

Analisis Perbandingan Performa Traffic Engineering Dengan Resource Reservation Protocol (RSVP) dan Segment Routing

Dwi Ariyanti

Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Internet
Universitas Gadjah Mada
dwiariyanti@mail.ugm.ac.id

Unan Yusmaniar Oktiawati

Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Internet
Universitas Gadjah Mada
unan_yusmaniar@ugm.ac.id

Abstrak – Kualitas koneksi khususnya pada *backbone* menjadi tantangan *Internet Service Provider* (ISP). MPLS berkerja di layer 2,5 OSI yang mampu mempercepat pengiriman paket pada jaringan *backbone*. MPLS melekatkan label pada paket yang dikirimkan. Salah satu layanan dari MPLS adalah *traffic engineering* yang dibuat dengan protokol RSVP. Terdapat protokol baru untuk memberi label pada paket dan mendukung *traffic engineering*, yaitu *Segment Routing*. Penelitian ini menganalisis perbandingan performa *traffic engineering* dengan RSVP dan *Segment Routing*. Baik pada penerapan RSVP maupun *Segment Routing* dibuat *tunnel* untuk jalur utama dan *reroute* menuju jalur cadangan. Penelitian dilakukan pada emulator EVE-NG dengan mengambil studi kasus topologi *backbone* di PT ICON+.

Hasil penelitian adalah *Segment Routing* di MPLS menyederhanakan kinerja dari *router* dalam hal pelabelan dan dalam memelihara *Label Switch Path* (LSP), tidak membutuhkan protokol *signaling*. Hasil pengujian *latency* pada jalur utama, dengan *Segment Routing* maupun dengan RSVP mempunyai nilai sama. Sedangkan pada jalur cadangan, nilai *latency* dari *Segment Routing* lebih kecil, sehingga *Segment Routing* dapat mengirim data dengan lebih cepat daripada dengan RSVP. Hasil pengujian *packet delivery ratio* dan *packet loss ratio* dengan *Segment Routing* dan dengan RSVP baik di jalur utama maupun jalur cadangan bernilai sama, yaitu 100% dan 0%. Baik pada jalur utama maupun jalur cadangan, penerapan *Segment Routing* mempunyai nilai *throughput* yang lebih besar daripada penerapan RSVP, sehingga *Segment Routing* dapat mengirim data dengan lebih cepat daripada RSVP. Pada kondisi *link* mengalami kegagalan saat pengujian, keduanya memiliki 1% *packet loss*, namun perpindahan jalur dilakukan dengan lebih cepat pada *Segment Routing*.

Kata Kunci: MPLS, QoS, *Reroute*, RSVP, *Segment Routing*, *Traffic Engineering*.

I. PENDAHULUAN

Di era digital ini, internet menjadi suatu kebutuhan. Hal itu dapat dilihat dari peningkatan jumlah penggunaan internet

yang kian hari semakin bertambah. Berdasarkan data dari APJII, pengguna internet di Indonesia pada tahun 2017 sebanyak 143,26 juta pengguna [1]. Jumlah itu diprediksi akan semakin bertambah di tahun-tahun selanjutnya didukung oleh realisasi proyek pemerintah Palapa Ring pada tahun 2018/2019. Peningkatan pengguna internet oleh berbagai pihak mendorong ISP untuk meningkatkan kualitas layanan mereka.

Masalah yang sering dialami oleh ISP yaitu terganggunya jalur komunikasi yang disebabkan oleh putus kabel. Jalur yang terputus tentu menyebabkan layanan bagi pelanggan terganggu. Membiarkan banyak pelanggan terlalu lama menunggu perbaikan jalur di lapangan tentu bukanlah hal yang tepat. Oleh karena itu, kualitas koneksi khususnya pada *backbone* menjadi tantangan *Internet Service Provider* (ISP).

Multiprotocol Label Switching (MPLS) adalah mekanisme *switching* yang sering dipakai di lingkungan ISP. MPLS memanfaatkan perutean IP tradisional dan mendukung beberapa layanan yang diperlukan dalam jaringan IP generasi berikutnya, seperti *traffic engineering*, garansi QoS, dan VPN [2]. PT ICON+ adalah ISP yang menggunakan standar *backbone* jaringan MPLS untuk layanan berbasis IP. PT ICON+ juga telah menerapkan metode *Traffic Engineering* dengan protokol RSVP.

Belum lama ini muncul paradigma baru dalam *source routing* yang disebut *Segment Routing* (SR). *Segment Routing* adalah teknologi penerusan paket dengan jalur yang ditentukan oleh *source node*, kemudian paket dikirim melalui *node* tertentu dan jalur penerusan yang disebut *Segment*. IETF mengatakan bahwa *Segment Routing* dapat langsung diterapkan ke arsitektur MPLS tanpa perubahan pada *forwarding plane* [3]. *Segment Routing* dapat diterapkan pada jaringan MPLS sebagai pengganti LDP dalam hal pertukaran label dan RSVP dalam hal *traffic engineering*.

Penelitian ini akan membandingkan performa *traffic engineering* dengan RSVP dan *Segment Routing* pada MPLS. Penelitian menerapkan mekanisme *reroute* untuk mengalihkan jalur utama ke jalur cadangan ketika jalur utama putus. Penelitian dilakukan secara simulasi di emulator EVE-NG karena keterbatasan akses peneliti ke jaringan *backbone* dan menghindari terganggunya proses bisnis perusahaan jika langsung diimplementasikan pada jaringan yang sudah ada.

Penelitian tentang *reroute* pada MPLS TE sebelumnya sudah pernah dilakukan. Penelitian berjudul “*Implementation of Fast Reroute Configuration with Link and Node Protection in MPLS*” menjelaskan konfigurasi dan cara kerja dari *link protection*, *node protection*, hingga RSVP *fast reroute*. Tujuan akhir dari fitur-fitur tersebut adalah untuk membuat *secondary path* pada jaringan MPLS Traffic Engineering. *Secondary path* yaitu jalur cadangan yang digunakan ketika jalur utama mengalami kegagalan [4].

Penelitian lain berjudul “Analisis Jaringan MPLS-TE Fast Reroute Menggunakan Metode QoS DiffServ Berbasis Server OpenIMSCore” menerangkan bahwa *Fast Reroute* pada MPLS TE dapat digunakan sebagai *backup link* ketika terjadi *failed link* [5]. Penelitian dilakukan secara simulasi pada GNS3. Pengujian dilakukan dengan melewati paket VoIP dan Video. Skenario yang digunakan yaitu pengujian pada *link normal* dan pengujian pada saat terjadi pemutusan *link*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *delay* ketika terjadi pemutusan *link* lebih besar daripada *delay* pada *link normal*. Nilai *delay* mempengaruhi *jitter* dan *throughput*. Pada penelitian ini ketika terjadi pemutusan *link*, nilai *jitter* dan *throughput* menjadi lebih kecil daripada ketika *link normal*.

Backup link memiliki peranan penting dalam menjaga ketersediaan jaringan. Pada MPLS dengan RSVP terdapat mekanisme *Fast Reroute*, di *Segment Routing* juga terdapat mekanisme untuk membuat *backup link*. Mekanisme tersebut adalah *Topology Independent-Loop Free Alternate* (TI-LFA). Peter Prjevara & Fouad Makioui melakukan penelitian tentang jalur cadangan TI-LFA melalui proyek SURFnet [6]. Penelitian menggunakan 8 *router* Juniper yang disusun membentuk topologi SURFnet. TI-LFA dikonfigurasi di *source router* dan kinerjanya diuji ketika terjadi kegagalan *link*. Adapun kegagalan *link* disimulasikan dengan melepas kabel dari *interface*. Sebelum diterapkan TI-LFA, rata-rata pemulihan sebesar 304ms, setelah diterapkan TI-LFA menjadi 26ms. Peneliti membuktikan bahwa TI-LFA adalah cara yang efisien untuk kalkulasi jalur cadangan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Multiprotocol Label Switching (MPLS)

Multiprotocol Label Switching (MPLS) merupakan pemodelan jaringan yang bekerja pada layer 2,5 OSI dengan cara melekatkan label pada paket [7]. MPLS memungkinkan *router* untuk meneruskan paket dengan hanya melihat label dari paket itu, tidak perlu melihat IP alamat tujuannya. Tujuan dari MPLS berkaitan dengan *label swapping* [8]. *Label swapping* berguna untuk memisahkan masalah *routing* dan *forwarding*.

B. MPLS RSVP-TE

Koneksi WAN pada ISP membutuhkan biaya yang mahal. Mengurangi biaya adalah salah satu tujuan dari diterapkannya *traffic engineering* pada jaringan. Penghematan biaya yang berasal dari penggunaan *resource* yang lebih efisien akan membantu mengurangi total biaya operasional. Seperti pada penerapannya, *traffic engineering* dapat digunakan untuk

mengontrol *traffic flow*. Selain itu, juga dapat digunakan untuk memberikan perlindungan terhadap kegagalan *link* atau *node* dengan menyediakan *backup tunnel* [2].

Informasi *traffic engineering* pada MPLS dibawa oleh protokol RSVP. RSVP digunakan pada MPLS Traffic Engineering untuk memberi sinyal LSP pada suatu *tunnel TE* baik yang dibangun secara dinamis (*dynamic path*) maupun yang didefinisikan secara eksplisit (*explicit path*) [9]. *Traffic engineering* dapat digunakan untuk mengubah LSP yang secara *default* dipilih oleh IGP melalui jalur terpendek.

C. Segment Routing

Menurut IETF, *Segment Routing* (SR) memanfaatkan paradigma perutean sumber (*source-based routing*). *Node* mengarahkan paket melalui daftar instruksi yang diurutkan, yang disebut *segment*. Sebuah *segment* dapat mewakili instruksi, topologi atau layanan apapun. SR menyediakan mekanisme yang memungkinkan aliran dibatasi ke jalur topologi tertentu, sambil mengelola *state* hanya di simpul masuk ke domain *Segment Routing* [3]. *Segment Routing* dapat langsung diterapkan ke arsitektur MPLS tanpa perubahan pada *forwarding plane*. *Segment* dikodekan sebagai label MPLS.

Segment Routing menggunakan *segment* dan *segment identifier* (SID) dalam meneruskan paket. *Segment* adalah unit dasar dari *Segment Routing*. Pada *Segment Routing*, dikenal istilah IGP *segment*. IGP *segment* berfungsi untuk mendistribusikan 2 tipe *segment*, yaitu *Prefix segment* dan *Adjacency segment* [10]. Setiap *node* (*router*) dan setiap *link* (*adjacency*) mempunyai *segment identifier* (SID). *Prefix-SID* dikonfigurasi secara manual melalui *Segment Routing Global Block* (SRGB) dan didistribusikan oleh protokol *link-state*, IS-IS atau OSPF. *Prefix segment* mengarahkan *traffic* menuju tujuan melalui jalur terpendek. *Prefix segment* dikonfigurasi di *interface loopback* dari *router*. *Adjacency segment* bersifat lokal, *router* yang satu dapat mempunyai label yang sama dengan *router* lain. *Adjacency segment* juga didistribusikan oleh protokol *link-state*, berfungsi untuk mengarahkan *traffic* ke *adjacency* tertentu, seperti *egress interface* ke *router* tetangga.

D. Segment Routing Traffic Engineering

SRTE mendukung *explicit routing* dan *constraints-based routing* seperti RSVP-TE. Namun tidak seperti RSVP, SRTE tidak membutuhkan *state* sehingga memberikan kesederhanaan dan skalabilitas. SRTE mendukung *reroute* dengan *Topology Independent-Loop Free Alternate* (TI-LFA) yang digunakan dalam perlindungan kegagalan *link* atau *node* pada jaringan.

E. Emulated Virtual Environment-Next Generation (EVE-NG)

EVE-NG adalah *tool* yang digunakan untuk membuat simulasi jaringan, menghubungkan perangkat virtual dengan perangkat virtual lain dan perangkat virtual dengan komputer sungguhan [11]. *Server* EVE-NG berupa sistem operasi Linux berbasis Ubuntu yang dapat di-*install* secara langsung di

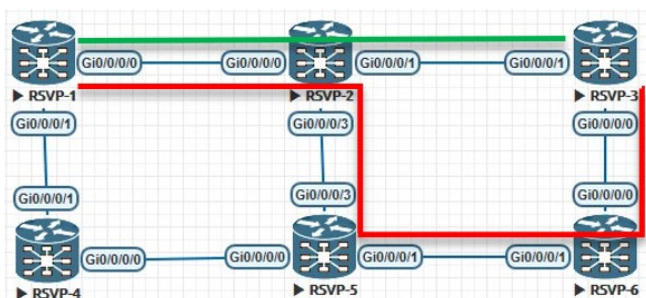
komputer. Selain itu, EVE-NG juga dapat di-install di mesin virtual seperti VMWare.

Antarmuka EVE-NG diakses melalui *web browser* dengan menggunakan alamat IP dari *server* EVE-NG. Oleh karena itu, EVE-NG dapat diakses dimanapun pengguna berada tanpa harus membawa komputer yang ter-install *server*. Selain itu, EVE-NG dapat digunakan secara *multiuser*, sehingga beberapa orang dapat mengerjakan *lab* dalam waktu yang bersamaan dalam satu *server*.

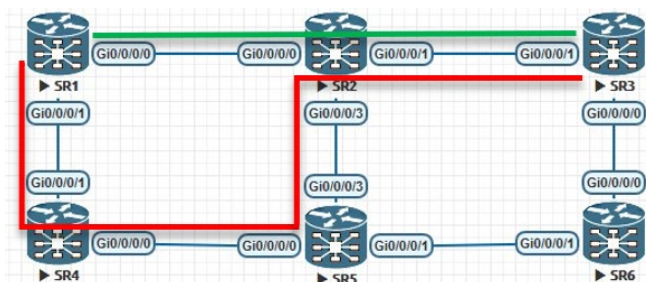
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil penelitian berupa sistem pelabelan pada penerapan RSVP dan *Segment Routing*, serta performa *traffic engineering* dengan RSVP dan dengan *Segment Routing*, baik pada jalur utama maupun jalur cadangan berdasarkan hasil pengujian. Pada pengujian jalur utama dan jalur cadangan, performa dilihat berdasarkan parameter *Quality of Service* berupa *latency*, *packet delivery ratio*, *packet loss ratio*, dan *throughput*. Pada kondisi link mengalami kegagalan, pengukuran performa dikhususkan pada parameter *packet loss ratio* dan waktu yang dibutuhkan untuk berpindah dari jalur utama ke jalur cadangan. Nilai QoS tersebut diperoleh melalui pengujian dengan mengirim 100 kali paket ICMP melalui perintah *ping*. Pengujian dilakukan sebanyak 9 kali dengan berbagai beban, yaitu 50, 75, 100, 150, 250, 500, 750, 1000, 1250 *byte*.

Sebelum masuk ke pembahasan, disajikan topologi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pada kedua topologi diterapkan *backup tunnel* yang bertujuan agar ketika *tunnel* untuk jalur utama mati, *traffic* dapat diteruskan melalui jalur cadangan. Pada RSVP, *backup tunnel* dibuat dengan menerapkan *Fast ReRoute* (FRR). Pada *Segment Routing*, *backup tunnel* dibuat dengan menerapkan *Topology Independent Loop Free Alternate* (TI-LFA).



Gambar 1. Topologi Penerapan RSVP-TE



Gambar 2. Topologi Penerapan SR-TE

Garis warna hijau menunjukkan jalur utama, sedangkan garis warna merah menunjukkan jalur cadangan. Terdapat perbedaan dalam pemilihan jalur bertujuan untuk memberikan pemahaman tentang hasil implementasi yang sudah dilakukan. *Backup link* pada RSVP bisa diterapkan di *router head-end* maupun *router* yang berada di tengah-tengah jalur. Sedangkan pada *Segment Routing*, *backup link* hanya bisa diterapkan di *router head-end*. Meskipun rute jalur cadangan berbeda, jumlah *hop* yang dilewati sama dan tanpa dipengaruhi oleh kongesti pada *link* yang dilewati sehingga terhindar dari hal-hal yang mempengaruhi nilai QoS yang dibandingkan.

A. Sistem Pelabelan

Pada MPLS RSVP, label dialokasikan secara otomatis. Ketika mengaktifkan RSVP maka secara otomatis label didistribusikan untuk masing-masing *node* dengan nilai antara 24000 s.d. 1048575. Implementasi RSVP dilakukan dengan mendefinisikan *interface* yang dikehendaki di blok konfigurasi *rsvp*. Gambar 3 merupakan blok konfigurasi RSVP di suatu *router*.

```
rsvp
interface GigabitEthernet0/0/0/0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
!
!
```

Gambar 3. Blok Konfigurasi RSVP

Pada *Segment Routing*, *range label* diatur oleh *Segment Routing Global Block* (SRGB) dengan nilai antara 16000-23999. Namun, *range* SRGB dapat diubah dengan salah satu tujuannya untuk menentukan *range* dari *prefix segment* yang terpisah dari *range label* untuk *adjacency segment* (*routing* OSPF). Implementasi *Segment Routing* berada di konfigurasi IGP, yaitu dengan mengkonfigurasi label *prefix segment* secara manual. Gambar 4 merupakan konfigurasi *prefix segment* di blok konfigurasi *routing* OSPF.

```
area 0
mpls traffic-eng
interface Loopback0
prefix-sid index 1
!
```

Gambar 4. Konfigurasi *Prefix Segment*

Segment Routing di MPLS menyederhanakan kinerja dari *router* dalam hal pelabelan dan dalam memelihara *Label Switch Path* (LSP). RSVP saling bekerjasama dengan IGP. IGP bertugas untuk menentukan jalur kemudian menyerahkan jalur ke RSVP untuk *advertise* label di jalur tersebut. Dalam memelihara LSP, antar *router* RSVP saling mengirim pesan SREFRESH (PATH dan RESV) yang berfungsi untuk membuat *state* tetap aktif pada *Label Switch Path* (LSP). Sedangkan pada *Segment Routing*, label yang sudah dialokasikan akan didistribusikan oleh IGP ke semua *node*

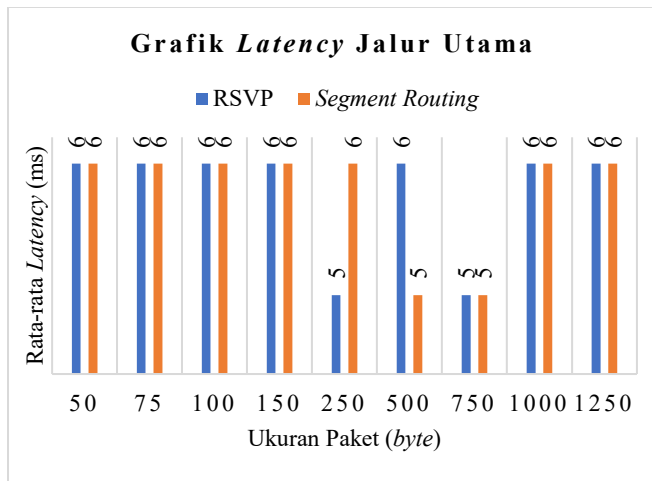
yang mengaktifkan *Segment Routing*, tanpa perlu *protocol signaling*. Pada *Segment Routing*, *link* antar *router* dipelihara oleh *Adjacency-SID*.

B. Pengujian QoS pada Jalur Utama

Sub bab ini membahas hasil pengujian QoS pada jalur utama, berikut dijelaskan masing-masing parameternya.

1. Hasil Pengujian *Latency*

Pengukuran *Latency* dilakukan untuk mengetahui waktu tempuh yang diperlukan oleh paket data dari pengirim ke tujuan dan kembali lagi ke pengirim. Gambar 5 merupakan grafik perbandingan nilai *latency* dari penerapan RSVP dan *Segment Routing* pada masing-masing besar paket. Sebagian besar hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *latency* keduanya sama besarnya. Perbedaan terdapat pada pengujian dengan paket 250 dan 500 *byte*. Pada pengujian dengan paket sebesar 250 *byte*, nilai *latency* RSVP lebih kecil daripada *latency* *Segment Routing*. Pada pengujian dengan paket sebesar 500, nilai *latency* RSVP lebih besar daripada *latency* pada *Segment Routing*. Dari sembilan pengujian jika dirata-rata, nilai *latency* pada penerapan RSVP sama dengan *latency* pada penerapan *Segment Routing*, yaitu sebesar 5,778 ms.



Gambar 5. Grafik *Latency* Jalur Utama

2. Hasil Pengujian *Packet Delivery Ratio* dan *Packet Loss Ratio*

Tabel 1. Hasil Pengujian *Packet Delivery* Jalur Utama

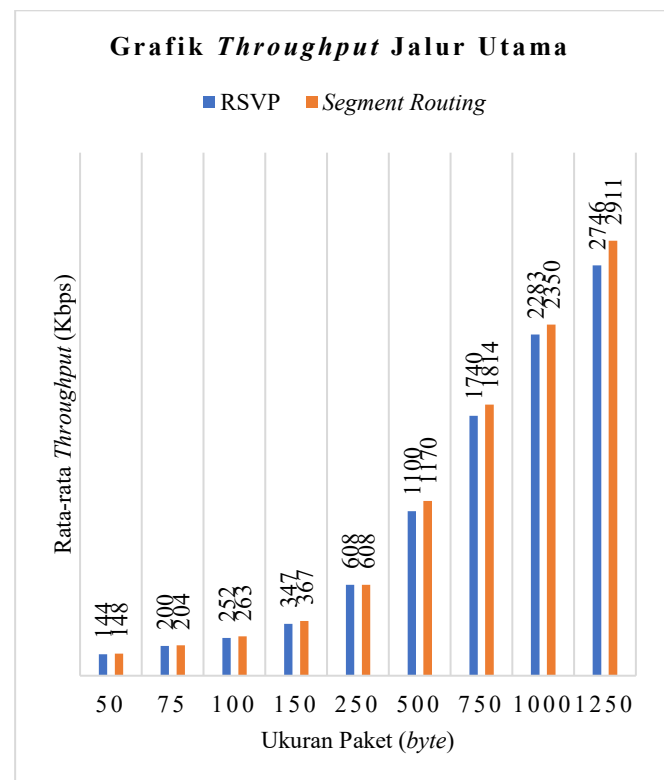
Uji ke-	Ukuran Paket (byte)	Nilai <i>Packet Delivery</i> (%)	
		RSVP	Segment Routing
1	50	100	100
2	75	100	100
3	100	100	100
4	150	100	100
5	250	100	100
6	500	100	100
7	750	100	100
8	1000	100	100
9	1250	100	100

Packet delivery ratio merupakan perbandingan banyaknya paket yang berhasil diterima dengan banyaknya paket yang dikirim. Tabel 1 menunjukkan bahwa *packet delivery ratio* di semua pengujian baik pada *traffic engineering* dengan RSVP maupun pada *Segment Routing* bernilai 100%. Ini artinya semua paket yang dikirim dapat diterima oleh tujuan dan dikembalikan lagi ke pengirim.

Packet loss merupakan banyaknya paket yang hilang ketika proses pengiriman. *Packet loss* dapat dihitung dengan mengurangi paket yang dikirim dengan paket yang diterima. Oleh karena itu, *packet loss* merupakan kebalikan dari *packet delivery*. Jadi, nilai *packet loss ratio* dari RSVP dan *Segment Routing* jalur utama adalah 0%.

3. Hasil Pengujian *Throughput*

Throughput merupakan besarnya data yang dapat dikirim pada jaringan dalam satuan waktu. *Throughput* adalah *bandwidth* aktual yang menyatakan kecepatan pengiriman data dengan satuan *bits per second*. Gambar 6 merupakan grafik perbandingan nilai *throughput* dari penerapan RSVP dan *Segment Routing* pada masing-masing besar paket. Dari sembilan pengujian tersebut jika dirata-rata, nilai *throughput* pada penerapan RSVP sebesar 1046,667 kbps dan pada penerapan *Segment Routing* sebesar 1092,778 kbps. Baik pada RSVP maupun *Segment Routing*, semakin besar paket yang dikirim, nilai *throughput* menjadi semakin besar. *Throughput* semakin bagus jika nilainya semakin besar. Dibandingkan dengan RSVP, grafik menunjukkan bahwa *Segment Routing* unggul di semua ukuran paket dalam pengujian. Oleh karena itu, *Segment Routing* dapat mengirimkan data dengan lebih cepat daripada RSVP.

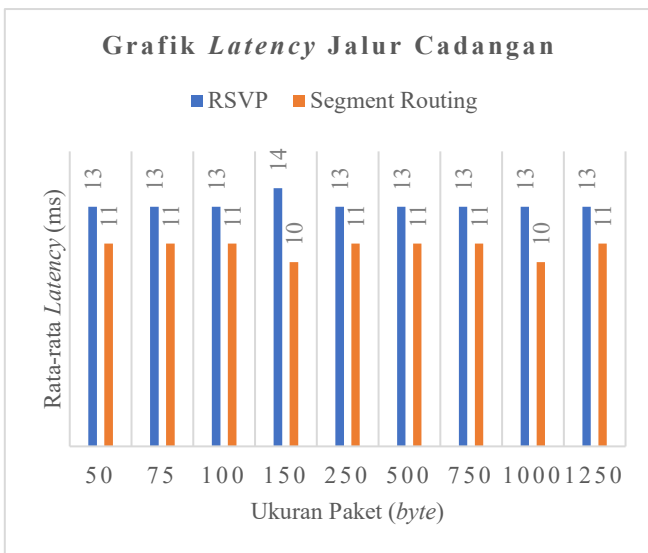


Gambar 6. Grafik *Throughput* Jalur Utama

C. Pengujian QoS pada Jalur Cadangan

1. Hasil Pengujian Latency

Gambar 7 merupakan grafik hasil pengukuran latency jalur cadangan pada penerapan *Fast Reroute* di RSVP dan TI-LFA di *Segment Routing*. Dari sembilan pengujian tersebut jika dirata-rata, nilai latency pada penerapan *Fast Reroute* di RSVP sebesar 13,111 ms dan pada penerapan TI-LFA di *Segment Routing* sebesar 10,778 ms. Dapat dilihat melalui grafik pula bahwa di semua pengujian, latency dari RSVP lebih besar daripada *Segment Routing*. Oleh karena itu, latency pada *Segment Routing* lebih bagus daripada latency pada RSVP. Dengan kata lain, *Segment Routing* dapat mengirim data dengan lebih cepat daripada RSVP.



Gambar 7. Grafik Latency Jalur Cadangan

2. Hasil Pengujian Packet Delivery Ratio dan Packet Loss Ratio

Tabel 2. Hasil Pengujian Packet Delivery Jalur Cadangan

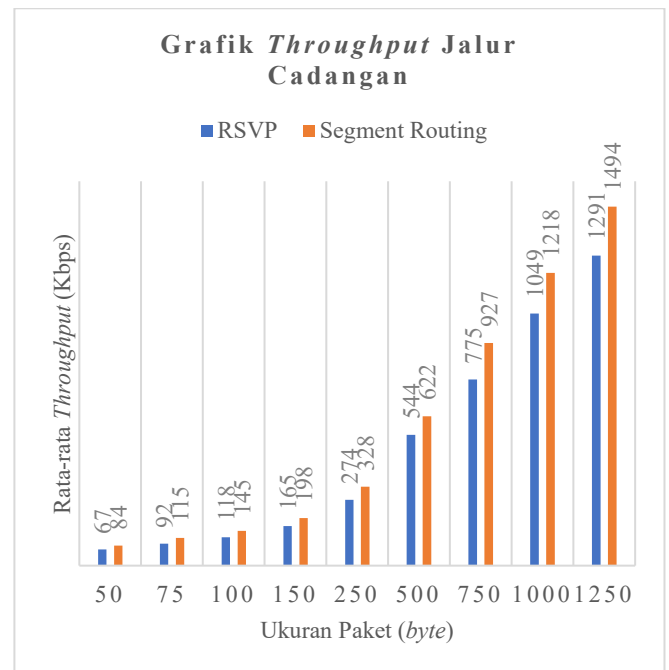
Uji ke-	Ukuran Paket (byte)	Nilai Packet Delivery (%)	
		RSVP	Segment Routing
1	50	100	100
2	75	100	100
3	100	100	100
4	150	100	100
5	250	100	100
6	500	100	100
7	750	100	100
8	1000	100	100
9	1250	100	100

Nilai *packet delivery* jalur cadangan pada penerapan *traffic engineering* dengan RSVP dan *Segment Routing* disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa *packet delivery ratio* di semua pengujian baik pada *traffic engineering* dengan RSVP maupun pada *Segment Routing* bernilai 100%. Ini artinya semua paket yang dikirim dapat

diterima oleh tujuan dan dikembalikan lagi ke pengirim. Nilai *packet loss* merupakan kebalikan dari nilai *packet delivery*. Jadi, nilai *packet loss ratio* dari RSVP dan *Segment Routing* jalur cadangan adalah 0%.

3. Hasil pengujian Throughput

Gambar 8 merupakan grafik perbandingan nilai *throughput* dari penerapan RSVP dan *Segment Routing* pada masing-masing besar paket. Dari sembilan pengujian tersebut jika dirata-rata, nilai *throughput* pada penerapan RSVP sebesar 486,111 kbps dan pada penerapan *Segment Routing* sebesar 570,111 kbps. Baik pada RSVP maupun *Segment Routing*, semakin besar paket yang dikirim, nilai *throughput* menjadi semakin besar. Dibandingkan dengan RSVP, grafik menunjukkan bahwa *Segment Routing* unggul di semua ukuran paket dalam pengujian. *Throughput* semakin bagus jika nilainya semakin besar, sehingga hasil pengujian *throughput* dari *Segment Routing* lebih bagus dan dapat mengirim data dengan lebih cepat daripada RSVP.



Gambar 8. Grafik Throughput Jalur Cadangan

D. Pengujian Perpindahan Jalur Utama ke Jalur Cadangan

1. Hasil Pengujian Packet Loss

Pemutusan koneksi pada suatu jalur yang sedang digunakan memungkinkan terjadinya paket yang hilang. Bagian ini akan memaparkan hasil pengujian baik pada RSVP maupun *Segment Routing*. Jumlah *packet loss* dihitung dari informasi yang tertera pada proses *ping*.

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran *packet loss* pada penerapan jalur cadangan *Fast Reroute* pada RSVP dan TI-LFA pada *Segment Routing*. Semua pengujian baik dengan RSVP maupun *Segment Routing* berhasil mengirimkan 99 dari 100 paket. Oleh karena itu, setiap pengujian mempunyai nilai *packet loss* sebesar 1%.

Tabel 3. Nilai *Packet Loss* Perpindahan Jalur

Uji ke-	Ukuran Paket (<i>byte</i>)	Nilai <i>Packet Loss</i> (%)	
		RSVP	<i>Segment Routing</i>
1	50	1	1
2	75	1	1
3	100	1	1
4	150	1	1
5	250	1	1
6	500	1	1
7	750	1	1
8	1000	1	1
9	1250	1	1

2. Waktu yang Dibutuhkan untuk Perpindahan Jalur

Selain memungkinkan terjadinya paket yang hilang, berpindahnya jalur utama ke jalur cadangan tentu membutuhkan proses dengan waktu tertentu. Proses pengujian dimonitor dengan menggunakan Wireshark. Wireshark menampilkan informasi tentang waktu dilakukannya *request* dan *reply* paket ICMP. Pada penelitian ini, informasi tersebut dimanfaatkan untuk mencari waktu yang dibutuhkan dalam perpindahan jalur dari jalur utama ke jalur cadangan.

Perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk berpindah jalur dari jalur utama ke jalur cadangan pada penggunaan RSVP dan *Segment Routing* disajikan pada Tabel 4.11. Dari kesembilan pengujian tersebut diperoleh rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk berpindah jalur dengan RSVP *Fast Reroute* yaitu 2,017 s. Pada penerapan *Segment Routing* TI-LFA yaitu 2,015 s. Oleh karena itu, *Segment Routing* dapat berpindah jalur 2 ms lebih cepat daripada RSVP.

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Perpindahan Jalur

Uji ke-	Ukuran Paket (<i>byte</i>)	Waktu Perpindahan Jalur (s)	
		RSVP	<i>Segment Routing</i>
1	50	2,018	2,016
2	75	2,013	2,013
3	100	2,015	2,013
4	150	2,020	2,019
5	250	2,022	2,020
6	500	2,015	2,019
7	750	2,016	2,010
8	1000	2,021	2,012
9	1250	2,015	2,016

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *Segment Routing* di MPLS menyederhanakan kinerja dari *router* dalam hal pelabelan dan dalam memelihara *Label Switch Path* (LSP). Pada pengujian QoS antara penerapan RSVP dan *Segment Routing* baik pada jalur utama maupun jalur cadangan bernilai sama untuk

parameter *packet delivery ratio*, dan *packet loss ratio* sedangkan *latency* keduanya sama pada jalur utama saja. QoS dari *Segment Routing* lebih bagus daripada RSVP pada pengujian *latency* jalur cadangan dan *throughput* baik jalur utama maupun jalur cadangan. Adapun *Segment Routing* dapat berpindah jalur dengan lebih cepat.

REFERENSI

- [1] Tim APJII. (2018). Potret Zaman Now Pengguna dan Perilaku Internet Indonesia. *Buletin APJII*, pp. 1–7
- [2] Systems, C. (2014). *Implementing Cisco Service Provider Next-Generation Core Network Services Student Guide Vol 1* (Vol. 2). Cisco
- [3] Filsfils, C., Previdi, S., & Ginsberg, L. (2018). *Segment Routing Architecture* (Paper)
- [4] Das, K. (2015). *Implementation of Fast reroute configuration with link and node protection in MPLS-TE*. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/307082533_Implementation_of_Fast_reroute_configuration_with_link_and_node_protection_in_MPLS-TE
- [5] Wulansari, F., Munadi, R., & Mayasari, R. (2016). Analisis Jaringan MPLS-TE Fast Reroute Menggunakan Metode QoS Diffserv Berbasis Server OpenIMSCore. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2016 (Sentika 2016)*, pp. 18–19
- [6] Prjevara, P., & Makioui, F. (2018). *Optimal network design of SURFnet8, using TI-LFA and Segment Routing* (Paper). Diakses dari <http://www.scriptsionline.uba.uva.nl/document/660552>
- [7] Vonny, Z. (2017). *Implementasi Teknologi MPLS Menggunakan Routing Protokol OSPF Pada Router Mikrotik* (Tugas Akhir). Diakses dari: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/137138/implementasi-teknologi-mpls-menggunakan-routing-protokol-ospf-pada-router-mikrotik.html>
- [8] Purnomo, R.R.H. (2013). *LKP : Simulasi MPLS(Multi Protocol Label Switch) Pada Perusahaan Daerah Air Minum Kota Surabaya* (STIKOM Surabaya). Diakses dari <http://sir.stikom.edu/id/eprint/43/>
- [9] Kaur, D., & Kumar, E. D. (2015). Comparative Analysis of MPLS Signaling Protocols. *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCTST)*, 3(4), July-August 2015, pp. 169–177. Diakses dari <https://doi.org/10.1201/9781420013870.ch4>
- [10] Mota, R. (2018). *Segment Routing with Use Cases*. ACG Research, pp. 5–28. Diakses dari <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27036.13446>
- [11] Dzerkals, U. (2017). *EVE-NG Professional Cookbook*. EVE-NG Limited. Diakses dari <http://eveng.net/images/EVE-COOK-BOOK-1.12.pdf>