

Analisis Perbandingan Performasi Protokol Routing *Spray and Wait* dengan Protokol Routing *Epidemic* di Jaringan Oportunistik menggunakan *The ONE Simulator*
Comparative Performance Analysis of Spray and Wait Routing Protocol with Epidemic Routing Protocols in Opportunistic Networks using The ONE Simulator

Radifan Patria Eleazar¹, Triawan Adi Cahyanto^{2*}

¹Mahasiswa Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: radifan420@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember *Koresponden Author
email: triawanac@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Jaringan oportunistik adalah jaringan nirkabel yang tidak memerlukan instalasi infrastruktur dalam pembentukannya, akan tetapi jaringan ini tidak selalu memiliki jalur yang tersedia antara *source* node dengan *destination* node karena pergerakan semua nodenya yang selalu acak dan selalu berpindah-pindah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perbandingan performasi protokol *routing* pada jaringan oportunistik, yaitu protokol *routing Spray and Wait* dengan protokol *routing Epidemic* menggunakan *The ONE (Opportunistic Network Environment) Simulator*. Skenario simulasi yang digunakan yaitu penambahan jumlah node pada area (*density*), penambahan ukuran *buffer* atau ruang penyimpanan pada node, penambahan waktu hidup atau *Time-to-Live (TTL)* pada pesan, penambahan jumlah salinan pesan yang dibuat oleh *source* node (*Lcopies*), serta penambahan *density* dan *Lcopies*. Parameter performasi yang digunakan yaitu *Delivery Probability*, *Overhead Ratio*, *Average Latency*, *Dropped Messages*, dan *Average Buffer Occupancy*. Hasil pengujian simulasi menunjukkan protokol *routing Epidemic* memiliki rasio pengiriman yang tinggi dan waktu pengiriman pesan dari *source* node ke *destination* node yang lebih cepat dibandingkan pada protokol *routing Spray and Wait*, dengan kata lain *Delivery Probability* dan *Average Latency* pada protokol *routing Epidemic* lebih baik daripada protokol *routing Spray and Wait*. Sedangkan pada protokol *routing Spray and Wait*, jumlah rata-rata pengiriman salinan pesannya dari *source* node hingga pesan sampai pada *destination* node tidak sebanyak pada protokol *routing Epidemic* sehingga jumlah pesan yang dibuang karena kendala ruang penyimpanan yang meluap tidak sebanyak dan sebesar protokol *routing Epidemic*. Hal ini berpengaruh pada *Overhead Ratio*, *Dropped Messages*, dan *Average Buffer Occupancy* pada protokol *routing Spray and Wait* yang relatif lebih kecil dan lebih baik dibandingkan protokol *routing Epidemic*.

Kata Kunci: Jaringan Oportunistik; Parameter Performasi; Protokol Routing; Skenario Simulasi.

Abstract

Opportunistic network is a wireless network that does not require installation of infrastructure in their formation, but this network does not always have an available path between the source node and the destination node because the movement of all nodes is always moving randomly. This study aimed to analyse the performance comparison of routing protocols on opportunistic network, namely Spray and Wait routing protocols with Epidemic routing protocols using The ONE (Opportunistic Network Environment) Simulator. The simulation scenario is increasing the number of nodes in the area (density), increasing the buffer size or storage space on the node, increasing the life time or Time-to-Live (TTL) on messages, increasing the number of copies of messages that generated by the source node (L copies), as well as the addition of density and L copies. The performance parameters used are Delivery Probability, Overhead Ratio, Average Latency, Dropped Messages, and Average

Buffer Occupancy. The simulation test results showed that the Epidemic routing protocol has a high delivery rate and a faster message time delivery from the source node to the destination node than the Spray and Wait routing protocol. In other words, the Delivery Probability and Average Latency of Epidemic routing protocol are better than Spray and Wait routing protocol. Whereas in Spray and Wait routing protocol, the average number of sending copies of messages from the source node until arrived at the destination node is not as much as in Epidemic routing protocol so that the number of messages dropped due to overflowing storage space constraint is not as much and as large as the Epidemic routing protocol. This affects the Overhead Ratio, Dropped Messages, and Average Buffer Occupancy of Spray and Wait routing protocol which is relatively smaller and better than Epidemic routing protocol.

Keywords: *Opportunistic Network; Performance Parameters; Routing Protocols; Simulation Scenario.*

1. PENDAHULUAN

Dengan pesatnya perkembangan teknologi dan meluasnya jaringan komunikasi, komunikasi telah mematahkan waktu dan jarak. Semua orang dapat mengakses jaringan dimanapun mereka berada dan berkomunikasi secara langsung dan berkomunikasi secara efektif (Zhang et al., 2019). Jaringan oportunistik dapat dimanfaatkan sebagai jalan keluar untuk mengatasi masalah atau kendala pada jaringan yang menyediakan beragam informasi.

Mobile Ad Hoc Network (MANET) merupakan konsep komunikasi yang tidak perlu pembangunan infrastruktur, MANET juga menggunakan *multi-hop wireless communication* (smartphone, laptop, dll) yang pada dasarnya memiliki *end-to-end path* atau memiliki jalur yang tersedia antara *source* dengan *destination*. Setiap node pada MANET dapat bertindak sebagai *relay* atau penyedia jalan antara *source* dengan *destination*, sehingga semua node pada jaringan bertanggung jawab dalam proses komunikasi dan transportasi data (Schiller, 2003). Pada MANET telah dikembangkan suatu protokol komunikasi yang menyediakan koneksi dalam keadaan konektivitas *end-to-end* yang tidak normal, memungkinkan komunikasi dalam lingkungan dengan konektivitas silang, waktu penundaan yang besar dan berubah-ubah, serta tingkat error yang tinggi, protokol komunikasi ini disebut dengan *Delay Tolerant Network*

(DTN) atau bisa disebut juga dengan Jaringan Oportunistik atau *Opportunistic Network*.

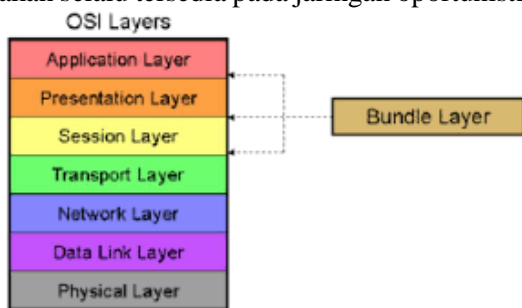
DTN menerapkan metode *store-carry-forward* yang berarti sebuah paket data yang melewati node-node perantara (router) akan disimpan terlebih dahulu sebelum diteruskan. Hal tersebut bertujuan untuk mengantisipasi jika node berikutnya tidak dapat dijangkau karena kendala mati daya ataupun mengalami kendala yang lain. Selama proses pengiriman informasi, node akan terus melakukan proses *store-carry-forward* hingga *destination* node atau node tujuan ditemukan. Untuk mekanisme pengiriman informasinya, DTN memiliki beberapa protokol *routing*. Diantaranya adalah protokol *routing Spray and Wait* dan protokol *routing Epidemic*.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perbandingan performansi dari protokol *routing Spray and Wait* dengan protokol *routing Epidemic*, sehingga bisa diketahui protokol mana yang lebih bisa diandalkan dengan mengukur parameter performansi yaitu *Delivery Ratio/Probability*, *Overhead Ratio*, *Latency Average*, *Buffer Occupancy*, dan *Message Drop*. Hasilnya dapat dilihat dengan menambahkan jumlah node (*density*), menambahkan *buffer*, menambahkan *Time-To-Live* (TTL), dan membatasi jumlah copy khusus pada *routing Spray and Wait* (*Lcopies*) yang berpengaruh pada *Delivery Ratio/Probability*, *Overhead Ratio*, *Latency Average*, *Buffer Occupancy*, dan *Messages Drop*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan Oportunistik

Jaringan nirkabel yang sering terjadi pemutusan *link* serta *latency* yang tinggi antara tiap node merupakan karakteristik jaringan oportunistik. Tidak ada jalur yang terbentuk secara langsung dari *source* node ke *destination* node atau tidak ada jalur *end-to-end path* antara node untuk jangka waktu yang panjang pada jaringan (Woungang et al., 2013). Node-node pada jaringan oportunistik mengirim pesannya tanpa membentuk jalur lengkap antara *source* dan *destination* atau tidak tersedianya *end-to-end path* antara *source* dan *destination*. Setelah jalurnya terbentuk, tidak ada jaminan jalur tersebut akan selamanya begitu karena node-nodenya selalu bergerak dan berpindah-pindah. Tidak ada jaminan jalur antara *source* dan *destination* akan selalu tersedia pada jaringan oportunistik.

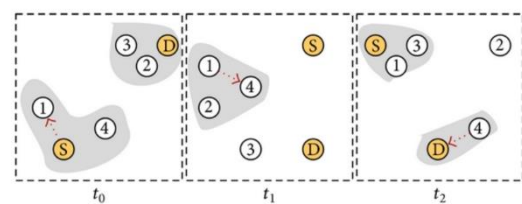


Gambar 1 Bundle Layer
 Sumber: (Jonson et al., 2008)

Bundle bisa diasumsikan berupa paket pada jaringan oportunistik. Pada layer tambahan atau disebut *bundle layer* dilakukan proses *store-carry-forward* dalam jaringan oportunistik, sedangkan *bundle* sendiri bisa diasumsikan dengan pesan yang hanya disimpan untuk sementara. Pesan akan tetap disimpan atau di *store and carry* oleh node yang terakhir yang masih berfungsi jika terjadi permasalahan pada salah satu *relay* node. Jika *relay* node berikutnya telah tersedia atau sudah normal kembali maka pesan yang disimpan akan diteruskan atau di *forward* ke *relay* node yang telah tersedia tersebut. Pada jaringan oportunistik, *forwarding* data terjadi jika tidak

ada koneksi yang tersedia antara *source* dan *destination* hingga node *source* menemukan *relay* node untuk diteruskan pesannya ke node *destination*.

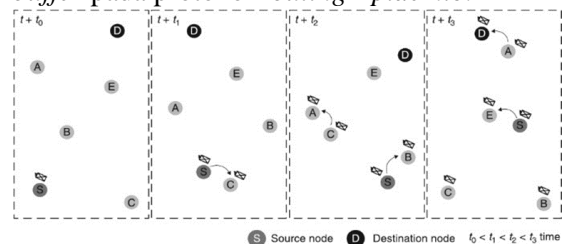
Konsekuensi dari metode *store-carry-forward* sendiri yaitu semua node pada jaringan oportunistik harus memiliki *storage* atau media penyimpanan. Fungsi *storage* sendiri yaitu untuk menyimpan sementara pesan yang akan di *forward* pada node berikutnya apabila koneksinya masih belum tersedia.



Gambar 2 Metode *store-carry-forward*
 Sumber: (Kerdsri & Wipusitwarakun, 2015)

2.2. Protokol Routing Epidemic

Protokol *routing Epidemic* merupakan protokol *routing* yang menggunakan teknik membanjiri jaringan dengan pesan, dimana pesan akan dikirimkan ke semua node yang ditemuinya hingga pesan sampai pada node tujuannya (Rizal et al., 2018). Setiap satu node bertemu node lain maka node yang memiliki pesan akan menyalin pesannya dan meneruskannya ke semua node *relay* yang ditemuinya, begitu pula node *relay* yang telah memiliki salinan pesan tersebut akan menyalin pesan ke *relay* node yang lain jika saling bertemu. Hal tersebut mengakibatkan borosnya *buffer* pada protokol *routing Epidemic*.



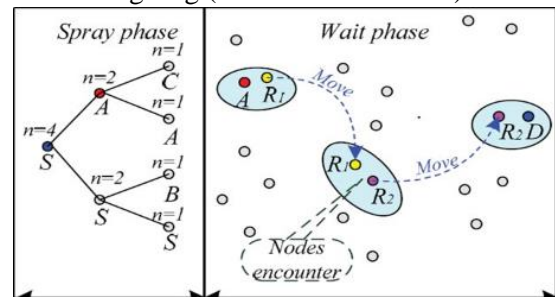
Gambar 3 Konsep Flooding
 Sumber: (Ratu et al., 2016)

2.3. Protokol Routing Spray and Wait

Adanya *routing Spray and Wait* adalah untuk mengatasi masalah *flooding* (Spyropoulos et al., 2005) yang terjadi pada *routing Epidemic*, perbedaan *routing Spray and Wait* dengan *routing Epidemic* yaitu *routing Spray and Wait* akan mengontrol jumlah salinan pesan agar dapat mengurangi *cost*. Penyebaran pesan protokol *routing Spray and Wait* hampir sama dengan *routing Epidemic*, bedanya hanya pada pengontrolan jumlah pesan yang disalin pada jaringan. Ketika pesan telah menyebar di setiap *relay node*, setidaknya salah satu *relay node* tersebut akan menemukan *destination node* dengan cepat atau bisa disebut *delivery ratio/probability* yang tinggi.

Pada *routing Spray and Wait* terdiri dari dua fase, yaitu fase *spray* dan fase *wait*. Untuk fase yang pertama adalah fase *spray*, dimana pada fase ini *source node* membuat L *copies* untuk disebarkan 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 akan memasuki tahap selanjutnya dimana setiap *relay node* yang telah memiliki salinan pesan akan menunggu hingga *destination node* ditemukan untuk mentransmisikan pesan (*message*). Saat *destination node* tetap tidak dapat ditemukan maka *relay node* yang telah memiliki salinan pesan akan memasuki tahap *wait* dimana pada tahap ini setiap *relay node* yang memiliki salinan pesan akan melakukan *direct transmission* ke *destination node*. Pada fase *wait*, sebuah node akan meneruskan pesan/*message* ke *relay node* yang lain sampai node tersebut hanya menyisakan satu pesan/*message* saja, dan node yang hanya memiliki satu salinan pesan akan masuk dalam fase *wait*. Pada titik ini, *relay node* akan menunggu hingga akhirnya bertemu dengan *destination node* dan melakukan transmisi.

Ketika *Time-to-Liveness* berakhir, *relay node* diperbolehkan untuk menyampaikan pesan ke *destination node* menggunakan transmisi secara langsung (*direct transmissions*).



Gambar 4 Fase Spray dan Fase Wait
Sumber: (Ratu et al., 2016)

Pada gambar ditunjukkan teknis penyebaran salinan pesan secara cepat ke *relay node* yang ditemui seperti pohon biner pada tahap *spray* ini. Dapat diasumsikan jika node S atau *source node* membuat salinan pesan sebanyak 4 *forwarding tokens*, pada saat node A yang notabene tidak memiliki salinan pesan bertemu dengan node S maka node S akan membagikan setengah dari jumlah pesan yang tadi dibuat kepada node A ($L/2$). Selanjutnya node A dan node S akan mengulangi operasi yang serupa saat bertemu dengan node C dan node B hingga semua node hanya memiliki 1 *forwarding token* dan akan memasuki tahap berikutnya yaitu fase *wait*, pada tahap ini node A dan node S sama-sama hanya memiliki 1 *forwarding token* saja ($L=1$) dan akan memasuki tahap berikutnya yaitu fase *wait* dan akan menunggu sampai bertemu dengan *destination node* agar bisa mendirect *transmission* pesan tersebut.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan map Helsinki dari aplikasi *The ONE Simulator* dan menentukan parameter skenario simulasi yang telah ditentukan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

3.1. Parameter Simulasi

Berikut adalah parameter yang digunakan dan telah ditentukan saat simulasi dan dijadikan basis atau acuan pada simulasi skenario penambahan parameter berikutnya.

Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameters	Value
Simulation Time	86400 seconds (1 days)
Simulation Area	4500x3400 meters
Routing Protocols	Spray and Wait; Epidemic Map Based
Node Mobility	Movement; Shortest Path Map Based Movement
Node movement Speed	1.5-2.5 Mbps
Transmission Speed	250 Kbps
Transmission Range	10 meters
Message Size	10 Kb
Generating Message Interval	10 minutes

Sumber: Ketentuan Penulis

3.2. Skenario Penambahan Parameter

Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter untuk melihat keunggulan serta kelemahan dari protokol *routing Spray and Wait* dan protokol *routing Epidemic* itu sendiri yaitu dilihat dari penambahan jumlah node (*density*), penambahan ukuran *buffer*, penambahan *Time-to-Live*, serta penambahan *L copies* pada *routing Spray and Wait* (jumlah *copy message*) yang nantinya berpengaruh terhadap *delivery probability*, *overhead ratio*, *latency average*, *buffer occupancy*, dan *messages drop*.

Tabel 2 Penambahan Parameter

Parameters	Value
Density	25; 50; 75; 100; 125 nodes
Buffer Size	5; 10; 15; 20; 25 Mb
Time-to-Live	60; 120; 180; 240; 300 minutes
Lcopies	5; 7; 9; 11; 13 messages
Lcopies and Density	(5; 7; 9; 11; 13) messages and (25;

50; 75; 100; 125)
nodes

Sumber: Ketentuan Penulis

3.3. Pengukuran Parameter Performansi

Ada lima pengukuran parameter yang digunakan dan telah ditentukan pada penelitian sebelumnya untuk parameter kinerja atau parameter performansi pada penelitian ini.

3.1.1. Delivery Probability

Delivery probability adalah berapa banyaknya pesan yang terkirim ke tujuan yang tepat dan berapa banyak pesan yang dibuat (dalam hal ini adalah pesan yang orisinal atau “*new messages*” bukan salinan pesannya atau “*copy message*”). Berikut ini adalah rumus untuk mencari nilai dari *Delivery Probability* (Reza et al., 2019).

$$\text{delivery probability} = \frac{\text{total delivered messages}}{\text{total generated messages}} \quad (1)$$

3.1.2. Overhead Ratio

Overhead ratio merupakan banyaknya jumlah pesan yang terkirim (*direlay*) dari jumlah salinan pesan yang dibuat. Dalam hal ini *costnya* adalah salinan pesannya. Berikut rumus untuk mencari nilai *Overhead Ratio* (Reza et al., 2019).

$$\text{overhead ratio} = \frac{\text{total relayed messages} - \text{total delivered messages}}{\text{total delivered messages}} \quad (2)$$

3.1.3. Latency Average

Rata-rata *end-to-end delivery delay* bisa disebut juga *Latency Average*. *End-to-end delay* adalah waktu yang dibutuhkan paket dalam jaringan dari saat paket dikirim hingga diterima oleh node tujuan. Jika ada pesan, kapan pesan itu dibuat dan kapan pesan itu sampai ke tujuan, dan yang dihitung adalah salinan pesan yang pertama kali sampai ke *destination*. Jika ada banyak salinan maka pesan yang dihitung adalah pesan yang pertama kali sampai ke tujuan, pesan lainnya akan diabaikan atau di *drop*. Pada dasarnya *delay* merupakan suatu indikator yang cukup

penting untuk perbandingan protokol routing, karena besarnya sebuah *delay* dapat memperlambat kinerja protokol routing tersebut. Berikut untuk rumus *Latency Average* (Nurwarsito, 2020).

$$\text{average latency} = \frac{\text{sum of latency of delivered messages}}{\text{total generated messages}} \quad (3)$$

3.1.4. *Dropped Messages*

Jika pesan telah habis masa hidupnya atau TTL telah berakhir karena *relay* node belum sempat bertemu dengan *destination* node serta jika *source* node terus membuat pesan (*generate*) maka *relay* node yang menerima salinan pesan akan menyimpan dalam *buffer*, jika terlalu lama menyimpannya dalam *buffer* maka akan menyebabkan *buffer overflow* yang akan menyebabkan *message drop* sehingga *relay* node tersebut bisa menerima salinan pesan yang baru.

3.1.5. *Average Buffer Occupancy*

Jumlah pemakaian ruang *buffer* yang dipakai dan dirata-ratakan atau dipersenkan merupakan *buffer occupancy*. Banyaknya *message drop* bisa dijadikan acuan untuk mengecek *buffer occupancy*. Dalam hal tersebut dapat menunjukkan berapa kejadian terjadinya *buffer overflow* dan menjelaskan berapa banyak *buffer overflow* (*buffernya* penuh atau meluap).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui perbandingan dari *routing* protokol *Spray and Wait* dengan *routing* protokol *Epidemic* maka akan dilakukan pengujian simulasi yang diukur dengan parameter performasi menurut skenario yang telah disiapkan pada perencanaan skenario simulasi pada Bab sebelumnya. Hasil simulasi dapat diketahui pada keluaran (*output*) yang berupa *file text* (txt) di folder *reports* pada program *The ONE simulator* setelah melakukan pengujian berupa GUI maupun *batch mode*.

Pada bab berikut akan ditampilkan hasil simulasi dari pengujian protokol *routing Spray*

and *Wait* dan protokol *routing Epidemic* dengan skenario pergerakan node *Map Based Movement* dan *Shortest Path Map Based Movement*. Hasil simulasi berikut adalah simulasi dengan skenario penambahan jumlah node atau *density*, penambahan ukuran ruang *buffer*, penambahan *Time-to-Live*, pada *routing Epidemic* dan *Spray and Wait*, serta penambahan *Lcopies* dan *Lcopies Density* pada protokol *routing Spray and Wait* dengan mengambil nilai terbaiknya pada tiap2 penambahan parameter.

4.1. Penambahan *Density*

Tabel 3 *density; delivery probability*

<i>Node Mobility</i>	<i>Delivery Probability</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement</i>	0,8803	0,4786
<i>Shortest Path Map Based Movement</i>	0,9915	0,8718

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 *density; overhead ratio*

<i>Node Mobility</i>	<i>Overhead Ratio</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement</i>	30,6522	9,1346
<i>Shortest Path Map Based Movement</i>	22,5091	5,5588

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5 *density; latency average*

<i>Node Mobility</i>	<i>Latency Average</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement</i>	3092,9029	3509,4679
<i>Shortest Path Map Based Movement</i>	1517,2226	2868,7118

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 6 density; dropped messages

Node Mobility	Dropped Messages	
	Epidemic	Spray and Wait
Map Based Movement	782	469
Shortest Path Map Based Movement	2476	628

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada simulasi penambahan *density* terlihat pada *delivery probability* lebih tinggi pada *routing Epidemic* pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* (SPMBM) sebesar 0,9915 ini bisa dikarenakan konsep dari *routing Epidemic* yang membanjiri jaringan dengan pesan sehingga lebih cepat mengirimkan pesan pada *destination*. Untuk jumlah pengiriman salinan pesan lebih baik pada *routing Spray and Wait* pergerakan SPMBM pada 5,5588 pesan. Untuk pesan yang lebih cepat sampai pada *destination* yaitu *routing Epidemic* pergerakan SPMBM dalam waktu 1517,2226 detik. Untuk jumlah pesan yang dibuang masih lebih baik pada *Spray and Wait* pergerakan *Map Based* dengan jumlah 469 pesan. Dilihat dari banyaknya pesan yang dibuang dapat dijadikan acuan *Average Buffer Occupancy* yang meluap.

4.2. Penambahan Buffer Size

Tabel 7 buffer size; delivery probability

Node Mobility	Delivery Probability	
	Epidemic	Spray and Wait
Map Based Movement	0,6752	0,5385

Shortest Path		
Map Based Movement	0,9915	0,8376

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8 buffer size; overhead ratio

Node Mobility	Overhead Ratio	
	Epidemic	Spray and Wait
Map Based Movement	28,1519	6,8254
Shortest Path Map Based Movement	46,6034	5,7143

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 9 buffer size; latency average

Node Mobility	Latency Average	
	Epidemic	Spray and Wait
Map Based Movement	3411,4367	2828,0548
Shortest Path Map Based Movement	2100,7612	2894,3874

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 10 buffer size; dropped messages

Node Mobility	Dropped Messages	
	Epidemic	Spray and Wait
Map Based Movement	2202	505
Shortest Path Map Based Movement	5240	626

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada simulasi penambahan *buffer size* terlihat pada *delivery probability* lebih tinggi pada *routing Epidemic* pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* (SPMBM) sebesar 0,9915 ini bisa dikarenakan konsep dari *routing Epidemic* yang membanjiri jaringan dengan pesan sehingga lebih cepat mengirimkan pesan pada *destination*. Untuk jumlah pengiriman salinan pesan lebih baik

pada *routing Spray and Wait* pergerakan SPMBM pada 5,7143 pesan. Untuk pesan yang lebih cepat sampai pada *destination* yaitu *routing Epidemic* pergerakan SPMBM dalam waktu 2100,7612 detik. Untuk jumlah pesan yang dibuang masih lebih baik pada *Spray and Wait* pergerakan *Map Based* dengan jumlah 505 pesan. Dilihat dari banyaknya pesan yang dibuang dapat dijadikan acuan *Average Buffer Occupancy* yang meluap.

4.3. Penambahan *Time-to-Live*

Tabel 11 *time-to-live; delivery probability*

<i>Node Mobility</i>	<i>Delivery Probability</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement Shortest Path</i>	0,8889	0,5983
<i>Map Based Movement</i>	0,9658	0,9402

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12 *time-to-live; overhead ratio*

<i>Node Mobility</i>	<i>Overhead Ratio</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement Shortest Path</i>	16,4186	7,8143
<i>Map Based Movement</i>	45,0093	5,0909

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 13 *time-to-live; latency average*

<i>Node Mobility</i>	<i>Latency Average</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement Shortest Path</i>	2029,2047	1872,4378
<i>Map Based Movement</i>	1943,0542	1884,2613

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 14 *time-to-live; dropped messages*

<i>Node Mobility</i>	<i>Dropped Messages</i>	
	<i>Epidemic</i>	<i>Spray and Wait</i>
<i>Map Based Movement Shortest Path</i>	799	399
<i>Map Based Movement</i>	4508	538

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada simulasi penambahan *time-to-live* terlihat pada *delivery probability* lebih tinggi pada *routing Epidemic* pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* (SPMBM) sebesar 0,9658 ini bisa dikarenakan konsep dari *routing Epidemic* yang membanjiri jaringan dengan pesan sehingga lebih cepat mengirimkan pesan pada *destination*. Untuk jumlah pengiriman salinan pesan lebih baik pada *routing Spray and Wait* pergerakan SPMBM pada 5,0909 pesan. Untuk pesan yang lebih cepat sampai pada *destination* yaitu *routing Spray and Wait* pergerakan *Map Based* dalam waktu 1872,4378 detik. Untuk jumlah pesan yang dibuang masih lebih baik pada *Spray and Wait* pergerakan *Map Based* dengan jumlah 399 pesan. Dilihat dari banyaknya pesan yang dibuang dapat dijadikan acuan *Average Buffer Occupancy* yang meluap.

4.4. Penambahan *Lcopies*

Tabel 15 *Lcopies; delivery probability*

<i>Delivery Probability</i>	
<i>Map Based Movement</i>	<i>Shortest Path Map Based Movement</i>
0,5299	0,9145

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 16 Lcopies; overhead ratio

Overhead Ratio	
Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
5,7742	4,8280

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 17 Lcopies; latency average

Latency Average	
Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
3215,3355	2758,9914

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 18 Lcopies; dropped messages

Dropped Messages	
Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
438	523

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada simulasi penambahan jumlah salinan pesan yang dibut oleh *source* node pada protokol *routing Spray and Wait* terlihat pada *Delivery Probability* lebih baik pada pergerakan SPMBM pada angka 0,9145 dikarenakan pergerakan ini mencari jalur terpendek yang telah memiliki *point of interest* dengan probabilitas yang sama. Untuk *cost* terkecil yang dibutuhkan untuk menyampaikan pesannya pada *destination* yaitu pada pergerakan SPMBM sebanyak 4,8280 pesan. Untuk waktu tercepat mengirimkan pesan pada pergerakan SPMBM dengan waktu 2758,9914 detik. Untuk banyak pesan yang dibuang masih lebih kecil dan lebih baik pada pergerakan *Map Based* yaitu sebanyak 438 pesan yang dibuang. Banyaknya pesan yang di *drop* bisa dijadikan acuan untuk melihat *Average Buffer Occupancy* yang meluap pada setiap node.

4.5. Penambahan Lcopies dan Density

Tabel 19 Lcopies dan density; delivery probability

Delivery Probability

Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
0,5983	0,9402

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 20 Lcopies dan density; overhead ratio

Overhead Ratio	
Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
10,6415	6,4000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 21 Lcopies dan density; latency average

Latency Average	
Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
3223,6129	2407,9227

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 22 Lcopies dan density; dropped messages

Dropped Messages	
Map Based Movement	Shortest Path Map Based Movement
416	527

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada simulasi penambahan jumlah salinan pesan yang dibut oleh *source* node dan penambahan *density* pada protokol *routing Spray and Wait* terlihat pada *Delivery Probability* lebih baik pada pergerakan SPMBM pada angka 0,9402 dikarenakan pergerakan ini mencari jalur terpendek yang telah memiliki *point of interest* dengan probabilitas yang sama. Untuk *cost* terkecil yang dibutuhkan untuk menyampaikan pesannya pada *destination* yaitu pada pergerakan SPMBM sebanyak 6,4 pesan. Untuk waktu tercepat mengirimkan pesan pada pergerakan SPMBM dengan waktu 2407,9227 detik. Untuk banyak pesan yang dibuang masih lebih kecil dan lebih baik pada pergerakan *Map Based* yaitu sebanyak 416 pesan yang dibuang. Banyaknya pesan yang di *drop* bisa dijadikan

acuan untuk melihat *Average Buffer Occupancy* yang meluap pada setiap node.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada hasil pengujian simulasi yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan beberapa hal yang akan diuraikan pada poin-poin berikut:

1. Protokol *routing Spray and Wait* memperbaiki *cost* pada protokol *routing Epidemic* karena pengontrolan jumlah salinan pesannya yang menjadikan *Overhead Ratio* dan *Messages Dropnya* lebih kecil daripada *routing Epidemic*. Tetapi pada *Delivery Probability* dan *Latency Average* masih lebih baik pada protokol *routing Epidemic*.
2. Untuk model pergerakan nodenya, *Shortest Path Map Based Movement* lebih baik daripada pergerakan *Map Based Movement* dikarenakan pada pergerakan *Shortest Path Map Based Movement* mencari jalur terpendek antara node yang telah memiliki *point of interest* dengan probabilitas pengiriman yang sama.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan saran sebagai berikut:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk mencari *trade-off* antara protokol *routing Epidemic* dengan protokol *routing MaxProp* dengan model pergerakan node yang berbeda pula (bukan *Map Based* dan *Shortest Path Map Based Movement*), serta diharapkan untuk bisa mengimplementasikan skenario performansi tersebut secara sederhana dan nyata (tidak menggunakan simulator).

6. DAFTAR PUSTAKA

Jonson, T., Pezeshki, J., Chao, V., Smith, K., & Fazio, J. (2008). Application of delay tolerant networking (DTN) in Airborne Networks. *MILCOM 2008 - 2008 IEEE Military Communications Conference*, 1–7.

Kerdsri, J., & Wipusitwarakun, K. (2015). Dynamic rendezvous based routing algorithm on sparse opportunistic network environment. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2015(February).
<https://doi.org/10.1155/2015/819178>

Nurwarsito, H. (2020). *Analisis Kinerja Routing Multi-Copy dengan Manajemen Buffer Shortest Life First (SHLI), Packet Priority dan Stationary Relay Node Pada Delay Tolerant Network (DTN)*. 4(1), 270–279.

Ratu, M. I., Soelistijanto, B., Informatika, M. T., & Afandi, J. (2016). *Analisis kinerja routing protokol spray and wait di jaringan opportunistic*. 69–79.

Reza, M., Chrisdyan, W., Primananda, R., & Siregar, R. A. (2019). Analisis Routing Multi Copy Dengan Stationary Relay Node Dan Management Buffer First In – First Out (FIFO) Pada Delay Tolerant Network (DTN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(1), 1075–1084.

Rizal, H., Yahya, W., & Kartikasari, D. P. (2018). Analisis Kinerja Protokol Routing pada Arsitektur Delay Tolerant Network Terhadap Beberapa Pola Pergerakan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIHK) Universitas Brawijaya*, 2(8), 2518–2526.

Schiller, J. (2003). *Mobile Communications (2nd Edition)*.

Spyropoulos, T., Psounis, K., & Raghavendra, C. S. (2005). Spray and wait: An efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks. *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2005 Workshop on Delay-Tolerant Networking, WDTN 2005*, 252–259.
<https://doi.org/10.1145/1080139.1080143>

Woungang, I., Dhurandher, S. K., Anpalagan, A., & Vasilakos, A. V. (2013). Routing in opportunistic networks. In *Routing in Opportunistic Networks*.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3514-3>

Zhang, J., Wang, G., Liu, C., Zhao, F., & Zhang, X. (2019). Delay Tolerant Network and the Algorithms of DTN Routing.

Journal of Physics: Conference Series, 1169(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1169/1/012058>

LAMPIRAN DATASET

1. Penambahan *Density*

Tabel 23 protokol routing epidemic; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
25 nodes	117	728	782	23	0,1966	30,6522	4113,4217
50 nodes	117	2203	2210	62	0,5299	34,5323	4343,0500
75 nodes	117	5170	5053	72	0,6154	70,8056	3796,1917
100 nodes	117	7353	7165	80	0,6838	90,9125	4135,1775
125 nodes	117	11989	11339	103	0,8803	115,3981	3092,9029

Tabel 24 protokol routing spray and wait; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
25 nodes	117	405	469	23	0,1966	16,6087	4166,8130
50 nodes	117	527	556	52	0,4444	9,1346	4350,9885
75 nodes	117	580	625	37	0,3162	14,6757	3453,4459
100 nodes	117	581	623	30	0,2564	18,3667	4026,0767
125 nodes	117	617	625	56	0,4786	10,0179	3509,4679

Tabel 25 protokol routing epidemic; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
25 nodes	117	2586	2476	110	0,9402	22,5091	3816,1082
50 nodes	117	5551	5243	113	0,9658	48,1239	2318,3575
75 nodes	117	8457	7918	113	0,9658	73,8407	1789,2425
100 nodes	117	11337	10593	116	0,9915	96,7328	1611,6207
125 nodes	117	14272	13268	115	0,9829	123,1043	1517,2226

Tabel 26 protokol routing spray and wait; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
25 nodes	117	631	628	81	0,6923	6,7901	3809,7333
50 nodes	117	658	629	97	0,8291	5,7835	3095,3392
75 nodes	117	669	631	102	0,8718	5,5588	2868,7118
100 nodes	117	666	635	93	0,7949	6,1613	3012,7763
125 nodes	117	669	635	92	0,7863	6,2717	2896,9424

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Penambahan Buffer

Tabel 27 protokol routing epidemic; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 Mb	117	2303	2202	79	0,6752	28,1519	3411,4367
10 Mb	117	2203	2210	62	0,5299	34,5323	4343,0500
15 Mb	117	2081	2084	46	0,3932	44,2391	4539,0870
20 Mb	117	2321	2401	27	0,2308	84,9630	5186,9667
25 Mb	117	2474	2428	49	0,4188	49,4898	3798,7694

Tabel 28 protokol routing spray and wait; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 Mb	117	493	505	63	0,5385	6,8254	3250,6556
10 Mb	117	527	556	52	0,4444	9,1346	4350,9885
15 Mb	117	476	525	27	0,2308	16,6296	4483,4778
20 Mb	117	465	560	12	0,1026	37,7500	5227,6917
25 Mb	117	538	580	31	0,2650	16,3548	2828,0548

Tabel 29 protokol routing epidemic; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 Mb	117	5522	5243	116	0,9915	46,6034	2100,7612
10 Mb	117	5551	5243	113	0,9658	48,1239	2318,3575
15 Mb	117	5584	5240	109	0,9316	50,2294	2300,3826
20 Mb	117	5571	5242	113	0,9658	48,3009	2207,3159
25 Mb	117	5527	5240	112	0,9573	48,3482	2598,0643

Tabel 30 protokol routing spray and wait; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 Mb	117	658	628	98	0,8376	5,7143	2997,1255
10 Mb	117	658	629	97	0,8291	5,7835	3095,3392
15 Mb	117	650	628	91	0,7778	6,1429	3476,2176
20 Mb	117	655	626	95	0,8120	5,8947	2894,3874
25 Mb	117	650	628	90	0,7692	6,2222	3313,5878

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Penambahan *Time-to-Live*

Tabel 31 protokol routing epidemic; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
60 minutes	117	749	799	43	0,3675	16,4186	2029,2047
120 minutes	117	2203	2210	62	0,5299	34,5323	4343,0500
180 minutes	117	3697	3616	75	0,6410	48,2933	6261,8560
240 minutes	117	4728	4396	100	0,8547	46,2800	8804,3150
300 minutes	117	5107	4397	104	0,8889	48,1058	7700,7519

Tabel 32 protokol routing spray and wait; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
60 minutes	117	335	399	37	0,3162	8,0541	1872,4378
120 minutes	117	527	556	52	0,4444	9,1346	4350,9885
180 minutes	117	559	569	36	0,3077	14,5278	5656,5389
240 minutes	117	575	575	51	0,4359	10,2745	9541,4392
300 minutes	117	617	530	70	0,5983	7,8143	8327,5343

Tabel 33 protokol routing epidemic; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
60 minutes	117	4923	4895	107	0,9145	45,0093	1943,0542
120 minutes	117	5551	5243	113	0,9658	48,1239	2318,3575
180 minutes	117	5587	4998	109	0,9316	50,2569	2300,3826
240 minutes	117	5572	4753	113	0,9658	48,3097	2207,3159
300 minutes	117	5531	4508	113	0,9658	47,9469	2643,5425

Tabel 34 protokol routing spray and wait; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
60 minutes	117	613	649	62	0,5299	8,8871	1884,2613
120 minutes	117	658	629	97	0,8291	5,7835	3095,3392
180 minutes	117	665	599	106	0,9060	5,2736	4202,7425
240 minutes	117	670	566	110	0,9402	5,0909	3686,7400
300 minutes	117	670	538	110	0,9402	5,0909	4590,1227

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Penambahan Lcopies

Tabel 35 protokol routing spray and wait; map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 messages	117	420	438	62	0,5299	5,7742	3215,3355
7 messages	117	617	641	53	0,4530	10,6415	4282,4604
9 messages	117	673	705	33	0,2821	19,3939	4329,2970
11 messages	117	784	874	17	0,1453	45,1176	5028,8059
13 messages	117	1055	1053	43	0,3675	23,5349	3567,7744

Tabel 36 protokol routing spray and wait; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>	<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 messages	117	542	523	83	0,7949	4,8280	3106,1000
7 messages	117	769	732	99	0,8462	6,7677	3063,9333
9 messages	117	991	941	96	0,8205	9,3229	3132,7250
11 messages	117	1218	1142	105	0,8974	10,6000	2758,9914
13 messages	117	1433	1350	107	0,9145	12,3925	3200,5037

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Penambahan Lcopies dan Density

Tabel 37 protokol routing spray and wait; map based movement

<i>Parameters</i>		<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 <i>messages</i>	25 <i>nodes</i>	117	350	416	23	0,1966	14,2174	4166,8130
7 <i>messages</i>	50 <i>nodes</i>	117	617	641	53	0,4530	10,6415	4282,4604
9 <i>messages</i>	75 <i>nodes</i>	117	882	911	45	0,3846	18,6000	3332,0867
11 <i>messages</i>	100 <i>nodes</i>	117	1076	1089	45	0,3846	22,9111	4292,2422
13 <i>messages</i>	125 <i>nodes</i>	117	1360	1304	70	0,5983	18,4286	3223,6129

Tabel 38 protokol routing spray and wait; shortest path map based movement

<i>Parameters</i>		<i>Created Messages</i>	<i>Relayed Messages</i>	<i>Dropped Messages</i>	<i>Delivered Messages</i>	<i>Delivery Probability</i>	<i>Overhead Ratio</i>	<i>Latency Average</i>
5 <i>messages</i>	25 <i>nodes</i>	117	518	527	70	0,5983	6,4000	3702,1357
7 <i>messages</i>	50 <i>nodes</i>	117	769	732	99	0,8462	6,7677	3063,9333
9 <i>messages</i>	75 <i>nodes</i>	117	1009	945	105	0,8974	8,6095	2660,8448
11 <i>messages</i>	100 <i>nodes</i>	117	1251	1160	108	0,9231	10,5833	2512,8259
13 <i>messages</i>	125 <i>nodes</i>	117	1491	1375	110	0,9402	12,5545	2407,9227

Sumber: Hasil Perhitungan