

# Evaluasi dan Optimisasi Model Routing pada Delay Tolerant Network (DTN) untuk Pengiriman Data ke Desa Terpencil

A. A. Ilham<sup>1</sup>, M. Niswar<sup>1</sup>, Agussalim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin, Makassar

<sup>2</sup>Program Studi S1 Teknik Komputer, PIIM, Makassar

**Abstrak**—*Delay Tolerant Network (DTN)* merupakan arsitektur jaringan *end-to-end* yang didesain untuk menyediakan komunikasi pada lingkungan dengan konektivitas *intermittent*, penundaan yang besar, dan *error rate* yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengoptimisasi model routing pada DTN yang digunakan untuk pengiriman data ukuran besar ke desa terpencil yang tidak memiliki infrastruktur jaringan telekomunikasi yang memadai. Hasil evaluasi 6 model routing standar pada DTN, didapatkan model routing yang paling banyak mengirimkan pesan untuk skenario Makassar-Selayar adalah *Direct Delivery Router (DDR)*, *Spray & Wait (SWR)*, dan *MaxProp (MPR)*. Optimisasi DDR dengan cara menggabungkan DDR dengan *Oracle Based Routing* menghasilkan model routing baru yang disebut dengan *Direct Oracle Router (DOR)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DOR memiliki kemampuan untuk mengirimkan pesan lebih banyak dibandingkan dengan model routing lain, hal ini dapat dilihat dari probabilitas penerimaan pesan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model lain. Meskipun DOR memiliki *latency* yang lebih tinggi dibandingkan dengan DDR untuk pengiriman file ukuran 25 MB, namun untuk ukuran file 75 MB – 100 MB, DOR memiliki *latency* yang lebih rendah.

**Kata Kunci**—*Delay Tolerant Network, Model Routing, Direct Oracle Router*

## I. PENDAHULUAN

*Delay Tolerant Network (DTN)* menyediakan komunikasi dalam lingkungan dengan konektivitas silang, waktu penundaan yang besar dan berubah-ubah, dan tingkat kesalahan yang tinggi [1], dimana hal ini sangat cocok diterapkan pada daerah terpencil. DTN mendukung mobilitas dan penggunaan daya yang terbatas dari perkembangan perangkat komunikasi nirkabel. Teknologi nirkabel DTN sangat beragam, tidak hanya Frekuensi Radio tapi juga termasuk *Ultra-Wide Band (UWB)*, *free-space optical*, dan teknologi akustik sonar atau ultrasonic [2].

Beberapa daerah telah dijadikan skenario uji coba simulasi DTN dengan menggunakan ONE simulator, seperti Manchester dan Manhattan [3]. Daerah tersebut merupakan daerah perkotaan yang memiliki tingkat kepadatan yang tinggi, jumlah kendaraan yang lalu lintas

setiap hari lebih banyak jika dibandingkan dengan desa terpencil. Hal tersebut menyebabkan model routing dan skenario pada ONE Simulator belum optimal jika digunakan pada simulasi DTN untuk daerah terpencil. Penelitian ini akan memanfaatkan DTN sebagai jaringan alternatif selain internet untuk mengirimkan data ke desa terpencil, dengan asumsi data yang dikirim melalui DTN berupa data-data dengan ukuran 25 MB - 100 MB.

Simulasi dilakukan menggunakan “*Opportunistic Network Environment*” (ONE). ONE Simulator dapat memvisualisasikan hasil simulasi dengan dua cara; melalui tampilan interaktif *Graphical User Interface (GUI)* dan menghasilkan gambar dari informasi yang dikumpulkan pada saat simulasi [3]. Simulasi dilakukan untuk skenario pengiriman pesan di Kab. Kepulauan Selayar, yang berada di Sulawesi Selatan – Indonesia.

## 2) II. LATAR BELAKANG

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model routing DTN yang optimal digunakan untuk mengirimkan data ke desa terpencil. Bus antar-kota merupakan agen utama untuk model ini, dimana lalu lintas bus antar-kota yang setiap hari pergi-pulang untuk melayani transportasi, juga akan digunakan beberapa angkutan pedesaan sebagai agen lain karena keterbatasan bus kota yang hanya melintasi jalur utama. Berikut merupakan asumsi sementara model infrastruktur dengan memanfaatkan sarana dan prasarana transportasi hingga mencapai daerah tujuan. Gambar 1 memperlihatkan konsep DTN untuk daerah terpencil.



Gambar 1. Konsep DTN

Perjalanan dari Makassar ke Benteng Selayar selama 14 Jam, menempuh jarak sekitar 240 km melewati selat Bira. Perjalanan dimulai dari Terminal Mallengkeri Makassar menuju Terminal Benteng di Selayar, melewati beberapa kabupaten yang ada di Sulawesi Selatan. Rute menuju Kab. Kep. Selayar memiliki jarak yang panjang, dan menggunakan beberapa jenis alat transportasi seperti bus, ferry, dan angkutan umum. Sarana transportasi ke Selayar dilayani oleh Bus yang telah memiliki rute tetap.

Selain bus menuju Selayar, rute tersebut juga dilalui beberapa angkutan umum namun dengan tujuan ke kabupaten-kabupaten sebelum Kab. Selayar. Berikut daftar angkutan umum yang digunakan sebagai agen pada penelitian ini.

TABEL I  
DAFTAR JENIS TRANSPORTASI YANG DIGUNAKAN UNTUK DTN

Jenis Angkutan	Dari	Tujuan	Kecepatan rata-rata
Mobil	Makassar	Takalar	60 km/jam
Mobil	Makassar	Jeneponto	60 km/jam
Mobil	Makassar	Bantaeng	60 km/jam
Mobil	Makassar	Bulukumba	60 km/jam
Mobil	Makassar	Bira	60 km/jam
Bus	Makassar	Benteng	50 km/jam
Mobil	Benteng	Pamatata	60 km/jam
Mobil	Benteng	Onto	30 km/jam
Mobil	Benteng	Appatana	40 km/jam
Ferry	Bira	Pamatata	15 km/jam

Selain menggunakan rute bus yang tetap yaitu jurusan Makassar – Selayar, juga digunakan beberapa rute angkutan umum yang melalui jalur yang sama, namun dengan pemberhentian dan jurusan yang berbeda. Total bus, mobil, dan ferry yang digunakan adalah sebanyak 131 unit yang selanjutnya dijadikan sebagai *node/router* yang akan menerima dan meneruskan data ke node tujuan.

### III. METODE PENELITIAN

#### D.

Pembuatan skenario dilakukan dengan ONE Simulator. Semua data yang telah dikumpulkan kemudian dijadikan parameter untuk pengembangan skenario pengiriman pesan pada DTN, dengan pergerakan node yang dapat dimodelkan berdasarkan data *real-world* yang dibuat menggunakan aplikasi GIS (openjump).

Skenario ini disimulasikan selama 14 jam, sesuai dengan lamanya waktu perjalanan dari Makassar ke Selayar. Pada simulasi ini diasumsikan setiap alat transportasi memiliki peralatan komunikasi yang dijadikan sebagai *router* DTN. Untuk bus dan Ferry, antar muka yang digunakan adalah perangkat wifi, dan *bluetooth*, sedangkan untuk mobil angkutan, antar muka yang digunakan adalah *bluetooth* saja.

Setiap node memiliki kapasitas *buffer* dan kecepatan pengiriman data yang berbeda, seperti diperlihatkan pada Table 2.

TABEL 2  
KARAKTERISTIK SETIAP NODE

Jenis Node	Jarak Jangkauan	Bandwith	Ukuran Buffer	Speed km/h
Bus	250 m	11 Mb/s	100 MB	40-50
Car	10 m	0.2 Mb/s	100 MB	50-60
Ferry	250 m	11 Mb/s	500 MB	10-15

Setiap *node* juga memiliki model pergerakan yang berbeda, ini disesuaikan dengan karakteristik transportasi rute Makassar – Selayar. Untuk simulasi ini digunakan 3 jenis pergerakan (*movement*) seperti pada Tabel 3.

TABEL 3  
JENIS MOVEMENT YANG DIGUNAKAN OLEH NODE

Jenis node	Dari	Tujuan	Jumlah	Jenis Movement
Mobil	Makassar	Takalar	15	Bus Movement
Mobil	Makassar	Jeneponto	10	
Mobil	Makassar	Bantaeng	10	
Mobil	Makassar	Bulukumba	10	
Mobil	Benteng	Pamatata	5	
Mobil	Benteng	Appatana	5	
Mobil	Makassar	Bira	10	
Bus	Makassar	Benteng	15	Working Day Movement
Ferry	Bira	Pamatata	1	Map Route Movement

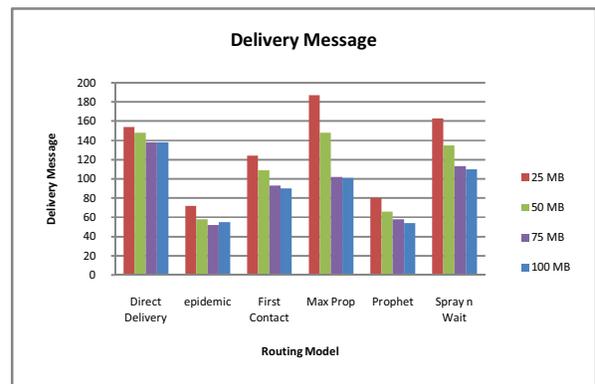
Untuk ukuran pesan yang akan di kirim ke node tujuan, pada penelitian ini diasumsikan data yang berukuran antara 25 – 100 MB. Setiap perubahan ukuran pesan akan di evaluasi menggunakan 6 routing protocol

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### E. A. Evaluasi Model Routing Standar

Enam (6) model routing standar yang ada pada DTN antara lain: 1) *Direct Delivery* (DD), 2) *First Contact* (FC), 3) *Spray and wait*, 4) *PROPHET*, 5) *Max-Prop*, dan 6) *Epidemic* [4], disimulasikan menggunakan skenario Makassar – Selayar.

Gambar 2 memperlihatkan hasil simulasi 6 model routing berdasarkan banyaknya pesan yang sampai ke tujuan, dimana jumlah pesan yang dikirim adalah 1709 pesan.



Gambar 2. Delivery message report 6 model routing

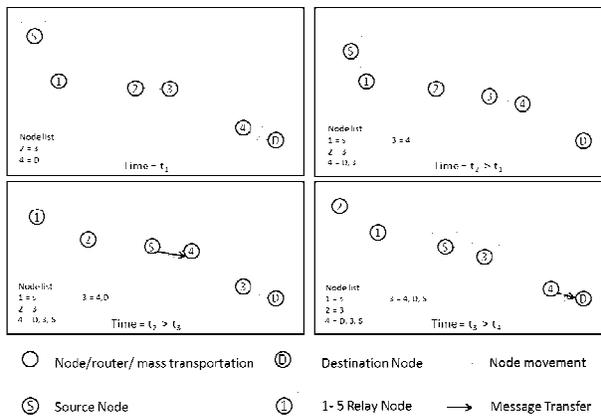
Berdasarkan hasil evaluasi 6 model routing standar pada DTN, didapatkan model routing yang paling banyak mengirimkan pesan untuk skenario Makassar-Selayar yaitu *Direct Delivery Router* (DDR), *Spray & Wait* (SWR), dan *MaxProp* (MPR). Dari 3 model routing, DDR mampu mengirimkan file berukuran 75 MB dan 100 MB lebih banyak dibanding model lain, walaupun untuk pesan

berukuran 25 MB MPR masih lebih bagus dibanding DDR dan SWR.

F. B. Optimisasi Model Routing

Dari hasil pengembangan routing, didapatkan model gabungan antara *Direct Delivery* dan *Oracle Based Routing*. Model ini dapat mengumpulkan informasi mengenai node pada setiap group. Beberapa penambahan proses berdasarkan informasi yang terdapat dalam Oracle (*knowledge center*) pada *Direct Delivery Router* adalah:

- Kemampuan untuk mengambil daftar / list pada semua router yang ada pada group.
- Kemampuan untuk memeriksa daftar pesan yang ada pada node tujuan.
- Kemampuan mereplikasi semua pengaturan yang ada pada node sumber ke node tujuan [6].



Gambar 3. Ilustrasi *Direct Oracle Router*

Pada Gambar 3. dapat dilihat ilustrasi DOR, dimana setiap node memiliki daftar node yang pernah ditemui, setiap kali node bertemu akan terjadi penambahan list daftar router yang tersimpan pada setiap node, *node source* hanya akan mengirimkan pesan ke node yang terdapat destination node pada daftar list-nya. Berikut pseudocode untuk DOR.

```

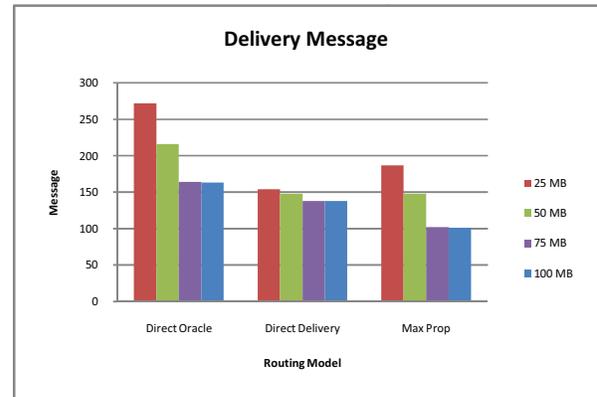
PSEUDOCODE
DirectOracle (source, relay destination)
Create Contact List Router
    for connection = true then
        Replicate setting and contact list
        if node have contact list with
            destination
                check message in buffer node
                if node have message
                    abort sending
                else
                    sending message
                    delete message from
            destination
        Endif
    else
        abort transfer
    endif
    
```

G.

Tujuan utama pengembangan model routing untuk scenario Makassar-Selayar adalah untuk menghasilkan

model routing yang memiliki *delivery probability* yang tinggi, *low latency*, *overhead ratio* yang rendah dan *throughput* yang tinggi, sesuai dengan tujuan standar pengembangan model routing [7]. Berikut perbandingan model routing hasil pengembangan:

*Message Delivery Report* adalah laporan dari jumlah pesan yang diterima dengan waktu yang dibutuhkan, laporan baru dibuat setiap kali pesan dibuat atau disampaikan. Untuk simulasi ini, *Message Generator* membuat pesan sebanyak 1709 dengan waktu simulasi selama 54200 detik.



Gambar 4. Satatistik pesan yang diterima

Pada gambar 4 terlihat *direct oracle* dapat menyampaikan pesan yang lebih banyak dibanding model routing lain, karena modul routing yang dikembangkan menggunakan *knowledge based (oracle)* atau *predictable route*, dengan *knowledge based* sebelum pesan diteruskan ke *node* tujuan, *node* sumber *me-list node* di setiap group dan pesan yang ada pada buffer di setiap node.

*Probabilitas* pesan merupakan rasio dari pesan yang diterima dari pesan yang dikirim, *probabilitas* yang tinggi berarti lebih banyak pesan yang disampaikan ke tujuan, pada Table 4 dapat dilihat proabilitas pesan setiap model routing. Jumlah total pesan yang dikirim selama simlasi adalah 1705 pesan.

TABEL 4  
STATISTIC DELIVERY PROBABILITY REPORTS

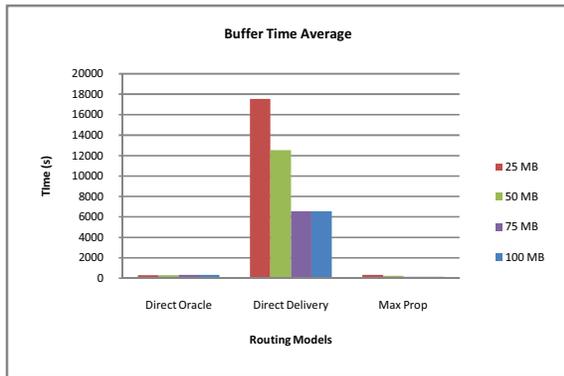
Routing Models	Message Size			
	25 MB	50 MB	75 MB	100 MB
Direct Delivery	0.0903	0.0868	0.0809	0.0755
MaxProp	0.1097	0.0868	0.0598	0.0592
Direct Oracle	0.1623	0.1312	0.0928	0.0901

Probabilitas pesan, didapatkan dari pembagian antara pesan yang diterima dan pesan yang dikirim selama simulasi, di bawah ini rumus yang digunakan untuk menghitung *delivery probability* [2].

$$DeliveryProbability = \frac{NumberofMessageDelivered}{NumberofMessageSend}$$

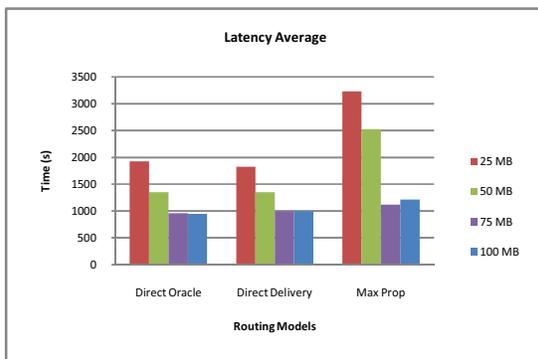
*Buffer Time Average* : Waktu *buffer* rata-rata setiap *model routing*. Terdapat perbedaan antara kapasitas buffer setiap

node, kapasitas terbesar adalah node ferry sebesar 500 MB, sedangkan bus dan car hanya 100 MB. Dilihat dari Gambar 5, *DDR* memiliki *Buffer Time Average* yang tinggi terutama pada ukuran file 25 MB, dibandingkan dengan *Max Prop* dan *Direct Oracle*. Semakin Rendah *Buffer Time* maka semakin baik kinerja dari *routing* protokol.



Gambar 5 *Buffer Time Average* 3 model routing

*Latency* adalah waktu yang dibutuhkan oleh paket untuk sampai pada tujuannya dari sumbernya. (waktu keseluruhan yang dibutuhkan paket sejak pesan berpindah dari pengirim hingga tiba penerima).

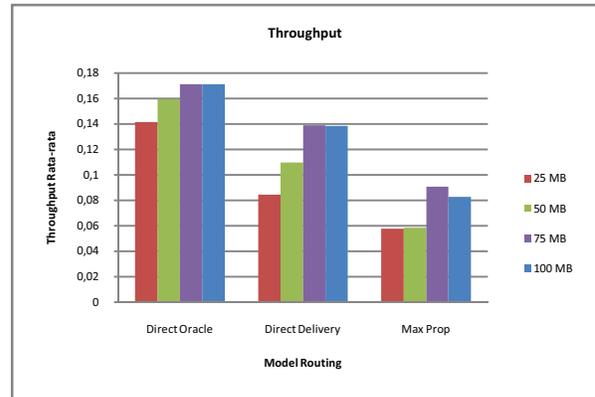


Gambar 6 *Latency average* untuk 3 model routing

*DOR* memiliki kekurangan, dimana *latency* pada ukuran file 25 MB sangat tinggi ini diakibatkan oleh manajemen *buffer* yang belum sempurna, sehingga *buffer storage* pada dibaca penuh oleh node sumber padahal baru menyimpan beberapa pesan.

*Throughput* dapat didefinisikan sebagai jumlah paket data yang dikirim per detiknya. *Throughput* dipengaruhi oleh *dropped packet*, dan unit protokol data yang digunakan oleh *protocol* untuk pengaturan komunikasi dengan yang sejenis/sama (*peers*). *routing overhead* disebabkan oleh paket-paket terbaru yang dipertukarkan oleh *protocol routing* untuk mengirimkan informasi ke jaringan sejenis (*peers*). *Routing overhead* menurunkan *throughput*.

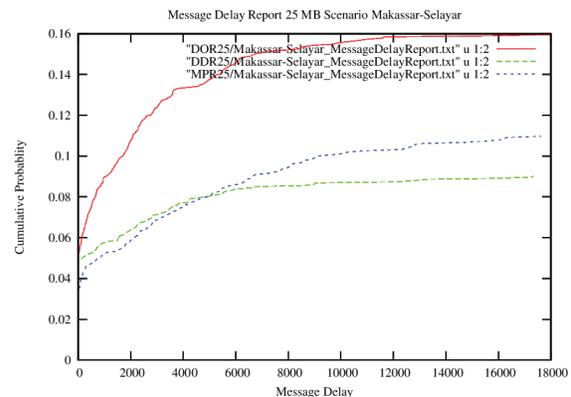
Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) 2012  
<http://fortei2012.ui.ac.id>



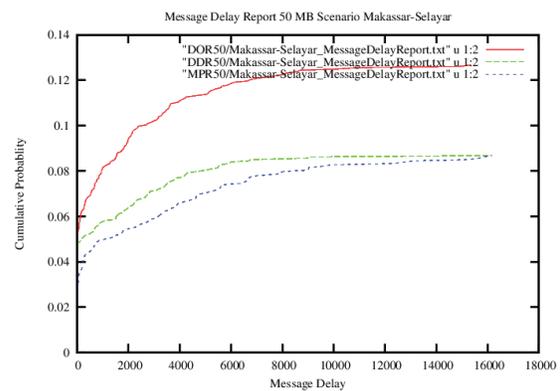
Gambar 7 *Throughput* untuk 3 model routing

Pada gambar 7 terlihat *DOR* memiliki *throughput* yang lebih tinggi dibanding *direct delivery* dan *Max Prop*. Dari ketiga Model routing *DOR* memiliki *throughput* yang lebih bagus dibanding *DDR* dan *MPR*, dimana semakin rendah *throughput*, semakin optimal sebuah model routing.

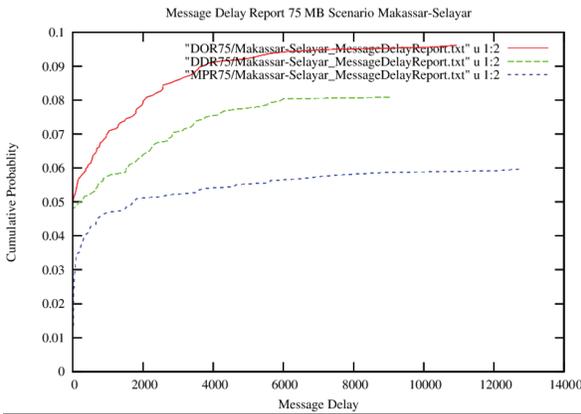
Laporan dari penundaan pesan yang diterima (satu baris per pesan yang disampaikan) dan probabilitas kumulatif penundaan pesan diurut berdasarkan keterlambatan pesan (*Message Delay Reports*).



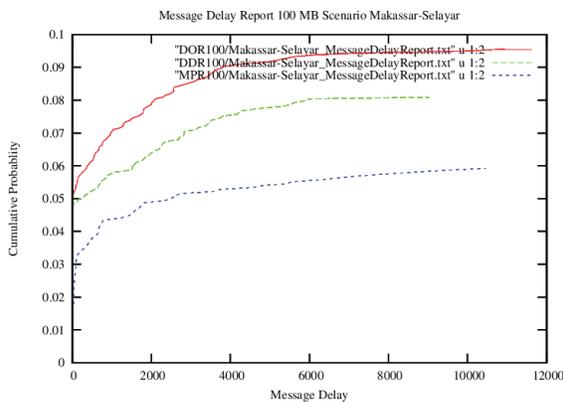
Gambar 8 *Message Delay Report* untuk ukuran file 25 MB



Gambar 9 Message Delay Report untuk ukuran file 50 MB

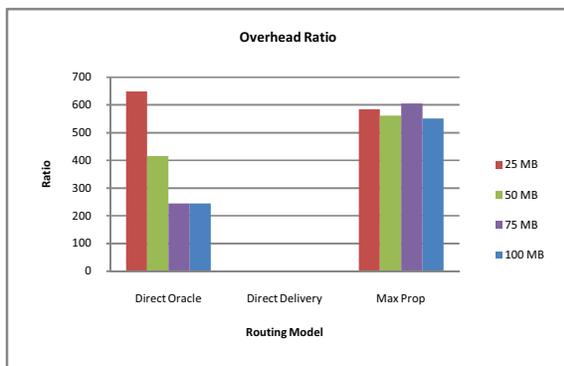


Gambar 10 Message Delay Report untuk ukuran file 75 MB



Gambar 11 Message Delay Report untuk ukuran file 100 MB

Message delay report dapat dilihat pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 11. Untuk ukuran file 25 – 100 MB, DOR memiliki cumulative probability yang tinggi untuk Message delay reports jika dibandingkan dengan DDR dan MPR, ini berbanding lurus dengan jumlah pesan yang diterima jika menggunakan DOR lebih banyak dibandingkan dengan DDR dan MPR.



Gambar 12 Overhead Ratio untuk 3 model routing

Overhead ratio dipengaruhi oleh lama paket disimpan sebelum diteruskan ke node yang lain. Untuk DDR karena belum memiliki manajemen buffer yang bagus maka paket tidak akan lama disimpan. Overhead rasio merupakan negasi dari sejumlah pesan yang disampaikan (relayed) ke sejumlah pesan yang terkirim (delivered) [6].

Semakin rendah overhead maka semakin optimal model routing. Pada Gambar 12 terlihat DDR memiliki overhead ratio yang rendah dibanding kedua model routing, karena tidak banyak proses yang dilakukan DDR sebelum meneruskan pesan ke node berikutnya. DOR mengalami penurunan overhead pada ukuran pesan 75 dan 100 MB.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi 6 model routing standar pada DTN, didapatkan model routing yang paling banyak mengirimkan pesan untuk skenario Makassar-Selayar yaitu Direct Delivery Router (DDR), Spray & Wait (SWR), dan MaxProp (MPR). DDR mampu mengirimkan file berukuran 75 MB dan 100 MB lebih banyak dibandingkan dengan model routing lain, walaupun untuk pesan berukuran 25 MB, MPR lebih baik dibandingkan dengan DDR dan SWR.

Optimisasi DDR dengan cara menggabungkan DDR dengan Oracle Based Routing menghasilkan model routing baru yang disebut dengan Direct Oracle Router (DOR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa DOR memiliki kemampuan untuk mengirimkan pesan lebih banyak dibandingkan dengan model routing lain, hal ini dapat dilihat dari probabilitas penerimaan pesan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model lain. Meskipun DOR memiliki latency yang lebih tinggi dibandingkan dengan DDR untuk pengiriman file ukuran 25 MB, namun untuk ukuran file 75 MB – 100 MB, DOR memiliki latency yang lebih rendah.

## V. REFERENSI

- [1] Md. Yusuf S. Uddin, David M. Nicol. 2009. A Post-Disaster Mobility Model for Delay Tolerant Networking. 2009. Winter Simulation Conference
- [2] Forrest Warthman. 2003. Delay-Tolerant-Networks (DTNs) A Tutorial. Warthman Associates
- [3] Ari Keranen, Jorg Ott, Teemu Karkkainen. 2009. The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation.
- [4] Agoston Petz, Brenton Walker, Chien-Liang Fok, Calvin Ardi, Christine Julien. 2012. Network Coded Routing in Delay Tolerant Networks: An Experience Report. The University of Texas at Austin.
- [5] Emir M. Husni, Ari Rinaldi Sumarmo. 2010. Delay Tolerant Network Utilizing Train for News Portal and Email Services. 2010 3rd International Conference on ICT4M
- [6] Cong Liu. 2009. Design And Implementation Of Efficient Routing Protocols In Delay Tolerant Networks. Dissertation. Florida Atlantic University
- [7] Eyuphan Bulut. 2011. Opportunistic Routing Algorithms In Delay Tolerant Networks. Thesis Doctor Of Philosophy.