

Pengaruh Gangguan Terhadap Routing Open Shortest Path First dan Multiprotocol Label Switching

Effect of Interference on Routing Open Shortest Path First and Multiprotocol Label Switching

Arief Budiman ^{*1}, Ahmad Ashari²

¹Prodi S2 Ilmu Komputer; FMIPA UGM, Yogyakarta

³Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: ^{*1}arief.budiman10@mail.ugm.ac.id, ²ashari@ugm.ac.id

Abstrak

Teknologi jaringan komputer saat ini menjadi hal penting dalam melakukan aktivitas pada suatu perusahaan. Semakin bertambahnya pengguna, berkembangnya teknologi serta jumlah perangkat yang terhubung, berdampak pada kebutuhan kualitas jaringan yang lebih baik. Selain itu, gangguan pada perangkat jaringan juga dapat mempengaruhi kualitas layanan. Oleh karena itu, pengelola jaringan harus bisa memberikan kenyamanan pengguna jaringan dengan pemilihan metode yang tepat.

Pengaturan jaringan dengan protokol *routing* OSPF dapat memberikan kinerja yang baik pada saat terjadi perubahan pada jaringan, serta bersifat tidak bergantung terhadap perangkat jaringan jenis tertentu. Selain itu, penggunaan teknologi MPLS dengan mekanisme *label switching* juga dapat diterapkan untuk memberikan kualitas yang lebih baik. Protokol *routing* OSPF dan MPLS dapat memberikan waktu konvergensi yang cepat.

Pengujian dilakukan dengan pemberian rekayasa beban jaringan serta gangguan pemutusan *router* secara bertahap hingga 4 titik *router*. Hasil penelitian menunjukkan kinerja *protocol routing* MPLS lebih unggul dibandingkan *routing* OSPF pada pengujian *delay*, *throughput* dan *jitter* pengujian data UDP dan TCP, namun kinerja lebih buruk pada pengujian *packet loss* dan *convergence time* kondisi gangguan pemutusan *router*.

Kata kunci: *Protokol routing, label switching, konvergensi.*

Abstract

Computer network technology today becomes an essential thing in doing activities in a company. The growing number of users, technology development and the number of devices, the impact on the need for better network quality. Also, interference on network devices may also affect service quality. Therefore, network managers must be able to provide the convenience of network users with the selection of appropriate methods.

Network settings with the OSPF routing protocol can provide good performance when network changes occur, and are independent of certain types of network devices. Also, the use of MPLS technology with the switching labeling mechanism can also be applied to provide better quality. OSPF and MPLS routing protocols can provide fast convergence times.

The testing is done by granting network load engineering as well as interruption of router gradually termination up to 4 node router. The results show that MPLS routing protocol performance is superior to OSPF routing in the testing of delay, throughput and jitter of UDP and TCP data testing, but worse performance in packet loss and convergence time testing of terminal termination conditions.

Keywords: *routing protocol, label switching, convergence time*

1. Pendahuluan

Pada suatu perusahaan atau instansi, teknologi jaringan komputer merupakan hal yang sangat dibutuhkan dalam kegiatan sehari-hari. Semakin bertambahnya pengguna jaringan komputer dan berkembangnya teknologi jaringan berdampak pada kebutuhan jaringan dengan kualitas yang lebih baik. Pengembangan jaringan komputer dari jaringan sederhana, dengan pengertian menggunakan perangkat jaringan yang tidak terlalu banyak, menjadi jaringan yang lebih besar dibutuhkan perencanaan yang baik. Tujuannya agar memberikan kualitas jaringan yang baik dan kenyamanan pengguna. Beberapa faktor dapat menjadi gangguan yang memberikan pengaruh kualitas jaringan, seperti jenis data yang digunakan, beban jalur jaringan maupun gangguan terhadap perangkat jaringan baik teknis maupun gangguan fisik.

Suatu perusahaan atau instansi yang menggunakan jaringan yang besar membutuhkan pengelolaan yang baik, salah satunya yaitu pada level pengelolaan *router*. Pemilihan metode *routing* jaringan haruslah tepat agar jaringan yang dibangun lebih efektif sesuai dengan arsitekturnya. Beberapa penelitian telah melakukan riset mengenai beragam metode *routing* diantara lain yaitu penelitian Kale dan Waichol (2014) dalam analisa IP tradisional menggunakan teknologi MPLS dengan *routing* OSPF yang menunjukkan bahwa MPLS memberikan peningkatan nilai *throughput*. Penelitian Duta, dkk. (2015) menggunakan *routing protocol* OSPF untuk mensimulasikan bagaimana performa yang dihasilkan pada kondisi *single failure* dan *multiple failure*.

Metode *routing* OSPF merupakan *routing protocol* berbasis *link state*, menggunakan algoritma *Dijkstra* untuk menghitung *Shortest Path First* (SPF) pencarian data terbaik. Selain itu, OSPF dapat diterapkan pada perangkat jaringan yang berbeda. Kemudian teknologi MPLS dengan metode label *switching* dapat digabungkan dengan *routing* OSPF untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik.

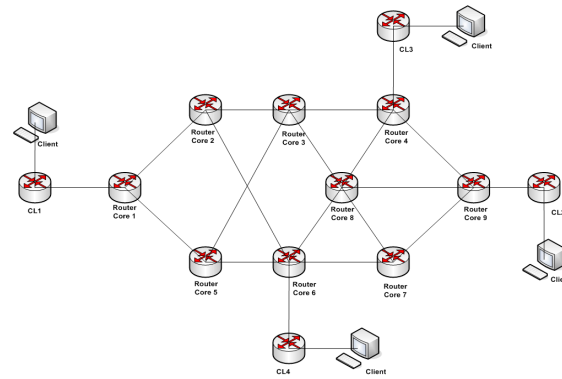
Routing protocol OSPF maupun MPLS memiliki kemampuan dalam pengiriman paket data yang cepat, dengan mekanisme masing-masing. Kemudian dapat dikatakan bahwa penggunaan perangkat jaringan dengan jenis dan teknologi yang berbeda, serta cara pengujian yang dilakukan dapat menghasilkan *quality of service* (QoS) yang berbeda pula. Penelitian Yulian (2015) menganalisis unjuk kerja *routing protocol* OSPF tanpa MPLS dan OSPF dengan MPLS. Namun pengujian dilakukan tidak memperlihatkan pengaruh dari gangguan pada perangkat *router*, sehingga belum terlihat perbedaan unjuk kerja ketika *routing protocol* OSPF dan MPLS dalam kondisi baik dan kondisi mengalami gangguan.

Penelitian ini dilakukan pengujian dengan rekayasa beban jaringan serta gangguan pemutusan *router* secara bertahap hingga 4 titik *router*. Kemudian kedua metode tersebut akan dibandingkan kinerja berdasarkan parameter QoS meliputi *delay*, *jiiter*, *packet loss*, dan *throughput* yang akan disimulasikan menggunakan perangkat Mikrotik. Hasil kinerja antara protokol *routing* OSPF dan MPLS dinilai berdasarkan parameter QoS yang menghasilkan nilai sesuai standarisasi TIPHON yang lebih baik.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan perancangan topologi jaringan menggunakan 13 *router Routerboard Mikrotik* dan 4 PC Client yang disimulasikan dengan perangkat sungguhan. Gambar 1 berikut menunjukkan topologi yang akan digunakan.



Gambar 1 Topologi jaringan dengan perangkat Routerboard Mikrotik

2.2 Open Shortest Path First (OSPF)

OSPF (*Open Shortest Path First*) ini merupakan *protocol link-state*. Teknologi *link-state* dikembangkan dalam ARPAnet untuk menghasilkan protokol yang terdistribusi yang jauh lebih baik daripada protokol *distance-vector*. Alih-alih saling bertukar jarak (*distance*) ke tujuan, setiap *router* dalam jaringan memiliki peta jaringan yang dapat diperbarui dengan cepat setelah setiap perubahan topologi. Peta ini digunakan untuk menghitung *route* yang lebih akurat daripada menggunakan protokol *distance-vector* (Forouzan, 2012).

2.3 Multiprotocol Label Switching (MPLS)

MPLS adalah arsitektur *network* yang memadukan mekanisme *label swapping* di *layer 2* dengan *routing* di *layer 3* untuk mempercepat pengiriman paket. *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) merupakan sebuah teknik yang menggabungkan kemampuan manajemen *switching* yang ada dalam teknologi ATM dengan fleksibilitas *network layer* yang dimiliki teknologi IP (Forouzan, 2012). MPLS menggabungkan teknologi *switching* di *layer 2* dan teknologi *routing* di *layer 3* sehingga menjadi solusi jaringan terbaik dalam menyelesaikan masalah kecepatan, *scalability*, QoS (*Quality of Service*), dan rekayasa trafik.

2.4 Pengujian Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) menurut Ferguson dan Huston merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu metode untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu *service*. *Quality of Service* (QoS) digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut performa yang telah diasosiasikan dengan suatu *service*, dengan parameter berupa *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput* (TIPHON, 1999).

Parameter Quality of Service yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1 Delay

Delay atau *latency* adalah waktu yang dibutuhkan paket untuk mencapai tujuan, karena adanya antrian, atau mengambil rute lain untuk menghindari kemacetan (Iqbal, dkk., 2016). Menurut versi TIPHON (*Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network*) standarisasi nilai *delay* atau *latency* dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mengukur nilai *delay* digunakan persamaan (1):

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{total paket diterima}} \quad (1)$$

Tabel 1 Standarisasi nilai *delay/latency* versi TIPHON

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>
Sangat Bagus	< 150 milidetik
Bagus	150 s/d 300 milidetik
Sedang	300 s/d 450 milidetik
Buruk	> 450 milidetik

2 Throughput

Throughput adalah kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (Iqbal dkk., 2016). Perhitungan nilai *throughput* dapat menggunakan persamaan (2).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}} \quad (2)$$

3 Jitter

Jitter didefinisikan sebagai perubahan *latency* pada suatu periode. *Jitter* merupakan penundaan bervariasi dari waktu ke waktu. Standarisasi nilai *jitter* menurut TIPHON dapat dilihat pada Tabel 2 dan untuk melakukan perhitungan *jitter* dapat menggunakan persamaan (3).

Tabel 2 Standarisasi nilai *jitter* versi TIPHON

Kategori Degradasi	Peak <i>Jitter</i>
Sangat Bagus	0 milidetik
Bagus	0 s/d 75 milidetik
Sedang	76 s/d 125 milidetik
Buruk	126 > 225 milidetik

$$\text{Jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}} \quad (3)$$

4 Packet loss

Packet loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket data mencapai tujuannya (Iqbal dkk., 2016). Standarisasi nilai *packet loss* menurut TIPHON dapat dilihat pada Tabel 3. Dengan perhitungan *packet loss* menggunakan persamaan (4).

Tabel 3 Standarisasi nilai *packet loss* versi TIPHON

Kategori Degradasi	Packet Loss
Sangat Bagus	0 milidetik
Bagus	0 s/d 75 milidetik
Sedang	76 s/d 125 milidetik
Buruk	126 > 225 milidetik

$$\text{paket loss} = \frac{\text{paket dikirim} - \text{paket diterima}}{\text{paket dikirim}} \times 100\% \quad (4)$$

5 Convergence time

Konvergensi adalah peristiwa yang terjadi di dalam jaringan transportasi saat aliran informasi ulang diarahkan kembali ke titik di jalur bebas kesalahan. Konvergensi membahas cara jaringan pulih dari masalah dan perubahan jaringan. Durasi konvergensi adalah waktu yang dibutuhkan oleh sekelompok *router* dalam jaringan untuk mencapai kesepakatan pada saat terjadi *link* baru atau terputus, mencari *link* tercepat dan mencari jalur terbaik ke setiap tujuan (Ixia, 2014).

2.5 Skenario Pengujian

Pengujian untuk melihat perbandingan nilai yang didapat antara *routing* OSPF dan MPLS. Pengujian akan dilakukan menggunakan *tools iperf*, *ping*, dan kemudian dianalisis dengan *wireshark*. Skenario pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

Skenario Pengujian Pertama

Skenario uji pertama akan dilakukan pada kondisi normal tanpa gangguan ataupun pembebanan pada jaringan terhadap masing-masing *routing protocol*. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan paket data *protocol* TCP dan *protocol* UDP dari *client source* ke *client destination*. Rencana pengujian dengan kondisi normal sebagai berikut:

- (1) Pengujian menggunakan paket data UDP dan TCP.
- (2) Pengujian dilakukan dengan *command ping* pada *iperf*.
- (3) Durasi pengujian dilakukan selama 20 sampai 30 detik pada masing-masing pengujian.
- (4) Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan proses pengujian direkam oleh *wireshark*.

Skenario Pengujian Kedua

Pengujian akan dilakukan dengan cara yang sama pada skenario pengujian sebelumnya, namun akan diberikan beban jaringan atau trafik jaringan. Rencana pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

- (1) Pengujian paket UDP melalui *command ping* pada *iperf*.
- (2) Durasi pengujian paket UDP selama 20 detik pada masing-masing pengujian.
- (3) Pengujian paket TCP melalui transfer data atau file.
- (4) Kapasitas data yang ditransfer sebesar 62,2 MB.
- (5) Pemberian beban jaringan pada masing-masing pengujian sebesar 20 Mbps, 60 Mbps dan 100 Mbps.
- (6) Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan proses pengujian direkam dengan aplikasi *wireshark*.

Skenario Pengujian Ketiga

Skenario pengujian akan diberikan gangguan terhadap jaringan pada saat dilakukan pengiriman paket dari *client source* ke *client destination*, yaitu dengan memutus atau mematikan *link* antara *router core*. Rencana pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut:

- (1) Pengujian dilakukan dengan paket data UDP dan TCP.
- (2) Menggunakan *command ping* pada *iperf*.
- (3) Durasi uji selama 30 detik pada masing-masing pengujian.
- (4) Selama proses uji berlangsung, diberikan gangguan berupa pemutusan *router*.
- (5) Jumlah *router* yang diputus atau dimatikan bertahap, dari satu *router*, dua *router*, tiga *router* hingga empat *router* pada topologi yang digunakan.
- (6) Proses pengujian direkam dengan aplikasi *wireshark*.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, digunakan *routing protocol* OSPF dan MPLS dengan simulasi pada perangkat *Routerboard* Mikrotik. Hasil pengujian yang diukur sesuai dengan parameter QoS yang ditentukan, dengan kondisi pengujian berupa kondisi uji normal, kondisi uji pembebanan jaringan dan kondisi uji gangguan pemutusan *router*. Pengujian menggunakan data UDP dan TCP dilakukan sebanyak 5 kali uji pada masing-masing kondisi.

3.1 Hasil pengujian skenario pertama

Pengujian *delay* normal

Hasil pengujian nilai *delay* dengan kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil nilai rata-rata *delay* data UDP menunjukkan *routing* OSPF lebih baik, sedangkan hasil nilai rata-rata *delay* data TCP menunjukkan *routing* MPLS lebih baik. Nilai *delay* yang lebih kecil menunjukkan bahwa *delay* lebih baik.

Tabel 4 Hasil nilai *delay* kondisi normal

Pengambilan Data	Data UDP		Data TCP	
	OSPF (milidetik)	MPLS (milidetik)	OSPF (milidetik)	MPLS (milidetik)
1	0,66	0,68	0,15	0,12
2	0,68	0,69	0,15	0,12
3	0,65	0,67	0,15	0,12
4	0,71	0,71	0,14	0,12
5	0,68	0,68	0,14	0,12
Nilai rata-rata	0,68	0,69	0,15	0,12

Pengujian *throughput* normal

Hasil nilai rata-rata *throughput routing* MPLS lebih baik dibandingkan nilai rata-rata *throughput routing* OSPF, baik pada pengujian data UDP maupun pengujian data TCP. *Throughput routing* MPLS lebih baik karena menghasilkan *throughput* yang lebih besar.

Tabel 5 Hasil nilai *throughput* kondisi normal

Pengambilan Data	Data UDP		Data TCP	
	OSPF (Mbps)	MPLS (Mbps)	OSPF (Mbps)	MPLS (Mbps)
1	95,9	95,9	91,4	93,8
2	95,7	95,9	88	94,3
3	95,9	95,9	89	94,1
4	95,7	95,9	91,4	94,2
5	95,7	95,9	91,4	94,3
Nilai Rata-rata	95,78	95,9	90,24	94,14

Pengujian *jitter* normal

Hasil nilai rata-rata *jitter* pada kondisi normal memiliki nilai yang hampir sama. Nilai rata-rata *jitter* UDP *routing* OSPF sebesar 0,202 milidetik, dan nilai rata-rata *jitter* UDP *routing* MPLS sebesar 0,204 milidetik.

Tabel 6 Hasil nilai *jitter* kondisi normal

Pengambilan Data	Data UDP	
	OSPF (milidetik)	MPLS (milidetik)
1	0,18	0,18
2	0,20	0,18
3	0,20	0,20
4	0,21	0,21
5	0,22	0,25
Nilai rata-rata	0.202	0.204

Pengujian *packet loss* normal

Hasil nilai rata-rata *packet loss* pada kondisi normal dengan data UDP menunjukkan bahwa *routing* OSPF memiliki nilai *packet loss* yang lebih baik dibanding *routing* MPLS. Nilai rata-rata *packet loss* *routing* OSPF kondisi normal sebesar 0 %, sedangkan *routing* MPLS sebesar 1,56 %. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 7.

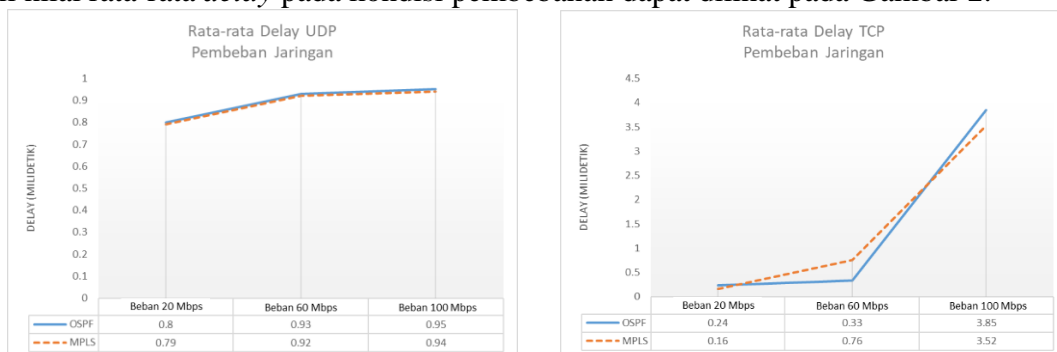
Tabel 7 Hasil nilai *packet loss* kondisi normal

Pengambilan Data	Data UDP	
	OSPF (%)	MPLS (%)
1	0	1,2
2	0	1,4
3	0	1,2
4	0	1,4
5	0	2,6
Nilai rata-rata	0	1,56

3.2 Hasil pengujian skenario kedua

Pengujian *delay* kondisi pembebanan

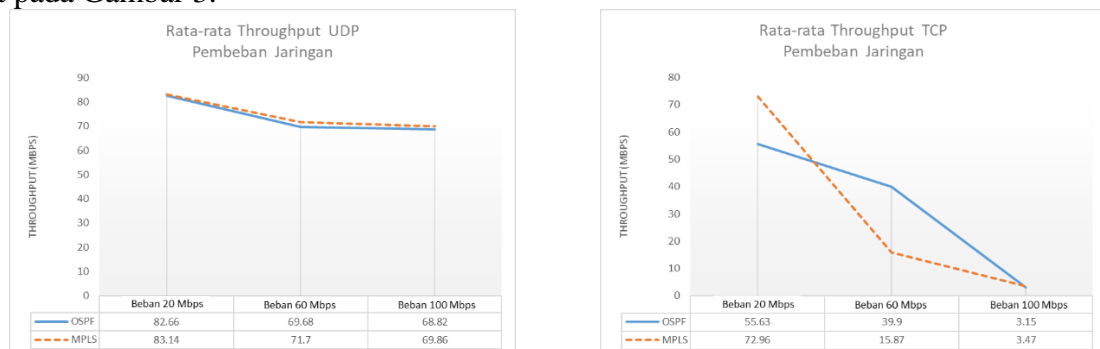
Nilai rata-rata *delay* UDP kondisi pembebanan menunjukkan peningkatan seiring dengan besar beban yang diberikan. Begitu juga dengan rata-rata *delay* TCP kondisi pembebanan yang mengalami peningkatan besar nilai akibat pengaruh pembebanan. Hasil nilai rata-rata *delay* pada kondisi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik perbandingan *delay* data UDP dan TCP kondisi pembebanan

Pengujian *throughput* kondisi pembebanan

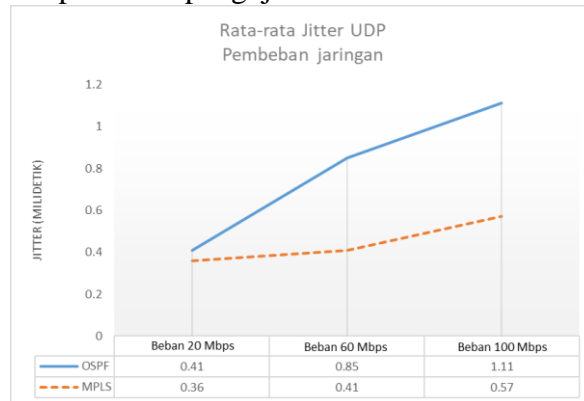
Pengaruh pembebanan membuat penurunan nilai rata-rata *throughput* baik pada pengujian data UDP maupun data TCP. *Routing* MPLS menghasilkan nilai rata-rata *throughput* yang lebih besar dibandingkan *routing* OSPF. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik perbandingan *throughput* data UDP dan TCP kondisi pembebanan

Pengujian jitter data UDP pembebanan

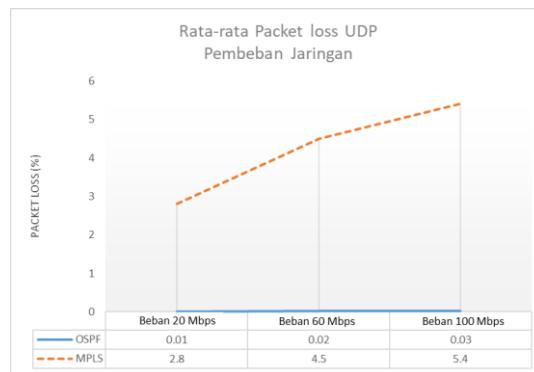
Routing OSPF menghasilkan nilai rata-rata *jitter* yang lebih besar dibandingkan routing MPLS pada setiap kondisi pengujian.



Gambar 4 Grafik perbandingan *jitter* data UDP kondisi pembebanan

Pengujian packet loss data UDP pembebanan

Routing MPLS menghasilkan nilai rata-rata *packet loss* yang lebih besar dibandingkan routing OSPF, yang artinya routing MPLS memiliki kinerja yang lebih buruk.

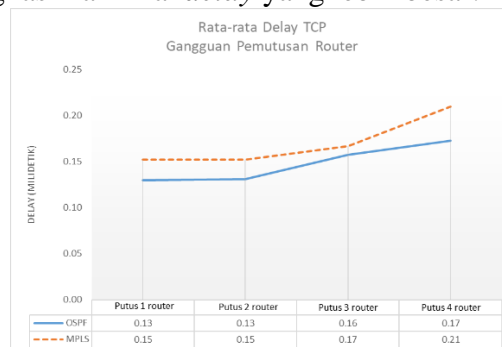


Gambar 5 Grafik perbandingan *packet loss* data UDP kondisi pembebanan

3.3 Hasil pengujian skenario ketiga

Pengujian delay pemutusan router

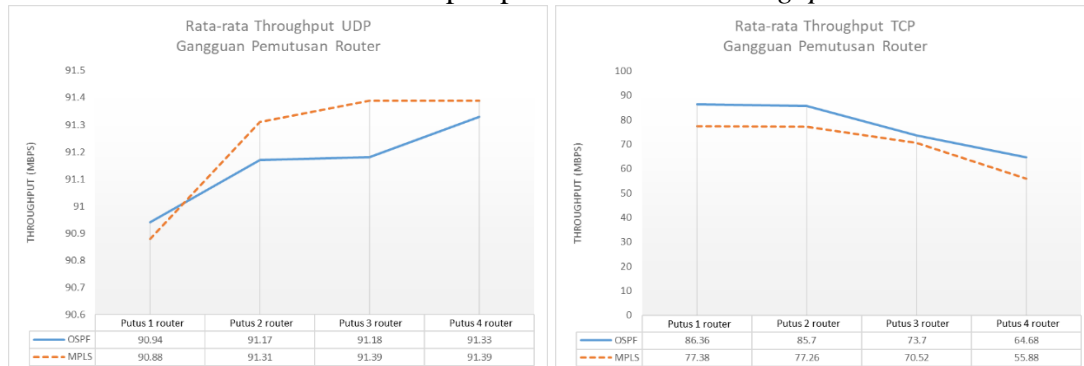
Kondisi gangguan pemutusan *router* membuat nilai *delay* pada masing-masing routing *protocol* meningkat, semakin banyak *router* yang diputus maka semakin besar *delay* yang dihasilkan. Routing MPLS pada pengujian data TCP dengan gangguan pemutusan *router* menghasilkan nilai *delay* yang lebih besar.



Gambar 6 Grafik perbandingan *delay* data TCP kondisi pemutusan *router*

Pengujian *throughput* pemutusan *router*

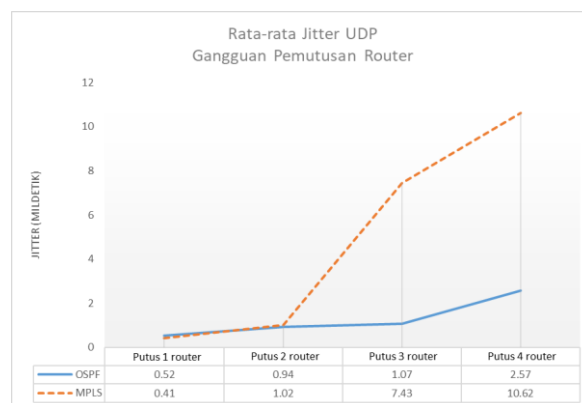
Pada pengujian data UDP gangguan pemutusan *router* memberikan dampak peningkatan besaran nilai *throughput*. Sedangkan pada pengujian data TCP gangguan pemutusan *router* memberikan dampak penurunan nilai *throughput*.



Gambar 7 Grafik perbandingan *throughput* data UDP dan TCP kondisi pemutusan *router*

Pengujian *jitter* pemutusan *router*

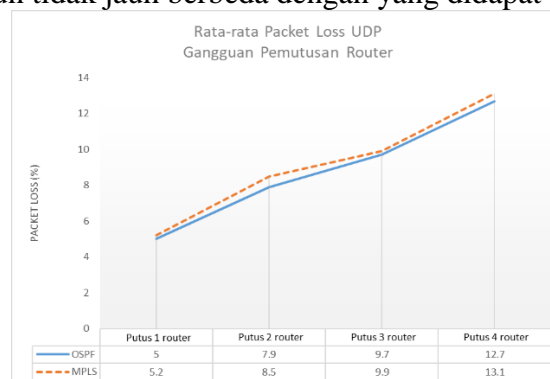
Nilai rata-rata *jitter routing* MPLS terlihat mengalami peningkatan signifikan dibandingkan *routing* OSPF pada kondisi gangguan pemutusan 3 *router* dan 4 *router*. Sehingga membuat nilai rata-rata *jitter routing* MPLS lebih besar dibandingkan *routing* OSPF.



Gambar 8 Grafik perbandingan *jitter* data UDP kondisi pemutusan *router*

Pengujian *packet loss* pemutusan *router*

Semakin banyak gangguan pemutusan *router* yang dilakukan, membuat nilai *packet loss* semakin besar pada kedua *routing protocol*. *Routing* MPLS menghasilkan *packet loss* lebih tinggi namun tidak jauh berbeda dengan yang didapat oleh *routing* OSPF.



Gambar 9 Grafik perbandingan *packet loss* data UDP kondisi pemutusan *router*

Pengujian *convergence time*

Nilai rata-rata *convergence time* yang didapat pada kondisi gangguan pemutusan *router* menunjukkan bahwa, *routing* OSPF memiliki *convergence time* yang lebih cepat dengan nilai yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan *routing* MPLS. Hasil perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Perbandingan waktu konvergensi TCP

OSPF (detik)						
Kondisi Uji	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata Nilai
Putus 1 router	1,202	0,001	0,902	0,001	0,001	0,421
Putus 2 router	2,550	0,993	1,037	2,140	2,143	1,772
Putus 3 router	2,145	2,484	4,517	2,150	4,496	3,158
Putus 4 router	4,509	9,330	9,329	4,494	9,330	7,399
MPLS (detik)						
Kondisi Uji	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Rata Nilai
Putus 1 router	2,129	2,301	1,606	2,120	2,103	2,052
Putus 2 router	2,196	2,115	2,190	2,089	2,193	2,156
Putus 3 router	4,530	4,594	4,523	4,594	4,594	4,567
Putus 4 router	9,383	9,399	9,340	9,495	9,399	9,403

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dan pembahasan bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

- (1) Hasil pengujian data *protocol* UDP dengan gangguan pembebanan, membuat nilai parameter *delay* dan *jitter routing* OSPF lebih besar dan nilai parameter *packet loss* dan *throughput* lebih kecil dibandingkan *routing* MPLS.
- (2) *Routing* OSPF dan *routing* MPLS memiliki kinerja yang bagus menurut standarisasi TIPHON. Kedua *routing protocol* secara umum termasuk dalam kategori Bagus pada setiap parameter QoS.
- (3) Hasil pengujian menunjukkan *routing* MPLS lebih unggul dibanding *routing* OSPF secara umum, namun memiliki kekurangan pada parameter *packet loss* pada pengujian kondisi pembebanan dan kondisi gangguan pemutusan *router*.
- (4) *Routing* OSPF menghasilkan waktu konvergensi yang lebih cepat dibandingkan *routing* MPLS pada kondisi gangguan pemutusan *router*.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa pula saya ucapkan terima kasih kepada HM. Nasrullah Yusuf, S.E., M.B.A. dan Universitas Teknokrat Indonesia yang memberikan dukungan moril, materil dan semangat yang tiada henti-hentinya.

Daftar Pustaka

- Duta, C., Gheorghe, L. dan Tapus, N., 2015, Analyze OSPF Convergence Time in the Presence of Single and Multiple Failures, EMERGING 2015: The Seventh International Conference on Emerging Networks and Systems Intelligence, pp. 72–78.
- Forouzan, B. a., 2012, Data Communications and Networking - Global Edition. Fourth Edition, McGraw-Hill.
- Iqbal, M., Rifqi, M. dan Amarudin, 2016, Analisis Perbandingan QoS (Quality of Service) Pada Routing Protocol OSPF dan BGP Menggunakan Mikrotik, Proceedings Seminar Nasional Riset Ilmu Komputer (SNRIK), Universitas Muslim Indonesia.
- IXIA, 2014, Measuring Network Convergence Time. White Paper, 951-1864-01 Rev C. <http://www.ixiacom.com>.
- Kale, N. N., dan Waichol, S. A., 2014, Performance Analysis of MPLS network with Traditional IP Network in Service Provider Environment, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Vol 3 Issue 4
- TIPHON, 1999, Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General Aspects of Quality of Service (QoS), ETSI.
- Yulian, B. T., 2015, Analisis Peningkatan Unjuk Kerja Protokol Routing OSPF dengan MPLS Menggunakan Mikrotik RB951Ui-2HnD, Skripsi, Universitas Sanata Dharma.