

## MESSAGE FERRY UNTUK DELAY TOLERANT NETWORK DENGAN ADAPTIVE ROUTE

Muliansani, Waskitho Wibisono

Net Centric Computing, Jurusan Teknik Informatika,  
Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Kampus ITS, Jl. Raya ITS, Sukolilo – Surabaya 60111, Tel. +62 31 5913804  
E-mail : muliansani@gmail.com

**Abstrak.** *Arsitektur jaringan Delay Tolerant Network (DTN) adalah sistem jaringan tanpa koneksi langsung antara source dan destination. Konsep dalam Delay Tolerant Network memiliki masa penundaan yang cukup tinggi, waktu antrian yang panjang, sumber daya yang terbatas dan koneksi yang terputus. Message ferry (MF) merupakan salah satu sumber daya yang digunakan dalam DTN. MF dapat menyediakan efisiensi pengiriman data karena dapat bergerak secara proaktif untuk menerima dan mengirim pesan sehingga dapat menurunkan penundaan. Penggunaan pemilihan route dalam pengiriman paket data dapat memberikan hasil yang lebih optimal, seperti penggunaan algoritma next hop. Namun algoritma tersebut dapat menjadi masalah baru apabila node tujuan tidak dapat menerima pesan yang dibawa oleh MF. Akan terjadi looping yang dapat meningkatkan delay sehingga menurunkan efisiensi pengiriman. Dalam penelitian ini kami mengusulkan skema baru untuk mengatasi permasalahan looping dengan menggunakan adaptive route agar dapat mengurangi delay akibat dari kondisi pada node tujuan yang tidak dapat menerima pesan. Skema usulan kami beri nama dengan Adaptive Message Ferry Routing (AMFR).*

**Kata kunci :** *Delay Tolerant Network, Message ferry, Adaptive Message Ferry Routing, algoritma next hop.*

*Delay Tolerant Network (DTN)* merupakan konsep dalam pengiriman paket data yang dapat mentoleransi waktu sampai, namun dalam kondisi seperti itu akan terdapat latensi atau penundaan [1][13]. Penundaan merupakan jumlah waktu tunggu atau *delay* yang diperlukan oleh paket data untuk yang berisikan sejumlah informasi dari sejumlah *node* yang akan menuju ke *node* yang lain. DTN termasuk arsitektur yang dapat meningkatkan keamanan dalam infrastruktur jaringan dari akses yang tidak sah [5][7].

Teknologi dalam DTN mengadopsi teknologi transmisi data dengan sistem *store-carry-forward* [2]. Sebuah *node* menyimpan paket di dalam *buffer*, membawa dalam kondisi bergerak, dan akan mengirimkannya ketika memasuki jangkauan transmisi dari *node* lain sampai ke tujuan pengiriman [15]. sehingga DTN ini menawarkan solusi untuk implementasi jaringan yang dapat mengatasi *delay* yang sangat tinggi dalam proses pengiriman data seperti layanan email [4].

Terdapat banyak macam skema dan arsitektur jaringan yang dirancang untuk implementasi DTN. Umumnya DTN banyak

menggunakan MULEs atau sumber daya yang ada sebagai perantara pengiriman pesan [9][12], namun penggunaannya dirasa masih kurang efektif. Sumber daya lainnya adalah penggunaan *Message Ferry (MF)*, yaitu pengantar data atau informasi secara proaktif antara *node* yang satu ke *node* yang lain agar pengiriman menjadi lebih efisien [3][8][10][11]. Pada penelitian [14], MF digunakan untuk *wireless ad hoc networks* dengan mengembangkan algoritma yang dapat mengarahkan MF melalui lintasan yang dibentuk. Jadi pesan akan ditunda sementara sampai lintasan dibentuk terlebih dahulu setelah itu baru pesan dikirimkan.

Selanjutnya skema *message ferry* didesain dengan melakukan proses pemilihan rute untuk MF lebih optimal dalam menyampaikan pesan, usulan tersebut diberi nama *Multi-constraint ferry routing (MCFR)* [6]. Dengan memprioritaskan paket dalam pengiriman, hasilnya memberikan nilai yang cukup signifikan dalam menurunkan *delay* pengiriman paket secara keseluruhan. Skema yang diusulkannya menggunakan algoritma *next hop* atau penyeleksian untuk *message ferry* agar

dapat berpindah dari *node* asal ke *node* tujuan dengan memprioritaskan beberapa kriteria untuk MF menentukan rutenya. Kriteria dari algoritma *next hop* adalah jumlah paket yang dikirimkan relatif besar; paket yang akan dikirimkan tersebut telah menunggu untuk waktu yang lama; *node* tersebut telah dekat dengan MF. Namun dengan algoritma tersebut dapat menjadi permasalahan tersendiri dalam jaringan DTN yang rentan dengan kondisi dinamis. Kehilangan sinyal transmisi dalam jaringan termasuk masalah umum akibat faktor cuaca, konsumsi energi, teknis dan lain-lain. Secara teori pengiriman akan terus dilakukan pada *node* tujuan yang tidak dapat menerima pesan akibat kehilangan sinyal transmisi. Hal tersebut akan membuat pergerakan MF dalam pengiriman pesan menjadi tidak efisien karena terjadinya proses *looping* yang dapat memperpanjang waktu *delay*. Oleh sebab itu pengembangan dari penelitian sebelumnya masih dirasa perlu untuk dilakukan.

Usulan dari penelitian ini adalah dengan memodifikasi skema sebelumnya agar dapat bekerja pada kondisi yang dinamis yaitu menggunakan skema *adaptive route* yang dapat bergerak lebih efisien apabila menemukan kendala pada sinyal transmisi pada *node* tujuan. Prioritas pengiriman untuk paket dibagi menjadi beberapa bagian agar tidak terjadi antrian yang dapat menunda paket lain yang tidak memiliki masalah pada *node* tujuannya.

**I. METODOLOGI**

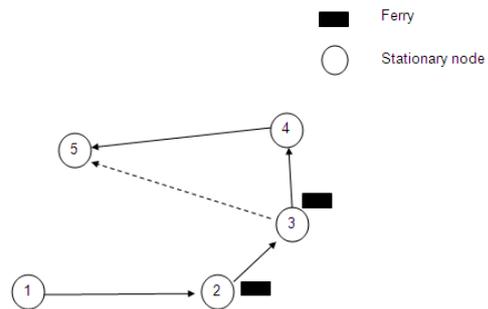
Adapun metode yang dirancang dalam penelitian ini dijelaskan pada subbab berikut:

**Skema Rancangan**

Skenario dari skema rancangan dalam DTN digambarkan seperti pada Gambar 1 dengan penjelasan sebagai berikut:

- 1, 2, 3, 4 dan 5 diasumsikan sebagai *stationary node*.
- MF bergerak mengunjungi *node* 2, jika tidak menerima paket akan melanjutkan bergerak ke *node* 3.
- Jika terdapat paket dari *node* 3 harus dikirimkan ke *node* 5 dengan kondisi tidak terdapat paket dalam *ferry*, maka *ferry* setelah mengunjungi *node* 3 akan melanjutkan untuk mengunjungi *node* 4 kemudian baru mengunjungi *node* 5 sesuai jalur dasarnya.

- Namun, jika *ferry* mengunjungi langsung *node* 5 maka waktu tunggu paket dalam *ferry* akan berkurang.



Gambar 1. Skema Rancangan

**Pemilihan Rute**

Proses pemilihan rute MF dengan menggunakan algoritma penyeleksian (*next hop*). Tujuan dari penentuan rute agar lebih efektif dalam pengiriman paket. Pemilihan rute ditunjukkan pada persamaan 1.

$$V_i = \frac{(W_m \times M_i) \times (W_t \times T_i)}{W_d \times D_i} \tag{1}$$

Dimana

$$M_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, T_i = \frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}, \text{ dan } D_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}$$

Keterangan:

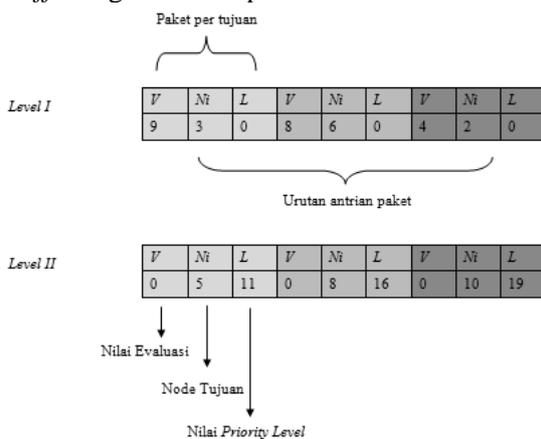
- $V$  nilai evaluasi dari *node*  $i$
- $W_m$  koefisien dari jumlah paket dalam *ferry*
- $M_i$  jumlah paket untuk *node*  $i$
- $W_t$  koefisien waktu tunggu paket dalam *ferry*
- $T_i$  waktu tunggu paket ke *node*  $i$
- $W_d$  koefisien jarak antara *ferry* dan *stationary node*
- $D_i$  jarak antara *ferry* dengan *node*  $i$
- $n$  jumlah dari *regular nodes*
- $m_i$  jumlah paket yang akan dikirimkan ke *node*  $i$  dalam *ferry*
- $t_i$  total waktu tunggu paket yang akan dikirimkan ke *node*  $i$  dalam *ferry*
- $d_i$  *Euclidean* antara *ferry* dan *node*  $i$

Penggunaan dari algoritma penyeleksian ini akan difungsikan apabila *node* tujuan tersebut telah dekat dengan *message ferry* atau tetangga dari *node* yang sedang dikunjungi oleh MF saat itu. Jika *node* tujuan bukan termasuk dari *node* tetangga yang sedang

dikunjungi oleh MF saat itu maka MF akan mengunjungi *node* terdekat lainnya.

**Adaptive route**

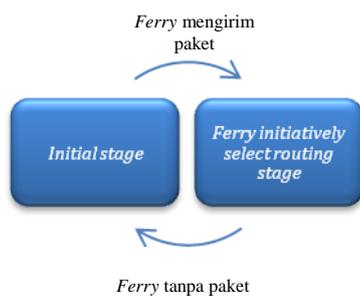
Konsep *adaptive route* dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan tingkat prioritas dengan membagi dua *level* paket data dalam *buffer*. *Level* satu merupakan sekumpulan paket data yang menjadi prioritas untuk diproses sebagai rute selanjutnya, sedangkan *level* dua merupakan sekumpulan paket dengan status *pending* untuk diproses sebagai rute selanjutnya. paket dibagi per blok berdasarkan *node* tujuan. Di dalam blok paket terdapat nilai evaluasi dan nilai *priority level* sebagai kriteria pengurutan paket yang menjadi prioritas pengiriman ke *node* tujuan. *level* satu ditentukan dengan nilai *Priority Level* = 0. Sedangkan *level* dua ditentukan dengan Nilai Evaluasi = 0. Ilustrasi *priority level* paket dalam *buffer* digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Alokasi Level Paket Dalam Buffer

**Proses Kerja Skema**

Proses kerja dari skema usulan dibagi menjadi tiga *stage*, proses kerja skema dapat digambarkan dalam diagram transisi seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram transisi

Penjelasan dari Gambar 2 sebagai berikut:

- *Initial stage*: MF akan memilih *node* secara acak berdasarkan jangkauan jarak terdekat. Setelah mengunjungi *node* maka akan bergerak ke *node* terdekat berikutnya selama MF tidak menerima pesan atau paket.
- *Ferry initiatively select routing stage*: menghitung nilai evaluasi untuk menuju *node* berikutnya, namun jika tidak ada paket yang dibawa maka MF akan mengunjungi *node* terdekat.

**Desain Sistem**

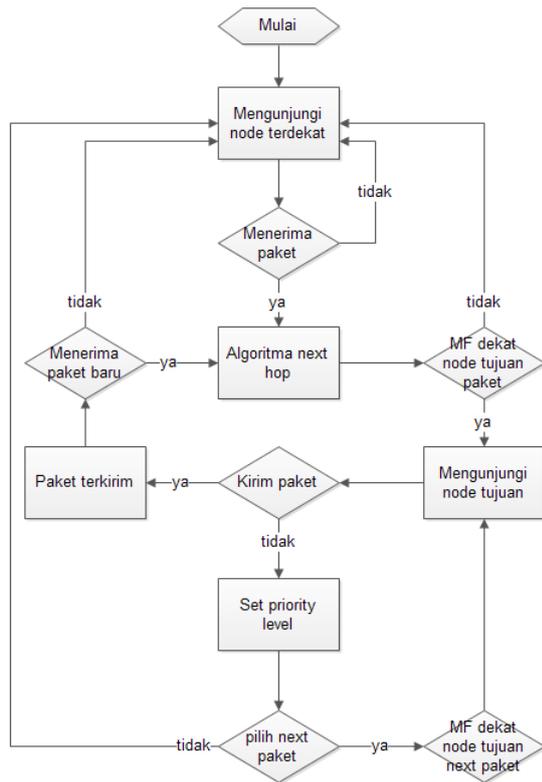
Konsep yang dirancang dalam penelitian ini berjalan pada sisi *buffer* tanpa merubah protokol *routing* dari skema sebelumnya, sehingga protokol *routing* ini dapat beradaptif dengan kondisi dinamis dalam DTN sehingga menjadi lebih baik untuk implementasinya. Skema yang diusulkan ini diberi nama *Adaptive Message Ferry Routing* (AMFR) atau protokol *routing* yang dapat beradaptif atau menyesuaikan dengan kondisi dinamis.

Desain sistem yang diusulkan dalam penelitian ini menggunakan rumus yang ditunjukkan pada persamaan 2. Untuk proses kerja skema AMFR sebagai berikut:

- MF akan bergerak kembali dengan menggunakan *Initial stage* (Gambar 2).
- Menggunakan konsep tingkat prioritas untuk paket dalam *buffer*.
- Paket yang gagal dikirim akan dimasukkan pada *level* dua dan diberi nilai *priority level* sebanyak jumlah *node*.
- Nilai *priority level* akan berkurang 1 setiap MF mengunjungi *node*.
- Jika nilai *priority level* = 0 maka paket tersebut akan diikutkan kembali pada *level* pertama agar dapat dihitung nilai evaluasinya dengan algoritma penyeleksian untuk ditentukan nilai prioritas pengirimannya.
- Namun apabila *node* tujuan masih dalam keadaan kehilangan transmisi maka paketnya akan dikembalikan pada *level* dua.

$$L_{mi} = \sum_{i=1}^n -h \tag{2}$$

- L* nilai *priority level*.
- mi* paket yang akan dikirimkan ke *node i*.
- n* jumlah *stationary node*.
- h* jumlah tiap kunjungan berikutnya.



Gambar 4. Flowchart dari rancangan yang diusulkan

Tahapan skema awal penentuan rute MF ditentukan dengan *initial stage*, MF akan mengunjungi *node* terdekat apabila MF belum memiliki paket untuk dikirimkan. Jika MF menerima paket maka akan dilakukan perhitungan nilai evaluasi dengan algoritma *next hop* dan paket akan dikirim ke *node* tujuan bila *node* tujuan adalah tetangga dari *node* yang dikunjungi MF saat itu. Bila MF sampai ke *node* tujuan maka paket akan dikirimkan, namun bila kondisi *node* tujuan tidak dapat menerima paket maka MF akan menggunakan skema usulan agar MF dapat memilih *node* tujuan berikutnya sehingga tidak terjadi *looping* dalam jaringan.

**II. HASIL DAN ANALISIS**

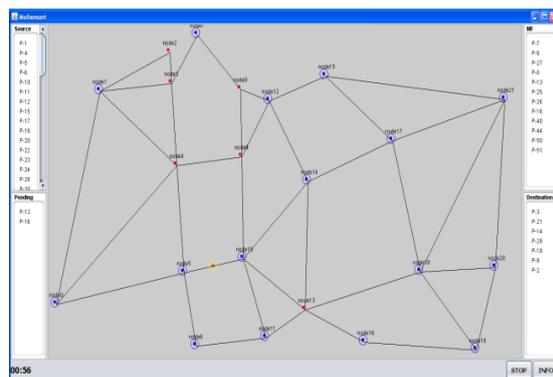
Skenario pengujian dibangun dengan bahasa pemrograman Java (Gambar 5). Adapun parameter dasar dalam pengujian simulator yang digunakan untuk menguji diuraikan pada Tabel 1.

Pengujian pertama dilakukan dengan pada kondisi *stationary node* stabil, pengujian ini akan menjadi nilai ideal. pengujian kedua menggunakan skema sebelumnya dengan kondisi *stationary node* tidak stabil dan

pengujian ketiga menggunakan skema usulan dengan kondisi *stationary node* tidak stabil juga.

Tabel .1 Parameter Uji

Keterangan	Detail
Kecepatan waktu simulator	400 ms
Durasi simulasi	60 sec
Jumlah message ferry	1
Kecepatan message ferry	1 ms
Jumlah stationary node	22
node yang mengalami transmission loss	Node 4 dan node 6
Interval transmission loss	4000 ms
Luas area	x = 1110, y = 630
Creation interval message	500 ms



Gambar 5. Simulator uji coba

Dari hasil keseluruhan pengujian yang dilakukan, hasilnya dirangkum dalam Tabel 2 untuk penurunan hasil akibat *looping* yang terjadi pada uji coba dengan MCFR. Hasil dirangkum pada Tabel 3 untuk peningkatan nilai dengan menggunakan *adaptive route*.

Tabel 2. Penurunan hasil akibat *looping*

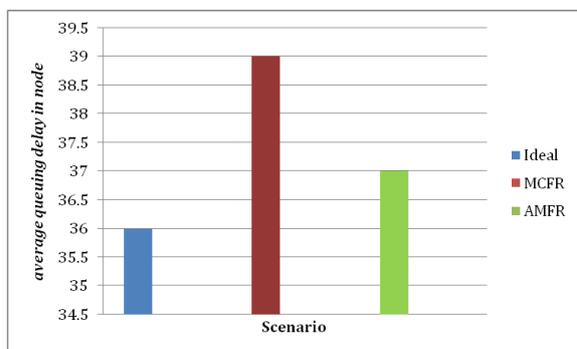
Pengujian	Nilai Ideal	MCFR	Jumlah Selisih	Selisih %
Messages received by ferry	36	29	-7	Turun 19.4 %
Throughput message	36	24	-12	Turun 33.3 %
Average queuing delay in node	36	39	3	Naik 7.7 %
Average queuing delay in ferry	6	9	3	Naik 33.3 %

Tabel 3. Peningkatan hasil dengan *adaptive route*

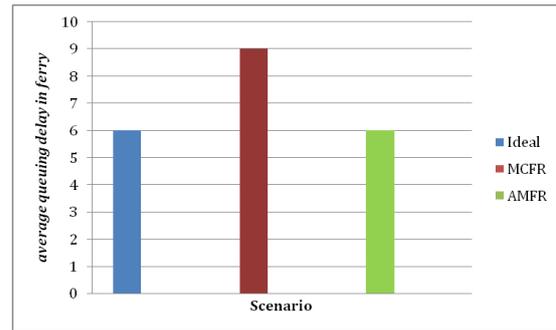
Pengujian	MCFR	AMFR	Jumlah Selisih	Selisih %
<i>Messages received by ferry</i>	29	34	5	Naik 14.7%
<i>Throughput message</i>	24	31	7	Naik 22.6%
<i>Average queuing delay in node</i>	39	37	-2	Turun 5.1%
<i>Average queuing delay in ferry</i>	9	6	-3	Turun 33.3%

Pada Pengujian dengan menggunakan skema MCFR memperlihatkan penurunan hasil dari nilai ideal. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai rata-rata dari masa tunggu paket menjadi besar menjadi yaitu 39 detik dan rata-rata lama pengiriman paket untuk *node* tujuan menjadi 9 detik. Meningkatnya nilai rata-rata waktu tunggu dan nilai rata-rata lama pengiriman paket tersebut mempengaruhi jumlah paket yang dapat diterima oleh MF yang menjadi 29 dan nilai jumlah paket yang dapat dikirimkan oleh MF berkurang menjadi 24 paket. Kondisi tersebut akibat dari terjadinya peristiwa *looping* atau kondisi dimana MF mengunjungi *stationary node* berulang-ulang akibat dari terdapatnya paket dalam MF yang menunjukkan pengiriman paket ke salah satu *node* yang memiliki kondisi *transmission loss* atau kehilangan sinyal transmisi.

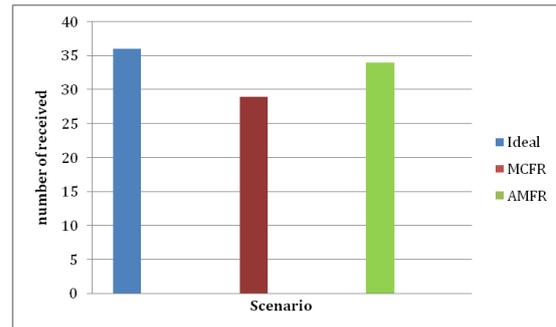
Pada Pengujian dengan menggunakan skema AMFR menunjukkan hasil yang lebih baik dalam mengatasi permasalahan *looping* yang terjadi. Nilai *average queuing delay in node* menjadi 37 detik dan untuk nilai *average queuing delay in ferry* menjadi 6 detik. Untuk jumlah *messages received by ferry* menjadi 34 paket dan untuk jumlah *throughput message* mengalami peningkatan yaitu 31 paket.



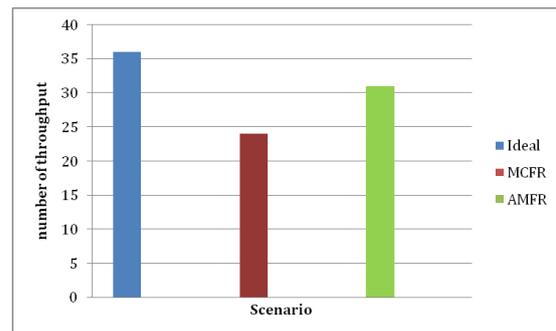
Gambar 6. Grafik *queuing delay in node*



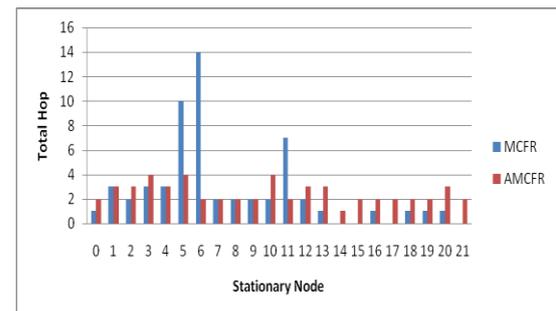
Gambar 7. Grafik *queuing delay in ferry*



Gambar 8. Grafik *Messages received by ferry*



Gambar 9. Grafik *Throughput message*



Gambar 10. Grafik kunjungan MF ke tiap *node*

Pada saat pengiriman paket untuk *node* 6 terjadi *looping* dengan MCFR dengan jumlah kunjungan atau *total hop* MF ke *node* 6 mencapai 14 kali kunjungan (Gambar 10), karena pada saat pengiriman berlangsung *node* 6 mengalami *transmission loss*. Efek dari *looping* pada *node* 6 membuat kunjungan ke *node* tetangga dari *node* 6, yaitu *node* 5 dan *node* 10 juga mengalami peningkatan jumlah

kunjungan yang signifikan. Namun tidak pada AMFR, hal tersebut dikarenakan skema AMFR yang diusulkan menggunakan *priority level* untuk mengatasi *looping* akibat prioritas paket dari penggunaan algoritma *next hop* pada skema MCFR. Dengan konsep yang digunakan pada skema AMFR, MF tidak akan lagi memproses pengiriman untuk paket yang telah ditempatkan pada *level* tunda selama  $N_{hop}$ , sehingga tidak menunda pengiriman untuk paket-paket lainnya.

### III. KESIMPULAN

Protokol *routing* pada penelitian sebelumnya (MCFR) sangat berpengaruh dalam *Delay Tolerant Network* disaat *stationary node* memiliki kondisi transmisi dinamis atau tidak stabil. Kondisi dinamis tersebut menghasilkan perbedaan hasil dari nilai ideal. Dari hasil pengujian, nilai *average queuing delay in ferry* atau rata-rata lama pengiriman paket ke *node* tujuan meningkat 33.3% dan nilai *average queuing delay in node* atau rata-rata waktu tunggu paket meningkat 7.7%. Hal tersebut memberi pengaruh terhadap jumlah *messages received by ferry* atau jumlah paket yang dapat diterima oleh MF menurun 19.4% dan *throughput message* atau jumlah paket yang dapat dikirimkan oleh MF ke *node* tujuan menurun 33.3%. Hal ini tersebut akibat dari proses *looping* yang terjadi selama pengujian.

Skema AMFR yang usulkan dalam penelitian ini mampu menurunkan proses *looping* yang terjadi pada skema sebelumnya. Dari persentase rata-rata pengujian yang dilakukan menunjukkan nilai *average queuing delay in ferry* menurun 33.3%, *average queuing delay in node* menurun 5.1%, jumlah *messages received by ferry* meningkat 14.7% dan jumlah *throughput message* meningkat 22.6% dari pengujian yang menggunakan MCFR. Hal ini disebabkan oleh pembagian *level* prioritas paket pengiriman dalam *buffer* MF dapat menghindari terjadinya *looping* pada saat proses pengiriman paket ke *stationary node* yang mengalami kehilangan sinyal transmisi. Namun penempatan paket pada *level* yang berbeda ini dapat menunda pengiriman paket tersebut tanpa *interval* waktu yang tepat untuk paket tersebut dikembalikan pada prioritas pengiriman. Oleh sebab itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai waktu yang tetap atau mendekati masa transmisi *stationary node* kembali

berfungsi agar proses pengiriman paket bisa lebih optimal.

Untuk penelitian selanjutnya akan difokuskan pada penggunaan *multiple* MF dalam mengatasi kendala dari penggunaan *single* MF bila terjadi masalah pengiriman yang dialami oleh MF.

### IV. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, A. *Wireless and Mobile Data Networks*. 2005.
- [2] Chuah Mooi, Yang Peng, and D Brian. *Store-and-Forward Performance in a DTN*. IEEE 2006.
- [3] Chen Yang, Yang Jeonghwa, Zhao Wenrui, Ammar Mostafa and Zegura Ellen. *Multicasting in Sparse MANETs Using Message Ferrying*, IEEE Communications Society subject matter experts for publication in the WCNC, 2006.
- [4] Emir M. Husni, Ari Rinaldi Sumarmo. *Delay Tolerant Network Utilizing Train for News Portal and Email Services*. 2010 3rd International Conference on ICT4M.
- [5] Farrell, S., Cahill, V. *Delay and Disruption Tolerant Networking*, Artech House, 2006.
- [6] Juan Peng, Jiakang Liu, and Liqin Xue. *A Multi-Constraint Ferry Routing Scheme for Delay Tolerant Networks*. School of Information and Electronics Beijing Institute of Technology Beijing, IEEE International Conference, China, Sept, 2012.
- [7] Lindgren, A. Doria, and O. Schelen., *Probabilistic Routing in intermittently connected networks*. 2004; volume 3126, pages 239–254.
- [8] R. Viswanathan, J. Li, and M. C. Chuah. *Message Ferrying for Constrained Scenarios*. IEEE WoWMoM, 2005.
- [9] Rahul C. Shah et al. *Data MULEs: Modeling a Three-tier Architecture for Sparse Sensor Networks*. DTN Research Group Internet Draft, 2003.
- [10] Taha A. Khalaf, Sang Wu Kim. *Delay Analysis in Message Ferrying System*, IEEE 2008.
- [11] Ting Wang, and Chor Ping Low. *Dynamic Message Ferry Route (dMFR) for Partitioned MANETs*. International

- Conference on Communications and Mobile Computing, 2010.
- [12] Vahdat and D. Becker. *Epidemic routing for partially connected ad hoc networks*. Technical Report CS-200006, Duke University, 2000.
- [13] Warthman, Forest et al. *Delay-Tolerant Networks (DTNs) A Tutorial*, DTN Research Group Internet Draft, 2003.
- [14] W. Zhao and M. Ammar. *Message ferrying: proactive routing in highly-partitioned wireless ad hoc networks*. In the 9th IEEE International Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems, May, 2003, pp. 308-314.
- [15] W. Zhao, M. Ammar, and E. Zegura, "A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks," Proceedings of the 5th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, 2004.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*