

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

Ni Putu Vina Yuliani<sup>1</sup>, Indah Ayu Permata Sari<sup>2</sup>, Ngurah Indra ER<sup>3</sup>, Widyadi Setiawan<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Mahasiswa Program Studi, Fakultas, Universitas

<sup>3,4</sup>Dosen Program Studi, Fakultas, Universitas

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

[putuvinayuliani@gmail.com](mailto:putuvinayuliani@gmail.com), [iayu1807@gmail.com](mailto:iayu1807@gmail.com), [indra@unud.ac.id](mailto:indra@unud.ac.id), [widyadi@unud.ac.id](mailto:widyadi@unud.ac.id)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performansi dari pola *routing* dalam jaringan oportunistik untuk diterapkan dalam mentransmisikan informasi mengenai harga produk dan koordinat toko pada daerah Kuta, Badung yang merupakan salah satu pusat pariwisata di Bali dengan memanfaatkan pejalan kaki sebagai perantara serta penerima informasi. Dua pola *routing* dasar yaitu *epidemic* dan *spray and wait*, disimulasikan menggunakan The ONE Simulator kedalam dua skenario diantaranya skenario peningkatan rata-rata kepadatan pejalan kaki dan skenario peningkatan ukuran buffer. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada skenario peningkatan rata-rata kepadatan pejalan kaki pola *routing epidemic* memiliki *delivery probability* lebih tinggi dan *average latency* lebih rendah dibandingkan pola *routing spray and wait*, namun pola *routing spray and wait* memiliki nilai *overhead ratio* yang lebih rendah. Pada skenario peningkatan ukuran buffer, pola *routing spray and wait* memiliki *delivery probability* lebih tinggi dan *average latency* lebih rendah pada ukuran buffer yang lebih kecil. Sedangkan pola *routing epidemic* menghasilkan *delivery probability* lebih tinggi dan *average latency* lebih rendah pada ukuran buffer yang lebih besar, meskipun dengan selisih yang tidak terlalu signifikan.

**Kata kunci** : Jaringan Oportunistik, Jaringan antar Pejalan Kaki, Pola *Routing Epidemic*, Pola *Routing Spray and Wait*

## ABSTRACT

*This research aims to evaluate the performance of routing patterns in opportunistic networks for transmitting time-tolerant information, such as product prices and store coordinates in the Kuta, Badung area by using pedestrians as intermediaries and recipients of information. Two basic routing patterns, epidemic and spray and wait, are simulated using The ONE Simulator into two scenarios including a scenario of increasing average pedestrian density and a scenario of increasing buffer size. The simulation results show that in the scenario of increasing the average pedestrian density, the epidemic routing has a higher delivery probability and lower average latency than the spray and wait routing, but the spray and wait routing has a lower overhead ratio value. In the scenario of increasing buffer size, the spray and wait routing has a higher delivery probability and lower average latency at smaller buffer sizes. Meanwhile, the epidemic routing pattern produces a higher delivery probability and lower average latency at a larger buffer size, although with a difference that is not too significant.*

**Key Words** : Opportunistic Network, Pedestrian Network, Epidemic Routing, Spray and Wait Routing

## 1. PENDAHULUAN

Pada era digital ini, teknologi telah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Data BPS dari hasil pendataan Survei Susenas 2021 menunjukkan 62,10 persen populasi Indonesia telah mengakses internet di tahun 2021. Tingginya penggunaan internet ini mencerminkan iklim keterbukaan informasi dan penerimaan masyarakat terhadap perkembangan teknologi dan perubahan menuju masyarakat informasi. Tingginya jumlah pengguna internet di Indonesia tidak terlepas dari pesatnya perkembangan telepon seluler. Pada tahun 2021 tercatat 90,54 persen rumah tangga di Indonesia telah memiliki/menguasai telepon seluler [1]. Dengan peningkatan yang signifikan terhadap penggunaan internet dan telepon seluler maka diperlukan pembangunan infrastruktur yang memadai agar dapat memenuhi permintaan untuk mengakses informasi melalui jaringan internet yang semakin meningkat tersebut. Namun penggunaan teknologi berbayar untuk penyampaian semua jenis data informasi dirasa kurang efisien, khususnya untuk penyampaian data informasi yang toleran terhadap waktu tunda. Hal tersebut karena informasi yang bersifat toleran terhadap waktu tunda memiliki karakteristik yang tidak cepat berubah sehingga informasi tersebut masih relevan jika terdapat *delay* dalam proses penyampainnya, sehingga informasi tersebut tidak perlu ditransmisikan secara *real time*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut jaringan oportunistik dapat menjadi salah satu alternatif solusi. Jaringan oportunistik memanfaatkan mobilitas node dalam membentuk suatu struktur jaringan dinamis untuk penyampaian data informasi [2]–[4].

Dalam penelitian ini jaringan oportunistik dimanfaatkan untuk mentransmisikan informasi mengenai harga produk dan koordinat toko yang merupakan contoh informasi yang toleran terhadap waktu tunda yang diterapkan pada daerah

pariwisata adapun penelitian ini mengambil daerah Kuta, Badung yang merupakan salah satu pusat pariwisata di Bali.

Namun, untuk mewujudkan konsep ini, diperlukan analisis terhadap performansi pola *routing* yang digunakan untuk mengetahui pola *routing* mana yang paling cocok digunakan pada situasi yang telah dijelaskan tadi. Terdapat sejumlah pengembangan pola *routing* yang telah digunakan dalam jaringan oportunistik agar mendapatkan pola *routing* yang sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Contohnya yaitu pola *routing maxprop*, *prophet*, *first contact* dan *direct delivery*. Namun pengembangan tersebut didasari pada pola *routing* dasar yang merupakan pola *routing* awal yang dikembangkan pada jaringan oportunistik yaitu *routing epidemic* dan *spray and wait*, dimana pola *routing* tersebut hanya memerlukan sejumlah kecil parameter dalam proses pentransmisian pesan. Oleh sebab itu dalam artikel ini, kami menggunakan pola *routing epidemic* dan *spray and wait* [5], [6].

Dalam artikel ini kami menjelaskan lebih lanjut tentang potensi pemanfaatan jaringan pejalan kaki untuk berbagi informasi yang toleran terhadap keterlambatan serta melakukan analisis performansi dari pola *routing epidemic* dan *spray and wait* untuk mengetahui pola *routing* mana yang paling cocok digunakan untuk kondisi yang telah dijelaskan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jaringan Oportunistik

Jaringan oportunistik merupakan salah satu pengembangan dari jaringan MANET (*Mobile Ad Hoc Network*). 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 node sumber ke node tujuan, oleh sebab itu untuk dapat 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]–[9].

## 2.2 Delay Tolerant Network (DTN)

*Delay tolerant network* (DTN) merupakan arsitektur dari jaringan yang bersifat oportunistik. Dari namanya yaitu *delay tolerant network* jaringan ini dirancang untuk dapat tahan terhadap keterlambatan, gangguan, dan pemutusan dari jaringan internet. DTN dirancang memiliki karakteristik unik yang memungkinkannya beroperasi dalam kondisi jaringan yang tidak dapat diandalkan atau memiliki keterbatasan komunikasi. Jaringan Delay Tolerant memungkinkan komunikasi efektif dalam situasi di mana jaringan tradisional tidak dapat beroperasi secara optimal. Contoh penggunaan DTN meliputi komunikasi di daerah terpencil, kawasan bencana, kapal laut, dan misi antarplanet di luar angkasa [2], [3], [10].

## 2.3 Pola Routing Epidemic

Pola *routing epidemic* menerapkan strategi pengiriman pesan dengan multi-salinan yang tidak terbatas. Dengan prinsip bahwa sebuah node awal bertukar pesan dengan node lain yang berada dalam jangkauan node tersebut, sambil menyimpan satu salinan dari setiap pesan untuk pertemuan selanjutnya. Cara kerja *routing epidemic* adalah setiap kali node pengirim bertemu dengan node lainnya maka pertama kali yang dilakukan adalah bertukar *summary vector*, untuk mengidentifikasi pesan apakah node yang baru ditemui sudah mempunyai pesan yang di bawa node pengirim atau tidak, jika tidak maka node pengirim meneruskan salinan pesan yang dibawa. Pesan terus disalin dari satu node ke node lain sampai TTL nya berakhir. Pesan di simpan dalam buffer node. Dengan demikian, pesan tersebut menyebar ke

seluruh jaringan hingga sampai ke node tujuan [11], [12].

## 2.4 Pola Routing Spray and Wait

Pola *routing spray and wait* menerapkan mekanisme pengiriman pesan dengan multi-salinan yang terbatas. Hal tersebut untuk mengatasi masalah flooding yang terjadi pada *routing epidemic*. Perbedaan *routing spray and wait* dengan *routing epidemic* yaitu *routing spray and wait* mengontrol jumlah salinan pesan agar dapat mengurangi cost. Tujuan dari *routing spray and wait* adalah mengontrol flooding dengan membatasi atau mengurangi jumlah *copy* (L) yang dibuat. Dalam pola *routing spray and wait* terdapat dua fase dalam proses penyampaian pesan diantaranya:

Fase *spray* yaitu fase saat *source node* membuat L *copies* untuk disebar ke *relay node*. Fase ini meminimalkan penggunaan resources (sumber daya) dan membatasi pesan yang disalin (*copy message*) pada jaringan. Proses multi-cast dilakukan untuk mengirim beberapa salinan pesan dari *source node* ke *relay node* pada tahapan ini. Jika dalam fase *spray* node destination tetap tidak ditemukan, maka node memasuki tahap selanjutnya yaitu setiap *relay node* yang telah memiliki salinan pesan menunggu hingga destination node ditemukan untuk mentransmisikan pesan The ONE Simulator.

Fase *wait* yaitu fase saat *relay node* menunggu hingga akhirnya bertemu dengan destination node dan melakukan transmisi. Ketika *time-to-live* nya berakhir, *relay node* diperbolehkan untuk menyampaikan pesan ke destination node menggunakan transmisi secara langsung (*direct transmissions*) [5], [13], [14]

## 2.5 The ONE Simulator

Opportunistic Network Environment atau biasa disingkat dengan ONE merupakan sebuah simulator khusus DTN yang handal. Simulator ini sering digunakan untuk mengevaluasi pola – pola *routing* yang ada di DTN. ONE merupakan simulator yang bersifat open source dan berbasis bahasa pemrograman JAVA. Karena bersifat open

source, memungkinkan pengguna untuk membuat pola *routing* baru atau mengembangkan dari pola *routing* yang sudah ada [15], [16].

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sistem Komunikasi Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran - Bali dan dilaksanakan mulai bulan November 2022 hingga Mei 2023.

#### 3.2 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan penelitian yang dilakukan:

1. Studi literatur yang bertujuan untuk memahami secara mendalam mengenai jaringan oportunistik serta jaringan antar pejalan kaki (pedestrian network). studi literatur menggunakan referensi terpercaya dari buku, karya tulis, paper maupun video pada internet.
2. Penyuntingan dan pengunduhan data peta daerah yang digunakan dari situs <http://www.openstreetmap.com>. Data peta dengan format shapefile (.SHP) tersebut kemudian disunting menggunakan perangkat lunak OpenJump dengan memotong area yang digunakan pada simulasi, serta memperbaiki node pada peta apabila ada yang tidak terhubung dengan node lainnya. Kemudian data peta yang telah selesai disunting diubah formatnya kebentuk well-known-text (.wkt) dengan fitur konversi data di OpenJump agar dapat digunakan pada perangkat lunak The ONE Simulator.
3. Pengaturan parameter simulasi. Parameter simulasi diatur agar mendekati kondisi asli sehingga didapatkan hasil simulasi yang diinginkan.
4. Melakukan analisis data hasil simulasi. Setelah simulasi selesai dijalankan maka hasil yang didapat dianalisis untuk mengetahui perbandingan antara pola *routing* yang digunakan.

#### 3.3 Skenario dan Parameter Simulasi

Ilustrasi skenario dari simulasi ini adalah sharing informasi mengenai harga produk yang ada di toko – toko daerah Kuta. Dengan asumsi, setiap pejalan kaki yang melintas di daerah Kuta memiliki satu perangkat seluler cerdas yang berfungsi sebagai pembangkit data. Jenis data yang ditransmisikan berupa koordinat toko atau penjual beserta foto produk dengan resolusi HD. Pada kondisi normal, data tersebut ditransmisikan dengan menggunakan teknologi nirkabel berbayar. Namun, pada capstone project ini ditawarkan solusi yaitu data ditransmisikan secara gratis melalui Bluetooth Classic pada perangkat seluler cerdas masing – masing.

Selanjutnya ilustrasi skenario diuji untuk mengetahui nilai performansi parameter *delivery probability*, *average latency*, serta *overhead ratio* dari pola *routing epidemic* dan *spray and wait* dalam dua skenario berbeda yaitu skenario penambahan kepadatan pejalan kaki yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bertambahnya jumlah pejalan kaki terhadap performansi dari kedua pola *routing* yang ingin diuji, dengan ukuran buffer yang diatur agar mencukupi seluruh pesan yang tercipta selama simulasi berlangsung, sehingga pada skenario pertama ukuran buffer tidak mempengaruhi hasil dari pengujian. Sementara untuk skenario penambahan ukuran buffer dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran buffer terhadap performansi dari kedua pola *routing* yang ingin diuji, dengan rata – rata pejalan kaki yang digunakan diatur pada kondisi normal sehingga pengamatan terhadap pengaruh buffer terhadap pola *routing epidemic* dan *spray and wait* dapat dilakukan dengan maksimal.

Adapun parameter yang digunakan pada kedua skenario tersebut ditunjukkan oleh tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Parameter Simulasi Skenario 1

Parameters	Values
Map Size	3.4 km x 1.7 km
Simulation Time	12 hours
Message Time-to-Live	12 hours

Message Generation Interval	1 message per 5 minute						
Message Size	1.000 kilobytes						
Node Source	105						
Interface Type	Bluetooth Classic						
Transmission Range	10 m						
Transmission Rate	250 kbps						
Messages Copy (for Spray and Wait Routing) per 5 minute	4	2	53	2	4	6	8
		7		1	2	3	4
				2	4	6	8
Average Pedestrian Density per km <sup>2</sup>	0,	5	10	4	8	1	1
	7			0	0	2	6
	5					0	0
Buffer Size	1060 Mb						
<b>Exploratory-type of Pedestrian</b>							
Number of Pedestrians	2	1	2	1	2	3	4
		3	7	0	1	1	2
			6	2	8	4	2
Movement Model	Map Based Movement						
Movement Speed	1 - 1,5 m / s						
Stationary Time at Each Waypoint	0 - 30 minute						
<b>Coordinated Type of Pedestrian</b>							
Number of Pedestrians	2	1	2	1	2	3	4
		3	7	0	1	1	2
			6	2	8	4	4
Movement Model	Shortest Path Map Based Movement						
Movement Speed	1 - 1,5 m / s						
Stationary Time at Each Waypoint	0 - 30 minute						

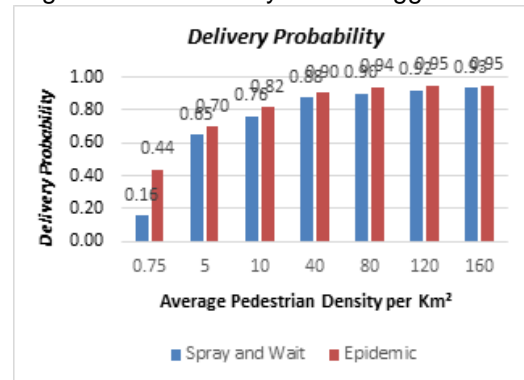
Tabel 2. Parameter Simulasi Skenario 2

Parameters	Values
Map Size	3.4 km x 1.7 km
Simulation Time	12 jam
Message Time-to-Live	12 jam
Message Generation Interval	1 message per 5 minute
Message Size	1.000 kilobytes
Node Source	105
Interface Type	Bluetooth Classic
Transmission Range	10m
Transmission Rate	250 Kbps
Average Pedestrian Density per km <sup>2</sup>	40 per km <sup>2</sup>
Jumlah Salinan Pesan (for Spray and Wait Routing) per 5 minute	212
Buffer Size (Mega Byte)	1 3 5 7 9 1 1 1 4 0 0 0 0 0 0 0 0
<b>Exploratory-type of Pedestrian</b>	
Number of Pedestrians	106
Movement Model	Map Based Movement
Movement Speed	1 - 1,5 m/s
Stationary Time at Each Waypoint	0 - 30 minute
<b>Coordinated Type of Pedestrian</b>	
Number of Pedestrians	106
Movement Model	Shortest Path Map Based Movement
Movement Speed	1 - 1,5 m/s
Stationary Time at Each Waypoint	0 - 30 minute

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Simulasi dengan Skenario Peningkatan Rata - rata kepadatan pejalan kaki

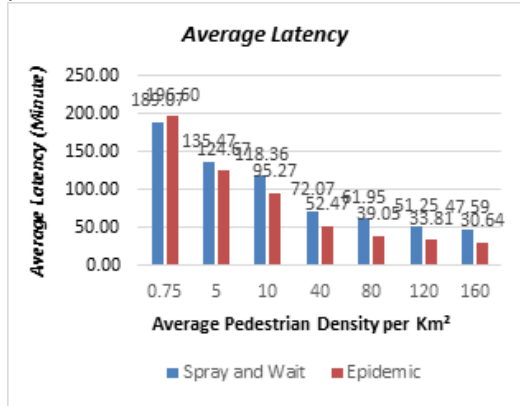
Grafik perbandingan hasil *delivery probability* pada Gambar 1 menunjukkan korelasi antara penambahan rata-rata kepadatan pejalan kaki, hasil yang didapat menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah rata-rata kepadatan pejalan kaki menyebabkan nilai *delivery ratio* yang meningkat pada kedua jenis pola *routing*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi rata – rata kepadatan pejalan kaki dalam suatu wilayah, maka semakin besar juga tingkat keberhasilan tersampainya pesan. Dalam jaringan oportunistik, jika kepadatan node bergerak dalam suatu wilayah semakin tinggi maka kemungkinan pesan dapat tersampaikan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kepadatan node, semakin banyak node yang dapat dijumpai oleh pesan selama perjalanan. Akibatnya, kemungkinan salinan pesan berhasil diteruskan ke node tujuan meningkat, sehingga waktu yang diperlukan untuk pengiriman pesan lebih cepat dan tingkat keberhasilannya lebih tinggi.



Gambar 1. Hasil Delivery Probability pada Skenario 1

Pada rata – rata kepadatan pejalan kaki yang rendah faktor yang dapat menyebabkan nilai dari *delivery probability* rendah adalah masa TTL (*Time to Live*) dari pesan habis sebelum pesan dapat sampai ke tujuan. Hal ini diakibatkan karena jumlah pejalan kaki yang sedikit menyebabkan waktu yang diperlukan untuk menyampaikan informasi ke node tujuan terlalu lama sehingga melewati TTL (*Time to Live*) dari pesan yang menyebabkan pesan dibuang atau *aborted*.

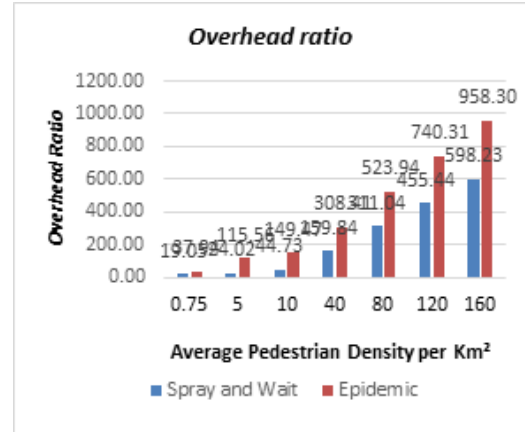
Peningkatan jumlah rata-rata kepadatan pejalan kaki juga menyebabkan nilai *average latency* yang terus menurun. karena semakin banyak pejalan kaki yang terlibat untuk penerusan pesan maka pesan tidak perlu menunggu waktu lama untuk dapat sampai ketujuan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Average Latency pada Skenario 1

Average latency yang tinggi pada kepadatan rendah dapat disebabkan karena pada kepadatan rendah, jumlah pejalan kaki yang bergerak pada suatu area juga rendah. Hal ini menyebabkan koneksi antar node yang terbentuk juga menjadi jarang, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pertukaran informasi antar node menjadi lebih lama. Selain itu, pada simulasi yang dilakukan jarak maksimum transmisi dari interface yang digunakan adalah 10 m. Jarak tersebut tentunya membatasi area jaringan yang dapat dicakup oleh setiap node dan menyebabkan perlu adanya banyak node untuk meng-cover area yang lebih luas sehingga dapat meningkatkan nilai dari *average latency*.

Namun peningkatan jumlah rata-rata pejalan kaki yang semakin tinggi juga mengakibatkan nilai *overhead ratio* semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6.

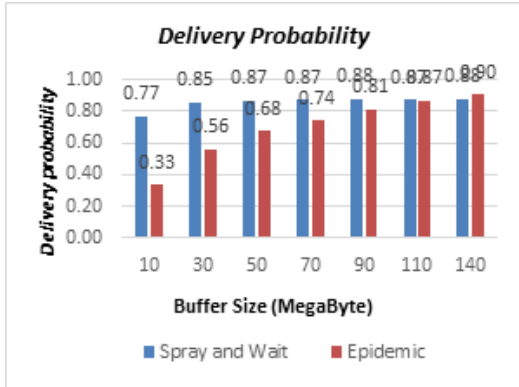


Gambar 6. Hasil Overhead Ratio pada Skenario 1

Hal ini terjadi karena nilai *overhead ratio* dipengaruhi oleh jumlah pesan yang di-relay dan jumlah pesan yang berhasil tersampaikan. Sehingga semakin banyak pejalan kaki yang terlibat dalam proses pengiriman pesan, maka proses *relay* juga meningkat. Yang menyebabkan pada kepadatan pejalan kaki tertinggi menghasilkan nilai *overhead ratio* yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak pejalan kaki yang terlibat dalam proses tersebut, semakin banyak pula pesan yang perlu di-relay, yang mengakibatkan meningkatkan nilai *overhead ratio*.

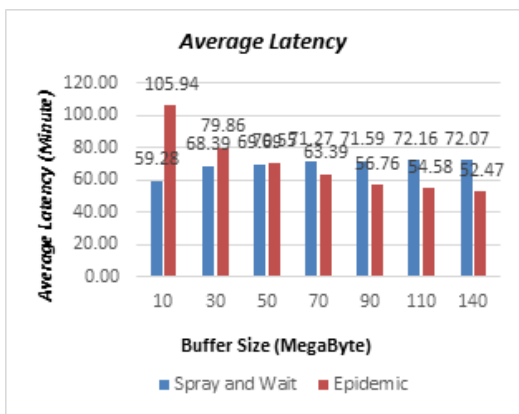
#### 4.2 Hasil Simulasi dengan Skenario Peningkatan Ukuran Buffer

Grafik perbandingan hasil *delivery probability* pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pola *routing spray and wait* memiliki nilai *delivery probability* yang lebih baik pada ukuran buffer 10 hingga 90 Mb dibandingkan dengan pola *routing epidemic*, sementara pada ukuran buffer 110 Mb nilai *delivery probability* yang dihasilkan oleh kedua pola *routing* tersebut setara bahkan pada ukuran buffer 140 Mb pola *routing epidemic* memiliki nilai *delivery probability* yang lebih tinggi dari pola *routing spray and wait*, meskipun selisih yang dihasilkan tidak terlalu tinggi yaitu hanya 0.02.



Gambar 7. Hasil Delivery Probability pada Skenario 2

Hal tersebut adalah karena pada pola *routing spray and wait* jumlah salinan pesan yang dibuat dapat dibatasi sehingga pesan dapat disimpan pada buffer yang lebih sedikit. Hal tersebut mengakibatkan pada ukuran buffer yang berbeda - beda nilai dari *delivery probability* yang dihasilkan pola *routing spray and wait* meningkat dan cenderung stabil bahkan pada ukuran buffer yang paling rendah. Sementara pada pola *routing epidemic* nilai *delivery probability* yang dihasilkan pada ukuran buffer yang paling rendah lebih kecil dari pola *routing spray and wait* namun grafiknya cenderung meningkat seiring meningkatnya ukuran buffer. Hal tersebut karena pada pola *routing epidemic* jumlah salinan pesan yang dapat dibuat tidak terbatas dan semua node yang terlibat dapat membuat salinan pesan sehingga pola *routing epidemic* memerlukan ukuran buffer yang lebih besar daripada pola *routing spray and wait* agar dapat bekerja lebih baik.



Gambar 8. Hasil Average Latency pada Skenario 2

Grafik perbandingan hasil *average latency* pada Gambar 8 menunjukkan bahwa pola *routing spray and wait* memiliki nilai *average latency* yang cenderung meningkat dengan bertambahnya ukuran buffer sementara pada pola *routing epidemic* nilai *average latency* yang dihasilkan cenderung menurun seiring bertambahnya ukuran buffer. Selain itu juga dapat dilihat dalam grafik bahwa nilai *average latency* yang dihasilkan pola *routing epidemic* lebih tinggi dibandingkan pola *routing spray and wait* pada ukuran buffer 10 hingga 50 Mb, tetapi pada ukuran buffer 70 hingga 140 Mb nilai *average latency* yang dihasilkan oleh pola *routing spray and wait* lebih tinggi dibandingkan pola *routing epidemic*. Hal ini dapat disebabkan oleh mekanisme pengiriman pesan yang berbeda pada kedua pola *routing* tersebut. Pada pola *routing spray and wait*, salinan pesan hanya dapat dibuat oleh node sumber dan jumlahnya dapat dibatasi, sementara node lainnya hanya bertugas untuk meneruskan salinan pesan yang telah dibuat oleh node sumber. Sedangkan pada pola *routing epidemic*, salinan pesan dapat dibuat oleh semua node yang terlibat dalam jaringan.

### 5. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dalam studi ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan jaringan pejalan kaki untuk mengirimkan informasi tentang harga produk dan koordinat toko sangat mungkin untuk dikembangkan. Ketika dilihat dari kinerja pola rute yang dapat digunakan antara pola *routing epidemic* dan pola *routing spray and wait*, dapat dikatakan bahwa *routing epidemic* kinerjanya lebih baik dalam skenario peningkatan kepadatan pejalan kaki tanpa pembatasan buffer. Namun, pola *routing spray and wait* lebih baik dalam skenario menambahkan ukuran buffer yang lebih kecil, karena pada ukuran buffer yang lebih besar, perbedaan antara dua pola tidak begitu signifikan. Sebagai kesimpulan, pola *routing epidemic* lebih baik digunakan pada

kepadatan pejalan kaki yang rendah, sedangkan pola *routing spray and wait* lebih disarankan dalam kondisi dengan ukuran *buffer* terbatas dan kepadatan pejalan kaki yang tinggi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Statistik Telekomunikasi Indonesia 2021."  
<https://www.bps.go.id/publication/2022/09/07/bcc820e694c537ed3ec131b9/statistik-telekomunikasi-indonesia-2021.html> (accessed Jul. 15, 2023).
- [2] K. Fall, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets," 2003.
- [3] S. Jain, K. Fall, and R. Patra, "Routing in a Delay Tolerant Network," 2004.
- [4] 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.
- [5] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra, "Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks," 2005.
- [6] A. Vahdat and D. Becker, "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks."
- [7] W. Wang, F. Guo, F. Zheng, W. Tang, and J. Wang, "Research on routing protocols and simulation analysis for opportunistic networks," *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, vol. 10, no. 3, pp. 181–202, 2015, doi: 10.14257/ijmue.2015.10.3.18.
- [8] L. Peluci, A. Passarella, and M. Conti, "Opportunistic Networking: Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Communications Magazine*, 2006.
- [9] 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."
- [10] H. Eriksson and P. Jönsson, "Implementation and Analysis of the Bundling Protocol for Delay-Tolerant Network Architectures".
- [11] O. A. Mustari and A. Lawi, "ANALYSIS OF PERFORMANCE OF EPIDEMIC AND SPRAY AND WAIT ROUTING IN DELAY TOLERANT NETWORK ARCHITECTURE BASED ON NODE DENSITY IN SOUTH SULAWESI AREA."
- [12] F. De Rango, S. Amelio, and P. Fazio, "Epidemic Strategies in Delay Tolerant Networks from an Energetic Point of View: Main Issues and Performance Evaluation."
- [13] 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>
- [14] N. Indra Er, "Car-based data collection for low energy devices." [Online]. Available: <https://hal-imt-atlantique.archives-ouvertes.fr/tel-03528099v3>
- [15] A. Keränen, J. Ott, and T. Kärkkäinen, *The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation*. 2009. [Online]. Available: <http://www.nsnam.org>
- [16] A. Sharma, P. Gupta, and J. Grover, "Configuration of ONE Simulator using Eclipse."