

Analisis Kinerja Protokol *Routing* pada Arsitektur *Delay Tolerant Network* Terhadap Beberapa Pola Pergerakan

Hafidz Rizal¹, Widhi Yahya², Dany Primanita Kartikasari³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹hafidz.rizal2995@gmail.com, ²widhi.yahya@ub.ac.id, ³dany.jalin@ub.ac.id

Abstrak

Delay Tolerant Network (DTN) merupakan jaringan yang tidak mempermasalahkan waktu tunda (*delay*), gangguan (*disruption*), dan koneksi yang terputus (*disconnection*) dari jaringan internet. Pergerakan yang terjadi terus menerus untuk mengirim pesan akan menghasilkan pola pergerakan, contoh pola pergerakan yaitu random, terjadwal, dan terpola. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari protokol *routing* Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait terhadap penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node*. Penelitian ini menggunakan The ONE untuk simulasi dan OpenJUMP untuk membuat pola. Pada hasil pengujian penambahan jumlah *node* dan kecepatan menghasilkan peningkatan pada *delivery probability* dan *overhead ratio* kemudian penurunan *average latency*. Pada pergerakan random dan terpola Maxprop memiliki kinerja yang lebih baik karena pada penambahan *node* dan kecepatan menghasilkan nilai *delivery probability* yaitu 63% dan 55% pada pola random, 62% dan 59% pola terpola, nilai *average latency* sebesar 33% dan 31% pada pola random, 62% dan 59% pola terpola, dan nilai *overhead ratio* yaitu 83% dan 78% pada pola random, 83% dan 88% pola terpola. Sedangkan pada pergerakan terjadwal protokol *routing* yang memiliki kinerja yang lebih baik adalah spray and wait, karena menghasilkan *average latency* yaitu 37% dan 44%, *overhead ratio* sebesar 4% dan 8%, dan *delivery probability* yaitu 41% dan 40%.

Kata kunci: DTN, Prophet, Maxprop, Epidemic, Spray And Wait

Abstract

Delay Tolerant Network (DTN) is a network does not matter for delay, disruption, and disconnection from the internet. The continuous movement for send a message will produce movement patterns, like patterns of random, scheduled, and patterned movements. This research to know performance of routing protocol of Prophet, Maxprop, Epidemic, and Spray And Wait with addition of node and speed on random, scheduled and patterned movement. The One is used for simulation and OpenJUMP for the make a map. The results form the addition of node and speed is probability delivery and overhead ratio has increased and average latency is decreased. The protocol routing maxprop has better performance in the pattern of random movement and patterned movement, because on the addition of nodes and speed produce the value on delivery probability is 63% and 55% in random movement, 62% and 59% patterned movement, average latency is 33% and 31% in random movement, 32% and 32% patterned movement, and overhead ratio is 83% and 78% in random movement, 83% and 88% patterned movement. Then the pattern of scheduled movements protocol routing spray and wait has better performance, because on the addition of nodes and speed produce the value on average latency is 37% and 44%, overhead ratio is 4% and 8%, and delivery probability is 41% and 40%.

Keywords: DTN, Prophet, Maxprop, Epidemic, Spray And Wait

1. PENDAHULUAN

Delay Tolerant Network (DTN) adalah jaringan yang *tolerant* atau jaringan yang tidak mempermasalahkan *delay* atau waktu tunda, gangguan, dan koneksi yang terputus dari

jaringan internet. Menurut (Fall, 2003) DTN merupakan arsitektur yang cocok digunakan dalam kondisi menantang, atau pada kondisi yang memiliki masalah seperti *delay*, tingkat *error* yang tinggi serta koneksi yang sering terputus. DTN menggunakan proses *store and*

forward yang merupakan proses penyimpanan data sebelum data di teruskan. Apabila terjadi kegagalan dalam pengiriman, maka *node* sebelumnya yang masih menyimpan data kemudian akan mengirimkan data tersebut kembali. DTN tidak terlepas dari penerapan protokol *routing* yang digunakan pada suatu lokasi dan pada situasi yang berbeda-beda. Pemilihan protokol *routing* yang digunakan pada penelitian ini yaitu protokol *routing* Epidemic, Maxprop, Prophet, dan Spray And Wait. Keempat protokol *routing* tersebut memiliki karakteristik yang sama yaitu merupakan protokol *routing multi-copy* atau menyalin pesan kesemua *node* yang ditemuinya dengan tujuan agar *delivery probability* dan *latency* menjadi lebih optimal, akan tetapi dapat mengakibatkan *resource* yang dibutuhkan semakin besar.

Mekanisme dalam protokol *routing* Maxprop dapat memperkirakan kapan suatu *node* dapat bertemu dengan menghitung *path cost calculation* dan menentukan prioritas pengiriman pesan terhadap pesan yang baru (Burgess dkk, 2006). Sedangkan pada Prophet dapat memprediksi bertemunya *node* lain berdasarkan prediksi dari *node* yang telah dilewatinya dan memiliki sifat transitif yaitu memilih *node* yang sering bertemu untuk mengirim paket (Lindgren dkk, 2003). Kemudian pada protokol *routing* Epidemic pesan akan direplikasi ke *node* yang temuinya apabila *node* tersebut tidak memiliki salinan pesan (Vahdat & Becker, 2000) dan protokol *routing* Spray And Wait memiliki 2 tahap yaitu tahap spary and wait (Spyropoulos dkk, 2005).

Pada DTN untuk dapat mengirimkan pesan ke *node* lain maka *node* harus saling bertemu. *Node* tersebut dapat bertemu apabila salah satu *node* atau *node* lainnya mengalami pergerakan. Pergerakan yang terjadi terus menerus akan menghasilkan pola yang disebut pola pergerakan. Beberapa contoh pola pergerakan seperti pola pergerakan random atau acak, pola pergerakan yang terjadwal dan pola pergerakan yang bergerak secara terpola. Dari ketiga pola pergerakan tersebut dapat diimplementasikan sesuai dengan karakteristik dari masing-masing daerah.

Pada penelitian sebelumnya oleh (Permatasari, 2017), penelitian tersebut membandingkan tiga protokol *routing* yaitu Prophet, Epidemic, dan Spray And Wait. Pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi The ONE simulator untuk proses simulasi dan dengan skenario pengujian pada

pulau Gili. Lalu penelitian berikutnya oleh (Sugiyanto, 2015) pada penelitian tersebut membandingkan kinerja dari protokol *routing* Maxprop dan Prophet menggunakan pergerakan angkutan umum sebagai *router* bergerak dan simulasi menggunakan peta kabupaten Magetan. Dari kedua penelitian sebelumnya yang telah dibahas diatas hanya fokus membandingkan protokol *routing* yang digunakan pada satu daerah atau pada satu kasus saja.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap penambahan jumlah *node* dan penambahan kecepatan *node* pada beberapa pola pergerakan seperti pola pergerakan random atau acak, terjadwal dan terpola menggunakan protokol *routing* Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait. Pada penelitian ini juga menggunakan simulator The ONE (*Oppertunistic Network Environment*) untuk proses simulasi. Simulator tersebut juga dibuat suatu peta daerah dengan bantuan aplikasi OpenJUMP untuk menggambar vektor. Simulasi dilakukan untuk mendapatkan hasil dari pengujian kinerja protokol *routing* Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait terhadap beberapa skenario daerah pengujian. Setelah hasil didapatkan dari pengujian tersebut kemudian dilakukan analisis terhadap pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah host pada masing-masing protokol *routing* dengan ketiga pola pergerakan dan untuk mengetahui pengaruh penambahan kecepatan *node* pada setiap protokol *routing* dengan ketiga pola dan yang terakhir untuk mengetahui kinerja dari protokol *routing* yang digunakan pada pola random atau acak, terjadwal, dan terpola.

2. DASAR TEORI

2.1 Delay Tolerant Network (DTN)

Delay Tolerant Network (DTN) merupakan jaringan yang tolerant atau jaringan yang tidak mempermasalahkan waktu tunda (*delay*), gangguan (*disruption*), dan koneksi yang terputus (*disconnection*) dari jaringan internet. Konsep DTN pertama kali diperkenalkan oleh (Fall, 2003) menyatakan bahwa DTN merupakan jaringan yang cocok untuk kondisi menantang (*delay*, koneksi yang sering terputus dan tingkat error yang tinggi). Contoh jaringan yang menantang Jaringan Terrestrial Mobile, jaringan luar angkasa (*Interplanetary Network*), Jaringan Ad-Hoc Militer, dan Jaringan Sensor. DTN menggunakan proses *store and forward*

sebagai penyimpanan data sebelum data di teruskan. Apabila terjadi kegagalan dalam pengiriman maka *node* sebelumnya akan mengirimkan data tersebut kembali. Proses *store and forward* ini diimplementasikan dengan menambahkan *layer* baru yang bernama *bundle layer*.

2.2 Pergerakan Node

Untuk dapat mengirimkan pesan ke *node* lain, suatu *node* harus saling bertemu dengan cara bergerak menghampiri *node* lain. Contoh pergerakan yang dapat digunakan pada DTN :

a) *Random Waypoint*

Model pergerakan *Random Waypoint* merupakan model pergerakan yang tidak memiliki jalur, *node* bergerak dan berpindah secara random atau acak sesuai dengan area yang telah ditentukan.

b) *Mapbased Movement*

Pada pergerakan *Mapbased Movement* adalah pergerakan dimana *node* bergerak sesuai dengan peta atau jalurnya yang telah ditentukan. Pada pola pergerakan terjadwal dan terpolanya menggunakan basis *Mapbased*.

2.3 Protokol Routing

2.3.1 Protokol Routing Prophet

Prophet (*Probabilistic Routing Protocol using History of Encounters and Transitivity*) adalah protokol *routing* yang bekerja menggunakan pengetahuan dari pertemuan *node* untuk menentukan pemilihan *node* dalam *forwarding* paket. Prophet memiliki karakteristik yang bersifat transitif, dimana sebuah *node* akan menjadi *relay* atau perantara untuk menyampaikan pesan ke *node* lain. Prophet memiliki suatu metrik atau vektor yang disebut dengan *delivery predictability*, *delivery predictability* ini digunakan untuk menentukan apakah paket dapat diforward ke *node* lain atau tidak (Lindgren, dkk 2003).

2.3.2 Protokol Routing Maxprop

Maxprop menggunakan beberapa mekanisme untuk menentukan paket mana saja yang dapat dikirim dan dihapus, mekanisme tersebut yaitu dengan memberikan prioritas yang tinggi terhadap paket yang telah dibuat dan memberikan prioritas yang rendah terhadap paket yang buang dalam *buffer* dan mencegah penerimaan paket dua kali (Burgess dkk, 2006).

Pada Maxprop memiliki daftar peringkat *node* yang menyimpan paket berdasarkan *cost* pengiriman untuk setiap tujuan. *Cost* dalam Maxprop merupakan *estimating delivery likelihood* atau estimasi kemungkinan pengiriman.

2.3.3 Protokol Routing Epidemic

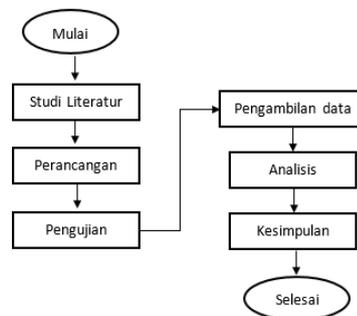
Protokol *routing* Epidemic merupakan protokol *routing* yang menggunakan teknik membanjiri jaringan dengan pesan, dimana pesan akan dikirimkan ke semua *node* yang ditemuinya hingga pesan sampai pada *node* tujuannya. Pesan akan disimpan pada *node* dan memiliki batas waktu penyimpanan (TTL). Protokol *routing* Epidemic memiliki fokus untuk memaksimalkan pesan, meminimalkan *latency* yang ada pada pengiriman pesan dan juga meminimalkan sumber daya pengiriman pesan. Akan tetapi kekurangannya yaitu akan mengakibatkan tidak efisiennya penggunaan sumber daya jaringan seperti konsumsi energi, memori dan bandwidth. (Vahdat & Becker, 2000).

2.3.4 Protokol Routing Spray And Wait

Protokol *routing* Spray And Wait menggunakan dua tahap yaitu tahap spray dan tahap wait. Pada tahap spray, dimana banyaknya pesan yang di *generate* akan disebar ke *relay node*. Jika *destination* tidak ditemukan dalam fase spray maka akan masuk kedalam tahap wait, dimana setiap *relay node* yang memiliki *copy* pesan akan menunggu sampai bertemu dengan *node* tujuan (Spyropoulos dkk, 2005).

3. METODOLOGI

Diagram alir dari keseluruhan proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

4. PERANCANGAN

Rancangan skenario yang digunakan pada penelitian ini ada tiga yaitu pergerakan *node* pola

random atau acak, pola terjadwal, dan pola terpola. Pada masing-masing skenario pergerakan *node* tersebut akan dibandingkan dengan beberapa protokol *routing* seperti Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait. Pada penelitian ini menggunakan simulator The ONE (*Oppertunistic Network Environment*) untuk proses simulasi, dan aplikasi OpenJUMP untuk menggambar vektor (peta/pola).

a) Skenario Pola Random

Pada pergerakan random/acak *node* bergerak dengan sendirinya tanpa adanya jalur atau lintasan, *node* akan mengirim pesan apabila *node* bertemu dengan *node* lainnya yang saling bergerak. Untuk dapat bergerak secara random dalam skenario ini digunakan adalah *RandomWaypoint*. Pada simulasi ini menggunakan dua parameter pengujian yaitu jumlah *node*, dan kecepatan *node*. Skenario pola random dapat dilihat pada tabel 1.

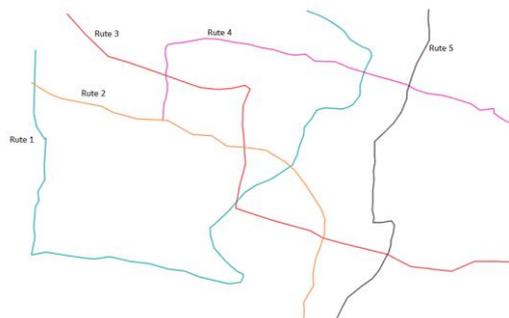
b) Skenario Pola Terjadwal

Pada skenario pola terjadwal setiap *node* memiliki jalur masing-masing yang telah ditentukan, setiap jalur memiliki karakteristik yang berbeda-beda seperti waktu tunggu, sehingga waktu sampai pada *node* tujuan memiliki waktu yang berbeda-beda. Jenis pergerakan yang digunakan adalah *Shortest Path Map Based Movement* yaitu pergerakan *node* dengan mengikuti jalur yang sudah di tentukan.

Tabel 1 Skenario Pola Random

Pergerakan Random		
Skenario	Node	Kecepatan
waktu simulasi	3600 detik	3600 detik
movementModel	RandomWaypoint	RandomWaypoint
Protokol routing	EpidemicRouter, SprayAndWaitRouter, ProphetRouter, MaxpropRouter	EpidemicRouter, SprayAndWaitRouter, ProphetRouter, MaxpropRouter
bufferSize	1 GB	1 GB
waitTime	0 - 120 detik	0 - 120
speed	(10-50) km/jam	(5-10),(10-20),(20-40),(40-80) km/jam
nrofNodes (Jumlah node)	(50),(100),(200) node	(100) node
Message sizes	1 MB	1 MB
mapFile1	-	-
Area (Km)	5 x 5 km	5 x 5 km
interface	Wifi 802.11	Wifi 802.11

Waktu tunggu pada rute 1 sebesar 50-100, rute 2 sebesar 30-50, rute 3 sebesar 50-80, rute 4 sebesar 30-80, dan rute 5 sebesar 80-100 gambar peta pola terjadwal ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Peta Pola Terjadwal

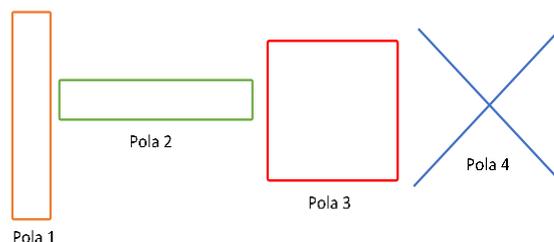
Pada pergerakan terjadwal memiliki dua parameter pengujian yaitu jumlah *node*, dan kecepatan *node*. Skenario pola terjadwal dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Skenario pola terjadwal

Pergerakan Terjadwal		
Skenario	Node	Kecepatan
waktu simulasi	3600 detik	3600 detik
movementModel	MapRouteMovement	MapRouteMovement
Protokol routing	EpidemicRouter, SprayAndWaitRouter, ProphetRouter, MaxpropRouter	EpidemicRouter, SprayAndWaitRouter, ProphetRouter, MaxpropRouter
bufferSize	1 GB	1 GB
waitTime	(50-100), (30-50), (50-80),(30-80),(80-100) detik	(50-100), (30-50), (50-80),(30-80),(80-100) detik
speed	(10-50) km/jam	(5-10),(10-20),(20-40),(40-80) km/jam
nrofNodes (Jumlah node)	(50),(100),(200) node	(100) node
Message sizes	1 MB	1 MB
mapFile1	Rute1.wkt (1-5), map.wkt	Rute1.wkt (1-5), map.wkt
Area (Km)	5 x 5 km	5 x 5 km
interface	Wifi 802.11	Wifi 802.11

c) Skenario Pola Terpola

Pergerakan pola untuk pola terpola yaitu *node* bergerak sesuai dengan polanya masing-masing, setiap pola terdapat beberapa *node* yang bergerak secara stabil, *node* tersebut akan bertemu dan mengirim pesan dengan *node* lain apabila beberapa pola saling bersinggungan dan apabila *node* bertemu dengan *node* lain pada satu pola. Pada pergerakan terpola terdapat 4 pola yang berbeda dan saling bersinggungan, pola tersebut ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3 Peta Pola Terpola

Pada simulasi ini menggunakan dua parameter pengujian yaitu jumlah *node* (60, 100, 200), kecepatan *node* yaitu 5-10, 10-20, 20-40, 40-80. Masing-masing parameter diuji dengan

membandingkan beberapa protokol *routing* seperti Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait. Skenario pola terpola dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Skenario pola terpola

Pergerakan Terpola		
Skenario	Node	Kecepatan
waktu simulasi	3600 detik	3600 detik
movementModel	MapRouteMovement	MapRouteMovement
Protokol <i>routing</i>	EpidemicRouter, SprayAndWaitRouter, ProphetRouter, MaxpropRouter	EpidemicRouter, SprayAndWaitRouter, ProphetRouter, MaxpropRouter
bufferSize	1 GB	1 GB
waitTime	0-120 detik	0-120 detik
speed	(10-50) km/jam	(5-10),(10-20),(20-40),(40-80) km/jam
nrofNodes (Jumlah node)	(60),(100),(200) node	(100) node
Message sizes	1 MB	1 MB
mapFile1	pola1.wkt (1-4), pola_all.wkt	pola1.wkt (1-4), pola_all.wkt
Area (Km)	5 x 5 km	5 x 5 km
interface	Wifi 802.11	Wifi 802.11

5. PENGUJIAN

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk menguji kinerja dari protokol Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait menggunakan aplikasi the ONE simulator. Pada proses pengujian, satu pola pergerakan akan diuji dengan beberapa protokol *routing* yaitu Prophet, Maxprop, Epidemic, dan Spray And Wait. Kemudian setiap protokol *routing* memiliki parameter pengujian yaitu penambahan jumlah *node* dan penambahan kecepatan *node*. Skenario pada setiap pola pergerakan dapat dilihat pada pembahasan sebelumnya pada tabel 1, 2 dan 3. Data yang dihasilkan dari proses pengujian yaitu berupa file .txt yang berisi nilai *created*, *started*, *relayed*, *aborted*, *dropped*, *removed*, *delivered*, *overhead_Rasio* dll. Kemudian data tersebut diolah dan dimasukkan kedalam parameter pengujian untuk mengetahui kinerja pada masing-masing protokol *routing*. Paramater pengujian yang digunakan antara lain yaitu *delivery probability*, *overhead rasio* dan *latency average*.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan dari pengujian kemudian dimasukkan kedalam tabel data *delivery probability*, *overhead ratio* dan *average latency* untuk dianalisis kinerja dari beberapa protokol *routing*.

6.1. Hasil Pengujian

a. Hasil pengujian *delivery probability*

Hasil *delivery probability* penambahan

jumlah *node* dan kecepatan *node* menggunakan protokol *routing* Epidemic, Spray And Wait dan Maxprop pada pergerakan random ditunjukkan pada tabel 4, pergerakan terpola ditunjukkan pada tabel 5 dan pergerakan terjadwal pada tabel 6.

Tabel 4 *Delivery Probability* Pergerakan Random

Protokol <i>Routing</i>	Jumlah <i>node</i>			Protokol <i>Routing</i>	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	50	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	0,593	0,723	0,756	Epidemic	0,365	0,593	0,764	0,788
Spray And Wait	0,341	0,455	0,520	Spray And Wait	0,243	0,398	0,479	0,528
Maxprop	0,593	0,731	0,756	Maxprop	0,365	0,601	0,764	0,796
Prophet	0,414	0,626	0,699	Prophet	0,227	0,414	0,634	0,691

(a)

(b)

Tabel 5 *Delivery Probability* Pergerakan Terpola

Protokol <i>Routing</i>	Jumlah <i>node</i>			Protokol <i>Routing</i>	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	50	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	0,593	0,723	0,756	Epidemic	0,365	0,593	0,764	0,788
Spray And Wait	0,341	0,455	0,520	Spray And Wait	0,243	0,398	0,479	0,528
Maxprop	0,593	0,731	0,756	Maxprop	0,365	0,601	0,764	0,796
Prophet	0,414	0,626	0,699	Prophet	0,227	0,414	0,634	0,691

(a)

(b)

Tabel 6 *Delivery Probability* Pergerakan Terjadwal

Protokol <i>Routing</i>	Jumlah <i>node</i>			Protokol <i>Routing</i>	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	60	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	0,764	0,845	0,837	Epidemic	0,300	0,569	0,829	0,918
Spray And Wait	0,455	0,528	0,593	Spray And Wait	0,089	0,333	0,398	0,626
Maxprop	0,764	0,845	0,837	Maxprop	0,300	0,569	0,829	0,918
Prophet	0,593	0,772	0,788	Prophet	0,130	0,447	0,756	0,878

(a)

(b)

Hasil yang didapat menunjukkan semakin cepat suatu *node* bergerak dan semakin banyak *node* yang digunakan maka nilai *delivery probability*-nya semakin meningkat hal tersebut karena apabila suatu *node* bergerak dengan cepat dan jumlah *node* nya semakin banyak maka pesan akan cepat sampai pada *node* tujuan dan pesan semakin banyak pula.

b. Hasil pengujian *overhead ratio*

Hasil *overhead ratio* penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node* menggunakan protokol *routing* Epidemic, Spray And Wait dan Maxprop pada pergerakan random ditunjukkan pada tabel 7, pergerakan terpola ditunjukkan pada tabel 8 dan pergerakan terjadwal pada tabel 9.

Tabel 7 *Overhead Ratio* Pergerakan Random

Protokol <i>Routing</i>	Jumlah <i>node</i>			Protokol <i>Routing</i>	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	50	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	50,767	95,123	201,333	Epidemic	65,377	96,767	96,138	97,433
Spray And Wait	12,976	10,232	9,187	Spray And Wait	17,066	11,612	9,813	8,815
Maxprop	43,931	74,855	206,118	Maxprop	61,044	81,432	81,478	80,255
Prophet	22,549	51,649	126,651	Prophet	19,321	43,078	56,076	64,705

(a)

(b)

Tabel 8 *Overhead Ratio* Pergerakan Terjadwal

Protokol Routing	Jumlah <i>node</i>			Protokol Routing	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	50	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	50,767	95,123	201,333	Epidemic	65,377	96,767	96,138	97,433
Spray And Wait	12,976	10,232	9,187	Spray And Wait	17,066	11,612	9,813	8,815
Maxprop	43,931	74,855	206,118	Maxprop	61,044	81,432	81,478	80,255
Prophet	22,549	51,649	126,651	Prophet	19,321	43,078	56,076	64,705

(a)

(b)

Tabel 9 *Overhead Ratio* Pergerakan Terpola

Protokol Routing	Jumlah <i>node</i>			Protokol Routing	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	60	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	57,521	93,403	200,466	Epidemic	97,756	102,157	96,127	97,132
Spray And Wait	9,803	8,938	7,904	Spray And Wait	42,363	13,414	11,938	7,688
Maxprop	48,723	92,701	231,165	Maxprop	93,378	95,042	89,833	81,725
Prophet	36,137	68,410	190,257	Prophet	29	47,509	63,860	82,138

(a)

(b)

Hasil dari penambahan jumlah *node* dan penambahan kecepatan mengakibatkan banyaknya jumlah pesan yang *relay* dan pesan akan semakin cepat sampai, hal tersebut berdampak pada besarnya *resource* yang dibutuhkan semakin besar maka akan meningkatkan nilai *overhead ratio*.

c. Hasil pengujian *average latency*

Hasil *average latency* penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node* menggunakan protokol routing Epidemic, Spray And Wait dan Maxprop pada pergerakan random ditunjukkan pada tabel 10, pergerakan terpola ditunjukkan pada tabel 11 dan pergerakan terjadwal pada tabel 12.

Tabel 10 *Average Latency* Pergerakan Random

Protokol Routing	Jumlah <i>node</i>			Protokol Routing	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	60	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	1.035,223	657,784	468,75	Epidemic	1781,264	1223,141	622,193	343,883
Spray And Wait	1301,12	1156,410	931,766	Spray And Wait	1601,595	1362,072	1025,504	780,940
Maxprop	1025,802	657,066	467,054	Maxprop	1781,262	1222,824	622,191	343,384
Prophet	1435,849	1122,807	783,320	Prophet	1418,8	1639,844	1023,324	671,239

(a)

(b)

Tabel 11 *Average Latency* Pergerakan Terjadwal

Protokol Routing	Jumlah <i>node</i>			Protokol Routing	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	60	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	1383,804	1090,548	1026,434	Epidemic	1234,664	1210,649	1005,973	847,915
Spray And Wait	1286,062	836,872	861,797	Spray And Wait	1218,727	1066,146	871,395	669,688
Maxprop	1289,380	838,098	864,670	Maxprop	1217,602	1064,244	871,419	667,423
Prophet	1093,198	653,455	805,156	Prophet	957,947	892,349	794,549	691,440

(a)

(b)

Tabel 12 *Average Latency* Pergerakan Terpola

Protokol Routing	Jumlah <i>node</i>			Protokol Routing	Kecepatan <i>node</i> (Km/jam)			
	60	100	200		5-10	10-20	20-40	40-80
Epidemic	1225,100	1035,762	584,723	Epidemic	1948,450	1399,711	901,219	424,249
Spray And Wait	766,831	648,580	460,300	Spray And Wait	1503,587	1178,194	653,847	303,133
Maxprop	781,969	649,610	443,630	Maxprop	1504,270	1178,309	653,843	306,147
Prophet	975,300	1013,446	954,173	Prophet	909,564	1089,712	703,239	657,505

(a)

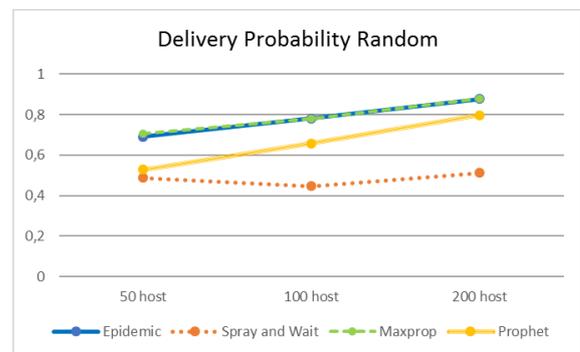
(b)

Hasil yang didapat menunjukkan semakin cepat suatu *node* bergerak dan semakin banyak *node* yang digunakan maka nilai *Average Latency* -nya semakin menurun, dikarenakan

apabila jumlah *node* yang digunakan banyak dan kecepatan yang digunakan semakin besar maka pesan akan cepat sampai pada *node* tujuan dan akan mengurangi nilai *average latency*-nya.

6.2. Pembahasan

Dari hasil pengujian tersebut ditampilkan grafik perbandingan beberapa protokol routing yang bergerak pada beberapa pola pergerakan kemudian grafik tersebut dianalisis dan dibahas sesuai dengan pola pergerakan. Sebagai contoh, pembahasan grafik perbandingan *Delivery Probability* pada pola *Random* dengan parameter penambahan jumlah *Node* yang ditampilkan pada gambar 4 adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Grafik Perbandingan *Delivery Probability* Random Parameter Jumlah *Node*

Pada protokol routing Maxprop yang ditunjukkan pada grafik berwarna hijau memiliki nilai 0,7073 dengan parameter jumlah *node* sebesar 50 *node*, apabila jumlah *node* nya di tambah menjadi 100, dan 200 maka nilai *delivery probability* nya juga meningkat menjadi 0,7805 dan 0,878. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak jumlah *node* yang digunakan maka suatu pesan akan cepat sampai dan semakin banyak pesan yang akan sampai pada tujuan. Pada grafik protokol routing Maxprop memiliki tingkat *delivery probability* yang lebih tinggi dibandingkan dengan ke tiga protokol routing lain disebabkan karena protokol routing Maxprop dapat memperkirakan kapan suatu *node* dapat bertemu dengan dengan menghitung *path cost calculation* dan menentukan prioritas pengiriman pesan.

Protokol routing Epidemic memiliki hasil nilai *delivery probability* yang hampir sama dengan protokol routing Maxprop, protokol routing ini memiliki peningkatan nilai *delivery probability* sebesar 0,6911, 0,7805, dan 0,878 pada jumlah *node* 50, 100, dan 200 *node*. Protokol routing Epidemic memiliki nilai *delivery probability* yang lebih tinggi dari

protokol *routing* Prophet dan Spray And Wait dikarenakan protokol *routing* Epidemic akan memberikan pesan kepada *node* yang dilewatinya sehingga jumlah pesan yang sampai akan meningkat apabila jumlah *nodenya* ditambah.

Sedangkan pada protokol *routing* Prophet memiliki nilai *delivery probability* yang lebih rendah dari Maxprop dan Epidemic, nilai *delivery probability* yang didapat pada parameter jumlah *node* memiliki peningkatan apabila jumlah *node* tersebut diperbanyak yaitu sebesar 0,5285 pada 50 *node*, 0,6585 pada 100 *node* dan 0,7967 pada 200 *node*. Hal tersebut dikarenakan apabila jumlah *node* yang digunakan semakin banyak maka suatu pesan akan cepat sampai dan semakin banyak pesan yang akan sampai pada tujuan. Pada protokol *routing* Prophet dapat memprediksi bertemunya *node* dengan *node* lain dihitung berdasarkan prediksi dari *node* yang telah dilewati dan memiliki sifat transitif yaitu saat suatu *node* jarang bertemu maka akan memilih *node* yang sering bertemu untuk *forwarding* paket.

Sedangkan pada protokol Spray And Wait memiliki nilai *delivery probability* yang paling rendah dibandingkan dengan ke tiga protokol *routing* lainnya dan relatif lebih mengalami penurunan saat penambahan jumlah *node*. Nilai *probability* yang didapat pada jumlah *node* 50 yaitu 0,4878 lalu mengalami penurunan saat jumlah *nodenya* 100 menjadi 0,4472 kemudian mengalami kenaikan kembali saat jumlah *nodenya* 200 menjadi 0,5122. Hal tersebut dikarenakan Spray And Wait memiliki karakteristik menunggu pada saat tahap Wait hingga bertemu dengan *node* tujuan. Apabila jumlah *nodenya* semakin banyak maka waktu menunggu untuk mengirim pesan akan lebih lama dan pesan yang sampai pada *node* tujuan akan semakin sedikit karena ditahan pada saat tahap Spray.

Pada hasil pengujian penambahan jumlah *node* dan penambahan kecepatan *node* pada pola pergerakan random, terjadwal dan terpola dengan protokol *routing* Epidemic, Maxprop, Spray And Wait, dan Prophet cenderung menghasilkan peningkatan pada *delivery probability* dan *overhead ratio* sedangkan *average latency* yang dihasilkan mengalami penurunan.

7. KESIMPULAN

Dari hasil proses simulasi, pengujian, dan

analisis hasil pengujian pada penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node* dapat disimpulkan bahwa.

1. Penambahan jumlah *node* pada pola pergerakan random, terjadwal dan terpola dengan protool *routing* Epidemic, Maxprop, Spray And ait, dan Prophet menghasilkan peningkatanpada *delivery probability* dan *overhead ratio* sedangkan *average latency* yang dihasilkan mengalami penurunan. Pada pergerakan random, yang mendapatkan hasil *delivery probability* paling baik yaitu Maxprop dengan nilai 63%, *overhead ratio* yang paling optimal adalah Spray And Wait sebesar 15%, dan *average latency* yang paling rendah adalah Maxprop sebesar 33%. Kemudian pada pergerakan terjadwal, *delivery probability* pada Maxprop mendapatkan hasil lebih tinggi dengan 59%, *overhead ratio* pada Spray And Wait mendapatkan hasil yang terbaik yaitu sebesar 4%, dan *average latency* pada Spray And Wait mendapatkan hasil yang paling rendah yaitu 37%. Lalu pada pergerakan terpola, mendapatkan hasil *delivery probability* pada Epidemic dan Maxprop yang paling tinggi yaitu sebesar 62%, *overhead ratio* Spray And Wait yang lebih baik yaitu 3%, dan *average latency* Epidemic yang paling rendah yaitu sebesar 32%.
2. Penambahan kecepatan *node* pada pola pergerakan random, terjadwal dan terpola dengan protokol *routing* Epidemic, Maxprop, Spray And Wait, dan Prophet menghasilkan *delivery probability* dan *overhead ratio* mengalami peningkatan sedangkan *average latency* yang dihasilkan mengalami penurunan. Pada pola pergerakan random mendapatkan hasil *delivery probability* pada Maxprop yang paling tinggi dengan 55%, *overhead ratio* pada Spray And Wait yang lebih baik sebesar 6%, dan *average latency* pada Maxprop yang paling rendah yaitu sebesar 31%. Sedangkan pada pola pergerakan terjadwal mendapatkan hasil *delivery probability* yang paling besar adalah Maxprop sebesar 60%, *overhead ratio* yang paling baik adalah Spray And Wait sebesar 8%, dan *average latency* yang paling rendah yaitu Spray And Wait sebesar 44%. Lalu pada pola pergerakan terpola hasil *delivery probability* pada Epidemic dan

Maxprop mendapatkan nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar 59%, *overhead ratio* pada Spray And Wait yang lebih baik dengan nilai 7%, dan *average latency* pada Maxprop yang paling rendah yaitu sebesar 32%.

3. Pada pola pergerakan random, protokol *routing* maxprop memiliki kinerja yang lebih baik, dimana dengan penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node* memiliki 63% dan 55% pada parameter *delivery probability* dan nilai *average latency* sebesar 33% dan 31% yang paling baik. Akan tetapi *overhead ratio* yang dimiliki lebih besar atau memiliki resource yang besar pula yaitu sebesar 83% dan 78%. Pada pola pergerakan terjadwal, protokol *routing* protokol *routing* spray and wait memiliki kinerja yang lebih baik, dimana pada penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node* menghasilkan nilai 37% dan 44% pada parameter *average latency* dan *overhead ratio* yang baik nilai 4% dan 8% dibandingkan dengan ketiga protokol *routing* lainnya, akan tetapi nilai *delivery probability* yang didapatkan tidak lebih baik dari ketiga protokol *routing* lainnya yaitu sebesar 41% dan 40%. Sedangkan pada pola pergerakan terpola, protokol *routing* maxprop memiliki kinerja yang paling baik, dimana *delivery probability* pada penambahan jumlah *node* dan kecepatan *node* memiliki nilai yang paling baik sebesar 62% dan 59%. Lalu Maxprop menghasilkan nilai 32% dan 32% dengan parameter *average latency* yang paling baik dibandingkan ketiga protokol *routing* lainnya. Akan tetapi *overhead ratio* yang dimiliki lebih besar atau memiliki resource yang besar pula yaitu sebesar 83% dan 88%.

DAFTAR PUSTAKA

- Burgess, J., Gallagher, B., Jensen, D., & Levine, B. N. (2006). MaxProp: *Routing* for Vehicle-Based Disruption-Tolerant Networks. In *Proceedings IEEE INFOCOM 2006. 25TH IEEE International Conference on Computer Communications* (hal. 1–11). <https://doi.org/10.1109/INFOCOM.2006.228>
- Campillo, M., Crowcroft, J., Yoneki, E., & Martí, R. (2013). Evaluating opportunistic networks in disaster scenarios. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(2), 870–880. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2012.11.001>
- Fall, K. (2003). A *Delay-tolerant Network Architecture for Challenged Internets*. In *Proceedings of the 2003 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications* (hal. 27–34). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/863955.863960>
- Husni, E. (2011). Rural Internet service system based on *Delay Tolerant Network (DTN)* using train system. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics* (hal. 1–5). <https://doi.org/10.1109/ICEEI.2011.6021823>
- Juang, P., Oki, H., Wang, Y., Martonosi, M., Peh, L. S., & Rubenstein, D. (2002). Energy-efficient Computing for Wildlife Tracking: Design Tradeoffs and Early Experiences with ZebraNet. In *Proceedings of the 10th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems* (hal. 96–107). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/605397.605408>
- Keränen, A., Ott, J., & Kärkkäinen, T. (2009). The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Simulation Tools and Techniques* (hal. 55:1–55:10). ICST, Brussels, Belgium, Belgium: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering). <https://doi.org/10.4108/ICST.SIMUTOOL.S2009.5674>
- Lindgren, A., Doria, A., & Schelén, O. (2003). Probabilistic *Routing* in Intermittently Connected Networks. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 7(3), 19–20. <https://doi.org/10.1145/961268.961272>
- Liu, C. (2009). *Design and implementation of efficient routing protocols in delay tolerant networks*. FLORIDA ATLANTIC UNIVERSITY. Diambil dari <http://gradworks.umi.com/33/67/3367872.html>

- Permatasari, S. (2017). *Analisis kinerja protokol routing prophet, epidemic, dan spray and wait menggunakan the opportunistic network environment simulator*. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
- Spyropoulos, T., Psounis, K., & Raghavendra, C. S. (2005). Spray and Wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks. In *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM Workshop on Delay-tolerant Networking* (hal. 252–259). New York, NY, USA: ACM.
<https://doi.org/10.1145/1080139.1080143>
- Sugiyanto, G. (2015). *Analisis Protokol MaxProp dan ProPHET pada simulasi jaringan DTN (Delay Tolerant Network)*. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
- Vahdat, A., & Becker, D. (2000). *Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks*.
- Warthman, F. (2012). *Delay-Tolerant Networks (DTNs) - A Tutorial*. Diambil dari <http://www.citeulike.org/user/eldaly/article/599525>