

## SOLUSI ALTERNATIF PENYAMPAIAN INFORMASI DENGAN TOLERANSI WAKTU TUNDA UNTUK PENGGUNA LAYANAN KOMUNIKASI DATA PADA *VEHICULAR NETWORK*

Nurul Salsabila Wardhani<sup>1</sup>, Melky Sedek Hosea Halim<sup>2</sup>, Ngurah Indra ER<sup>3</sup>, I Gusti Agung Komang Diafari Djuni Hartawan<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, 80361, Indonesia

[salsabilawrdhn@gmail.com](mailto:salsabilawrdhn@gmail.com)<sup>1</sup>, [hoseahalim28@gmail.com](mailto:hoseahalim28@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[indra@unud.ac.id](mailto:indra@unud.ac.id)<sup>3</sup>, [igakdiafari@unud.ac.id](mailto:igakdiafari@unud.ac.id)<sup>4</sup>

### ABSTRAK

Permintaan data dari perangkat seluler pribadi melalui jaringan seluler mengalami peningkatan yang pesat. Untuk data yang toleran terhadap waktu tunda, penggunaan teknologi berbayar dirasa tidak efisien. Sebagai alternatif untuk penyampaian data yang toleran terhadap waktu tunda, jaringan oportunistik muncul sebagai model komunikasi tanpa infrastruktur yang efektif. Sebelum dapat digunakan sebagai solusi alternatif, perlu adanya analisis terhadap performansi dari penggunaan jaringan oportunistik khususnya pola *routing* dasar yang digunakan. Penelitian ini menganalisis performansi dari pola *routing* dalam jaringan oportunistik dengan memanfaatkan jaringan antar kendaraan sebagai node bergerak di Kota Denpasar. Dua pola *routing* dasar yaitu *epidemic* dan *spray and wait*, disimulasikan menggunakan *The ONE Simulator* kedalam dua skenario diantaranya skenario peningkatan rata-rata kendaraan dan skenario peningkatan ukuran buffer. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada pemanfaatan jaringan antar kendaraan pola *routing epidemic* lebih unggul dibandingkan *spray and wait* dalam hal *delivery probability* serta *average latency*, namun jika menilai dalam hal *overhead ratio*, pola *routing spray and wait* dapat memberikan hasil yang lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa pola *routing epidemic* cocok diterapkan pada sistem yang tidak memperdulikan penggunaan sumber daya yang tinggi.

**Kata kunci** : *Delay Tolerant Network*, Jaringan Oportunistik, Jaringan antar Kendaraan, Pola *Routing Epidemic*, Pola *Routing Spray and Wait*, *The ONE Simulator*.

### ABSTRACT

*Data demand from personal mobile devices over cellular networks is rapidly increasing. For time-delay tolerant data, the use of paid technology is inefficient. As an alternative for time-delay tolerant data delivery, opportunistic networks are emerging as an effective infrastructure-less communication model. Before it can be used as an alternative solution, it is necessary to analyze the performance of using opportunistic networks, especially the basic routing patterns used. This research analyzes the performance of routing patterns in opportunistic networks by utilizing inter-vehicle networks as mobile nodes in Denpasar City. Two basic routing patterns, namely epidemic and spray and wait, are simulated using The ONE Simulator into two scenarios including a scenario of increasing the average vehicle and a scenario of increasing the buffer size. The simulation results show that in the inter-vehicle network utilization, epidemic routing pattern is superior to spray and wait in terms of delivery probability and average latency, but when assessing in terms of overhead ratio, spray and wait routing pattern can provide lower results. This shows that the epidemic routing pattern is suitable for systems that do not care about high resource utilization.*

**Keywords** : *Delay Tolerant Network, Opportunistic Network, Vehicular Network, Epidemic, Spray and Wait, The ONE Simulator*

### 1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, kebutuhan akan jaringan komunikasi

semakin meningkat. Beberapa tahun terakhir, terjadi lonjakan permintaan data dari perangkat seluler pribadi seperti

smartphone dan tablet melalui jaringan seluler. Selain dari pengguna perangkat seluler, lonjakan data untuk penyampaian informasi juga meningkat seiring berkembangnya penggunaan perangkat IoT. Hal ini berdampak pada penurunan kualitas jaringan 3G, yang menunjukkan bahwa teknologi seluler standar mungkin tidak mampu mengatasi lonjakan permintaan data tersebut [1]. Dengan *volume* data yang terus meningkat, penggunaan teknologi berbayar untuk penyampaian semua jenis data informasi dirasa kurang efisien, khususnya untuk penyampaian data informasi yang toleran terhadap waktu tunda.

Jaringan oportunistik (OppNets) hadir sebagai model komunikasi tanpa infrastruktur yang efektif untuk penyiaran pesan yang toleran terhadap waktu tunda [2] dan dirasa dapat menjadi salah satu alternatif solusi dari permasalahan tersebut. Kinerja jaringan oportunistik dapat bervariasi, tergantung pada algoritma perutean dan penerusan pesan yang digunakan serta seberapa baik asumsi desainnya cocok dengan pola mobilitas yang sebenarnya [3]. Oleh sebab itu, pemilihan jenis pola *routing* pada jaringan oportunistik berperan sangat penting dalam penentuan kualitas dari suatu layanan.

Pada penelitian ini, kami menggunakan pola *routing* awal yang dikembangkan pada jaringan oportunistik yaitu *routing epidemic* dan *spray and wait*. Pola *routing* tersebut hanya memerlukan sejumlah kecil parameter dalam proses pentransmisi pesan. Namun, sebelum pola *routing* dimanfaatkan pada jaringan oportunistik, diperlukan analisis performansi dari kedua jenis pola *routing* tersebut untuk mengetahui kinerja pola *routing* mana yang lebih baik berdasarkan kasus dan kebutuhan jaringan [4].

Dalam penelitian ini, kami mencoba mengangkat pemanfaatan jaringan oportunistik dengan *node* bergerak berupa kendaraan sebagai solusi alternatif teknik penyampaian informasi dengan toleransi terhadap waktu tunda. Penelitian ini

difokuskan untuk menganalisis performansi dari pola *routing* yang digunakan dalam pemanfaatan jaringan oportunistik untuk alternatif solusi penyampaian data dengan toleransi terhadap waktu tunda.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Delay Tolerant Network (DTN)*

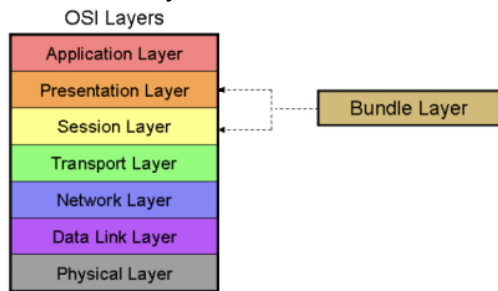
*Delay tolerant network (DTN)* merupakan arsitektur dari jaringan yang bersifat oportunistik. Jaringan ini dirancang untuk dapat tahan terhadap keterlambatan, gangguan, dan pemutusan dari jaringan internet. *Delay tolerant network* awalnya diperkenalkan oleh [5].

Dalam DTN komunikasi data tidak diasumsikan terjadi secara langsung dan terus-menerus seperti pada model TCP/IP tradisional. Sebaliknya, DTN menggunakan pendekatan *store-carry-forward*, di mana data dikemas menjadi paket dan disimpan di setiap *node* jaringan. Paket - paket ini akan diteruskan secara bergantian melalui jaringan saat ada kesempatan atau jalur komunikasi tersedia. Keuntungan dari arsitektur DTN adalah kemampuannya untuk mengatasi pemutusan jaringan, atau kondisi jaringan yang tidak stabil.

### 2.2 Jaringan Oportunistik

Jaringan oportunistik merupakan salah satu pengembangan dari jaringan MANET (*Mobile Ad Hoc Network*) [6]. Pada jaringan oportunistik tidak ada jalur *end-to-end path* antar *node* untuk jangka waktu yang panjang atau tidak ada jalur yang terbentuk secara langsung dari *source node* ke *destination node*. Dalam jaringan oportunistik sebagian besar *source node* mengirim pesan ke *destination node* tanpa membangun atau membentuk jalur lengkap *end-to-end* atau konektivitas antara tiap *node* [2]. Jalur akan terbentuk ketika *node* saling bertemu sehingga menyebabkan *node* sangat mudah terputus. Hal ini menyebabkan pola *routing* nirkabel tradisional tidak dapat berfungsi, sehingga untuk mengirimkan pesan dalam jaringan oportunistik digunakan pola "*store-carry-forward*".

Dalam jaringan oportunistik proses *store-carry-forward* data dilakukan pada sebuah *layer* tambahan yang disebut sebagai *bundle layer*, dan data yang tersimpan sementara disebut *bundle*. *Bundle* tidak hanya berisi data yang dikirimkan untuk *node* tujuan tetapi juga berisi semua informasi seperti data pola, data otentikasi, dan data lainnya yang diperlukan untuk menyelesaikan transmisi data dalam sekali jalan [7]. Berikut merupakan penempatan *bundle layer* pada struktur *OSI layer*.



Gambar 1. Penempatan *Bundle Layer* pada struktur *OSI Layers*

### 2.3 Jaringan Antar Kendaraan (*Vehicular Network*)

Jaringan antar kendaraan (*vehicular network*) adalah salah satu contoh penerapan jaringan oportunistik yang memanfaatkan mobilitas kendaraan. Dimana kendaraan akan terintegrasi dengan *on board unit* (OBU) sehingga dapat berfungsi sebagai *node* yang dapat bertugas sebagai *router* dan *host* dalam membentuk suatu struktur jaringan dinamis untuk penyampaian data informasi.

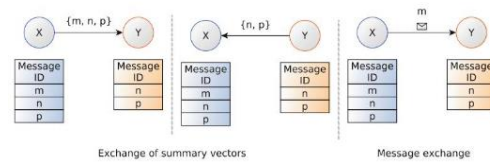
Salah satu standar *interface* yang digunakan untuk jaringan antar kendaraan adalah *Wi-Fi IEEE 802.11p* [8], dengan contoh spesifikasi *interface* yaitu *ITS-G5* dengan *transmission range* 300 m dan *transmission rate* 6 Mbps.

### 2.4 Pola Routing Epidemic

Pola *routing epidemic* dirancang oleh Vaahdat dan Becker dengan algoritma *flooding-based forwarding* dengan tujuan utama untuk maksimalkan tingkat pengiriman pesan dan meminimalisir *latency*.

Proses transmisi pesan pada pola *routing epidemic* dimulai dari *summary vector* yang dilakukan ketika *node* bertemu. Pada proses ini, *node* saling mengidentifikasi untuk mengetahui apakah *node* sudah memiliki pesan yang dibawa oleh *node* yang lain. Apabila tidak ditemukan salinan pesan pada *node* yang ditemui, maka salinan pesan akan diteruskan dan proses tersebut akan berulang hingga salinan pesan sampai ke tujuan. Salinan pesan pada sistem akan disimpan dalam *buffer node* hingga TTL berakhir.

Dengan konsep penyebaran tersebut, *epidemic* dinilai mampu mengoptimalkan penyampaian pesan ke *node* tujuan. Namun, kurang efisien jika ditinjau dari penggunaan sumber daya jaringan. Karena pada proses transmisi salinan pesan secara *flooding*, pola *routing epidemic* memerlukan banyak energi, *storage* serta *bandwidth* pada jaringan [9]. Berikut merupakan gambar dari cara kerja pola *routing epidemic*.



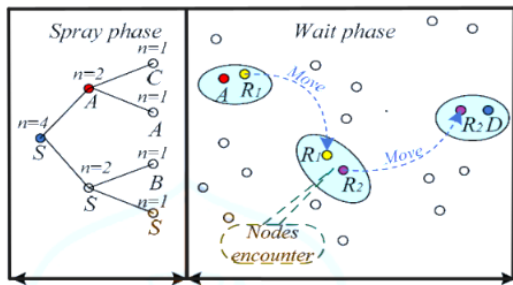
Gambar 2. Cara Kerja Pola *Routing Epidemic*

### 2.5 Pola Routing Spray and Wait

Tujuan dari pola *routing spray and wait* adalah untuk menghadapi tantangan yang dimiliki oleh pola *routing epidemic*. Meskipun proses transmisi pesan pada pola *routing spray and wait* hampir mirip dengan pola *routing epidemic*, dampak positif pada pola *routing spray and wait* terdapat pengontrolan jumlah salinan pesan untuk mengurangi energi, *storage* serta *bandwidth* yang digunakan pada jaringan. Sedangkan dampak negatif pada pola *routing spray and wait* nilai *latency*-nya lebih tinggi.

Pola *routing spray and wait* memiliki dua fase, yaitu fase *spray* dan fase *wait*. Fase pertama adalah fase *Spray*, di mana *source node* membuat sejumlah *L* salinan

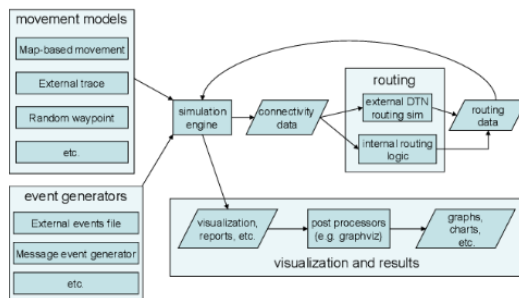
pesan untuk disebar ke *relay node*. Tahap ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan sumber daya dan membatasi jumlah pesan yang disalin di jaringan. Jika dalam fase *spray node* tujuan belum ditemukan, maka *node* tersebut akan melanjutkan ke fase *wait*. Pada fase *wait*, setiap *relay node* yang telah memiliki salinan pesan akan menunggu hingga *node* tujuan ditemukan untuk mengirimkan pesan secara langsung [2]. Berikut merupakan gambaran dari konsep *binary spray and wait*.



Gambar 3. Binary Spray and Wait

### 2.6 The ONE Simulator

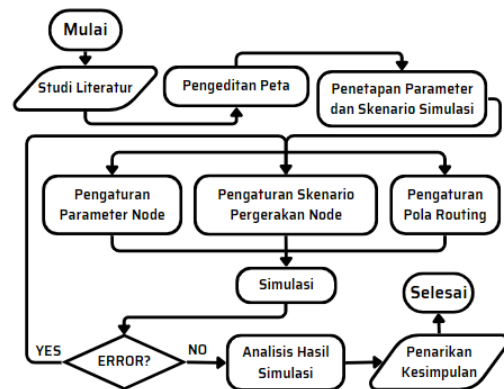
*Opportunistic Network Environment* atau biasa disingkat dengan *The ONE Simulator* merupakan sebuah simulator khusus DTN yang handal. *The ONE Simulator* mengijinkan pengguna untuk membuat skenario simulasi sendiri dengan pola – pola *routing* yang siap digunakan. *The ONE Simulator* juga dibekali dengan tampilan yang interaktif, seperti visualisasi pergerakan *node* dan *real-time log*. Setelah simulasi selesai dijalankan, *The ONE Simulator* juga menghasilkan *file report* yang dapat digunakan untuk tujuan analisis [3]. Berikut merupakan gambar dari alur simulasi *The ONE Simulator*.



Gambar 4. Alur Simulasi ONE Simulator

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Skematik dalam penelitian ini, dirancang dalam beberapa tahap, yaitu studi literatur terhadap jaringan oportunistik dan perangkat simulasi, melakukan pengeditan peta yang digunakan pada simulasi menggunakan *OpenJUMP*, melakukan penetapan parameter dan skenario simulasi yang dijalankan pada *The ONE Simulator*, melakukan uji coba simulasi untuk meminimalisir kesalahan data agar mendapatkan hasil yang sesuai, melakukan analisis terhadap hasil simulasi yang telah dikumpulkan, dan melakukan penarikan kesimpulan, seperti yang terlihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Skematik Penelitian

Studi literatur terhadap jaringan oportunistik dan perangkat simulasi dilakukan sebagai dasar untuk memahami jaringan oportunistik yang akan digunakan sebagai solusi alternatif dari penyampaian data DTN, dan memahami cara pengoperasian perangkat simulasi dari jaringan oportunistik yaitu *The ONE Simulator*. Sehingga dapat dilanjutkan dengan pengeditan dari peta yang digunakan pada simulasi melalui *OpenJUMP*, kemudian dilanjutkan dengan menetapkan parameter dan skenario simulasi semirip mungkin mendekati kondisi aktual.

Untuk melakukan perbandingan unjuk kerja pola *routing epidemic* dengan pola *routing spray and wait* dengan penerapannya pada jenis jaringan antar

kendaraan (*vehicular network*), digunakan parameter yaitu *delivery probability*, *average latency* dan *overhead ratio* yang disimulasikan kedalam dua skenario yaitu skenario dengan penambahan kepadatan *node* kendaraan dan skenario dengan penambahan ukuran *buffer*. Hasil simulasi diperoleh dari *report* program *the one simulator*, kemudian hasil tersebut digunakan sebagai bahan analisis.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Perancangan Simulasi

Desain simulasi jaringan oportunistik yang dilakukan adalah dengan pemanfaatan kendaraan sebagai *node* bergerak yang bertugas menyampaikan serta menerima pesan. Ilustrasi skenario dari simulasi ini adalah *sharing* informasi adanya perbaikan jalan di wilayah Kota Denpasar. Dalam kasus ini, mobil bertugas sebagai *node* sumber yang membangkitkan pesan dan *node relay* sementara bus bertugas sebagai *node relay* sekaligus *node destination*.

Simulasi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kepadatan dan pergerakan kendaraan serta jenis pola *routing* yang digunakan terhadap performansi dari jaringan oportunistik dalam penyampaian pesan.

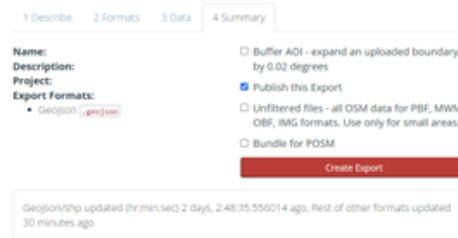
Sebelum simulasi dapat dilakukan, ada beberapa tahapan yang harus dilalui, yaitu mengunduh file peta melalui situs *open-source maps*, menyunting peta simulasi yang telah diunduh dan membuat map khusus untuk rute pergerakan bus dengan menggunakan perangkat lunak *OpenJump*. Setelah tiga tahapan tadi selesai, maka dapat dilanjutkan dengan mengatur parameter simulasi pada *The ONE Simulator*, untuk menjalankan skenario simulasi agar mendapatkan hasil laporan data simulasi.

##### 1) Tahapan Pengunduhan Peta

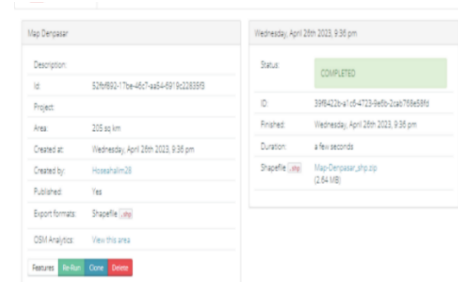
Pada penelitian ini, peta yang digunakan dalam simulasi adalah peta wilayah Kota Denpasar dengan luasan yang digunakan berukuran 3 km<sup>2</sup> yang bertitik pusat lokasi di Jl. Raya Puputan,

Dauh Puri, Kec. Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali.

Kita dapat mengunduh peta menggunakan *Open Street Map* melalui situs *export map* <https://export.hotosm.org/en/v3/>. Kemudian *login* dan *start exporting*. Selanjutnya, beri nama untuk peta yang diunduh dan carilah peta daerah tersebut. Lalu potong bagian peta yang diinginkan dengan *tools draw*. Setelah itu, pilihlah format peta yaitu *.shp* dan jenis data peta yang ingin diunduh. Terakhir, *create export* hingga tautan unduhan tersedia. Klik tautan unduhan tersebut, dan peta akan otomatis terunduh seperti yang terlihat pada gambar berikut.



a). Create Export



b). Tampilan Jika Peta Siap Diunduh  
**Gambar 6.** Mengunduh Peta

##### 2) Tahapan Penyuntingan Peta

Sebelum peta dapat digunakan pada *The ONE Simulator*, file data peta yang diunduh harus terlebih dahulu disunting menggunakan perangkat lunak *OpenJUMP*. Sebab pada *OpenJUMP* terdapat fitur – fitur yang diperlukan untuk melakukan penyuntingan map seperti pemotongan area peta, pengubahan skala peta, dan yang terpenting adalah penyambungan atau penghapusan *node* yang bermasalah pada data peta yang diunduh. Berikut merupakan gambar dari tampilan peta setelah disunting.





Gambar 7. Tampilan Peta Setelah Disunting

Peta yang telah disunting kemudian dapat disimpan dengan mengubah file format .shp (*Shapefile*) menjadi .wkt (*Well-Known-Text*) menggunakan fitur *Save Dataset As* pada *OpenJUMP*. Hal tersebut dilakukan agar peta dapat digunakan pada simulasi jaringan antar kendaraan di *The ONE Simulator*.

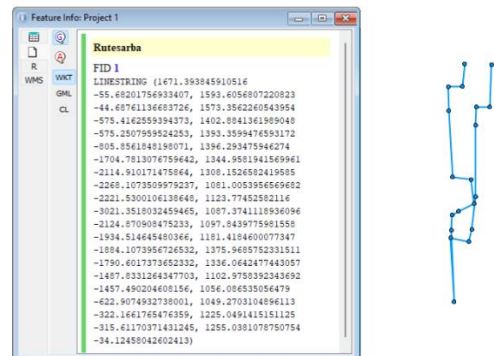
3) Tahapan Penyuntingan Jalur Bus

Pada skenario simulasi jaringan antar kendaraan yang kami gunakan, terdapat skenario *node bus* yang menggunakan tipe mobilitas *map-based movement*. Penggunaan tipe mobilitas tersebut memerlukan jalur khusus yang digunakan sebagai penuntun dari pergerakan *node bus*. Adapun tahapan penyuntingan jalur bus tersebut dilakukan dengan menyunting ulang bagian jalur dari peta map simulasi yang sebelumnya telah jadi. Dengan menggunakan fitur pada *OpenJUMP*, *linestring* dari jalur bus dipilih dari peta simulasi kemudian dipindahkan ke layer tambahan untuk disunting secara terpisah. Berikut ini merupakan tampilan jalur bus pada map dan *layer* tambahan.



Gambar 8. Pembuatan Map Rute Pergerakan Bus

Setelah jalur bus dipindahkan ke *layer* tambahan, selanjutnya pemecahan *linestring* menjadi *point – point* terpisah agar dapat dipilah *point* yang akan digunakan sebagai penuntun jalur bus. *Point* jalur bus tersebut kemudian disatukan kembali menjadi *linestring* yang nantinya akan diubah menjadi bentuk .wkt sebelum digunakan pada pengaturan parameter simulasi seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Penggabungan Point Rute Jalur Pergerakan Bus Menjadi Linestring

4) Tahapan Pengaturan Parameter Simulasi

Parameter simulasi adalah variabel yang menentukan bagaimana simulasi bekerja dan hasil apa yang dihasilkannya, oleh sebab itu pengaturan parameter simulasi sangatlah penting. Adapun parameter pada simulasi ini diatur pada dua skenario simulasi sesuai dengan tabel I dan tabel II berikut.

**Tabel 1.** Parameter Simulasi untuk Skenario Penambahan Rata – rata Kepadatan Kendaraan

Parameter	Nilai
Simulation Time	10 jam
Message Time-to-Live	12 jam
Message Generation Interval	2 per 180 menit
Message Size	1.000 kilobytes
Node Source	45   90   135   180   225   270   315   360
Interface Type	ITS-G5
Transmission Range	300m
Transmission Rate	6 MBps
Rata – Rata Kepadatan Kendaraan per km <sup>2</sup>	5   10   15   20   25   30   35   40
Jumlah Salinan Pesan (Khusus Untuk Pola Routing Spray and Wait)	47   92   137   182   227   272   317   362
Ukuran Buffer	362 Mb
Bus	
Jumlah Bus	2
Movement Model	Routed Map-Based Movement
Movement Speed	10 - 30 km/jam
Stationary Time at Each Waypoint	0 - 30 detik
Mobil Pribadi	
Jumlah Mobil Pribadi	34   68   101   135   169   203   236   270
Movement Model	Map - Based Movement
Movement Speed	10 - 50 km/jam
Stationary Time at Each Waypoint	15 - 1.200 detik
Mobil Komersial	
Jumlah Mobil Komersial	11   22   34   45   56   67   78   90
Movement Model	Shortest Path Map - Based Movement
Movement Speed	10 - 50 km/jam
Stationary Time at Each Waypoint	15 - 180 detik

**Tabel 2.** Parameter Simulasi untuk Skenario Penambahan Ukuran Buffer

Parameter	Nilai
Simulation Time	10 jam
Message Time-to-Live	12 jam
Message Generation Interval	2 per 180 menit
Message Size	1.000 kilobytes
Node Source	180
Interface Type	ITS-G5
Transmission Range	300m
Transmission Rate	6 MBps
Rata – Rata Kepadatan Kendaraan per km <sup>2</sup>	20
Jumlah Salinan Pesan (Khusus Untuk Pola Routing Spray and Wait)	182
Ukuran Buffer	1 Mb   2 Mb   3 Mb   4 Mb   5 Mb   6 Mb
Bus	
Jumlah Bus	2
Movement Model	Routed Map-Based Movement
Movement Speed	10 - 30 km/jam
Stationary Time at Each Waypoint	0 - 30 detik
Mobil Pribadi	
Jumlah Mobil Pribadi	135
Movement Model	Map - Based Movement
Movement Speed	10 - 50 km/jam
Stationary Time at Each Waypoint	15 - 1.200 detik
Mobil Komersial	
Jumlah Mobil Komersial	45
Movement Model	Shortest Path Map - Based Movement
Movement Speed	10 - 50 km/jam
Stationary Time at Each Waypoint	15 - 180 detik

Sebelum simulasi dilakukan, diperlukan pengaturan kode pada `default_setting.txt` The ONE Simulator untuk pengaturan parameter vehicular

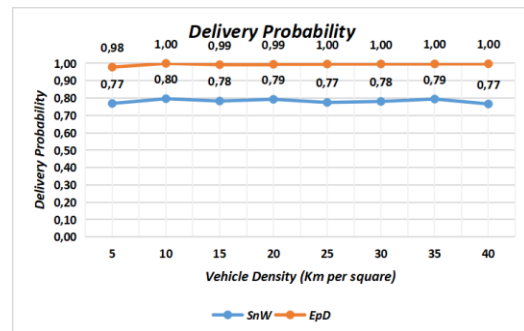
network. Setelah mengatur parameter tersebut, simulasi dapat dijalankan.

#### 4.2 Hasil dan Analisis Perbandingan Kinerja Pola Routing Epidemic dan Spray and Wait

- 1) Perbandingan Hasil Simulasi dengan Skenario Penambahan Rata - Rata Kepadatan Kendaraan

Hasil yang disajikan pada bagian ini menunjukkan bagaimana perbandingan hasil performansi antara kedua pola routing *spray and wait* dan *epidemic* pada skenario simulasi pertama, yaitu penambahan rata – rata kepadatan kendaraan yang tersusun dalam 8 rentang. Namun, *buffer* yang digunakan pada seluruh *node* pada kedua pola routing diatur sebesar 362 Mb yang menyesuaikan dari jumlah maksimal salinan pesan pada rata – rata kepadatan kendaraan terakhir yaitu 362 salinan dengan ukuran setiap pesan 1 Mb. Sehingga, faktor *buffer overflow* tidak terjadi dan kepadatan *node* lebih mempengaruhi hasil simulasi.

Berikut merupakan diagram perbandingan hasil *delivery probability vehicular network* pada pola routing *spray and wait* dan *epidemic*.



**Gambar 10.** Grafik Perbandingan Hasil *Delivery Probability* Pola Routing *Spray and Wait* dan *Epidemic* pada Skenario 1

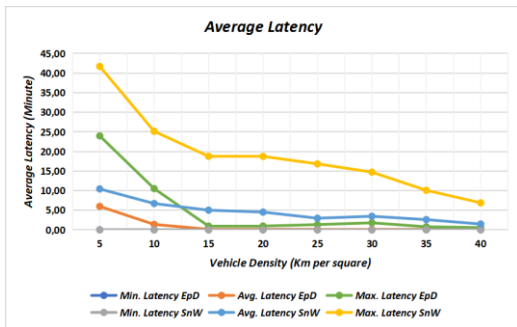
Gambar 10 menunjukkan grafik hasil perbandingan nilai *delivery probability* pola routing *spray and wait* dengan pola routing *epidemic*, hasil *delivery probability* kedua pola routing memiliki selisih yang cukup signifikan yaitu sebesar 0.2. Hasil *delivery probability* pola routing *epidemic* jauh lebih baik diterapkan pada skenario simulasi

jaringan antar kendaraan. Hal itu karena pola *routing epidemic* menerapkan konsep *flooding*, yaitu masing – masing *node* pada jaringan yang memiliki pesan dapat menyalin dan meneruskannya ke *node* yang belum menerima salinan pesan, sehingga penyebaran data menjadi lebih cepat. Dengan demikian, pola *routing epidemic* lebih unggul dalam peluang tersampainya pesan ke tujuan atau *delivery probability* dalam rata – rata kepadatan kendaraan atau jumlah *node* yang bervariasi.

Berikut merupakan tabel dan diagram perbandingan hasil *average latency vehicular network* pada pola *routing spray and wait* dan *epidemic*.

**Tabel 3.** Tabel Perbandingan Hasil Average Latency Pola Routing Epidemic dan Spray and Wait pada Skenario 1

Rata – Rata Kepadatan Kendaraan per km <sup>2</sup>	Spray and Wait			Epidemic		
	Min. Latency	Avg. Latency	Max. Latency	Min. Latency	Avg. Latency	Max. Latency
	(Menit)					
5	0	10.44	41,7	0	5.98	23,97
10	0,01	6.71	25,13	0,01	1.38	10,52
15	0	5.01	18,75	0	0.13	0,93
20	0,01	4.52	18,73	0,01	0.13	0,96
25	0	2.96	16,83	0	0.09	1,33
30	0,01	3.46	14,72	0,01	0.11	1,79
35	0,02	2.60	10,09	0,02	0.12	0,77
40	0	1.47	6,89	0	0.05	0,57



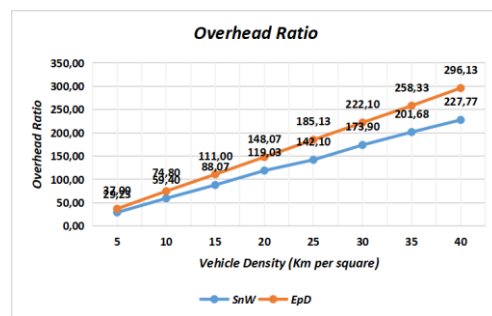
**Gambar 11.** Grafik Perbandingan Hasil Average Latency Pola Routing Spray and Wait dan Epidemic pada Skenario 1

Berdasarkan table 3 dan gambar 11, nilai terendah yang diperoleh berada pada rentang terakhir pada skenario penambahan rata – rata kepadatan kendaraan yaitu 1,47 menit pada pola *routing spray and wait* dan 0,05 menit pada pola *routing epidemic*.

Pembatasan jumlah salinan pesan pada pola *routing spray and wait*

mengakibatkan pola *routing spray and wait* membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menyampaikan pesan ke tujuan yang menunjukkan bahwa pola *routing epidemic* lebih unggul dalam mengatasi masalah *average latency*, terutama pada skenario penambahan rata – rata kepadatan kendaraan yang membuat proses penyebaran data dengan pola *routing epidemic* jauh lebih efisien.

Berikut merupakan diagram perbandingan hasil *overhead ratio vehicular network* pada pola *routing spray and wait* dan *epidemic*.



**Gambar 12.** Grafik Perbandingan Hasil Overhead Ratio Vehicular Network pada Pola Routing Spray and Wait dan Epidemic pada Skenario 1

Gambar 12 menunjukkan perbandingan hasil nilai *overhead ratio* pada pola *routing epidemic* dan *spray and wait* memiliki grafik meningkat pada seluruh rentang rata – rata kepadatan kendaraan yang ada, hasil pola *routing spray and wait* memberikan nilai *overhead ratio* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pola *routing epidemic*. Tingkat perbedaan hasil antara kedua pola *routing* juga semakin meningkat seiring bertambahnya rentang rata – rata kepadatan kendaraan. Seperti pada rentang rata – rata kepadatan 35 kendaraan per km<sup>2</sup> yang perbedaan nilai *overhead ratio* pada kedua pola *routing* adalah 56,65 dan pada rentang rata – rata kepadatan 40 kendaraan per km<sup>2</sup> yaitu 68,36.

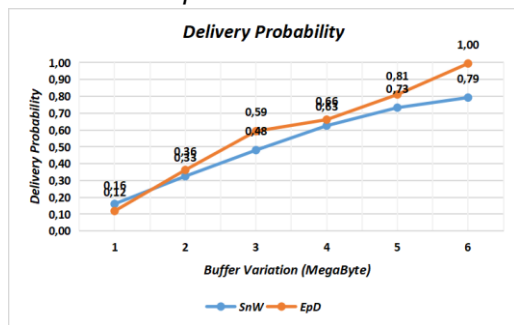
Pembatasan jumlah salinan pesan pada pola *routing spray and wait* adalah faktor utama yang mengakibatkan hasil nilai *overhead ratio* yang lebih rendah daripada pola *routing epidemic*. Dengan adanya



perbandingan nilai *overhead ratio* pada skenario penambahan rata – rata kepadatan kendaraan, maka dapat diketahui pola *routing* mana yang lebih unggul dalam hal penggunaan efisiensi energi lebih hemat pada skenario kasus yang diinginkan.

2) Perbandingan Hasil Simulasi dengan Skenario Penambahan Ukuran *Buffer*  
 Hasil yang ditampilkan pada bagian ini menunjukkan perbandingan hasil performansi antara pola *routing spray and wait* dan *epidemic* pada jaringan oportunistik dengan skenario penambahan ukuran *buffer* tersusun dalam 6 rentang ukuran *buffer*, namun rata – rata kepadatan kendaraan yang terlibat dalam jaringan diatur sebanyak 40 kendaraan per km<sup>2</sup> diseluruh rentang ukuran *buffer*. Penggunaan rata – rata kepadatan kendaraan didasarkan pada tingkat kepadatan normal pada skenario nyata yang telah diteliti pada saat studi literasi yaitu sebesar rata – rata 40 kendaraan per km<sup>2</sup>.

Berikut merupakan diagram perbandingan hasil *delivery probability vehicular network* pada pola *routing spray and wait* dan *epidemic*.



**Gambar 13.** Grafik Perbandingan Hasil *Delivery Probability* Pola *Routing Spray and Wait* dan *Epidemic* pada Skenario 2

Gambar 13 menunjukkan grafik perbandingan hasil nilai *delivery probability* pada rentang ukuran *buffer* 1 Mb pola *routing epidemic* lebih rendah dari pola *routing spray and wait*, hal tersebut karena pada skenario penambahan ukuran *buffer* dengan rentang *buffer* 1 Mb, kedua pola

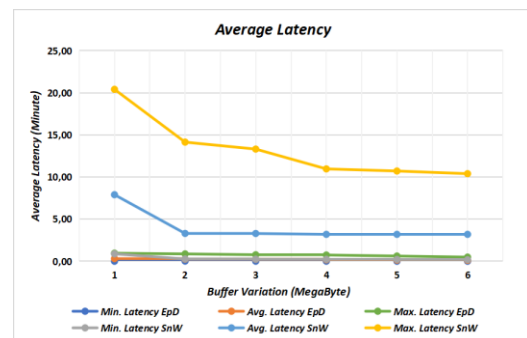
*routing* tidak mampu menyimpan lebih dari 1 salinan pesan data yang berukuran 1 Mb. Sehingga pada proses penyebaran data *routing epidemic* dengan konsep (*flooding*), akan lebih banyak terjadi *message drop* daripada *spray and wait*. Namun seiring meningkatnya ukuran *buffer* yang diberikan pada sistem, maka nilai *delivery probability* yang dihasilkan kedua pola *routing* semakin meningkat diakibatkan oleh berkurangnya *message drop* serta bertambahnya ruang untuk menyebarkan lebih banyak salinan pesan.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, pada ukuran *buffer* yang lebih kecil dibandingkan standar yang diperlukan sistem, performansi pola *routing spray and wait* tidak kalah jauh dibandingkan pola *routing epidemic*. Sedangkan ukuran *buffer* yang besar, pola *routing epidemic* mampu memanfaatkan kelebihan *buffer* tersebut dan mengoptimalkan pengiriman pesan sehingga memiliki nilai *delivery probability* yang lebih tinggi.

Berikut merupakan tabel dan diagram perbandingan hasil *average latency vehicular network* pada pola *routing spray and wait* dan *epidemic*.

**Tabel 4.** Tabel Perbandingan Hasil Average Latency Pola Routing Epidemic dan Spray and Wait pada Skenario 2

Ukuran Buffer (Mb)	Spray and Wait			Epidemic		
	Min. Latency	Avg. Latency	Max. Latency	Min. Latency	Avg. Latency	Max. Latency
1	0,88	7,9	20,4	0	0,31	0,96
2	0,27	3,3	14,14	0,02	0,25	0,87
3	0,24	3,29	13,31	0,01	0,23	0,77
4	0,23	3,19	10,96	0,01	0,18	0,74
5	0,21	3,19	10,71	0	0,13	0,62
6	0,18	3,19	10,39	0	0,1	0,49



**Gambar 14.** Grafik Perbandingan Hasil *Average Latency* Pola *Routing Spray and Wait* dan *Epidemic* pada Skenario 2

Tabel 4 dan gambar 14 menunjukkan perbedaan hasil *average latency* pada kedua pola *routing* yang disebabkan oleh pembatasan *buffer* yang membuat proses penyalinan oleh *node* sumber di pola *routing spray and wait* menjadi terhambat, sehingga penyebaran data menjadi kurang efisien. Hal itu karena *buffer occupancy* yang kepenuhan. Berbeda dengan pola *routing epidemic* yang salinan pesan dapat dibuat oleh semua *node* yang terlibat dalam jaringan. Sehingga meskipun penyebaran data terhambat oleh *buffer occupancy* yang kepenuhan, namun *node* masih mampu melakukan penyalinan sendiri untuk menyebarkan data. Sehingga dalam skenario penambahan ukuran *buffer* pada jaringan antar kendaraan (*vehicular network*), pola *routing epidemic* memiliki keunggulan dalam mengurangi waktu keterlambatan penyampaian pesan. Oleh karena itu, pemilihan pola *routing* yang tepat perlu disesuaikan dengan ukuran *buffer* yang digunakan dan kebutuhan pengiriman pesan yang diinginkan.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pola *routing epidemic* lebih unggul dibandingkan *spray and wait* pada jaringan antar kendaraan (*vehicular network*) dalam hal *delivery probability* serta *average latency*. Hal ini dipengaruhi oleh konsep *flooding* dan kondisi yang diterapkan dalam simulasi seperti luasan area, jumlah pesan, *interface*, dan mobilitas kendaraan. Namun jika ditinjau dari sisi *overhead ratio*, pola *routing spray and wait* dapat menjadi opsi lain dalam pemilihan pola *routing* dengan penggunaan sumber daya rendah yang mampu memberikan hasil *delivery probability* yang relatif tinggi meskipun membutuhkan waktu penyampaian yang lama.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Bruno, A. Masaracchia, and A. Passarella, "Offloading through Opportunistic Networks with Dynamic Content Requests."
- [2] M. I. Ratu and B. Soelistijanto, "Analisis kinerja routing protokol (Maria Irmgrad Ratu & Bambang Soelistijanto) ANALISIS KINERJA ROUTING PROTOKOL SPRAY AND WAIT DI JARINGAN OPPORTUNISTIC."
- [3] A. Keränen, J. Ott, and T. Kärkkäinen, *The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation*. 2009. [Online]. Available: <http://www.nsnam.org>
- [4] J. P. Wahyudwi, R. Primananda, and A. Basuki, "Analisis Performansi Protokol Routing Epidemic Dan Spray And Wait Pada DTN Berdasarkan Mobilitas Node," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [5] K. Fall, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets," 2003.
- [6] L. Peluci, A. Passarella, and M. Conti, "Opportunistic Networking: Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Communications Magazine*, 2006.
- [7] N. Benamar, K. D. Singh, M. Benamar, D. El Quadghiri, and J. M. Bonnin, "Routing protocols in Vehicular Delay Tolerant Networks: A comprehensive survey," *Comput Commun*, vol. 48, pp. 141–158, Jul. 2014, doi: 10.1016/j.comcom.2014.03.024.
- [8] H. U. Mustakim, "5G Vehicular Network for Smart Vehicles in Smart City: A Review," *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, vol. 1, no. 1, Jul. 2020, doi: 10.52435/complete.v1i1.44.
- [9] L. Wan, F. Liu, J. Zhang, and H. Zhang, "Performance Evaluation of Routing Protocols for Delay Tolerant Networks," Academy and Industry Research Collaboration Center (AIRCC), May 2015, pp. 01–12. doi: 10.5121/csit.2015.51001.