yang digunakan selama proses pengiriman data pada VANET adalah UDP. Jenis protokol UDP masih menoleransi jika ada segment-segment yang hilang selama proses pengiriman data. *Node* yang bergerak menghindari retransmisi karena akan mengakibatkan delay jika ternyata ada segment yang hilang. UDP menggunakan tipe trafik jaringan yang dipakai adalah CBR (*Constant Bit Rate*) yang mewakili trafik *real-time* dan *bit-rate* yang tetap. VANET memiliki jarak komunikasi transmisi antara 100 sampai 500 meter, pada percobaan simulasi ini menggunakan 200m.

4.2. Evaluasi Hasil Simulasi

Pengukuran evaluasi pada kinerja protokol routing diukur dengan persyaratan aplikasi VANET (Indrayana & Anggoro, 2017). Pada penelitian ini terdapat dua parameter performansi pada jaringan yang akan diukur, yakni PDR (*Packet Delivery Ratio*) dan *latency*.

PDR adalah untuk mengukur kemampuan dari jumlah paket yang berhasil dikirimkan dan diterima. Nilai PDR dinyatakan dalam Persamaan(5):

$$PDR = \frac{Data_{diterima}}{Data_{terkirim}} \quad (5)$$

Latency adalah waktu yang dibutuhkan dari *node* sumber menuju *node* tujuan. Penundaan rata-rata mencirikan *latency* yang dihasilkan oleh pendekatan *routing*. Semakin tinggi jeda waktu tersebut maka akan semakin tinggi resiko kegagalan akses. Nilai *latency* dinyatakan pada Persamaan(6):

$$Latency = \frac{\sum_{i=0}^n t_{diterima}^{[i]} - t_{terkirim}^{[i]}}{pkt} \quad (6)$$

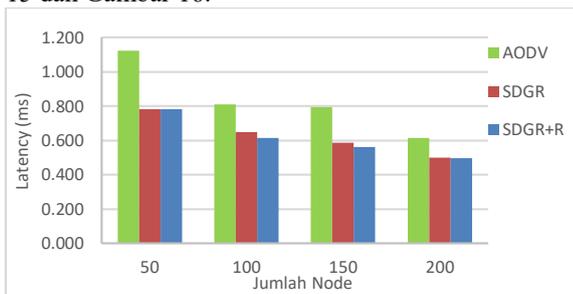
i adalah indeks paket

$t_{diterima}$ adalah waktus sampainya paket.

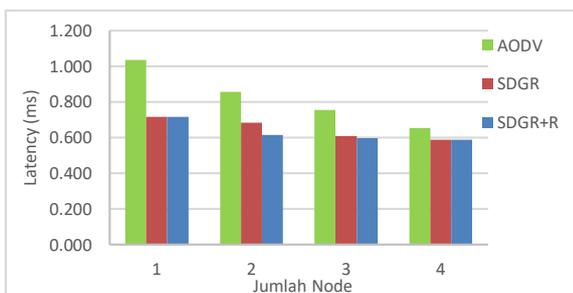
$t_{terkirim}$ adalah waktu dikirimkan paket.

pkt jumlah total paket yang sampai tujuan.

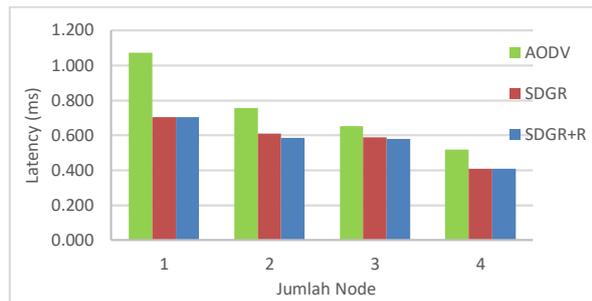
Evaluasi dilakukan dengan mengukur PDR (*Packet Delay Ratio*) terhadap jumlah *nodes* dan *latency* terhadap jumlah *nodes* yang telah dihasilkan dengan menggunakan 4 kelompok data uji jumlah *nodes* masing-masing berjumlah 50, 100, 150 dan 200. Setiap data uji dilakukan uji coba selama 5 kali, setelah itu diambil nilai rata-rata nya. Grafik hasil evaluasi pada *latency* dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13. Grafik hasil evaluasi pada PDR dapat dilihat pada dan Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 11. Kinerja *latency* terhadap jumlah *node* pada interval 0,5



Gambar 12. Kinerja *latency* terhadap jumlah *node* pada interval 0,75

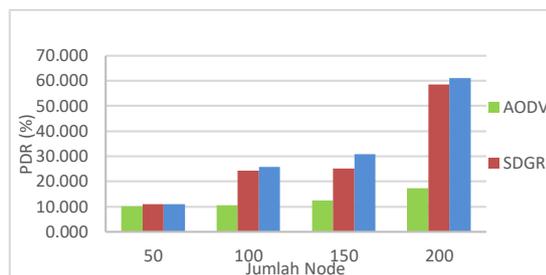


Gambar 13. Kinerja *latency* terhadap jumlah *node* pada interval 1

Berdasarkan grafik perbandingan performa, metode SDGR+R yang diusulkan menghasilkan nilai *latency* yang lebih baik dari AODV dan SDGR. Nilai *latency* pada *interval* 0,5 menunjukkan pada jumlah *node* 50, SDGR dan SDGR+R memiliki nilai *latency* yang sama. Pada jumlah *node* 100, nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 5,44% dari SDGR. Pada jumlah *node* 150, nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 3,82% dari SDGR. Pada jumlah *node* 200, nilai *latency* pada SDGR lebih baik 0,52%.

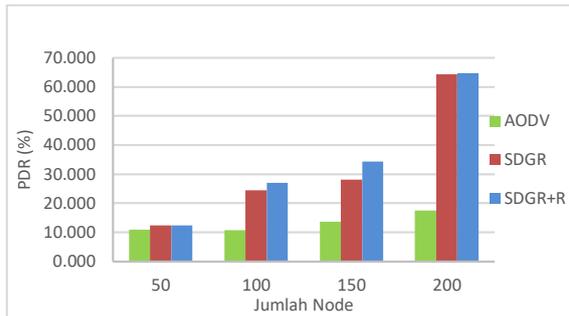
Nilai *latency* pada *interval* 0,75 menunjukkan pada jumlah *node* 50, SDGR dan SDGR+R memiliki nilai *latency* yang sama. Pada jumlah *node* 100, nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 4,43% dari SDGR. Pada jumlah *node* 150, nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 1,84% dari SDGR. Pada jumlah *node* 200, nilai *latency* pada SDGR dan SDGR+R tidak memiliki selisih.

Nilai *latency* pada *interval* 1 menunjukkan pada jumlah *node* 50, SDGR dan SDGR+R memiliki nilai *latency* yang sama. Pada jumlah *node* 100, nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 4,40% dari SDGR. Pada jumlah *node* 150, nilai *latency* pada SDGR+R lebih baik 1,79% dari SDGR. Pada jumlah *node* 200, nilai *latency* pada SDGR lebih baik 0,30%. Nilai rata-rata secara keseluruhan SDGR+R memiliki kinerja *latency* lebih baik 1.88%.

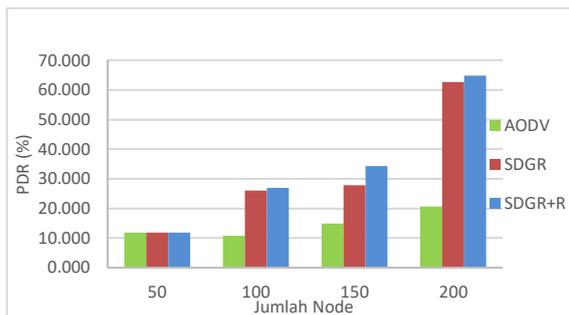


Gambar 14. Kinerja nilai PDR terhadap jumlah *node* pada interval 0,5

Berdasarkan grafik perbandingan performa, metode SDGR+R yang diusulkan menghasilkan nilai PDR yang lebih baik dari AODV dan SDGR. Nilai PDR pada *interval* 0,5 menunjukkan pada jumlah *node* 50, SDGR dan SDGR+R memiliki nilai PDR yang sama. Pada jumlah *node* 100, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 6,53% dari SDGR.



Gambar 15. Kinerja nilai PDR terhadap jumlah *node* pada interval 0,75



Gambar 16. Kinerja nilai PDR terhadap jumlah *node* pada interval 1

Pada jumlah *node* 150, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 23,04% dari SDGR. Pada jumlah *node* 200, nilai PDR pada SDGR lebih baik 4,32%.

Nilai PDR pada *interval* 0,75 menunjukkan pada jumlah *node* 50, SDGR dan SDGR+R memiliki nilai PDR yang sama. Pada jumlah *node* 100, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 9,92% dari SDGR. Pada jumlah *node* 150, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 22,46% dari SDGR. Pada jumlah *node* 200, nilai PDR pada SDGR lebih baik 0,62%.

Nilai pada *interval* 1 menunjukkan pada jumlah *node* 50, SDGR dan SDGR+R memiliki nilai PDR yang sama. Pada jumlah *node* 100, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 3,82% dari SDGR. Pada jumlah *node* 150, nilai PDR pada SDGR+R lebih baik 23,36% dari SDGR. Pada jumlah *node* 200, nilai PDR pada SDGR lebih baik 3,39%. Nilai rata-rata secara keseluruhan SDGR+R memiliki kinerja PDR lebih baik 8,12%.

Secara umum terlihat dari grafik ketiga algoritma *routing protocol* menunjukkan semakin banyak jumlah *node* maka nilai *latency* akan semakin kecil dan nilai PDR semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin banyak *node* (padat) dalam sebuah jaringan akan semakin kecil kemungkinan *link* harus rekonstruksi ulang. Daya tahan *topology* yang lebih stabil mempengaruhi nilai *latency* maupun PDR yang terkirim oleh *node*.

Grafik menunjukkan bahwa nilai *interval* pengiriman paket hanya menghasilkan selisih yang sedikit. Sebagai contoh pada *nodes* dengan jumlah 100 nilai *latency* pada Tabel 2 dan nilai PDR pada Tabel 3.

Tabel 2. *Latency* dengan 100 *node* (ms)

Interval	AODV	SDGR	SDGR+R
0,5	0,85594	0,68474	0,65441
0,75	0,81044	0,65025	0,61491
1	0,75508	0,61102	0,58412

Tabel 3. PDR dengan jumlah 100 *node* (%)

Interval	AODV	SDGR	SDGR+R
0,5	10,46	24,21	25,79
0,75	10,76	24,51	26,94
1	10,67	25,94	26,93

Pada Tabel 2 secara rinci diketahui semakin besar nilai *interval*, semakin kecil nilai *latency*. Sebagai contoh, pada SDGR+R dengan *interval* 0,5 nilai *latency* nya 0,65441, *interval* 0,75 nilai *latency* 0,61491 dan *interval* 1 memiliki nilai *latency* 0,58412. Semakin besar *interval*, nilai *latency* semakin berkurang. Pada Tabel 3 secara rinci dapat dilihat bahwa kenaikan nilai *interval* PDR pada SDGR+R tidak berubah signifikan. Saat *interval* 0,5 nilai PDR nya 25,79%, saat *interval* 0,75 nilai PDR nya 26,94% dan saat *interval* 1 nilai PDR nya 26,93%. Sehingga perubahan *interval* tidak terlalu mempengaruhi nilai PDR.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini mengusulkan SDN-based *geographic routing* (SDGR) untuk VANET dengan mempertimbangkan arah rute *node* yang disebut dengan SDGR+R. Algoritma SDGR+R ini diimplementasi berada dalam *control plane* SDN. Penggunaan SDGR+R pada VANET mampu memberikan pandangan kondisi jaringan sehingga dapat memecahkan masalah konektivitas lebih awal jika terdapat kendaraan (*node*) yang memiliki rute searah.

Kontribusi utama dari penelitian ini dapat diringkas sebagai berikut: (1) Penelitian ini berhasil mengembangkan *protocol routing* baru yakni SDGR+R yang menggunakan metode *multicast*. Metode *multicast* ini dapat mengurangi rekonstruksi rute antar *node* rute sejalar yakni perubahan *topology*; (2) Hasil simulasi menunjukkan bahwa SDGR+R mencapai kinerja yang lebih baik daripada SDGR dalam hal rasio pengiriman paket (*Packet Delivery Ratio*) sebesar 8,12% dan *latency* sebesar 1,88%. Penambahan pertimbangan arah rute pada konsep SDGR yakni SDGR+R berdampak pada hasil kemampuan protokol perutean (*protocol routing*) yang lebih baik dibandingkan model SDGR.

5.1. Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan berkenaan dengan SDGR+R adalah terbukanya peluang penelitian lanjutan, yakni:

1. SDGR dan SDGR+R belum dilakukan uji coba pada fitur *Security*, misalnya menggunakan metode *Rushing*, *Blackhole* dan *Jellyfish*.
2. Perlu adanya pengujian Efisiensi Powernya pada penggunaan SDN pada VANET baik pada SDGR maupun SDGR+R
3. Pengembangan aplikasi memanfaatkan konsep SDGR+R pada berbagai bidang, misalnya bidang komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- ABEDI, O., BERANGI, R., & AZGOMI, M. A. 2009. Improving Route Stability and Overhead on AODV: Routing Protocol and Make it Usable for VANET. 464-467. <https://doi.org/10.1109/icdcs.2009.88>
- DEWI, I. N., MUNADI, R. & VIDYA Y, L. 2016. Simulasi dan Analisis Performansi Dari Protokol Routing Berbasis Posisi GPRS dan GyTAR untuk Vehicle Communication Pada Vehicular Ad Hoc Network (VANET). *Teknika*, Volume 1.
- GHAFOOR, H. & KOO, I. 2018. CR-SDVN: A Cognitive Routing Protocol for Software-Defined Vehicular Networks. *IEEE Sensors Journal*, 18(4), pp. 1761 – 1772.
- HE, Z., CAO, J. & LIU, X. 2016. SDVN: enabling rapid network innovation for heterogeneous vehicular communication. *IEEE Network*, 30(4), pp. 10-15.
- INDRAYANA, K., & ANGGORO. R. 2017. Studi Kinerja AODV-PNT dengan Weight Factor Dinamis pada Lingkungan VANET. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- JI, X., YU, H., FAN, G., & FU, W., 2016. *SDGR: An SDN-Based Geographic Routing Protocol for VANET*. Chengdu, China, IEEE. doi:10.1109/iThings-GreenCOM-CPSCoM-SmartData.2016.70
- KADHIM, A. J., & SENO, S. A. H. 2019. Energy-efficient multicast routing protocol based on SDN and fog computing for vehicular networks. *Elsevier Ad Hoc Networks*, Volume 84, pp. 68-81.
- KU, I., LU, Y., GERLA, M., GOMES, R. L., ONGARO, F., & CERQUEIRA, E. 2014. *Towards software-defined VANET: Architecture and services*. Ad Hoc Networking Workshop (MED-HOC-NET). IEEE: 10.1109/MedHocNet.2014.6849111
- LIN, Y., HUANG, W. & TANG, Y. 2015. *Map-based multi-path routing protocol in VANETs*. Xiamen, China, IEEE. doi: 10.1109/ICASID.2015.7405680
- LIU, Y. C., CHEN, C. & CHAKRABORTY, S. 2015. *A Software Defined Network architecture for GeoBroadcast in VANETs*. London, UK. IEEE. Doi: 10.1109/ICC.2015.7249370
- NOORANI, N. & SENO, S. A. H. 2018. *Routing in VANETs Based on Intersection Using SDN and Fog Computing*. Mashhad, Iran, IEEE. doi: 10.1109/ICCKE.2018.8566352
- PRADANA, P. D., NEGARA, R. M. & DEWANTA, F. 2017. 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*, Volume 4, pp. 1996-2004.
- ZEADALLY, S., HUNT, R., CHEN, Y.-S., IRWIN, A., HASSAN, A. 2012. Vehicular ad hoc networks (VANETS): Status, results, and challenges. *Telecommunication Systems*, 50(4), pp. 217-241.
- ZHU, M., CAO, J., & PANG, D. 2015. *SDN-Based Routing for Efficient Message Propagation in VANET*. Qufu, China, 10th International Conference WASA. Springer International Publishing. 2015:788-797